



Wszecħświat  
i Człowiek



Page 4  
p. 902

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مَدِينَةُ

مَدِينَةُ



مَدِينَةُ

مَدِينَةُ



# WSZECHŚWIAT ; CZŁOWIEK



# WSZECHŚWIAT; CZŁOWIEK

Dzieje badań przyrody i zastosowania jej sił  
na pożytek narodów.



Pod redakcją **Jana Kremera** poszczególne działy opracowali:  
**Ludwik Beushausen**, profesor akademji górniczej w Berlinie; **Maks v. Eyth**; **Wilhelm Foerster**, profesor uniwersytetu i dyrektor obserwatorium w Berlinie; **Herman Klaatsch**, profesor uniwersytetu w Heidelbergu; **Artur Leppman**, lekarz w Berlinie; **Adolf Marcuse**, docent w Berlinie; **William Marshall**, profesor uniwersytetu w Lipsku; **Jerzy Nass**; **Albert Neuburger**; **Henryk Potonlé**, profesor akademji górniczej w Berlinie; **Karol Sapper**, profesor uniwersytetu w Tubindze; **Karol Weule**, dyrektor muzeum etnograficznego w Lipsku; **Jerzy Wislicenus**, dyrektor oddziału obserwatorium w Hamburgu, i inni.

Przekład pod redakcją **Feliksa Wermińskiego**.

Tom V.

WARSZAWA

Nakład i druk Towarzystwa Akcyjnego S. Orgelbranda Synów,

1909



137915





## Spis rzeczy tomu piątego.

	Strona
<b>XI. Początki techniki</b> (Maks von Eyth) . . . . .	1
Wytwórczość czasów dawniejszych (E. Krause). . . . .	17
Początki sztuki (E. Krause) . . . . .	91
<b>XII. Badanie sił przyrody i ocena pożytecznej ich wartości</b> (A. Neuberger). . . . .	111
Dzieje fizyki i chemji i znaczenie ich w rozwoju techniki, przemysłu, komunikacji i handlu . . . . .	113
I. Fizyka i chemja u najstarszych ludów cywilizowanych . . . . .	117
II. Rozwój fizyki ze szczególnem uwzględnieniem wpływu jej na technikę i przemysł . . . . .	147
III. Rozwój chemji ze szczególnem uwzględnieniem znaczenia jej w technice i przemyśle . . . . .	265
Rozwój stosunków komunikacyjnych pod wpływem ujarzmiania sił przyrody (A. Neuberger). . . . .	369
Zużytkowanie sił przyrody w domu i rodzinie (M. v. Unruh) . . . . .	387
I. Sposób żywienia się człowieka, udoskonalenie palenisk domowych, kuchnia dzisiejsza i pokarmy. . . . .	388
II. Ogrzewanie . . . . .	401
III. Oświetlenie. . . . .	405
IV. Hygiena . . . . .	403
V. Wpływ chemji na wytwórczość przedmiotów zbytkownych i użytku codziennego. . . . .	413
<b>XIII. Trudności napotymane przy wykonywaniu dostrzeżeń naukowych</b> (A. Marcuse). . . . .	415
<b>XIV. Zakończenie</b> (H. Kraemer) . . . . .	449



## Dodatki kolorowe do tomu piątego.

	Strona
Narzędzia krzemienne z różnych okresów przedhistorycznych . . . . .	35
Grobowice kamienny pod Stöckheim w Starej Marchji (H. Schulze) . . . . .	62
Rzeźby bursztynowe z okresu kamiennego i wykopaliska metalowe z czasów późniejszych	85
Broń i ozdoby z brązu i żelaza . . . . .	94
Budowa wieży Babel . . . . .	136
Objawy interferencji w bańkach mydlanych . . . . .	212
Wyładowania elektryczne . . . . .	220
Latarnia morska przy ujściu Wezery. . . . .	244
Barwy dopełniające i barwy cieczy fluoryzujących . . . . .	248
Elektryczne objawy świetlne I . . . . .	} 252
Elektryczne objawy świetlne II . . . . .	
Pracownia alchemika w XVII wieku . . . . .	221
Budynki huty żelaznej . . . . .	} 368
Widok ogólny huty żelaznej . . . . .	
Różne części huty żelaznej w przekroju. . . . .	
Widok ogólny oraz przecięcie głównych budynków zakładu gazowego I . . . . .	} 404
Przecięcie głównych budynków zakładu gazowego II. . . . .	
Statek podwodny, zagłębiający się w morze dla uderzenia na pancernik . . . . .	} 452
Przecięcie statku podwodnego, zajętego wyrzucaniem torpedy na pancernik . . . . .	
Cofanie się statku podwodnego po pomyślnem wyrzuceniu torpedy na pancernik . . . . .	



## Spis rysunków zamieszczonych w tekście.

	Strona
Praca . . . . .	3
James Watt . . . . .	15
Kamienny topór-młot z przewierconym otworem dla trzonka. . . . .	16
Wyprawa skór u Lapończyków. . . . .	17
Ostrza harpuny . . . . .	21
Obrabianie krzemienia za pomocą naciskania . . . . .	22
Narzędzia pierwotne krzemienne (eolity) do skrobania i gładzenia . . . . .	22
„Kopyto osłe“. . . . .	24
Krzemień z odłupaniami, wywołanemi przez wpływy atmosferyczne (mróz) . . . . .	27
Krzemień pęknięty wskutek parcia moreny . . . . .	29
Krzemień obrzaskany przez ciśnienie podczas obrotu . . . . .	29
Krzemień . . . . .	31
Bolit z Rüdersdorfu . . . . .	35
Młot klinowy . . . . .	36
Kamień do obciosywan . . . . .	37
Siekiera Szelleńska . . . . .	37
Siekiera kamienna, umocowana w obsadzie z gałęzi. . . . .	39
Topory kamienne ze szwajcarskich budowli na palach . . . . .	39
Rozpoczęte drażnienie za pomocą pełnego świdra . . . . .	40
Świder z ostrzem kamiennym. . . . .	40
Siekierki dzisiejszych ludów umocowane w nasadzie . . . . .	41
Guziki bursztynowe z tak nazywanymi podskórnymi otworami drażnionymi. . . . .	42
Drażnienie rozpoczęte z pomocą pustego świdra . . . . .	42
Czopy otrzymane przy drażnieniu pustym świdrem . . . . .	42
Młoty kamienne z rowkami, służące do umocowania w obsadzie . . . . .	43
Kamienne młoty-siekierki z wydrażnionymi otworami dla trzonków . . . . .	44
Jądro krzemienia z odbitemi okrzeskami . . . . .	44
Jądro krzemienne (Nucleus) po odbiciu okrzesków . . . . .	45
Teraźniejszy młotek do wyrabiania okrzesków krzemienych (Anglja) . . . . .	46
Kamień szlifierski do kamiennych toporów z Danji . . . . .	46
Noże krzemienne z młodszego okresu paleolitycznego, z pieczar francuskich. . . . .	47
Niemieckie ości strzał . . . . .	47
Ostrze spisy krzemiennej . . . . .	47
Klin kamienny z powierzchnią piłowaną z Saksonji . . . . .	48
Kliny z rogu jelenia do łupania drzewa. . . . .	49
Kliny kamienne z Rössen (Saksonja). . . . .	49
Trumna drewniana z Wiedenbrück w Westfalji . . . . .	51
Oprawy drewniane do sierpów bronzowych . . . . .	51
Wyprawa pośmiertna szlachcica alemańskiego, znaleziona w jego łożu pośmiertnem	51

	Strona
Grób z młodszego okresu kamiennego . . . . .	52
Piła krzemienista . . . . .	52
Przybory rybackie z czasów przedhistorycznych . . . . .	53
Przybory myśliwskie z najwcześniejszego okresu kamiennego . . . . .	54
Indjanie brazylijscy, wypalający drzewo na przyrząd do pływania . . . . .	55
Syngalezi rybacy z wyspy Ceylon . . . . .	57
Urna domowa z Luggendorfu w Brandenburgji . . . . .	58
Chata okrągła z Niemieckiej Afryki wschodniej . . . . .	59
Urny domowe z Wilsleben i Aschersleben w Saksonji . . . . .	59
Kamienne i stalowe krzesiwka . . . . .	63
Wydobywanie ognia w Brazylii za pomocą wiercenia . . . . .	65
Świder smykowy u eskimosów z Alaski . . . . .	67
Rzemień do kręcenia drążka przy otrzymywaniu ognia u eskimosów z Alaski . . . . .	67
Narzędzia garncarskie i zaczęty garnek ze zwojów gliny z Nowej Gwinei . . . . .	71
Misa z Trebbus, przygotowana z płat glinianych . . . . .	72
Wyrób garnków w Nowej Gwinei . . . . .	73
Wyrób garnków ze zwojów glinianych w Nowej Gwinei . . . . .	75
Garnki z pęknięciami poziomymi i równoległymi . . . . .	77
Naczynia przedhistoryczne, ustawione chronologicznie . . . . .	83
Plecionka z trawy z wieku kamiennego . . . . .	85
Odlew skorupy glinianej na której przedstawiona jest mata . . . . .	85
Przędzenie i tkactwo w Egipcie starożytnym . . . . .	87
Tamule na wyspie Ceylon, zajęci przędzeniem i splataniem mały . . . . .	88
Przędzenie i gotowanie w izbie u eskimosów . . . . .	89
Pieczenie ryby na rożnie w Brazylii . . . . .	90
Scena myśliwska na urnie z Pomorza . . . . .	81
Wyrytowanie postaci zwierząt na glinianem naczyniu z Matzhausen w Bawarji . . . . .	92
Rysunki na urnach pomorskich, przedstawiające rycerzy, wozy i konie . . . . .	93
Urny z twarzami, figurki ołowiane, pomnik na grobie z czasów odrodzenia, naczynie z postacią ludzką z Dechsel . . . . .	94
Bębny gliniane . . . . .	95
Siekiera miedziana z Dietrichsroda . . . . .	96
Formy odlewnicze do noży bronzowych, siekier i sierpów z Saksonji i Brandenburgji	97
Epoka brązu . . . . .	98—99
Naszyjnik brązowy i okulary . . . . .	101
Mały piec gliniany z Billendorf . . . . .	102
Łańcuchy do użdzienic z brązu . . . . .	102
Piece pierwotne do wytapiania żelaza i brązu . . . . .	103
Bydło z brązu z rogami srebrnymi (Prowincja saska) . . . . .	104
Wędrówki w epoce żelaza . . . . .	105
Siekierki brązowe z Anglii . . . . .	107
Wóz brązowy ze Spreewaldu . . . . .	109
Amorki, przyrządzające lekarstwa . . . . .	113
W poszukiwaniu pożywienia . . . . .	115
Wydymanie naczyń szklanych w starożytnym Egipcie . . . . .	117
Przekrój piramidy Cheopsa przez wejście i komorę grobów . . . . .	118
Wejście do piramidy Cheopsa . . . . .	119
Tama, podnosząca wodę Nilu pod Assuanem w górnym Egipcie . . . . .	121—123
Balsamowanie ciała . . . . .	125
Widok zewnętrzny i wewnętrzny mumji egipskiej . . . . .	126
Wydmuchiwanie szkła w Egipcie starożytnym . . . . .	128
Rękodzieła staroegipskie . . . . .	129

## Spis rysunków

	Strona
Starożytna waga, przedstawiona w płaskorzeźbie staroegipskiej . . . . .	131
Wyrób cegły i przygotowanie zaprawy u starożytnych narodów . . . . .	133
Wytapianie cennych spłzów w narodów starożytnych . . . . .	135
Pracownia wyrobów spłzowych w starożytnej Grecji . . . . .	129
Obrabianie spłzu i żelaza . . . . .	141
Machiny rzymskie do wyrzucania strzał . . . . .	143
Powstawanie echa. . . . .	153
Działanie zwierciadeł wklęsłych i palących . . . . .	157
Ślimak i śruba wodna . . . . .	159
Fontanna Herona . . . . .	159
Starorzyskie maszyny oblężnicze. . . . .	161
Starorzyskie maszyny do wyrzucania strzał . . . . .	163
Dzisiejsza waga do najdokładniejszych oznaczeń wagowych. . . . .	169
Chińskie przyrządy astronomiczne w obserwatorium w Pekinie . . . . .	171
Leonardo da Vinci. . . . .	175
Szkice Leonarda da Vinci do studjów jego nad lotem ptaków . . . . .	177
Fabrykanci okularów w XVI stuleciu . . . . .	179
Mikroskop z oświetleniem sztucznem stołu przedmiotowego za pomocą padających promieni światła . . . . .	183
Załamanie i rozproszenie światła słonecznego . . . . .	187
Aparat do rysowania portretów. . . . .	188
Szkic, przedstawiający powstawanie w oku odwrotnego obrazu przedmiotu . . . . .	189
Mikroskopy dawne w muzeum narodowem w Norymberdze . . . . .	191
Doświadczenia Guericke'ge nad ciśnieniem powietrza atmosferycznego . . . . .	195
Dawna pompa powietrzna . . . . .	196
Doświadczenia Ottona von Guericke nad ciśnieniem powietrza atmosferycznego . . . . .	197
Doświadczenia nad ciśnieniem powietrza atmosferycznego, wykonane przez Ottona von Guericke . . . . .	198—199
Obciążanie zawieszonych półkul magdeburckich . . . . .	201
Doświadczenia Guericke'go nad odpychaniem elektrycznem . . . . .	205
Pracownia zegarmistrzowska w XVI stuleciu . . . . .	309
Przyrząd do pokazu wpływu wahadła na jednostajność ruchu zegara . . . . .	213
Izaak Newton. . . . .	215
Denis Papin . . . . .	217
Maszyna elektryczna z XVII stulecia. . . . .	221
Doświadczenia z elektrycznością statyczną, jakie wykonywał opat Nollet w Paryżu w XVIII stuleciu . . . . .	225
Mikroskop z XVIII wieku . . . . .	227
Doświadczenia Galwaniego . . . . .	229
Aleksander Volta objaśnia w Paryżu Pierwszemu Konsulowi Napoleonowi Bonaparte zasadę swych stosów elektrycznych. . . . .	230—231
Doświadczenia Oersteda, wykazujące odchylenie igły magnesowej spowodowane przez prąd elektryczny. . . . .	235
Faraday w swoim laboratorium, w Royal Institution w Londynie. . . . .	237
Dawny telegraf optyczny . . . . .	238
Przekrój i widok wewnętrzny centralnych zakładów elektrycznych Edisona w New-Yorku . . . . .	239
Werner Siemens . . . . .	241
Józef Fraunhofer przedstawia w Monachium swój spektroskop. . . . .	242
Juljusz Robert Mayer. . . . .	247
Herman Helmholtz. . . . .	249
Wziernik oczny Helmholtza . . . . .	250

	Strona
Tomasz Alwa Edison przy swym fonografie . . . . .	251
Wilhelm Konrad Röntgen . . . . .	253
Państwo Curie w swojej pracowni. . . . .	255
Zdjęcie za pomocą promieni Röntgena . . . . .	256
Zdjęcie pomocy promieni radu . . . . .	257
Wyładowania elektryczne prądu o wysokiem napięciu na stacji doświadczalnej Tesli. . . . .	259
Marconi przy swym przyrządzie odbierającym do telegrafowania bez drutu . . . . .	261
Okrętowa stacja telegraficzna dla telegrafu bez drutu . . . . .	263
Ogień. . . . .	265
Alchemik . . . . .	267
Alchemik . . . . .	268—269
Pracownia alchemiczna. . . . .	273
Pracownia alchemiczna w XVI stuleciu . . . . .	275
Pracownia chemiczna Michała Küssela z r. 1663 . . . . .	277
Zbiory dawnych chemicznych przyrządów alchemików w muzeum narodowem No- rymbergi . . . . .	279
Portret Paracelsa z r. 1540 . . . . .	281
Pracownia środków leczniczych w XVII stuleciu . . . . .	283
Nauka farmacji. . . . .	285
Elektor Jan Grzegorz u alchemika Leonarda Thurneyssera . . . . .	287
Magazyn w dawnej aptece. . . . .	289
Apteczka domowa i podróżna z wieku XXII w muzeum narodowem w Norymberdze	291
Świadectwo na pomocnika aptekarza z r. 1691 . . . . .	293
Całkowite urządzenie dawnej apteki w muzeum narodowem w Norymberdze. . . . .	295
Dawna apteczka domowa z muzeum narodowego w Norymberdze. . . . .	297
Dawna apteka . . . . .	299
Dawna pracownia chemiczna. . . . .	303
Zbiory dawnych przyborów chemicznych i alchemicznych . . . . .	306—307
Dystalarnia z wieku XVI . . . . .	310—311
Wanna powietrzna . . . . .	312
Wytłaczanie oliwy około 1570 r. . . . .	313
Wydmuchiwanie szkła . . . . .	317
Tortury zadawane alchemikowi dla wydobyćcia od niego tajemnicy wyrobu złota. . . . .	322
Jan Fryderyk Böttger. . . . .	337
Chemik Berthollet odwiedza Lavoisiera w jego pracowni w Sorbonie . . . . .	331
Humphry Davy . . . . .	335
Wyrób cukru trzcinowego. . . . .	338—339
Jöns Jakób Berzeljus. . . . .	341
Albert Thauer . . . . .	344
Pracownia chemiczna Justusa Liebiga w Giessen na Seltersbergu około 1840 r. . . . .	345
Fryderyk Wöbler . . . . .	347
August Wilhelm Hofmann . . . . .	351
Audytorjum w pierwszym instytucie chemicznym uniwersytetu berlińskiego . . . . .	355
Stół do prac specjalnych i wyciągi do gazów w pracowni chemicznej uniwersytetu berlińskiego. . . . .	367
Piece do spalań organicznych związków w dzisiejszych pracowniach chemicznych . . . . .	359
Pracownia dla studentów w pierwszym instytucie chemicznym uniwersytetu ber- lińskiego. . . . .	362—363
Karawana w pustyni Azji środkowej, przenosząca towary na wielbłądach . . . . .	372
Odejście pociągu na pierwszej, pobudowanej przez Stephensona drodze żelaznej po- między Stocktonem a Darlingtonem. . . . .	379

	Strona
Kabel ułożony w odpowiedniem pomieszczeniu okrętu specjalnego, użytego do zaprowadzenia podmorskiej liny atlantyckiej . . . . .	383
Szlifierz drogiego kamieni, pracujący na tokarni pierwotnej . . . . .	387
Ognisko pierwotne do pieczenia zwierzyny, oprawianej za pomocą noży krzemlennych . . . . .	389
Pieczenie chleba w XIV wieku . . . . .	391
Pasteryzowanie mleka w centralnym zakładzie mleczarskim w Kopenhadze . . . . .	395
Przygotowanie ekstraktu mięsnego: przyrządy do zagęszczania za pomocą pary w zakładach Towarzystwa Liebiga we Fray-Bentos . . . . .	399
Dr. Auer Welsbach . . . . .	407
Maszyna do wytwarzania lodu sztucznego. . . . .	411
Zdjęcie fotograficzne części drogi mlecznej . . . . .	415
„Mostek ciemny“ tworzący się podczas przejścia planety Wenus przed tarczą słoneczną. . . . .	420
Budowa oka ludzkiego . . . . .	423
Budowa ucha ludzkiego . . . . .	423
Obserwacja za pomocą przyrządu południkowego wykonywana w położeniu leżącym	425
Organ Cortego w uchu człowieka . . . . .	429
Przekrój oka ludzkiego . . . . .	431
Półksiężyc . . . . .	433
Smok, obserwowany pod różnemi kątami widzenia . . . . .	435
Złudzenia wzrokowe . . . . .	439
Praca składa hołd wiedzy . . . . .	449
Wielki przemysł: Walcownia żelaza . . . . .	455









Miedzioryt karty tytułowej dzieła „Theatrum machinarum novum”.





Praca.

Według obrazu V. Tardieu'go.

## Początki techniki.

Powinniśmy przyjąć, że siły przyrody dla człowieka z systemu trzeciorzędowego lub też dyluwjalnego były przeważnie potęgami wrogimi: mróz i upał, ogień i woda, trzęsienia ziemi i nawałnice napełniały to nagie stworzenie strachem, lub też jako zjawiska dla niego niepojęte — zupełną obojętnością. Łagodne zwierzęta roślinożerne mijały, nie zwracając nań żadnej uwagi; mięsożerne zaś, dzikie i drapieżne, obdarzone od natury siłą i uzbrojone do walki, w obec których członki delikatne człowieka były bezsilne, patrzyły na niego jako łatwy do zdobycia przysmak. Wprawdzie przyroda dała mu na drogę życia pewnego rodzaju przewagę fizyczną. Lecz jakież mógł mieć znaczenie jego chód pionowy w porównaniu z szybkością pierwotnego byka, jego zręcznie ustawiony wielki palec u rąk — z druzgoczącą siłą mamuta, lub też jego język obrotny w porównaniu z ogłuszającym rykiem lwa jaskiniowego. Posiadał on jednakże coś, o czym prawdopodobnie sam jeszcze nie wiedział: posiadał ducha, który nie był tem, co poruszało najstraszniejsze zwierzęta, a najpierw wyraził się w jego mowie.

Duch ten pierwotnie musiał prawdopodobnie mało różnić się od tego, jaki posiadały zwierzęta, ustrojem najwięcej do człowieka zbliżone. Posiadały rozum, gdyż były przebiegłe, posiadały świadomość swego istnienia a nawet żywe poczucie, co jest moje i twoje, jak to wyraźnie można było zauważyć, gdy dwoje walczyło o kości trzeciego. Miały bogate zasoby doświadczenia, które następne pokolenia odziedziczyły od poprzednich. Umiały w sposób niepojęty porozumiewać się między sobą. Wszystko to jednak było widocznie w daleko mniejszym stopniu niż u człowieka, w każdym jednak razie w takim, że nie miały zapewne możliwości utrzymania siebie i uratowania swego życia, gdyby mu nie przyszło na pomoc coś zupełnie nowego, co dla wszystkich pozostałych było obcem i niedoścignionem.

Dla usunięcia trudności wyjaśnienia pierwszych początków przypuszczano, że i człowiek pierwotny musiał być również potężnie silnym zwierzęciem, które w skutek swych cielesnych własności dawało sobie rady ze swem otoczeniem. Dotąd jednak nie znaleziono żadnego śladu takiej istoty podobnej do zwierzęcia, pomimo to, że szczątki najdawniejszego, zaginionego świata zwierzęcego są zestawione systematycznie ze zdumiewającą dokładnością. Przeciwnie, znalezione ślady ludzkie, pochodzące właśnie z tych najdawniejszych czasów, wykazują tak uderzające podobieństwo do człowieka dzisiejszego, że starano się zauważoną przerwę w dziejach jego rozwoju zapełnić setkami tysięcy lat, a pomimo to nawet w najdalszej przeszłości nie odnaleziono żadnego śladu, któryby mógł potwierdzić powyższe przypuszczenie.

Natomiast w daleko wcześniejszych czasach, zanim odkryte zostały szczątki człowieka, znajdujemy jako pierwsze niezaprzeczone oznaki jego istnienia, dowody działalności, które tylko od niego pochodzić mogły. Żadne bowiem zwierzę niepozostawiło dotąd takich śladów, jak narzędzia, sprzęty... Tu właśnie tkwi tajemnica tego ciemnego okresu czasu i rozwiązanie zagadki, w jaki sposób człowiek na początku swego istnienia mógł uniknąć zagłady i pozostać tem, czem jest dzisiaj.

Cóż to jest narzędzie? Weźmy przykład najprostszy: bez trzonka, grubo obrobiony młot kamienny z czasów pierwotnych. Jest to przedmiot takiego kształtu, ażeby uderzeniu ręki człowieka nadać twardość i powiększyć ciężar, jakiego pięść jego nie posiada. Człowiek przygotował sobie pięść, ażeby nią mógł rozbić czaszkę niedźwiedzia, w przeciwnym bowiem razie ten by go rozszarpał. On także wyrabia nóż kamienny, piłę kamienną pierwotnego kształtu i rozrywa niemi skórę i mięso renifera, czego nie mógłby dokonać swemi słabemi zębami. Oba te narzędzia dopomogły mu do zwalczania trudności, wobec których bez żadnej pomocy, mógłby łatwo śmierć znaleźć. Najprostsze narzędzie podwoiło, potroiło naturalną jego sprawność, a zarazem wskazało mu drogę, po której krocząc, musiał zdobyć sobie panowanie nad ziemią. Powoli, krok za krokiem, ta wielka prawda stawała się dla niego jaśniejszą. Dawno już przedtem, duch jego, zanim poznał tę prawdę, gnany jakąś niepojętą siłą, która stanowi najprzedniejszy

przymiot ducha ludzkiego pracuje usilnie nad obmyśleniem narzędzi, któreby mu życie uczyniły nietylko możliwym ale i przyjemnem. Od wpływów natury martwej zabezpieczał się odzieżą i mieszkaniem. W świecie zwierzęcym organizuje sobie polowanie i połów ryb, które dostarczają mu pożywienia, w świecie roślinnym zaś uprawiać zaczyna rolnictwo, w skutek czego powstaje stan osiadły. Wszystko to jednak było możliwym tylko na podstawie pobudki duchowej, której ślady znajdujemy w najdawniejszej epoce kamiennej, noszącej tę nazwę od pierwszych narzędzi, wykonanych przez człowieka z tego materiału.

Nie można bez odpowiedniego nacisku zaznaczyć, jak wielkie znaczenie zyskała dla całego istnienia człowieka ta właściwość jego ducha. Narzędzie w czasach pierwotnych, maszyna zaś w życiu teraźniejszym określa zupełnie jasno, nietylko w świecie materialnym stanowisko człowieka, tak, że dzisiaj z tych pozornie powierzchownych cech, gdy narody lub rasy walczą z sobą, możemy napewno obliczyć, której stronie przypadnie panowanie. Tak, nawet życie duchowe i moralne zależnem jest niepomernie od tego, często mało docenionego narzędzia, które z ducha pochodząc, temu duchowi w sposób najrozmaitszy niedający się przejrzeć, służy i powiększa jego sprawność działania na kuli ziemskiej. To jest właśnie zadaniem i działalnością techniki.

Zakres jej obejmuje ogół środków, zaczerpniętych ze świata materialnego, za pomocą których człowiek zdobywa sobie panowanie nad otoczeniem i stara się je utrzymać, czy to zabezpieczając się od jego szkodliwych wpływów, czy też wyzyskując je dla swego pożytku i wygody. Środki powyższe występują w trzech postaciach: jako narzędzie lub sprzęty, jako maszyny i jako sposoby lub metody techniczne. Te trzy formy często przechodzą jedna w drugą, lub też do pewnego określonego celu mogą znaleźć wspólne zastosowanie. We wszystkich jednak celowość jest najważniejszym czynnikiem, wyznaczającym sam przedmiot lub sposób postępowania do dziedziny techniki, która zajmuje się ich wykonaniem i użyciem.

Narzędzie: topór, łopata — sprzęt: misa, stółek — służą do tego, ażeby przy bezpośrednim użyciu przez człowieka mogły spełnić swoje przeznaczenie. Różnica między nimi leży w tem, że narzędzie, aby człowiekowi mogło być użytecznem, musi być przy jego woli, siłą jego mięśni poruszane; sprzęty zaś swoją bezwładnością oddają mu wyznaczone usługi.

Maszyna otrzymuje popęd od energii zewnętrznej, bądź to od siły ciężkości, wiatru, wody, pary, elektryczności, siły zwierzęcej, bądź też w inny jakiś sposób i panuje samodzielnie, jeżeli to leży w zakresie jej własności. Młocarnia, maszyna do szycia, różnią się od narzędzi odpowiednich jak cepy, igła, więcej lub mniej zupełną samodzielnością swych części, jakkolwiek zwykle wymagają jeszcze pomocy ręki ludzkiej i umiejętnego obchodzenia się z nimi. Najdoskonalszemi maszynami są takie, przy których opieka człowieka polega na ich puszczeniu w ruch i zatrzymaniu, pozatem zaś spełniają swoje przeznaczenie samodzielnie. Maszyna jest już

bardzo złożoną postacią wytworu technicznego i zjawia się w swej udoskonalonej formie dopiero wtedy, kiedy ludzkość przez ciąg tysiącleci dopomagała sobie prostymi narzędziami i sprzętami.

Metoda techniczna wreszcie, jest to sposób obrabiania materiału według określonych prawideł w celu wywołania zmian w jego własnościach, które umożliwiają pożyteczne jego zastosowanie. Dzieje powstawania sposobów postępowania technicznego są podobne do historii powstania narzędzi i sprzętów i początki ich również sięgają pierwotnych czasów ludzkości. Przytem należy tu zaznaczyć, że w czasach najdawniejszych były już stosowane takie prawa przyrody, których odkrycie w naszych prawie oczach do tryumfów nauki zaliczamy. Człowiek z epoki kamiennej, jak również wymierający dziki czasów obecnych, trąc dla otrzymania ognia dwa kawałki drzewa o siebie, stosuje czysto techniczny sposób postępowania i dostrzega zarazem jedno z najważniejszych praw, które uświadomiliśmy sobie dopiero po upływie tysiącleci: przemianę siły na ciepło. Jest to jeden z wielu przykładów, spotykanych na każdym kroku, wykazujący w jak zagadkowy sposób przyroda jest ściśle związana z duchem ludzkim i dąży razem z nim torami, urągającemi wszelkiemu schematyzmowi.

Jakże więc powstają narzędzia, sprzęty, maszyny i sposoby postępowania technicznego?—„Wynajdują się“ brzmi szybka odpowiedź i zdarza się czasem, iż wynalazek zostaje znalezionym. Sprawa ta jednak nie jest tak prostą; nadto, ponieważ w niej tkwi początek całej techniki, musimy więc ją dokładniej zbadać.

Cóż to jest wynalazek? Setki maszyn i metod postępowania zostają wynalezione, a jednak nie znajdują zastosowania. Setki innych istnieją od czasów pierwotnych — i tu należą najważniejsze, o wynalezieniu których jednak nic nie wiemy, wskutek czego jest dosyć rozpowszechnione mniemanie, że wytworzyła je potrzeba naturalna.

Dla wyjaśnienia tego procesu bardzo ułudną jest myśl poszukiwania śladów powstania narzędzi w czasach pierwotnych, gdyż wydaje się zwykle że prostota ułatwia zrozumienie sprawy. Pomimo to metoda taka wkracza na tory niebezpieczne. Stosunki wewnętrzne owych czasów i szczególnie pobudki, poruszające duchowe życie ówczesnych ludzi, pozostaną zawsze obrazem naszej wyobraźni, który przy każdym nowem odkryciu u każdego człowieka przyjmuje odmienną postać. Daleko lepiej postąpimy, jeżeli spróbujemy zbadać te zjawiska według zrozumialszych wydarzeń naszych czasów, pojmiemy bowiem łatwiej, w jaki sposób były dokonane wynalazki w czasach wcześniejszych, pierwotni twórcy których prawdopodobnie już przez wnuków swych byli zapomniani.

Pierwszą, najważniejszą rzeczą, z której powstaje wynalazek, jest to błysk myśli: „chcę to zrobić i to ma być wykonane,“ lub odwrotnie, albo też wreszcie „zjawisko, które dostrzegłem przypadkowo, powinno mi być pomocnem do mego zamierzenia.

To zaś, co wylania ten błysk myśli, może być natury bardzo rozmaitej. Niekiedy przy dzisiejszych wynalazkach o mniejszem znaczeniu, a w czasach pierwotnych przy najprostszyc narzędziach, które wywoływała niezbędna potrzeba życiowa, odgrywała ważną rolę, chęć osiągnięcia pewnego celu, częściej jednak mimowolne spostrzeżenie przypadkowego zjawiska, najczęściej może ta niepojęta, niedająca się ogarnąć gra fantazji właściwych wynalazców z Bożej łaski, która rzeczy najsprzeczniesze łączy z sobą i z tego związku umie wytworzyć coś, czego dotąd nie bywało.

Daleko więcej rozpowszechnione pojęcie wystawia sobie wynalazcę, pracującego nad dziełem przyszłości ze zmarszczonem czołem, z głową, opartą na obu rękach. Są tacy ludzie i takie godziny, dni nawet w ich życiu istnieją. Lecz i tu powstaje wynalazek wtedy dopiero, kiedy błysk, zjawiający się ze strony nieoczekiwanej przedziera się przez błędne myśli i naraz je rozjaśnia i oświeca.

Inni znowu wynalazcy przystępują do dzieła inaczej. Zamykają się w laboratorium i robią doświadczenia. t. j. z pomiędzy najrozmaitszych rzeczy i metod postępowania starają się wywołać ten przypadek, od którego się zapala myśl wynalazcza. W ten sposób powstały niektóre wynalazki, jak naprzykład wynalazek prochu. Tacy jednak rzemieślnicy ducha nie należą do wynalazców genjalnych.

Jednakowoż ten błysk myśli, który uważamy za właściwą istotę wynalazku, nie stanowi jeszcze wynalazku rzeczywistego. W naszych czasach, obfitujących w wynalazki, tysiące tego rodzaju przebłysków zjawiają się codziennie w setkach umysłów i znikają zaraz przy zetknięciu się z zimną rzeczywistością. Niedoświadczeni młodzieńcy są zupełnie przekonani, że uda im się wynalazek i naprzd już doznają rozkoszy sławy i korzyści, jakie im maluje ich własna fantazja. Przekonywają się zwykle za późno, że, aby coś wynaleźć, potrzeba czegoś więcej, aniżeli samego tylko pomysłu.

Należy bowiem nadać kształty wynalazkowi, czyli wykonać jego budowę. Tutaj każdy stopień kultury daje wynalazcy do rozporządzenia bogaty wybór środków, zwiększający się z każdym lat dziesiątkiem. Dawniej trzeba było takich środków wyszukiwać bardzo starannie, często nawet należało je wynajdywać dopiero, jak np. w dziejach maszyn parowych—regulator odśrodkowy. Dzisiaj młody technik ma do rozporządzenia aż nadto bogaty zasób środków pomocniczych; często też jest przekonany, że wykonał znakomity wynalazek, jeżeli z pośród tysięcy rozporządzalnych i czynnych środków pomocniczych wykombinuje jakie zręczne zestawienie. Takiego rodzaju robienia wynalazków można się nauczyć. Istnieją nawet pod tym względem zręcznie i systematycznie ułożone wskazówki. Wartość ich w stosunku do wynalazków jest taka sama, jak wskazówek do pisania poezji: prace także zapełniają książki—do poezji jednak nigdy zaliczone nie będą.

Drugi ten stopień ma nadzwyczajne znaczenie dla wynalazku, od niego bowiem zależy jego urzeczywistnienie. Setki pomysłów doskonałych nie ukształtowały się, ponieważ wynalazca posiadał za mało zręczności, lub też doświadczenia, aby idei swej nadać postać realną.

Jeżeli nawet i to zostało wykonane, to nie można powiedzieć, aby wynalazek był już gotów, należy bowiem go wykonać. Wykonanie zaś jest równoznaczne co do ważności z poprzednimi stadjami i przedstawia nie-małe niebezpieczeństwo nieudania się danego wynalazku; tem więcej, że nie zawsze łączy w sobie niezbędne wiadomości i praktyczną zręczność z darem szczęśliwych pomysłów. To też widzimy bardzo często, jak nawet trafnie pomyślane nowe wytwory, obleczone w nieodpowiednią postać, napróżno starają się zdobyć znaczenie w obec pięknie wykonanych i wybornie działających maszyn dawniejszego pochodzenia, dopóki jaki praktyk doświadczony nie wyzyska tego pomysłu, aby zbierać plony z tego, co inny w sposób nieodpowiedni zasiał. W tem zawierają się pierwsze prace próbne a przytem znaczne nagromadzenie trudności, jakich zwykle wynalazca nie przypuszczał: ofiary z pracy i kosztów, ciężkie troski i próby cierpliwości, które niejedną siłę strawiły, nie przynosząc pożądanego wyniku. Tutaj dopiero okazuje się, że wynalazca powinien odznaczać się nietylko umysłem genialnym, ale także być człowiekiem silnego charakteru, jaki wymagany bywa w niewielu położeniach życiowych i, że bez idealnego pojmowania swego zadania rzadko osiąga cel zamierzony.

Lecz nawet po tych ciężkich latach próby losy wynalazku w znaczeniu prawdziwym dla gospodarstwa narodowego nie są jeszcze zakończone. Następuje bowiem dla wynalazcy chwila najprzykrzejsza, t. j. zadanie wprowadzenia wynalazku, gdyż wogóle świat nie chce wiedzieć o wynalazkach. Brzmi to paradoksalnie w naszych czasach; z dawniejszych jednak stuleci wiemy, jak to jest prawdziwe. Wtedy każdemu prawdziwemu wynalazcy groziło ukamienowanie, lub spalenie żywcem, a czasy te nie są znów tak zbyt odległe. I dziś jeszcze wprowadzenie wynalazku, tworzącego przewrót, jest zadaniem wymagającym w wysokim stopniu zręczności, cierpliwości i pracy, szczególnie pracy zupełnie różnej od tej, jaka była dla wynalazcy ulubioną, a ta ostatnia skała jest może najniebezpieczniejszą, mogącą spowodować rozbitcie jego łodzi.

Jeżeli nareszcie i tę przeszkodę uda się usunąć, świat wtedy staje się bogatszym o jeden wynalazek i posuwa się naprzód o jeden krok.

W ciągu dwóch tysięcy lat dostrzegamy podobne przykłady, powtarzające się w sposób najrozmaitszy. Odbywało się to bowiem niewiele inaczej, czy to w dawniejszych czasach, gdzie natrafiamy na podobne wyniki, czy to w stałych postępach tak nazywanego okresu klasycznego czasów starożytnych, czy też wreszcie w pierwszych próbach technicznych wynalazków, o których nicbyśmy nie wiedzieli, gdyby nam o tem nie świadczyły kamienie. Nie mamy bowiem innych dowodów, ani innej podstawy do odmiennych wniosków. Człowiek pierwotny, o ile możemy sądzić z jego



materjalnych zabytków, był zupełnie takim samym, jakim jest i dzisiaj. Po cóż więc mamy się starać o inne, niż obecnie widzimy, przedstawienie sobie wytworów ducha naszego, lub też zamiast niego podstawiać instynkt zwierząt wyższego rzędu, który nie wykazuje podobnego rozwoju, lub wręcz przeciwnie przyjmować prosty przypadek, albo niemającą woli przyczynowość nieświadomej natury.

Teraz znowu powinniśmy zapytać, jakie to siły dają pierwszy popęd, co właściwie pobudza ducha, co podtrzymuje go na tej drodze, pełnej trudów, w walce z gorzkimi zawodami, z obojętnością, a często nawet ze złośliwym oporem, które grożą wynalazkowi, temu rzeczywistemu początkowi całej techniki, na każdym stopniu jego rozwoju?

„Potrzeba jest matką wynalazków“ głosi jedno z tych na poły prawdziwych przysłów, które bezmyślnie powtarzane, nie wprowadzając nic więcej, czynią rzeczywiste stosunki jeszcze więcej niezrozumiałymi. Myśl ta, ażeby powstanie wynalazku objaśniać uczuciem potrzeby, opiera się na tem sprawiedliwym usiłowaniu, iżby wszystkie możliwe zjawiska świata zewnętrznego sprowadzić do prawa mechanicznego. O ile bowiem objaśnienie opiera się więcej na prawie mechaniki, tem wydaje się nam zrozumialszem. Dążenie to niekiedy sprowadza na manowce. Natura ludzka bowiem nie jest tylko mechanizmem, porusza się często nawet inaczej, jak jej myśl logiczna wskazuje.

Gdyby potrzeba czyniła człowieka wynalazczym, to eskimosi i mieszkańcy Ziemi Ognistej byłiby najwięcej wynalazczymi rasami na ziemi, dążenie zaś i zdolności wynalazcze zmniejszałyby się w miarę wzrostu kultury. Tymczasem jest wprost przeciwnie. Aby poznać jednak prawdziwe podniety wynalazcze, nie możemy również zwracać się do czasów pierwotnych, w których wykonane były pierwsze i najważniejsze wynalazki, gdyż o ich powstaniu nic pewnego nie wiemy, a wszystkie wyjaśnienia są, z natury rzeczy, obrazami fantazyjnymi, wytworzonymi przez jednego badacza na podstawie przypadkowego punktu widzenia, a kwestjowanymi już przez drugiego. Tylko przez pilne obserwowanie poprzednich dobrze znanych przypadków możemy dojść do celu, a takich w czasach ostatnich mamy ilość dostateczną do rozporządzenia.

Weźmy np. największy i najbardziej znany wynalazek z niedalekiej przeszłości — maszynę parową. Nikt z tych, którzy zadali sobie trud poznania owych czasów, nie zechce utrzymywać, że świat na początku XVIII stulecia uczuwał nietylko szczególnie silną, ale wogóle jakąkolwiek potrzebę wynalezienia maszyny parowej. Pierwszy statek z kołem łopatkowym, który wybudował Dyonizy Papin i, jak pisał do Leibniza, chciał w Anglii zaopatrzyć go w „maszynę ogniową“, gdyż tam miał nadzieję łatwiej urzeczywistnić swe idee przekształcające świat, został przez żeglarzy na Wezerze potłuczony w kawałki. Kilka lat wynalazca później umarł z nędzy niewiadomo dokładnie gdzie i kiedy. List jego ostatni, dotąd przechowywany, kończy się wyrazami: „Zapewne, mój panie, jestem w bardzo smutnem położeniu,

gdyż jeżeli czynię coś dobrego, wytwarzam sobie wrogów".—Maszyny prężdhalnicze Hargreave'a i Arkwrighta zostały pogruchothane przez ludzi, którym miały ułatwiać pracę, tysiąckrotnie powiększyć ich wytwórczość; wynalazcy zaś ich znajdowali się nieraz w niebezpieczeństwie życia. Coś podobnego wiemy o początku prawie każdego postępu technicznego. A przytem występują tu także nietylko niedaleko patrzące masy ludowe. Gdy Stephenson projektował drugą linię drogi żelaznej z Londynu do Liverpool'u i zdołał wreszcie przy nieopisanych trudach zwalczyć opór parlamentu angielskiego, wielcy posiadacze ziemscy, przez których majątkości miała przysła droga przechodzić, chcieli zapłacić bardzo znaczne sumy, aby tylko znieawidzona przez nich nowość była poprowadzona przez inne okolice, lub najlepiej wcale wykonaną nie była.

Albo weźmy nasze czasy! Czy można jakimkolwiek sposobem uzasadnić, że odkrycie promieni Röntgena albo wynalezienie telegrafu bez drutu, wywołane były uczuciem potrzeby? Promienie Röntgena początkowo rozpowszechniały się z tajonym przestraczem, łącznym z pewnem zdumieniem: „Jakto, chcą nam teraz przez ubranie zaglądać do naszych woreczków pieniężnych“. Postępy telegrafu bez drutu cały świat telegraficzny śledził ze wzrastającą obawą. „Co się stanie z linami podmorskimi telegraficznymi, jeżeli ponad nimi z jednego lądu na drugi będzie można rozmawiać przez powietrze!“ Takie pytania zadają dzisiaj, wprawdzie w nieco grzeczniejszej formie, aniżeli woźnice i szyprowie, którzy przed stu laty przeklinali poprostu drogi żelazne.

Fakty powyższe, które można poprzeć niezliczoną ilością podobnych przykładów, wykazują, że energia wynalazcza ludzi ani razu nie była wywołana skutkiem poczucia potrzeby. W każdym razie nie trudno wyjaśnić, jakim sposobem pogląd taki uzyskał rozpowszechnienie: jeżeli jaki ważny wynalazek wprowadzony został do ośpałego i nieprzychylnego dla niego kraju i wywarł swój wpływ, często przekształcając całe życie społeczne, to wtedy trudno jest przedstawić sobie ten stan, jaki tam istniał przed powyższem zjawiskiem. Strasznych skutków katastrofy, któraby musiała nastąpić, gdyby wszystkie drogi żelazne raptownie zniszczone zostały, prawie niepodobna odmalować. A więc każdy powiada sobie, że lokomotywa była dla nas niezbędną, czyli potrzeba ją wynalazła. Wiemy przecież, że stosunki, z których wyprowadziliśmy powyższy wniosek, nie były takie w tym czasie, kiedy Watt i Stephenson w pośród trudów i niedostatku musieli walczyć o wprowadzenie w czyn swych myśli.

Jeżeli teraz dodamy, że w czasach historycznych, każda gałąź techniki rozpoczynała się w sposób opisany, to pozostałoby wątpliwem tylko, czy w czasach pierwotnych, w mrokach których powstały najważniejsze wynalazki ludzkie, przebieg ich nie odbywał się w sposób odmienny. Czy wtedy, kiedy ludziom zbywało na wszystkim, a co obecnie jest dla nich niezbędnem, niedostatek i potrzeba nie były najważniejszą pobudką, która ich zmuszała do wynalazków?

Rozpatrzmy przebieg największych wynalazków w czasach starożytnych. Co prawda działać tu będziemy na gruncie niepewnym, w każdym razie nie będzie to znów zbyt trudnym utworzyć sobie obraz tych wypadków, jeżeli naturalnie człowieka nie będziemy uważali, jako istotę inaczej ukształtowaną i różną od obecnego stanu naszego.

Czas, w którym rodzaj ludzki był pozbawiony ognia, można naturalnie wyobrazić sobie w klimacie, pozwalającym w takich warunkach żyć człowiekowi. Mógł on tam marznąć, ale nie mógł zupełnie zmarznąć, gdyż inaczej jego dzieje miałyby koniec przedwczesny.

Więcej niż prawdopodobnym jest, że najstarszą epokę kamienną poprzedzał okres drewniany; z narzędzi jego i sprzętów jednak, z powodu nietrwałości materiału nie pozostało ani śladu, zniknęły zupełnie w ciągu tysiącoleci. Że człowiek używał drzewo na narzędzia przed a w każdym razie jednocześnie z kamieniami pewnem jest choćby dla tego, że drzewo daleko łatwiej daje się obrabiać. I dzisiaj nawet laska jest najpierwszym sprzętem dziecka.

Zwykle przyjmuje się, że przypadkowy pożar, jaki często przytrafia się w naturze, czy to od uderzenia piorunu, czy też w skutek samozapalności materiału czy też wreszcie od tarcia poruszanych przez wiatr suchych gałęzi krzewów bambusowych (wypadek prawie niemożliwy), nauczyło człowieka, jakie znaczenie ma ogień i skłoniło go do jego przechowania, lub też do samodzielnego wywoływania.

Przy bliższem jednak rozpatrzeniu tego objaśnienia, wydaje się ono niemożliwem. Daleko prawdopodobniejszym już jest to, że powstały ogień musiał napełniać człowieka strachem i zgrozą, jak działa jeszcze dzisiaj na dzikie zwierzęta. Możliwem jest także, że odkrycie ognia powstało w bliskości wulkanów, gdzie człowiek na gorącym gruncie obok lawy rozpalonej przywykł do tego strasznego zjawiska natury i mógł nauczyć się, że ogień ma także i działanie pożyteczne. Z takich miejscowości znajomość ognia mogła się dalej rozpowszechnić.

Najprawdopodobniej jednak wynalazek wytwarzania ognia powstał w sposób następujący: Przy obrabianiu drzewa, szczególnie jeżeli ludzie w tym kierunku posunęli się tak daleko, że mogli je wygładzać za pomocą szlifowania, lub też przez tarcie wyrabiać w niem otwory, musieli być dostatecznie obznajmieni, że drzewo wskutek tego staje się ciepłem i że poczucie ciepła podczas dnia zimnego nie należy do nieprzyjemnych. Przez dłuższe i silniejsze tarcie lub świdrowanie, podnosiło się ciepło i uczucie przyjemne, które dało się odczuwać przy dotknięciu drzewa lub wiorów. Przedstawmy sobie teraz w tych warunkach ciekawego i inteligentnego młodzieńca: jego podziw dla tego zjawiska, jego radość, gdy zauważył, że ta sprawa staje się ciekawszą, kiedy mocniej pociera drzewo. Co z tego wyniknie? Ciekawość i przyjemność skłaniają go do dalszej pracy, dopóki wióry nie zaczną wydzielać dymu, pracuje więc ze zdwojoną gorliwością aż do wywołania ognia. Przebieg taki wydaje się potrzebą psychologiczną, która powtarzała się w licznych wypadkach.

Można tego rodzaju wynalazki przypisać wypadkowi, który jednak na inteligencją zwierząt nie oddziaływa zupełnie. Dla tego też wypadek nie tworzy wynalazku. Również nie tworzy go także uczucie potrzeby, któreby naprowadziło młodzieńca, że później można było korzystać z dobrodziejstwa ognia. To, co sprowadzało wynalazek było wyłącznie ludzką, duchową własnością: ciekawość, radość z odkrycia, idealna potrzeba tworzenia. Kto miał do czynienia z wynalazcami, lub sam jako dyletant odważył się wejść na tę drogę niebezpieczną, zna doskonale to uczucie. Z dziejów najznakomitszych wynalazków wiemy, jak ci męczennicy gotowi byli poświęcić dla nich: czas, pracę, pieniądze, szczęście własne, nawet szacunek świata. Pogoń za zyskiem w rzeczywistości typowych wypadkach nie stanowi istotnej podstawy. Nawet ambicja, szczególnie w pierwszych stadiach wynalazku, nie odgrywa roli głównej. Ta leży w zasadniczej własności ducha ludzkiego, która wyróżnia człowieka od zwierząt, mianowicie w zdolności tworzenia i zadowoleniu z tego.

Dla tego też historii techniki, mającej prawie jednakowe znaczenie z dziejami wynalazków, nie można wcisnąć do jakiegoś szablonu. To jest praca ducha, który nią rządzi; jedna z tych prac, której nikt jeszcze nie mógł ograniczyć żadnymi prawidłami, i która nie jest przywiązana ani do pewnego kraju, ani do pewnego okresu czasu. Gdziekolwiek może się znaleźć naród dojrzały niż inne, który w dziedzinie wynalazków posunął się naprzód o wiele stuleci; jak również znajduje się i taki równocześnie, który przez tysiącolecia cały swój byt pełen różnorodnych potrzeb zaspakaja środkami najprostszymi. Takie różnice, pochodzące z niewyjaśnionego i pozornie przypadkowego podziału, istnieją także, jak to widzimy, i pomiędzy ludźmi. Nagle zjawia się człowiek, który całe otoczenie swoje porywa tak swym genjuszem, że powstaje postęp gwałtowny, i starszy, niższy stopień kultury przełamany zostaje za pomocą środków pozornie zewnętrznych i materialnych; w innym znów miejscu zdaje się, że istnieją wszelkie warunki przedwstępne do wykonania podobnego przeobrażenia, niema jednak ducha i masy pozostają w tem samym położeniu, w jakim dawniej były. W tym czasie, kiedy Grecja osiągnęła w wielu kierunkach najwyższego rozwoju, jaki dla człowieka wtedy zdawał się możebnym, a Egipt już przechodził ten sławny swój okres, którego resztki dziś jeszcze napelniają nas podziwem, Chiny spostrzegły, jak rozwój ich kultury zaczynał już kostnieć. I dzisiaj, jak z jednej strony znane są narody Europy środkowej, jako stojące na najwyższym stopniu rozwoju technicznego, tak z drugiej strony nie brak takich grup ludzi, którzy nie wstąpili nawet na pierwszy szczebel tej długiej drabiny, chociaż znajdują się i takie, które pozajmowały prawie wszystkie pośrednie jej szczeble. Widzimy więc, że technika tak w stosunku do czasu jak również i do miejsca, już to rozwija się w nagłych skokach, już też postępuje stale naprzód, czasami zas wpada w pewien rodzaj półdrzemki, to znów, gdy się jej zdaje, że może osiągnąć najwyższy stopień dokłada wszelkich możebnych starań, ażeby go osiągnąć.

Pomimo wpływu warunków zewnętrznych, które albo popierają pomysły techniczny, lub też są mu przeszkodą, zauważyć się daje pewna stałość w rozwoju techniki. Często jednak nie zyskuje ona podstawy, potrzebnej dla jej rozwoju i dlatego walki, które ominęły niewielu wynalazców, niezawsze kończą się zwycięstwem. Tragiczny los bywa niektórych umysłów, wybujałych nadto ponad swój wiek, których następcy dopiero wspominają z wdzięcznością, jeżeli pamięć o nich nie ginie zupełnie; a często ta spokojna, na pół jakby zapomniana praca takich ludzi staje się podstawą niezbędną dla licznych wyników, przekształcających w sto lat później całe życie ludzkości.

Najczęściej w świecie pomysłów wynalazczych, już to je popierając, już też hamując ich rozwój, oddziaływa potrzeba ludzka, którą należy nawet przyjąć jako siłę wytwórczą. To jednak jest dowiedzionem, że szerokie masy nie znają swych własnych potrzeb, dopóki one są sprawą przyszłości. W tym też kierunku leży jedno z najtrudniejszych zadań, przypadających w udziale wynalazcom, lub tym, którzy mogą przewidzieć przyszłość, ci jednak skazani są zwykle na życie pełne trosk i walk, jak to nam wskazuje żywot Franciszka Lissta, pioniera dróg żelaznych lądowych. Poznanie potrzeb ludzkich, albo raczej skierowanie do nich ludzkiej woli, są dalszemi pobudkami, w zrozumieniu których uznajemy podstawy i przyczyny całego postępu technicznego.

Tak więc mamy idealną dążność ducha ludzkiego do wytwarzania, poznanie i zrozumienie ludzkich potrzeb, szczególnie przyszłości a przede wszystkim wolę ludzką, tworzące wspólnie technikę, na której spoczywa najpotężniejszy ruch czasów naszych.

W historii znaczniejszych grup narodów dają się odróżnić takie okresy czasu, w których cała dążność duchowa i materialna zwraca się prawie wyłącznie w pewnych tylko kierunkach. W takich czasach bardzo prawidłowo zwykle następuje otrzeźwienie i uspokojenie, a człowiek rozpoczyna na nowo pogoń za szczęściem w innym kierunku. Zupełnie słusznie stulecie XIX nazwano wiekiem wynalazków, ponieważ technika nabrała wtedy takiego przeważnego wpływu, jakiego nie miała nigdy przedtem, takiego znaczenia, które nawet dzisiaj zdaje się dalej istnieć w całej swej sile i chociaż może nieco zawczasie, pragnie już teraz wycisnąć piętno swoje na całe XX stulecie.

Z pomiędzy wielu najrozmaitszego rodzaju przyczyn, ten ruch wywołujących, najważniejszą było wynalezienie nowego źródła energii i rozwiązanie wielkiego zagadnienia, jakim było: zamiana ciepła na energję. Na tej drodze zdobyto możność wyzyskania ciepła słonecznego, przez tysiąclecia nagromadzanego w węglach kamiennych i w sposób nieprzewidziany znakomitego powiększenia działalności przemysłowej owych czasów. To też wynalazek maszyny parowej w drugiej połowie XVIII stulecia i zastosowanie jej w praktyce na początku XIX wieku, tworzy rozdział silnie wyróżniający się nie tylko w dziejach techniki, ale w ogóle w historii całej

ludzkości. Jednocześnie z tem należy się zanotować to zjawisko, które, jeśli nie wprost wypadkiem, to w każdym razie znajduje się w zależności trudnej do wyjaśnienia, że kiedy w dziedzinie fizyki doświadczalnej otrzymano takie znakomite rezultaty, to w chemji nastąpiło podobne przekształcenie nie tylko skutkiem całego szeregu wynalazków, lecz wprost przez zupełnie nowe ukształtowanie zasadniczych jej pojęć. I w końcu całkowite skostnienie i ostateczny upadek zasady cechowej, z którą zrosnięty był rozwój przemysłowy przez setki lat, stanowi niejako trzeci moment, dający nam prawo do zaliczania wszystkiego, co poprzedzało tę chwilę czasu (drugą połowę XVIII stulecia) do początków nowoczesnej techniki.

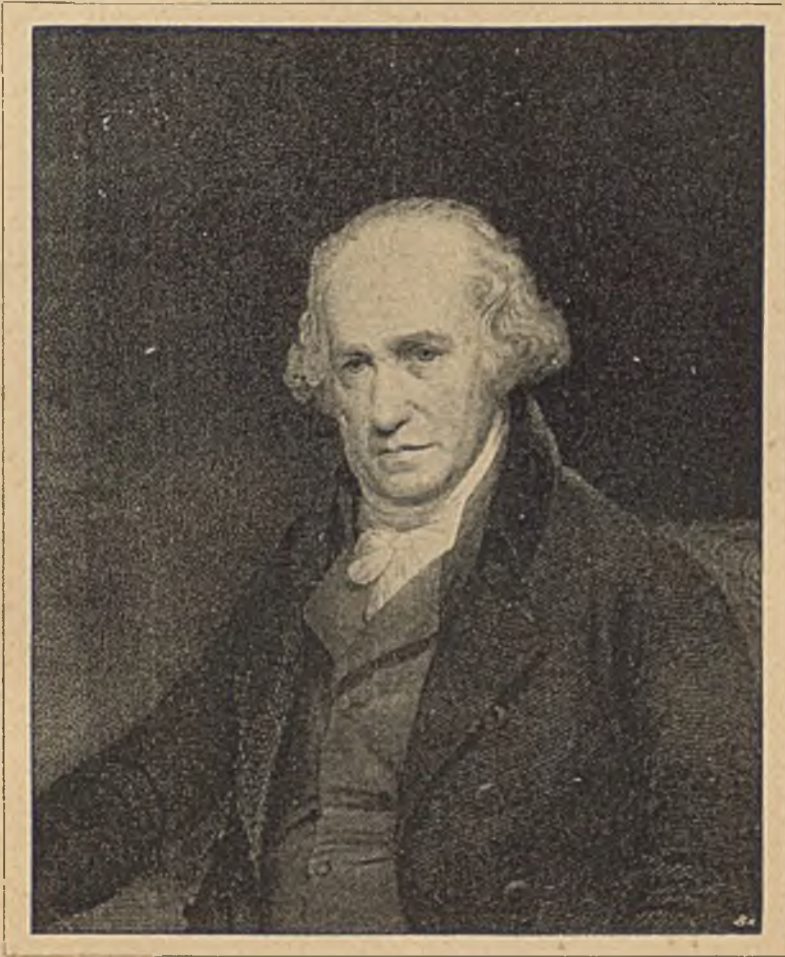
Jeżeli jednak dopytywać się będziemy o początek tego początku, to cofnąć się musimy znowu do mroków czasów pierwotnych i zbadać, jakim sposobem człowiek ówczesny mógł zachować swoje istnienie, znajdziemy przytem, że ślady pierwotne, jakie człowiek pozostawił, nie były czem innym, jak tylko tem samym, czego właśnie poszukujemy, to jest początkiem techniki.

Dwa przymioty dawały człowiekowi nad zwierzętami przewagę, przymioty, które z początku utrzymywały go zapewne na równi z niemi: pierwszy, to zdolność do mowy artykułowanej, do pomysłu wyrazu, zasadniczego warunku jego rozwoju duchowego; drugi, to zdolność do wynalezienia narzędzi, będącą podstawą jego bytu materialnego. Oba pochodzą z jednego źródła — z ducha. Żaden z nich nie mógł być bez niego poczęty. Oba czy to ujawniają się w tak skromnej nawet formie, jak bełkot dzikich australijczyków, czy też w postaci siekiery kamiennej człowieka diluwjalnego, domagają się prawa, że uznane będą tak, jak są: duch z ducha, nieuchwytna przyczyna całego istnienia.

Droga, jaką mamy przebyć nie jest krótką. Poczyna się bowiem od czasów pierwotnych ludzkości i biegnie aż do progu teraźniejszości. Przedstawia się ona w stosunku do czasu i przestrzeni w kierunku prostoliniowym. Nawet najważniejsze ślady wskazują, że ludzkość już wtedy występowała w licznych rasach i plemionach, które w niejednakowym rozwijały się stopniu w sposób najrozmaitszy. Tak przebiega w setkach punktów historia techniki, w okresach setki lat trwające, pozornie samodzielne i niezależne jedne od drugiego. Wszędzie jednak początki pierwszych dorobków ducha ludzkiego, które tak powszedniemi stały się dla nas, że dopiero dzisiaj uznajemy je za wielkie odkrycia, sięgają tych czasów, w których tylko przez analogje i przypuszczenia możemy sobie uprzytomnić najpierwsze początki powstawania i z tego względu czasy te będą nas pociągały zawsze ku sobie.

Jeżeli w głębi jaskini, w której człowiek pierwotny znajdował schronienie, lub też w głębi jeziora, nad którym zbudowaną była chata na palach, odkrywamy zaginione resztki działalności ludzkiej, pogrążone w odmęcie i uległe przez wpływ tysiącoleci prawie zniszczeniu, to trudno spodziewać się, abyśmy z tych szczątkowych odkryć mogli kiedykolwiek

odczytać historję ich powstania i wzajemną zależność ich części składowych. Zginęło bowiem to, co się składało z nietrwałych materiałów, pozostały zaś przedmioty kamienne i kościane. Wyobraźmy sobie w ten sposób zdzieśiátkowaną naszą kulturę dzisiejszą. Jakiż wykrzywiony obraz jej, po upływie kilku dziesiątków tysięcy lat, przedstawiłby się oczom badacza. Jeśliby



**James Watt, wynalazca maszyny parowej.**

Według miedziorytu C. E. Wagstaffa.

naprzykład kiedykolwiek całe żelazo nasze zostało zniszczone przez rdzę, groziłoby nam niebezpieczeństwo że bylibyśmy zaliczonemi do ludzi z epoki kamiennej o bardzo skromnej wytwórczości. To też nie możemy stawiać napewno żadnych wniosków, czy przedmiot znaleziony powstał wcześniej, czy później, skąd on pochodził, odkąd i dlaczego przestał znajdować się w warstwach morskich lub jaskiniowych. Wszystko to musi się nam przedstawiać zasłonięte mrokiem, pokrywającym początek wszelkiego życia. Zmuszeni

jęsteśmy ograniczyć się do przedstawienia krótkiego i zwięzłego obrazu tego, co można było wywnioskować z największym prawdopodobieństwem ze znalezionych szczątków, przyczem poszukiwanie istotnych faktów będzie ułatwionem znacznie przez to, że częstokroć stopnie rozwoju tego samego rodzaju sięgają głęboko w czasy historyczne a nawet w pozostałych rasach mogą być obserwowane i dzisiaj jeszcze.

Rezultaty tym sposobem osiągnięte pozwolą nam ustanowić, z jakim zasobem wiedzy i umiejętności przeszła ludzkość do czasów historycznych. Od tego zaś okresu wszystko na drodze naszej będzie przedstawiać się daleko jaśniej, musimy jednak wydzielić grupy większe i za nimi dążyć, aby się nie zagubić we wzrastającym ciągle bogactwie zjawisk. Ciągła wymiana myśli, nieustanne krzyżowanie dążeń, stały wpływ wszystkiego na wszystko, utrudnia nam przegląd i sprawia, że nawet ten pochodz myśli, jak wszystkie pomysły ludzkie wobec pracy natury, w mikrokosmosie naszej ziemi musi pozostać beznadziejnym...



Kamienny topór-młot z przewierconym otworem dla trzonka.  
Królewskie Muzeum etnologiczne. Berlin.





Wyprawa skór u Lapończyków.

## Wytwórczość czasów dawniejszych.

Ukazanie się pierwszego człowieka na ziemi porównywano często z narodzinami dziecka; zjawiał się jako istota uboga, naga i pozbawiona wszelkiej pomocy; niedostatek, obawa przed żyjącymi wspólnie z nim zwierzętami i głód musiały być jego pierwszymi nauczycielami! Głód zmuszał go wkładania do ust wszystkiego, co tylko napotkał, a więc i zwierząt, dających się schwytać rękami; następnie nauczył się zabijać i zwierzęta większe, z początku zapewne w celu samoobrony, później zaś już umyślnie dla zyskania zdobyczy. Skóra, której spożyć nie mógł, służy mu za ubranie, chroniące go od zimna. Pogląd ten, jakkolwiek, trzeba przyznać, jest dosyć przekonującym, nie zgadza się jednak z prawdą. Trafnym jest to spostrzeżenie, że człowiek, albo nie jest wcale zaopatrzony w pewne przymioty, tak wysoko rozwinięte i wykształcone u zwierząt, lub też posiada je w daleko niższym stopniu niż one. Nie może np. fruwać, skakać zaś, wdrapywać się na drzewa, biegać i pływać nie potrafi tak, jak to mogą czynić niektóre zwierzęta. Przyrządy jego naturalne do chwytania

pożywienia i dzielenia na kawałki w porównaniu z przyrzadami, jakie posiadają zwierzęta, są mu nadane przez przyrodę bardzo po macoszemu, również jak i naturalna jego broń, paznogie i zęby; mimo to wszakże też sama przyroda wyposażyła go w tak wielkie zalety, w porównaniu ze wszystkimi istotami, zamieszkującymi wspólnie z nim ziemię, że z ich pomocą udało mu się podbić wszystko, nawet spożytkować siły przyrody i wysunąć się na pana całego stworzenia.

Jeżeli u niektórych zwierząt widzimy rozwinięte wybitnie pewne jakieś przymioty, to z pewnością rozwój ich nastąpił na karb innych. Wyształcenie budowy cielesnej zwierzęcia i jej zużytkowanie jest więcej jednostronne, zastosowane ściśle do szczególnego jego sposobu życia, choćby to życie doszło nawet do wysokiego rozwoju. U ludzi jest zupełnie inaczej; wszystkie ich właściwości nie są tak silnie odznaczone, lecz za to posiadają całą ich ilość złączoną w całość harmonijną, tak że we wszystkich kierunkach mogą zachować złoty środek. To wszakże nie uzdolniłoby jeszcze człowieka do zdobycia sobie w przyrodzie wszechwładnego obecnie stanowiska; przyroda obdarzyła go nadto takimi przymiotami, które go wywyższają ponad wszystkich współmieszkańców naszej ziemi: chód prostopadły, podczas którego a także wogóle, może swobodnie rozporządzać członkami przednimi, następnie wydoskonalenie rozwoju tych członków, mianowicie rąk, zbudowanych zupełnie odpowiednio do celów, jakim mają służyć, położenie oczu w głowie wzniesionej, pozwalające na powiększony obszar widzenia i wreszcie nadzwyczajna ilość mózgu w stosunku do całego ciała, w czem góruje nad pozostałymi zwierzętami, mózgu będącego siedliskiem jego władz duchowych, które mu wskazują, jak ma użyć odpowiednio swych sił i zrobić z nich najlepsze zastosowanie. Mózg ten, który stawiał człowieka ponad zwierzętami, początkowo nie był zapewne tak rozwinięty jak obecnie, doskonał się bowiem podczas całego rozwoju, lecz pierwszy człowiek, albo powiedzmy lepiej praczłowiek lub też człowiek pierwotny posiadał wszakże mózg większy niż najlepiej rozwinięte zwierzęta. I chociaż pierwotnie różnica ta nie była bardzo znaczną, przypuszczalnie bowiem praczłowiek nie miał mózgu większego jak *Pithecantropus erectus* (Dubois, porównaj *Wszechświat i Człowiek* tom II str. 193), była jednak wystarczającą, ażeby go wynieść ponad otoczenie zwierzęce i dać mu możność do zawładnięcia dominującego stanowiska. Chód prosty, większa ilość mózgu i mowa wyróżniają człowieka od zwierząt. Rozumiemy tu rzeczywiście chód prosty taki, jakiego człowiek używa. Czasami małpy wyższego rzędu jak gibbon i orangutang chodzą prosto, lecz czyż można porównywać ze swobodnem i dumnem stąpaniem ludzi nędzne kołysanie się gibbona, używającego swych długich ramion do utrzymania równowagi, lub wykonywany przy pomocy rąk chód prosty orangana lub goryla, chodzących rzeczywiście na czworakach. Coś w rodzaju mowy przypisują także wielu zwierzętom a niedawno nawet rybom, którym jeden z ichtyologów wyznacza siedm zmysłów a jednym z nich jest mowa (*Contemporary Review* 1903). Lecz jeżeli zwierzęta nawet

mają dźwięki, przy pomocy których porozumiewać się mogą, to te ograniczają się zaledwie do dźwięków wabiących lub ostrzegawczych i tak przypominają mowę ludzką, jak prosty chód małp przedstawia prosty chód człowieka. Mowa jest objawem rozumu ludzkiego, mającego swe siedlisko w mózgu, i rzeczywiście jest głównym objawem, służącym do wspólnego porozumiewania się ludzi, za pomocą której możemy nie tylko przekazywać innym swe spostrzeżenia i uczucia, lecz nawet myśli swych udzielać.

Istnieje jednak jeszcze wybitniejsza różnica: „Człowiek jest istotą, wytwarzającą narzędzia“, powiada Franklin. Jest to w dalszym ciągu wyjątkowe stanowisko w naturze, gdyż jeżeli pawian używa kamienia do otworzenia twardego orzecha, jest to już czemś osobliwym u zwierzęcia, małpa jednakże nie utworzyła ani jednego narzędzia, to jest nie przygotowała umyślnie przyrządu, mającego oznaczoną formę i służącego do pewnego określonego celu. To może zrobić tylko człowiek. Jego mózg nauczył, albo uzdolnił go, jak ma najlepiej swe siły zastosować i jak je spożytkować, ale wskazał mu także, czy to za pomocą prostego przypadku, czy to jakiegoś wydarzenia, czy też wreszcie na zasadzie rozumowania, że słabe siły ludzkie mogą być wzmocnione przez zastosowanie narzędzi odpowiednich. Oczywiście człowiek nie zjawił się na świecie razem z już gotowymi przyrządami w rodzaju naszych heblarek i wiertarek, lub chociażby z gotową siekierą kamienną; na to, ażeby człowiek pierwotny posunął się tak naprzód, iżby mógł sobie przygotować jakieś zamierzone narzędzie, potrzeba było bardzo długiego czasu, lecz czuł on już bardzo wcześnie, może najpierw tylko instynktownie, że za pomocą kamienia wzmocni uderzenie ręki i dlatego napewno można powiedzieć: pierwszy człowiek był pierwszym technikiem. Wyrażenie to brzmi śmiało, ma jednakże zupełne usprawiedliwienie w tem, że jak dowiadujemy się ze spostrzeżeń tak poważnego badacza jak Schweinfurth, to pomiędzy małpami nawet w rozwoju nie zbyt wysoko stojącymi, jak np. pawian, zwyczajem jest posługiwać się „narzędziem“ to jest kamieniem przy rozbijaniu twardych orzechów (porównaj tom II, str. 230).

Pierwsze narzędzia u ludzi nie były zapewne przygotowane naumyślnie: gałąź wiatrem strącona, kamień, mający kształt dopasowany do ręki, oprócz naturalnie zębów i rąk, prawdopodobnie zostały zastosowane jako pierwsze narzędzia i jako takie przechowały się bardzo długo. Stopniowo człowiek przekonywał się, że przedmioty o pewnych kształtach nadają się szczególnie do niektórych przyrządów, nauczył się więc takie fakty obserwować i gdy ta obserwacja, co naturalnie wymagało bardzo długiego czasu, przekonała go, wtedy z pośród licznych, będących do jego rozporządzenia kamieni, drążków lub kości, wybierał sobie najodpowiedniejszy do pewnego celu taki kawałek, któryby wymagał obrobienia tylko w niektórych miejscach. Sposobu obrabiania zaś różnych materiałów nauczył się, obserwując rodzaj zużycia danych mu przez przyrodę i przez ludzi wybranych przedmiotów, stosowanych jako narzędzia; widział podczas używania drąga,

kamienia lub kości, jak od uderzenia odlatywały kawałki, lub jak oddzielały się wskutek naciśnięcia ostrzem i jak wtedy kształt materiału ulegał zmianie. Nic więc dziwnego, że człowiek ostatecznie doszedł do tego, iż stosując swoją obserwację, z początku znalezione przedmioty już to przez odłupanie pewnych części, już też przez skrobanie, uczynił dla siebie dogodniejszymi a następnie, wybierając stosowne materiały, już z rozmysłem zamieniał je na narzędzia.

Wiadomo, że człowiek najdawniejszy, kultury pierwotnej, nie wiedział jak dobywać metale i jak je przerabiać. Przyrządy swoje przygotowywał wyłącznie z materiałów, udzielonych mu przez przyrodę, jak drzewo, rogi, kości i kamienie. Te ostatnie w skutek swej odporności na wpływy mechaniczne były szczególnie wyróżniane i obrabiane na narzędzia ostre, jak kliny, siekiery, ostrza do strzał, noże, piły i heble.

Materje organiczne zanikły, narzędzia drewniane z czasów najdawniejszych nie utrzymały się dłużej, sprzęty zaś wykonane z kości, jak się następnie przekonamy, najwcześniejsze pochodzą z okresu paleolitycznego; krzemień tylko, prawie niespożyty, pozostał jedynym świadkiem. Nabytek techniki krzemienia przedstawiony już był wyczerpująco w tomie II. Dla zrozumienia jednak tej ważnej gałęzi wytwórczości ludzkiej, która służy jako podstawa dla innych, trzeba będzie jeszcze lepiej oświetlić różne sposoby obrabiania tego doskonale nadającego się materiału na przyrządy.

Wiadomo, że przed niedawnym czasem okres kamienny dzielono na dwa okresy: starszy — paleolityczny i nowszy — neolityczny. Do nich przyłączony został (porównaj tom II, str. 230), jako ich poprzednik, okres eolityczny, czas „różowej jutrzemki“ wytwórczości ludzkiej.

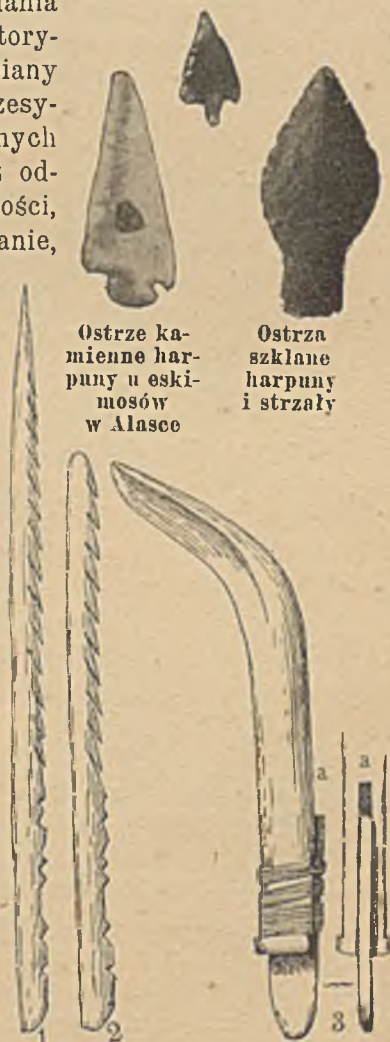
Jeżeli, pomijając warstwy geologiczne tych trzech okresów kamiennych, przyjmiemy pod uwagę znamiona tylko techniczne, to zauważymy już bardzo wydatne różnice. Eolity są to przyrządy krzemienne, które bezwątpienia były w rękach ludzkich, które wykazują zaledwie ślady odłupań, powstałych przy użyciu poręcznych egzemplarzy, lub też w których nieznaczne nierówności, wystające miejsca, tak nazywane wyrostki, zostały usunięte, ażeby kamień do ręki mógł być lepiej dopasowany. Paleolity są już krzemieniami, doprowadzonymi za pomocą uderzania innymi kamieniami do takiej postaci, ażeby jako narzędzia mogły być użyte do wyznaczonego celu. Neolity są również narzędziami obmyślanymi, przy wykonywaniu których wytwórcy do oddzielenia i usunięcia zbytecznych części a także do szlifowania używali kości, rogów jelenich, reniferowych i t. p.

To zaś należy tak pojmować, że najdoskonalsze przyrządy z owego czasu przechodziły przez najrozmaitsze owe sposoby obrabiania a nadto stare sposoby roboty niezależnie od postępów i udoskonaleń istniały dalej i w nowszych okresach, tak, że co się dotyczy najstarszego i najmłodszego okresu czasu kamiennego (2 i 3 okres), to najstarszy sposób obrabiania, t. j. kucie lub uderzanie, musiał być przedtem mniej lub więcej zastosowany do każdego przedmiotu, zanim dopiero można było użyć nowych sposobów.

Gdzie zaś starsze sposoby były wystarczające, używano naturalnie tylko takich, w skutek czego nie można wcale liczyć na dawność i długotrwałość istnienia niektórych przyrządów. Znajdujemy np. ostrza krzemienne do strzał w okresie żelaznym a nawet w dołach lub mieszkaniach, jakkolwiek dosyć rzadko w czasach wendyjskich; znamy również wyroby krzemienne u tak nazywanych ludów pierwotnych, eskimosów lub mieszkańców morza południowego, a także powstałe w naszych czasach istotne przyrządy paleolityczne u ludów Australji; do dziś nawet w Belgji i Anglji umieszczają krzemienie przy fuzjach eksportowanych w dalekie strony.

Przejdźmy jednak do sposobów obrabiania krzemienia. Krzemień w czasach przedhistorycznych, jak to już było wspomniane, obrabiany był na rozmaity sposób: najpierw przez okrzesywanie (odbijanie wiórów) za pomocą krzemiennych lub kamiennych okrąglaków; następnie przez oddzielanie delikatnych cząstek za pomocą kości, rogów jelenich i t. p., wreszcie przez szlifowanie, czyli skrobanie. Edward Krause miał sposobność sprawdzić długoletnie swe poszukiwania i badania podczas pobytu swego pośród indjan i eskimosów. Widział tam sposób okrzesywania krzemienia, niektórzy przygotowywali z potłuczonych butelek ostrza do strzał i przekładali nawet ten materiał nad krzemienne okrzoski, ponieważ te przy obrabianiu wymagały większego natężenia siły.

Obrabianie szkła odbywało się w sposób następujący: robotnik odbijał lub też odłamywał kawałek szkła w kształcie mniej więcej przybliżonym do ostrza strzały, doprowadzał do ostatecznej formy za pomocą zębów, odgryzając lub właściwiej odłamując zębami małe paski z brzegu, umieszczonego w kawałku skóry lub delikatnej materji wełnianej. Potem następowało okrzesywanie albo usuwanie delikatnych zader, ażeby wytworzyć na końcach strzał lub lanc oba brzegi ostre i nadać odpowiedni kształt do umocowania na drzewcu lub strzale. Robota powyższa wykonywaną była za pomocą kości wieloryba. Może dziwnem się wydaje, że twarde krzemień ma być obrabiany za pomocą o wiele miększej od niego kości, w rzeczywistości jednak tak było. Mieszkańcy Ziemi Ognistej przygotowują



1) Ostrze harpuni, 2) Przyrząd z rogu do wygladzania z Ziemi Ognistej 3) z Alaski

Według oryginałów, znajdujących się w Muzeum etnologicznem w Berlinie.

często narzędzia, służące do tego celu, z górnej części harpuny, która została oderwaną w skutek uderzenia lub złamania. Na tych przyrządach znajdujemy często nacięcia, wyobrażające haki harpuny, o których R. Virchow przypuszczał, że te nacięcia służą do oddzielania delikatnych okrzosków, podczas gdy to odbywa się prosto za pomocą gładkich zaokrąglonych prętów. Rysunek 1 na stronie 21 przedstawia takie ostrze harpuny, mające 45 centymetrów długości, rysunek 2 — przygotowane z niej narzędzie, górne zaś rysunki przedstawiają wyrobione ze szkła ostrza harpuny i strzały.

Eskimosi w Alasce używają do tego samego celu kawałki zewnętrznej twardej powłoki rogu renifera. Ponieważ ona nie jest bardzo gruba, nie można więc z niej wykonać całego narzędzia; składa się z niej tylko albo tępą roboczą koniec albo też przednia część narzędzia, trzonek zaś, w którym ta część jest osadzona, wykonany bywa ze skamieniałej kości słońcowej, bardzo często spotykanej w Alasce. Takie narzędzie ma 18 centymetrów długości (rys. 3). Część robocza narzędzia składająca się z rogu, umieszcza się w zagłębieniu trzonka kościanego i przymocowywa się do niego za pomocą cienkich, mocno skręconych sznurów. Dolna część trzonka jest zakrzywiona i nieco grubsza, służy zarazem jako oparcie dla wielkiego palca a gdy potrzeba wykonać większy nacisk, ustawia się naprzeciw ramienia, aby można było sobie dopomóc działaniem całej przedniej połowy ciała ludzkiego. Robota za pomocą tego przyrządu tak w Ziemi Ognistej, jak i u Eskimosów odbywa się w sposób następujący: załączony rysunek przedstawia położenie narzędzia i przedmiotu poddanego obrabianiu. Przyrząd powinien być najpierw swoim tępym końcem postawiony na brzegu przed-



**Obrabianie krzemienia  
za pomocą naciskania.**

miotu, od którego część ma być oddzielona a następnie naciśnięty mocno w kierunku strzałki c. Tym sposobem brzeg szkła lub krzemienia wgniata się w kość lub róg i pozostawia tam małe zagłębienie, które można porównać do zagłębienia pomiędzy zębami piły. Działanie zagłębienia d w przybliżeniu można porównać do działania jednego zęba piły (albo też dłuta); gdyż aby wykonać odłupanie w a (przyczem linja przerywana przedstawia nam przecięcie przez powierzchnię odłamu), należy przyrząd silnie na brzeg nacisnąć w kierunku strzałki b a zarazem i strzałki c, czyli dokładnie tak, jak to się wykonywa przy działaniu piły, tylko znacznie mocniej.



Narzędzia pierwotne krzemienne (eolity) do skrobania i gładzenia: a) gładnik wewnętrzny, b) gładnik okrągły, c) ostrze do drążenia lub skrobania.

Ze zbiorów Klaatscha, Rutota i Hahna.

1 i 2 z Puy Courroy (Francja)—trzeciorzędowy; 3 i 4 z Puy Bouden (Francja)—trzeciorzędowy; 5 z St.-Prest (Francja)—trzeciorzędowy; 6 i 7 z Beachy Head (Anglja)—trzeciorzędowy; 8 i 9 ze Spiennes (Belgia)—diluwalny; 10, 11 i 12 z Magdeburga—międzyzłodowy; 13, 14 i 15 z Rudeisdorfu pod Berlinem—międzyzłodowy; 16 z Britz pod Berlinem—międzyzłodowy; 17 z Laugerie basse (Francja)—Paleolityczny.

Wyskok d w małym zagłębieniu przedstawia się teraz jako ząb piły i działa też podobnie przy odpowiednim naturalnie silniejszym nacisku stosownie do własności materiału.

Takie objaśnienie sposobu działania tego przyrządu tłumaczy zarazem, dlaczego mieszkańcy Ziemi Ognistej jak i Eskimosi przed rozpoczęciem roboty trzymają przez czas dłuższy koniec roboczy tego przyrządu w wodzie, a ci ostatni kładą nawet w wodę gorącą. Kość, ewentualnie róg renifera robi się przez to miększym, w skutek czego szkło lub krzemień łatwiej wykonywa większe zagłębienie w tych materiałach, a od wielkości zagłębienia zależy grubość oddzielającego się okrzesku. Sucha, czyli twarda kość, jak to sprawdzili doświadczenia ześlizguje się bardzo łatwo z krawędzi krzemienia i nie sprowadza odłupania; brzeg krzemienia nie zagłębia się dostatecznie w suchą kość i nie tworzy dostatecznego oparcia. Rysunek na stronie 21 przedstawia ostrze harpuny, wykonane za pomocą takiego przyrządu przez eskimosów z Alaszki.

Jednakże obrabiać krzemień można nie tylko za pomocą kości lub rogu renifera, daje się to wykonać także przy użyciu drzewa twardego, jak to stwierdziły nowe doświadczenia. Przyrządem z rogu renifera można z krzemienia oddzielać okrzeski 8 milimetrów długie, ze szkła zaś 25 milimetrowe, mierząc długość w kierunku nacisku. Okrzeski szklane na powierzchni odłamu przedstawiają dokładnie dolną powierzchnię odłamu noża pryzmatycznego, t. j. znany odłam muszlowy, a w miejscu nacisku tak nazywane uderzenie cebulowe, które jednakowoż powstaje nie tylko od uderzenia, lecz także w skutek ciśnienia.

Ponieważ poznaliśmy już sposoby obrabiania krzemienia (za wyjątkiem szlifowania, gładzenia, które zresztą wszędzie jest jednakowe), to możemy się zwrócić teraz do najstarszych śladów ludzkiej techniki narzędziowej, do eolitów, aby poznać bliżej ich kształt i zobaczyć, czy one czasem nie powstały w skutek wpływów naturalnych, t. j. przez ciśnienie lub uderzenie i t. p.

Skoro z kształtu kamienia poznamy, że służył jako przyrząd do wykonania pewnej pracy, a więc jako narzędzie obmyślane i skoro znajdziemy na nim ślady okrzesań, które go czyniły zdolnym do oznaczonego celu, to musimy przyznać, że mamy przed sobą kamień obrobiony ręką ludzką i to tem więcej, jeżeli znajdują się całe szeregi tego samego typu, a każda pojedyncza sztuka wykazuje obrobienie systematyczne stosowne do zamierzonego celu. Zupełnie przekonać nas musi powtarzanie się tych jednakowo obrobionych form, znajdujących w najrozmaitszych pokładach i w znacznie odległych od siebie czasach.

Ponieważ takie egzemplarze jak z Laugerie basse musimy uznać jako narzędzia i są one za takie uważane ogólnie, to możemy to również stosować i do najstarszych, gdyż



„Kopyto osłe“



one w obrobionych miejscach dokładnie wskazują cel, do jakiego służyły, oprócz ostrza c (służącego do wykonywania rysunków na drzewie lub kości albo też do drażenia), znajdują się boki a wklęsło i b wypukłe, które za pomocą swych ostrych brzegów zdają się być bardzo odpowiednie jako skrobacze do zaokrąglania i gładzenia drzewa lub kości (strzały, ostrza strzał i harpun i t. p.). Jeżeli teraz na załączonym rysunku rozpatrzemy dokładnie cały szereg przedstawionych egzemplarzy, to znajdziemy wszędzie jednakowy typ w ukształtowaniu ich brzegów przeznaczonych do wykonania pewnej roboty i co jest najdziwniejsze, że do najwcześniego (najmłodszego) egzemplarza, najlepiej wykonanego, najwięcej zbliżają się tak pod względem formy, jak i obrobienia dwa z trzeciorzędowego okresu. Są one nawet z całego szeregu pod obu względami najdoskonalsze. Z całego szeregu eolitycznych narzędzi wyróżniają się obrobieniem i muszą być zaliczone do paleolitów, gdyż kamienie eolityczne wykazują zaledwie ślady jakieś obróbki.

Bardzo ważnem jest rozstrzygnięcie pytania, czy istniejące bardzo liczne ślady odłupań, mianowicie takie które rozchodzą się od jednej płaszczyzny we wszelkich kierunkach mogły powstać drogą naturalną, czy też musiały być wywołane ręką ludzką, wyjaśni się bowiem zarazem, jakie wpływy w naturze mogły wywołać takiego lub podobnego rodzaju odłupania i jakim sposobem ukazały się w takim stanie. Ważnem jest także zdać sobie sprawę, jak powinniśmy przedstawiać sobie rezultaty tych działań.

Przejdźmy więc do rozpatrzenia działania, jakie sprowadza zmiana temperatury, której według poglądu wielu osób mamy zawdzięczać wytwarzanie w Egipcie tak nazywanych kopyt oślich. Utrwaliło się pojęcie, że upał dzienny nagrzewa kamienie, chłód zaś nocny i rosa oziębiają je bardzo silnie, tak, że skutkiem tego płaty oddzielają się od rdzenia kamiennego. Stosownie do kształtu kopyta oślego powstające płatki musiały być podobne do tak nazywanych „noży przyzmatycznych“. Przy częstszem powtarzaniu się podobnego wypadku pozostałość musiała przyjąć kształt środkowego jądra „nucleus“, i przypominać kształtem tak nazywane kopyto ośle.

Całe to wyjaśnienie z różnych powodów należy uważać jako zupełnie mylne. Najpierw nie daje się wyjaśnić, dlaczego przy tak wolnem rozgrzewaniu, choćby ono dosięgnęło stopniowo do znacznej wysokości i przy następnem powolnem ostygnięciu, może w ogóle następować pęknięcie kamienia. Do tego potrzeba, ażeby kamień był silnie rozgrzany i raptownie ochłodzony przez wylanie na niego wody, lub też, ażeby kamień gorący był zanurzony w zimną wodę. Tak znacznych różnic temperatury w Egipcie nie spotyka się, a gdyby nawet istniały, to nie wyrażałyby się w tak gwałtownych i raptownych spadkach. To mogłoby się zdarzyć tylko w razie nagłych deszczów i w takiej chwili, kiedy kamienie jeszcze były mocno rozpalone w skutek wielkiego gorąca. To jednakże równie trudno wydarzyłyby się mogło w Egipcie, jak i w któremkolwiek innem miejscu powierzchni

ziemi, a najtrudniej w naszych szerokościach geograficznych, jakkolwiek w okresie trzeciorzędowym klimat był znacznie gorętszy, aniżeli w dzisiejszych strefach umiarkowanych. Ta mała różnica nie jednak postaci rzeczy nie zmienia.

Możnaby jeszcze przypuścić, że te łupania powstają nie od jednorazowego ogrzania i raptownego oziębienia, lecz w skutek stałych zmian nagrzewania i chłodzenia, trwających przez czas dłuższy. Nie można zaprzeczyć, że wtedy mogłoby nastąpić łupanie kamienia, szczególnie jeżeliby ogrzewanie skierowane było tylko na górną powierzchnię kamienia, podczas gdy dolna jego część spoczywałaby na ziemi stosunkowo zimnej a nawet wilgotnej skutkiem skroplonej pary wodnej. Nie widzimy jednak żadnej podstawy, dla czegooby odskakujące płyty miały przyjmować kształt noży pryzmatycznych lub też znanych okrzesków formy muszlowej, jakie powstają podczas obrabiania krzemienia za pomocą uderzeń. Jak wyglądają odskakujące płatki kamienia, powstałe wskutek nagłego oziębienia, mieliśmy sposobność obserwować w pieczarach mieszkańców przedhistorycznych. W tych dołach znajdują się często w czarnym popiele polne kamienie większe lub mniejsze niż ręka człowieka, które noszą na sobie ślady działania ognia. Pomiedzy niemi znajdują się nierzadko takie, od których przez raptowne ochłodzenie rozpalonego kamienia w skutek przypadkowego oblania wodą odprysnięte płatki przylegają jeszcze w swych miejscach do środkowego jądra. Prócz tych znajdują się także już oddzielone płyty osobno leżące. Mają one właściwy sobie kształt, zawsze jednakowo powtarzający się. Główna ich powierzchnia, którą się dotykały do jądra kamienia, jest okrągła nieco zagłębiona. Strona przeciwna, czyli zewnętrzna jest albo kulisto-wypukła, albo też ma dwie wypukłości (wycinki kuliste), przecinające się po krawędzi kąta rozwartego, tak, że przecięcie podłużne tej skorupy ma kształt półksiężyca, przecięcie zaś poprzeczne w pierwszym wypadku jest półksiężycem, w drugim zaś jest trójkątem, mającym podstawę wklęsłą a ramiona wypukłe. Zawsze jednak płyty powyższe są okrągławe, nigdy podłużne jak noże pryzmatyczne; zawsze mają naokoło ostrą krawędź, nigdy nie posiadają właściwej cechy noża pryzmatycznego, albo też oddzielonych okrzesków, otrzymanych przez uderzania lub ciśnienie.

Przez powtarzające się oddzielenie od kamienia okrągłego podobnych płatów nie może być otrzymane jądro „nucleus“, jakie dosyć często znajdujemy w narzędziach z krzemienia; mogą się raczej tworzyć tylko ciała okrągławe a nawet ciała ograniczone powierzchniami z ostremi krawędziami, które nigdy jednak nie wykazują cech układu warstwowego.

Lecz jeżeli chcieliśmy rzeczywiście przyznać, że kształt kopyta oślego mógł powstać w skutek rozgrzewania i ochładzania, to ponieważ w ogóle w Egipcie i innych stronach zawsze jeszcze panują prawie te same warunki klimatyczne, powinna ta praca natury trwać dalej, t. j. powinny obecnie i w niedalekiej przeszłości, zupełnie tak samo jak i przed tysiącami lat wytwarzać się tą samą drogą naturalną okrzeski w kształcie noży pryzmatycznych.

Jeżeli się to spotka, to ślady tych nowych odłupań powinny być łatwe do rozpoznania w rdzennym kamieniu (kopyto osłe), tem więcej, że powłoka zwietrzała wyróżnia się znacznie od dawniej odłupanych powierzchni.

Powierzchnia kopyt oslich wogóle ma zabarwienie ciemno-bronzowe, które nie przenika głęboko i tworzy cienką powłokę. Jeżeli od tego rodzaju powierzchni, zwietrzałej pod działaniem tysiącoleci, będzie odłupany kawałek, to w tem miejscu występuje na powierzchnię jaśniejsze, szare zabarwienie wewnętrzne, które odrazu rozpoznać łatwo. Prócz tego stare powierzchnie odłupań mają gładkość chociaż matową, ale delikatną, łatwo dającą się zauważyć, która powstała wskutek wygładzenia przez drobny piasek, napędzany od wiatru, czego właśnie brakuje świeżo odłupanym powierzchniom.

Tych obu znamion nowych odłupań: jaśniejszego zabarwienia i nieznacznej gładkości powierzchni nie można odnaleźć na rdzeniu kopyta osłego, pomijając przypadkowe małe odłamki, powstałe wskutek uszkodzenia podczas transportu i t. p.; cała jego powierzchnia, za wyjątkiem dużej płaszczyzny, na której zwykle leżą i leżały przez setki stuleci, ma w miejscach odłupania jednakowe zabarwienie bronzowe i ten sam delikatny matowy połysk. Odłupania więc powstały jednocześnie i bardzo dawno. I to właśnie nie przemawia za przyznaniem, że odłupania powstały wskutek zmian temperatury.

Każdy chemik i fizyk zna doskonale kształt kawałków, powstałych przy pękaniu wskutek różnicy temperatury takich ciał bezkształtnych, jak szkło i t. p., ponieważ każdy z nich zna rezultaty dekrepitacji tych ciał. Przypomnijmy sobie cząsteczki, tworzące się przy pękaniu szklanych łez bawarskich, które powstają nie skutkiem różnicy temperatury, lecz wprost przez raptowną zmianę warunków ciśnienia, jakie się tworzą, jeżeli silnie ogrzane ciało nagle ostudzimy mocno. Tu powstają małe cząsteczki, nie przypominające absolutnie formą noży pryzmatycznych. Są prawie zawsze jednakowej długości i szerokości i zbliżają się raczej kształtem do sześcianu, jakkolwiek krawędzie ich nie tworzą linii prostych, lecz przedstawiają się, stosownie do odłamu muszlowego w postaci więcej lub mniej zgiętych linii.

Daleko rzadziej od ciał, posiadających kształt środkowego jądra, powstają ciała z tak zwanymi retuszowanymi krawędziami, a zdarza się to mianowicie u kamieni, których powierzchnia dawniejsza nie okazuje żadnych śladów odłupań. Pękanie krzemieni, równie jak innych kamieni pod wpływem działania zmian temperatury, jest nietylko możebnem,



**Krzemień z odłupaniami,  
wywołanymi, przez wpływy  
atmosferyczne (mróz)**

Feldberg, Mekfemburg.

ale i znanem ogólnie; nie mówiąc o kamieniach rozsadzonych przez ogień, głównym czynnikiem tutaj jest woda w różnych stanach swego skupienia. Łupanie kamieni w naszych szerokościach geograficznych, zależnem jest od następujących warunków:

Przez działanie wpływów atmosferycznych, wilgoci gruntu (wody, zawierającej kwas węglany, związki chlorowe i kwas humusowy), zmian temperatury i t. p., powstają delikatne szczeliny włoskowate, biorące początek wskutek ciśnienia lodnika i zagłębiające się z biegiem czasu wewnątrz masy kamienia. W szczeliny te przedostaje się woda. Jeżeli kamień zostanie rozgrzany, woda się rozszerza, następnie zamienia się w parę, która przez swą większą objętość i wywierane ciśnienie może szczelinę powiększyć, a przy dłużej powtarzającym się działaniu następuje odłupanie. Prędzej działa zimno. Wiemy, że woda przy zamarzaniu powiększa swą objętość, wskutek czego lód, jako gatunkowo lżejszy pływa po wodzie niezamarzniętej, jak każdy kryształ pływa po swym koncentrowanym roztworze. Jeżeli więc kamień ze swemi szczelinami, napełnionymi wodą zamarznie, to one muszą się powiększyć. Podczas odwilży przenika w szczeliny więcej wody, która znów w czasie mrozów zamarza i wywiera swe działanie, aż nastąpi zupełne rozłupanie kamienia.

W tych jednak warunkach nie otrzymamy ani środkowego jądra, ani noża pryzmatycznego, ani krawędzi retuszowanych, lecz raczej egzemplarze zupełnie nieforemne, jak to możemy obserwować na krzemieniach, leżących tu i owdzie na polach naszych, mających odłam muszlowy, bardzo rzadko zbliżających się do postaci krótkich noży pryzmatycznych, które tu wszakże nie są tak cienkie, ani tak prawidłowo utworzone, jak noże pryzmatyczne odbite ręką ludzką.

Ażeby sprawdzić działanie na krzemień marznącej wody, uderza się kamieniem po wierzchu leżącego krzemienia, lub też poprostu rzuca się w niego kamień; wiele z nich, będących dłużej pod działaniem tego czynnika, rozpryskuje się przy niezbyt mocnem nawet uderzeniu na kawałki, oddzielone już wskutek wpływu wody i mrozu. Często trafiają się krzemienie, na powierzchni których pozostały ślady działania wpływu zmian temperatury i mrozu, jak np. przedstawiony na rysunku z Feldberga w Meklemburgu. Zagłębienia, z których wypadły odłupane kawałki wykazują podobieństwo ich do sześcianu lub wielościanów.

W dalszym ciągu odłupania mogą powstawać w wodzie bieżącej strumyków i rzek podczas uderzenia wzajemnego kamieni. Przy ruchu wody w strumieniach i rzekach uderzenie lub zetknięcie się może wywołać odłupanie, szczególnie, jeżeli kamień przez silny spadek wody zostanie zrzucony na inny, lub też, jeżeli wartki prąd posuwa jedno kamienie po drugich; wogóle jednak kamienie takie, czy to znajdujące się w strumieniach, czy to na dnie koryta rzek, czy też na brzegu morza, są zawsze zaokrąglone (str. 31). Człowiek zaś, jakby w przeciwieństwie do działań natury, nadających kształty zaokrąglone, wytwarza ostre krawędzie, mianowicie dla

gładników prostokątne, śpiczaste dla narzędzi ostrych, jak ostrza strzał i dzid, noże, topory i dłuta; ta celowość widoczną jest dokładnie na wszystkich egzemplarzach, obrobionych ręką ludzką, tak samo we wspomnianych wyżej okazach diluwjalnych, jak i trzeciorzędnych z Puy Courny i innych pokładów.

Jeszcze innym sposobem wskutek działania sił przyrody mogą powstawać podobnego rodzaju odłupania, t. j. takie, które przechodzą przez te same płaszczyzny i w tym samym kierunku; powstają one wskutek działania lodowców, zsuwających się do dolin, ale przy pewnych warunkach. Przypuśćmy, że płaski z ostremi krawędziami krzemień zamarzył w lodowcu. Wyobraźmy sobie, że spód lodowca wskutek ciśnienia odtajał tak, że dolna ściana krzemienia dotyka się prawie łożyska kamiennego lodowca. Jeżeli teraz lodowiec zacznie się posuwać wzdłuż doliny, to zmarznięty krzemień może trafić na jakąś nierówność w łożysku lodowca, na jakiś kamień, wystający, mocno utwierdzony tak, że gwałtowne ciśnienie lodowca nie jest zdolne poruszyć go z miejsca. Lodowiec posuwa się dalej; gwałtowne jego ciśnienie sprawia, że trwale w podłożu siedzący kamień może wywołać odłupanie części krzemienia. Przy posuwaniu się dalszym lodowca może się powtórzyć poprzedni wypadek i wywołać nową okrzoskę obok dawnego miejsca. Możliwym byłoby sobie wyobrazić fakt ten powtórzony wielokrotnie i otrzymalibyśmy obraz zbliżony, dający odpowiednie tak zwane starte krawędzie, o których mowa. Objasnienie powyższe wydaje się pozornie zupełnie jasnym, ale nie uwzględnia jednej okoliczności, mianowicie tej, że krzemień o wysokich ściankach musi zamarznąć koniecznie na dolnej powierzchni lodowca, t. j. na tej, która topnieje. Ta zaś powierzchnia z natury rzeczy jest bardzo kruchą, jako składająca się z lodu topniejącego i nie może krzemienia utrzymywać tak silnie, ażeby on wytrzymał tak znaczne przeszkody, bez zmiany swego położenia. Będzie on raczej zmuszony do ułożenia się na płaskiej swej stronie, ponieważ dolne krawędzie są przyciskane do łożyska a na górne działa ciśnienie usuwającego się lodowca. Krzemień więc bardzo prędko będzie przewrócony na stronę płaską, szerszą i dalsze odłupania nie mogą być wykonane na poprzedniej dolnej krawędzi. Można by na to odpowiedzieć, że przy dalszym posuwaniu się lodowca krzemień w położeniu swym będzie kilkakrotnie odwrócony, aż nareszcie dojdzie do swego pierwotnego położenia i odłupywanie rozpocznie się znowu od tej samej krawędzi i to może się powtarzać, aż wreszcie otrzyma się krawędź ze znamionami okrzesek, jak to można widzieć na okazach, obrobionych ręką ludzką. Lecz i tego przypuścić nie można. Bo, pytam się, gdzie się



**Krzemień pęknięty  
w skutek parcia moreny**

Feldberg. Meklemburg



**Krzemień obrzaskany  
przez ciśnienie podczas  
obrotu**

Rüdersdorf pod Berlinem.

podziały ślady podobnych działań w okresach pośrednich, które to wpływy musiały tak samo być wtedy widoczne na pozostałych płaszczyznach i krawędziach krzemienia, jak znane kresy, powstałe przez szlifowanie kamieniowe w łóżyskach lodowca. Nie widać tych cech, choćbyśmy najtroskliwiej ich poszukiwali. Liczne więc te odłupania nie mogły powstać skutkiem działania lodowców. To musi uderzyć każdego badacza bezstronnego już, choćby przez samo porównanie kamieni, na które lodowiec wywierał działanie, a jakie przechowały nam moreny. Te wskazują nam wyraźnie, jak przyroda stara się pozbawić kamienie wszelkich wystających kątów i krawędzi, poddając je walcowaniu, zaokrągłaniu, przynajmniej w przeważnej ilości, jakkolwiek zaprzeczyć nie można, że w formie pierwotnej, chociaż to się zdarza w mniejszej liczbie wypadków, znajdują się okazy o bardzo ostrych krawędziach. Znane są również odłamy krzemienia, powstałe wskutek parcia jednego głazu na drugi, lecz wyglądają one inaczej, jak wykonane ręką ludzką. Spróbujmy porównać dwa okazy, powstałe skutkiem takiego ciśnienia, mianowicie okazy z kraju moren w Feldbergu i z pokładów dyluwjalnych z Rydersdorfu pod Berlinem, z jądrem kamieniem (nucleus), otrzymanem po odbiciu trzasek ręką ludzką, to zobaczymy na ostatniem jasno, że każda trzaska (nóż przyzmatyczny) oddzielona była osobno i że do każdego odłamania niezbędnem się stawało specjalne uderzenie lub ciśnienie, jak to wskazuje na każdej odłupanej pojedynczo powierzchni powstały okrzesek odłamu warstwowego. Zupełnie inaczej przedstawiają się oba egzemplarze z kraju moren. Przedewszystkiem oba wskazują, że skutkiem jednego, lecz silnego parcia na jedno miejsce w tym samym, lub prawie w tym samym czasie odskoczyło kilka trzasek w różnych kierunkach, na podobieństwo promieni, rozchodzących się ze środka kuli, których w okazy Meklemburskim było cztery, Ridersdorfskim zaś—siedm. Nadto na odwrotnej stronie okazu z Ridersdorfu widzimy podobne zjawisko, wywołane przez odwrotne parcie wielkich głazów narzutowych. Tu, z miejsca gdzie wywarto ciśnienie, wybiega promienisto pięć odłupień, które zarówno jak i na przedniej stronie rozszerzają się tak płasko, iż nie można przypuścić ani na chwilę, by te odprysnięcia były dziełem ręki ludzkiej z pomocą ciśnienia lub uderzenia. Okaz z Feldberga ma jeszcze inną właściwość, jakiej nie posiadają jądra krzemienne, utworzone ręką ludzką; był on bowiem przez powolne ciśnienie rozdrobniony na delikatne ziarna, które jednakże trzymały się jeszcze w całości. Dopiero gdy powiększone ciśnienie przewyższyło wytrzymałość krzemienia, odskoczyły jednocześnie w różne strony cztery okrzeski. Zupełnie odmienny obraz przedstawia jądro krzemienne nucleus. Każda trzaska powstała przez osobne uderzenie lub nacisk na coraz inne miejsca, nie powodując miażdżenia krzemienia, trzaski odpadały gładko i prawie równolegle.

Różnice więc powstawania różnego rodzaju okrzesków są bardzo różne i mają znamiona pewne. Okazy z ostremi krawędziami, rozgniecione

w morenach, będące często głazami, oddzielonemi od skał, nie wykazują nigdy tego rodzaju gładkich, czy też poszczerbionych krawędzi, jakie mają obrabiane krzemienie. Widzimy więc, że ich obrobienie nawet w miejscowościach, pokrytych lodowcami, nie da się sprowadzić do przyczyn naturalnych, nie mówiąc już o miejscowościach, które nie miały lodowców, jak Puy Courny i tym podobne. Tu, według Klaatscha (porówn. t. II) ślady krzemienia były w warstwach napływowych trzeciorzędowych, w górnym miocenie, które znowu pokryte zostały pliocenicznym prądem lawy. Można by więc utrzymywać, że potok lawy działał w podobny sposób, jak to przypuszczaliśmy o lodowcach, to jest, że lawa przytrzymywała silnie krzemienie o wysokich krawędziach i przyciskała je do różnych przeszkód. Jeżeli by tak rzeczywiście było, co zresztą jest nie możliwe przy pokładzie z warstw piaskowych złożonym, to w każdym razie musiałyby istnieć ślady działania gorąca na krzemień, gdyż płynący potok lawy jest gęsty i gorący, a w Puy Courny był tak gorący, że wierzchnie warstwy piasku zostały zeszkłone. Na krzemieniach jednak takich śladów działania gorąca nie znaleziono. Takie posuwanie i parcie potoku lawy jest zupełnie wykluczone już z samego względu na położenie kamieni „retuszowanych“, ponieważ te krzemienie leżą na głębokości jednego metra pod powierzchnią napływowych pokładów piaskowych i wpływ gorąca lawy nie mógł się im udzielić.

Już sam zewnętrzny wygląd i własności śladów okrzesek doprowadza do wniosku, że one mogły powstać tylko z pomocą ręki ludzkiej; wytworzenie więc ich pod wpływem zmian temperatury, jakoteż działania wody, lodowców lub potoków lawy jest zupełnie wyłączone.

Być może, że te „retusze“ mogły być wykonane przez zwierzęta. W rzeczy samej pawjany w kolonji Erytrei we Wschodniej Afryce używają kamieni do otwierania orzechów (według G. Schweinfurtha). Przy uderzaniu krzemieniem, jeżeli by go one używały, na stosunkowo miększej łupinie orzecha mogą powstać znaki, lecz nie będą wywołane żadne „retusze“ na twardym krzemieniu. Nadto zauważono w innych częściach Afryki, że pawjany podczas zabawy uderzają jednym kamieniem o drugi (według Hansa von Schierstadt). Mogą wtedy powstać okrzeseki, lecz napewno nie będą to takie wyborne, gładzone krawędzie, jak wykonane ręką człowieka. Przytem zaznaczyć tu należy to systematyczne obrobienie z wyraźnie oznaczonym celem, wytworzone odpowiednio do pracy krawędzie, (gładnik) lub ostrza (strzał, włóczni, mieczów), wogóle narzędzia wytwórcze, które powtarzają się w tych samych typach. Zdaje się, że takie obmyślane dążenia nie mogą być przypisane mądrymu pawjanowi; w każdym razie takie celowe obrabianie krzemienia



**Krzemień,**

mający liczne odlupania i znamiona od uderzeń i zetknięć, będące śladami wpływu działań lodowców, bieżącej wody i uderzeń o inne kamienie. Przykład, wykazujący rezultat działań natury.

Feldberg w Meklemburgji.

przez pawjana powinno być najpierw bez uprzedzeń obserwowane, zanim ma być przytoczone jako dowód.

Wielokrotnie nasuwały się pytania, do jakiego celu mogłyby służyć takie kamienie, ponieważ one tak znacznie różnią się od poznanych przyrządów do pracy i narzędzi z późniejszych czasów, to jest z epoki paleolitycznej i neolitycznej. Rozstrzygnąć tego dzisiaj nie odważylibyśmy się jeszcze; można zaledwie tworzyć przypuszczenia, które kiedyś będą jasno wypowiedziane, gdy się zbierze więcej materiału, mianowicie gdy znajdzie się więcej typowych okazów. Przytem zawsze pamiętać należy, że mamy tu do czynienia z pierwotnymi początkami techniki, z takimi okresami czasów, w których człowiek poczuł, że jest człowiekiem, w każdym razie poznał swoją wyższość i musiał sobie wytworzyć kształty dla swych narzędzi.

Tymczasem narzędzia przedstawione na str. 23 tłómaczą się same bardzo łatwo, służą bowiem do wykonania różnych robót. Miejsca a i a dają się użyć jako wklęsłe gładniki do strzał i t. p.; miejsca zaś b jako gładniki lub skrobacze do powierzchni płaskich lub też nieco wklęsłych, ostrza zaś c do wyrabiania żłobków, do rytowania rysunków, ornamentów a także do drażenia. Mamy więc do czynienia z narzędziem dosyć wielostronnem.

O tem, że człowiek lub też podobna do niego istota myśląca istniała w okresie trzeciorzędowym i musiała kamienie obrabiać, przekonywa nas doskonałość większości narzędzi w okresie lodowym. Pouczają one nas, że krzemień od czasu już dłuższego podlegał obrabianiu, zanim człowiek pierwotny pokonał trudności przy wyrabianiu tak wykończonych przyrządów, jak np. siekiera typu szeleńskiego.

Teraz idzie więc o to, ażeby ślady istnienia człowieka stwierdzić, i to się powiodło. Jeżeli nie posiadamy ani jednego jego szkieletu, ani też kości, któreby ogólnie przyznane były jako ludzkie, to jednakże mamy przyrządy, wyrobione przez niego. I gdybyśmy w niewątpliwych trzeciorzędowych pokładach miocenicznych znaleźli choć jeden jedyny przyrząd (str. 23 rys. 1), któryby przeciwnik człowieka z okresu trzeciorzędowego przyznał jako taki, to już byłoby dostatecznym stwierdzeniem istnienia człowieka w tym okresie. My jednak znamy nietylko ten jeden okaz, lecz bardzo dużą ich ilość i to z rozmaitych warstw. Kwestja więc istnienia człowieka trzeciorzędowego jest rozwiązana; pozostają tylko pytania: jak wyglądał? na jakich przestrzeniach przebywał? Mamy nadzieję, że i to wkrótce będzie rozstrzygnięte.

Dalszych wiadomości mogą dostarczyć nowe odkrycia Klaatscha, który podczas swej podróży naukowej znalazł sposobność, by wystudjować pierwotne okazy, dobyte z płaskowzgórza wapiennego Kenntu i Sussexu, zebrane w „Beachy Head“ pod Castbourne; okazom tym przyznać należy bardzo dawne pochodzenie (prawdopodobnie plioceniczne).



Chcielibyśmy tu lepiej wyjaśnić to błędne mniemanie co do wieku okazów krzemiennych, znalezionych w najdawniejszych dyluwjalnych pokładach napływowych. Przypisują bowiem tym szczątkom pochodzenie z okresu dyluwjalnego; tymczasem tak nie jest. Prawdopodobnie znalezione były w warstwach napływowych i osadowych okresu dyluwjalnego, co właśnie dowodzi, że one nie mogą być dyluwjalne, lecz znacznie starsze, przynajmniej w miejscowościach, pokrytych w okresie lodowym lodowcami, które według zdania geologów miały grubość dochodzącą do 1000 metrów. Gdzie i jakim sposobem mogli żyć ludzie w okolicy, posiadającej tak obszerne i wysokie lodowce? To jest zupełnie wykluczone. Wykonawcy tych okazów dyluwjalnych mogli podczas swych wędrówek przebywać w takich miejscowościach i pozostawić dowody swego pobytu, a lodowce i woda mogły cały ten materiał przesunąć do warstw napływowych. Pochodzą więc one z przed okresu lodowego, czyli najpóźniej z trzeciorzędowego.

W niektórych okolicach, nie mających lodowców w okresie lodowym, znajdują się, jak to widzieliśmy przedtem, przedmioty napewno uznane, za pochodzące z epoki trzeciorzędowej, jak to ma miejsce we Francji południowej i Anglii południowej (porówn. pracę Klaatscha t. II). To było i jest możliwe, naturalnie, tylko w tych okolicach, w których powierzchnia nie była wystawiona na tak olbrzymie zmiany w okresie lodowym skutkiem tajania rozmaitych lodowców. Jakie przewroty przyniosła ta chwila rozwoju płaszczynie północno-niemieckiej, wskazuje nam ta olbrzymia ilość napływowego piasku, dochodząca do 100 metrów grubości, pomijając wzniesienie jeszcze potężniejszej wyżyny uralsko-bałtyckiej. Tam osiadł nie tylko piasek wzniesiony prądem wody, lecz całe moreny i głazy skał skandynawskich, oderwane od gór skandynawskich działaniem lodu z olbrzymich lodowców okresu lodowego, przeniesione przez nie i ostatecznie pozostawione jak moreny końcowe na południowej granicy w strefie zanikania lodnikowe. Trzeba się zgodzić na to, że w pokładach okresów międzylodowcowych człowiek tam mieszkał lub przynajmniej czasowo przebywał, gdyż co do pierwszego wskazuje nam fauna podzwrotnikowa, co do drugiego zaś—fauna stepów (według Nehringa, *Czasopismo poświęcone etnologji*). Jednakże i tu także były poznane odkrycia z warstw wierzchnich, jako powstałe przypuszczalnie razem z całymi pokładami; wszelkie dowody z warstw dolnych prawdopodobnie zostały naniesione z innych starszych przedlodowcowych obszarów, będących miejscem zamieszkania lub też czasowego pobytu.

Opuścimy jednak tę nadzwyczaj zajmującą dziedzinę najstarszej kultury ludzkiej, tę jutrzenkę rodu ludzkiego a ponieważ już zbadaliśmy rozmaite sposoby obrabiania krzemienia i widzieliśmy jak bardzo wyroby ręki ludzkiej różnią się od śladów powstałych wskutek działań sił natury, zwróćmy się do badania dalszego rozwoju przyrządów kamiennych, albo raczej zmian, jakim podlegają ich kształty. Jak z biegiem czasu zmienia się sam sposób obrabiania narzędzi, tak samo również ulegają zmianom ich kształty, tak

że oprócz warstw w których je znajdujemy, do określenia ich wieku posiadamy jako środek pomocny: rodzaj obrabiania narzędzi i ich kształt, naturalnie przyjmując pod uwagę tylko najwybitniejsze okazy, które mogą wskazać dokładnie ówczesny sposób roboty. Przyrządy mniej obrobione i prostsze trwają prawie bez zmiany, jak np. noże przyrządzone, przez całe szeregi następujących po sobie stopni kultury.

Najstarsze przyrządy, eolity, są te, które noszą na sobie ślady zużycia i nie podlegały żadnej obróbce, przedstawione są na wspomnianym rysunku w takim stanie, w jakim je dostrzeżono i znaleziono we Francji, Belgji, Anglii i Niemczech. Jak to już wspominaliśmy, nie można ich zaliczać do narzędzi we właściwym znaczeniu tego słowa, gdyż kształt nie oznacza celu wyraźnie, do czego mogły być używane. Okazy zaś takie, jak z Puy Courny, Puy Boudicu, płaskowzgórza Kentu, jakoteż z Magdeburga, Rüdensdorfu, Britz i Taubachu pozwalają nam sądzić na pewno, że tak kształt ich, jak również rodzaj obrobienia były celowe i obmyślane.

Lecz chociażby nawet większość eolitów nie wskazywała celu z nadanego im ręką ludzką kształtu, to znajdujące się na nich ślady ociosañ dostarczają dowodu, że one znajdowały się w rękach ludzkich i były w użyciu. Inaczej tych ociosañ objaśnić sobie nie można. Na wielu kulistych bryłach krzemienych naokoło całej ich powierzchni zachowała się pierwotna wapienna skorupa za wyjątkiem miejsca, wskazującego na ślady ociosania.

Wszystkie zaś pozostałe miejsca, jako wystające i dogodniejsze do ujęcia ręką, pozostały nienaruszone. To przemawia za tem, że obrobienie ich nie mogło odbyć się drogą naturalną, lecz powstało z pomocą ręki człowieka pierwotnego. I gdy taki okaz weźmiemy do ręki w ten sposób, ażeby naruszone końce i kanty pozostały wolnemi, to czujemy, jak on doskonale do ręki przystaje; to nam także wyjaśnia, jakim sposobem powstały w niektórych okazach naruszenia takich miejsc (dosyć szerokich bocznych płaszczyzn) które wskutek ciśnienia sił naturalnych wykonane być nie mogły. Tu bowiem, jak to doświadczenie wskazuje, przez uderzenie zostały usunięte te małe wzniesienia czyli wyrostki, które przy chwytaniu lub ujęciu ręką przedstawiały pewne niedogodności. Jednocześnie przekonywamy się, co już Herman Klaatsch ustalił, że człowiek pierwotny musiał posiadać podobną rękę pod względem kształtu i wielkości do tej, jaką ma dzisiejszy. Krzemienie takie nadawały się doskonale do rozbijania kości, by z nich wydobyc szpik, który zawsze i wszędzie był ulubionym pokarmem; używano ich także do zabijania pożądaných jako pokarm zwierząt, a także jako obrony przed wrogami, jacy trafiali się nietylko między zwierzętami, lecz także i między współbratnimi ludźmi.

Jak dawno to proste narzędzie, jeżeli je nazwać tak można, przynosiło pomoc człowiekowi pierwotnemu, który prawdopodobnie obok niego posiłkował się także drągiem, jako maczugą, jak długo ono zadawałniało go, zanim nauczył się przygotowywać sobie przy odpowiedniem okrzesianiu krzemieni przyrządy użyteczne, któż to może określić? Musiało to trwać przez bardzo



## Narzędzia krzemienne z różnych okresów przedhistorycznych.

- 1 Skrobacz podwójny z ostrzem z Puy Courny, Francja. Trzeciorzęd.  
 2 Skrobacz wydrążony ze Spiennes, Belgja. Napływy.  
 1 12 wyroby neolityczne.  
 3 Kłn z Bray, Belgja. Napływy. Okres szeleński.  
 4 Kłn ze Shrub-Hill. Anglja. Napływy. Okres szeleński.

- 5 - 6 Kłny z Anglji południowej. Napływy. Okres szeleński.  
 7 Siekiera dwugraniasta ze Spiennes. Belgja.  
 3 - 7 paleolityczne.  
 8 Projekt siekiera czterograniastej. 7. Huzum. Szlezwig-Holsztyn.  
 9 Siekiera czterograniasta z Baabe. Rugja.

- 10 Dłuto. Danja.  
 11 Sztylet. Danja.  
 10 - 11 neolityczne.  
 12, 13, 14, 15, 16 Noże pryzmatyczne z pieczar Langerie Basse, Francja, i Altamira, Hiszpanja.  
 4, 7, 8, 9 - 12 z muzeum etnograficznego w Berlinie.

długie okresy czasu, sądząc z licznych okazów, znalezionych w ostatnich dziesiątkach lat w kilku miejscowościach, na które dotąd nie zwracano uwagi i dopiero w ostatnich czasach zdołały zyskać uznanie. Okres eolityczny trwał daleko dłużej od wszystkich razem następnym perjodów kamiennych.



Eolit z Rüttersdorfu, widziany z przodu i z tyłu.

Zbiory H. Klaatscha.

Ponieważ okres lodowy, albo raczej okres trzech jego powrotów

był obliczony może nieco za wysoko na okrągłe półmilion lat, po którym nastąpił najstarszy okres kamienny, potem najmłodszy a w końcu metalowy, z których ostatni można ocenić na 4000 lat, to nie można odmówić bardzo poważnego wieku na ziemi człowiekowi i całemu szeregowi jego przodków, których według profesora Klaatsche zaliczyć należy do wczesnego okresu trzeciorzędowego. Ileż stworzeń wymarło w ciągu tych szeregów lat a człowiek cielesnie bardzo się zmienił, nieustannie coraz więcej rozwijając się duchowo. Stopniowo uczył się, jak przygotować sobie narzędzia w pożądanym kształcie. Krzemień przedewszystkiem i pokrewne mu kamienie jak rogowiec, kwarcyt i obsydjan, z początku były jedynym materiałem dla jego narzędzi. Odłam muszlowy, kruchość a przy znacznej twardości względna łatwość obrabiania, czyniły je podatnymi szczególnie do nadania im pożądaney formy; ich budowa bezkształtna, drobnoziarnista sprawia, że przy wprawie i użyciu odpowiednich narzędzi można im nadawać rozmaitą postać a szczególnie otrzymywać ostre krawędzie.

Najdawniejsze narzędzia były wykonane z odpowiednich brył krzemienych z pomocą kilku tylko uderzeń. Między niemi były takie, których koniec przez kilka przypadkowych odłupań został zaostrzony. Mogły być używane jako spiczaste oskardy do polowania, lub do wydobywania z kości szpiku. W celu ułatwienia tej roboty używane były do świdrowania i wytworzenia cieńszych miejsc w kościach. Oskard taki był stopniowo przekształcany, aż ostatecznie doszedł do postaci swej z ostrzem płaskim. Przy użyciu był przeważnie bezpośrednio trzymany w rękę i tem się różnił od siekiery, że ta zawsze była osadzona na rękojeści.

Wszystkie te narzędzia kamienne wykonywane były jedynie przez uderzenia innemi kamieniami, w skutek czego postać ich i obrobienie są zupełnie surowe, wszystkie jednak posiadają charakterystyczne znamię obrobienia przy pomocy ręki ludzkiej, to jest znamię uderzenia lub znamię odłamu cebulowego. Znamię uderzenia powstaje w krzemieniu wtedy, jeżeli odbija się kawałek przez uderzenie okrągłym kamieniem lub młotem, jak to już widzieliśmy poprzednio.

Powstaje ono skutkiem muszlowego odłamu bezkształtnej masy krzemiennej. Jeżeli zaokrąglonym młotkiem uderzamy z góry na poziomą płaszczyznę krzemienia blisko jej krawędzi, to odskakuje kawałek kształtu muszlowego, wywołane zaś ciśnienie w punkcie uderzenia rozchodzi się



**Młot klinowy,**  
używany także jako świder,  
z okresu paleolitycznego  
wczesnego.  
Zbiory A. Rutot w Brukseli.

stożkowato i tworzy na powierzchni odbitych okrzesek tak nazywane „uderzenie cebulowe“. W wątpliwych wypadkach stanowi ono znak charakterystyczny obrobienia ręką ludzką, naturalnie przy uwzględnieniu danego przedmiotu.

Przy wyborze kamieni do odbijania człowiek wieku kamiennego prędko znajdował odpowiednie, jak o tem nam świadczą kamienie, z pomocą których wykonano tylko kilka uderzeń a potem zostały odrzucone, jako niemające odpowiednich własności; inne znów kamienie (zwane także młotami kamiennymi) posiadają tysiące śladów uderzeń, co wskazuje, że były w użyciu przez czas długi. Późniejsze kamienie służące do odbijania posiadają często na bocznych ściankach miseczkowate zagłębienie dla lepszego ujęcia ka-

mienia palcami. Przy takim obrabianiu brył krzemienych odpadały ocioski z ostremi krawędziami, które człowiek pierwotny używał jako narzędzia do krajania i gładzenia, później zaś wytwarzał celowo okrzeski kamienne z ostrą krawędzią na tak nazywane noże pryzmatyczne, które spotykamy w ciągu najmłodszego okresu kamiennego. Następnie możemy zauważyć dalszy rozwój młota klinowego (oskarda), którego obrobienie czyni ciągle postępy: na jednym końcu jego zjawia się ostrze, druga zaś, jako główńia do ujęcia ręką pozostaje w stanie pierwotnym bez żadnego obrobienia. Sztuka obrabiania robi ciągle postępy, aż nareszcie w postaci siekiery szeleńskiej daje nam wynalazek pierwszorzędny, prawdziwe uniwersalne narzędzie. Jeżeli narzędzie to będziemy mocno trzymali w b, wtedy część jego a może być zastosowana jako młotek spiczasty lub jako świder a nawet jako rylec do prowadzenia rowków na drzewie lub kości. Ująwszy zaś je do ręki w miejscu a, możemy go używać jako oskard lub siekiere, czy też wreszcie jako gładnik lub piłę, krawędzie zaś c, c, służyć mogą jako gładniki lub piłorz. Trzymając zaś w miejscu a dużym palcem i dwoma sąsiednimi, możemy powierzchni d używać jako młotka. Oprócz tego spotykamy tam gładniki z okrągłym przodem, gładniki zupełnie okrągłe, bardzo pierwotne ostrza do strzał i noże pryzmatyczne.

W okresie paleolitycznym widzieliśmy już, jak narzędzia różnią się pomiędzy sobą swoją postacią zależnie od ich przystosowania i różnego rodzaju przygotowania. Daleko więcej uderza to jeszcze w okresie neolitycznym; w którym rozwija się nowy sposób obrabiania krzemienia, mianowicie wygładzenie odpowiednio ociosanych egzemplarzy.

W najmłodszym okresie kamiennym udało się dopiero człowiekowi posiadać siekiere, wszystkie bowiem postaci większych narzędzi z kamienia okresu paleolitycznego nie dają nam przeświadczenia, żeby choć jedno z nich posiadało obsadę; prawdopodobnie wszystkie paleolity kierowane były wprost ręką bez stosowania obsad, niektóre z nich były zapewne w pewnych miejscach owinięte, jak to spotykamy dziś jeszcze w pierwotnych narzędziach kamiennych u Australczyków. Czy człowiek z okresu neolitycznego należał do innego szczepu, czy też przybył ze swą wyższą kulturą i swemi wygładzonymi narzędziami i wyparł człowieka paleolitycznego, czy też ten ostatni przed pojawieniem się tamtego już opuścił te miejscowości, lub zupełnie zanikł w swych dotychczasowych siedzibach, czy wreszcie paleolityk stopniowo przeradzał się w neolityka, zmieniając odpowiednio kształty i sposoby wykończenia swych narzędzi, tego nie możemy dziś rozstrzygnąć i trzeba nam to pominąć. Dostyć, że po paleolitycznym okresie z jego grubo ociosanemi narzędziami następuje neolityczny, posiadający w skutek użycia ciśnienia obrabione już ostrza włóczni, miecze, noże półksiężycowe, piły, wąskie dłuta i delikatne ostrza do strzał. Ani jedno z tych narzędzi jednak nie jest tak ważne i godne podziwu, jak siekiera. To jest par excellence narzędzie, ukazanie się jego, jak mówi Noiré stanowi granicę dwóch światów. Siekiera utorowała człowiekowi drogę do jego wielkości, do jego wszechwładnego stanowiska, siekiera, wyłoniona z boskiej iskry rozumu.

Początkowa siekiera była wykonana z krzemienia i wyciosana z pomocą uderzenia kamieniem z nieprawidłowych brył krzemiennych a kształt jej wykazuje ogromną zmianę w porównaniu z oskardem, tak nazywaną siekierą szelleńską, jakkolwiek postać jej pod pewnym względem była już zarysowana w paleolitycznym młocie klinowym z ostrzem. Początkowo ostrze siekiery było bardzo małe, można powiedzieć, wcale nie zaokrąglone, tak że przy zagłębianiu się w przedmiot obrabiany, dotykało się jego prawie wszystkiemi swemi punktami, przy młocie klinowym zaś dotykało się w jednym jedynym miejscu. Jednakże sprawność takiej siekiery nie była zapewne mniejszą od klina, działającego tylko na jeden punkt, ponieważ gwałtowny rozmach siekiery, osadzony na rękojeści wywoływał większy efekt od klina prowadzonego bezpośrednio tylko ręką człowieka.

Na ile sam kształt młota klinowego szelleńskiego wskazuje, że nie mógł być obsadzony na rękojeści, o tyle znów z postaci siekiery poznajemy, że ta nie mogła być używana bez umocowania jej na trzonku.



Kamień do obciosywań.



Siekiera Szelleńska.

Kształt siekiery podczas całego okresu neolitycznego, jak również obszar jej rozpowszechnienia nie jest zawsze jednakowy, tak że jej wiek względny można określić z samego rodzaju jej formy. Najdawniejsza postać jej jest z Spiennes i ta zalicza się do czasu neolitycznego; posiada dwie krawędzie, późniejsze są czterokrawędziowe.

Skoro obsada do narzędzi wynalezioną została (mniejsza o to, do jakiego najpierw była zastosowana, być może, że do dłuta lub też gładnika), nic dziwnego, że to ulepszenie użyte było i do innych przyrządów. Wskutek tego widzimy w okresie neolitycznym całe szeregi będących w użyciu i odpowiednio obsadzonych na trzonkach dłuł, gładników, noży, zakończeń spis i tak nazywanych noży półksiężycowych.

Rękojeści siekier bywają bardzo różnorodne: są one rogowe, kościane, najczęściej jednak drewniane. Linja rzeki Menu stanowi granicę pomiędzy siekierami osadzonymi na trzonku (na północ) a umocowanymi za pomocą oprawy z rogu jelenia (na południu). Nawet teraz u ludów, przebywających jeszcze w okresie kamiennym, taką samą różnorodność dostrzegamy. Siekiery w Ameryce północnej i południowej, w Tahiti, Tongo, w Nowym Hanowerze i t. p. są obsadzone wprost na rękojeści, z Nowej Gwinei zaś (fig. 14) za pomocą osobnej oprawy głowni siekiery; w tych ostatnich oprawa głowni siekiery ab, może się obracać w rękojeści około swej osi i pozwala tym sposobem postawić ostrze siekiery poprzecznie, co jest dogodnym przy budowie łodzi.

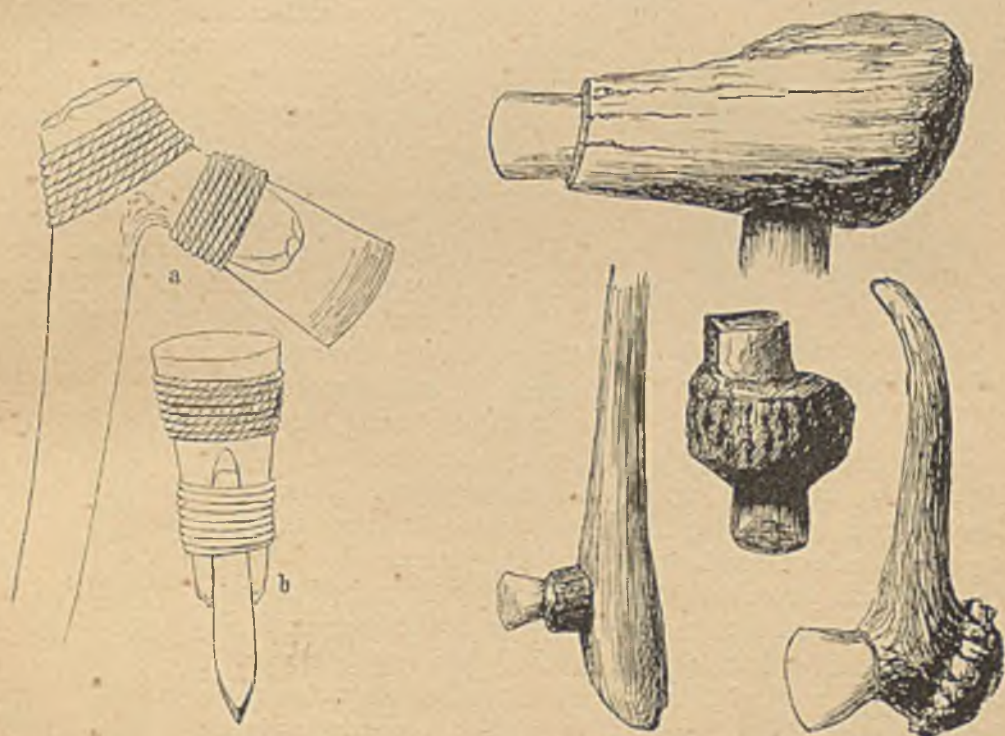
Prócz siekier osadzonych wprost w rękojeści, znajdują się takie, które posiadają rowki, służące do lepszego obsadzenia, lub też mające pewne wzniesienia, do którego przylega rękojeść. Takie jednak siekiery nie wykonywują się z krzemienia, lecz z innych kamieni. Rowki obsadowe mają także duże młoty kamienne, które w ostatnich czasach zwróciły na siebie większą uwagę.

Połączenie siekiery z młotem przedstawia osobne narzędzie, należące do najmłodszego okresu kamiennego. Jego ukształtowanie, pozwalające używać jednej strony jako młota, drugiej zaś jako siekiery, wymaga mocnego i pewnego obsadzenia w rękojeści, a to jest możebne tylko przy pomocy rowków, gdyż sznury, używane do umocowania, nie utrzymują mocno tego przyrządu w skutek rozciągania. Z tego powodu dostrzegamy zastosowanie nowego rodzaju roboty, to jest drażnienie, za pomocą którego wywierca się w młocie-siekierze otwór, dający pewne umocowanie w nim rękojeści.

Dla wykonania otworu do obsadzenia trzonka w cienkim narzędziu kamiennym nie należy używać świdra. W Nowej Gwinei i innych okolicach oceanu Południowego wybijają w płaskiej zaokrąglonej głowie maczugi kamiennej z obu stron dwa zagłębienia aż do wzajemnego spotkania. Taki otwór podwójnie stożkowaty obrabia się następnie przez szlifowanie i gładzenie i służy do umocowania rękojeści. Podobny sposób postępowania, według mnicha Teofila był używany w Europie w XI wieku, a potwierdzają go także rozpoczęte dopiero drażnienia w okazach przedhistorycznych.

Przy grubszych przyrządach otwór dla rękojści z początku tak samo był wykonywany, potem zaś dla uniknięcia zbyt dużego powiększenia średnicy używano dalej sposobu wiercenia.

Świdrowanie, które było w użyciu przeważnie dla przygotowania siekier, znalazło w tymże czasie zastosowanie i do innych przedmiotów, jak to nam wskazują piękne, doskonale obrobione naramienniki marmurowe i z masy perłowej, które na szkieletach z Rössen (prowincja saska) i z innych miejsc znajdujemy. Krzemień nigdy nie był poddawany świdrowaniu,



**Siekiera kamienna, umocowana w obsadzie z gałęzi.**

a) widok z boku. b) widok z góry.

**Topory kamienne ze szwajcarskich budowli na palach.**

1) topór kamienny, osadzony w rogowej oprawie, z dziurą dla rękojści. 2-4. Topory w oprawach z rogów jelenich.

ponieważ gdyby go drażyć nawet przy pomocy piasku, to przedstawia znaczną trudność, oba bowiem mają jedną i tą samą twardość.

Z początku drażnienie wykonywano za pomocą świdra, który składał się z kamienia umocowanego do drąga, w ten sposób jak to dziś postępujemy przy użyciu świdra spiczastego. Następnie przedłużono drażek i kręcono nim za pomocą rączki. Pewne wskazówki, jakim sposobem odbywało się drażnienie przedmiotów kamiennych, dają nam okazy rozpoczęte i niewykończone; wskazują one, że posługiwano się dwojakiego rodzaju świdrami: pełnymi i pustymi w środku.



Zresztą te sposoby drążenia możemy poznać tylko u ludów pierwotnych, znajdujących się obecnie lub przed niedawnym czasem w wieku kamiennym, ponieważ świdry za wyjątkiem ostrzy kamiennych wykonane były z materiałów organicznych, podlegających zepsuciu jak drzewo, kości i włókna. Ludy pierwotne posługują się chętnie znanym świdrem drążownikiem, stosowanym bardzo rzadko, lecz będącym w użyciu u Lapończyków, ludów syberyjskich i mieszkańców Nowej Kaledonii. Składa się on zwykle z drewnianego wrzeciona,



Rozpoczęte drążenie za pomocą pełnego świdra.

Kr. Muzeum etnograficzne, Berlin.

znajduje zastosowanie i u ludów cywilizowanych. Składa się z drzewa mającego wyrostek do zaczepienia. Dolna część jego ukryta jest w kamieniu, w środku którego znajduje się zagłębienie miseczkowate, w które jest zasadzony górny koniec ostrza świdrowego. Przy świdrowaniu za pomocą tego przyrządu koniec świdra ściera się i otwór otrzymuje się stożkowaty. Dla uniknięcia tej różnicy wykonywa się otwór tylko do pewnej głębokości, a następnie rozpoczyna się świdrowanie z drugiej strony, wskutek czego otrzymuje się otwór rozszerzający się w obie strony czyli podwójnie stożkowaty.

W guzikach z kości lub bursztynu świdrują się na spodniej ich powierzchni dwa stożkowate otwory, nachylone ku sobie i spotykające się w środku. To pozwala guziki przymocować do ubrania, pozostawiając wierzch i brzegi zupełnie wolne (str. 42).

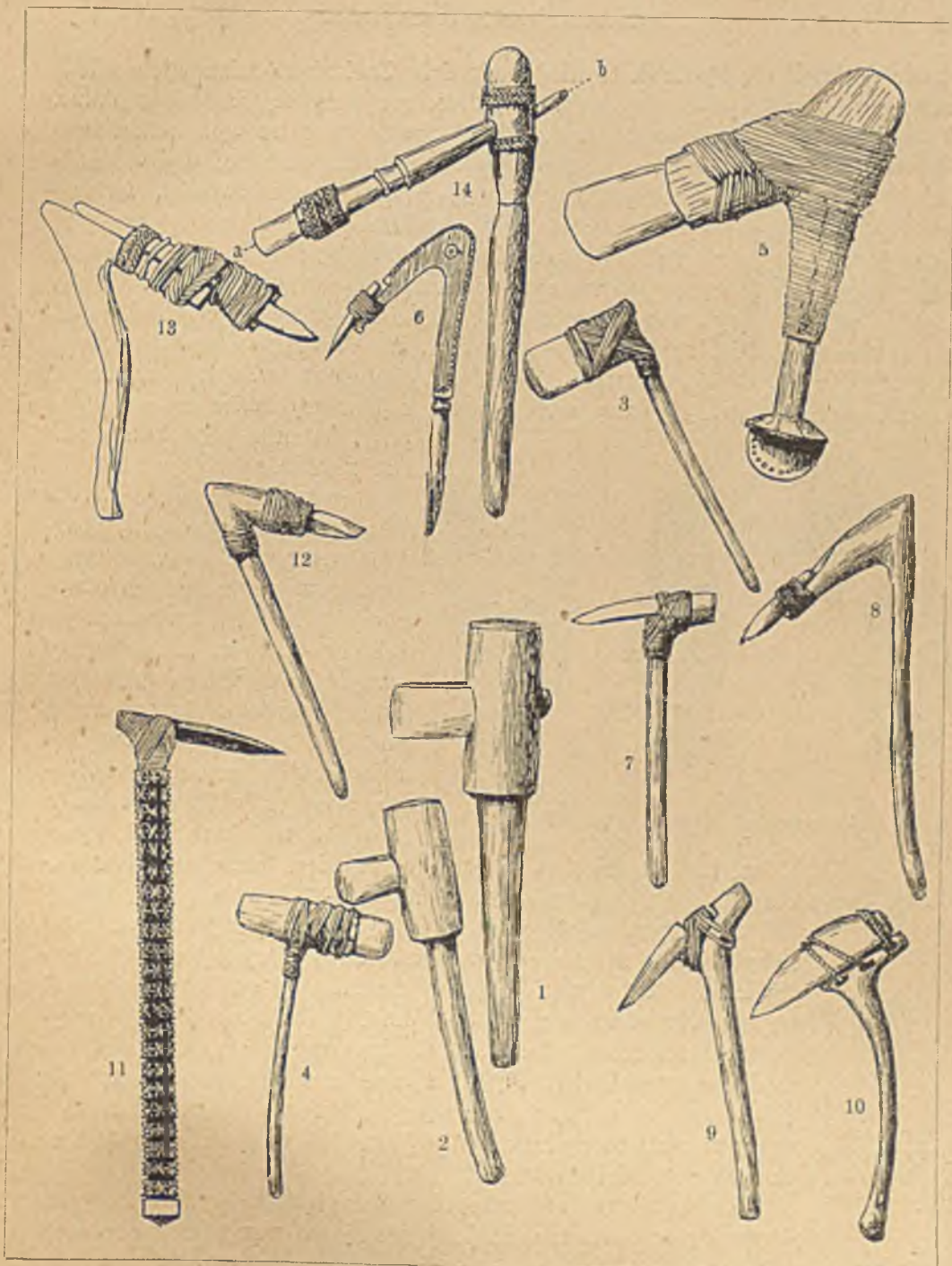
Jednocześnie skrobanie materiału na całym przecięciu otworu, szczególnie przy większych dziurach ma duże niedogodności: wymaga bardzo znacznego użycia siły, robota zbyt wolno się wykonywa a nadto świdler zbyt szybko się niszczy. Z licznych znalezionych okazów, na których pozostały znaki rozpoczętego drążenia przekonywamy się, że i pierwotni

mającego na dole umocowany czópek z ostrzem mającego na dole umocowany czópek z ostrzem w kształcie płaskiej piramidy. Ostrze świdra bywa często kościane, wtedy przy wierceniu używa się wody z piaskiem, jako materiału działającego swoją twardością i ostrością ziarn.

Jakkolwiek zastosowanie drążownika oznacza już znaczny postęp, to jednakże daleko więcej jest ceniony świdler korbowy, gdyż przy użyciu jego można zastosować większe ciśnienie. Znajdujemy go przeważnie w znanej postaci u Eskimosów w Alasce i Czukczów w Azji północnej, a także



Świdler z ostrzem kamiennym (N.-Kaledonja).



### Siekiry dzisiejszych ludów umocowane w nasadzie.

1) Indian Soya z nad Szingu, Brazylja. 2) Bakairi z nad Szingu. 3) Z nad górnej Amazonki. 4 i 11) Tahiti.  
 5, 13 i 14) Nowa Gwinea. 6. Wyspy Admiralskie. 7. Tonga i wyspy Marquesas. 8. Nowy Hannover. 9. Nowa-  
 Zelandja. 10) Eskimosy, Alaszka. 6—14) Siekiry poprzeczne, 11) Siekiera ozdoba.

Z oryginałów, znajdujących się w Berlińskim Muzeum etnologicznem rysował Edward Krause.

ludzie dotknęli się i poznali te niedogodności. Znalezione mianowicie młoty kamienne i głównie maczug kamiennych z rozpoczęciem drążeniem dziur, w środku których pozostał stożek, który wskazywał na wykonanie tego otworu za pomocą świdra rurkowatego, wewnątrz pustego, nadto znaleziono krążki stożkowate, pochodzące z otworów, świdrowanych tym sposobem (str. 42).



Guziki bursztynowe z tak nazywanymi podskórnymi otworami drążonymi.

Takie drążone dziury mogą być wykonane tylko za pomocą świdra cylindrycznego, wewnątrz pustego. Próby wykonane przez różnych badaczy, a szczególnie przez Ottona Tischlera wykazały, że otwory tak drążone mogą być otrzymane nawet przy niezbyt wielkim nakładzie pracy przez świdrowanie z pomocą kości zwierzęcych przy dodaniu piasku lub piasku z wodą.



Drążenie rozpoczęte z pomocą pustego świdra.

Podobnie urządzone puste wewnątrz świdry znajdują bardzo częste zastosowanie przy wykonywaniu ziemnych otworów świdrowych, zwłaszcza jeżeli w powłoce ziemi mamy przejść otworem świdrowym przez twarde skały; znane są one pod nazwą świdrów koronnych lub djamentowych. Siekiera-młot zależnie od rodzaju kamieni, z jakich jest wyro-

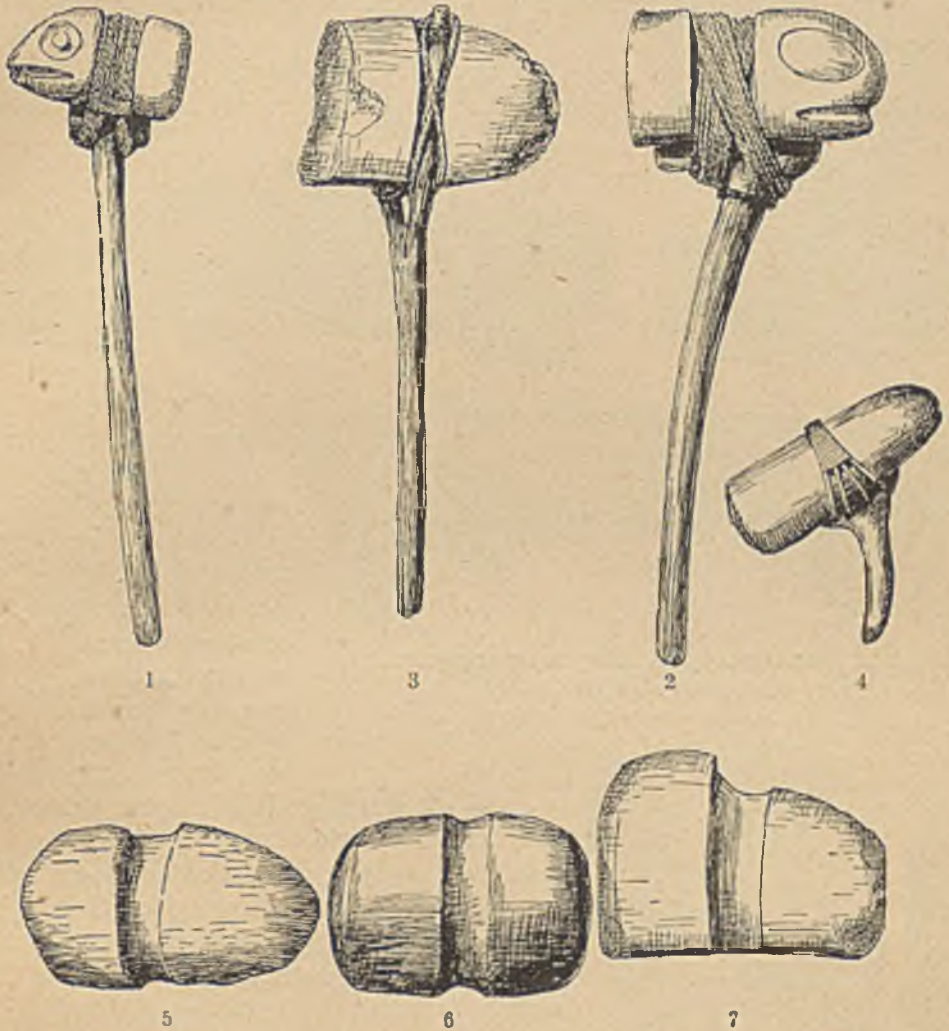
biona, tudzież zależnie od okolicy przybiera różne kształty; niektóre z nich są przedstawione na str. 41.

Kształtem najwięcej do siekiery zbliżonym jest dłuto, które bywa albo z ostrzem prostym, lub też wygiętem półcylindrycznie. Dłuta wąskie przy znacznej stosunkowo długości mają pewną elegancję w odrobieniu, krótkie zaś bywają zwykle umieszczane w obsadzie. Bardzo często napotykanem narzędziem krzemieniem są tak zwane „noże przyzmatyczne.“ Są to długie, lekko wygięte przyzmy z dwoma ostrzami, mające w przecięciu formę płaskiego trójkąta lub trapeza, długość niektórych dochodzi do 11 cali.



Czopy, otrzymane przy drążeniu pustym świdrem.

Zasługują też na szczególne uwzględnienie nietylko jako przyrządy samodzielne, znajdujące się we wszystkich okresach na całym obszarze ziemi i dowodzące swoim pochodzeniem, że powstały przy udziale ręki ludzkiej, lecz i dla tego, że jako pierwiastkowe narzędzie stało się wzorem dla innych, jako gładniki, ostrza harpun i spis, małe świdry i t. p. To też może być pożądanem opisanie kilku przykładów ich przygotowania. W Anglii skałki kamienne, w które zaopatrują broń, wywożoną do Afryki, przygotowują w sposób następujący.



**Młoty kamienne z rowkami, służącemi do umocowania w obsadzie.**

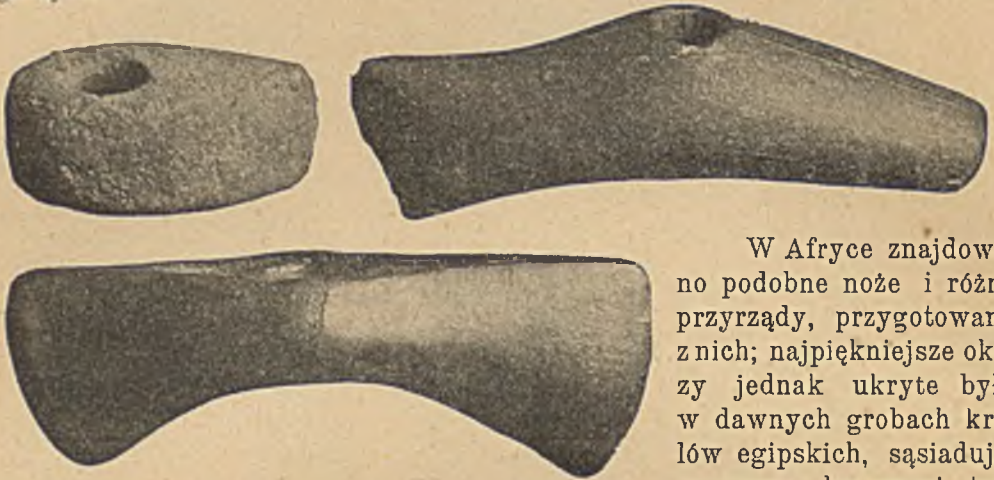
1 i 2) Do wbijania pali i wpędzania klinów przy łupaniu drzewa. Indian z Haida i Bilchula (Bella Coola), Bryt. Kolumbja 3) Do łupania drzewa z Naga, Assam. 4) Z raczka z rogu jeleniego do łupania drzewa. U eskimosów w Alasce. 5-7) Z czasów przedhistorycznych z Meisdorfu okręgu Mansfeldskiego.

Zoryginalów, znajdujących się w Berlińskim Muzeum etnologicznem wyrysował Ed. Krause.

Surowe bryły kamienia, wydobyte z ziemi rozbijają za pomocą dużego młota na oddzielne części, posiadające płaskie powierzchnie; takich kawałków z jednej bryły, zależnie od jej wielkości otrzymuje się dwa lub więcej. Z pojedynczego odbitego kawałka krzemienia, mającego długości 4—6 cali, przy pomocy odpowiednio urządzonego młoteczka (str. 46) z tępymi końcami, odbija się naokoło skorupę, tak, ażeby utworzyła się z niego przyzma wielościenna z płaskimi powierzchniami; następnie przez uderzenie pionowe młotkiem odbijają się płaskie blaszki, czyli noże, które potem

poprzecznie dzielą na kawałki, a po obrobieniu ich krawędzi przystosowują jako skałki do fuzji.

W podobny sposób postępują australczycy, którzy (według Baines'a) odbijają z rogowca noże przyrządzone przez uderzanie kamieniem zaokrąglonym.



**Kamienne młoty-siekierki z wydrążonymi otworami dla trzonków**

w Berlińskim Muzeum etnologicznym.

W Afryce znajdowano podobne noże i różne przyrządy, przygotowane z nich; najpiękniejsze okazały jednak ukryte były w dawnych grobach królów egipskich, sąsiadujące razem z bronzami, tak, że przypuszczać należy, iż miały znaczenie symboliczne i związane z pewną tradycją.



**Jądro krzemienia z odbitymi okrzeskami (noże przyrządzone)**

ze Splennes w Belgji.

W okolicach wulkanicznych, gdzie z natury swej brakuje krzemienia, miejsce jego zajmuje obsydjan, który jako kruchszy i miększy, daleko łatwiej daje się obrabiać. Torquemada, który w XVI wieku podróżował po Meksyku, tak opisuje w swem dziele „Monarchia Indiana“ przygotowanie noży:

„Jeden z robotników siada na ziemi i bierze kawałek kamienia czarnego długości na jedną piędź, grubości ramienia ludzkiego, lub nieco mniejszej. Następnie używają pręta długości trzech „łokci“, grubości lancy, do końca którego przyklejają i przywiązują kawałek kamienia, długiego na jedną piędź (ażeby ta część przyrządu była cięższą): Robotnik następnie zbliża do siebie obie stopy nagie i pomiędzy nimi utrzymuje mocno kamień na podobieństwo kleszczy, chwytając oburękami pręt, mający dolny koniec prosto obcięty i stawia na brzegu wierzchniej ścianki

kamienia. również gładko i prosto obciętego; wtedy obu rękami i piersią przyciskają pręt, a wskutek wywiązanej siły, od kamienia odłupuje się nóż, który jest spiczasty i z obu stron ostry, wykonany tak łatwo, jakby kto ostrym nożem odkrajał płatek z buraka. W przeciągu bardzo krótkiego czasu robotnik taki odłupuje więcej niż 20 noży.“

Jak już wiemy z poprzedniego, noże pryzmatyczne, jako takie, lub też przez następne obrobienie zamienione na inne narzędzia, mają najrozmaitsze zastosowania. Umocowane w obsadzie używają się jako noże (str. 42), następnie jako skrobacze do obrabiania drzewa i kości.

Z otrzymanych przez uderzenia, lub też skutkiem wywieranego ciśnienia okrzesek kamiennych, wykonywano ostrza dla harpun i strzał (str. 47), a także zakończenie ostre dla wyrobionych z kości strzał i harpun.

Nawet oręż ostry większych wymiarów, jak ostrza włóczni (do 40 centymetrów długości) i sztylety były wyrabiane z krzemienia. Dziwną kunsztowność wykonania wykazują rękojeści sztyletów na swych krawędziach, a szczególnie na ściankach, ozdobionych paskami falistemi, o sposobie wykonania których nic jednak nie wiemy, ponieważ teraźniejsi ludzie, używający narzędzi kamiennych, podobnego rodzaju dzieł sztuki nie są w stanie wykonać.

Do jakiego stopnia niektóre ludy okresu kamiennego opanowały materiał, świadczą przedziwnie wyrobione, ozdobne, czyli świąteczne zakończenia strzał, używane w dawnych czasach w Yukatanie i Meksyku. Rękojeści do przyrządów kamiennych, sądząc z zachowanych okazów, były, jak to i dzisiaj spotykamy u ludzi pierwotnej kultury, przeważnie drewniane, a w razach wyjątkowych kościane lub rogowe. Obrabianie trzonków wykonywano przez struganie nożami pryzmatycznymi, przez gładzenie krzemiennymi gładnikami i w końcu przez szlifowanie za pomocą piasku lub kamieni szlifierskich, tudzież mocnych skorup glinianych rowkowanych, jakie dotąd są w użyciu w Ameryce południowej i Arizonie, szczególnie przy obrabianiu łuków i strzał. Do szlifowania przyrządów kamiennych używano płaskich kamieni, a także wązkich i długich, które przez długie użycie przyjmowały właściwy kształt, przypominający postać kości, tak, że je poprostu nazywają kościokształtnymi kamieniami szlifierskimi. Ad. Bastian z wielkiej swej wyprawy na ocean Południowy, przywiózł z wyspy Wanganui ciekawą wannę do szlifowania, która stała tam na jednym z placów wioskowych do użytku ogólnego. Piłowanie kamieni znane też było w najmłodszych okresach wieku kamiennego, o czym świadczą znalezione okazy (str. 48); my jednakże o sposobie wykonywania tej roboty, pomimo licznych badań i prób możemy podać tylko same przypuszczenia.



**Jądro krzemienne (Nucleus)  
po odbiciu okrzesków**

Okaz dzisiejszy, z Anglii  
Kr. Muzeum etnologiczne w Berlinie.

Na tem kończymy nasze uwagi o obrabianiu kamieni, o ich działaniu będziemy mówili w innych oddziałach.

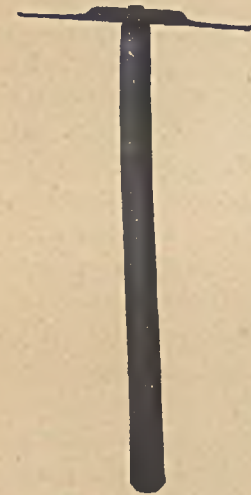
Wiemy już, że człowiek bardzo wczesnie zawładnął ogniem, czy to dla ugotowania sobie pokarmu, czy dla ogrzania się, czy też wreszcie dla spłoszenia dzikich zwierząt. Dla wywołania i podtrzymania ognia, potrzeba przedewszystkiem drzewa, które należy ściąć i porąbać. Prócz tego drzewo od bardzo dawna było używane do budowy mieszkań, na belki, deski i wszelkiego rodzaju sprzęty.

Ścinanie drzew odbywało się z pomocą siekiery, która nie była tak niezgrabną i nie-użyteczną, jaką się nam dzisiaj wydaje w porównaniu z siekierą stalową. Można było przecież kamienią siekierą nieoszlifowaną w przeciągu 15 do 30 minut ściąć sosnę grubości 15 do 25 centymetrów. Ścinanie grubszych dębów, jak pale do mieszkań nawodnych trwało wprawdzie dłużej — ale wtedy nie mówiono zapewne: *time is money*, gdyż pierwotni nasi przodkowie pieniędzy nie posiadali, mieli zato więcej czasu do rozporządzenia.

Dalsza obróbka drzewa na bale i deski, jak również rąbanie na części odbywało się przez łupanie za pomocą klinów z rogu jeleniego (str. 49), użycie których wyjaśnionem zostało przez liczne okazy, zna-



Kamień szlifierski do kamiennych toporów z Danji.



Terazniejszy młotek do wyrabiania okrzesków krzemiennych Anglija).

lezione w budowlach palowych i wykopaliskach, jak również stosowane dotąd podobnego rodzaju kliny z rogu jeleniego przez mieszkańców Ameryki północno-zachodniej. Indjanie za pomocą klinów rozłupują grube pnie na dyle, z których przez ociosanie wyrabiają deski znacznej szerokości na rozmaite potrzeby. Nasze europejskie kliny z rogu jeleniego są zwykle przedziurawione, jak to widać u naszych robotników leśnych, używających klinów z drzewa twardego do łupania drzewa, których powierzchnia górna zabezpieczona jest zwykle otaczającym ją pierścieniem żelaznym i nadto posiadają rączki do prowadzenia. Podobne kliny drewniane są w użyciu u indjan z wybrzeży Ameryki północno-zachodniej, którzy wierzchnią część klina zabezpieczają przez mocne okręcenie jej sznurem. Do tego samego celu powinny służyć liczne, odpowiednio urobione narzędzia kamienne; bywają one przeważnie długie; otwór dla trzonka znajduje bardzo blisko górnej



Noże krzemienne z młodszego okresu paleolitycznego,  
z pieczar francuskich.

Zbiór H. Klatscha.

powierzchni (podstawy klina), tak, że jej jako siekiery nie można było używać, gdyż wskutek tak znacznej długości i ciężaru podnoszenie i kierowanie ręką tego narzędzia, a zarazem i uderzenie były bardzo niepewne. Prócz tego dodać należy, że podstawa klina nie była nigdy obrobioną, pozostawiano ją w stanie pierwotnym, nierównym i często uszkodzonym. Uszkodzenie takiego okazu, pochodzącego z wykopalisk neolitycznych pod Rössen, niedaleko Merseburga potwierdza ten pogląd. W razie gdy głównia klina wskutek uderzeń uszkodzoną została, wtedy wydrążano w nim niżej dla obsadzenia rękojeści nowy otwór w kierunku względem pierwszego poprzecznym (str. 49).

Te kliny kamienne a prawdopodobnie i rogowe wbijane były w drzewo za pomocą młotów drewnianych. Do zapędzania klinów były także w użyciu odpowiednio obrobione młoty kamienne, podobne do młotów z wybrzeży Ameryki północno-zachodniej. O wyrabianiu z drzewa różnego rodzaju sprzętów świadczą pozostałości znalezione w mieszkaniach nawodnych i grobach. Wyrzynano łyżki, noże, miski, trzonki i rękojeści do narzędzi kamiennych i broni. do sierpów bronzowych, toporów i noży, a także i do innych sprzętów, mających często kształty doskonale obmyślane i dogodne, jak np. trzonki do sierpów (str. 51).



Niemieckie ości strzał.

Ostrze spisy  
krzemiennej.

Według oryginału  
w British Museum  
Londyn.





Klin kamienny z powierzchnią piłowaną z Saksonji.

Następnie wyrabiano z drzewa skrzynie, trumny z rozłupanych pni, które wyłabiano za pomocą siekiery i rozpalonych kamieni, jak o tem świadczą zwęglone wnętrza trumien. W czasach późniejszych pojawiają się roboty tokarskie, które były wyrabiane równie na prostych tokarniach, jakich jeszcze dzisiaj używają tokarze i szlifierzy kamieni drogich w Indjach Wschodnich. Tokarnie te jednak były zupełnie wystarczające, jak o tem nas przekonywa, użyte jako trumna, łóżko poety i bohatera alemańskiego, i należące do niego krzesło i inne drobne sprzęty, pochodzące z V do VII wieku naszej ery (str. 51).

Szlachcic, czyli człowiek wolny, gdyż za takiego musimy go uważać zarówno z samego sposobu pochowania, jako też i z wyprawy pośmiertnej, został złożony do łoża razem z bronią, ozdobami, grzywą końską i lutnią. W nogach postawiona była wytoczona z drzewa misa i taka sama butla; w rękę trzyma sześciostrunny instrument, najdoskonalszy, jaki z owego czasu z Niemiec posiadamy. Łóżko po jego śmierci zaopatrzone dachem. Obok łożka leży włócznia. U stóp jego znajduje się krzesło z poręczą, na niem zaś postawiono drewniane misy, butlę, puhar i świecznik, a także misę brązową i dzban gliniany. Całość była pomieszczona w wielkiej skrzyni, wykonanej z dębowych trzycalowych bali i pokrytej grubą warstwą gliny, która właśnie razem z wodą zaskórną przechowały to wszystko do dni naszych.

\*     \*     \*

Kość jest najdoskonalszym materiałem dla wielu przyrządów, ponieważ przy znacznej wytrzymałości stosunkowo daje się dosyć łatwo obrać na wszelkie możliwe przyrządy. Jednym z najstarszych, jak nam wskazuje Oskar Fraas, było zastosowanie szczęki niedźwiedzia jaskiniowego z okresu paleolitycznego, jako śpiczastej siekiery, służącej do wydobywania z kości szpiku, będącego ulubionym przysmakiem. W życiu codziennem człowieka nowożytnego ileż przedmiotów wyrabia się z kości, poczynając od igieł, szydełek, szczoneczek do zębów i innych przyborów toaletowych i ozdobnych, aż do nożyków owocowych, obsad nożowych, guzików i wielu innych rzeczy. Od najwcześniejszych też czasów kość używaną była do wyrobu

mieczy, szydeł, igieł, szpilek ozdobnych, pierścieni, guzików, amuletów i t. p. Kościane miecze i naramienniki znajdujemy na szkieletach z epoki kamiennej, pierścienie zaś takie same, jakie dziś, wyrobione z kości słoniowej, zawieszamy niemowlętom na szyi podczas ząbkowania, znajdujemy w urnach dziecięcych la Tene (urna domowa z Wisleben) i z okresu wędrówki narodów (Borstel, Altmark).

Róg jeleni służył często do wyrobu szydeł, zakończeń harpun i innych przyrządów. Do obcinania wyrostków rogów jelenich używano pił krzemienych (str. 52). Także zęby zwierząt, prawdopodobnie jako trofea myśliwskie, przewiercone u podstawy, znajdujemy w grobach wszystkich czasów, również kości szponowe ptaków drapieżnych (zbiory Schliemanna), podwójne zapinki, wyrobione z zębów dzika, podobne do dzisiejszych spinek, używanych do kołnierzyków, a w grobach z czasu kamiennego w Rössen pod



Kliny z rogu jelenia do łupania  
drzewa.

Z mieszkania na palach w okresie brązowym Spandau.

Kliny kamienne z Rössen  
(Saksonja).

Muzeum etnologiczne w Berlinie.

Merseburgiem znaleziono takie same szpilki, jakie eskimosi używają do przekłówania warg.

Najobszerniejsze jednak zastosowanie kości w okresie paleolitycznym było do przygotowania przyrządów myśliwskich i rybackich. Myślistwo i rybołówstwo zaliczają się do najpierwotniejszych zajęć ludzi, świadczą o tem nietylko w wielkiej ilości znajdowane we wszystkich miejscach, zamieszkałych przez ludzi podczas wszystkich okresów przedhistorycznych, porozbijane kości w celu wydobycia z nich szpiku i resztki ryb, lecz także i inne świadectwa w postaci przyrządów z kości oprócz krzemienych zakończeń włóczni i strzał. Na zwierzęta mniejsze robiono poprostu zasadzki i zabijano je pięścią, maczugą, procą, sztyletem, włócznią i strzałą. Inne zaś zwierzęta łowiono w sieci, w pętle, sidła i zatrzaski; największe—w wilcze

doły. Przyrządy do zabijania wielokrotnie były wykonane z kości, jak np. ostrza strzał i spis.

Umieszczony w tomie II obraz Wasniecowa: polowanie na mamuta w czasach pierwotnych Rosji, daje przejmujący do głębi widok zabijania olbrzymiego zwierza, który szukał w wilczym dole ochrony przed napastnikami, takie wilcze doły, jakkolwiek nieco mniejsze, znalezione były.

Pod Fernwerder w Havelland przy kopaniu torfu i gliny znaleziono, pochodzące ze starszego okresu kamiennego, urządzenie 24 takich dołów do łowienia dzikiego zwierza; odkryto tylko tę ilość, chociaż znajdowało się ich tam daleko więcej. Urządzenie ich ograniczało się do trzech szeregów współśrodkowych, tak, że zwierz tylko w nadzwyczaj rzadkim wypadku mógł uniknąć wpadnięcia. W takim dole 1 do 1½ metra szerokim i 2 do 2½ metra głębokim znaleziono blisko dna przyrządy myśliwskie, wykonane z kości i rogów łosia, które są zupełnie takie same, jak przyrządy ludów skrajnej północy Ameryki i Azji. Znalezione tamże kamienie wyrzucane z procy, wielkością swą równające się pięści.

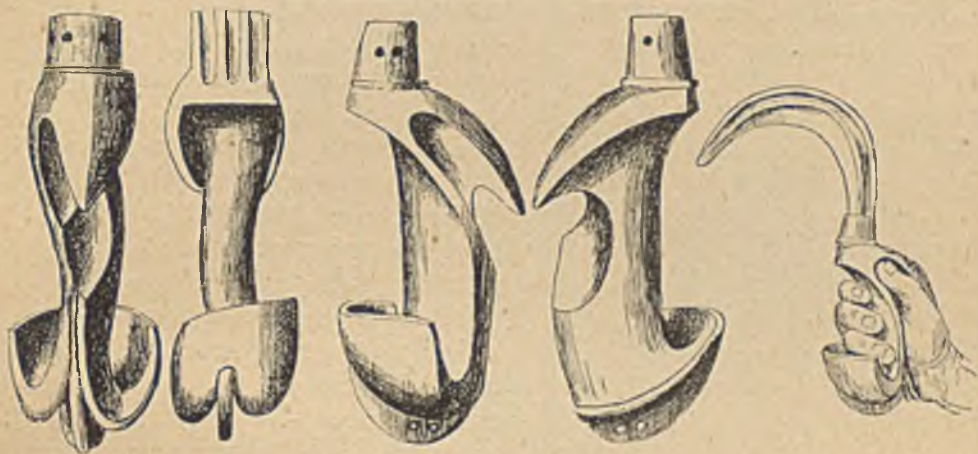
Przyrząd łowiecki, o którym tak wiele pisano, okazał się prostą pułapką drewnianą, jakich znaczną ilość znaleziono w błotach Niemiec, Austrii, Włoch i Wielkiej Brytanji. Nazywają je zwykle sidłami na bobry i wydry. Do tego jednak celu napewno nie były one przydatne, gdyż nie były w stanie zatrzymać tak silnych zwierząt, jak bobr i wydra. Można jedynie przypuścić, że to były sidła na ptactwo, zapewne na dzikie gęsi i kaczki, ponieważ, jak to widać z licznych okazów, znalezionych we Włoszech, w kratkach drewnianych tych przyrządów otwory miały takie wymiary, że mogła się przesunąć zaledwie głowa gęsi lub kaczki, lecz nigdy głowa większego zwierzęcia. Pułapki te znaleziono płasko leżące w torfowiskach Lajbachskich na granicy między starym i nowym torfem. Nie mogły być także przyrządami do łowienia ryb, za które chętnie je przyjmowano; najprawdopodobniejsze zastosowanie ich było jako sideł na kaczki podczas ciągu tych ptaków.

Ponieważ pierwszemu człowiekowi przyznaliśmy miano pierwszego technika, to możemy uznać w nim także pierwszego myśliwego i rybaka. W każdym razie w okresie paleolitycznym rybactwo już było uprawiane, jak świadczą okazy otrzymane z jaskiń i jezior. Rybołówstwo ogranicza się do takiego żywiołu, który nie może być dla ludzi zwyczajnem miejscem pobytu, gdyż są inaczej ukształtowani, aniżeli stale tam przebywające zwierzęta wodne. Człowiek nie mógł ich gonić, jeżeli one przed nim uciekały, nie mógł ich także zabijać, dla tego uciekał się do pomocy łodzi. Pierwotną łodzią, jaką obecnie jeszcze spotykamy w niektórych okolicach Nowej Gwinei, był pień drzewa, lub jeden z głównych jego korzeni, na których człowiek mógł posuwać się po wodzie, początkowo przy pomocy rąk a następnie z pomocą krótkich wiosel. Później połączył większą ilość pni, lub wydętych skór zwierząt i tym sposobem wynalazł tratwę (tom III str. 319); czynił następnie zabiegi około wyżłobienia kłoców drewnianych



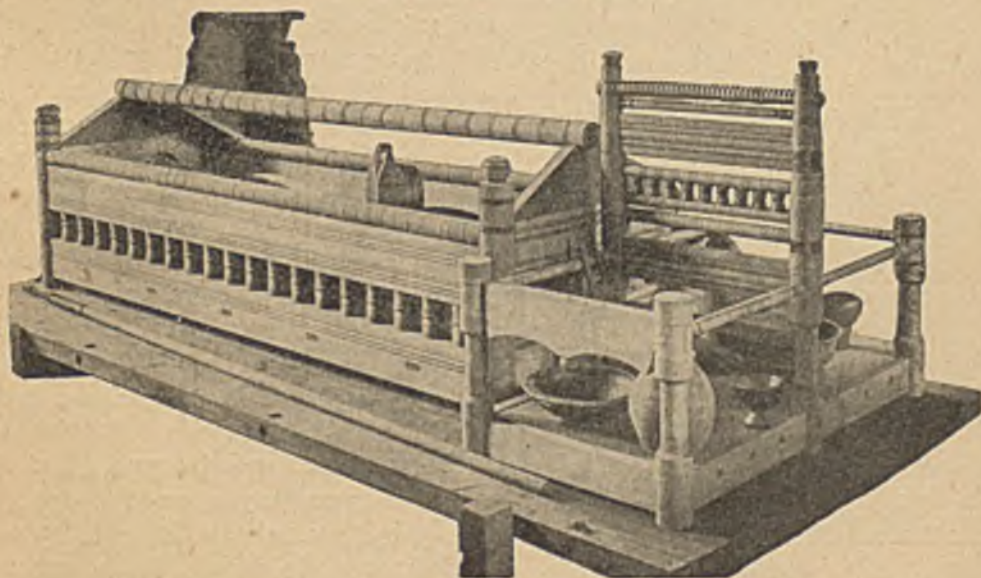
**Trumna drewniana z Wiedenbrück w Westfalji.**

Według oryginału z muzeum etnologicznego w Berlinie.



**Oprawy drewniane do sierpów bronzowych.**

Z budowli na palach pod Möringen (Szwajcaria).



**Wyprawa pośmiertna szlachcica alemańskiego, znaleziona w jego łożu pośmiertnem.**

Odtworzone przez E. Krausego w muzeum etnologicznem w Berlinie.

nie tylko dla ich siły nośnej, lecz także dla zwiększenia zdolności kierowniczej, ażeby miał możność razem ze swymi towarzyszami pływać po zwierciadle wody. Przytem miał swobodę ruchów, gdyż jeżeli jeden wiosłował, drugi mógł czatować na ryby, uzbrojony w dzidę lub w łuk ze strzałami. Wkrótce potem zaczęto stosować łodzie do przewożenia ciężarów. Wyżłabianie kłoca drzewnego wykonywało się zwykle przy pomocy siekiery kamiennej, dla ułatwienia sobie jednak tej roboty posiłkowano się ogniem, mianowicie: wyżłabiano z pomocą rozpalonych kamieni, a ostatecznie wyrównywano siekierą, lub też stosowano



**Grób z młodszego okresu kamiennego z naczyniami, przyrządami krzemiennymi, naramiennikiem z kości i perłami z marmuru.**

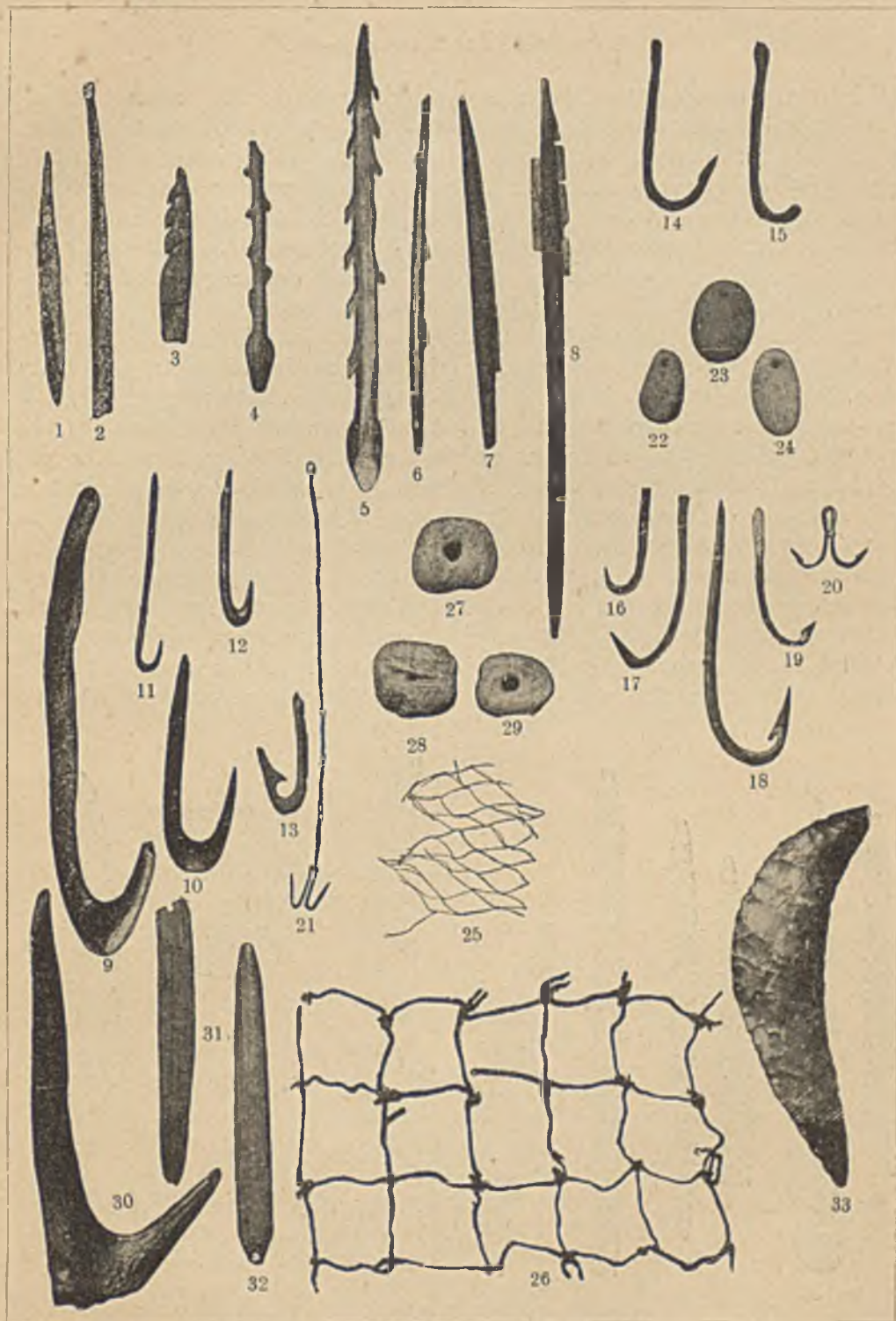
W muzeum etnologicznem w Berlinie.



**Piła krzemienna.**

do tego proste wypalanie drzewa, jak się to odbywa nawet obecnie jeszcze u ludów pierwotnych Ameryki i Oceanu Południowego. Zda je się, że człowiek pierwotny nauczył się prędko zastosowania żagli, jak o tem sądzić można z otworów pochylonych, umyślnie tak krzywo wierconych na burtach, ażeby w nich można było umocować liny, podtrzymujące maszty, co nam potwierdzają liczne okazy, znajdujące się w Berlińskim Muzeum etnologicznem.

Nasi praojcowie lubili wodę. Osiedali nad jej brzegami, lub też na wyspach; wytwarzali sobie nawet sztuczne wyspy, obijając deskami zamocowane pale i zasypując ziemią, utworzoną tym sposobem podstawę, lub też na palach wprost budowali mieszkania nawodne. Miejsca na osiedlenie wybierali sobie na skraju gęstych lasów ze względu na wygodę, ze względu zaś na bezpieczeństwo zamieszkiwali na wyspach i w budowlach na palach urządzonych. Ponieważ od niepamiętnych czasów pokarm mięsny był potrzebą człowieka, przeto nie można się dziwić, że mieszkając nad wodą i w niej przebywając, zdobywał dla siebie pożywienie z ryb, co przy ówczesnej ich obfitości było



**Przybory rybackie z czasów przedhistorycznych; w  $\frac{2}{3}$  wielkości naturalnej.**

1—2. Groty\*strzał gładkie. 3. Harpuny z zadziorami. 4—5. Harpuny z dużemi\*zadziorami. 6—8. Harpuny z zadziorami i ostrzami krzemiennymi. 9—13. Haczyki. 11—13. Haczyki kościane lub z rogu łosia. Brandeburgia, Prusy wschodnie i Szwecja. 14—20. Haczyki z brązu. Brandeburgia i szwajcarskie mieszkania na palach. 21. Podwójne haczyki brązowe z Reesen, prowincji saskiej. 22—24. Ciężarki siałkowe kamienne ze Szwajcarii. 25—26. Wzory siałek i 27—29. Plywalki lubiane do siałek z mieszkań nawodnych Robenhausen w Szwajcarii. 30. Haki wędziorkowe z rogu jelenia. Brandeburgia. 31—32. Kościane noże rybackie. Brandeburgia. 33. Krzemienne noże rybackie z Danji.

Według oryginałów z Muzeum etnologicznego w Berlinie.

tak łatwem do osiągnięcia; niezliczone przybory rybackie, znalezione na dnie jezior i bagien, świadczą o tem, zarówno jak i olbrzymie ilości łuski rybnej i ości, odkryte w miejscowościach przez ludzi zamieszkiwanych, gdzie przygotowywali pokarm dla siebie. Zastosowanie wielu z tych narzędzi i przyrządów, szczególnie wykonanych z kości łosia stało się dla nas zrozumiałem dopiero wtedy, gdy poznaliśmy i porównali zupełnie podobne przyrządy u współczesnych ludów okresu kamiennego, jako to: eskimosów, mieszkańców Ziemi Ognistej, ludów Azji północnej i wyspiarskiego świata oceanu Południowego. Wskazują nam one na fakt bardzo znamienny, że kształty przyrządów z najdawniejszych czasów zachowały się takie same, jakie dzisiaj nawet są w największym zastosowaniu (przyrządy z kości łosia wykonane, pojawiły się napewno przeważnie w okresie paleolitycznym, ponieważ nie znaleziono razem z nimi ani harpun krzemiennych, ani też takich samych grotów strzał). Badania szczegółowe tego przedmiotu zadalekoby nas zaprowadziły, to też musimy się ograniczyć do rozpatrzenia kształtów najważniejszych. W dawnych czasach łowienie ryb było daleko łatwiejsze niż w obecnych, ponieważ obfitość ich była znacznie większa. Najpierw więc stosowano najprostsze sposoby połowu. Łwiono je zatem pierwiastkowo ręką, jak się to jeszcze dzisiaj zdarza przy połowie pstrągów lub innych ryb, następnie zabijano je maczugą, znajduwaną bardzo często w szwajcarskich budowlach nawodnych, ciskano w nie kamienie,



Przybory myśliwskie z najwcześniejszego okresu kamiennego.

Końce harpun gładkie i haczykowate. Łopata z rogu łosia. Z dołów dzikich w Fernwerder. Ostругany nóż myśliwski z kości łosia, z Zachowa w Havelandzie zachodnim.

Według oryginałów w Muzeum etnologicznem w Berlinie.



Indjanie brazylijscy, wypalający drzewo na przyrząd do pływania.

Według Moraes'a.

łowiono je koszami, lub też zastawiano na nie sidła. Sposoby te mogły być stosowane na wodach płytkich, albo na jej powierzchni i tylko w najbliższym sąsiedztwie lądu. Na wodach głębszych i w pewnej odległości od brzegów wstępowały w swoje prawa dzida, harpuna i strzała. To też na dnieszych jezior i bagnisk znajdujemy pod warstwami marglu i torfu wiele przyrządów, wyrobionych z kości łosia, podobnych zupełnie do narzędzi spotykanych obecnie u ludów pierwotnych, co nam wyjaśnia najlepiej dawne, przedhistoryczne ich stosowanie. Sieci używano także od najdawniejszych czasów. Nie wiemy jednak, jakiego były kształtu, gdyż znalezione były tylko resztki w szwajcarskich budowlach nawodnych, mające oka różnych wymiarów i rozmaitej grubości sznurki. Prócz tego w wielu miejscach znaleziono ciężarki siatkowe, wyrobione z kamieni lub gliny, a także przygotowane z kości końskich jakich używają nawet obecnie na Węgrzech (według Otto Hermana). Teraz służą one często jako ochronniki i przewodniki siatki na gruncie kamienistym. właściwe zaś ciężarki siatkowe są wykonane z ołowiu. Również doszły do nas z budowli nawodnych pływaki siatkowe z drzewa i kory, mające kształt obecnie stosowany. Znalezione w jeziorach, utworzonych z bagnisk na gruntach kolonji Grunewald pod Berlinem pływaki siatkowe są zupełnie podobne do używanych przez Eskimosów, które



u nich mają często postać zwierząt wodnych, jak kaczek, ryb i jaszczurek, w różnych stylizowanych kształtach. Pływaki te oprócz głównego celu, jakim jest utrzymanie sieci w położeniu właściwym i wskazanie kierunku, w którym się posuwa, spełniają jeszcze i cel uboczny, dają bowiem właścicielowi możliwość rozpoznania swej sieci, czyli stanowią znamię własności. Jeżeli pływaki powyższe nie miały postaci zwierząt, lecz były prostymi deskami, to były na nich nacięte znaki właściciela, zupełnie, jak to się czyni często w Europie.

O wędkach można powiedzieć, że są tak dawne jak ludzkość. Już w najstarszym okresie kamiennym znajdujemy ostrza krzemienne, które przy porównaniu z przyrządami rybackimi dzisiejszych ludów z okresu kamienia, nie mogą być czem innym, jak tylko haczykami do wędek, lub ich częściami. Prócz tego w okresie kamiennym trafiają się oddzielne haczyki z kamienia i kości, a także haki do wyciągania więcierzy i wędek linkowych. Godnem uwagi jest, że kształt lepiej wykonanych haczyków, zależnym bywa od materiału, z jakiego były wyrobione i przypomina najdokładniej formę haków obecnie używanych. Haczyki drewniane, jakich dzisiaj używają niektóre ludy europejskie (Rosja, Węgry), pomimo to, że wskutek nietrwałości materiału nie przechowały się (w budowlach nawodnych) do czasów naszych, były jednak napewno w częstym użyciu i dawniej. Haki brązowe, tak pojedyncze jak i podwójne, znajdują się często w najrozmaitszych okolicach i formą odpowiadają zupełnie dzisiejszym, jakkolwiek niektóre z nich są znacznie większe, jak np. hak znaleziony w szwajcarskich budowlach nawodnych, mający 20 centymetrów długości. Haki żelazne pochodzą z czasów późniejszych. Tak ulubiony przez ludy Ameryki północnej, Azji północnej i oceanu Południowego hak podwójny, t. j. pręt krótki, mający z jednej strony dwa ostre końce zagięte do góry, z drugiej zaś umocowany do linki, znany jest i w czasach przedhistorycznych i był wykonany z krzemienia, albo z kości. Osadzone w oprawie drewnianej kamienne noże rybackie, używane przez Eskimosów i ludy Azji północnej, pouczają nas, że znalezione w szwajcarskich budowlach nawodnych noże kamienne także w drewnianej oprawie, jako też i wiele noży krzemiennych, wygiętych w kształcie sierpa, należy uważać również jako noże rybackie; za takich same musimy przyjąć używane przez ludy syberyjskie do rozplątania ryb i usuwania z nich łuski kościane noże, jakie w naszych jeziorach i błotach znajdowane były razem z innymi przyborami, pochodzącymi z najstarszego okresu krzemiennego, do których należą także i noże z Fernewerder, pokryte zdobami charakterystycznymi dla epoki kamiennej. Zajmowano się rybactwem i na lodzie; rybacy biegali na łyżwach do tych miejsc, gdzie odbywało się łowienie, lub też na saniach przywozili tam swe przyrządy łowieckie. Na łyżwy i płozy do sanek używali kości z koni lub bawołów, o czym świadczą różne ich przystosowania i zużycie.

Po zbadaniu przez nas przynajmniej pewnej części narzędzi, używanych w dawnych czasach, rozpatrzmy teraz, co było wykonane przez człowieka z tych okresów. Najlepiej się to uwydatnia na olbrzymich pomnikach, jakie ludy te wznosiły na cześć umarłych. Te komory kamienne albo groby megalityczne uważa się często za odbicie ich mieszkań, co nie-

zawsze miało miejsce, gdyż mogło to się jedynie odnosić do korytarzy, znajdujących się w grobowcach, rozpatrzmy się przeto najpierw w ich siedzibach. O mieszkaniach ludzkich doszło do naszej wiadomości niewiele, możemy o nich udzielić niektórych jednak wskazówek. Starzy paleolitycy na przykład na jednym z malowideł, przedstawiającem bizona z owych czasów, znalezione w grocie Les Eyzies we Francji (tom II str. 305) pozostawili nam rysunki ówczesnych chat i namiotów. Następnie w kupach popiołu, pozostałych po zniszczonych przez ogień domostwach znaleziono wypalone bryły gliniane, których jedna strona była gładko pomalowana, druga zaś posiadała wyraźne wyciski, pochodzące od grubszych lub cień-

szych gałęzi, trzciny, słomy lub tkaniny słomianej. To są kawałki z wyprawy ścian siedzib spalonych, które były wybudowane z drzewa i gałęzi a ścianki były wypełnione plecionymi gałęziami, słomą plecioną lub trzcina, a następnie wylepione gliną. Nazewnątrż były one zapewne także zaopatrzone gliną, lub trawą z piaskiem, jak w chatach u Eskimosów. Jak takie chaty wyglądały, możemy mieć pojęcie z urny domowej, pochodzącej



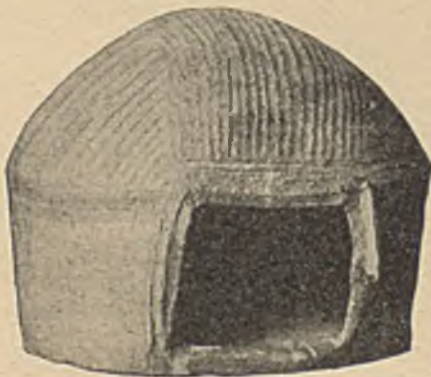
Syngalezi-rybacy, z wyspy Ceylon,  
ze swemi pierwotnymi przyborami rybackimi.

z Luggendorf w obwodzie Prignitz wschodni. Jest okrągła, ma płaski dach sklepiony i służyła jako urna do popiołu, otrzymanego ze szczątków umarłego z okresu brązowego. Chata taka nie miała komina, co nie jest dziwnem, gdyż i u nas są jeszcze gdzieniegdzie chaty bez komina, tak nazywane kurne chaty, w których dym z ogniska, będącego na środku izby, wznosząc się do powały, wędzi znajdujące się tam mięso, sieci i t. p. przedmioty i wychodzi nazewnątrz szparami. Zupełnie podobne chaty okrągłe budują dziś jeszcze w Afryce, a nawet podobnie jak w urnach domowych zastosowane jest zamknięcie drzwi, zabezpieczające w razie opuszczenia chaty przed wtargnięciem zwierząt. Jednakże forma okrągła chat musiała się wkrótce okazać niepraktyczną, skoro urny domowe z okolic Aschersleбену ukazują się w planie jako czworokątne. Wszakże chaty okrągłe, jako łatwiejsze w budowie, były w dalszym ciągu w użyciu, jak to wskazują chaty germańskie, przedstawione na kolumnie Trajana.

Te urny domowe czworościenne, pochodzące z czasów Hallstattu i La Tène, a więc z VIII do I stulecia przed Chrystusem wskazują swoją budową, że ich pierwowzory, domy, w tym czasie były już budowane trwalej i mocniej. Dachy miały mocne, co znów bezwarunkowo wymaga mocniejszej budowy samej chaty w postaci pleceń i opasek bocznych. Należy przypuścić, że ściany były wykonane z muru pruskiego, który składa się z grubych bierwion, ustawionych prostopadle w pewnej od siebie odległości i połączonych belkami poziomymi i ukośnami, a wolne przestrzenie wypełniane były plecionką i wyprawione gliną. Belki w dachach urn domowych wydatniają się znacznie; skrajne pary tych belek wskazują na zadziwiające ozdoby szczytów w postaci łbów końskich i t. j. jakie spotykamy w dachach naszych włości. Inne znów dachy są pręgowane, jako wskazówka, że są wykonane ze słomy lub trzciny. W urnach domowych nie widzimy okien, nie możemy więc w tym względzie wypowiedzieć swego zdania, czy ich pierwowzory (domy) posiadały one; prawdopodobnie nie miały, jak to wskazują siedziby eskimosów, podobne chaty i istniejący w niedawnych czasach

mały kościółek z kamienia polnego w Lüb-bowie, w hanowerskim kraju Wendów. Wszystkie urny domowe są zaopatrzone we drzwi, zamykane są poprzecznymi drażkami; drzwi siedzib bezwątpienia były podobnie zamykane nie tylko ze-wnątrz, lecz i wewnątrz.

To jest prawie wszystko, co wiemy o domach na stałym lądzie. Daleko więcej mamy wiadomości o budowlach nawodnych, a także o domach pobudowanych na jeziorach i błotach. Zapewne z budowy wierzchniej nie pozostało nic, albo bardzo mało, ponieważ i te siedliska



Urna domowa z Luggendorfu  
w Brandeburgji.

Muzeum etnologiczne w Berlinie.



Chata okrągła z Niemieckiej Afryki wschodniej;  
zamknięcie podobne jak w urnie domowej.  
Model w Muzeum etnograficznem w Berlinie.

i wiele innych, oprócz sprzętów domowych, broni, narzędzi, przyrządów łowieckich i rybackich i t. p. (porównaj tom II, str. 330—333).

Z budowli nawodnych czasu późniejszego doszły do nas także znaczne pozostałości, jakie przy odkopywaniu w 1877 roku w Lübbinchen pod Gaben mogliśmy obserwować, śledząc ich fundamenty, podłoże faszynowe, podłogi a zarazem pomosty, łączące siedziby nawodne z brzegiem łąd lub też z przystanią łódek. Taka wieś na palach była spopielona do szczętu przez pożar, jak w ogóle wszystkie siedziby wybudowane z drzewa.

były przeważnie niszczone przez ogień; to zaś co było pod wodą, jak podpory, pale i belki, dzięki jej wpływowi przetrwały lat tysiące, ażeby dać świadectwo o sposobie życia i rodzaju pracy swych budowniczych. W budowlach szwajcarskich nawodnych znajdujemy zaledwie resztki tych godnych podziwu zabudowań z najnowszego okresu kamiennego i to nie tylko liczne rzędy zaostrzonych i za pomocą kafara wbitych w ziemię pali, na których spoczywała cała siedziba, lecz w niektórych miejscach także i bierwiona poprzeczne, tworzące podstawę całej budowli, jakoteż i oddzielne części składowe, jak łączniki, drzwi



Urny domowe z Wilsleben i Aschersleben w Saksonji.

Muzeum etnologiczne w Berlinie.

Jednakże o ile mieszkania dla żyjących ludzi były budowane lekko i nietrwale, o tyle mocniej były wznoszone dla zmarłych grobowce, ich pomieszkania, w których spoczywają snem długotrwałym po burzach życiowych; o ile tamte były skromne i proste, o tyle grobowce, jakie poznaliśmy od najdawniejszych czasów, musimy przyznać, że są budowlami wspaniałymi, poprostu pomnikowemi. Szkoda, że czasy obecne pozbawione pietyzmu okazują zamało poszanowania dla tych niemych a jednak tak wymownych świadków dawno minionej przeszłości, patrzącej na nas przez 4000 lat z tych omszałych głazów, z tych okolic płaskich, pokrytych zaroślami, z pośród których wznoszą się niby wierzchołki górskie olbrzymie pagórki grobowców. Kamienne te grobowce wzniesione z olbrzymich głazów, ważących do 600 centnarów należy uważać jako najdawniejsze pomniki, wybudowane dla znakomitych mężów, ich rodzin i przyjaciół.

Gdy Niemcy północne podczas okresu lodowego znajdowały się pod skorupą lodową, dochodzącą do tysiąca metrów grubości, wówczas to lodowce, pokrywające w ciągu wieków całą Europę północną, przeniosły odebrane z nadzwyczajną siłą od gór skandynawskich skaliste głazy do tych miejsc, gdzie klimat łagodniejszy wywoływał topnienie lodu. Wtedy to osiadły tam na ziemi tak nazywane głazy eratyczne czyli narzutowe, które w następstwie dostarczały olbrzymom odpowiedniego materiału dla ich znakomitych zmarłych.

Wszędzie też spotykamy te pomniki, gdzie tylko lodowce pozostawiły głazy narzutowe: naokoło morza Bałtyckiego, mianowicie na północnej płaszczyźnie niemieckiej; sięgały tak daleko na południe, o ile mogły być przeniesione, następnie na wschód do Kujaw, na zachód do Holandji, częściowo w Anglii i Francji północnej, gdzie jednakże materiał był przeniesiony przez lodowce z gór francuskich, w Hiszpanji, do której przybył z Pirenejów; w obu tych ostatnich krajach głazy powyższe posłużyły do budowy grobowców megalitycznych. Podobne budowle spotykamy również w Afryce północnej i w Indjach wschodnich (Bonstetten, Essai sur les Dolmens, Genewa 1865).

Olbrzymie głazy przedstawiały za duży ciężar do ich owładnięcia tylko przy pomocy rąk ludzkich, gdyż nie dawały dostatecznego dostępu dla odpowiedniej ilości ludzi; przenoszone były zapewne do miejsc swego przeznaczenia po okrągłych bierwionach, ściętych i obrobionych kamiennymi siekierami. Następnie były ustawiane w czworobok w ten sposób, że połową zagłębiały się w ziemię. W zamkniętej przestrzeni składano zmarłych, gdzie następnie chowano ich krewnych, w końcu dopiero napełniano ją zupełnie ziemią i przykrywano pozostawionemi na ten cel najdłuższymi kamieniami, które także za pomocą okrągłych bierwion były przesuwane po kamieniach bocznych. Często spotyka się, że czworobok wewnętrzny otoczony bywa przez drugi, mający do 50 metrów długości i utworzony z pionowo ustawionych kamieni, w skutek czego powstawał tak nazywany po-

dwórzec albo obejście. Największe głazy, wznoszące się do 3 metrów nad ziemię, stanowiły węgly czyli „stróże“. Z pozostałości grobowca w Stockheim kamień wierzchni miał długości około 5 metrów, jedyny zaś kamień górny pozostały z „siedmiu domów kamiennych“ pod Fallingbostel w Hanowerze zajmował 5 metrów w kwadracie. Grobowce te należą do najnowszego okresu kamiennego; obficie znajdują się nawet dziś jeszcze szczególnie w Pomeranii (Rugja), Meklenburgu, Altmarku i okolicach sąsiednich, następnie w Hanowerze, Szlezwig-Holstein, chociaż w przeszłym stuleciu bardzo wiele było rozgrabionych i użytych jako szaber do budowy szos i dróg żelaznych. Przy oglądaniu tych olbrzymich głazów kamiennych, z których były urządzane grobowce kamienne, przedstawiających nawet przy rozwoju dzisiejszych pojęć technicznych nadzwyczajne ciężary, powstaje w nas uczucie podziwu nie tylko nad tą rzeczywistą siłą mężów z okresu kamiennego, którzy jako największe narzędzie posiadali jedynie siekierę do ścinania drzewa, jak również nad tą wielką miłością i pieczołowitością, jaką otaczali swych zmarłych krewnych i współtowarzyszy.

W miejscowościach, które nie posiadają głazów narzutowych, jako odpowiedniego materiału na tak pomnikowe budowle, chowanie umarłych odbywało się w grobach zwykłych ze szkieletami w tak zwanych mogiłach. Przy końcu okresu kamiennego powstały tak nazywane groby z wejściami, jak również duże komory kamienne z bocznym, przykrytym chodnikiem i zupełnie pokryte mogiły, które w Niemczech północno-wschodnich dochodziły do 10 metrów wysokości. W okresie brązu są także mogiły albo kopce, lecz przeważnie mniejsze, posiadające też i mniejszą wewnętrzną budowlę kamienną, do której wstawiano zwłoki niepalone, albo popioły w urnach. W okresie kamiennym trafiają się już gdziegdzie, jak w Szlezwig-Holstein groby ciałopalne. Mogiły następnie przechodzą w groby płaskie; powłoka ich kamienna staje się coraz mniejsza, urny bowiem stawiają wprost na piasku i pokrywają kamieniem lub glinianą pokrywą. W czasach cesarstwa rzymskiego obok grobów żarowych czyli grobów z urnami, występują znowu mogiły ze szkieletami; plemiona germańskie, które nastąpiły po rzymianach, mianowicie plemiona południowej Germanji grzebały zmarłych bez ich uprzedniego spalania, natomiast germanowie północni podczas wędrówki narodów chowali popioły swych zmarłych, umieszczone w urnach, do bardzo skromnych grobów. Słowianie powierzali umarłych ziemi bez palenia ich; później jednak znajdujemy już ślady mogił ze spalonemi zwłokami. Mogiły dla badań czasów przedhistorycznych mają największe znaczenie, gdyż zawierają w sobie najlepsze okazy broni, przyrządów i przedmiotów, służących do ozdoby, szczególnie to się uwydatnia w mogiłach ze szkieletami, które wskazują, gdzie i w jaki sposób znalezione przedmioty były noszone za życia.

Trzecim rodzajem budowli przedhistorycznych są warownie, często jako olbrzymie wały ziemne lub kamienne, które sięgają aż do okresu kamiennego. W Niemczech południowych i Saksonji dotrwały do naszych czasów

wały żuźlowe (zamki szklane w podaniach i baśniach). Wały zamkowe i pierścieniowe, leżące przeważnie na błotach powstały w epoce wendyjskiej.

\* \* \*

Ogień od czasów niepamiętnych ma w gospodarstwie człowieka bardzo ważne znaczenie. Z pomocą ognia materiały spożywcze zamieniał na potrawy smaczne, strawne i zdatne do jedzenia; przy ogniu grzał się, aby uchronić się podczas chłódów zimy od zmarznięcia, ogień oświeca mu ciemne godziny wieczorne i poranne, szczególnie przez długie miesiące zimowe; w ogniu wypala swe przyrządy i naczynia gliniane, jak obecnie cegły; w ogniu wytapia szkło; z pomocą ognia wykonywa swe narzędzia metalowe i broń, ogniem już to odstrasza nocą dzikie zwierzęta, już to przynęca inne, jak ryby; używa go też przy grzebaniu zmarłych, przy oddawaniu czei bóstwom. Ogień jednak obok tych licznych korzyści, przynosi także i wielkie szkody, które mogą zniszczyć całą działalność człowieka. Oto słońce świeci na niebie swym przepysznym blaskiem, naraz robi się ciemno, jak gdyby noc nadciągnęła; burza wyje i szaleje, zdaleka rozlega się grzmot. Wszystko, co żyje ucieka z pól pod dach ochronny, do zacisznego miejsca. Z trzaskiem pada z nieba drgający płomień, a zarazem z łoskotem rozlega się ponuro grzmot i ryczy złowrogo. Nic już nie ocali dzieła ludzkiego od zagłady, zgotowanej mu przez niebiosa. Kupka popiołu jest wszystkim, co pozostało z tak spokojnego i szczęśliwego dotychczas ludzkiego zakątka i z otaczającego go pięknego i wspaniałego lasu. Z tej samej chmury spadał deszcz ulewny, który gasił pożogę, lecz zatapiał natomiast całe okolice, czyniąc je nieużytecznymi. Wreszcie przedziera się przez chmury zwyciężkie słońce i wpływa swem ciepłem na osuszenie przemokłej ziemi. Człowiek pierwotny pada na kolana przed tą olbrzymią potęgą, kocha ją, gdy mu tyle korzyści przynosi, lecz zarazem lęka się jej, gdy ze zdziwieniem ujrzy jej druzgoczącą siłę. Nic więc dziwnego, że w niej widzi boską potęgę i składa jej swoje ofiary.

Pierwszym ogniem, który człowiek zrobił swoim sługą, był ogień z niebios; zaznaczają to podania i myty prawie wszystkich ludów, poczynając od greckiego Hefestosa, Prometeusza, feniksa starożytnych rzymian, bożka Agni indusów aż do ptaka ognia indjan; wszędzie ogień jest pochodzeniem z niebios. Piorun przeniósł go na ziemię, jakkolwiek w miejscowościach wulkanicznych ogień pochodzący z wnętrza ziemi mógł być najpierw spożytkowany. Powstanie ognia z gnijących części roślin możliwym jest tylko w zupełnie wyjątkowych warunkach i tu nie może być przyjmowane pod uwagę.

To jest pewnem, że pożytek z ognia znany był oddawna. Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że żaden z ludów na ziemi, chociażby prowadził najpierwotniejszy sposób życia, bez ognia obejść się nie może, to musimy się zgodzić, że pierwotni ludzie nawet oddawna umieli spożytkować tę siłę niebios.



Grobowiec kamienny pod Stökheim w Starej Marchji.

Obraz Jana Schulze według szkicu Edwarda Krause.





### Kamienne i stalowe krzesiwa.

1-2. Krzesiwo z Pomeranii. 3. Ze Szlezwig-Holsztynu. 4. Kwarecyt owinięty łykiem z Australji wewnętrznej; (własność prywatna). 5-8. Krzesiwa stalowe z prowincji radreńskiej. 9. Stalowe z Reichersdorf (Brandenburgja). 10-11. Krzesiwa kamienne noszone u pasa ze Szlezwig-Holsztynu.

Oryginały z muzeum etnologicznego w Berlinie.

Ale niebo niezawsze nam ogień zsyłało, dlatego człowiek sam starał się go wytworzyć. Przyroda była tu bezwątpienia nauczycielką ludzi — jakim się to jednak sposobem stało, nie wiemy i prawdopodobnie nigdy tego nie będziemy mogli zgłębić. Dostyć, że człowiek w rozmaity sposób nauczył się władać tym darem niebios.

Spostrzeżenie, że w pewnych warunkach niektóre kamienie przy uderzaniu wydzielają ogień, posłużyło do wynalezienia pierwszego krzesiwa, które w tej formie odnajdujemy u ludów dzikich, żyjących obecnie na najniższym stopniu rozwoju. Mieszkańcy Ziemi Ognistej, Peszerechowie używają w tym celu pirytu to jest siarczku żelaza, z którego przy uderzaniu odbijają

iskry, chwytane na trawę lub próchno. Wywołują więc ogień przez uderzenie, nie za pomocą tarcia (Rud. Virchow). Patagończycy do otrzymania ognia posilkują się tym samym sposobem, który zresztą poznaliśmy u starożytnych Greków i Rzymian; pierwsze bowiem krzesiwa zwane były u nich pyrites, ztąd zaś nazwa pirytów przeszła na siarczek żelaza, używany do ówczesnych krzesiw. Według podań indjan Tlinkiti ogień tkwi w kamieniu, ponieważ kruk, niosąc w dziobie ogień z nieba, gdy go mocno zaczął parzyć, upuścił na skałę. Z podania tego widzimy, że indjanie wykrzesywali ogień przez uderzanie, tak samo jak i niektóre plemiona indyjskie Ameryki północnej. Aleuci i plemiona sąsiednie z Alaszki uderzali o siebie dwa kamienie, natarte siarką i wykrzesywali iskry, które łowili na suchy mech.

Wydobywanie ognia za pomocą wykrzesywania iskier poświadcza nam wiele dowodów z czasów przedhistorycznych, tak, że musimy przyjąć, iż sposób ten w epoce kamiennej był już bardzo rozpowszechniony, ponieważ w siedzibach i mogiłach najnowszego okresu kamiennego znajdujemy odpowiednio przygotowane krzemienie z grubych noży pryzmatycznych a obok bryły zwietrzałe siarczku żelaza, przedstawiające razem stare krzesiwa do wydobywania ognia za pomocą uderzeń.

Musimy nawet przypuścić, że ten sposób wydobywania ognia był znacznie dawniejszy jeszcze, gdyż w różnych jaskiniach ze szczątkami mamuta znaleziono oprócz innych śladów istnienia człowieka także węgle i podobne do opisanych krzesiwa krzemienne. Zupełnie podobne krzesiwa, nawet z przyczepionym pirytem zwietrzałym znajdują się w mogiłach okresu brązowego na wybrzeżach Holsztynu, w Anglii i wielu innych miejscach.

Odbite płyty kamienne do krzesiw są to grube noże pryzmatyczne, których krawędzie pozostawiono umyślnie szorstkimi, bez żadnego obrobienia. Trzymając w jednej ręce piryt, uderza się krzemieniem tak, aby krawędzie jego podłużnie przesuwwały się po pirycie w ten sposób, jak to później wykonywało się ze stalą przy uderzeniu o krzemień. Chropowate krawędzie długiego krzemienia odrywały drobne cząstki pirytu żelaznego, które już przez uderzenie samo nagrzewały się, przez tarcie zaś o powietrze w skutek stosunkowo znacznej szybkości zaczynały się żarzyć, a zawierając w sobie siarkę, rozżarzały się i następnie zapalały.

Na lądzie stałym Australji zamiast krzemienia używają kwarcytu owiniętego paskami z łyka, o który uderza się kawałkiem pręta żelaznego, odłamanego od telegrafu, a więc w taki sam sposób, jak to czynią ludy z okresu brązowego i kamiennego przy użyciu krzemienia i pirytu żelaznego. Telegrafy, pokrywające swą siecią niektóre części wnętrza Australji, były dawniej a zapewne i dzisiaj jeszcze są podarkiem, bardzo dobrze przyjmowanym przez krajowców. Wprawdzie używają ich oni do zupełnie innych celów, aniżeli na przesyłanie po drucie ważnych wydarzeń historycznych, zaczerpniętych z dzienników europejskich, gdyż takie sprawy obchodzą ich rzadko, a właściwie są dla nich zupełnie obojętne; natomiast zrywają oni przewodniki telegraficzne i używają ich na ostrza pojedyncze

lub składane do swych grotów, z żelaznych zaś słupów wyrabiają sobie siekiery lub też inne przyrządy. Berlińskie muzeum etnologiczne posiada dużo przykładów sprawności ich w tym kierunku.

W krzesiwach późniejszych wydzielających ogień przez krzesanie powstają iskry dlatego, iż uderzając stałą o krzemień, odrywają się delikatne jej cząstki; które przebiegając w powietrzu, utleniają się i rozpalają do tego stopnia, że mogą zapalić próchno lub hubkę.

Przy obu powyższych rodzajach krzesiw, krzemień tylko pośrednio służy do wytwarzania ognia, odrywając drobne cząstki albo od piryków, albo też od stali; jego położenie jednak uległo zmianie: w starych krzesiwach uderzano krzemieniem o bryłki pirytu, w nowszych zaś uderza się stałą podłużnie o nieruchomo trzymany krzemień. Za czasów cesarzów rzymskich, szczególnie na północy, krzesiwo przyjmuje nową postać. Składa się ono z kamienia owalnego 10 — 15 centymetrów długości, będącego zwykle piaskowcem kwarcowym, drobnoziarnistym i twardym, mającego z jednej strony wyrobiony otwór do umocowania sznura, za pomocą którego przywiązywano go do pasa. U pasa tego wisi na rzemieniu oprócz noża i ozdób metalowych kawałek stali. Powierzchnia kamienia ma ukośnie wyrobione zagłębienie od częstego użycia. Późniejsze krzesiwa przyjmują postać podobną do dzisiaj używanych. Jako kamień, służą znowu kawałki krzemienia, jakie spotykamy u dzisiejszych myśliwych, rolników i t. p., którzy przy silnym często wietrze w lesie lub polu nie mogą używać zapalek do wzniecania ognia.



**Wydobywanie ognia  
w Brazylii za pomocą  
wiercenia.**

Według Moraes'a.

W dawnych czasach wywoływano ogień także przez tarcie. Wynalazek ten próbowali objaśnić w dość oryginalny sposób. Podczas wiatru suche gałęzie drzew miały skutek długiego wzajemnego tarcia nagrzewać się do tego stopnia, że powstawały z nich iskry. Szczególniej w Australji, której lasy posiadały dużo drzew suchych, miał się tym sposobem ogień wydobywać. Jakkolwiek brzmi to bardzo ładnie, ale jest istną bajką; gdyż im wiatr jest mocniejszy, tem więcej chłodzi a nie rozgrzewa, tem mniej może wydobywać iskry. Wreszcie, gdyby to było możebnem, to skutek fatalnego wpływu wiatru powstałyby pożary, które zniszczyłyby już wszystkie co do jednego drzewa. Za podstawę do objaśnień należało przyjmując inne obserwacje i prawdopodobnie wydostano ogień przy wierceniu drzewa lub przy jego piłowaniu, dosyć, że człowiek już od dawnych lat wywoływał ogień przez tarcie. Ludy, żyjące dziś jeszcze w stanie dzikim, rozniecają ogień również w ten sam sposób i wskazują nam wspólnie z najstarszemi

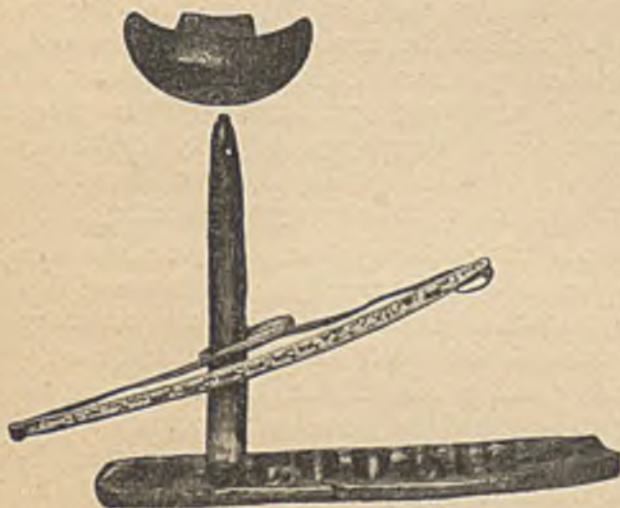
doświadczeniami, że i dawniej postępowano podobnie w tym wypadku; sposób ulegał zmianie, zależnie tylko od rodzaju użytego materiału. Najłatwiej wydobyć ogień wykonywali ludy krajów podzwrotnikowych, mających do rozporządzenia bambus, taki materiał wartościowy, nadający się do różnorodnych celów. Jest to krzesiwo, dające za wyjątkiem naturalnie dzisiaj przyrządzanych chemicznie zapalek, najprędzej za pomocą tarcia piękny, jasny ogień. Na powierzchni rozciętego wzdłuż bambusa wykonywa się szereg karbek, po których drugim kawałkiem posuwa się szybko tam i na powrót. Oddzielony wskutek nieustannego tarcia pyłek drzewny, zwęglą się i zbiera na łatwo zapalnej materji włóknistej bambusa do tej chwili, póki pyłek nie zacznie palić się. Przez dmuchanie nieci się jasny płomień. Ten sposób wywołania ognia jest bardzo łatwy i dziś jeszcze bardzo używany w krajach podzwrotnikowych, mianowicie w Azji południowej. Niektóre zaś ludy, jak w Nowej Kaledonji i innych otrzymują z dosyć znacznym nakładem pracy (6 do 10 minut) ogień za pomocą tarcia twardym kawałkiem drzewa o drugi, lecz z drzewa miękiego.

Ludy afrykańskie, szczególnież zulusowie a także w Ameryce północnej i południowej używają więcej kłopotliwego sposobu. Otrzymują ogień za pomocą tarcia, wywołanego przez ruch obrotowy: w drążku, umocowanym na ziemi, wyrabiają okrągłe zagłębienie, posiadające boczne ścianki pokryte karbami. W powyższe zagłębienie wstawia się okrągły drążek, który przyciskany na dół wprowadza się rękami w szybki obrót. I tu także z początku tworzą się trociny, potem pył węglowy, który w końcu (po 4—6 minutach) wskutek wywołanego przez tarcie gorąca zapala się. Ponieważ przy kręceniu kija ręce człowieka obsuwają się na dół, więc najczęściej przy tej robocie zajętych jest dwóch ludzi, gdy ręce jednego zeslizgują się na dół, drugi zaczyna kręcić u góry, ażeby nie dopuścić przerwy w robocie. Dla wywołania płomienia podkładają pod iskry suchą trawę i silnie dmuchają. Indianie Ameryki północnej używają w tym celu węgla drzewnego.

Sposób ten znacznie udoskonalony spotykamy u ludów syberyjskich i u eskimosów, którzy przed niedawnym jeszcze czasem żyli w epoce kamiennej a częściowo przebywają w niej nawet dzisiaj. Ludy te używają w tym celu deseczki, w której niedaleko od jej brzegu robią zagłębienie z bocznym kanalikiem. Pionowe zaś wrzeciono przyprowadzają w ruch za pomocą łuku z luźną cięciwą, jak to ma miejsce przy tak poruszonym świderku smyczkowym. Koniec górny wrzeciona opiera się w zagłębieniu kamienia umocowanego w kawałku drzewa, który podczas roboty podtrzymują zębami lub też pod kolanem. Łuk takiego świdra bywa zwykle bardzo bogato ozdobiony. Na południe od Yukonu zamiast smyka używają do kręcenia wrzeciona rzemienia skórzanego z dwiema płaskimi rączkami i takiego przyrządu używają wyłącznie na Syberji. Do zupełnego zapalenia płomieniem stosują łatwo zapalne materiały, jak suchą trawę, hubkę, lub tym podobne; najlepiej jednak przez zetknięcie suchych węgli z rozżarzonym pyłem węglowym. Operacja taka trwa  $2\frac{1}{2}$  minuty.

Podobny sposób otrzymywania ognia musiał zapewne istnieć u naszych przodków z ostatniego okresu cesarstwa rzymskiego i wędrowek narodów, gdyż często pomiędzy kośćmi spalonych zwłok znajdowano resztki smyka. Berlińskie muzeum etnologiczne posiada takie smyki z urn, pochodzących z Borstel w Altmarku.

Starzy indowie przez tarcie o siebie dwóch drewniaków wzywają bożka Agni, który ukazuje się na ziemi w postaci ognia świętego i przyjmuje od nich ofiary, mianowicie masło, występuje następnie jako pośrednik pomiędzy ludźmi a bogami, zanosząc jako ich przyjaciel modły pobożnych przed oblicza bóstw. Ta cześć dla ognia przejawia się we wszystkich mytach ludów indogermańskich, a ukazuje się także i w świecie nowym. Wszędzie na



**Świder smykowy u eskimosów  
z Alaski,**  
na łuku znajduje się pismo obrazkowe.

Według oryginałów w muzeum etnologicznem w Berlinie.



**Rzemień do kręcenia drążka  
przy otrzymywaniu ognia  
u eskimosów z Alaski.**

ziemi, zarówno w Indjach jak w Galji i Germanji, w Grecji i Rzymie, w Meksyku i Peru, ogień święty w ołtarzach nie mógł powstać z innego źródła, jak tylko z pierwotnego dziewiczego ognia, otrzymanego przez tarcie suchego drzewa, w Grecji i Rzymie zaś wskutek działania szkieł zapalających; pielęgnować go zaś musiały ręce nieskalane, jak westalek rzymskich, którym oddawano cześć królewską prawie.

Garncarstwo było niezmiernie ważną sprawą dla ludzi z czasów przedhistorycznych; ono i wytworzone przez nie naczynie dają nam najobszerniejsze i najdokładniejsze objaśnienia o historycznych odkryciach. Kształt, masa i ozdabianie wyrobów glinianych w rozmaitych wiekach były zupełnie inne, tak, że można powiedzieć, iż wyroby gliniane są najlepszymi wskazującymi muszlami do określania wieku znalezionych razem z niemi

przedmiotów. Kunszt wyrobu naczyń glinianych i wypalania ich w porównaniu z wiekiem rodu ludzkiego jest stosunkowo nowy, gdyż dzisiaj najwcześniejsze, jakie znamy stare naczynia gliniane, pochodzą z czasu Kjöken-möddinger (śmieci kuchennych w Danji); w najstarszym okresie paleolitycznym lub w neolitycznym nie spotyka się wyrobów glinianych.

Pierwszy garnek był to zapewne kawał ugniecionej gliny, w której zwierzchu wyciśnięto okrągłe zagłębienie. Gdy zauważono, że takie naczynia są doskonałymi zbiornikami dla płynów, zaczęto coraz więcej rozwijać i udoskonalać kunszt garncarski, aż wreszcie doszliśmy do pełnej sztuki terakoty i majoliki i do wspaniałej porcelany czasów nowożytnych.

Początkowo wyrób garnków z gliny odbywał się bardzo prosto. Wykonywano w niej zagłębienie w kształcie misy, następnie wygładzano gliną zewnątrz i wewnątrz i z jednego jej kawałka otrzymywano garnek. Pierwsze garnki były zapewne suszone tylko na powietrzu i niewypalane. Dążąc do tego, ażeby garnki prędzej i lepiej wysychały, przysuwano je prawdopodobnie blisko do ognia gdzie one z jednej strony wypalały się. Nadto zauważono, że naczynia gliniane przez wypalanie stają się mocniejsze i dogodniejsze w użyciu i to było pobudką do wynalazku wypalania gliny.

Bardzo długo w całej północnej i środkowej Europie było stosowane tylko garncarstwo ręczne, dopiero w epoce wtargnięcia rzymian nad Ren (około początku ery naszej) wprowadzone zostały na zachodzie warsztaty czyli tak nazywane koła garncarskie, które w VII lub VIII stuleciu, równocześnie z zakończeniem wędrówki narodów słowiańskich przedostały się na wschód. Pomimo jednak wpływu rzymskiego garncarstwo ręczne trwało dalej, tak, że w przedmiotach znalezionych z owych czasów naczynia gliniane, wyrabiane na warsztacie, uważane były jako sprowadzone z zachodu. Krajowe bowiem garnki były jeszcze wyrabiane ręcznie.

Wyrób przedhistorycznych naczyń glinianych, jak w ogóle każdy pierwszy początek pracy ludzkiej nie może być sądzony z punktu widzenia naszej współczesnej techniki; musimy się zbliżyć do pierwotnych sposobów pracy tak zwanych ludów dzikich, które dotąd jeszcze żyją w podobnych warunkach, jak nasi przodkowie z czasów przedhistorycznych. Tylko od nich możemy się dokładnie dowiedzieć, jak się to odbywało dawniej.

Rozpatrywaliśmy wyżej, że pierwszy garnek był wyrobiony z jednego kawałka gliny urobionej i wygładzonej bez użycia koła garncarskiego. Ten rodzaj wyrobu był najczęściej rozpowszechniony, szczególnie u Japończyków. Przygotowywano tam naczynia do składania ofiar na ołtarzu Szinto w ten sposób: w lewą rękę chwytało bryłę gliny, w którą wsadzano łokieć ręki prawej, a poruszając glinę naokoło w jedną i drugą stronę, opuszczano rękę prawą wyżej lub niżej, zależnie od tego, czy naczynie miało być płytsze lub głębsze; jednocześnie palcami ręki lewej pomagano sobie do nadania naczyniu kształtu zewnętrznego, ostatecznie zaś wykończano przy pomocy obu rąk (według Siebolda).

Podobnie postępowali przy wyrobie garnków mieszkańcy wysp Andamańskich, położonych na oceanie Indyjskim we wschodniej części zatoki Bengalskiej. Miesili i urabiali rękami glinę dokładnie, następnie tworzyli z niej jedną bryłę, w której za pomocą muszli wykonywali zagłębienie i potem wygładzali ją zewnątrz i wewnątrz. Taki garnek suszył się przez trzy dni, czwartego otaczono go drzewem i wypalano. Widocznie taki sposób przygotowania naczyń glinianych był dla nich wygodny, skoro zawsze był używany. Przemawia za tem już sama znajomość wypalania jak również znaczna liczba skorup z potłuczonych garnków w „śmietniskach kuchennych (Kjökkenmöddinger).

Garnki Adamanezów wyrabiane ręcznie ograniczały się do jednego kształtu: głębokiego naczynia w postaci misy; mają one w swym składzie białe drobne ziarenka. Jak zazwyczaj u ludzi, żyjących pod gołym niebem, naczynia te mają dna zaokrąglone, ażeby je łatwiej można było wcisnąć w miękką ziemię, noszone zaś były w odpowiednio uplecionym koszyku. Jakkolwiek kunszt garncarski zupełnie prawie podupadł u Adamanezów i uprawiany jest tylko w jednym lub dwu miejscach i to wyłącznie przez kobiety jako umiejętność tajemnicza, to jednakże posiadają oni jeszcze inny sposób wyrobu naczyń glinianych. Po dokładnem urobieniu gliny wykonywają w ziemi zagłębienie, odpowiadające postaci przyszłego naczynia i pokrywają je dokładnie gliną. Gdy już glina wyschła, wydobywają naczynie z ziemi, wygładzają je wewnątrz i zewnątrz odłamkiem muszli lub nożem, wykonywają różne ozdoby i lekko wypalają. Jest to jedyny wypadek użycia pewnego rodzaju formy przy wyrobie naczyń glinianych; u żadnego z ludów dzikich nie znaleziono coś podobnego i na tej zasadzie można przypuścić, że i w czasach przedhistorycznych nie używano żadnej formy do wyrobu naczyń glinianych.

W Nubji, we wsiach poniżej Kalabszy wyrobem garnków (według Schliemanna) zajmują się wyłącznie kobiety. Jako materiał używa się pokład dyluwjalny Nilowego szlamu, zalegającego więcej niż 3000 lat, ponieważ po przerwaniu wodospadów w dawnych czasach, najwyższy stan wody podczas perjodycznych zalewów, leży dzisiaj na 8—9 metrów niżej. Gdy ziemia jest dostatecznie wilgotna, kobieta nubijska wykonywa rękoma naczynia równie szybko, jak na warsztacie; być może, iż ścianki są nieco za grube, ale mimo to naczynia posiadają dużo wdzięku.

Zupełnie odmienny sposób wyrobu garnków zasadza się na wyciskaniu lub też wykuwaniu ich z jednej bryły gliny za pomocą pałki i pewnego rodzaju kowadła. Dr. Jagor w obszernej swej pracy o garncarstwie, wspominając o wypalaniu tych naczyń w Ordisanie (Pyreneje), Jutlandji, Indjach i wielu innych krajach, dodaje, że w całych Indjach wyrób garnków wykonywa się za pomocą wykuwania. Brogniart podaje nawet w swej pracy rysunki pałek i kowadeł. W Chinach, jak wskazują rysunki, zaczerpnięte z książki chińskiej, naczynia porcelanowe także wyrabiają przez odpowiednie wykuwanie. W Jutlandji również tak nazywane czarne garnki (według

J. Mestorfa) wyrabiają tak samo, rękami zaś wykończają tylko górne obrzeże i górną część naczynia.

Czarne garnki wyrabia tam każda wieśniaczka. Robotnica przy wyrobie oprócz rąk posługuje się tylko kamieniem gładkim i płaskim, na którym obraca wyrabiany garnek i małym kamykiem owalnym, za pomocą którego wygładza garnek już wysuszony na powietrzu. Wypalanie tych naczyń odbywa się nie w piecu, lecz na ziemi pomiędzy torfem. Niebieskawo czarny kolor tych garnków pochodzi od materiału opałowego, który żelaznym cząstkom gliny nadaje tę barwę.

Z podkładanego przy wyrobie naczyń płaskiego kamienia, albo też kawałka deski powstał opisywany przez dr. Jagora warsztat garncarski z Ordisanu, jakkolwiek znów inni badacze z naciskiem zaznaczają iż pomimo nieużywania wcale żadnego przyrządu obrotowego, otrzymują się naczynia z zadziwiająco dokładnością zupełnie okrągłe.

Dr. O. Finsch, badacz bardzo dokładny, staranny i pełen zasług, pisze: kunszt garncarski na całym oceanie południowym rozmieszczony jest dosyć sporadycznie. Główną przyczyną tego jest brak gliny na koralowych atollach. Czarna rasa przeważnie, a może nawet wyłącznie zajmuje się wyrobem glinianych garnków, szczególnie mieszkańcy Nowej Gwinei, wysp Admiralskich, Trobriandu, niektórych z Nowych Hebrydów i wysp Fidzi. W Nowej-Gwinei garncarstwo rozpowszechnione w niektórych tylko miejscach a czasem ogranicza się na pojedynczych wioskach.

Narzędzia używane tam przy wyrobie garnków są nadzwyczaj proste i składają się z płaskiego, przeważnie w wodzie wygładzonego kamienia „Nadi“ i płaskiej pałki albo bijaka „Japatu“. Oddzielona wierzchnia połowa dużego garnka, mająca kształt półkulisty, służy jako podstawa, w którą podczas roboty wstawiają się większe garnki. Robotnica ma przy sobie misę z wodą, kupkę piasku a przed sobą bryłę wilgotnej gliny. Po zmieszaniu i przerobieniu gliny z piaskiem, wyrabia z niej dużą kulę, w której palcami wytwarza zagłębienie, tak, że z początku powstaje naczynie w postaci doniczki kwiatowej. Następnie robotnica, podkładając lewą rękę pod kamień, prawą zaś prowadząc odpowiednio klepaczkę, zaczyna nadawać kształt naczyniu z gruba uformowanemu, ponieważ wyrób garnków polega jedynie na rozprowadzeniu czyli wyrównaniu gliny, gdyż materiału samego nie dodaje się więcej, ani też ujmuje.

Ten sam badacz w doskonałej swej pracy „Podróż po Samoa“ wspomina dalej o robotnicach garnków w Bilibili, Nowej Gwinei: garnki wyrabiają tam przy pomocy kamienia płaskiego i małej klepaczki drewnianej z jednej bryły gliny równomiernie rozprowadzonej, co znów wymaga doskonałej miary w oku.

Nie przypuszczano nawet, ażeby możliwem było wykonanie dokładnie okrągłych garnków bez koła garncarskiego a jednak dr. Wetzstein, konsul pisze o ręcznie wykonywanych garnkach syryjskich, że zasługuje na ogólną uwagę i najwyższe pochwały tak dokładnie kolisty kształt naczyń tamtejszych,



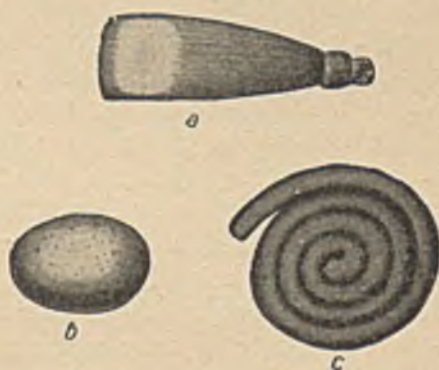
jak gdyby były zrobione na kole garncarskiem; objaśnia się to wielką wprawą, jaką gospodynie syryjskie posiadają przy różnorodnych robotach z gliny.

Dr. O. Finsch, który już podnosił zadziwiającą trafność oka u robotnic wyrobów garncarskich w Bilibili, powtarza znów w innem miejscu, że miara w oku u tych kobiet jest wprost godną podziwu, wykonywają one przy pomocą rąk, a właściwie tylko przy pomocy dużego i wskazującego palca, nie kręcąc garnkiem w żadną stronę, doskonale okrągłe otwory w garnkach. Mierzyłem je i znalazłem, że mają dokładnie 18 centymetrów średnicy a obrzeże równo 10 milimetrów grubości. Mierzyłem jeszcze bardzo wiele garnków, wszystkie posiadały dokładnie kształt kolisty. Tu należy zauważyć, że garnki, przywiezione przez dr. Finscha nie są naczyniami niezgrabnymi o grubych ściankach, lecz przeciwnie są to przedmioty przeważnie do pewnego stopnia bardzo wytworne, mające cienkie ścianki i kształtem zbliżające się do kuli, z takim otworem, że często europejczyk nie może przezeń przesunąć ręki, co znów kobiety z Nowej Gwinei, wyrabiające garnki, wykonywają bardzo łatwo, gdyż, jak wiadomo, wszystkie ludy dzikie mają ręce bardzo wązkie. Zwracamy na kształt kulisty tych garnków szczególną uwagę, ponieważ wykonanie z gliny tej formy naczynia jest daleko trudniejsze od zrobienia misy półkulistej lub czegoś podobnego.

O wyrobie garnków z zastosowaniem koła garncarskiego i polewy wspomina kilkakrotnie stary testament, czyli że ten kunszt był uprawiany w Syrii od niepamiętnych czasów aż do dnia dzisiejszego.

Widzimy więc, że obok wyrobów z gliny, wykonywanych na kole garncarskiem, a także pokrytych polewą, będących od wieków w użyciu, istnieje po dziś dzień garncarstwo ręczne a nawet znajduje się w pełnym rozwoju, gdyż dla kobiet tamtejszych praca ręczna daleko jest dogodniejsza aniżeli na przyrządzie.

Z wszelką pewnością technika wyklepywania garnków była znaną nawet w czasach przedhistorycznych i bardzo gorliwie uprawiana. Jednakże przeglądając i badając tysiące naczyń glinianych z czasów przedhistorycznych przychodzi się do przekonania, że większość ich jest inaczej wykonana. Niestety, przy badaniu znalezionych skorup tych garnków nie wpływają tak jasne wnioski, jakie nam daje badanie naczyń glinianych, wykonanych z glinianych płat i obrączek. Wiele jednak naczyń przy dokładnem badaniu wywołują wrażenie, jakby były pędzone na przyrządzie. Mianowicie wiele z nich posiada tu i owdzie na powierzchni zewnętrznej



Narzędzia garncarskie (a i b) i zaczęty garnek ze zwojów gliny (c) z Nowej Gwinei.

Według O. Finscha.

małe wzniesienia płaskie, jak w naczyniach oceanu Południowego, które mogły powstać wskutek silniejszego nacisku kamienia, służącego jako ręczne kowadełko. Prócz tego znajdujemy na nich, jako też i innych naczyniach płaskie zagłębienia na powierzchni zewnętrznej równomiernie sklepionej, które są śladami zbyt mocnych uderzeń klepadła drewnianego, używanego przy wyrobie. Takie same zagłębienia albo raczej spłaszczenia, znajdujemy także w naczyniach okolic oceanu Południowego.

Podobnie prosty sposób używany jest także w Syrii. Tam (według Wetzsteina) formują naczynia bardzo prosto ale nadzwyczaj powolnie. Z początku robotnica rękami wyrabia dno, nadając mu przy pomocy kamienia odpowiednią postać okrągłą. Następnie tworzy ściankę boczną, co wykonywa częściowo. Kawałki gliny, mniejsze niż dłoń ludzka, nakładają się naokoło dna i doskonale się łączą tak z niem, jak również i pomiędzy sobą. Do szeregu pierwszego dodaje się drugi i t. d. aż do utworzenia całego naczynia; w końcu zaś dorabiają się oba ucha. Taki sposób wyrobu naczyń z „płatów glinianych“ używany był bardzo w czasach przedhistorycznych, jak to nam wskazuje misa gliniana z Trebus, okręgu Luckan. Na tej misie dostrzegamy dwojakiemu rodzaju pęknięcia spojeń: pierwsze, nieprawidłowo biegnące i wązkie, przypadkowe pęknięcia samej skorupy, następnie drugie pęknięcie ponad dnem w odległości około 10 mm. biegnące naokoło naczynia, od którego w równych odstępach rozchodzi się ośm pęknięć promienisto idących i zamkniętych jednym spojeniem poziomem. Dokładne zbadanie wszystkich powierzchni pękniętych pozwala nam podzielić je na dwa rodzaje. Pierwszy rodzaj, do którego należą nieprawidłowo biegnące pęknięcia, ma powierzchnię złomu nierówną, ząbkowaną, wskazującą dokładnie, że to pęknięcie było przypadkowe, które mogło powstać przez nacisk kamienia i ziemi, pokrywających naczynia, lub też pod-



Misa z Trebus, przygotowana z płat glinianych.

Z oryginału, znajdującego się w Berlińskim muzeum etnologicznem.

czas nieostrożnego rozkopywania albo transportu. Zupełnie odmiennie wyglądają pęknięcia spojeń biegnących poziomo i rozchodzących się od nich promienisto. Tu powierzchnia złomu nie jest ząbkowana, lecz daleko równiejsza. Pęknięcia wyglądają, jak gdyby były przemyte, nieco wyrównane i pokryte cienką warstwą gliny. Dają one przytem dokładny obraz pęknięć poziomych, jakie powstają w naczyniach, wykonanych ze zwojów glinianych: dolna powierzchnia pęknięcia poziomego, t. j. część naczynia bezpośrednio nad dnem utworzona z jednego

kawałka, jest nieco grubsza; dotykająca się zaś dolna krawędź ścianki naczynia ma zagłębiony rowek. To samo spotykamy przy spojeniach, idących promienisto i wyższych poziomych: zgrubienie wchodzi w zagłębienie lub rowek. To nam właśnie wskazuje, że najpierw z jednego kawałka gliny wyrabiano dno i dolną część ścianki naczynia mającej szerokość palca ludzkiego i dopiero do jej krawędzi przyczepiano ośm płat glinianych, zakończonych wspólną krawędzią poziomą, mającą pewne zgrubienie.



Wyrób garnków w Nowej Gwincei.

Według O. Finscha.

Kolor spojeń poziomych i biegnących promienisto a także powierzchni zewnętrznej naczynia jest mocno żółty; pęknięcia zaś nieprawidłowe mają barwę więcej przydymioną (stare pęknięcia), nowsze zaś, powstałe podczas wykopywania lub przewozu wykazują jakby trzy warstwy, zewnętrzna i wewnętrzna — żółte, środkowa zaś — ciemnoszara. Mamy więc tutaj wyraźny przykład przygotowania naczynia z czasów przedhistorycznych, wykonanego z płat glinianych zupełnie w ten sam sposób, jak to widział u kobiet syryjskich Dr. Wetzstein.

Znaczny postęp w technice garncarskiej oznacza sposób przygotowania garnków z nakładanych jeden nad drugim zwojów glinianych, który bez żadnej zmiany jak w czasach dawnych, znajdujemy obecnie najbardziej rozpowszechniony w Europie. Dr. Jagor zgodnie z Brogniartem powiada: „większość naczyń etruskich, bardzo wiele starogermańskich i wszystkie skandynawskie a także północno i południowo amerykańskie, pomimo swych artystycznie wykończonych kształtów, wyrobione są bez użycia koła garncarskiego. Naczynia z Ordisanu w Pireneach są wykonane z glinianych zwojów, spiralnie na siebie nakładanych“. Naczynia te były dawniej przygotowywane bez pomocy mechanizmu. Jagor jakkolwiek nie znalazł tam koła garncarskiego obecnie używanego, to jednakże widział pewne urządzenie, obracające się około osi pionowej, które siedzącej przy niem robotnicy pozwalała bez poruszania się z miejsca obrabiać dokładnie przeznaczoną na wyroby glinę.

Indjanie Chilijscy w ten sam sposób obrabiają glinę do naczyń: przygotowują wałeczki gliniane grubości palca i tworzą zwoje spiralne, układane kolisto. Po ułożeniu dwu lub trzech takich zwojów, naciskają je, a potem nieco podnoszą; poczem robota idzie w tym samym porządku, dopóki nie utworzy się naczynie pożądanego kształtu. Następnie wygładzają je z pomocą muszli, nacierają farbą czerwoną i słabo wypalają (Philippi).

W Afryce spotykamy taki sam sposób roboty. R. Virchow tak powiada o starem naczyniu, przywiezionem przez Gerharda Rohlfsa, które znalazł w grobowcu skalistym w oazie Dachel: „naczynie to ma taki wygląd, jaki posiadają, według objaśnienia Philippiego, garnki, przygotowywane przez indjan chilijskich z glinianych sznurków spiralnie nakładanych stopniowo na siebie. Ten sam sposób stosują robotnice garnków. Na wyspach Teste, jak mówi Finsch, garncarstwo jest bardzo rozwinięte i spoczywa w rękach kobiet. Garnki wyrabiają tylko ręcznie. Robotnica przygotowuje długi wałek gliniany na grubość palca i układając go spiralnie tworzy naczynie, które palcami i małą skorupką muszlową wygładza na płasko“.

Różnej wielkości skorupy naczyń z najmłodszego okresu kamiennego znaleziono w Tangermünde. Po złożeniu ich pokazało się, że pęknięcia spójień, szczególnie w dolnej części naczynia, biegiły prawie w równych odstępach poziomo i równolegle. Takie jednak pęknięcia mogą powstać jedynie wtedy, jeżeli naczynie wykonane będzie ze zwojów w sposób wyżej opisany. Za tem przemawia także ten fakt, że brzeg wierzchni pęknięcia posiada zgrubienie, dolny zaś zagłębienie, które zupełnie przypada do następnego zgrubienia. To może być tylko tem objaśnione, że garncarz (albo lepiej garncarka, gdyż mamy pewne oznaki że i u nas w dawnych czasach kobiety zajmowały się wyrobem garnków, jak świadczą o tem np. małe wymiary zagłębień, wykonanych palcami na wielu naczyniach) najpierw wyrabiał dno naczynia, pozwalał mu nieco stwardnieć, następnie nakładał jeden zwój gliniany, przyciskał go i nadawał palcami odpowiednią

grubość. Tym sposobem powstawał szereg pierwszy ścianki naczynia z pierścienia cylindrycznego, wznoszącej się do góry. Garncarz pozostawiał ten pierścień na pewien czas potrzebny do wyschnięcia, czyli jak mówią garnarze do „nabrania twardości skóry“, ażeby uczynić go trwalszym. Nakładał następnie drugi zwój, który również naciskał i nadawał mu odpowiednią grubość. Ponieważ ten pierścień był podczas roboty miękniejszy od pierwszego, przeto dolny brzeg jego rozpląszczał się i obejmował nieco górny brzeg pierwszego pierścienia, wytwarzając na całej swej długości zagłębienie czyli rowek. Wyrabianie ścianek naczynia postępuje dalej w ten sam sposób przez nakładanie na siebie coraz nowych pierścieni aż do zupełnego wykończenia.

Drugi okaz, potwierdzający podobny sposób wykonania jest garnek z Trebbus w okręgu Luckau, pochodzący z okresu spiżowego. I tutaj znajdujemy pęknięcia spojeń, biegnące równolegle jedno nad drugimi; tutaj także brzeg górny skorupy jest zgrubiały.

W naczyniu z Eichow w Spreewalde, Wyrób garnków ze zwojów glinianych w Nowej Gwinei. należącym do zbioru

zmarłego Rudolfa Virchowa, nadzwyczaj ciekawe zjawisko przedstawia strona wewnętrzna górnej jego części, ponieważ spotykają się tam nie tylko przypadkowe spojenia pojedynczych zwojów, z których się tworzy naczynie, lecz także i ślady końców palców, powstałe podczas układania i przyciskania oddzielnych pierścieni glinianych. Strona zewnętrzna tego naczynia ma bardzo ważne znaczenie, jako okaz otrzymanej gładkości, o czym zresztą niżej będziemy mówić.

Dno naczynia z Trebbus oddzieliło się dosyć równo od głównej jego części, pozostał jednak kawałek ścianki, który wskazuje wyraźnie, że odłamane



Według O. Finscha.

ścianki naczynia były z dnem złączone za pomocą przygniatań palcami. Górna strona dna innego naczynia z Trebbus wskazuje również, że wilgotny jeszcze brzeg denka po nałożeniu dolnej ścianki naczynia był do niej dla lepszego połączenia przyciśnięty z zewnątrz i następnie pomalowany. Oba więc denka były albo z płat glinianych, albo też z nakładanych jeden nad drugim pierścieni glinianych. Kształt skorup tych naczyń przemawia jednakże za pierwszym rodzajem ich wyrobu.

Połączenie do pewnego stopnia obu powyższych metod daje nowy sposób wyrobu naczyń z szerokich pierścieni glinianych. Zastosowanie tego sposobu spotykamy przeważnie w naczyniach bardzo puklastych i mających linje profilu silnie i raptownie załamane, jak np. u wielu naczyń typu łużyckiego, u pięknych urn puklastych, jak również u wielkich i pięknych naczyń, malowanych trójkolorowo z czasów Hallstatu w Niemczech południowych i Austrii a także u wielkich pithosów, które Schliemann wykopał w Troi. Budowa jednego z pithosów, mającego 2 metry wysokości, ze zbioru Schliemanna, będącego w Berlińskim muzeum etnologicznym, wykonana z sześciu szerokich pierścieni, zasługuje na uwagę pod tym względem, że w miejscach spojeń pierścieni dla ich wzmocnienia nałożono obrączki gliniane, które nie były zagładzone, lecz pozostawiono je w postaci szerokich widocznych pasów. Należy tu wspomnieć jeszcze, że (według Schliemanna) wazy, butle i przedmioty trudniejsze w wykonaniu z Sint były wyrabiane z kilku części, które następnie były z sobą spojone. Wszystkie te naczynia gliniane wykonane były ręcznie bez użycia przyrządu garncarskiego i niema także dla naczyń żadnych form przedhistorycznych, tem więcej jak niema ich również u dzisiejszych ludów dziko żyjących. Formy takie są tylko tam w użyciu, gdzie zależy, ażeby na naczyniach były umieszczone lub nałożone różne ozdoby. Znane są więc formy z gliny wypalanej, pochodzące z Meksyku i Peru, służące do wykonania główek zwierzęcych na ozdoby do naczyń glinianych; także formy do małych figurek, a również stemple z gliny wypalanej z pomocą których wyrabiano fryzy ozdobne na naczyniach amerykańskich, jak również i europejskich, wykonanych z Terra sigillata. Form dla samych naczyń nie spotykamy nigdzie. Kosze były prawdopodobnie używane do formowania garnków przedhistorycznych, w koszach była glina odpowiednio ugniatana i układana a następnie wypalana. Dowodów jednak na to posiadamy niewiele. W czasach najnowszych znaleziony był jedyny wypadek, w którym mata była zastosowana jako podkład, nadający mięki ton wyrabianemu naczyniu. Na ułamku płyty glinianej, używanej prawdopodobnie do wypieku chleba, widać wyraźnie z jednej strony odcisk takiej maty, a prócz tego na jej brzegach wyraźne zagłębienia, pochodzące od brzuśców palców i paznogi.

Gdy ukształtowanie garnków było już ukończone, podsuszano je nieco i wygładzano ich powierzchnię kamieniem lub kością. Misy i podobne naczynia gładzono z obu stron, mające zaś wazki szyje tylko zewnątrz.

Garnki trojańskie były także wygładzane za pomocą kamieni; w zbiorach Schliemanna znajduje się ich bardzo wiele z wyraźnymi śladami zużycia, obok zaś leży przyrząd gliniany do gładzenia, który dziwnym sposobem przystosowany jest do lewej ręki.

U wielu dzikich ludów naczynia przygotowane ręcznie gładzą się kamieniami. Przed kilku laty kupione było w Białymstoku zupełnie nowe pocernione naczynie bez polewy, wyrobione na kole garncarskim; miało ono tak nazywaną przez R. Virchowa przerywaną gładkość, podobną do spotykanej często na naczyniach z Latène, którą według zdania garncarzy otrzymuje się przy pomocy kamienia.



2

1

### Garnki z pęknięciami poziomymi i równoległymi

wskazują, że były one wykonane stopniowo ze zwojów glinianych bez pomocy warsztatu garncarskiego. 1) z Tangermünde, 2) z Trebbus.

Według oryginałów z Muzeum etnologicznego w Berlinie.

Jeżeli glina, z której zrobiono naczynie, jest zbyt gruboziarnista i nie daje się wygładzić, wtedy ją pokrywają gliną delikatniejszą. Opisana już przedtem szyjka naczynia z Eichow potwierdza to dokładnie, w kilku bowiem miejscach odskoczyła warstewka zewnętrzna delikatniejszej gliny. Obecnie także dosyć często stosuje się pokrywanie naczyń gliną delikatniejszą. Garnki mieszkanki Nubji (według Schliemanna) zwilżone za pomocą gałganka, napojonego olejem Sezamowym, polerują się kamieniami, pokryte zaś ziemią czerwoną, wypalają się w nawozie wielbłądzim lub bawolim. W Siut i Kairze w Egipcie błyszczące, czerwone główki fajek, gdy już przeschną dostatecznie, powlekane bywają z pomocą palca wskazującego cienką warstwą rzadko rozprowadzonej tłustej gliny czerwonej, zawierającej duży procent tlenku żelaza a następnie polerują się gładkiem żelazem. Fajki te po wypaleniu nabierają połysku i barwy czerwonej. Jako poparcie tych spostrzeżeń

wspomnieć jeszcze można o naczyniach czerwonych z terra-sigillata, powierzchnia których pokryta jest warstwą gliny koloru jaskrawo czerwonego. Także można tu przytoczyć jako przykład dzisiejsze czerwone cegły licowe a także posadzkę z wypalanej cegły.

Wyrobionych na warsztatach naczyń słowiańskich i rzymskich nie gładzono, lecz wypalano je w takim stanie, w jakim zeszyły z koła garncarskiego.

Nawiasem wspomnimy tu jeszcze o malowaniu naczyń farbami roślinnymi. Finsch o wypalaniu garnków tak pisze: ustawia się blisko obok siebie cztery do sześciu garnków a potem kładą na nie drzewo spróchniałe, liście palmowe, korę drzew, liście suche i zielone w takiej ilości, ażeby one pokryły garnki. Materiały te spalają się w przeciągu kwadransa, w tym czasie garnki są obracane z pomocą długiego pręta, ażeby równomiernie były wystawione na działanie ognia, potem zaś dobywają je z pomocą długiej pałki i smarują a zarazem skrapiają pęczkiem włókiem kokosowych, umaczanych w avarze, t. j. w wyciągu z kory drzewa mangrowego, nadającego garnkom kolor płomienisto-czerwony. W końcu garnki wystawiają się jeszcze przez 10 minut na działanie jasnego płomienia z suchych liści palmowych.

Wspomnieć tu należy także o nadawaniu barwy czarnej naczyniom glinianym, które wykonywa się albo przez gęsty dym, otrzymywany przy paleniu z małym dopływem powietrza, albo też przez pokrycie proszkiem grafitowym, często zaś barwa ta powstaje podczas wypalania niektórych gatunków gliny. Garncarz z Moszyny pod Poznaniem, wyrabiający takie naczynia powiada: „niektóre naczynia, wyrobione szczególnie z gliny z Grätzu (Poznań) czernieją przy wypalaniu; inne przybierają czarną barwę w piecach od dymu; inne zaś znów są stanowczo na czarno pomalowane“.

Naczynia przedhistoryczne zawierają w swej masie przymieszkę grubo sproszkowanego granitu, który zabezpiecza naczynia od pęknięcia podczas suszenia i wypalania a samą glinę czyni dogodniejszą do wyrobienia.

Należy jednak wyjaśnić, co rozumiemy pod nazwą gliny? Glina jest produktem, powstałym w skutek zwiertzenia skał, zawierających związki glinki i krzemionki t. j. granitów, gneisów i porfirów. Według H. Segera glinę pierwotną można rozpatrywać jako mieszaninę trzech rozmaitych materiałów: proszku kwarcowego, resztek niezwiertzonego spatu polnego i właściwej glinki. Zależnie od gatunku i ilości tej masy a także od stosunku głównych części składowych gliny — glinki i krzemionki — pochodzą znaczne różnice własności gliny. Zanieczyszczenia znajdujące się w niektórych gatunkach gliny są: piasek (częścią w postaci kwarcu, powstałego z rozpuszczalnej na zimno krzemionki, częścią zaś jako resztki nierozłożonych minerałów), węglan magnezji i wapna, związki baryty, tlenek żelaza, siarek żelaza i części organiczne.

Rozpatrzmy się w garncarstwie dzisiejszem, ażeby się przekonać, jaką rolę mają umyślne domieszki ciał stałych w postaci miękkiego lub grubszego



proszku. O tem udzieli nam objaśnień pouczających książeczka Ch. Fred Hartta „Note on the manufacture of pottery among savage races“. Rio de Janeiro, 1875. W niej autor powiada: „garncarstwo nie jest znane u wielu dzikich ludów, jak u eskimosów, indjan Ameryki północnej, botokudów i cayaposów w Brazylii, plemion koczowniczych w pampasach, mieszkańców Ziemi Ognistej, Beddhasów na Cejlonie, australczyków, maorisów i polinezyjczyków. Główną przyczyną nieznanomości tego przemysłu u wymienionych plemion stanowi brak na powierzchni ziemi odpowiednich gatunków gliny w okolicach przez nich zamieszkanych.

Hartt powiada: „głina jest materiałem, z którego wykonywają się wyroby garncarskie“. To nie jest ciało stale określonego składu chemicznego, lecz jest materiałem pod tym względem bardzo różnorodnym. Zwykle glina składa się z drobnych cząstek mniej lub więcej rozłożonego spatu polnego z domieszką większego lub mniejszego procentu wolnej krzemionki w postaci nadzwyczaj miąkiego proszku, lub też piasku drobno albo gruboziarnistego. Głina czysta nie jest przydatną do wyrobów garncarskich, gdyż zmienia nadaną jej formę i pęka przy suszeniu i wypalaniu. Musi więc być zmieszana z takimi ciałami, które usuwają te braki. Egipcjanie przy wyrobie cegieł, suszonych tylko na słońcu i powietrzu, zmuszeni byli mieszać giinę ze słomą“. Jedną z najlepszych domieszek jest piasek t. j. krzemionka w postaci proszku, szczególnie jeżeli wyroby mają być wypalone przy wysokiej temperaturze. Archeologja duńska wykazała, że do gliny, z której były wyrabiane naczynia garncarskie z Kjökken möddingów (śmietnisk kuchennych) bywał dodawany granit sproszkowany, otrzymany zapewne tym sposobem, że rozpalone duże kamienie wrzucano do wody. Profesor, panna Mestorf pisze w tym przedmiocie tak: „nie ulega żadnej wątpliwości, że sproszkowany granit, kwarc lub gruby piasek był mieszany z gliną. Mało praktycznem okazało się dodawanie sproszkowanych muszli. Sama jednak znalazłam w masie glinianej sieczkę słomianą“. W Chiloe na wybrzeżu chilijskiem tuziemcy w obecnych nawet czasach wykonywają swe wyroby gliniane z domieszką granitu, sproszkowanego przez wysokie rozgrzanie (Hartt). Do kilku gatunków wyrobów glinianych, przygotowywanych w Anglii i na lądzie stałym, używają jako domieszki sproszkowanego krzemienia. Krzemienie rozgrzane do czerwoności wrzucają do wody, gdzie one pękają na kawałeczki a potem tłuką je na proszek. Częściej jednak przy wyrobie dzisiejszych naczyń glinianych, zarówno u narodów cywilizowanych jakoteż i dzikich dodawane bywają, jako spoiwo, skorupy sproszkowane naczyń glinianych lub wyrobów terakotowych. Przy wyrobie tygli, przeznaczonych do celów metalurgicznych, które powinny być wytrzymałe na wielkie gorąco i raptowne zmiany temperatury, dla usunięcia możliwości pęknięcia do gliny surowej dodaje się wypalona glina sproszkowana lub też resztki starych tygli (Fonck). Tak samo postępuje się z cegłą ogniotrwałą, do wyrobu której używa się jako domieszki grubych ziarn starej cegły ogniotrwałej, a szczególnie pochodzącej z kapsli od wypalania porcelany.

Fabryki cegły ogniotrwałej nie wyrzucają nigdy powstających przy wyrobie kawałków lub zepsutych przedmiotów; zachowują je starannie jako dodatki do przyszłych wyrobów. Na wyspach Andamańskich i w ogóle w tych miejscach, gdzie garncarstwo nie było prowadzone, znajdowano w starych kjökkenmøddingach skorupy podobne do tych, jakie bywają w mieszkaniach nawodnych i wałach miejskich. Masa ich składa się z gliny i kawałków kwarcu; są surowe, mało wypalone, koloru ciemnoszarego, w odłamie zaś barwy czarnej. Powierzchnia ich zewnętrzna, szorstka, matowa, lecz zdobiona. Ozdoby podobne do tych jakie spotykamy na skorupach z wałów miejskich. Wyżej powiedziano wyraźnie: kawałki kwarcu. To jednak nie jest piasek, lecz zapewne granit lub podobny do niego materiał otrzymany w kawałeczkach przez rozgrzanie i ostudzenie. Dawni indjanie z Capovala na wyspie Marajo sproszkowane wyroby gliniane starali się dodawać do gliny garncarskiej, a w masie, którą Hartt otrzymał z St. Fereira, gdzie znajdują się całe wały ze skorup, dostrzegł dosyć duże kawałki potłuczone, posiadające jeszcze na swej powierzchni namalowane ozdoby. W Ameryce północnej a także i w południowej, gdzie wyroby garncarskie indjan rzadko są zupełnie wypalone, często dodawane są do gliny kawałki muszel; w Yukatanie była dodawana nawet ziemia, pozostała od płókania piasku żłotońskiego; a w materiale garncarskim z Palembangu (Indje wschodnie) znaleziono złoto (Hartt). W Syrii do gliny garncarskiej dodają lawę mieloną (hész). Domieszka drobnego piasku lub skorup z wypalonych naczyń używana jest przy wyrobie zwykłych naczyń kamiennych polerowanych (R. v. Wagner). Koks sproszkowany, albo węgle z pieców, grafit, azbest a nawet opiłki drewniane stosowane są jako dodatki do materiału przy wyrobie pewnych gatunków garnków europejskich, a w tych przypadkach, w których wypalanie odbywa się przy niskiej temperaturze, część gliny zastępują wapniakami. Przy wyższem gorącu bowiem zwiększają one topliwość materiału, wskutek czego powstaje wydymanie ścianek i wykrzywianie kształtu naczyń, jak to zauważyliśmy w wyrobach z wieków przedhistorycznych. W Ameryce południowej powszechnym jest zwyczajem dodawanie popiołu, szczególnie popiołu z kory pewnych gatunków drzew, zawierającej dużo krzemionki; popiół bowiem zwiększa odporność garnków na wielkie gorąco. Nad Amazonką wypalają na popiół pewien rodzaj gąbki wody słodkiej, nazywany „Caux“, zawierający znaczną ilość krzemionki i ten dodają do gliny (Hartt).

Bardzo ulubionym dodatkiem do materiału garncarskiego jest krzemień, stosowany w postaci grubszego lub drobniejszego proszku, który otrzymuje się zwykle przez silne rozgrzanie krzemienia i oblanie wodą; proszek taki podaje się często jeszcze mieleniu. Garncarstwo w Anglii rozwinęło się dopiero wtedy, gdy Astburg w 1725 wprowadził domieszki krzemienia sproszkowanego do gliny garncarskiej, która przedtem składała się tylko z gliny plastycznej; w kilka lat później J. Wedgwood (1730—1795) jeszcze więcej ulepszył wyroby garncarskie. Naczynia Wedgwooda, mające

taką wziętość ogólną, tak delikatne i pełne powabu pod względem kształtu i barwy, wyrabiane są z gliny plastycznej z domieszką gliny ogniotrwałej, kaolinu i krzemienia. Skład podobny ma fajans, półporcelana, których masa utworzona jest przeważnie z gliny plastycznej z dodaniem mielonego kwarcu lub krzemienia i kaolinu albo pegmatytu, to jest głównych części składowych spatu polnego (R. v. Wagner).

Z przykładów poprzednich poznaliśmy znaczną ilość domieszek do gliny, a szczególnie w postaci kawałków kwarcu, proszku krzemienia i przede wszystkim wyraźnie zaznaczonego w Chiloe: sproszkowanego granitu, otrzymanego w ten sposób, że rozpalony mocno granit wrzucany bywa do wody. Jeżeli to ma zastosowanie dzisiaj jeszcze u skromnych Indian, to dlatego nie mamy uznać podobnego postępowania przy wyrobie garnków w wiekach przedhistorycznych, z których to czasów naczynia zawierają bardzo wiele domieszek w postaci większych lub mniejszych kawałków granitu, dającego się nawet okiem ocenić. Częsteczki miki traflają się często w wyrobach glinianych, co jest zupełnie naturalnem, chociażby w nich nie było wcale kawałków potłuczonego granitu. Gлина bowiem jest produktem zwiertzenia skał, zawierających spat polny, kwarc i mikę, z których ta ostatnia ulega rozkładowi najtrudniej. Nic więc dziwnego, że w wielu gatunkach gliny znajdujemy małe a często nawet większe blaszki miki. Są nawet takie gliny, które zawierają w sobie bardzo wiele miki i te w garncarstwie są bardzo cenione, ponieważ garnki z nich wyrabiane mają powierzchnię z pięknym, błyskotliwym połyskiem. Połysk ten nawet podrabiają, szczególnie w Indjach, posypując proszkiem miki wilgotną powierzchnię przygotowanych naczyń. I u nas te błyskotliwe częsteczki miki na powierzchni naczyń cieszyły się w dawnych czasach szczególnem powodzeniem. Wskutek tego zapewne tam, gdzie glina była uboga w mikę, dodawano ją w takiej postaci, w jakiej znajdowała się w przyrodzie, to jest w zwiertzonym gruncie. Granit taki znajduje się i dziś często na polach i w pokładach ziemi, czasami trafia się tak zwiertzały, że można go palcami rozkruszyć. Przy nim znajduje się zawsze znane nam kocie złoto i kocie srebro—mika zwiertzała—która zależnie od tego, czy wcześniej była czarna, czy też biała, lśni się złotawym lub srebrnym połyskiem. W glinie zaś znajdujemy często taki rozkruszony granit, który tu zjawia się albo w postaci małych gniazd, lub też cienkich warstewek w stanie sproszkowanym, co dla garncarzy jest i lepsze i dogodniejsze. Jeżeli zaś niema granitu zwiertzałego, to starają się go sztucznie wytworzyć, rozsadzając go na kawałki przez silne rozgrzanie i ostudzenie raptowne. Do tego wynalazku doprowadziło prawdopodobnie kucharstwo. Z licznych spostrzeżeń nad ludami dzikimi można wywnioskować, że i u nas w dawnych czasach kobiety wyrabiały garnki, jak to się praktykuje dziś jeszcze w Jutlandji; odnośnie zaś do wieków przedhistorycznych wykazał nam to profesor J. Kollmann na naczyniach z Corcelettes w Szwajcarji, zwracając uwagę na kształt i drobne wymiary odcisniętych tam palców. Do tego jeszcze przybywa obecnie

nowy dowód z czasów przedhistorycznych w postaci wzmiankowanego już odłamku podstawki okrągłej płaskiej z gliny wypalanej, na powierzchni której jest odcisk maty a na brzegu odcisk palców. Ponieważ kobiety były zarazem i kucharkami, więc mógł im przyjść na myśl wynalazek zamiany granitu na proszek przez rozgrzanie i ostudzenie. Nasi przedhistoryczni przodkowie gotowali, albo raczej piekli różne pokarmy w dołach na rozpalonych kamieniach, jak to czyni i dziś jeszcze wiele ludów dzikich. Doły te i rozpalone niegdyś kamienie znajdujemy w wykopaliskach. Było więc zupełnie naturalnem, że kucharka zauważyła wpływ ognia i wody na kamienie i jako wytwórczyni garnków zużytkowała to spostrzeżenie. To byłoby więc powodem używania sproszkowanego granitu jako domieszki do gliny. Istnieją wszakże jeszcze inne przyczyny. Znany nam już majster garncarski z Moszyny powiada: „w masie garncarskiej rozróżniamy glinę zwyczajną i chudą; wyroby z tej ostatniej poznajemy zaraz po ich znacznej lekkości. Otóż pod Strzelną np. znajduje się bardzo ostry piasek kwarcowy, podobny do tego, jaki, ze względu na swój połysk używany był do piaseczniczek; dodając go do gliny, otrzymywano naczynia znacznie trwalsze. Ażeby zastąpić ten piasek, który przy robocie jest bardzo użyteczny, zwłaszcza, jeżeli masa jest mięka i przylepia się do palców, można dodawać drobnych opiłek żelaznych.“ Istnieją więc w przyrodzie gliny chude, które w przerobie nie wymagają żadnych domieszek; tłuste zaś gliny bez odpowiednich dodatków nie mogą być użyte do wyrobu. Zupełnie tak samo działo się w wiekach przedhistorycznych. Znajdujemy i tu także mnóstwo zwłaszcza drobnych naczyń, wyrobionych z gliny delikatnej bez żadnych domieszek materiałów, mających grubsze ziarna, często masa użyta do naczynia jest tak drobno ziarnista a ścianki jego tak cienkie, że nie mogłyby być wykonane z gliny o grubszym ziarnie. Obok takich wyrobów są niezliczone ilości naczyń większych i urn o grubych ściankach z domieszką granitową. Ta domieszka ma za cel, szczególnie w naczyniach grubościennych, ułatwienie ich wykonania, a następnie zapobiega zmianie kształtu i pękaniu podczas suszenia i wypalania, zupełnie tak samo, jak to się dziś wykonywa przy wyrobie cegły ogniotrwałej przez dodawanie proszku, otrzymanego z utłuczonej starej cegły ogniotrwałej.

Istnieje wreszcie jeszcze jeden ważny powód do tych domieszek, o którym Semper mówi w następujący sposób; „te gruboziarniste, pochodzące z innych gatunków, ogniotrwałe domieszki do całej masy, powiększają jej jednorodność, zmniejszając łamliwość naczyń po ich wypaleniu, a zarazem niebezpieczeństwo pękania, czy to w skutek zmiany temperatury, czy też w skutek uderzenia, ponieważ te ciała o grubszym ziarnie, równomiernie rozdzielone w masie garncarskiej, nie pozwalają rozszerzać się początkom pęknięć w skutek zmiany formy. Te gruboziarniste części składowe oddają takie same usługi, jakie spełniają dziury w szybach zwierciadlanych, wywiercone na końcu pęknięcia, które nie pozwalają mu rozszerzać się w dalszym ciągu szyby.“



### Naczynia przedhistoryczne, ustawione chronologicznie.

Dolny rząd: Wiek kamienny Saksonja. — Drugi rząd. Wiek brązowy. Typ lużycki, Brandeburgia. Trzeci rząd: Hallstatt (1—4) i czasy l.a Tène (5—7). 1 i 2 z Bawarii; 2 z Brandeburgji; 1 z Poznańskiego; 5—7 z Saksonji. 1, 3 i 4 pomalowane. Wierzchni rząd: Czasy cesarstwa rzymskiego (1—3 z prowincji Nadreńskich). Wiek wędrowek narodów (4 z Saksonji; 5 z Hannoveru) i Czasy słowiańskie (6—8 z Brandeburgji).

Według oryginałów, w Muzeum etnologicznem Berlińskiem.

Domieszka przeto do gliny sproszkowanego granitu znalazła zastosowanie na podstawie czterech następujących powodów:

1) Uwzględnienie wymagań piękności kształtu, estetycznego smaku i przyzwyczajenia.

2) Ze względu na możność dogodniejszego i lepszego obrobienia materiału.

3) Ze względu na zmniejszenie się kurczenia naczyń i pękania ich podczas suszenia i wypalania.

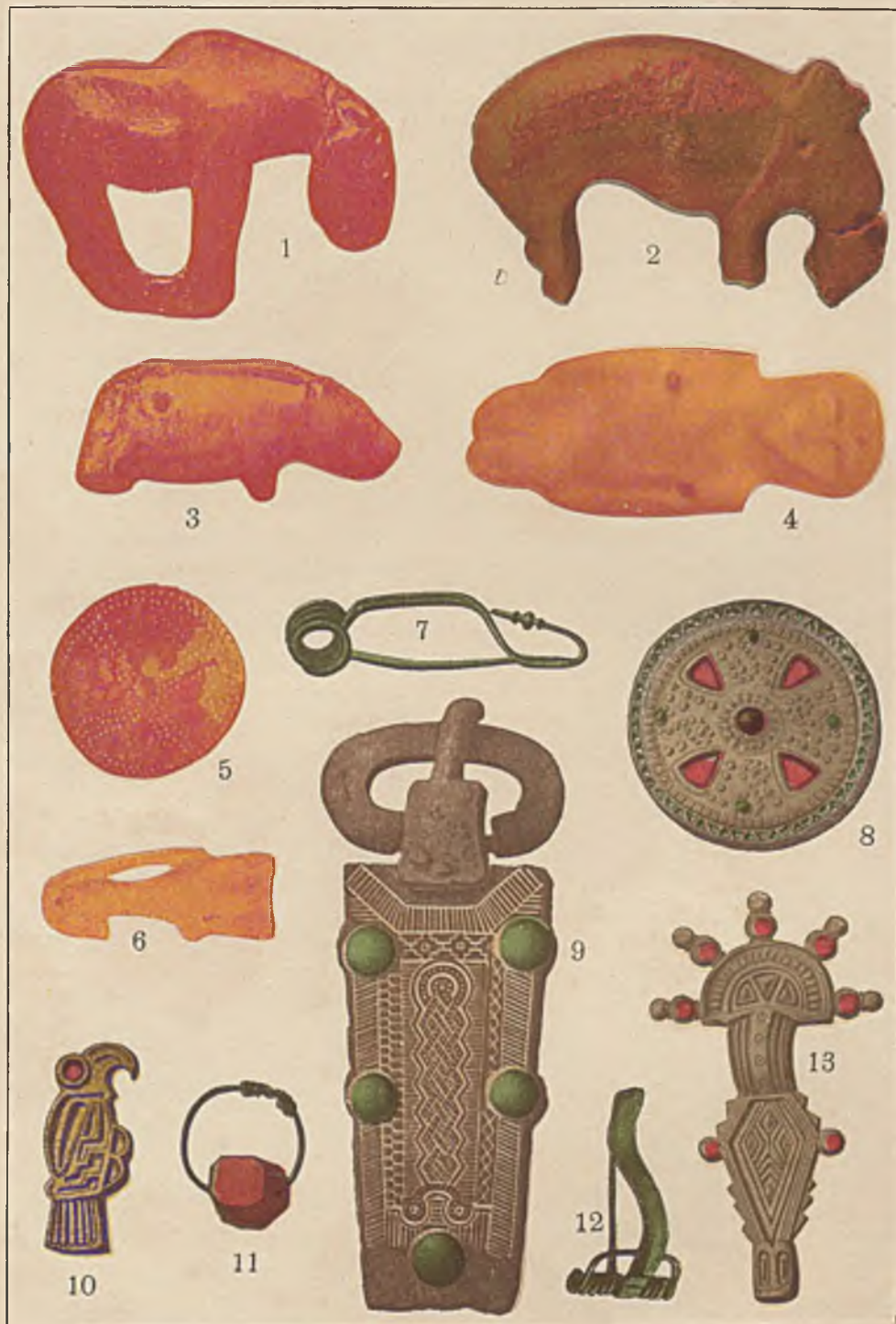
4) Ze względu na większą wytrzymałość użytkową gotowych naczyń.

Bardzo wiele naczyń glinianych z czasów przedhistorycznych posiada nie tylko piękne kształty, lecz znajdują się pomiędzy nimi okazy bogato upiękzone ozdobami i co jest godne uwagi, że najbogaciej ozdobione naczynia należą właśnie do najstarszych, pochodzących z najmłodszego okresu wieku kamiennego (str. 83).

W czasach najdawniejszych ozdabianie naczyń wykonywane było na glinie dosyć podsuszanej przez wgniatanie lub rytowanie na powierzchni za pomocą obciętych zdziebełek słomy, piórek lub cewkowych kości, albo też przez wytłaczanie linii poziomych i pionowych przy pomocy sznurów (tak nazywane ozdoby sznurowe). Te najstarsze naczynia przedstawiają prawdziwe bogactwo tak pod względem kształtów, jako też i ornamentacji. Dla większego uwydatnienia tych ozdób w naczyniach wieku kamiennego i późniejszych, wypełniano je często białą masą (węglanem wapnia, gipsem, a także fosforanem wapnia). Bardzo wiele z tych najstarszych naczyń posiada także ucha, dochodzące niekiedy do liczby ośmiu w jednym egzemplarzu; ucha te mają zwykle otwory poprzeczne, niektóre zaś są pionowo przewiercone. Później ozdabiano naczynia rowkami przy pomocy prętów modelatorskich z drzewa lub kości; ornamentyka taka wykonywała się albo rękami, albo pałeczką, paznociami, lub wreszcie przyrządami modelatorskimi. Za czasów cesarstwa rzymskiego na naczyniach z terra sigillata nakładano wypukłe ozdoby, wyobrażające osoby. W późniejszych czasach rzymskich i podczas wędrówek narodów znajdowały się naczynia (urny okienne), wewnątrz których na dnie było osadzone szkło rzymskie, którego znaczenie nie jest wiadome. W zbiorach Schliemanna są czary z kawałkiem szkła na dnie. Niektóre zaś urny posiadają blisko brzegów szklane okienka. Zdarzają się także naczynia, pochodzące z różnych czasów, doskonale wygładzone, jednolicie czarne. Zabarwienie czarne otrzymane być mogło przez okopcenie, przez pokrycie proszkiem grafitowym, lub też powstało ze związków żelaza, znajdujących się w glinie.

\* \* \*

Naczynia polewane, które na wschodzie (według Wetzsteina) były już znane przed wiekami, u nas w czasach przedhistorycznych nie spotykają się wcale; pojawiają się dopiero w wiekach średnich. To jest tem dziwniejsze, że emalja, czyli szkło nieprzezroczyste, była już znana dużo wcześniej



Rzeźby bursztynowe z okresu kamiennego i wykopaliska metalowe z czasów późniejszych.

- 1, 2 Konie, bursztyn, z Woldenberg w Brandenburgji i z Gdańska.
- 3 Niedźwiedź ze Stolp, Pomorze. Muzeum etnograficzne w Berlinie.
- 4, 6 Figury ludzkie z Prus wschodnich. Oryginały w muzeum bursztynowym w Królewcu.
- 5 Perła bursztynowa (do jeża morskiego podobna) z Prus wschod-

- nich. Oryginal w muzeum etnograficznym w Berlinie.
- 7 Spinka brązowa. Okres La Tène.
- 8 Spinka krążkowa ze srebra, z perłą szklaną i granatami.
- 9 Sprzączka do pasa, żelazna, srebrem wykładana
- 10 Spinka złota postaci orla, z granatami.

- 11 Koleczyk brązowy z perłą szklaną.
  - 12 Spinka brązowa z czasów cesarstwa rzymskiego.
  - 13 Spinka srebrna z granatami.
- 7-13 z Armentières, Francja. 8-11 i 13 z czasu Merowingów. Według Moreau.

przed wiekiem rzymskim. Emalja miała wtedy tak piękne barwy, jakich teraz najlepsi emaljerzy wykonać nie są w stanie; to szczególnie odnosi się do precudnej Haematinony o barwie jasnej, krwisto-czerwonej, która w czasach starożytnych była ceniona nadzwyczaj wysoko, narówni ze złotem. Grecy i rzymianie doprowadzili do wysokiego stopnia rozwoju wyrób naczyń szklanych — przypominają one precudne szkła w naszych muzeach i pełne powabu szkła millefiori, których sposób wykonania w ciągu wieków został zatracony i dopiero niedawno był odkryty, albo raczej odnaleziony. Czy w Europie środkowej wyrabiano szkło, czy też znajdujące się tam było przywiezione, nie wiadomo; w każdym razie nie mamy na to dowodów, jakkolwiek w grobowcach z rozmaitych czasów znajdowane były jedno i różnokolorowe perły szklane, z czasów La Tène i rzymskich, mamy wyroby brązowe i żelazne, ozdobione nakładaną emalją, a także piękne szkła z czasów wędrowek narodów.



Plecionka z trawy z wieku kamiennego, budowle szwajcarskie nawodne w Robenhausen.



Odlew skorupy glinianej na której przedstawiona jest mata.

Według oryginału z muzeum etnologicznego w Berlinie.

Stara pieśń wspomina, jako Adam rąbał drzewo a Ewa przędła. Ponieważ Adam i Ewa powszechnie dotychczas uważani są za pierwszych ludzi, wynika z tego, że kunszt przędzenia uważany jest za bardzo dawny. Tak jest rzeczywiście, chociażby nie sięgać do pierwszego człowieka, który według dzisiejszych poglądów był daleko wcześniej, aniżeli Adam i Ewa. Najdawniejsze pewne ślady tego kunsztu odnaleziono w najmłodszym okresie wieku kamiennego. Szwajcarskie mieszkania nawodne z tych czasów dostarczyły nam całe kłębki przędzy, prócz tego tkanin, siatek i krążółków przędzalniczych, tych zamachowych kółek u wrzecion, używanych do przędzenia. Aż do połowy wieków średnich nie przędzono na kołowrotekach, które nie były jeszcze wynalezione, lecz zwykłymi wrzecionami, jakie widzimy wymalowane na ścianach w Egipcie. Nitka konopna, lniana i t. p. była przyczepiana do krążółki, wyrobionej z kamienia lub wypalanej gliny, wełniana zaś—do krążółki z drzewa lub kory; krążółka służyła zarazem jako kółko zamachowe przy wrzecionie, puszczanem ręką w ruch wirowy. Ten prosty sposób przędzenia jest i dzisiaj bardzo rozpowszechniony. Ludy pierwotne przędą tak samo. jak np. eskimosi i siedzący towarzysze Weddów, zającą tkaniem mat, którzy dla nich przędli nici, przeznaczone do osnowy.

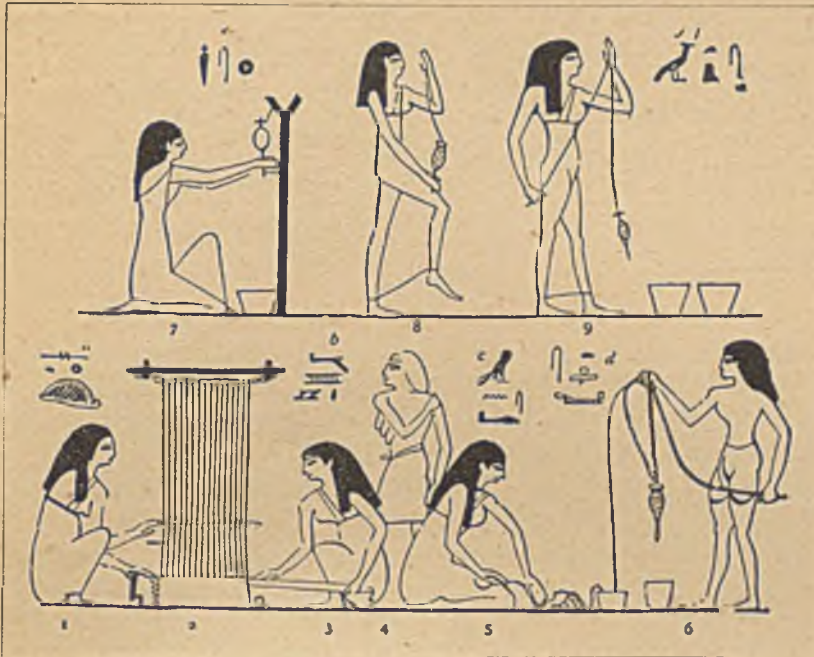


Wrzeczono jednak rozpowszechnione było nie tylko u ludów dzikich. Starożytni Grecy i Rzymianie znali je, jak się przekonywamy o tym nie tylko ze znajdujących się tam krążółek, lecz z obrazów, na których są przedstawione prząsniczki (porównaj Schliemanna „Troja“). Wrzeczono ma za sobą tę dogodność, że można je łatwo przenosić. Prawdopodobnie wrzeczona drewniane z dawnych wieków zagięły, pozostały krążółki, których mnóstwo znajdowano w wykopaliskach i siedzibach zamieszkałych. Schliemann w Troi znalazł 18000 krążółek glinianych.

Jeżeli się już miało nici jakiegokolwiek bądź gatunku, to łatwo było połączyć je za pomocą splatania i to powinno być pierwszym stopniem tkactwa. Można napewno przyjąć, że w dawnych wiekach tkactwo mat było w użyciu; o rozpowszechnieniu ogólnem tego kunsztu u ludów pierwotnych poucza nas rysunek (na str. 88) przedstawiający tamulów, zajętych tkaniem mat. Mamy jednakże i wskazówki bezpośrednie o plecionkach ze szwajcarskich budowli nawodnych wieku kamiennego, następnie posiadamy wycisk maty na skorupie glinianej, pochodzącej ze Spiegelbergu pod Halberstadtem, która należy do wieku spiżowego, lub czasu Hallstattu. Rycina uboczna przedstawia wycisk na skorupie, czyli formę maty, wygniecionej przed tysiącami lat. Powiedzieliśmy wyżej, że plectenie było wstępem do tkactwa; dowodzą nam tego Tamule, zajęci splataniem swych mat. Widzimy tam wyciągniętą osnowę jak przy tkaniu, niema tam jednak nitki wątki, zamiast niej wsuwają się cienkie pręty; jest to więc tkanie z pomocą prętów.

Początki tkactwa, gatunki tkanin, warsztaty tkackie, tkactwo wstążek dziś jeszcze bardzo rozpowszechnione omawia J. Heierli w pracy swej: „Wskazówki o starożytnościach szwajcarskich“ 1887. Tkactwo i przędzalnictwo przedhistoryczne w starożytnym Egipcie i Rzymie opisuje tak pod względem materiału jak i techniki w tomie XVIII „Archiwum antropologicznego.“ W szwajcarskich budowlach nawodnych utrzymały się do naszych czasów nie tylko ciężarki tkackie i resztki warsztatów, lecz także i resztki tkanin, z których można rozpoznać sposób ich wykonania. Znalezione igły kościane, miedziane, brązowe i żelazne a także szwy wskazują nam, że szycie było uprawiane w bardzo już odległej starożytności. Części składowe tkanin, wełna i len przekonywają nas, że mieszkańcy Szwajcarii już w owych czasach zajmowali się hodowlą bydła i rolnictwem, byli więc napewno ludźmi osiadłymi, o czem zresztą świadczą i same budowle na palach. Istnienie rolnictwa stwierdzają zwęglone zboża, owoce roślin strączkowych, jabłka i inne owoce.

Farbowanie zdaje się, że pochodzi także z okresu kamiennego. Na to przypuszczenie naprowadza nas znaleziona ziemia czerwona, która była wydobyta częściowo w beczkach, częściowo w innych naczyniach i służyła prawdopodobnie do pokrywania i malowania różnych przedmiotów, a także i ciała ludzkiego. Słusznem jest także mniemanie, że czerwien ziemna służyła do farbowania skóry i materiałów, podobnie jak to jest w zwyczaju



### Przędzenie i tkactwo w Egipcie starożytnym.

7—9. Niewolnice-przędki. 5 i 6. Skręcanie kilku nici cienkich na grubszą nić. 4 Nadzorczyni.  
1 i 3. Kobiety zajęte tkactwem. 2. Osnowa tkaniny.

Według dzieła Schliemann „Troja”.

dzisiaj jeszcze u ludów żyjących dziko, mianowicie u andamanezów, niektórych mieszkańców oceanu Południowego, Afryki, jako też Ameryki północnej i południowej. W czasach późniejszych znane były barwniki, przeważnie z soków roślinnych otrzymane. Zapewne bogactwo barwników nie było bardzo obfite aż do czasów królów z dynastji Merowingów, t. j. do 700 r. po Chryst. włącznie; posiadano jednakowoż barwy z rozmaitemi odcieniami, gdyż oprócz koloru białego i czarnego, umiano nadawać barwę czerwoną i niebieską z soku czarnych borówek, żółtą z janowca farbiarskiego, zieloną z jałowca i marzanny. Z pomocą tych dwóch ostatnich barwników otrzymano odcień podobny do lazuru z indyga.

Kunst garbarski t. j. umiejętność przygotowania z suchych i twardej, skór miękkich i giętkich, jest jednym z najstarszych, gdyż odzież pierwotna człowieka napewno była skórą zdartą ze zwierzęcia. Początkowo przypuszczano, że dawne garbowanie skór wykonywało się przy pomocy mózgu zwierzęcego, jak to dotąd uprawiają indjanie i inni, którzy przez nieustanne uderzanie i gnecenie nasycają nim skórę. Takie garbowanie czyni skórę dziwnie mięką i delikatną. Do usuwania naskórki używano, podobnie jak dzisiaj u eskimosów i innych, skrobaczy krzemienych, osadzonych w oprawach drewnianych, lub też tak nazywanych noży półksiężycowych.

Z okresu brązowego znane są pochwy do mieczów, okładane skórą a także skóry, wykładane bronzami (np. z Wulfen w Anhalcie). O. Olshausen z obecności glinki udowodnił, że w kopcach nad Amrum dodawano umarłym skóry garbowane przy pomocy ałunu. Skóry wyprawione garbnikami przechowały się do dni naszych w postaci sandałów z czasów cesarstwa rzymskiego, znalezionych w wodach Menu i Renu, a także i z innych miejscowości, mianowicie ze słowiańskich siedzib nawodnych i wałów osad na Pomorzu i innych.

\* \* \*



**Tamule na wyspie Ceylon, zajęci przedzeniem i splataniem maty.**

Ludzie, karmiący się wyłącznie tylko mięsem mogą się obywać bez soli jako przyprawy; wegeterjanie i jedzący mięsne i roślinne pokarmy zmuszeni są używać soli, ażeby przez zawarty w niej sód usunąć szkodliwe działanie potasu, znajdującego się we wszystkich roślinach, a szczególnie w warzywach. Tem sobie tłumaczymy dążenie ludzi do źródeł słonych i krwawe walki staczane o ich posiadanie. Na pierwsze potrzeby wystarczała sól odparowana z małych zagłębień na ziemi, zawierających roztwór solny, później powstały sztuczne urządzenia do odparowania soli, jak to dziś jeszcze można przekonać się w wielu miejscowościach Niemiec np. pod Giebichmotinem około Halli, a szczególnie w Seilletalu w Lotaryngji niemieckiej. W tych miejscowościach znaleziono znaczne ilości kawałków

cylindrycznych lub przyzmatycznych z gliny wypalonej, mające około 20 centymetrów długości, przeważnie potłuczonych, z których przodkowie nasi urządzali rodzaj tężni; nagrzewali kawałki gliniane, a następnie oblewali je roztworem solnym, wykwitła zaś na powierzchni sól skryształizowaną oddzielali lub też odbijali. Niektórzy zaś mniemają, że powyższe kawałki gliniane zanurzane były dolnym końcem w roztworze solnym, który porami wznosił się do góry, gdzie sól osiadała z roztworu. Pliniusz młodszy w swej Historji naturalnej (księga 31, rozdział 39) wspomina, że w Galji i Germanji skrapiano żarzące węgle solanką i tym sposobem otrzymywano sól.



Przędzenie i gotowanie w izbie u eskimosów.

Otrzymywano również sól z pokładów solnych, jak np. w sławnej od dawna miejscowości Hallstatt w austriackim Salzkammergut, która jakkolwiek położona w trudno dostępnych górach, doszła jednakże do wysokiego stopnia rozwoju i bogactwa, zażywająca go przez długi czas, jak o tem dostatecznie świadczą znajduwane w grobowcach dodatki, charakteryzujące czas ówczesny nazywany okresem Hallstackim. W starożytnych chodnikach i t. p. znajdowano tam nie tylko kamienne młoty, siekiery i inne przyrządy, lecz nawet drewniane obramowania, rękojeści narzędzi i wióry, a także worki skórzane, zupełnie nasycone wszystko solą.

Jak niema narodu, któryby się karmił wyłącznie pożywieniem surowym, tak niema również narodu, nie posiadającego ognia. Nasi pierwotni przodkowie dążyli do tego, ażeby przez prażenie, duszenie, pieczenie i gotowanie uczynić pokarmy smaczniejszymi i strawniejszymi. Wskutek tego cześć ognia istnieje na całym obszarze ziemi; istnieje także wielka ilość siekier, klinów i młotów do ścinania i rąbania drzewa. Wszędzie też znajdujemy ślady ognia, resztki pokarmów w postaci rozłupanych i osmalonych kości i to nie tylko w miejscowościach zamieszkałych najmłodszego wieku kamiennego, lecz i daleko wcześniej. Mieszkańcy paleolityczni grot i jaskiń, współcześni z mamutem, niedźwiedziem jaskiniowym i innymi zwierzętami wymarłymi, przygotowywali sobie pokarm przez prażenie i pieczenie, jak o tem świadczą miejsca ognisk, resztki węgla i osmalone kości. Nawet więcej: H. Klaatsch znalazł w wykopaliskach trzeciorzędowych we Francji około Puy Courny krzemień opalony i zczerniałą ziemię, badanie której wykaże, czy mamy tu do czynienia z węglem. Ludy dzikie często smażą i pieką pokarmy na wolnym ogniu. Indianie w Brazylii np. nadziewają mięso lub rybę na pręt, który albo wtykają w ziemię blisko ognia, albo też trzymają w rękach nad ogniem. Bardzo często pieczenie mięsiwa odbywało się w dołach ziemnych pomiędzy rozpalonemi kamieniami, jak to dziś jeszcze czynią nubijczycy i mieszkańcy Ziemi Ognistej; sposób ten był od wieków stosowany i trwał aż do czasów słowiańskich, jak to wskazują liczne doły kuchenne, napełnione przepalonymi kamieniami. Chleb wypiekano również, co potwierdza znaleziony chleb zwęglony w szwajcarskich budowlach nawodnych.

Silny nalot sady na wielu garnkach i skorupach z dawnych czasów jest najlepszą oznaką umiejętności gotowania pokarmów w wodzie nad ogniem, co zresztą nie jest dziwnem, skoro poznane były garnki gliniane; chociaż nikobarczycy gotują w naczyniach z kory. Dotąd niewiadomo, czy gotowanie w wodzie, zawartej w garnkach drewnianych, nad rozpalonemi kamieniami było w użyciu w wiekach przedhistorycznych, jak to ma obecnie miejsce u indjan Ameryki północno-zachodniej i ludów oceanu Południowego.

Resztki zboża, znalezione w szwajcarskich budowlach nawodnych, uczą nas,



Pieczenie ryby na rożnie w Brazylii.

Według Moraesa.

że ich mieszkaniec był rolnikiem; zwęglone kawałki węgla wskazują nam, że go wypiekano. Dla wypieczenia jednak chleba należało zboże zemleć, lub przynajmniej ześrótować. Dla tego też we wszystkich siedzibach, a często i w grobowcach znajdujemy jako dodatki żarna młyńskie. Te początkowo mają kształt koryta, w zagłębieniu którego drugim kamieniem rozcierało się zboże; następnie powstają kamienie płaskie, używane parami; jeden z nich jako leżak, drugi—jako biegun i ten ostatni obu rękoma posuwany był to w jedną, to w drugą stronę (Troja, Lissa, Kerberg i t. p.). Znacznie później zjawiają się młyny, mające płaskie okrągłe kamienie; jeden z nich nieruchomo umocowany, drugi nad nim obracający się na swej pionowej osi.



las

jelen

kamień

proca

Scena myśliwska (las, jelen, kamień, z procy i proca) na urnie z Pomorza.

Według Conweniza.

## Początki sztuki.

Zastanawiając się nad narzędziami kamiennymi najdawniejszych czasów, mimowoli przychodzi się do wniosku, że zarówno wytwórca tych przyrządów do pracy, jak i posługujący się nimi musieli być prostakami, pozbawionymi wszelkiej kultury, albowiem te przedmioty kamienne, przygotowane kilku uderzeniami innych kamieni, były bardzo surowe nawet na tak odległy wiek, jakim jest okres kamienny. Nikt nie przyzna im ani pewnego pojęcia piękna, ani jakiegokolwiek w tym pięknie biegłości. Dzieła ich jednak wskazują nam na coś innego. Każdy człowiek pierwotny, każde dziecko lubi malować, więc nie możemy się dziwić, że zamięlowanie to istniało i w naszych przodkach, pędzących byt w bardzo skromnych warunkach życiowych; dziwić nas jednak powinno to, że ci ludzie doszli w tym kierunku nawet do niemałej biegłości. Rysowali, malowali i rzeźbili ze zręcznością, jaką trudno wyobrazić sobie w zaraniu ludzkości, tem więcej, że talenty te zaginęły zupełnie. Najpierwsze przejawy sztuki znajdujemy w jaskiniach okresu paleolitycznego. Mieszkańcy owego czasu rysowali i malowali wszystko, co widzieli i co na nich najsilniejsze robiło wrażenie, a więc wielkie, olbrzymie zwierzęta, z którymi żyli współcześnie; mamuta, bawoła, niedźwiedzia, lwa, jelenia i konia, to są ich główne szkice, gdyż te właśnie zwierzęta były ich najprzedniejszą zdobyczą myśliwską, zabicie bowiem tych zwierząt nie przychodzi im łatwo, boją się ich siły

i gwałtowności. Ale właśnie ten sposób, który jest doskonale utrzymany w malowaniu i rzeźbieniu otaczających ich zwierząt jest dla nas pełen wartości, tem więcej, że one przekazane nam są w kształtach zupełnie charakterystycznych. Profesor H. Klaatsch, który nie dawno zwiedzał te jaskinie, opisał je obszernie w tomie II tego dzieła, tam też zwracamy naszego czytelnika. Nie chciano uznać tych rysunków za pochodzące z tego wieku, jakkolwiek wszystko przemawia za ich autentycznością. Ludzie, którzy te zwierzęta rysowali i malowali, takimi je widzieli, a któż dzisiaj poszczycić się tem może? Nie dowierzano ludziom z okresu paleolitycznego, nie sądzono, by takie obrazy i takie rzeźby, jakie profesor Klaatsch opisuje (tom II), mogły być tak charakterystycznie przedstawione ich skromnymi środkami. Istnieją wszakże współczesne przykłady, pokazujące nam, czego dokonać mogą ludzie prości i swemi tak bardzo ograniczonymi środkami. Wiele rzeźbionych i miniaturowych rysunków, wykonanych przez eskimosów na wszelkiego rodzaju możliwych przyrządach z kości słoniowej, z kości morsa i renifera, świadczą o tem wymownie, czego dokonać może koniec ostrza zwyczajnego noża kamiennego nawet w maleńkich, a jednak w najwyższym stopniu charakterystycznych rysunkach. W tych nawet bardzo drobnych rysunkach renifer, mors, pies, niedźwiedź biały, przedstawione są tak trafnie, że natychmiast można je poznać.

Ze sztuki rysowniczej czasów późniejszych głównie godnemi uwagi są ozdoby na glinianych i brązowych naczyniach i przyborach, następnie rysunki na skałach w Skandynawji i na wyspie Bornholm. Rysunki te jakkolwiek są już więcej stylizowane, ale bardzo piękne, chociaż są więcej jeszcze dziecinne niż z okresu paleolitycznego. Dość dziecinne są także figuryczne rysunki, przeważnie w postaci wytłoczonych ozdób na brzo-



**Wyrytowane postaci zwierząt na glinianem naczyniu z Matzhausen w Bawarji.**

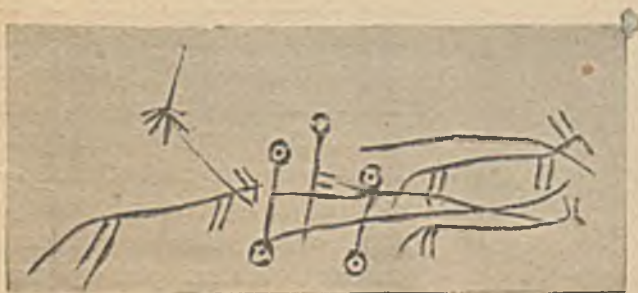
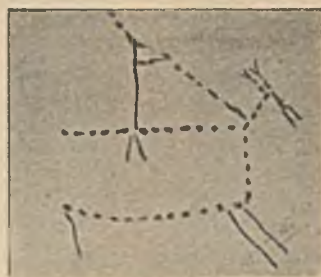
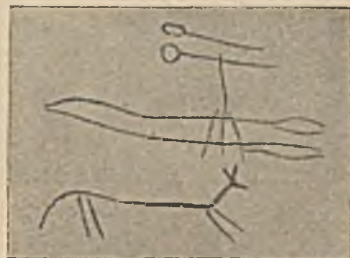
Według oryginału znajdującego się w Berlińskim muzeum etnologicznem.

wych naczyniach i pasach, pochodzące z Austrii i z krajów południowych. Również niebrak naiwności w rysunkach, przedstawiających ludzi i zwierzęta na urnach z twarzami ludzkimi, pochodzących z epoki Hallstattu. Są one bardzo podobne do tych, jakie się znajdują na krążkach glinianych, wydobytych z Troi, jako też i do rysunków, będących na glinianych naczyniach z rozmaitych okresów z Borgstedtu w Szlezwig-Holsztynie, ze Stimnitz w Saksonji, z Altenwalde pod Cuxhaven i t. p. Lepsze już są rysunki zwierząt na czarnem naczyniu glinianem o wąskiej szyi (butli), nadzwyczaj starannie wyrobionem, które wydobyte zostało z grobu kopcowego, zawierają-

cego szkielety, z pod Matzhausen w Bawarji. Należy tu wspomnieć także o urnach, pochodzących z grobów kopcowych w Bawarji, na Szląsku i w Poznańskiem, często malowanych bardzo gustownie kilkoma kolorami.

Mieszkańcy z okresu starszego paleolitycznego budzą w nas podziw zarówno swą plastyką, jak i wykonaniem do tego stopnia, że niektórzy te ich roboty poczytywali za podrabiane, jakkolwiek wszystkie są zupełnie autentyczne, oprócz kilku naśladownictw, łatwo zresztą dających się rozpoznać. Sposób ich przedstawienia, dokładne uwydatnienie tylko pewnych, głównych części np. zwierzęcia, zastąpienie zaś innych szczegółów materiałem, w którego kształt przechodzą i zanikają, przypomina nam prace dzisiejszych modernistów.

Również budzą w nas wysokie zainteresowanie rzeźby z bursztynu, pochodzące z okresu kamiennego w prowincjach nadbałtyckich. Materiał łatwiej nadający się do obrabiania pozwalał wytwórcy na większą swobodę w wykonaniu rzeźby na różnych przedmiotach. Rzeźbili oni zwierzęta i ludzi na przedmiotach z bursztynu, służących do ozdób, które były ogólnie lubiane we wszystkich okresach (za wyjątkiem najstarszych), jak perły, guziki i t. p. Szczególne zastosowanie plastyki znajdujemy w figurkach ołowianych z Frögy w Karyntji, pochodzących z okresu Hallstatt. Na szczególnie wyróżnienie zasługuje, jako temat powtarzający się często, naczynie z Dechsel, jedyne w swoim rodzaju, wykonane z brązu, stojące



Rysunki na urnach pomorskich, przedstawiające rycerzy, wozy i konie.

Według Conwentza.





Figurki ołowiane z Frögg,  
Bawarja.



Pomnik na gro-  
bie z czasów od-  
rodzenia.



Naczynie z postacią  
ludzką z Dechsel,  
Brandenburgja.



Urny z twarzami.

- |                           |              |
|---------------------------|--------------|
| 1. z Płokomia             | } Poznańskie |
| 2. z Czernykowa           |              |
| 3. ze Szwartowa, Pomorze. |              |

Według oryginałów w Berlińskim muzeum etnologicznem.

na przełomie epoki spiżowej i hallstatskiej. Przedstawia ono postać, trzymającą przed sobą w obu rękach naczynie. Naczynia takie trzymane w obu rękach spotykamy u wielkich figur kamiennych, wyobrażających Babę-Jagę, znajdujących się na mało-ruskich kurhanach, na figurach z wieków przedhistorycznych w Hiszpanji, także u figury, siedzącej na środku złotej misy z Pietroassa w Rumunji z V w. po Chrystusie, wreszcie pomiędzy małymi figurkami dzieci, umieszczanymi na grobowcach z czasów odrodzenia. Znaczenie tego naczynia nie jest dotąd wyjaśnione. W Prusach zachodnich i krajach ościennych znajdowano głązy narzutowe z płaskorzeźbą, przedstawiającą przeważnie mężczyzn z brodami ściętymi w klin, trzymających w obu rękach puhar. Zastanówmy się pokrótce nad wspomnianymi już i w najwyższym stopniu zajmującymi urnami, mającymi jako ozdobę twarz ludzką. Należą one do schyłku epoki hallstackiej, a więc do połowy pierwszego stulecia przed Chrystusem i znajdują się przeważnie na ówczesnem Pomorzu, t. j. części kraju położonego około ujścia Wisły. Ponieważ te obszary ziemi były w owym czasie zamieszkiwane przez Gotów, te więc urny przedstawiałyby nam najstarszą sztukę gotycką. Zwykle na urnach tych widoczne są: nosy, oczy i uszy, częstokroć usta i ramiona; w uszach są często kolczyki i inne ozdoby. Przypuszczenie, że wytwórcami ich są Gotowie, potwierdza się tem, że w Poznańskim i na Ślązku znalezione były z okresu młodszego formy takich urn z twarzami. Zgadza się z wędrówkami Gotów, którzy w IV wieku przed Chrystusem opuścili Pomorze i pociągnęli na południe. Plastycy późniejsi są albo rzymianami, lub też wyrobieni pod wpływem rzymian i dlatego tu ich zaliczać nie należy.



## Broń i ozdoby z brązu i żelaza.

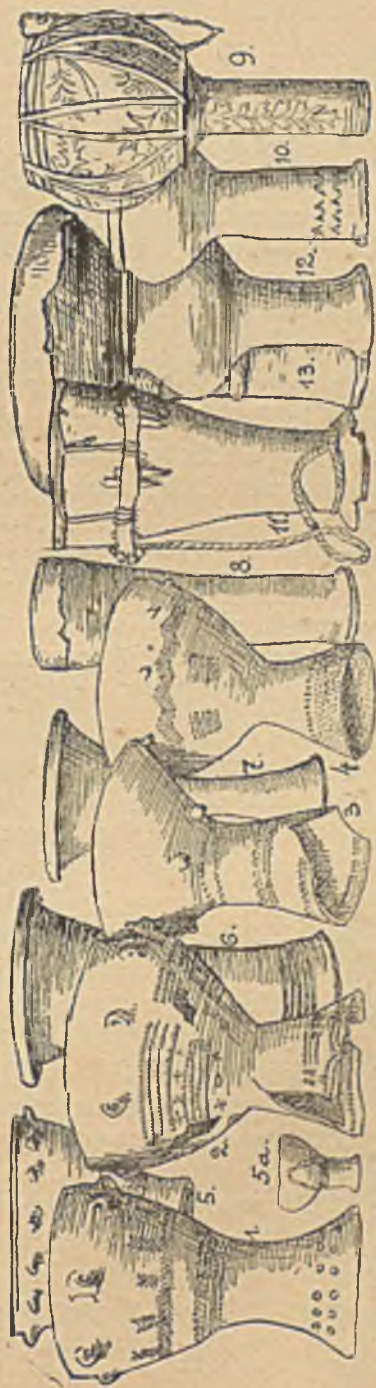
- 1 Naramiennik z Gnewin. Pomorze.  
2 Igła do włosów. Sammentlu, Brandenburgia.  
3 Miecz. Stölln. Brandenburgia.  
4 Miecz. Schmon. Prowincja Saska.  
5 Rękojeść miecza. Wurehow. Brandenburgia.  
6 Ostrze kopij. Budowla na palach w Spandau.  
7 Grot włóczni. Blankenburg.

- 8 Sztylet. Budowla na palach. Spandau.  
9 Spinka podwójna. Staffelde.  
10 Ozdoba naramienna, zarazem osłona. Sallentin.  
11—10 brąz. Oryginały w berlińskim muzeum etnograficznem.  
11 Klucz.  
12 Grot włóczni.  
13 Miecz krótki.

- 14 Grot włóczni.  
15 Miecz.  
11 — 15 żelazo. Okres Merowingów. Z Armentières, Francja. Według Moreau.  
16 Pochwa sztyletu z żelaza, wykładana brązem i emalją. Okres cesarstwa rzymskiego. Z Holzmtblheim, prowincja Nadreńska. Oryginał w berlińskim muzeum etnograficznem.

Nasi praojcowie uprawiali także i inne sztuki piękne oprócz sztuk plastycznych. Jak wszystkie ludy pierwotne, byli oni wielkimi zwolennikami śpiewu i prostej muzyki. Oczywiście o ich śpiewie nic nie wiemy, zanikły również ich instrumenty muzyczne, sporządzone z trzciny lub drzewa, ale pozostawili nam z najmłodszego okresu kamiennego bębny gliniane, jakich dziś jeszcze używają w Afryce, w Azji południowej i innych miejscowościach, a niegdyś i w Ameryce. Są one bardzo ozdobne a budowa ich nie wymaga żadnych objaśnień (patrz Czasopismo poświęcone etnologji, 1893). Znane były także flety kościane z licznymi otworami, w które dmuchano z góry, jak w naszych dzisiejszych fujarkach, były także flety drewniane a także z późniejszej już nieco epoki między V a VII stuleciem dwa sześciostronne instrumenty, nazywane Chrotta albo Rotta, znalezione we wzmiankowanych już wyżej grobowcach alemańskich z Oberflachtu, w których wszystko było doskonale utrzymane i przechowane najlepiej ze znanych nam grobowców alemańskich.

Po wieku kamiennym nastąpił okres kruszców. Nie należy jednak rozumieć, że użycie metali wprowadzone zostało nagle i wyrugowało w jednej chwili naczynia kamienne. Przeciwnie odbywało się to prawdopodobnie wolno, a w niektórych okolicach, jak nas pouczają wydobyte wykopaliska, nawet bardzo wolno. Wiemy też, że naczynia kamienne były jeszcze w dalszym ciągu wyrabiane, kiedy już były znane przybory miedziane, brązowe a nawet żelazne; prawdopodobnie narzędzia brązowe a nawet żelazne;



Bębny gliniane. 1-3. Wiek kamienny; Saksonja. 4a. Wiek brązu, Reppen w Brandenburgji. 6 i 7. Starożytność. 8, 10, 12. Maroko. 9. Bengal. 10. Wyspa Timor. Azja południowa. 6-11 i 13. Iran i Indja. 12. Starożytność. Według oryginałów z Berlńskiego muzeum etnologicznego i z muzeum w Halli rysował Ernest Krause.

były wzorowane na kamiennych, gdyż znane nam są siekiery kamienne z bardzo szerokimi ostrzami, podobne do siekier śpiżowych, również oskardy kamienne, według których kształtowały się bronzowe. Z drugiej strony niekiedy, jakkolwiek bardzo rzadko, znajdowano przedmioty metalowe w grobowcach z najmłodszego okresu kamiennego. Małeńkie, zapewne z innych okolic sprowadzone przedmioty miedziane lub śpiżowe, służące za ozdoby, wskazują nam, że grobowce te należały do epoki przejściowej.

Jakim sposobem doszły do nas pierwsze wiadomości o użyciu metali, tego dokładnie nie wiemy; są wszakże wskazówki, że przybyły one z krain południowych i wschodnich.

Ten postęp kulturalny nie wszędzie zaznaczył się jednakowo. W niektórych krajach, jak w Austrii, Węgrzech, Hiszpanji i innych, po okresie kamiennym nastąpił miedziany, w innych — śpiżowy, a w innych jeszcze — pełny okres metali z miedzią, bronzem, żelazem, złotem i srebrem, podobnie jak to się dzieje dziś u ludów oceanu Południowego, w Ameryce północno i południowo-zachodniej, a także i w innych miejscowościach kuli ziemskiej.

Znajdujemy tu podobne stosunki jak w geologii, w której badacz nie spotyka ułożonych na jednym miejscu wszystkich pokładów skorupy ziemskiej według starszeństwa ich pochodzenia, widzi tylko na każdym miejscu niektóre grupy, a przez ich zestawienie i porównanie tworzy obraz zbiorowego układu warstw według wieku, z jakiego pochodzą.

\*  
\*  
\*

Według wszelkiego prawdopodobieństwa najpierwszym ze znanych metali było złoto. Przodkowie nasi mogli dojrzeć na dnie jasnych strumieni błyszczące w blasku słonecznym ziarenka złota, wyławiali je i przechowywali jako rzadkość lub też używali jako ozdoby. Drugim z rzędu metalem była miedź, znajdowana w przyrodzie w stanie rodzimym w większych ilościach i przerabiana za pomocą kucia na naczynia, jak to się odbywa u Indian nad rzeką Yukon w Ameryce północno-zachodniej. Tak przygotowaną miedź używano do różnych celów i ztąd nazwa epoki miedzianej, najstarszej z epok metalu. W wieku miedzi znajdujemy jeszcze naczynia, dokładnie naśladujące naczynia z okresu kamiennego; bardzo wiele wygląda tak, jak gdyby były odlewami miedzianymi z naczyń kamiennych. To zjawisko przemawia za tem, że wiek miedzi jest najstarszym z wieku metalicznego. Oczywiście, mówiąc „najstarszy“, mamy na myśli pewną miejscowość, gdyż dowiedzionem jest, że gdy jedne ludy żyły w epoce pierwiastkowego rozwoju, inne już bardzo znacznie posunęły się naprzód. Mieszkańcy Europy przebywali jeszcze w wieku kamiennym, kiedy Egipt, Indje i inne kraje były już w pełnym rozwoju epoki metalowej.



Siekiera  
miedziana  
z Dietrichsroda.

Nawet w wieku brązowym, następującym po miedzianym, zdarzają się naczynia, przypominające kształtem epokę kamienną; poznano jednak szybko wyższość materiału i odpowiednio zmieniano postać naczyń; nawet technika rozwinęła się i doszła do zadziwiającej doskonałości. Nie wszędzie jednak kultura szła stopniowo, poczynając od początku. W niektórych miejscowościach przyjęto ją już w pełni rozwoju. W Niemczech np. zjawiała się epoka brązu, jako skończona całość, to jest, naczynia brązowe przyjęte były od innych odległych ludów, jako gotowe i zupełnie wykończone przedmioty. Powoli jednak nauczono się obrabiać metale samodzielnie i powstały odlewne brązu, jak nas o tem pouczają odnalezione formy, lane patelnie, łyżki, niewykończone odlewy surowe, bryły odlane, odtrącone syfony, jakoteż zebrane kawałki nowych odlewów i żuzli.

Stopy różne i mieszane były długo jeszcze przedmiotem handlu i w stanie gotowym sprowadzane z innych okolic. Odlewy wykonywano albo w formach otwartych, niezakrytych, lub też w formach o licznych przedziałach.

Formy do odlewów, znajdujące wielokrotnie w Europie środkowej, były wyrabiane z kamieni (serpentyń, słońiniec) z gliny wypalanej, lub też z brązu. Niektóre z form kamiennych do odlewów otwartych były używane napewno do bezpośredniego napełnienia stopionym brązem, jak również i zamknięte formy kamienne, gliniane i brązowe. Praktycy istnieniu ostatnich zaprzeczają. Mniemano, że mogły one służyć do wykonywania



Formy odlewnicze do noży brązowych, siekier i sierpów z Saksonji i Brandeburgji.

Oryginały z muzeum etnologicznego w Berlinie.



**Epoka brązu.**

Według obrazu F. I. Cormona w Paryżu.

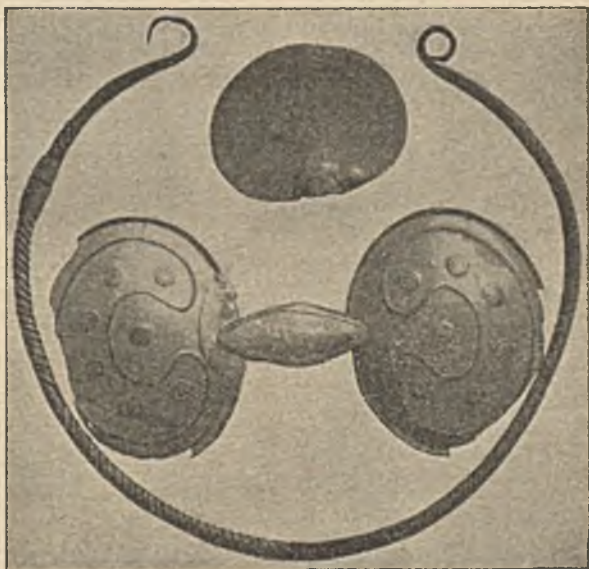
modeli woskowych, na których były przygotowane formy piaskowe do odlewu brązowego. Do tego celu mogą służyć także formy gliniane a nawet kamienne. Zaprzeczają także, jakoby nie było takich form do odlewów z brązu, którychby można było użyć kilkakrotnie. Walce gładkie i inne proste przedmioty można było wykonywać w formach stałych, kilkakrotnie używanych; odlewy zaś z wydatnemi profilami nie mogą być w ten sposób otrzymane, gdyż wskutek silnego kurczenia się metalu podczas ostygnięcia pękają, choćby nawet były wykonane z samego cynku. Odlewy z brązu jeszcze więcej bywają narażone na pękanie; szersze miejsca podczas kurczenia będą się dłużej na formie opierać i albo odlew podczas stygnięcia musi uleść pęknięciu, albo też forma, w której został odlany. Ledebur jednak jest tego zdania, że formy z brązu mogą być doskonale użyte do odlewów brązowych, należy je tylko w celu usunięcia szkodliwego działania płynnego brązu wysmarować grafitem. Jeżeli w formach z żelaza lanego mogą być odlewane duże i proste bloki ze stali, która jest trudniej topliwą, to tem więcej możliwem jest wykonanie w formie z brązu odlewu brązowego.

Gotowe odlewy z brązu za pomocą noży brązowych, które przez naklepywanie nabierały większej twardości, były piłowane, nakuwane i szlifowane, następnie zaś obrabiane i ozdabiane. Szczególną zręcznością owych czasów była umiejętność spajania złamanych części brązowych za pomocą brązu. Przedmioty takie mają wygląd, jakby miejsca złamane były pokryte woskiem, lub materiałem podobnym do niego, następnie naokoło wosku urabiano formę, wosk wytapiano i do wytworzonej tym sposobem pustej przestrzeni nalewano brązu. Znanem być musiało wtedy także i lutowanie twarde mosiądzem, lub coś w tym rodzaju podobnego. Szczególniej zasługuje na uwagę naprawa naszyjnika brązowego, pochodzącego z Luświca w Poznańskim: powierzchnie obu złamanych końców wyrównane, prawdopodobnie naklepano i następnie spojono lub też złączono za pomocą lutowania twardego. Formowanie z wytapianiem wosku (*à cire perdu*) było także znanem w owych czasach, jak o tem przekonywają nas jasno takie przedmioty, złożone z nawleczonych pierścieni bez żadnych połączeń i spajai jak np. łańcuchy i inne przyrządy.

Nader pouczającemi i dającemi nam bardzo ważne wskazówki o stanie odlewnictwa z brązu w starożytności są formy odlewnicze kamienne i grube skorupy gliniane ze zbiorów Schliemanna, jakoteż lejki gliniane do otworów formierskich i syfony do form zamkniętych, wreszcie łyżki odlewnicze gliniane, na których pozostał jeszcze brąz stopiony. Oprócz form odlewniczych doszły do nas także i piece, w których brąz wytapiano. Tak np. pozostał taki piec na Węgrzech z wieku brązu, którego urządzenie tem się odznacza, że topiony metal jest zabezpieczony od zanieczyszczeń, pochodzących od materiału opałowego.

Należy w tem miejscu wspomnieć o przyrządach glinianych osobliwszego rodzaju, które zwróciły na siebie ogólną uwagę z powodu swych

szczególnych kształtów i spotykają się w różnych zbiorach (str. 102). Pochodzą one z epoki Hallstackiej t. j. około 800 do 400 lat przed Chrystusem. Dawniej przyjmowano je za kadzielnice i ustawiano je przeważnie odłamany końcem do góry. Znalaziono jednak takie przyrządy, używane w odpowiednim położeniu, i to położenie należy uważać za właściwe, ponieważ te małe piecyki — tak musimy je nazwać — stały na glinianych płaskich podstawkach, na których pozostały ślady wyraźne dotknięcia całkowitego brzegu odłamanej części piecyka, niema zaś żadnych śladów od okrągłych wystających łapek, znajdujących się na drugim jego brzegu. Uznano je więc za piecyki, nie zaś za kadzielnice, co potwierdził Rudolf Virchow, który przed 20 laty w jednej ze swych podróży po Hiszpanii znalazł takie przyrządy gliniane w użyciu. Rzemieślnicy, którzy tam według zwyczaju maurytańskiego pracują w małych miasteczkach na na ulicy, używali takich piecyków do topienia kruszców w miseczkach, spoczywających na sześciu łapkach, lub jak w niektórych tylko na trzech. Używane były także i do gotowania. Część odłamana piecyka napełniała się rozżarzoną węglami, gazy zaś uchodziły do góry pomiędzy łapkami, po przejściu przez spód miseczki i nagrzanu go. Łudząco podobnych kształtów piecyki używane są w Afryce północnej od Marokko aż do Egiptu.



Naszyjnik bronzowy i okulary.

Muzeum etnologicznem w Berlinie.

Z bronzu odlewano najrozmaitsze przedmioty, od broni aż do ozdób wszelkiego rodzaju. Ze szczególnym artyzmem odlewano bogato zdobione talerzyki do instrumentów muzycznych, grubość ścianek których nie przewyższała jednego milimetra. O wysokiej znajomości wytwórców świadczą pięknie wykonane miecze, sztylety, ostrza do włóczni, celt (siekiery bronzowe), noże, sierpy i t. p. Używano i noszono także bardzo wiele ozdób z bronzu, których robota odznaczała się wysokim artyzmem i wykwintnym smakiem.

Bronz starożytny, czyli bronz szlachetny, składa się z miedzi i cyny w typowym stosunku 9 : 1; inne metale zdarzają się w postaci śladów, jako zanieczyszczenia. Później w wieku cesarzów rzymskich dla osiągnięcia łatwiejszej topliwości stopu dodawano do bronzu cynku a nawet ołowiu. Często jako umyślne domieszki dołączano i innych kruszców, jak antymonu,



do wyrobu zwierciadeł metalowych. Do tego ostatniego celu używa się zwykle czysty antymon. Domieszka antymonu zabarwia bronz na szaro, częściej pochodzi to jednak od dodatku arsenu.



**Mały piec gliniany z Billendorf (Brandenburgja).**  
Muzeum etnologiczne w Berlinie.

Obok bronzu występuje także złoto, używane do wyrobu ozdób, przedmiotów stroju i naczyń, a w niektórych miejscowościach wyrabiano z niego paradną broń, jak naprzykład siekiera złota z Merseburga, znajdująca się w Berlińskim muzeum etnologicznem.

Pierwsze żelazo, jakie do wyrobów użyto, było żelazo meteoryczne; spotyka się ono daleko częściej na ziemi, niż ogólnie sądzą. Wiemy, że wiele ludów, jak eskimosi, indjanie i szczepy afrykańskie, z żelaza meteorycznego wykonywali noże i groty do strzał, a u różnych ludów istnieją myty opowiadające, że żelazo przybyło do nich z nieba. Jednakże najpierw zastosowane żelazo meteoryczne nie było przetapiane przed zastosowaniem, lecz jako bardzo odpowiedni do użycia kamień otrzymywało kształty pożądane przez uderzanie, kucie i szlifowanie, zupełnie tak, jak się to dzisiaj odbywa jeszcze u eskimosów i indjan. W Afryce północno-wschodniej daleko wcześniej znalazł zastosowanie hematyt, lecz jako zwyczajny kamień. Jednakże o wieku żelaza możemy mówić dopiero od tej chwili, kiedy je w hutach zaczęto otrzymywać z rudy.

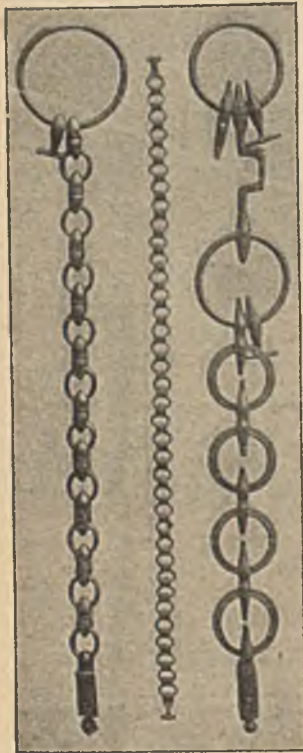
Z chwilą gdy wyroby z żelaza zaczęły napływać do Europy środkowej, mieszkańcy jej, chcąc być niezależnymi od zagranicy, zaczęli sami wytwarzać żelazo. Wszędzie, gdzie znajdowały się rudy żelazne, pozostały żuzle hutnicze, a w niektórych miejscach i piece do wytapiania żelaza, podobne zupełnie do tych, jakich jeszcze dziś używają w Afryce (str. 103).

Ażeby znaleźć wyjaśnienie znaczenia części składowych pieców do wytapiania żelaza i tych resztek małych piecyków, jakie w różnych miejscach kuli ziemskiej przechowały się z dawnej przeszłości, musimy znów zwrócić się do tych ludów, które dziś jeszcze w sposób pierwotny żelazo otrzymują i przerabiają.

### Łańcuchy do uźdżenie z bronzu.

1. Gdańsk. Z epoki La Tène.
2. Drezno. Z czasów cesarstwa rzymskiego.
3. Sabin, Pomorze. Z czasów cesarstwa rzymskiego.

Muzeum etnologiczne w Berlinie.

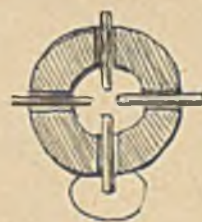


W wielu okolicach Afryki środkowej murzyni, którzy pomimo swej niskiej kultury są od czasów niepamiętnych doskonałymi kowalami, gromadzą



**Piece pierwotne do topienia żelaza.**

Według Becka.

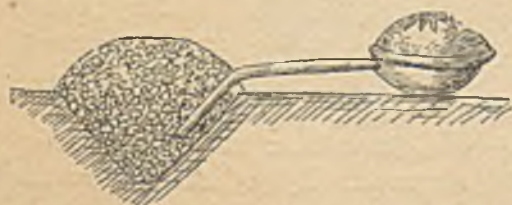


**Piec do wytapiania z epoki brązu (Węgry).**

Według Hempela.

**Piec do wytapiania żelaza i miedzi z Bongo w Afryce.**

Według G. Schweinfurtha.



**Najprostszy piec do wytapiania żelaza w Kordofanie.**

Według Becka.



**Piec do wytapiania żelaza (Dżur w Afryce).**

Według Schweinfurtha.

**Piece pierwotne do wytapiania żelaza i brązu.**

na jednym miejscu pewną ilość rudy i węgla, okrywają warstwą gliny, prowadzą pod spodem kanały dla dostępu powietrza, na wierzchu zaś umieszczają rurę do odprowadzania produktów spalania i rodmuchują potem ogień aż do wytopienia żelaza przy pomocy swych miechów, wyrobionych z wydrążonych korzeni drzewnych. Stopione żelazo zbiera się pod spodem jako żuzel bogaty w żelazo i bywa odsuwane na stronę, ażeby potem przez nowe topienie i kucie mogło być oczyszczone.

Znacznie już lepiej są urządzone do wytapiania piece Dżurów „Tunj“, których rysunki dostarczył nam profesor Schweinfurth. Píše on tak: „piece gliniane do wytapiania żelaza mają 1,3 metra wysokości. W planie wskazane są cztery otwory do założenia dmuchawek, przez które od spodu pieca wprowadzany jest silny prąd powietrza. Pod jednym z otworów znajduje się zagłębienie, przeznaczone do zbierania żuzli. W przecięciu podłużnym



**Bydło z bronzu z rogami srebrnymi (Prowincja saska).**

Gimnazjum w Neuholdensleben.

widzimy, że piec u góry rozszerza się w postaci puławy i służy do przyjęcia drobno potłuczonej brunatnej rudy żelaznej, która w tym kraju w wielu miejscach znajduje się na powierzchni w znacznych ilościach. Cały szyb pieca aż do miejsca, gdzie się rozszerza, napełnia się węglem drzewnym i zapala od dołu. W końcu operacji ogień jest już zupełny do tego stopnia, że płomień przez rudę wydostają się ponad wierzchni otwór pieca. Po 40 godzinach zaczynają cząstki żelaza w stanie stopionym przeciekać przez rozżarzone węgle i zbierają się w postaci żuzlowej na dnie podstawy pieca. Wydostają je ztamtąd, a po kilkakrotnie powtarzaniem kuciu za pomocą kamieni i ponownem nagrzanu w piecach kowalskich,

oczyszczają je od wszelkich przymieszek mineralnych, dopóki wszystkie cząstki żelaza przez stopienie nie utworzą zupełnie jednorodnej masy, dającej tym sposobem doskonałe żelazo kowalne.

Proces wytapiania żelaza w Bongo w Senegambji środkowej jest już pod pewnym względem doskonalszym, jakkolwiek ich piec hutniczy „berr“, mający od 1,5 do 1,7 metra wysokości nie odznacza się ani wymiarami, ani też trwałością. Lud ten bowiem nie posiada w dostatecznej ilości wapna i niema żadnego pojęcia o budowie murów. Większych wymiarów piecom tym dawać nie można, wykonane są bowiem z jednorodnej masy glinianej, która przy większych piecach jeszcze łatwiej podczas rozgrzania mogłaby się zarysować i sprowadzić grożące niebezpieczeństwem pęknięcie pieca.

W przekroju pionowym pieca, mającego kształt dzwona, dostrzegamy trzy oddziały, z których środkowy służy do naładowania rudy żelaznej

i węgla, układanych warstwami naprzemian leżącemi; górny zaś przedział i dolny napełnia się samemi węglami. Najniższa część pieca, tworząca jego podstawę, oddzielona jest od środkowej pierścieniowem zgrubieniem



### Wędrowki w epoce żelaza.

Według obrazu F. Cormona.

wewnętrznych ścian pieca, tworzących rodzaj dolnej pokrywy. Najwyższa część kulista łączy się ze środkową za pomocą wąskiego otworu, przez co otrzymuje się zwiększenie przepływu powietrza. W podstawie pieca znajdują

się cztery otwory, do których wprowadzone są dmuchawki, piąty otwór, zalepiany stosownie do potrzeby gliną, służył do usuwania przez niego zebranego w dole pieca żuźla.

Widoczne w planie cztery rury dmuchawkowe były zaopatrzone taką samą ilością miechów, które wdmuchiwały silny prąd powietrza do pieca dla przyspieszenia procesu wytapiania. Miech taki składał się z dwóch naczyń glinianych, obciągniętych skórą, których wyloty okrągłe łączyły się w jedną rurę, prowadzącą powietrze do pieca.

Powietrze, znajdujące się w glinianych blisko siebie stojących naczyniach, jest z nich wypychane przy pomocy naciskania wydętych skór, rozpostartych nad górnym otworem i włączane do rury, w której łączy się w jeden prąd wspólny. Wszystkie pokolenia murzyńskie używają podobnych przyrządów do rozżarzania ognia w kowalskich ogniskach; wszelkie zmiany, jakie się w innych miejscach spotykają, tak co do kształtu tego aparatu jak i materiału używanego do wyrobu są bardzo nieznaczne, ograniczające się do drobnych szczegółów. Niedogodności łączenia obu zmieniających się prądów powietrza w jeden zapobiegać powinien zatwór albo kłapa, których to jednak urządzeń narody murzyńskie wcale nie знаły. Pewne próby zastosowania podobnego przyrządu, jakkolwiek bardzo niedokładne, były jednakże zaznaczone: urządzano bowiem małe otwory w skórkach miechowych w środku lub przy osadzie, które były zamykane lub otwierane palcami stosownie do potrzeby.

Miechy kowalskie u starożytnych egipcjan dostarczały prądu powietrza do ognisk stale przez dwie rury, jak o tem przekonać się można z malowideł ściennych, zachowanych w Tebach; miechy były ustawiane parami i jedno było przyciskane ciężarem ludzi, drugie jednocześnie za pomocą sznurów podnoszone do góry. Wątpliwem jednak jest, czy były zaopatrzone w klapy powietrzne, podobne do dziś używanych; sądząc bowiem z podwójnych rur, można prędzej przypuścić, że takiego urządzenia nie posiadały.

Kowale z Bongo jako kowadła a także i jako młoty używali zwykle gładkich kamieni gnejsowych lub krzemiennych, odpowiednio obrobionych. Nie były jednak zwykle osadzane na trzonkach, gdyż je zastępowała przy tych niezdarnych narzędziach jedynie ręka kowala. Jako obcęgi służyły im świeże, rozszczipione gałęzie młodego drzewa, ściskane za pomocą pierścienia. One ułatwiały wydobywanie rozpalonej do czerwoności masy z ogniska i podtrzymywały ją podczas kucia. Oprócz małych noży, służących do wyrównywania brzegów i wykonywania delikatnych kolców i haczyków do strzał i włóczni, kowale z Bongo, nie znają innych narzędzi. Zupełnie podobne obcęgi zauważył Speke u plemienia Wanyamuësi. „Przy obrabianiu delikatnych przyborów żelaznych posługiwano się małym kowadełkiem, którego używano czasami jako młota“. W Afryce żelazo na wyrób broni, lub pieniędzy, mających kształt rydła lub grotu włóczni,

obrabiano kamiennymi młotami na kowadłach kamiennych. Podobne kuźnie znajdujemy u ludów azjatyckich. W Tartarii każdy gospodarz wyrabia sobie sam żelazo, jak chleb. Zwykle przy kuchni znajduje się puste miejsce, około 2 decymetrów sześciennych mające, komin, wznoszący się bezpośrednio z ziemi, z przodu drzwi do zasypywania rudy, z boku zaś otwór do miecha powietrznego. Luszaje, mieszkający pomiędzy Bengalem i Birmą budują piece do topienia żelaza z kamieni. Nasze starożytne piece hutnicze podobne były do tych, jakich resztki znajdujemy w Afryce.



### Siekierki bronzowe z Anglii.

Według oryginałów znajdujących się w „British muzeum“ w Londynie.

W wielu miejscowościach znaleziono dychawki hutnicze, pochodzące z czasów przedhistorycznych; muzeum berlińskie posiada takie ze Szląska i z Poznańskiego (Luszwica). Na Szląsku większość odnalezionych pieców hutniczych jest zupełnie podobna pod względem urządzenia do pieców Afryki środkowej. W ziemi, na głębokości  $\frac{1}{2}$  metra znajduje się dno okrągłe, mające metr średnicy, nad niem zasklepiona pokrywa gliniana wysoka na 70 i gruba na 10 centymetrów, która na wierzchu ma otwór do wypuszczania gazów, na dole zaś dwie rury dwucentymetrowe do wprowadzania powietrza i otwór do spuszczenia materiału roztopionego.

Niedaleko od tych miejsc, w których znalezione były piece, znajdują się wyborne rudy żelazne, a ponieważ wytapianie żelaza odbywało się na węglach drzewnych, tem się tłumaczy znaczna miękkość żelaza, o czem przekonywamy się z wydobytych tam mieczów. Miecze te prawie zawsze są kilkakrotnie razem z pochwą pozginane, jak również groty od włóczni, ażeby je łatwiej można było włożyć do urny, lub też uczynić niezdatnymi do dalszego użytku, co właśnie dowodzi, iż żelazo, z którego były wykonane, odznacza się bardzo wielką miękkością. W miejscowościach, gdzie nie było dobrych rud żelaznych, otrzymywane żelazo nawet i z rudy brunatnej.

Srebro jest takim samym towarzyszem żelaza, jak złoto przy bronzie. Spotykamy je w różnych przedmiotach, służących do ozdób, upiękaszanych w czasach późniejszych kamieniami barwnymi, szkłem i emalją w nadzwyczaj dobrym guście. W czasach późniejszych z epoki cesarstwa rzymskiego powstaje nowa umiejętność pokrywania żelaza srebrem. Początkowo pokrywano bronzem, później srebrem, lub jednocześnie bronzem i srebrem i wykonywano to ze smakiem wykwintnie artystycznym. Wdzięk tych robót podnoszony był jeszcze przez dodanie emalji lub barwnych kamieni. Na opisanie nadzwyczajnego bogactwa kształtów starożytnych wyrobów żelaznych brak nam miejsca, nadmienimy jednak, że starożytni egipcjanie posiadali już żelazo, jak świadczy o tem kawałek, wydobyty ze środka muru piramidy podczas przebijania szybu powietrznego; hartowanie zaś żelaza było już znane za czasów Homera (Iliada, pieśń 11 i Odysea, pieśń 9).

Ołów już podczas epoki brązu spotyka się w wykopaliskach kaukaskich w formie małych płaskorzeźb z grubszymi obrzeżami w postaci zwierząt, a także w Karyntji, gdzie, jak to już widzieliśmy, pod Frög znalezione zostały figurki ołowiane (str. 102). W epoce cesarstwa rzymskiego występuje znacznie częściej, mianowicie, jako przymieszka do brązu, do zapewnienia szwów w budowlach z kamieni płaskich; używany bywa do uszczelniania rur wodociągowych, do umocowania w kamieniach łączników żelaznych, wreszcie jako materiał na trumny, rury, dachy i inne przedmioty. Specjalne zastosowanie miał do zalewania małych dziurek w naczyniach glinianych. Prawdopodobnie tutaj ołów w postaci wałeczka był wstawiany do dziury i z obu stron ścianki naczynia, rozklepany dla wypełnienia i uchwylenia brzegów otworu, zupełnie w ten sam sposób, jak obecnie wzmacniają pęknięte grube szyby lustrzane. Albo też zalewano otwór w naczyniu ołowiem, po przygotowaniu w tem miejscu odpowiedniej formy z wosku. Podobnej techniki używali starożytni peruwjańczycy, którzy pęknięte lub dziurawe naczynia gliniane poprawiali za pomocą żywicy.

W Berlińskim muzeum etnologicznym znajduje się trumna ołowiana kobiety z epoki cesarzy rzymskich, dowodnie przekonywająca nas, że ówczesni Rzymianie, mieszkający nad Renem posiadali dokładną znajomość techniki ołowiu, którą stosowali w podobny sposób, jak się to czyni obecnie przy

łączeniu rur ołowianych: rozszerzali, mianowicie jeden koniec rury w postaci lejka tak, ażeby mógł objąć koniec drugiej rury. Następnie wlewano tam łatwo topliwego stopu z ołowiu i cyny, uszczelniając tym sposobem złączone rury.

Podobnie wzmacniano rogi w trumnach rzymskich. Powierzchnie boczne podłużne trumien zachodziły na poprzeczne zaledwie na szerokość trzech palcy i były dla tego wzmacniane przez plombowanie, do wykonania tego jako materiału używano mieszaniny, otrzymanej ze stopienia w pewnym stosunku ołowiu z cyną.

\* \* \*

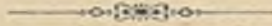
Od czasu do czasu spotykają się na przedhistorycznych naczyniach pojedyncze znaki, które przypadkowo mogą być uważane jako znaki jakiegoś pisma, ponieważ mają podobieństwo do rozpoznanych już znaków pisma na naczyniach etruskich, fenickich i t. p. Takie znaki piśmienne mają niektóre z puharów glinianych, wykopanych w Troi. znaki te jednak, według wyjaśnień Poppelreutera, są tylko pewnymi wskazówkami co do składu masy danego naczynia. Rzeczywistych napisów na naczyniach z czasów przedhistorycznych aż do czasów rzymskich nie stwierdzono, z wyjątkiem okazów sprowadzonych z Grecji lub innych części południowych czy też południowo-wschodnich. Dopiero pod przeważnym i długotrwałym wpływem rzymian ukazały się w III i IV wieku po Chrystusie znaki piśmienne, powstałe z wielkich liter rzymskich, runy, które rozeszły się później po różnych krajach, jako rozmaite alfabety; z nich na szczególną uwagę zasługuje najstarszy „Futhork“, tak nazywany od początkowej litery jednego wiersza, napisanego pismem runicznym. Niewiele znamy w ogóle napisów runicznych, jednakże musiały one być rozpowszechnione, gdyż znamy próby napisów na ozdobach służących do stroju i na różnego rodzaju broni, pochodzących z Niemiec południowych, Rumunji, Wołynia i wielu innych, aż do Anglii, Islandji i Skandynawji. Najwięcej pomników runicznych znajduje się w Skandynawji, pomiędzy nimi jest wiele z czasów młodszych, sięgających czasów Wikingów; stanowią je często na 4 metry wysokie kamienie runiczne, kamienie pomnikowe, stawiane umarłym lub poległym w bitwach. Jeszcze w XVIII stuleciu spotykamy kalendarze włościańskie znaczone pismem runicznym na laskach, lub innych prętach runicznych; znaki te są prawdopodobnie więcej symbolicznymi niż rzeczywistymi napisami i w niektórych miejscach zachowały się do dnia dzisiejszego.



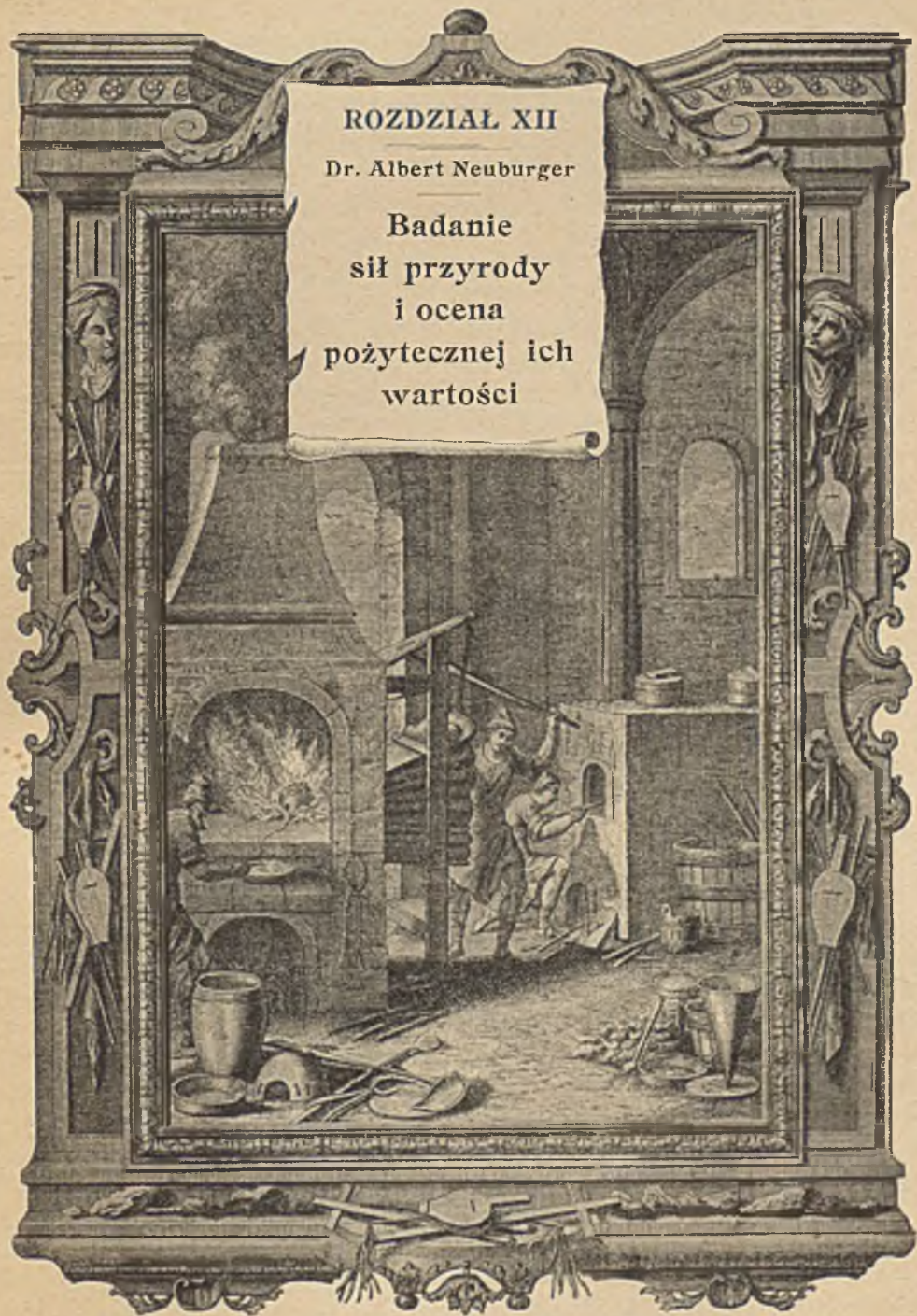
Wóz brązowy ze Spreewaldu.



Zbliżyliśmy się więc już nietylko do czasów historycznych, lecz raczej do czasów najnowszych, które wykazują obszerny rozwój techniki na wszystkich polach przemysłu, co będzie przedmiotem naszego rozpatrywania w rozdziałach następnych, obecnie kończymy więc krótkie spostrzeżenia nasze nad działalnością techniczną czasów ubiegłych. Szczupłość miejsca zmusza nas, niestety, do ograniczenia opisu naszych badań w tym zakresie.



ROZDZIAŁ XII  
Dr. Albert Neuburger  
Badanie  
sił przyrody  
i ocena  
pożytecznej ich  
wartości







Amerki, przyrządzający lekarstwa.

Według jednego z fresków pompejańskich.

## Badanie sił przyrody i ocena ich wartości ze względu na usługi, jakie oddały człowiekowi.

### Dzieje fizyki i chemji i znaczenie ich w rozwoju techniki, przemysłu, komunikacji i handlu.

Badaczowi, który zamierza śledzić dzieje rozwoju fizyki i chemji, tych dwóch umiejętności tak wysoko obecnie rozwiniętych, a także ich wpływu cywilizacyjnego na ludzkość, już na samym wstępie do wykonania tego przedsięwzięcia następują takie trudności, jakie może nie istnieją w żadnej innej gałęzi wiedzy. Pierwotne pojęcia o działaniu i znaczeniu sił przyrody giną w ciemnej mgłę wieków. Wtedy dopiero, kiedy Grecja doszła do najpełniejszego rozkwitu, gdy w niej wiedza i sztuki piękne znalazły się na najwyższym stopniu rozwoju, nadeszła dla chemji i fizyki taka chwila, która pozwala pod pewnym względem rozejrzeć się i zauważyć z zadowoleniem, że i w tym także zakresie okazuje się pewien wpływ na ogólny rozwój kultury. Przyczyny, dlaczego właśnie w tych dwóch działach ludzkiej pracy, powołanych później do odegrania tak ważnej roli, wnioskujących tak głęboko i silnie w życie nie tylko człowieka pojedynczego, lecz i całej ludzkości, zachodziły tak dziwne stosunki, staną się dla nas zupełnie jasnymi, jeżeli zwrócimy uwagę na cele i zamiary, do jakich dąży chemja i fizyka.

Obie te umiejętności starają się zgłębić zmiany, jakim ulega materja, czyli to wszystko, co wypełnia przestrzeń. Jednak podczas gdy fizyka traktuje materję jako część ograniczoną przestrzeni i obejmuje ją zarazem jako całość, chemja usiłuje przeniknąć istotę materji, zbadać jej skład wewnętrzny i wyjaśnić zmiany, jakie spowoduje oddziaływanie wzajemne różnych jej części. Fizyka zadawalna się zgłębieniem praw, pod wpływem których ciała zmieniają swój kształt. Dla niej dostatecznym jest, jeżeli stwierdzi, że metale pod wpływem ciepła rozszerzają się, kurczą się zaś pod wpływem zimna. Zakres jej badania się kończy, skoro ustanowionem zostaje wiecznie niezmienną się prawo, że promień światła ulega pewnym zmianom przy przejściu przez szereg różnych ciał, jeżeli utworzone są normy,

na zasadzie których może być przeprowadzony konsekwentnie system miar i wag. Chemja pojmuje swoje zadanie szerzej. Nie zadawalnia się tem, że są stwierdzone powody, wskutek których metale ulegają rozszerzeniu lub skurczeniu. Stara się raczej wniknąć w samą istotę metali, ustanowić, czy one nie dadzą się rozłożyć na prostsze części składowe i zarazem zbadać, jakie wytworzą się stosunki, jeżeli metale w różnych stanach skupienia będą na siebie oddziaływać. Poznawszy jasno istotę, cele i dążenia obu siostrzanych umiejętności, zrozumiemy łatwo, dlaczego w czasach, gdy człowiek znajdował się na niskim stopniu cywilizacji, nie mogło być mowy nietylko o fizyce i chemji, ale o jakichkolwiek pojęciach tego rodzaju. Zobaczymy dalej, jakie zjawiska chemiczne i fizyczne mogły najpierw zwrócić na siebie uwagę człowieka pierwotnego.

Życie przyrody toczy się podług wiecznych i niezmiennych praw i wiemy, że tak jak dzisiaj jabłko spada na ziemię, tak samo i w zaraniu ludzkości każde ciało, pozbawione podpory naturalnej, musiało ulegać działaniu siły przyciągania ziemi—mieszkaniec jaskini w dawno minionych stuleciach zauważył, że w jesieni zeschłe liście spadają na ziemię, czuł także, walcząc z reniferem lub łosiem, że gdy z rozmachem spuszczał na łeb swej ofiary kamienną siekiere, to mogła ta broń pierwotna wskutek swej elastyczności albo odskoczyć z powrotem lub nawet rozczepić się na kawałki. Nie zastanawiał się jednak nad przyczyną, sprowadzającą taki wypadek, zachowywał się obojętnie w obec tego zjawiska, jak również i tysiąca innych zjawisk, które się przejawiały w ożywionej i martwej naturze. Zupełnie wszakże nie mógł się uwolnić od wszelkich wpływów zjawisk zewnętrznych, musiał bowiem dostrzedz tę prawidłowość następstwa i zmian zjawisk natury, które przesunęły się w jego życiu, tak, iż zmuszony był niejako do zadania sobie pytania, dlaczego to wszystko odbywa się w ten a nie w inny sposób. Widział codziennie, jak słońce rano ukazywało się nad poziomem, a wieczorem skrywało się pod niego i to stale i zawsze w ciągu całego jego życia. Na własnym ciele odczuwał prawidłowość zmian pór roku, która zmuszała go do walki z dzikimi zwierzętami, aby uniknąć śmierci w mroźną noc zimą! A gdy dla zdobycia sobie pokarmu, opuszczał pierwotne swe mieszkanie i wędrował w dal, mógł zaraz zauważyć, że miejscowość, w której przebywał, zdaje się być ze wszystkich stron nieograniczona. Gdziekolwiek posunął się, wszędzie spotykał zmieniające się wzajemnie góry i doliny, ziemię i wodę, nigdzie jednak nie znalazł końca tego wszystkiego. A gdy przyciśnięty głodem i zimnem wybierał się w drogę i starał się zwrócić w tę stronę, gdzie spodziewał się znaleźć słońce i ciepło, to po długiej i uciążliwej wędrówce przekonywał się, że i tam niema żadnej granicy, że ziemia, którą zamieszkiwał rozciąga się w dal niezmierną. Pierwszemi więc pojęciami fizycznymi, które pojawiły się w mało rozwiniętym mózgu człowieka pierwotnego były napewno pojęcia czasu i przestrzeni! Nieskończona przestrzeń, ciągła i prawidłowa zmiana pór roku, były pierwszemi pewnikami, które odcisnęły się w umyśle jego i które częścią z przymusu, częścią dobrowolnie musiał ostatecznie uznać za kierowników jego życia.



**W poszukiwaniu pożywienia.**

Według obrazu F. Cormona Paryż.

Jeżeli dzisiaj mówimy o rozwoju cywilizacji, to musimy, jako jej istotny początek, przyjąć tę chwilę, w której człowiek pierwotny wyrobił w sobie pojęcie czasu i przestrzeni, a więc te pojęcia, które i dzisiaj są najgłówniejszą podstawą wszelkich badań fizycznych.

Zupełnie też jak my w czasach obecnych każdą zdobytą umiejętność staramy się skierować dla naszego dobra, użyć ją do posług naszych i wyciągnąć z niej korzyść największą, tak samo postępował napewno człowiek przed wiekami. Skoro poznał że dzień i noc, lato i zima, kwiaty i owoce następują po sobie w stale oznaczonych odstępach czasu, urządził swe życie stosownie do tych zjawisk i w tych właśnie chwilach widzimy pierwszy wpływ na kulturę ludzką, wpływ, który odtąd postępując naprzód stale i ciągle, przenika tak głęboko i potężnie nasze współczesne życie kulturalne. Pierwsze więc spostrzeżenia, jakich w ogóle człowiek dokonał, były natury fizycznej. Jakkolwiek były one proste, to jednakże człowiekowi jaskiniowemu nie pozostawało nic innego, jak głębiej wniknąć w istotę materji otaczającej go i wyjaśnić sobie jej naturę i wzajemne oddziaływanie, czyli innemi słowy: oddać się myślom i próbom natury chemicznej. To jednak mogło być wykonane przy osiągnięciu cywilizacyjnie rozwiniętego stanowiska, które podlegać musiało rozwojowi dalszemu, ponieważ namiętności natury ludzkiej tak się uwydatniły, że żądza posiadania zawiadnęła czynami i myślą ludzi i zawiadnęła tak silnie, że cała inteligencja, całe dotychczas zdobyte doświadczenie podporządkowane zostało przez jedyną myśl: pogoni za bogactwem. „Wszystko lgnie do złota, wszystko do niego dąży“, wypowiedział Goethe i to zdanie wyznacza stanowisko, z którego rozpoczął się rozwój chemji. Żądza złota, pragnienie użycia wszelkich rozkoszy, jakich ludziom dostarcza posiadanie złota, to były jedyne pobudki, skłaniające do pierwszych prób chemicznych, których zadaniem było otrzymanie tego błyszczącego metalu drogą sztuczną. W tym czasie, kiedy pierwsze doświadczenia, skierowane do tego celu, urządzone były przez umysły przedsiębiorcze i rozumne, ludzkość już stała na wysokim stopniu rozwoju. U wszystkich prawie znanych nam narodów istniały prawa i porządek, korzystano z licznych doświadczeń lat poprzednich a mieszkania swe urządzano z przepychem, wspaniałością a nawet ze zbytkiem. Tak wysoki stopień rozwoju nie mógł być, naturalnie, osiągnięty bez udziału pewnej ilości doświadczeń, zdobytych, drogą czysto empiryczną, które w swym całokształcie przedstawiają dosyć bogatą wiedzę chemiczną; i rozwój chemji rozpada się na dwa wielkie perjody: pierwszy zawiera wiedzę chemiczną, zebraną na drodze empirycznej czyli z pomocą doświadczeń, drugi zaś wiedzę, zdobytą z pomocą prac w oznaczonym kierunku, czyli eksperymentalnego badania. W ciągu tysięcy lat badanie doświadczalne znajdowało się na błędnych drogach: zdobycia złota i bogactw, które wyryły na niem charakterystyczne piętno, tak, że nawet w najnowszych nawet czasach cały rozwój chemiczny postępował pod godłem wytwarzania złota, czyli alchemji. Dopiero od stu lat nastąpiła zupełna zmiana; miejsce doświadczeń skierowanych do zdobycia złota zajęło ścisłe i naukowe badanie. Oba jednak perjody wywarły wpływ głęboki na ludzkość i jej cywilizację. Pierwszy zapoznał człowieka z wielką ilością nowych ciał, wskazał ich zastosowanie i wiele ciał ważnych wprowadził do użytku, drugi natomiast nauczył, jak zabezpieczyć ciała od wzajemnego ich na siebie oddziaływania i zawiadnęła znaczną ilością sił natury.



Wydymanie naczyń szklanych w starożytnym Egipcie.

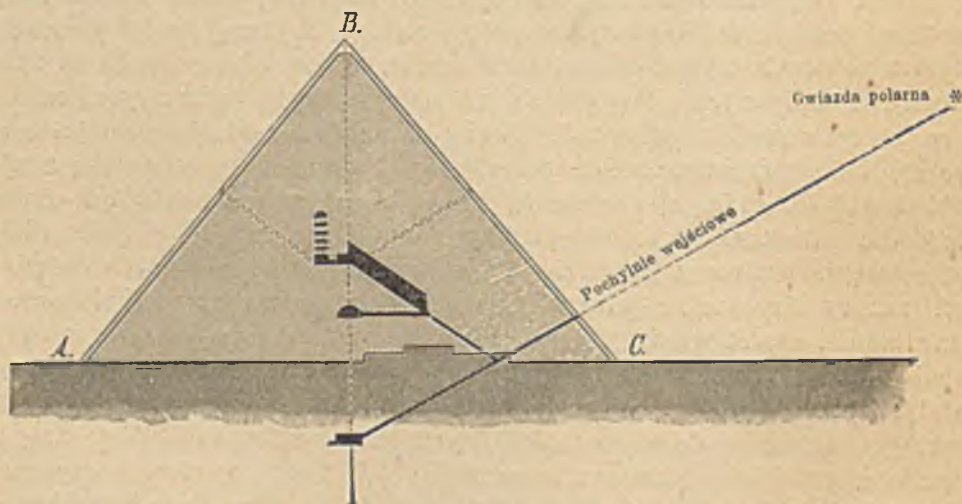
## I. Fizyka i chemja u najstarszych ludów cywilizowanych.

Gdybyśmy postawili sobie pytanie, w jakiej części kuli ziemskiej szukać mamy pierwszego przejawu znajomości fizyki, gdzie było to miejsce, w którym u ludzi pierwotnych zrodziło się pierwsze pojęcie przestrzeni i czasu, musielibyśmy odpowiedzieć sobie sławnym wyrażeniem du Bois-Reymonda: „ignorabimus“. Nie wiemy tego i nigdy się o tem nie dowiemy! Pierwsze wiadomości i pierwsze próby natury fizycznej były podawane ustnie z pokolenia w pokolenie i tam nawet, gdzie oddziaływały na życie kulturalne, wpływ ich okazywał się na pewnych tylko przyzwyczajeniach, które sobie człowiek przyswoił. Sceny obrazowe, znalezione na ścianach pieczar, każą przypuszczać, że człowiek pierwotny posiadał pewną znajomość fizyki i chemji, a znajomość ta datuje się z pewnością od chwili, kiedy dla mieszkańca naszej planety stały się zrozumiałe pojęcia czasu i przestrzeni. Dalsze uprawianie tych umiejętności i zdobytych doświadczeń natury fizycznej, a potem chemicznej i matematycznej, było prowadzone ustnie, nawet wtedy jeszcze, kiedy ludzkość doszła już do wysokiego stopnia kultury. Dopiero poczynając od VI w. przed Chr. znajdujemy w pozostałych pismach filozofów greckich Platona i Arystotelesa pierwsze wskazówki piśmienne co do wiadomości fizycznych owej epoki. Wszystko, co dotychczas wiedział człowiek z zakresu fizyki i chemji musimy odczytywać z pozostałych po nim niemych śladów jego istnienia. Ruiny budowli, przedstawienia pochodów wojennych i obrzędów religijnych, w niektórych pojedynczych wypadkach także i wskazówki piśmienne, natury jednak czysto ludowej opowieści, w których o fizyce i chemji niema właściwie nawet wspomnienia, są to jedyne źródła, które mamy do rozporządzenia, ażeby rozwiązać zajmujące nas zadanie! Takie jednak źródła, na zasadzie których moglibyśmy sobie wytworzyć dzisiaj obraz ich wiedzy i umiejętności, znajdujemy zaledwie u niektórych narodów, w pierwszym rzędzie u ludów



wschodu i mieszkańców wybrzeży morza Śródziemnego. Jeżeli chcemy śledzić dzieje rozwoju fizyki i chemii i ich wpływu na ludzkość, musimy wejrzeć w ich życie tętniące całą pełnią. Co było przed nimi, przynajmniej co się tyczy wiedzy fizycznej i chemicznej, pozostanie zawsze dla nas zagadką. Między człowiekiem pierwotnym a czasami faraonów nie istnieje żaden łącznik. Pierwszymi narodami, o których wiedzy z zakresu fizyki i chemii w ogóle coś wiemy, są egipcjanie, judejczycy, persowie, fenicjanie, babilończycy, grecy i rzymianie. Do nich zaliczyć możemy jeszcze chińczyków i japończyków; o wiedzy ich mamy jednakże tak niedokładne wiadomości, że nie możemy sobie utworzyć żadnego pojęcia o wpływie fizyki i chemii na ich życie kulturalne.

Z pomiędzy wszystkich wymienionych wyżej narodów na pierwszy plan wysuwają się egipcjanie, tak ze względu na obszar jak również i na gruntowność ich wiedzy, zbadanej do dnia dzisiejszego. Możemy napewno powiedzieć, że fizyka i chemja doszła u nich do tak wysokiego stopnia rozwoju, jak u żadnego z narodów starożytnych. Nie pozostawili oni wprawdzie prawie żadnych wskazówek piśmiennych w zakresie wiedzy fizycznej, stajemy jednak zdumieni przed arcydziełami ich budowniczych, które nas przekonywają, jak głęboką i gruntowną musiała być ich wiedza w tym zakresie; największa i pełna znaczenia budowla z czasów panowania faraonów, jaka dotrwała do naszych czasów w stanie prawie zupełnie niezniszczonym,



Przekrój piramidy Cheopsa przez wejście i komorę grobów.

jest zupełną zagadką w najobszerniejszym znaczeniu tego wyrazu, tak wiele zawiera dowodów gruntownej wiedzy matematycznej i fizycznej. Do dnia dzisiejszego jeszcze piramida Cheopsa jest zagadnieniem z zakresu matematyki i fizyki, czekającym na rozwiązanie. Cztery jej ściany wskazujące cztery strony świata, wyprowadzone są z dokładnością matematyczną, podstawa zaś skalista, na której się wznosi, jest nadzwyczaj starannie spoziomowana,



### Wejście do piramidy Cheopsa.

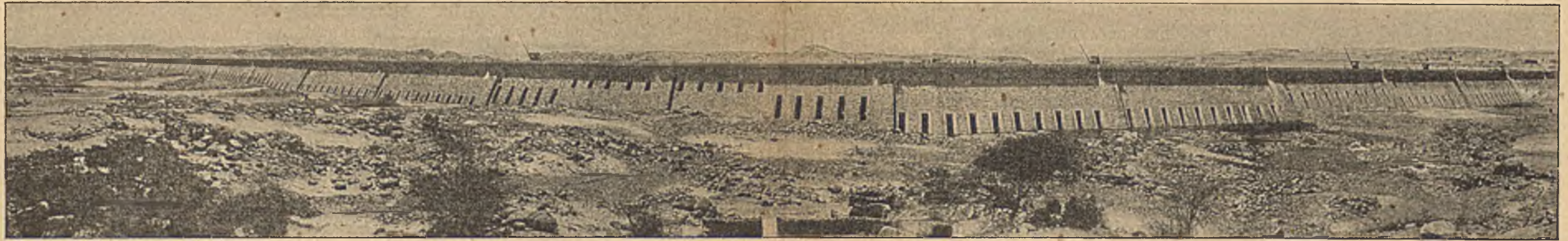
Według zdjęcia fotograficznego.

tak, że dziś rodzi się pytanie, jakimi narzędziami posługiwał się budowniczy owych czasów, by utworzyć taką podstawę dla budowli, godnej najwyższego podziwu we wszystkich okresach dziejów. Kąty nachylenia czterech ścian tej piramidy wyrachowane są z taką dokładnością, że wykonanie tego zadania przedstawiłoby wiele trudności nawet nam, przekonanym, żeśmy osiągnęli najwyższy stopień cywilizacji. Co za gruntowną znajomość

praw statyki i mechaniki musieli posiadać kierownicy tej zadziwiającej budowli, ażeby przesunąć tak olbrzymie gązdy kamienne, piętrzyć je jedne nad drugimi i kierować niemi? Jak znakomitymi musieli być matematykami, skoro liczbę  $\pi$ , wprowadzoną do matematyki dopiero w XIV wieku po narodzeniu Chrystusa, już na 3 000 lat przed naszą erą umieli stosować przy obliczaniu planów wielkiej piramidy. Są także namacalne wskazówki o uwzględnieniu budowli co do roku słonecznego, cofania się punktów równonocnych i t, p. — wszystko to są fakty, które odnośnie do obszaru wiedzy fizycznej starożytnych egipcjan wywołują w nas istotny podziw, pomimo to, że o rodzaju i zakresie tej wiedzy do dnia dzisiejszego nie możemy mieć dokładnego wyobrażenia. Zdaje się, że egipcjanie posiadali także stosunkowo dosyć obszerne wiadomości z najmłodszej gałęzi fizyki, mianowicie z działu elektryczności statycznej. Zaledwie sto lat minęło od czasu jak Franklin przez wynalezienie piorunochronu zaliczony został do liczby dobroczyńców ludzkości, a już jego następcy, wsparci próbami i doświadczeniem mogą zwycięzko walczyć z burzą, jednym z najgwałtowniejszych objawów przyrody. Wiemy jak Franklina za to odkrycie uczczono i na wieki pozostaną jego godłem słowa, któremi powitał go przy przyjęciu do akademji paryzkiej uczony francuzki d'Alembert, ogłaszając jego sławę potomnym: „Eripuit fulmen coelo, sceptrumque tyrannis“. A jednak o Franklinie egipskim, który napewno również gruntownie, jak uczony amerykański badał prawa wyładowania elektrycznego, nie posiadamy ani żadnego napisu, ani jednego wyrazu wiadomości. Że jednak starożytni egipcjanie musieli znać nietylko zasady powstawania iskry elektrycznej i sposoby jej wywoływania, ale także umieli korzystać ze znajomości tych praw i odpowiednio je do życia swego stosować, o tem dzisiaj nawet świadczą ruiny ich świątyń. Około XV wieku przed narodzeniem Chrystusa budowę swych świątyń wykonywali w ten sposób, że wejście przez wielką bramę urządzone było przez tak nazywany „pylon“, z boków którego wznosiły się dwie warowne wieże. Każda z tych wieży zaopatrzona była w dwie rynny, idące od góry do samego dołu, na wierzchu których były zamocowane maszty drewniane. Maszty te sięgały do znacznej wysokości i w świątyni w Edfu wznosiły się w powietrzu na sto stóp wysoko. Znaczenie ich objaśnia napis starożytny, znaleziony później za czasów Ptolomeuszów (323—320 po Chr.), który głosi: „to jest wysoka budowla pylonu bożka z Edfu, główne siedlisko błyszczącego rogu; po dwa maszty znajdują się na jego miejscu, ażeby na wysokości niebios przecinać burzę“. Egipcjanie musieli także doskonale i jasno pojmować zasady przewodnictwa elektryczności, ponieważ znane im były fakty, że metale w ogóle są dobrymi przewodnikami elektryczności, a z pośród nich miedź posiada tę własność w stopniu najwyższym. To zaś wynika z tego, że jak powyższy napis dalej głosi, „to maszty na pylonach, ażeby lepiej odpowiadały celowi, powinny być pokrywane miedzią krajową“. Inne napisy podają nam także, że obeliski, ażeby mogły być użyte jako piorunochrony, powinny posiadać na wierzchu pokrywy

z czystej miedzi, lub też powleczone były miedzią złoconą. Te fakty, zbada-  
ne przez egiptologa Henryka Brugscha zajmują nas tem więcej, ponieważ  
wiadomo, iż w dzisiejszym Egipcie burze nie trafiają się wcale. Cała jednak  
kultura Egiptu z czasów Faraonów wskazuje na to, że tam dawniej musiały  
panować zupełnie inne, niż teraz, warunki klimatyczne, że delta Nilu przed  
tysiącami lat przedstawiała kraj nawiedzany burzami, który badaczom  
tych czasów dostarczał bogatego materiału do spostrzeżeń nad zjawiskami  
fizykalnymi, pozwalającego wnioskować o dobrobycie jego mieszkańców.

Dzięki dopiero co wspomnianym pozostałościom dawno wygasłej kul-  
tury mieliśmy sposobność rozpatrzenia się w wiedzy starożytnego Egiptu  
w tak ważnym dziale umiejętności jak statyka, mechanika i elektryczność,  
obecnie drugie arcydzieło pouczy nas o gruntownej wiedzy, w zakresie  
hydrauliki. Ten dział wiedzy, o którego początku nie możemy sobie wy-  
tworzyć żadnego pojęcia, był może najważniejszym dla całej kultury tego  
kraju i z pewnością nie jest nadto śmiałym twierdzenie, że bez praktyczne-  
go jej zastosowania kultura Egiptu nie byłaby się wzniosła nigdy do tej  
wyżyny, przed którą dzisiaj jeszcze stoimy w głębokim podziw. Jak wia-  
domo, dobrobyt Egiptu zależał przedewszystkiem od nawodnienia. Sprawa  
nawodnienia była najważniejszą dla Egiptu od czasów najdawniejszych,  
była to poprostu kwestja istnienia. Tylko na takiej przestrzeni, dokąd  
dochodziła woda Nilu, rozciągał się Egipt kulturalny, tam zaś gdzie w pia-  
sek wsiąkała ostatnia kropla wody, zaczynała się pustynia. Od tysięcy lat  
robiono usiłowania nad sztucznym powiększeniem przestrzeni nawadnianej  
przez Nil, ażeby polepszyć wydajność gruntu i zawsze, mimo wyłożonych  
na to miliardów, napróżno! Sztuka budowlana hydraulików całego świata  
nie wystarcza, by uratować od pewnej zagłady ten kraj, niegdyś tak kwitną-  
cy, a zagłada czeka go niechybnie, jeżeli tama, zbudowana przy mieście  
Assuan w początku grudnia 1902 r. nie spełni położonych w niej nadziei.  
I czego nie mogli dokonać technicy współcześni z ostatniego stulecia, tak  
gruntownie obznajmieni z zasadami hydrauliki, to udało się wykonać  
w bardzo odległej epoce kulturalnej hydraulikom starożytnego Egiptu,  
których wiedza w danym zakresie zdaje się przewyższać pod tym wzglę-  
dem naszą umiejętność. O sposobie nawadniania państwa faraonów czy-  
tamy w historii pisarza greckiego Herodota w rozdziale „Euterpe“ co  
następuje: „Jakkolwiek labirynt jest istnym cudem świata, to jednak blisko  
leżące jezioro Meris budzi we mnie jeszcze większy podziw, gdyż obwód  
jego, wynoszący 3600 stadji, co do długości równy jest dokładnie brzego-  
wej linii morskiej całego Egiptu; jezioro rozciąga się z północy na południe  
i największa jego głębokość wynosi 50 sążni. Łatwo można poznać, że wy-  
kopane zostało rękami, na środku bowiem stoją dwie piramidy, wznoszące  
się nad wodą na 50 sążni i zagłębiające się pod wodą także na 50 sążni.  
Woda w jeziorze nie wypływa z ziemi, miejscowość bowiem ubogą jest w wo-  
dę, lecz przeprowadzona jest z Nilu kanałem. Przez sześć miesięcy w roku  
woda płynie do jeziora, przez następne 6 miesięcy odpływa z powrotem



Tama, podnosząca wodę Nilu pod Assuanem w górnym Egipcie.

do Nilu. Herodot mówi dalej, w jakim celu utworzone zostało jezioro Meris: „jeżeli, jak to już poprzednio wzmiankowałem, w tym samym stosunku co lat ubiegłych, będzie przybywało ziemi urodzajnej poniżej Memfisu, egipcjanie nigdy nie zazną głodu“.

Jakiem arcydziełem budownictwa wodnego musiało być jezioro Meris, po którym dzisiaj nie pozostało najmniejszego śladu, można sądzić z tego, że według badań Linanta Paszy (1842), podczas których odnalazł jeszcze ślady tam starych, obwód jeziora wynosił 75 kilometrów, powierzchnia zaś wody — 157 kilometrów kwadratowych. Przy pomocy tego olbrzymiego zbiornika wody można było doprowadzić do ubogiego w wodę gruntu Egiptu tak znaczną ilość użyźniającej wilgoci, że prawdopodobnie możliwym się stawał zbiór powtórny plonu. Jeżeli dzisiaj podziwiamy szczątki znikłego dawno państwa faraonów, to musimy jednak przyznać, że kultura całego tego państwa mogła się rozwinąć na ziemi, posiadającej wielką żyzność i największą wydajność plonów, i ta kultura była więc dziełem jeziora Meris, największego ze wszystkich, jakie świat widział, sztucznych urządzeń wodnych. Czy więc egipcjanie starożytni posiadali odpowiednie wiadomości, fizyczne, które dziś mimo całego postępu wiedzy są dla nas zakryte i czy mieli wreszcie do rozporządzenia wszelkie pomocnicze środki mechaniczne, o których dzisiaj nie możemy sobie wytworzyć jakiegokolwiek pojęcia? Pytanie to prawdopodobnie pozostanie bez wyjaśnienia. To tylko jest pewnym, że kultura starożytnego Egiptu najwyraźniej jest zależną od wiedzy i doświadczeń charakteru fizycznego.

Egipcjanie byli też najstarszym narodem, który zajmował się obszernym badaniem stosunków fizycznych nieba. Z badań tych okazało się, że wejście do grobowca królewskiego poprowadzone było dokładnie w kierunku gwiazdy polarnej owego czasu ( $\alpha$  w gwiazdozbiórze Smoka), tak, że trzymane poziomo w tej kamerze zwierciadło odbijało obraz gwiazdy północnej. Dalej, pozostałe rysunki i opisy na zwojach papyrusowych pozwalają nam sądzić, że egipcjanie pierwsi podzielili rok na równe części a o wielu

zjawiskach niebieskich mieli bardzo jasne pojęcie, które się zatarło razem z upadkiem ich państwa i potem nanowo musiało być odtwarzane.

Jeżeli zdumiewa nas obszar wiedzy fizycznej egipcjan, jakkolwiek doszły nas tylko drobne jej ułamki, to tem większy podziw wywołuje w nas znakomita na owe czasy wiedza chemiczna, tembardziej, że mogła być zebrana jedynie na podstawie doświadczeń i prób. Powody, zmuszające do gromadzenia tej wiedzy, o ile sądzić możeby ze sposobów stosowania zdobytych wiadomości, nie miały charakteru abstrakcyjnego dążenia do zdobycia czystej wiedzy, lub dociekania prawdy. Były to potrzeby, które miały za cel podtrzymanie życia, lub też służyły do tego, aby to ostatnie uczynić przyjemniejszym, albo też były to rozważania medyczne, lub wreszcie spostrzeżenia przypadkowe — wszystkie te jednak powody postawiły chemię u egipcjan na tak wysokim stopniu, że na podstawie ówczesnej wiedzy chemicznej mógł się rozwinąć obszerny przemysł chemiczny i handel, jedynie najwięcej rozpowszechniony w całym świecie starożytnym. Z pomiędzy wielu umiejętności, uprawianych w starożytnym Egipcie przy zastosowaniu środków chemicznych, które jednak dotąd pozostają nierozwiązaną zagadką, naczelnym miejscem zajmuje balsamowanie ciał. Pomimo wielkiej ilości ciał chemicznych natury organicznej i nieorganicznej, które mają do rozporządzenia chemicy dzisiejsi, nie można przeprowadzić procesu balsamowania z taką dokładnością, z jaką go wykonywali ówcześni kapłani. Metody i sposoby tak są zagadkowe, iż ażeby je objaśnić możliwie, przypuszczano, że powietrze i klimatyczne warunki musiały być tam przyjazne dla wykonywania tego zadania, przypuszczenie, które na podstawie późniejszych badań okazało się zupełnie błędnym, tem więcej, iż dowiedziono wręcz przeciwnie, że gorący klimat doliny Nilu przyspieszał proces rozkładowy daleko więcej, niż w krajach położonych na północ. Ponieważ chemia nowoczesna nie może nam już dać wyjaśnienia co do materiałów i sposobów, używanych przez egipcjan do balsamowania umarłych, to musimy się zadowolnić obrazowym przedstawieniem i przekazaniem nam przez Herodota wiadomościami

o sposobie wykonania tego zadziwiającego procesu. Z opisu tego wynika, że do przygotowania płynów, używanych przy balsamowaniu, musieli brać materiały garbnikowe w połączeniu z żywicą i asfaltem. Dochodziły do tego, zależnie od stosunków majątkowych umarłego, różnego rodzaju ciała aromatyczne i maści wonne, a wreszcie do owinięcia całego ciała pasy lniane i bawełniane, nasycone pewnego rodzaju rozpuszczoną gumą, mające często do 5000 metrów długości. W ostatnich czasach wykonano analizę chemiczną wielu materiałów, otrzymanych z wykopalisk egipskich, tym sposobem na jej podstawie można będzie utworzyć sobie dosyć przejrzysty obraz, przedstawiający wiedzę chemiczną w państwie faraonów. Wszystkie jednak nadzieje i zabiegi najdzielniejszych chemików około zbadania mumji spełżyły na niczem i stoimy bezradni wobec tej zagadki, jak i wobec niektórych ówczesnych zjawisk fizycznych.

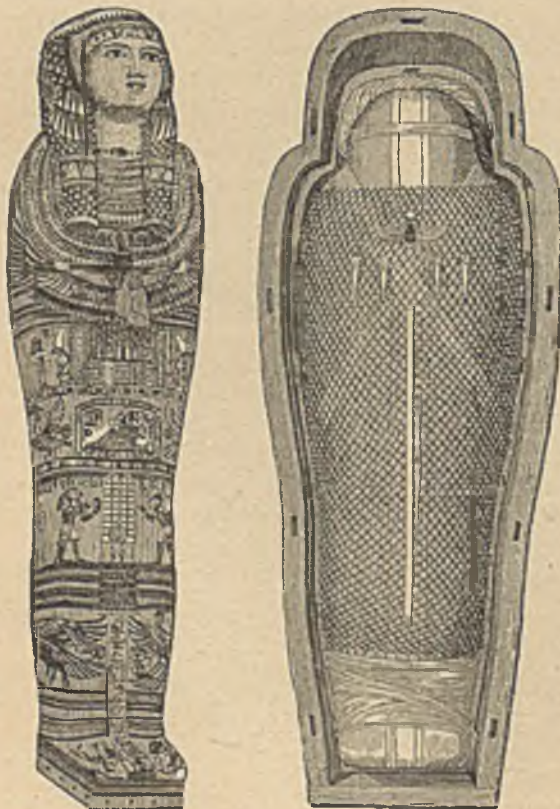
Pomiędzy działami wiedzy chemicznej, które dzięki takim analizom do pewnego stopnia wyjaśnione zostały, pewsze miejsce dla nas zajmuje chemja barwników. Kolory pomników, zachowanych do naszych czasów, mimo ich starożytności i wystawienia przez tysiące lat na zmiany atmosferyczne, odznaczają się świeżością pełną życia. Farby te, jak wykazała analiza, należą przeważnie do kategorii barwników mineralnych, t. j. takich, które powstały z nieorganicznych części składowych skorupy ziemskiej. Najwięcej używaną farbą była z odcieniem brązowym, której skład chemiczny był mieszaniną tlenku żelaza z gliną. Mikroskopijne badanie i pomiary ziarek tej farby wykazały, że tak miążkie ziarenka nie mogły być otrzymane przez samo tarcie; prawdopodobnie farba ta za pomocą nieznanego nam dzisiaj procesu chemicznego otrzymaną została z jakiegoś roztworu w postaci strąconego w najwyższym stopniu miążkiego osadu. Jako farby żółtej używano znanego już wówczas brązu złotego i listków złota, a także tlenku żelaza, który również za pomocą procesu chemicznego dzisiaj jeszcze niewyjaśnionego był jaknajdokładniej zmieszany z różnemi ilościami glinki i wapna. Ponieważ odcienia barw brunatnych i pomarańczowych, tak często spotykanych w malowidłach staroegipskich, mają ten sam skład, to możemy przyjąć, że wyżej wzmiankowane mieszaniny otrzymane były przez odpowiednie wypalenie. Farby błękitne otrzymywali ze szkła topionego, w którym rozpuszczone były sole miedziane. I w tym wypadku nadzwyczajną miążkość ziarek, budzącą w nas podziw najwyższy, można wytłumaczyć tylko w ten sposób, że bardzo gorące szkło roztopione przy nieznanym nam warunkach było wlewane do zimnej wody. Otrzymany jednak w ten sposób proszek szklany, jak nam wskazują dzisiejsze doświadczenia, nie przylegał dobrze do pokrywanego przezeń przedmiotu, musieli więc egipcjanie rozporządzać jakimś lepkiem spoiwem, najprawdopodobniej gumą, której zastosowanie było szeroko rozpowszechnione w starożytnym Egipcie. Jako farba biała używany był gips, który w połączeniu z jednym z barwników organicznych służył także do wyrobu blado różowego koloru. O tej ostatniej farbie organicznej nic nie wiemy, możemy jednak przypuścić,



**Balsamowanie ciał.**

Według „Physica sacra” Scheuchzera z 1732 r.

że ten barwnik czerwony powstał z marzanny, ponieważ egipcjanie z koczowania tej rośliny umieli wydostawać piękną barwę czerwoną. Chemicy egipscy rozumieli też doskonale, że wytwarzane przez nich farby nie powinny ulegać zmianie pod wpływem składowych części powietrza i zmian atmosferycznych. Na jednym z dzieł budowniczego piramid Neh-Vermada (4000 przed Chr.) znajduje się napis, rzucający pewne światło na sposób przygotowania farb, zawierający następujące słowa: „Ozdoby w świątyniach, wykonane farbami, powinny być tak wiecznotrwałe, jak same bóstwa“. Farby oprócz zastosowania ich do malarstwa służyły jeszcze do celów kosmetycznych. W ostatnich czasach kilku wybitnych chemików, jak v. Bayer, Berthelot, Salkowski i inni, wykonało znaczną ilość analiz jakościowych i ilościowych tych dawnych z przed 4000 lat wyrobów i udzieliło nam bardzo cennych wskazówek o obszarze wiedzy chemicznej i mineralogicznej starożytnych egipcjan, jak również o ich stosunkach handlowych. Tak na przykład, von Bayer, profesor z Monachjum, badał czarne farby, używane do malowania brwi, pochodzące z grobowców w Achmim i znalazł, że te składały się z mieszaniny siarczku ołowiu i węgla i utworzone były przez wyprażanie siarczanu ołowiu z węglem. Ażeby pokazać



Widok zewnętrzny i wewnętrzny mumii egipskiej.

na przykładzie, jak złożone i zawiłe procesy chemiczne musieli egipcjanie przeprowadzać, wspomnimy tu jeszcze o tem, co profesor von Bayer mówi, że chemicy starożytnych egipcjan przy wyrobie farby czarnej musieli postępować w sposób następujący: egipcjanie znali tylko czysty ołów metaliczny, który zapewne przez ogrzewanie na powietrzu zamieniali w tlenek ołowiu, na który działając kwasem octowym otrzymywali octan ołowiu, a z tego roztworu przez dodanie alunu, strącali siarczan ołowiu. Przez prażenie zaś tego ostatniego z węglem, jak to stwierdzają doświadczenia von Baeyera, otrzymywano produkt tych samych własności, co i badana farba czarna. Analizowana przez Bayera farba zielona z muzeum brytańskiego składała się z wodnego węglanu



miedzi z domieszką żywicy. Analizy następne wykazały, że farby używane do malowania brwi składały się przeważnie z siarczków ołowiu i niewielkiej ilości siarczku antymonu, dwóch rud, nieznajdujących się w ogóle w Egipcie i których skład każe wnosić, że one przez Arabję sprowadzone były z Indji. Współczesne więc badania chemiczne nie tylko nas zaznajamiają z wiedzą chemiczną starożytnego Egiptu, lecz także mówią nam o nadzwyczaj ważnych dla jego kultury stosunkach handlowych z Indjami i wykazują, że musiała istnieć między obydwojema temi krajami wymiana towarów i wyrobów chemicznych, tak, że chemji już w owych czasach przypada wielka rola cywilizacyjna, handlowa i polityczna. Przy końcu naszych uwag o umiejętnościach fizykalnych i chemicznych dawnych narodów, mamy zamiar powrócić jeszcze w osobnym rozdziale do stosunków handlowych świata całego w starożytności o tyle, o ile one opierać się będą na podstawie chemji i fizyki i zobaczymy wtedy, że w okrytej pomroką wieków starożytności chemja, a częściowo i fizyka wytworzyły międzynarodowe stosunki handlowe, istniejące do czasów obecnych.

Mówiąc o umiejętności egipcjan przygotowywania chemicznego farb, widzieliśmy, że potrafiały wytapiać szkło; dzisiaj wiadomo bezsprzecznie, że szkło u egipcjan znane było daleko wcześniej, niż u fenicjan, jakkolwiek tym ostatnim przypisywano wynalazek szkła. W starych budowlach cudownego kraju piramid, również jak i w ruinach Niniwy znajdowano naczynia z białego i kolorowego szkła, a na pomnikach w Tebach, które powstały na 2400 lat przed Chr., sztuka otrzymywania szkła prasowanego była znana egipcjanom.

Również i ceramika dosięgnęła u egipcjan bardzo wysokiego stopnia rozwoju. Z pomiędzy pozostałych przedmiotów, które do nas doszły, znajduje się bardzo wiele naczyń i kamieni polewanych lub bez polewy. Jak starożytnym był sposób otrzymywania szklistych kamieni, może poświadczyć już to, że przy wierceniach w delcie Nilu znaleziono kawałki wypalanej cegły, których wiek, sądząc z głębokości, z jakiej wydobyte zostały, można ocenić na 12000 lat. Znakomicie się także rozwinął w Egipcie wyrób papieru. Egipcjanie już w XVI wieku używali do pisania zwojów papyrusowych, które do VIII wieku po Chrystusie były najwięcej cenionym papierem. Przemysł papierniczy musiał być w Egipcie bardzo rozpowszechniony, gdyż zwoje papyrowe stanowiły bardzo ważny przedmiot wywozu, który można uważać jako specjalność tego kraju. Jeszcze za czasów cesarzków rzymskich sprowadzano papyrus z Egiptu, gdzie umieli go przygotowywać w zwojach o znacznej długości, jak świadczy o tem znany egiptolog i powieściopisarz Georg Ebers, który znalazł i odcyfrował papyrus z 1552 r. przed Chr., mający przeszło 20 metrów długości. Jak w czasach obecnych papier, pośrednicząc przy zamianie myśli ludzkich, odgrywa bardzo ważną rolę w cywilizacyjnym życiu ludzkości, tak samo w starożytnym Egipcie był też czynnikiem kulturalnym i posługiwali się nim jako najważniejszym i koniecznym środkiem zarówno kapłani, jak poeci, historycy i malarze, aby

swe myśli udostępnić dla innych, nakreślić swe wiadomości i zamiary i utrwalić swe pomysły. Najwięcej wiadomości o starożytnej kulturze Egiptu czerpiemy przez odcyfrowanie otrzymanych zwojów papyrusowych, które są najznakomitszą podstawą do badania dziejów w ogóle i historii cywilizacji w szczególności.

Natomiast przemysł metalowy rozwinął się słabiej w starożytnym Egipcie. Egipcjanie znali bardzo wiele kruszców, prawdopodobnie jednak nie wytapiali ich z własnych rud; sprowadzali je w stanie gotowym z różnych krajów, z którymi byli w stosunkach handlowych. Natomiast musieli te metale poddawać u siebie różnym procesom chemicznym. Umieli więc utleniać żelazo, miedź, ołów, srebro i zamieniać tlenki tych metalów na odpowiednie chlorki, które otrzymywali za pomocą działania soli, sprowadzanych z Egiptu górnego.

Przemysł włóknisty w Egipcie rozwinął się bardzo wysoko, jakoteż i związany z nim przemysł barwienia materji. Pierwotne tkaniny egipskie były lniane, potem zjawiają się bawełniane, do wyrobu których materiał surowy sprowadzano z Persji; jedwab zaś był tam nieznanym zupełnie. Do farbowania tkanin używano różnych barwników, o główniejszych z nich już wspominaliśmy. Na zasadzie chemicznego działania garbników na skórę, zaprowadzili wyprawę skór, z malowideł zaś na staroegipskich budowlach, na których przedstawiony jest sposób garbowania skór, można rozpoznać dokładnie, że używany do tego garbnik był roślinny i musiał być taki sam, jaki otrzymujemy z kory dębowej.

W państwie faraonów, w kraju znajdującym się na tak wysokim stopniu kultury, kwitnął naturalnie zbytek, który przyczynił się do szerokiego rozwoju pewnego działu chemicznego, jakim była fabrykacja wonności różnego rodzaju. W ówczesnym Egipcie nie było chaty, w którejby nie używano zapachów i umiano je bardzo zręcznie wydobywać z kwiatów, a potem przerabiać na wonne maści, pasty i wody pachnące. Nieodłącznym następstwem wzmagającego się zbytku są napoje wysokokowe i rzeczywiście według objaśnień, udzielonych przez Hekateusa, w Egipcie wyrabiano z jęczmienia napój dziwnej dobroci, działający upajająco. Diodor sycylijski wspomina również, że ponieważ przyroda Egiptu nie dozwala na rozwój latorośli winnych, przeto bożek Osiris (2000 lat przed Chr.) nauczył z jęczmienia przygotowywać napój, który pod względem smaku i mocy, może być



Wydmuchiwanie szkła w Egipcie starożytnym.

porównany z winem. O tem jak się przygotowywał ten napój, znajdujemy dokładne wskazówki w starym papyrusie Anastasa IV; sądząc ze składu chemicznego, napój ten był piwem, bez zawartości chmielu.

Pomimo bardzo licznych, poznanych dzisiaj dowodów o obszarze wiedzy starożytnych egipcjan, powinniśmy zawsze pamiętać, że wszystkie nasze zdobycze pod tym względem są niezupełne. Pomijając już to, że źródła, z których czerpiemy są niekompletne, należy jeszcze na to zwrócić uwagę, że prawie cała wiedza w owych czasach była własnością i tajemnicą najznakomitszej klasy tego kraju, t. j. kasty kapłanów, którzy w ciągu tysiącleci ukrywali ją starannie przed okiem niepowołanych, tak, że żaden z nich do tych tajemnic nie mógł być dopuszczony. Zaledwie w czasach późniejszych udało się niektórym, żadnym wiedzy cudzoziemcom, jak Solon (600), Pythagoras (550), Herodot (440), Plato (380 przed Chr.) i innych uchylić nieco tajemniczej zasłony, przykrywającej ówczesną wiedzę. Że jednak musiała być ona daleko obszerniejszą od tej, jaką sobie wyobrażamy, przekonywa nas oprócz dowodów natury matematycznej, fizycznej i chemicznej samo znaczenie etymologiczne wyrazu „chemja“. Dowiedziono bowiem, że nazwa ta jest wyrazem pochodzenia egipskiego, oznaczającym u starożytnych egipcjan wiedzę, która tam tak szeroko się rozwinęła, dla oceny jednak jej obszaru nie mamy dzisiaj żadnego pewnego sposobu. Jedynym faktem, dającym nam pojęcie o zakresie ich wiedzy jest wysoko rozwinięta kultura starożytnego Egiptu. Wiemy że stała ona w najściślejszym związku z rozwojem fizyki i chemji i możemy sądzić z jej świetnego stanu, że obie gałęzie wiedzy kwitły już w tej dawno ubiegłej epoce.



Rękodzieła staroegipskie: kowale, garncarze i kamieniarze przy pracy, w dali widać jak przesuwiają jakiś obdrzynany pomnik.

O znaczeniu, jakie miały fizyka i chemja u pozostałych ludów starożytnych, niewiele da się powiedzieć. Egipt był najstarszym krajem ucywilizowanym świata całego i wszystkie gałęzie wiedzy ztąd się rozpowszechniały. Ożywione stosunki łączyły go ze wszystkimi prawie ówczesnymi narodami. Do jego portów wpływały i wypływały okręty wszystkich narodów; nie więc dziwnego, że cała umiejętność innych ludów, jeżeli nie wyrosła w danym kraju w skutek szczególnych jego warunków, była zaledwie słabem odbiciem wiedzy starożytnego Egiptu, ogarniającej wszystkie gałęzie ludzkiej myśli. A przytem zaledwie mała częśćka tej wiedzy u innych narodów jest nam znana, ponieważ żaden z ludów ani w pomnikach, ani w podaniach nie pozostawił nam tak prawdziwego obrazu stanu jego kultury, jak przekazało nam państwo Egiptu. Jeżeli przeto spróbujemy określić stopień rozwoju, do którego wzniosła się fizyka i chemja u innych ludów starożytnych, to dla dokładnego i zamkniętego w sobie obrazu, wystarczy przytoczenie najważniejszych faktów, ze wskazaniem ich wpływu na cywilizację odnośnego narodu.

Państwem, które ze względu na wysoki stopień jego cywilizacji, stało najbliższym egipskiego, było babilońskie. Ale właśnie o tem państwie mamy bardzo skromne wiadomości. Podczas gdy w Egipcie piasek pustyni z biegiem czasu pokrył pozostałości z państwa faraonów kilkumetrową warstwą i zachował je tak, że późniejszemu badaczowi przekazał bogaty materiał odpowiedni dla jego celów, to nad potężnem państwem Babilonu wrzały burze i walki różnego rodzaju, skutkiem których nietylko samo państwo, ale i wszelkie ślady kultury babilońskiej zaginęły, jakby trzęsieniem ziemi zmiecione. Bardzo skromną jest przeto nasza znajomość Babilonu w ogóle, tudzież wiedzy i uzdolnień jego mieszkańców w zakresie fizyki i chemji. Nic też nie wiemy ani o zdobyczach poczynionych przez mędrców babilońskich w zakresie fizyki, jak również i o ich działalności w dziedzinie chemji. Wobec rozwiniętego tam budownictwa, zdaje się, że i ceramika doszła do wysokiego stopnia rozwoju, przynajmniej wiadomo napewno, że posiadali umiejętność wypalania cegły! W pierwszej księdze Mojżesza, rozdział 11, wiersz 3 przy opisie budowy wieży Babel czytamy: „i rzekł jeden do drugiego: nuże naczyńmy cegły i wypalmy ją ogniem, i mieli cegłę zamiast kamienia, a glinę ilowatą miasto wapna“. Herodot, pisarz grecki, opisując państwo Babilońskie, objaśnia: „kopali rowy i z ziemi wyrzuconej z tych rowów wyrabiali cegły, które wypalali w odpowiednich piecach, jako zaprawę używali gorący asfalt, każde zaś 30 warstw cegieł przekładali plecionkę z trzciny“. Z obu wspomnianych źródeł dowiadujemy się także, iż babilończycy znali dużo kruszców i umieli je wytapiać z rud. Z działu chemicznego, zdaje się, że posiadali dokładną umiejętność farbowania. Napoje spirytusowe nie były im także obce, Herodot bowiem wyraźnie zaznacza, że z owoców drzew palmowych umieli wyrabiać wino. Zdaje się także, że w owych czasach zrobiono pewne spostrzeżenie w zakresie bakteriologii, poparte doświadczeniem, mianowicie, że woda zawiera w sobie zarodki

rozmaitych chorób i prawdopodobnie wskutek licznych zasląbień, wynikających z gaszenia pragnienia wodą (np. tyfus), babilończycy wypracowali metodę przygotowania wody pozbawionej chorobotwórczych zarodków, która prawie w niczem nie ustępuje ustanowionym przez bakterjologów dzisiejszym metodom sterylizacji wody. Herodot opowiada bardzo obszernie, w jaki sposób królowie babilońscy odbywali podróże i znajdujemy w tem opowiadaniu jedno miejsce bardzo charakterystyczne: „Król mógł, dokąd chciał, wyjeżdżać, towarzyszyła mu jednak zwykle znaczna ilość wozów czterokołowych, z zaprzężonemi do nich mułami, wiozących w naczyniach srebrnych przygotowaną wodę z rzeki Choaspes, płynącej pod Suzą, gdyż król nie używał innej, tylko takiej wody“.

Zwaliska niedaleko Nippuru, odkopane w niedawnych czasach, dostarczyły nam zaledwie szczątki kultury babilońskiej i dowody jedynej ich biegłości w dziedzinie chemicznej pod postacią cegieł wypalonych, a także waz wykonanych z terrakoty. Sławny chemik



Starożytna waga, przedstawiona w płaskorzeźbie staroegipskiej.

francuzki Berthelot, który otrzymał kilka figurek tam znalezionych, określił, że one wykonane były z mieszaniny miedzi, cyny, żelaza i wapna. Inna znów figurka, przedstawiająca byka babilońskiego, wyglądała jakby była zrobiona z brązu ze srebrnymi inkrustacjami, tymczasem zawierała tylko: miedź, cynę i żelazo. W takich rumowiskach znajdowano często soczewki szklane. Niemożna określić, do jakiego celu służyły, w każdym razie wnioski, jakie z powodu znalezienia tam soczewek, wyprowadzają niektórzy badacze, że babilończycy byli obznajmieni z optyką, należy przyjmować z pewnem zastrzeżeniem.

Ziemia Chanaan, w której Żydzi po opuszczeniu Egiptu osiedlili się, należała do królów babilońskich i dla tego w późniejszym państwie żydowskiem przyniesiona kultura z kraju faraonów zmieszała się z miejscową babilońską; szczególnie wiele właściwości babilońskich zostało przyjęte przez żydów. Forma, w jaką ujęte zostały w biblji prawa i przepisy, zapożyczona została od babilończyków. Sabbat był urządzeniem czysto babilońskiem i z tego możemy wnioskować, że oni musieli posiadać podział czasu i roku oparty na dostrzeżeniach astro-fizykalnych. Żydzi, przeniesione z Egiptu wiadomości, umieli przedziwnie stosować, a szczególnie wiadomości z zakresu hydrauliki, które tak samo jak i w Egipcie wywołują poprostu zdumienie w dzisiejszych technikach budowli wodnych, i budzi się na nowo domysł, że w tej dziedzinie muszą istnieć takie prawa przyrody, które dziś ukryte są przed nami a jednak znane były w owych czasach i oddawały w technice ówczesnej bardzo ważne usługi. Niedawno Franghia, inżynier grecki poprowadził z Betleem do Jerozolimy dawny wodociąg z czasów króla Salomona; to był pierwszy i bardzo ważny krok do zużytkowania dawnych zbiorników wodnych, wybudowanych przez króla Salomona i Ezechjasza, o których w biblji tak jest napisane (Kronika II, 30—32): „Ten też Ezechjasz zatkał źródło wyższe wód w Gichonie, a przywiódł je dołem na zachód słońca ku miastu Dawidowemu; i szczęściło się Ezechjaszowi we wszystkich sprawach jego“, i dalej (2 księga Królewska rozdział XX, 20): „ale inne sprawy Ezechjaszowe, i wszystka moc jego, i jako uczynił sadzawkę, i rury, któremi przywiódł wodę do miasta, to zapisano w kronikach o królach Judzkich“. Ten wodociąg, o którym biblja mówi w tak prostych i krótkich słowach, jak się obecnie okazało podczas dalszej odbudowy znajdującego się w dobrym stanie zbiornika a głównie z przeprowadzonych przez inżyniera Franghia badań, jest jedną z największych w całym świecie robót technicznych, która według zapatrywań tegoż inżyniera wymagała doskonałej znajomości teorii o hydraulicznem ciśnieniu płynów, teorii, która, jak już o tem wspominaliśmy, zupełnie zaginęła. Salomon, nadając temu zbiornikowi tak olbrzymie wymiary, miał na celu, oprócz dostarczania wody dla Betleemu i innych miast, jeszcze inne zamiary; to przypuszczenie nasuwa nam jedno miejsce, znajdujące się w księdze Ecclesiastes (2, 6): „pobudowałem sobie stawy ku odwilżaniu przez nie lasu, w którym zielenią się drzewa“. Do wykonania tego pomnikowego dzieła,



Wyrób cegły i przygotowanie zaprawy u starożytnych narodów.  
Według miedziorytu z „Physica sacra” Scheuchzera, z 1732 r.

przy budowie którego pracowało przeszło 150 000 mieszkańców z krajów zawojowanych pod nadzorem 3 000 dozorców żydowskich, musiały być czynne maszyny, zbudowane na podstawie zasad fizykalnych, ułatwiające przenoszenie olbrzymich głazów kamiennych; pierwowzorem dla nich były napewno maszyny, używane w Egipcie podczas budowy piramid; 80 000 ludzi obrabiało kamienie, 20 000 zajętych było przesuwaniem a 50 000 wznosiło budowlę, układając w odpowiednich miejscach przygotowane kamienie. Zbiornik Salomona za pośrednictwem trzech wielkich wodociągów mógł zaopatrywać w świeżą i dobrą wodę źródlaną trzy miasta: Jeruzalem, Betleem i Hebron. Te zbiorniki, jakie do dnia dzisiejszego dobrze się utrzymały, są prawdziwymi świadkami, że już w dawnych czasach wiedza fizyczna, umiejętnie zastosowana była na usługach przewidujących władców, którzy umieli z niej ciągnąć korzyści i zaopatrywać pod działaniem palącego słońca spragnione miasta w Chanaan w świeżą wodę, źródło wszelkiego życia na ziemi. Przytoczone powyżej zdanie z Ecclesiastes wskazują nam wyraźnie, że znajomość tej gałęzi wiedzy doprowadziła do stanu kwitnącego rolnictwo i leśnictwo. Bo gdzie są lasy, tam właśnie bywają deszcze i nie powinno być uznane za niesłuszne mniemanie, że Salomon z pomocą tych olbrzymich zbiorników chciał podnieść drzewostan, ażeby na pozabawioną wody krainę Chanaan sprowadzić większe ilości deszczu. Ze wszystkiego, cośmy dotąd przedstawili, wypada nadzwyczaj jasno, jaką znakomitą rolę w dziejach cywilizacji wszystkich czasów i krajów odgrywała znajomość zasad fizycznych i jakim dobroczyńcą była ta wiedza dla całej ludzkości od króla aż do ostatniego nędzarza....

Przytaczaliśmy często wyciągi z biblij; jest to bowiem jedyne źródło, jakie mamy do rozporządzenia przy badaniu wiedzy hebrajczyków z dziedziny chemji i fizyki; wszystko to jednak, co ztąd możemy zaczerpnąć, jest zawsze bardzo nieznacznem. Stosunkowo najwięcej wskazówek udziela nam biblja w jednym miejscu, mianowicie w księdze II Mojżesza (rozdział XXV, 3—9), które nam jasno wskazuje, że hebrajczykom znane było złoto, srebro, spiż, a także sztuka farbowania tkanin na barwy szkarłatne i karmazynowe, jak również wyrób wszelkiego rodzaju wonności. Umiejętności te z biegiem czasu, zdaje się, nie uległy żadnej zmianie, gdyż w opowiadaniu nieco późniejszym (księga II Kronik rozdz. II—V) o budowie świątyni przez Salomona, znajdujemy conajmniej te same materiały, jakie były podane przy budowie arki przymierza. Wspaniała świątynia Salomona zginęła, pozostały z niej jedynie mury, tak nazywane mury lamentacji — nic więc dziwnego, że i wiadomości nasze o wiedzy hebrajczyków przedstawiają się jako ułamki.

Fenicjanie byli bez zaprzeczenia tym narodem w starożytności, o którym można było mniemać, że posiada obszerną wiedzę z zakresu chemji i fizyki. Jako naród wysoce przemysłowy utrzymywali bardzo ożywione stosunki handlowe ze wszystkimi narodami ówczesnego świata, stosunki te sięgały nawet brzegów morza Bałtyckiego. Z tego morza przywozili



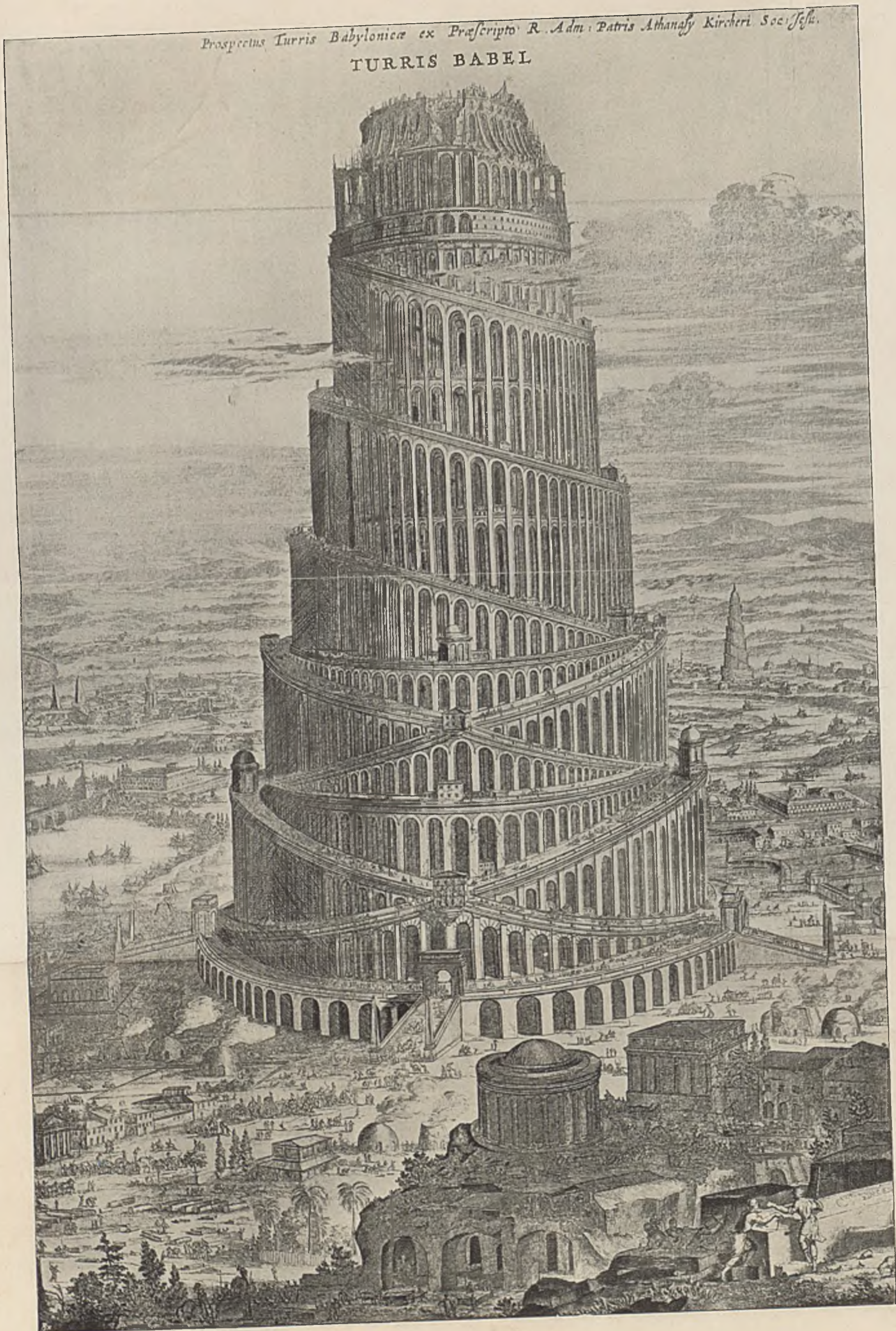


Wytapianie cennych kruszczów u narodów starożytnych.  
Według miedziorytu z dzieła „Physica sacra“ Sebenschera z 1732 r.

na okrętach bursztyn do swej ojczyzny i wkrótce zapoznali się z jego własnościami przyciągania i odpychania drobnych ciał, jeżeli przedtem partaty zostanie o sukno, tak, że fenicjanie są jedynym narodem, którzy dostarczyli nam pewnego świadectwa o znajomości z działu elektryczności statycznej. Od owych dawno minionych czasów aż do dnia dzisiejszego utrzymała się dla tych zjawisk nazwa „elektryczność“, pochodząca od wyrazu greckiego „elektron“, który u fenicjan, mających bardzo ściśle stosunki handlowe z Grecją, oznaczał bursztyn. Wątpliwem jest jednak, czy odkryte własności bursztynu potrafili zastosować do jakiegokolwiek praktycznego użytku. Stosunki handlowe zbliżyły ich także do babilończyków, posunęli jeszcze dalej dokładność przyjętego od nich podziału czasu i ulepszyli przyrządy do jego wymierzania, które prawdopodobnie widzieli w Babilonie. Wychodząc z założenia, że obrót dzienny słońca daje najprostszy sposób do mierzenia czasu, Babilończycy urządzili do tego celu tak nazywany zegar słoneczny czyli gnomon. Zegar taki składał się z pionowego słupka ustawionego na obszernej podstawie płaskiej; z długości i kierunku cienia, rzuconego przez słupek, wyznaczano czas. Asyryjczycy za pomocą tego zegara oznaczali tylko południe. Ponieważ fenicjanie jednak przy ich tak rozpowszechnionych podróżach morskich musieli oprócz południa wiedzieć także i inne godziny, a oprócz tego zegar słoneczny przestawał wskazywać czas, gdy słońce ukryło się za chmurami lub zaszło, to okoliczności te doprowadziły fenicjan do wynalezienia zegarów wodnych, które na 600 lat przed Chrystusem znajdowały się u fenicjan i asyryjczyków. Zegary wodne starofenicckie lub starsyryjskie były zrobione z naczynia stożkowatego, zawieszono je tak, że jego wierzchołek, w którym znajdował się maleńki otwór, był zwrócony ku dołowi. Stożek otwarty u góry napełniał się do pewnego znaczka wodą, która przez otwór wypływała wolno (tom III, str. 73). Zawartość stożka była tak obliczona, iż wypływanie wody trwało przez pewien oznaczony czas, poczem należało go znowu napełnić; ten przeciąg czasu był dokładną częścią dnia 24-godzinnego. Ile jednak trzeba było godzin, ażeby stożek został pusty—brak nam wiadomości. Grecy, którzy urządzenie zegaru wodnego przejęli z Asyrii, oznaczyli zawartość stożka tak, aby wystarczała na dwie godziny. Gdy te upływały, postawiony specjalnie w tym celu wywoływacz, obwieszczał głośno godzinę i natychmiast naczynie zegarowe napełniał znowu wodą. Wiadomościom fizycznym fenicjan czasy starożytne zawdzięczają to zegarowe urządzenie, które utrzymało się prawie bez zmiany przez setki lat u ówczesnych narodów jako jedyny sposób mierzenia czasu. Znajomość dziedziny chemicznej posiadali fenicjanie w stopniu nie mniejszym od wiadomości z działu fizycznego i można z całą pewnością utrzymywać, że od narodów, z którymi zawiązali stosunki, przyswoili sobie wszystko, co tamci mieli najlepszego i spożytkowali na usługi swej cywilizacji. Wytapiali z rud cynę i rozwozili ją po świecie całym, dostarczając ją nawet do brzegów Anglii i morza Bałtyckiego. Zdobyli wielką wprawę w zakresie farbiarstwa i zdaje się, że przygotowywali

*Prospectus Turris Babylonicæ ex Prascripto R. Adm. Patris Athanasij Kircheri Soc. Jesu.*

TURRIS BABEL



Budowa wieży Babel.

Według miedziorytu znajdującego się w Muzeum Berlińskim.

tylko w niektórych zakładach przy pomocy olbrzymich młotów parowych. Największy ze znanych okazów staroindyjskiego przemysłu żelaznego jest słup w Kutubie niedaleko Delhi. Waży przeszło 6000 kilogramów i jak wykazuje rozbiór chemiczny, składa się prawie z czystego chemicznie żelaza, to jest z takiego gatunku żelaza, jakiego pomimo całej naszej wiedzy chemicznej nie możemy sposobem hutniczym otrzymać. Dzisiaj, jeżeli chcemy otrzymać żelazo zupełnie wolne od zwykłych jego domieszek, jak węgiel, krzem i fosfor, to pozostaje nam tylko jeden sposób, a tym jest osadzenie z roztworów soli żelaznych za pomocą prądu elektrycznego. Okazało się, że absolutnie chemicznie czyste żelazo nie ulega wpływom części składowych powietrza a przede wszystkim nie pokrywa się rdzą. Jako potwierdzenie tej własności, dostrzeżonej na mocy doświadczenia, wykonanego dopiero w czasach najnowszych, widzimy, że ta dawna kolumna, która, jak wskazuje wykuty na niej napis, była wykonana w IX wieku przed Chr. niema na sobie śladu rdzy. Stal zlewna, owoc dalszego rozwoju wielkiego przemysłu metalurgicznego, mająca przy wyrobie dział tak ważne znaczenie, była już znaną w Indjach przed 3000 lat i grobowce z owych czasów zawierają bardzo wiele przyrządów z tego materiału wyrobionych. Przemysł żelazny w Indjach przetrwał w stanie kwitnącym aż do wieków średnich, potem pochylił się do zupełnego upadku, tak że dziś wcale nie istnieje. Łuki i strzały trzciniowe, stanowiące broń indjan, według Herodota posiadały groty żelazne.

Arabowie, jako naród mało osiadły, chociaż byli w ścisłych stosunkach z egipcjanami, nie pozostawili żadnych śladów po swej kulturze. Należy jednak przyjąć, że ich wiedza pochodzenie swe zaczerpnęła od egipcjan, jak w ogóle wiedza wszystkich narodów, o których mówiliśmy, t. j. indjan, babilończyków, asyryjczyków, egipcjan i arabsów, szczególnież wiedza z zakresu chemji i fizyki zamknięta była w jednym wspólnym pierścieniu. Jako dowód jest magja, istniejąca u tych narodów od tysiąca lat. Dziś jeszcze wywołują w nas podziw zwierciadła czarowne i różne kunszty magiczne ze wschodu, a wiele do tego działu należących zagadek dotąd jeszcze nie znalazły odpowiedniego wyjaśnienia. Jakkolwiek nie jest naszym zadaniem rozpatrywanie tych sztuk magicznych, to jednakże jako mające za podstawę swą poczęści wiedzę chemiczną i fizyczną, przedstawiają dla nas pewne znaczenie. Nowsze badania Pictet'a i Lenormanta wykazały, że te sztuki czarodziejskie, istniejące od lat tysiąca pochodzą z jednego wspólnego źródła.

Czary wschodu nie mogły pochłaniać wyłącznie uwagi badaczyw starożytnych i widzimy też jak znaczna ilość badaczyw i pisarzy greckich przybywa tam nietylko, ażeby zbadać tajemną wiedzę ludów wschodnich, lecz przeważnie zwraca ich uwagę dziedzina wiedzy fizycznej i chemicznej. Z tego jednak względu, że kultura wschodu wywierała wpływ głęboki na cywilizację greków i rzymian, możemy śmiało powiedzieć, że do tej chwili, od której rozpoczęło się badanie samodzielne w Grecji, (około 600 r. przed Chr.),

wiedza greków w zakresie chemji i fizyki była jedynie odbłaskiem wiedzy wschodu. Za czasów Homera, podczas których powstały jego nieśmiertelne pieśni, wspomniane w nich są tylko takie fakty i tylko takie wyroby chemiczne, jakie były już znane egipcjanom i fenicjanom. Pod względem zaś znajomości chemji metali ustępowali wszystkim narodom wschodnim; za czasów Homera żelazo było im zupełnie nieznanne i bożek kowali Hefestos musiał uprawiać swój kunszt na innych kruszczach szlachetniejszej natury (Iljada, pieśń 18, wiersz 467 i dalej).

W pieśniach Homera wspomniane są tylko niektóre metale i to przeważnie metale szlachetne: Menelaus np. miał wannę ze srebra! Zarazem jednak, jak się zdaje, obrabianie metali u greków starożytnych było doprowadzone do wysokiego stopnia doskonałości, do zdobnictwa metali. Szczególniejsze zastosowanie miał ołów, użycie którego, jako metalu nieszlachetnego bardzo się rozpowszechniło; Herodot np. podaje, że ówczesne



Pracownia wyrobów spiżowych w starożytnej Grecji.

Według „Atlasu do dziejów cywilizacji“ Eys'a.

okrety były pomalowane minją a więc utlenionym ołowiem, co znów pozwala nam sądzić, że tak grekom jak i egipcjanom musiał być znanym proces utleniania metali. Grecy szlachetnymi metalami umieli nawet popokrywać nieszlachetne — Herodot wspomina bowiem o pewnego rodzaju fałszowaniu monety, jakie wykonał Polykrates z Samos; polecił wykonać znaczną ilość monety z ołowiu a następnie je pozłocić.

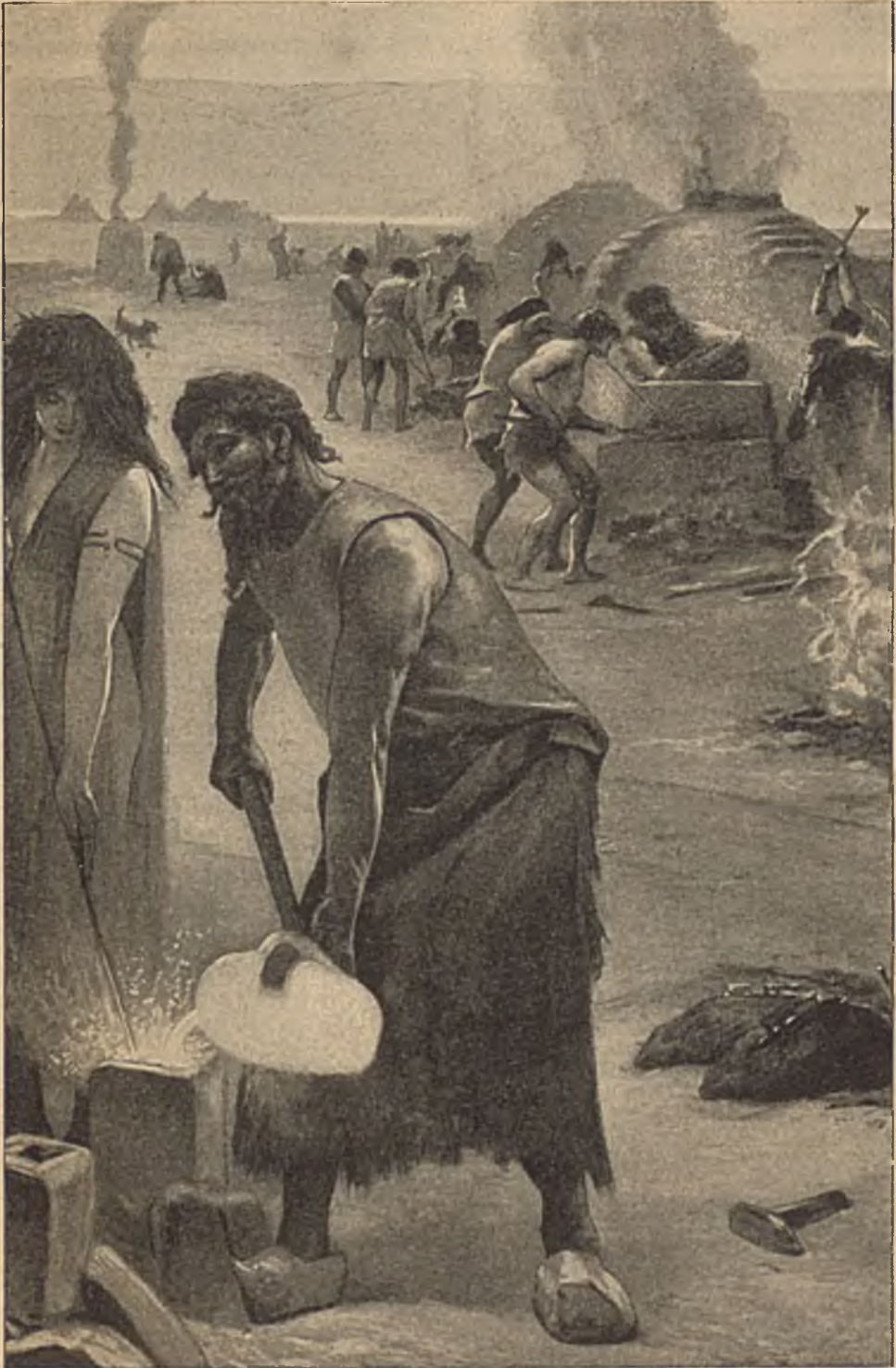
Grecy nie znali zupełnie sposobu wyprawiania skór za pomocą garbników roślinnych. Worki skórzane i pasy, o których wspomina Homer, były wyprawiane przez nasycanie ich tłuszczem za pomocą wcierania. Wiadomości z zakresu fizyki, która później w Grecji tak znakomicie się rozwinęła nie posiadali wiele, przynajmniej do 600 roku przed Chr., gdyż w 627 r. tyran Periander zamierzył Istmus oddzielić od Koryntu, musiał jednak to, stosunkowo dosyć łatwe zadanie pozostawić nieukończonem, gdyż budowniczy jego nie posiadał dostatecznej znajomości potrzebnych tu zasad fizyki. Za to farbiarstwo już za czasów Homera było znanem doskonale, jak o tem możemy sądzić ze wspaniałych opisów, jakie poeta rozwija o barwach

strojów kobiet ówczesnych i Grecja pod względem umiejętności farbowania chemicznego wyprzedziła wszystkie narody starożytne. Za czasów Aleksandra Wielkiego umiano nie tylko wełnę farbować purpurą i innymi barwnikami, lecz wykonywano jeszcze trudniejsze zadania, nadawano bowiem włóknom lnianym trwałe barwy: czarną, żółtą, ciemnoniebieską i zieloną — przez zmieszanie barwy żółtej z niebieską.

Wkrótce po epoce Homera (około 1000 r. przed Chr.), jak się zdaje, żelazo było już znane i Grekom, było wszakże metalem bardzo rzadkim i kosztownym, jak to nam wskazują niektóre miejsca w *Iljadzie* i *Odyssei*, które bezwątpienia były dodane w czasach późniejszych. Dzięki stosunkom handlowym — szczególnie z Fenicjanami — Grecja przyswoiła sobie kulturę Wschodu a także zaczerpnęła z tamtąd wiedzę chemiczną i fizyczną i na tak dobrze przygotowanym gruncie rozwinęło się później mnóstwo teorii fizycznych, stanowiących punkt wyjścia dla całej wiedzy fizycznej czasów późniejszych — teorii, które w zastosowaniu praktycznym zapewniły grekom w późniejszej epoce heleńskiej przewagę duchową nad ówczesnymi narodami, a i dzisiaj jeszcze są widoczne. O tym rozwoju fizyki, której początku szukać należy w Grecji, będziemy później mówić szczegółowo.

O ile posiadamy bardzo dokładne wiadomości o państwie rzymskim i jego dziejach, jak również o życiu, obyczajach i zwyczajach rzymian z czasów Rzeczypospolitej, o tyle znów wiemy mało o ich wiedzy z dziedziny nauk przyrodniczych podczas pierwszych okresów tego późniejszego państwa wszechświatowego. O wiedzy przyrodniczej rzymian może być mowa dopiero wtedy, kiedy Grecja przeszła pod ich panowanie i kiedy Grecy zaznajomili zdobywców ze wszystkimi osiągnięciami przez nich wynikającymi z nauk. Od tej chwili wzrastały szybko umiejętności rzymian i praktyczne ich zastosowanie. Jeżeli nawet pomiędzy rzymianami nie znalazł się ani jeden wybitny chemik lub fizyk, to jednakże przy obszarze, jaki osiągnęło z biegiem czasu wszechświatowe państwo rzymskie, musiało to wynikać, iż w Rzymie, tworzącym punkt środkowy ówczesnego świata, w którym łączyły się zdolności i wiedza najróżnorodniejszych podbitych narodów, uczeni rzymscy uważali za swe zadanie, aby te zdolności i wiedzę łączyć, opracowywać i opisywać. Dla tego też o wiedzy rzymian z zakresu fizyki i chemii mamy wiadomości daleko dokładniejsze aniżeli o jakimkolwiek innym narodzie w starożytności.

Najwybitniejszym z pisarzy przyrodniczych był Dioskorides, którego „*Materia medica*“ uważaną była przez setki lat jako źródło wiedzy chemicznej i fizycznej, a wpływ jej był tak znaczny, że nawet dzisiaj jeszcze cieszy się wielkim uznaniem u lekarzy tureckich. Z pozostałych po nim pism dowiadujemy się, że w jego czasach (w I wieku po Chr.) chemia w Rzymie zaczynała wyrastać ze stanu empirycznego. Dioskorides daje wskazówki co do różnych prostych procesów chemicznych i sposobów otrzymywania niektórych związków chemicznych, jak wody wapiennej, tlenku cynku, koperwasu miedzianego i bieli ołowianej. Znany mu był także pewien rodzaj dystylacji.



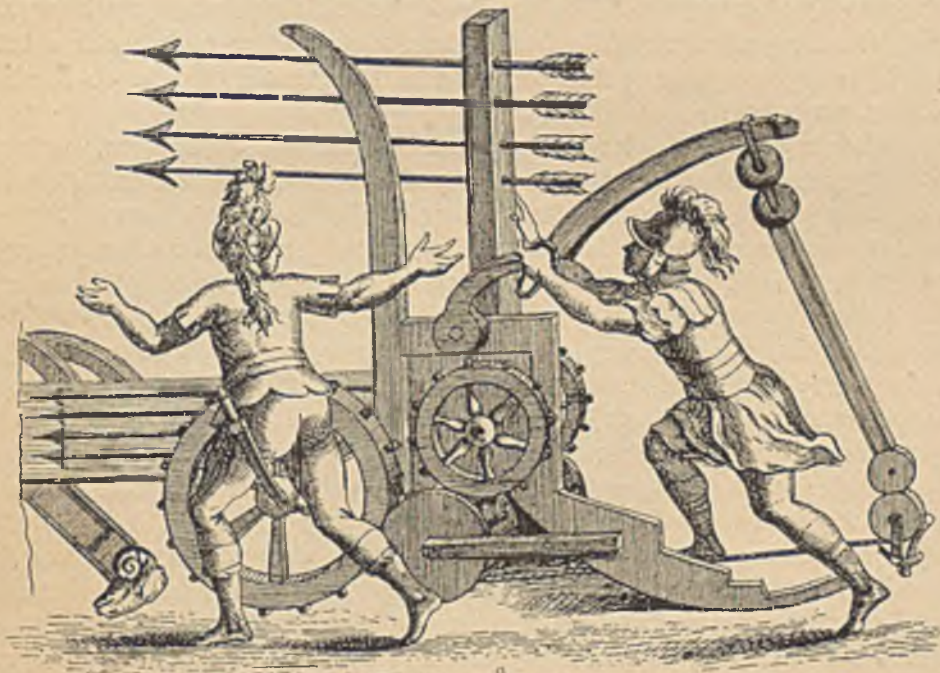
Obrabianie spizu i zelaza.

Wedlug obrazu F. Cormona, Paryz.

Jakkolwiek Kajus Plinius Starszy wywierał mniejszy niż Dioscorides wpływ na kierunek duchowy swego czasu, był jednakże daleko dokładniejszym i głębszym od niego w swych opisach. Pliniusz Starszy zginął (porówn. tom I, str. 75) w 79 r. po nar. Chr. podczas wybuchu Wezuwjusza, pozostawił nam jednak w swej „Historji naturalnej“, złożonej z 37 tomów, całą encyklopedję wiedzy ówczesnej i w tak dokładny sposób wyłożoną, że możemy sobie z niej utworzyć jasne pojęcie o wpływie tej nauki na cywilizację państwa rzymskiego. Pliniusz nie był badaczem w dzisiejszem pojmowaniu tego wyrazu, należy jednak zwrócić uwagę na to, że były to czasy panowania wiedzy empirycznej, że dopiero znacznie później ukazała się droga czystego badania przyrody. Był więc jedynie tylko empirykiem i, charakteryzując w krótkich słowach to, co nam w swych pismach przekazał, musimy przyznać, że dla wiedzy, gromadzonej drogą doświadczenia, ma bardzo wysokie znaczenie. Pliniusz bardzo dokładnie opisuje w swych dziełach stany, w jakich znajdują się metale i w jaki sposób bywają dostarczane do Rzymu. Natomiast niedokładnie informuje o sposobach otrzymywania ich z rud. Daje nam jednak bardzo ciekawy pogląd na wartość handlową metali, podając przy niektórych cenę, jaką wtedy za nie płacono. Z tego przekonywamy się, że niektóre metale dziś bardzo drogie, jak np. srebro, w Rzymie starożytnym miały stosunkowo niską wartość, podczas gdy metale inne, jak żelazo, z powodu swej wysokiej ceny były używane daleko mniej, aniżeli można było wnosić z wysoko rozwiniętej kultury rzymian. Z pomiędzy znanych mu procesów chemicznych wspomina przedewszystkiem o sposobie amalgamacji. Umiano już wtedy złoto rozpuszczać w żywym srebrze i otrzymaną amalgamę używano do złocenia. Przygotowywano także różnego rodzaju stopy i znano dokładnie punkt topliwości wielu metali, tak, że umiejętność spawania metali stała na wysokim stopniu rozwoju. Z całą słusznością można powiedzieć, że Rzym powodzenie swoje zawdzięcza przeważnie znajomości techniki metalurgiczno-chemicznej, w skutek której wyrób wszelkiego oręża w starożytnym Rzymie doprowadzony został do wysokiego stopnia doskonałości i żołnierz jego dostatnio opancerzony i uzbrojony mógł daleko łatwiej walczyć z ówczesnemi narodami, niezaopatrzonemi w tak doskonałe uzbrojenie. Większa część znanych Pliniuszowi materiałów chemicznych, jak miedź, ołów, tlenek żelaza, cynober i inne znalazły zastosowanie w medycynie i pierwszy raz w Rzymie zauważyć się daje taki ścisły związek pomiędzy wiedzą chemiczną i wynikami nauki lekarskiej. Chemja w owych czasach była w medycynie niejako wiedzą pomocniczą i ówczesny lekarz musiał ją znać dokładnie, gdyż bez wytwarzanych przez nią preparatów nie mógł się obejść przy wypełnianiu czynności swego powołania. Przemysł chemiczny był także znany w starożytnym Rzymie; znajdowały się tam zakłady, w których według tajemniczych sposobów przerabiano żelazo na stal, również istniały urządzenia, w których bielono wełnę przy pomocy gazu, wydzielającego się podczas spalania siarki. Wyrabiano również ocet, który służył jako przyprawa



do potraw. Znaną jest opowieść o królowej Kleopatrze, która drogocenną perłę rozpuściła w occie i napój ten wypła. Szczególniej wybitne stanowisko zajął przemysł farbiarski. Nietylko, że rozporządzał mnóstwem barwników, lecz umiał także przez odpowiednie dodawanie sody natężenie barwy zwiększyć lub też osłabić; umiano także rozpuszczalne barwniki utrwać na sproszkowanych ciałach mineralnych i wyrabiać farby malarskie. Z terpentyny wydzielano olejek terpentynowy; a z cynobru — żywe srebro. O wiedzy rzymian z dziedziny fizyki, o której nie posiadamy bezpośrednich dokładnych danych, mówią nam liczne maszyny wojenne, jak również różne urządzenia i roboty techniczne (drogi publiczne, mosty, wodociągi i t. p.).



**Maszyny rzymskie do wyrzucania strzał.**

Według „Encyclopédie“ Diderot'a i d'Alembert'a z 1755 r.

Urządzenia ogrzewalne, znalezione w łaźniach pompejańskich, których rozplamowanie i wykonanie wzbudza w nas najwyższy podziw, pozwalają nam sądzić, że były oparte na głębokiej znajomości nauki o ciepłe. Piekarnie zaś w tem zaginionem mieście są niemymi świadkami doskonałej znajomości własności przewodnictwa ciepła w ciałach.

Jak rzymianie z każdego podbitego narodu umieli sobie przyswoić najlepszą część jego dorobku, dowodzi fakt następujący: Kiedy rzymianie postanowili przygotować wyprawę przeciwko germanom i przedtem zapoznawali się z ich zwyczajami i potrzebami, rychło się przekonali, że tam niewiele mogą znaleźć dla siebie korzyści. Rzymianom, mającym tak wysoko rozwiniętą kulturę, posiadającym całą subtelność ówczesnego świata,

surowy i bitny naród germański nie mógł nic ofiarować, oprócz jedyne go przedmiotu, a tym było — mydło, o którym Liebig wypowiedział znany aforyzm, że ilość zużytego mydła daje nam miarę o stanie cywilizacyjnym danego narodu. Mydło rzeczywiście jest wynalazkiem germanów, którzy otrzymywali je przez gotowanie tłuszczu z popiołem z drzewa bukowego. Pierwszy Galenus, lekarz rzymski, zwrócił uwagę na cenne własności mydła, przypisując mu łagodne działanie i używał go z bardzo dobrym skutkiem do usuwania brudu z ciała i odzieży. I rzeczywiście mydło wynalezione przez surowy i bitny naród stało się wkrótce niezbędnym przedmiotem na stole toaletowym znakomitej rzymianki, na tym stole, który sam mógłby już nam dać pojęcie o tej masie ciał chemicznych, wyrabianych przez rzymian; z tych ciał chemicznych rzymscy fabrykanci wonności umieli przygotowywać pełne zapachu esencje, maści, środki do barwienia włosów, pomady i różne odvary.

Widzimy więc, że Rzym był pierwszym takim państwem, w którym bogaty przemysł chemiczny wyrósł na podstawie wiedzy fizycznej i chemicznej, przemysł, pod wpływem którego nietylko następuje rozwój tego państwa wszechświatowego, lecz w wielu względach daje mu przewagę nad innymi narodami. Nie bacząc na bezpośredni pożytek, jaki państwo rzymskie osiągało przez rozwój przemysłu chemicznego, musimy zauważyć pożytek pośredni, zasadzający się na zamianie wytworów tego przemysłu na płody innych krajów. Przysłowiowe bogactwo i dobrobyt Rzymu za czasów cesarstwa jest z pewnością przeważnie następstwem rozwoju starorzymskiego przemysłu chemicznego. Rzym zostawał w najściślejszych stosunkach handlowych prawie ze wszystkimi narodami epoki, a stosunki te dają się łatwo wysledzić, jeżeli weźmiemy pod uwagę rodzaj wytwórczości ówczesnego przemysłu. Przecież i dzisiaj drogą analizy możemy zbadać składniki wyrobów ówczesnej kultury i określić źródła, z kąd otrzymywano surowe materiały. Jakkolwiek mało mamy dowodów, mówiących nam o wzajemnych stosunkach narodów starożytnych, to właśnie wspomniane analizy i wyprowadzone z nich wnioski wyjaśniają te stosunki dokładnie.

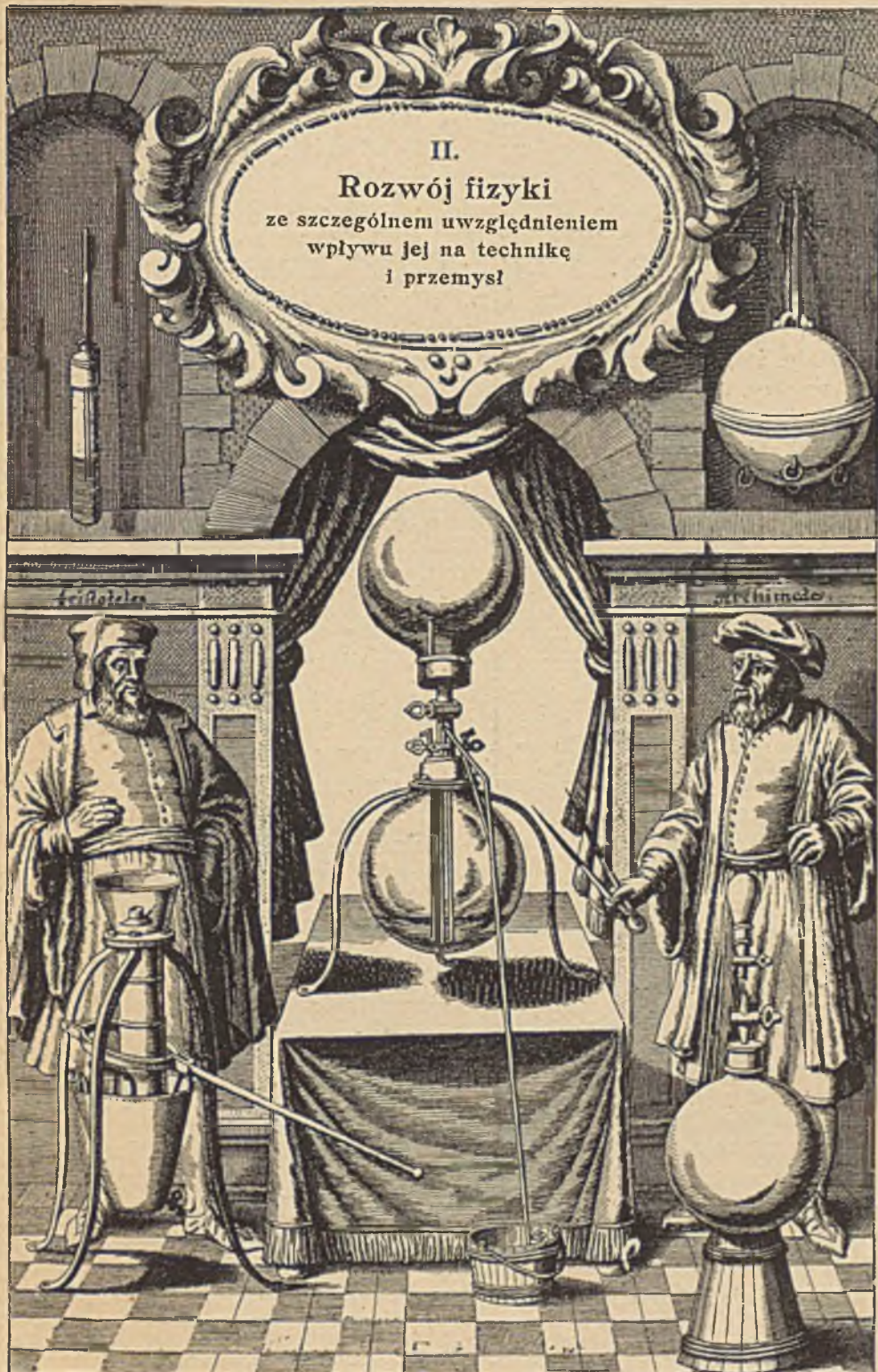
Cały handel u narodów starożytnych, jeżeli pomijając handel środkami żywnościowymi i niewolnikami, rozpatrzymy tylko produkty przemysłu chemicznego, odbywał się w sposób następujący: egipcjanie byli narodem, który przez wywóz płodów swej urodzajnej ojczyzny i wyrobów wysoko rozwiniętego przemysłu chemicznego doszedł do wielkiego bogactwa, lecz pomimo tak ożywionego wywozu nie zajmował się żeglugą ani handlem morskim. W Egipcie było mało wogóle portów a i te, które istniały, służyły przeważnie dla okrętów innych narodów; egipska flota handlowa nie istniała, egipcjanin bowiem nie był przyjacielem morza a jego pojęcie o bogu morskim było pojęciem wszelkiego zła. Doszło do tego, że nieliczne porty starożytnego państwa egipskiego były zamieszkałe przez fenicjan i kupcy feniccy wzięli w swoje ręce cały wywóz wyrobów chemicznych

ówczesnego Egiptu, składający się przeważnie z barwników, farbowanych tkanin, szkła, środków lekarskich, wyrobów ceramicznych, perfumerji i w. in. Różne rudy, których Egipt nie posiadał, jak błyszcz ołowiany i błyszcz antymonowy, używane w znacznej ilości do wyrobu szminek do oczu, były również dostarczane z Indji przez fenicjan. Fenicjanie zaś dlatego byli narodem najwięcej handlowym w starożytności, ponieważ z jednej strony ziemia ich z powodu małej urodzajności skromne wydawała plony, z drugiej zaś strony wybrzeże fenickie jedynie posiadało dobre porty na dalekim wschodzie dla żeglugi po morzu Śródziemnem. Wkrótce też liczne okręty fenickie zawładnęły tem morzem. Fenicjanin przywoził miedź i srebro z Hiszpanji, cynę z Brytanji, bursztyn z wybrzeży morza Bałtyckiego, żelazo z Indji, a nawet prawdopodobnie w tych czasach kiedy fenicjanie nieogłędnie wycięli swoje lasy, tak że zaczynało brakować drzewa w tym kraju, okręty fenickie docierały aż Skandynawji i dostarczały ztamtąd potrzebne drzewo. Utrzymywali ściśle stosunki handlowe z państwami sąsiednimi asyryjczyków i babilończyków, również z Indjami a prawdopodobnie i z Chinami. Jak wielkie znaczenie miał wtedy handel, możemy sądzić już z tego, że różni królowie asyryjscy a przede wszystkim Nabuchodonozor (604 — 562 przed Chr.), wykonali obszerne budowle wodne, mające za cel ułatwienie i ulepszenie żeglugi na górnym Eufracie. Był więc czas, kiedy Babylon był portem morskim — myśl, która dzisiaj wydaje się nam dziwną. W tym porcie morskim odbywała się ożywiona wymiana wszystkich produktów wschodu i zdaje się, że ówczesny Babylon był starożytnym flandryjskim portem Bruges, w którego porcie znajdowały się przeważnie liczne okręty fenickie. Handel fenicjan i pochodzące z tego źródła bogactwo zgubiły to państwo, chciwi bowiem królowie asyryjscy zawojowali Fenicję, a po utracie niezależności politycznej handel jej także pochylił się do upadku. Handel persów był również wspierany głównie przez fenicjan, gdyż persowie nie mieli uzdolnienia kupieckiego w szerszym zakresie, ani upodobania do żeglugi; z upadkiem więc Fenicji przerwane zostały także stosunki handlowe z persami jak i z innymi narodami. Rozległe stosunki handlowe ze wszystkimi prawie współczesnymi krajami mieli także żydzi, znajdujemy o tem wielorakie wzmianki, szczególnie przy opisie budowy świątyni Salomona i opowiadaniu o odwiedzinach u tego króla królowej Saby, ale handel starożytnej Judei nie był nigdy handlem morskim. Ograniczał się do lądu stałego i karawany tego państwa ciągnęły wzdłuż całej Afryki północnej, Arabji, Syrji i Persji. Prawdopodobnie karawany ich dochodziły aż do Chin, z kąd przywoziły kosztowne jedwabie. Grecy prowadzili również ożywiony handel, jednakże wytwory ich przemysłu chemicznego brały w nim bardzo mały udział. Przedmiotem głównym ich handlu byli niewolnicy, których z Grecji rozwożono po całym świecie. W przeciwieństwie do tego jednostronnego handlu greków starożytnych handel rzymian odznaczał się wielką różnorodnością. Rzym przywoził, co tylko mógł, wywoził zaś znaczne ilości produktów chemicznych. Mimo to,

że przywóz przewyższał o wiele wywóz, który zniknął wobec mnóstwa przedmiotów, przywożonych ze świata całego i wyrzucanych na rynki rzymskie; tem niemniej był wszakże tak znaczny, że mógł wytworzyć podstawę na której opierało się bogactwo i dobrobyt wiecznego miasta i państwa rzymskiego. W Hiszpanji, Galji i Brytanji osiadali kupcy rzymscy i korzystnie spieniężali wytwory umiejętności różnych krajów i przetwory swego przemysłu chemicznego. Osiadali nawet w ubogiej Germanji i prowadzili ztąd bardzo obszerny handel mydłem dopóty, dopóki sami rzymianie nie zaczęli u siebie wyrabiać tego jednego wytworu germańskiego przemysłu chemicznego.

Widzimy więc, że u wszystkich prawie ludów starożytnych obok środków żywnościowych i produktów innych danego kraju, na pierwszym miejscu stoi przemysł chemiczny, jakkolwiek względnie mało rozwinięty i oparty jedynie na podłożu empirycznym. Stanowi on węzeł, który zadzierzgnął i utrzymywał w porządku wszystkie nici wzajemnych stosunków pomiędzy narodami; jest ważnym czynnikiem w ukształtowaniu handlu świata całego, handlu, którego tak obszerne rozpowszechnienie opiera się znów na podstawie wiedzy fizykalnej i jej zastosowaniu w najrozmaitszych działach ówczesnej techniki (budowa okrętów i żegluga, budowa dróg publicznych i mostów, zasilanie wodą i t. p.).





Według miedziorytu z dzieła „Experimenta nova de vacuo spatio“ Ottona von Guericke, Amsterdam 1672 r.

Jak już zaznaczyliśmy w poprzednim rozdziale, wiadomości ludów starożytnych z dziedziny fizyki i chemji, według wszelkiego prawdopodobieństwa były gromadzone drogą czysto doświadczalną. Mogło zdarzyć się także, że u niektórych ludów jednostki szczególnie sceptycznie usposobione starały się utworzyć teorię o zależności wewnętrznej zjawisk fizycznych lub na drodze eksperymentalnej głębiej wniknąć w istotę chemji. Jak to się odbywało, wysledzić i dojść tego do dnia dzisiejszego nie możemy; wiele jednak przemawia za tem, że wiadomości z dziedziny chemji i fizyki, według przekazanych nam z owych czasów dowodów, przedstawiają się, jako pewna ilość, przypadkowo wykonanych doświadczeń. Taki stan wiedzy, opierający się jedynie na przypadkowych próbach, trwał do 600-roku przed Chr. Około tego czasu, jak to dla dziedziny fizycznej przynajmniej wskazują nam pewne źródła, rozpoczęło się pierwsze badanie, mające cel określony, powstał nowy kierunek, następstwa którego dają się odczuwać nawet w obecnej wiedzy fizycznej.

Podobne stosunki w tymże czasie spotykamy i w dziedzinie chemji; naszym więc zadaniem będzie teraz rozpatrzyć dokładnie rozwój obu tych nauk i wpływ ich cywilizacyjny tak na pojedyncze narody jak i na całą ludzkość, od wskazanej powyżej chwili aż do czasów obecnych.

Wspomnieliśmy niedawno, że prawdopodobnie pierwsze zjawiska fizyczne, jakie poznał człowiek pierwotny były mu przez zmysły narzucone. Widzimy, że takie same pobudki zmysłowe działały i później i one obudziły około 600 roku przed Chr. uwagę ówczesnych badaczy i skłoniły ich do zastanowienia się nad przyczyną tych zjawisk. Podczas gdy chemja przeszła bezpośrednio ze stanu empirycznego do okresu doświadczalnego, w dziale fizycznym pomiędzy temi dwiema epokami zajmuje miejsce okres przejściowy, mianowicie starożytna filozofja natury. Potężne zjawiska natury, ich wszechwładza, jak również ich stała zmiana, zawładnęły umysłem i uczuciem człowieka i pobudziły go do głębokich dociekań. Jeżeli przypomnimy sobie, że religjā Greków było wysoko rozwinięte uosobienie sił natury i, że religja ta w starej Helladzie wywierała większy wpływ na państwo i naród, niż gdziekolwiek na ziemi, to dziwić nas nie powinno, że Grecja starożytna była tem miejscem, gdzie filozoficzne badania natury swemi zagadnieniami żywo zajmowały umysły i serca jej mieszkańców. W następstwie tego widzimy w starej Helladzie znakomitych fizyków, występujących w roli filozofów natury w pierwotnem znaczeniu tego wyrazu.

Pierwszem zagadnieniem, zajmującym tych filozofów, było pytanie o powstaniu świata. Odpowiedź, jaką im w sposób nadprzyrodzony dawała ich religja, nie zadawalniała ich rozumu, zaczęli więc tworzyć własne poglądy co do powstania wszechświata. Pojęcia, jakie z biegiem czasu powstały w pojedynczych szkołach filozofów greckich były tak liczne i tak obszerne, że zdawały się wyczerpywać zupełnie zagadnienia o wszechpoczątku świata, ale to wyczerpywać tak gruntownie, że my, dzisiaj, przy wszystkich naszych hipotezach i teoriach w tej dziedzinie wracamy ciągle

do tego lub owego zapatrywania, które się już niegdyś wyłoniło w Grecji starożytnej. Nieskończenie rozmaitym był kierunek duchowy tych szkół filozoficznych i bardzo różnorodną drogą, która miała ich doprowadzić do celu. Podczas gdy jedne przez staranne i gruntowne badanie przyrody zdawały się dochodzić do właściwego na rzeczy poglądu, inne gardziły wszelką obserwacją przyrody i tworzyły filozofów idei. Najwybitniejszy z nich, Platon, któremu filozofia idealistyczna zawdzięcza swój rozwój, wyszydzał nawet astronomów, obserwujących wschód i zachód gwiazd. W toku naszych uwag, a szczególnie przy kreśleniu duchowych prądów w dziejach fizyki, musimy w poglądach naszych i wyobrażeniach cofać się zawsze do starożytnych filozofów greckich, a czynić to będziemy nawet wtedy, kiedy będziemy rozpatrywać odkrycia i wynalazki fizyczne naszego stulecia. Jeżeli uprzytomnimy sobie, jaki wpływ wywierała fizyka, czy to traktowana jako umiejętność teoretyczna, czy też stosowana w zakresie technicznym, na całe życie kulturalne, następnie jeżeli rozważymy, jak ona sama w biegu stuleci zbaczała pod wpływem najróżnorodniejszych filozoficznych, etycznych i innych prądów już w tym, już to w innym kierunku, to będzie dla nas jasnym, że wpływ filozofów greckich na umysłowe i społeczne ukształtowanie ludzkości był i dzisiaj jest jeszcze olbrzymi. Tem ciekawsze powinno być dla nas poznanie ich poglądów, choćby tylko w zarysie.

Za najdawniejszego i pierwszego fizyka greckiego możemy uważać Talesa z Miletu, który, kierowany chęcią badania, przedsięwziął długą podróż do Egiptu, ażeby poznać fizyczne, matematyczne i astronomiczne wiadomości egipcjan. Spostrzeżenie, że każdy pokarm ma wilgoć, i że ziarno wschodzi tylko w wilgotnym gruncie, doprowadziło go do postawienia następującej teorii: „Główną podstawą każdej rzeczy jest woda, wszystko z wody powstało i wszystko się w wodę obróci“. Być może, iż podróż do Egiptu wpłynęła na niego przy budowie tej teorii, bo w Egipcie właśnie mógł się nauczyć, jakim użyźniającym żywiołem jest woda. Dzisiaj nie jest nam wiadomem, jak obszerne były wiadomości pozytywne Talesa, wiemy tylko, że znaną mu była siła przyciągania magnesu i prawdopodobnie także własności elektryczne bursztynu, wywołane przez potarcie. Pomędzy uczniami jego szkoły rozpowszechniła się przy uwzględnieniu różnych zmian teorii, do której powrócili tak znakomici filozofowie i fizycy, jakimi byli Kant i Laplace, mianowicie to, że istnieje jakaś materja pierwotna, z której przez różne zmiany natury fizycznej i chemicznej powstały wszystkie inne materje i z niej też utworzone są wszystkie ciała wypełniające wszechświat. Pierwszym, który utrwalił teorię istnienia materji pierwotnej, był uczeń Talesa, Anaksimander, pochodzący także z Miletu. Według jego poglądu zasadą wszystkich rzeczy jest nieograniczona materja pierwotna, z której oddzielają się najpierw żywiołowe przeciwieństwa: ciepło i zimno, wilgoć i susza. Głębsze uzasadnienie własności materji pierwotnej dał nam następca Talesa, Anaksimenes z Miletu. Według niego materjā pierwotną jest powietrze, z którego wszystko się rozwija. Sądził,

że zgęszczone powietrze zamienia się w wodę, a przez dalsze zagęszczanie powstaje ziemia: z rozrzedzonego powietrza wyradza się ogień. Uczniowie tych filozofów wprowadzili do Grecji gnomony, t. j. pionowe słupki, od których cień odrzucany wyznaczał godziny dnia. W ścisłym związku z gnomonami znajduje się wynalazek zegarów słonecznych; prawdopodobnem jest także, że Tales razem ze swemi uczniami sporządzili pierwsi karty geograficzne; tym więc filozofom powinniśmy przyznać pierwszeństwo zastosowania wiedzy fizycznej do celów praktycznych, ułatwiających życie codzienne.

Nauka o materji pierwotnej straciła swoją żywotność za czasów Pytagorasa, ucznia Anaksimandra. Czego właściwie uczył Pytagoras, tego dzisiaj z zupełną pewnością określić nie możemy, gdyż on wraz ze swymi uczniami utworzyli związek tajemniczy, nauki ich nigdy wpośród ogółu nie były rozpowszechniane a w czasach późniejszych krążyły o nich przeróżne bajki. To jednak jest pewnem, że Pytagoras odrzucił naukę o materji pierwotnej i utworzył nowy systemat. Dopiero po jego śmierci, uczeń jego Philolaus udzielił wskazówek, w jaki sposób Pytagoras pojmował powstanie wszechświata. Według jego pojmowania środek wszechświata zajmowała materja najczystsza, ogień, a dokoła niego poruszały się w odstępach harmonicznym: ziemia, księżyc, słońce, Merkury, Wenus, Mars, Jowisz, Saturn i gwiazdy stałe. Cokolwiek mogłyby zawierać inne nauki Pytagorasa odnośnie do fizyki i powstania wszechświata, to jednak na wyróżnienie zasługują dwa punkty, stawiające go na stanowisku najwięcej wpływowego i najznakomitszego fizyka wszystkich czasów. Pierwszym—jest postawienie znanego wszystkim twierdzenia matematycznego—gdyż niewiele jest takich nauk, któreby wymagały więcej pomocy matematyki, jak fizyka; drugim zaś punktem jest ciekawe i bardzo ważne prawo fizyczne, uzasadnione także przez Pytagorasa. Odnosi się ono do tej części akustyki, którą nazywamy harmonją tonów, prawo to głosi, że harmonja muzyczna opiera się na pewnych stosunkach liczbowych. Oznaczył dokładnie te stosunki, w jakich po sobie następują oktawa, kwinta i kwarta, a na podstawie tych określeń rozwinęła się z biegiem czasu nauka harmonji muzycznej, a znaczenia której przy budowie instrumentów muzycznych, jakoteż i wykształcenia samej muzyki nie trzeba bliżej uzasadniać.

Pierwszym z filozofów Grecji starożytnej, o którego wiadomościach z fizyki czerpiemy z jego własnych zapisek, otrzymanych przez nas w urywkach zaledwie, był Anaksagoras z Klazomeny w Lidji. On znowu był zwolennikiem materji pierwotnej; jego też powinniśmy uważać jako ojca, mającej jeszcze dziś uznanie teorii atomistycznej, według której wszystkie ciała złożone są z pojedynczych, nieskończenie małych cząsteczek, związanych z sobą, tak zwanych atomów. Według poglądu Anaksagorasa istnieje nieskończenie znaczna ilość niewidzialnych, drobnych cząsteczek. Są to trwałe i niezmiennie materje pierwotne, różniące się między sobą kształtem, barwą i smakiem; sądził, że z początku wszystkie te pierwiastki były bez żadnego porządku pomieszane z sobą, a dopiero



duch i rozum (Νοος) uprządkował te drobne, niewidzialne cząstki i połączył je. Anaksagoras więc jest przedstawicielem tego kierunku, który duchowi i rozumowi przyznaje wpływ na porządek wszystkich rzeczy, a ponieważ trudno nam przypuścić, aby miał na myśli ducha ludzkiego, więc prawdopodobnie uważać go należy, jako przedstawiciela szkoły teistyczno-fizycznej, sprowadzającej wszystko do woli ducha, już to jakiejś jedynej istoty wyższej, już też jakiegoś nieokreślonego ducha świata. Wreszcie od Anaksagorasa pochodzą także teorie o wpływie barw na wrażliwość zmysłów, a więc z takiej dziedziny, która jeszcze dotąd nie jest wyjaśniona i zaledwie taki badacz, jak Helmholtz, mógł się zabrać do jej zbadania dokładnego.

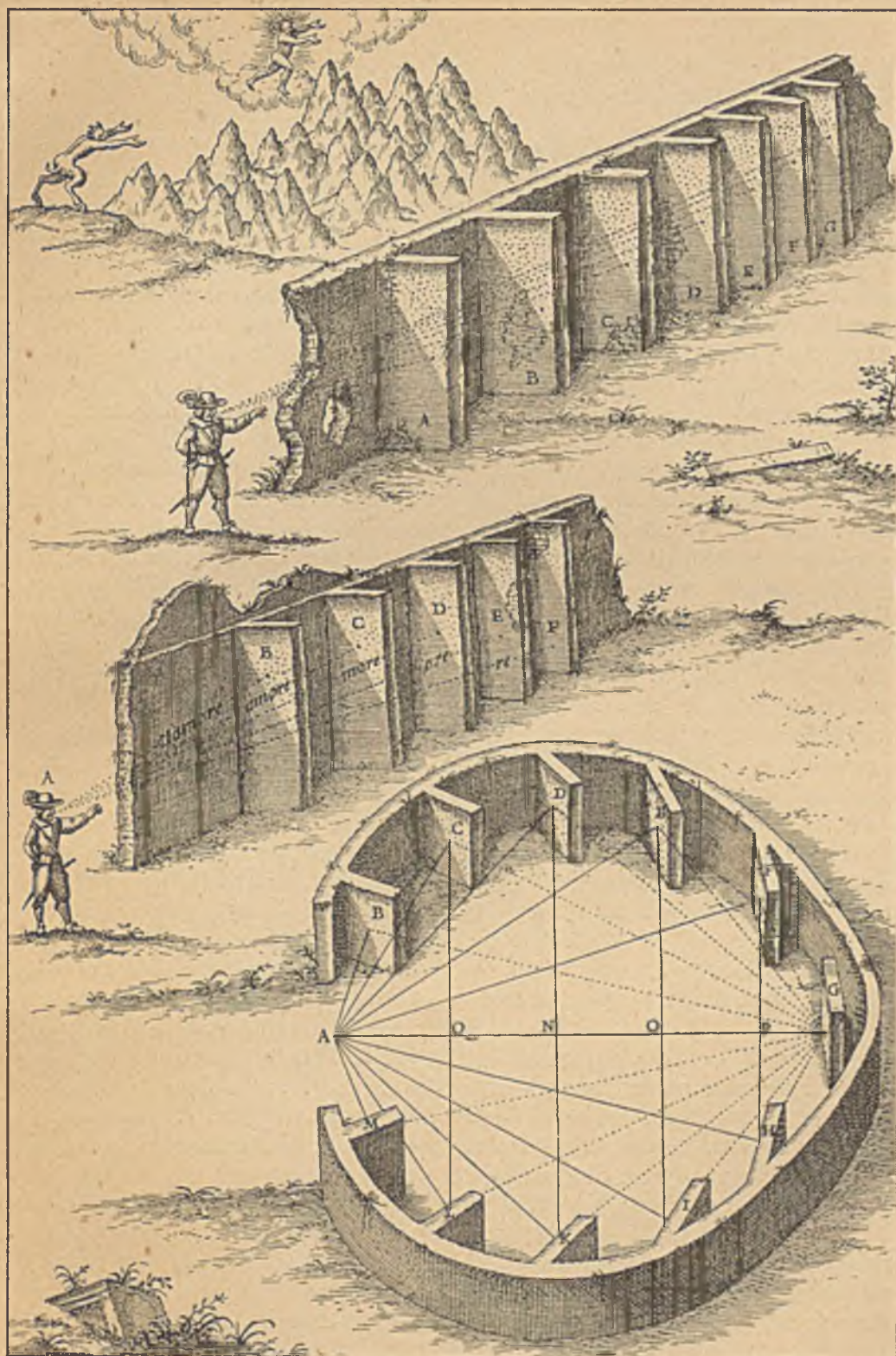
Ze wszystkich teorii fizycznych, traktujących o początku wszechrzeczy, najdłużej utrzymała się teoria Empedoklesa z Agrigentu (492—432 przed Chr.). Jest to znana teoria, uznawana ogólnie jeszcze przed paru wiekami, nauka o czterech żywiołach, ogniu, wodzie, powietrzu i ziemi, które miały być pierwiastkiem wszystkiego. Wprost dziwnem się wydaje, jak teoria o czterech żywiołach mogła się utrzymywać przez tyle stuleci i wywierać wpływ w tak obszernym zakresie, kiedy nawet ani Empedokles, ani żaden z tych wielu fizyków, którzy w czasach późniejszych tak uroczyście ją wyznawali, nie potrafili czemśkolwiek przyczynić się do jej uzasadnienia.

Naukę o czterech żywiołach, wprowadzoną przez Empedoklesa rozwijał dalej Arystoteles, uczeń Platona, najznakomitszy ze wszystkich starożytnych filozofów natury i jeden z wybitniejszych filozofów świata. Arystoteles przez swoją filozofję uTORował rzeczywiste drogi dla nowych poglądów, a wpływ założonej przez niego szkoły, nie wygasł jeszcze do dnia dzisiejszego. Zasady jego mają znaczenie wielkie nie tylko w zakresie czystej filozofji, lecz także i w fizyce, a szczególnie w fizykalnem pojmowaniu natury zarówno w jego okresie, jakoteż i w czasach późniejszych. Arystoteles pozostawił o swych poglądach na fizykę wiele zapisek, które zakupione zostały do biblioteki aleksandryjskiej, lecz w czasie pożaru uległy zniszczeniu. Z licznych jednak komentarzy, w jakie zaopatrywane były jego pisma, mamy o Arystotelesie i jego pracach wiadomości daleko dokładniejsze niż o którymkolwiek filozofie starożytności. Nauka jego o czterech żywiołach odznaczająca się doskonałym opracowaniem, jest tak zawiła, po części, zapewne skażona przez komentarze i w wielu miejscach tak mało jasna, że stanowi część najslabszą jego prac z zakresu fizyki. W nauce tej jednak należy zwrócić uwagę na to miejsce znamienne, z którego dowiadujemy się, że Arystoteles przyjmował istnienie piątego pierwiastku, mianowicie eteru, którym według jego poglądu było wypełnione niebo. To przypuszczenie tem więcej zasługuje na zaznaczenie, że zgadza się prawie zupełnie z obecnymi poglądami, istniejącymi w dzisiejszej fizyce. W dziale bowiem obecnej fizyki znajduje się wiele zjawisk, jak np. prawo przenoszenia się światła, ciepła i t. p., których przy obecnym stanie naszej wiedzy inaczej

objaśnić nie możemy. Ażeby dla tych wszystkich zjawisk znaleźć odpowiednie wyjaśnienie i określić zasady ich powstawania, przyjmujemy w dzisiejszej fizyce, że istnieje ciało nieważkie, niezmiernie delikatne, doskonale sprężyste i przenikające wszystkie inne ciała, które nazywamy eterem. Ta hipoteza wystarcza i zaspakaja nasze zapatrywania w równym stopniu, jak zaspakajała w owym czasie poglądy Arystotelesa.

Od poglądów Arystotelesa czysto teoretycznych, zwróćmy się do jego wyników praktycznych, które imię jego uczyniły nieśmiertelnem wpośród fizyków całego świata! Arystoteles z kilkoma jeszcze filozofami przyjmował, że ziemia jest kulą — zapatrywanie, które było wręcz przeciwne ogólnym poglądom owego czasu. Z badań Arystotelesa w zakresie mechaniki ludzkość odziedziczyła wyniki znakomite; on wyjaśnił pierwszy prawo działania dźwigni: „z pomocą dłuższego ramienia dźwigni łatwiej można podnosić większy ciężar, ponieważ większe ramię silniej porusza“, następnie „siła przyczepiona na większej odległości od punktu podparcia dźwigni porusza łatwiej ciężar, ponieważ opisuje dłuższą drogę“. Dźwignia jest najprostszą z maszyn prostych, mającą najwięcej zastosowania i zbadanie prawa działania dźwigni oznacza pierwszy stopień w zakresie systematycznej budowy maszyn, tak, że Arystotelesa powinniśmy uznać, jako pierwszego założyciela budowy machin. Niewątpliwie, że przez zastosowanie odkrytego prawa działania dźwigni, nastąpiło już w owym czasie lepsze i zupełniejsze użytkowanie prostych maszyn za pomocą siły ludzkiej, które skutkiem poznania dokładnego warunków matematycznych działania dźwigni uzyskało dopiero dzisiaj najzupełniejsze wykończenie.

W sposób podobny określił zasadniczo zupełnie dokładnie prawo o spadku ciał, rozwinięte wszechstronnie potem przez Newtona. Arystoteles pierwszy wypowiedział prawo, że ciała spadają w przestrzeni ze wzrastającą prędkością, a następnie zauważył, że podczas spadania prędkości różnych ciał są proporcjonalne do ich ciężarów. Również wyczerpująco objaśnił znane zjawisko z akustyki, mianowicie echo. W owym czasie nie mieli najmniejszego pojęcia, w jaki sposób powstaje odgłos, czyli echo; dopiero Arystoteles objaśnił, że powietrze, niosąc dźwięk, znajduje w ścianie przeszkodę do jej przeniknięcia, odskakuje więc od niej zaraz jak piłka“. Chociaż Arystoteles nie wiedział nawet o falach dźwiękowych, to i tak nie można mu odmówić, że zjawisko echa objaśnił zupełnie słusznie. Podobnie jak w zakresie mechaniki i akustyki dokonał także bardzo wiele w dziale optyki. O działaniu wzroku prawie wszyscy filozofowie greccy wypowiedzieli swoje poglądy i większość ich skłaniała się do zapatrywania Demokrytesa, że „widzimy dlatego, iż z oka wychodzi światło, które pada na przedmioty i je oświetla“. Arystoteles obalił powyższe twierdzenie jednym tylko zapytaniem: „jeżeli widzimy skutkiem tego, iż z oka, jak z jakiej latarni, wychodzi światło, to dlaczego nie możemy widzieć przedmiotów w ciemności?“ Żadna z hipotez w tak prosty sposób nie była doprowadzona do absurdu i przy tej umiejętności wnioskowania, jaką posiadał Arystoteles,



### Powstawanie echa. Według Athanasjusa Kirchera.

Obraz wyjaśnia sposób powstawania echa, mianowicie: u góry „duch“, który według podania wywołuje echo; niżej odbicie głosu od dowolnej ilości ścian, od których jednak mówiący głośno powinni być oddalony najmniej o 18 metrów (miary dzisiejszej); na dole echo wielokrotne t. j. odbicie każdego dźwięku od licznych ścianek.

żałujemy bardzo, że nie pozostawił nam zadawalającego wyjaśnienia, jaką drogą powstają w oku obrazy przedmiotów. Przedstawiliśmy krótko zakres nauki Arystotelesa, mającej największe znaczenie dla potomności, lecz to nie wyczerpuje nawet w części całkowitego jego działania. W czterech swoich dziełach poddał dokładnym badaniom prawie wszystkie znane wówczas i zauważone zjawiska, z których jednak często wyprowadzał wnioski fałszywe. To jednakże godne jest zaznaczenia, że Arystoteles dzięki jedynie swemu jasnemu umysłowi, odsłonił takie prawdy, które jeszcze w dniu dzisiejszym mają pełne znaczenie.

W Arystotelesie poznaliśmy najznakomitszego, ale zarazem ostatniego z greckich filozofów natury. Po nim badania fizyczne przybrały inny kierunek. Spostrzeżono bowiem, że przez proste rozmyślanie i wnioskowanie nie można zgłębić istoty przyrody, zauważono, że w każdej teorii istniała jakaś przerwa i istniała głównie z braku jakiegokolwiek sprawdzianu. Najlepszym sprawdzianem słuszności każdej teorii byłoby doświadczenie, ale fizyka owych czasów do tego jeszcze nie dojrzała i dlatego brakujących udowodnień próbowano dostarczyć drogą matematyczną. Na ugruntowanie tego kierunku wywarły wpływ kraje Wschodu, gdyż egipcjanie daleko wcześniej od greków posiadali już znakomite wiadomości matematyczne i podczas panowania kultury wschodniej matematyka zyskiwała coraz więcej przyjaciół wśród filozofów greckich. Wskutek tego nowa era badania w dziedzinie fizycznej, jaka rozpoczęła się po Arystotelesie znalazła się zupełnie pod wpływem matematyki. Oprócz Euklidesa, który odkryte prawdy w optyce poparł wyliczeniami matematycznymi, mamy tu jako przedstawiciela fizyki matematycznej Archimedes (287—212 przed Chr.), sławnego matematyka i fizyka, którego wpływ wyraził się znakomitym rozwojem wiedzy fizycznej. Niestety, z jego dzieł, prac, badań i przyrządów pozostało niewiele. Wprawdzie większa część jego pism doszła do nas w postaci nieskażonej, lecz ze wszystkiego, co wiemy o działalności Archimedes, widać, że w nich znajduje się tylko mała cząstka tego, co rzeczywiście stworzył i wykonał. Nie posiadamy jego zapisek o wynalazkach i przyrządach, których przeszło 40 wykonał. W pozostałych zaś pismach większa część ich poświęcona wyłącznie czystej matematyce, dla fizyki mają znaczenie tylko niektóre, mianowicie te, w których rozpatruje: równowagę płaszczyzn, o liczeniu piasku i o ciałach pływających, z których ostatnia należy do najważniejszych zasad fizycznych.

Znakomitą pracą Archimedes jest odkryta przez niego zasada, tycząca się straty w ciężarze ciał pływających, zasada, na podstawie której możemy określać ciężar właściwy różnych ciał. Ciekawy jest sposób, przy jakiej okoliczności Archimedes odkrył powyższą zasadę. Według opowiadań ówczesnych pisarzy, do liczby których należał także późniejszy Witruwiusz, Archimedes był myślicielem, tak pochłoniętym swymi naukowymi badaniami, że zapominał często zupełnie o jedzeniu i picu, o czym mu dopiero przyjaciele jego musieli przypominać. Pewnego razu przyjaciel Archimedes, król Hiero

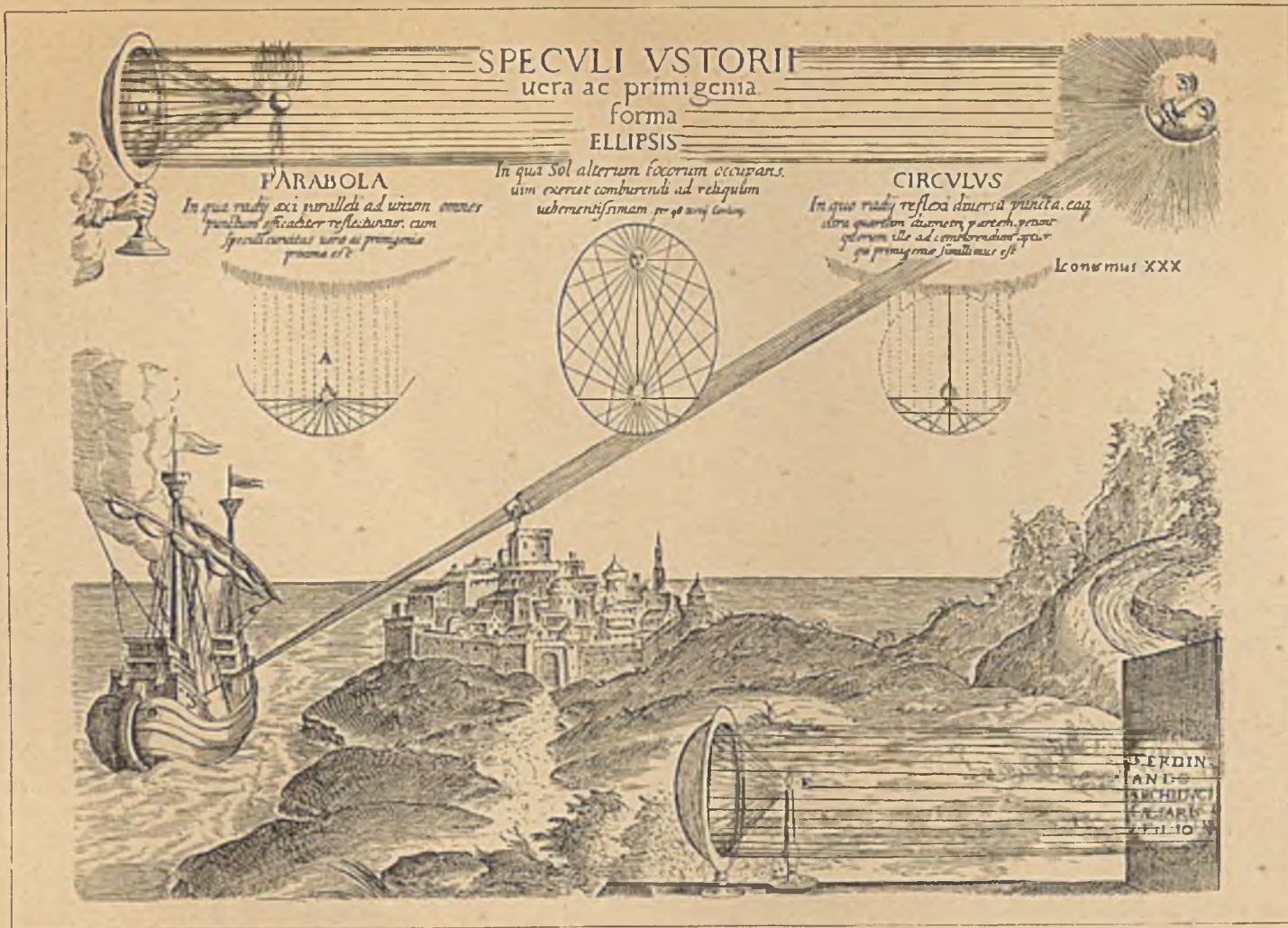
z Syrakuz zamierzywszy złożyć koronę złotą, jako ofiarę, w świątyni, polecił wydać złotnikowi odpowiednią ilość złota. Złotnik dostarczył koronę, mającą tę samą wagę, co wydane złoto. Hiero, podejrzewając jednak wskutek pogłosek, że część złota w koronie była zastąpiona srebrem, polecił sprawdzenie tego Archimedesowi. Polecenie to dostarczyło mu nowego pola do badań w zakresie fizyki i matematyki, któremi też zaraz się zajął, poświęcając dociekaniom dnie i noc. Myśl jego zajęta była tem ciągle i gdy pewnego dnia był w kąpieli, przypadkiem dostrzegł, że woda w takiej samej mierze występuje z wanny, w jakiej on ciało swe coraz więcej w niej zanurza, a to spostrzeżenie nasunęło mu zaraz drogę do rozwiązania zadania. Uniesiony radością, wyskoczył z wanny i pobiegł nago do domu, a przebiegając ulice Syrakuz, zwiastował głośno o swem odkryciu wołając „eureka“ t. j. znalazłem! Archimedes odkrył wtedy jedną z najważniejszych prawd, zasadę, że każde ciało zanurzone w wodzie, traci na swem ciężarze tyle, ile wynosi ciężar wody, wypchniętej przez objętość tego ciała. Na podstawie tego mógł wykazać sfałszowanie złotej korony następującym sposobem: zanurzył w naczynie, wodą wypełnione, bryłę złota tego samego ciężaru, co i korona, i zważył wypchniętą ilość wody. Następnie w tem samym naczyniu zanurzył koronę, i po zważeniu wypchniętej przez nią wody, przekonał się, że ta wypchnęła znacznie więcej wody, jak bryła złota. Musiała więc zawierać pewną ilość metalu gatunkowo lżejszego od złota i procentowość tej domieszki Archimedes najdokładniej określił przez dalsze mierzenie i ważenie. Ta zasada była podstawą do określania ciężaru właściwego wszystkich ciał. Ciężar bezwzględny każdego ciała można oznaczyć za pomocą prostego ważenia, ale ten nie wystarcza przy wielu zagadnieniach naukowych i technicznych, gdyż tam ma znaczenie ciężar właściwy, t. j. ciężar jednostki objętości ciała w porównaniu z ciężarem tej samej jednostki objętości wody. Jeżeli powiadamy, że kawał żelaza waży 3 kilogramy, to przez to określamy ciężar bezwzględny żelaza; jeżeli zaś oznaczamy, że centymetr sześcienny żelaza waży 7,8 kilograma, to wyrażamy przez to ciężar właściwy żelaza, który jest liczbą, pozwalającą na dokładne porównanie wagi dowolnej ilości żelaza z dowolną ilością innego ciała. Można przeto — że już pozostaniemy dalej przy naszym przykładzie, na żelazie — obliczyć przy każdej budowie mostu żelaznego z góry przy pomocy ciężaru właściwego, ile ważyć będzie użyte do niego żelazo, jeżeli będzie wiadoma objętość potrzebnego żelaza i jego ciężar właściwy; znając ciężar właściwy możemy obliczyć, ile razy konstrukcja żelazna może być cięższą lub lżejszą od konstrukcji z kamienia, drzewa, lub jakiegokolwiek innego materiału. Jak ważną jest znajomość ciężaru właściwego, możemy sądzić z tego, że dzisiaj niema ciała, czy to w stanie gazowym, czy płynnym, czy też stałym, któregooby ciężar właściwy nie był dokładnie oznaczony; jest on bowiem pierwszą i najcelniejszą podstawę przy wszelkich technicznych, czy też naukowych zastosowaniach. Technika, jak i nauka postępują drogami, opierając się jak na fundamencie, na znajomości ciężaru właściwego.

Jeżeli dzisiaj odkrytem zostaje jakie nowe ciało, lub jaki nowy pierwiastek, jak np. otrzymany niedawno z powietrza gaz helium, to pierwszym, niezbędnym zadaniem badacza jest oznaczenie ciężaru właściwego ciała lub pierwiastku, gdyż tylko wtedy możemy orzec, do jakiego celu może być stosowany i tylko na zasadzie tego określenia możemy wiedzieć, jakie znaczenie on przedstawia w naturze i jakie przy zastosowaniu w nauce i technice.

W porównaniu z opisaną tutaj pracą Archimedesesa, wszystkie pozostałe usuwają się na dalszy plan, jakkolwiek i one są tak cenne, iż same mogłyby uczynić imię jego nieśmiertelnem. W zakresie mechaniki posiada niezmiernie znaczenie praca badawcza nad środkiem ciężkości ciał. Wykazał, że każde ciało posiada pewienznaczony punkt, w którym wyobrazić sobie możemy ześrodkowany cały jego ciężar, punkt nazywany środkiem ciężkości. „Jeżeli w jakikolwiek sposób będzie zmieniane położenie ciała, to jego środek ciężkości pozostanie w tem samym miejscu, a ciśnienie, jakie wywiera ciało ciężkie, pozostaje to samo dopóty, dopóki wielkość i masa ciała nie ulegnie zmianie“. Nauka o środku ciężkości, ugruntowana przez Archimedesesa, stanowi przez wszystkie czasy zasadniczą podstawę w dziedzinie fizyki, mającej szczególne zastosowanie w architekturze, w budowie okrętów, maszyn i t. p. Wreszcie zasada równowagi dźwigni początkowo postawiona przez Arystotelesa prawidłowo, ale niedokładnie wyrażona, była przez niego następnie ujęta w ściśle określonej całości i uzasadniona na podstawie matematycznej. Podaną została w tak dokładnej formie, że dzisiaj może służyć za wzór, nic w niej bowiem dotąd zmienić nie było można.

Osobliwą i bardzo ważną, ze względu na wyprowadzone z niej wnioski, jest rozprawa Archimedesesa: „O liczeniu piasku“. Wskazuje w niej, że jakkolwiek ilość ziarenek piasku może być nieskończenie wielka, to istnieją wszakże liczby, które są od tych ilości jeszcze większe i na podstawie rozumowań dochodzi do wniosku, że wszechświat jest nieskończenie wielki. „Co do mnie“, pisze do króla Gelona, syna Hierona, któremu to dzieło jest poświęcone, „to wykażę ci dowodzeniami geometrycznymi, którym uznania swego nie będziesz mógł odmówić, że są liczby większe od wszystkich ziarn piasku, któreby objąć mogło ciało nie tylko wielkości ziemi, ale nawet wielkości całego wszechświata“. W piśmie „O ilości piasku“ oblicza obwód ziemi, o którym słusznie twierdzi, że jest większy od obwodu księżyca, a mniejszy—od słońca, wyznaczając go na 3 miliony stadji; średnicę słońca jednak oznacza na 30 średnic księżyca. Cyfry te stanowiły wtedy podstawę do dalszych obliczeń odległości pomiędzy gwiazdami stałymi, ich czasów obiegu i wielu innych danych.

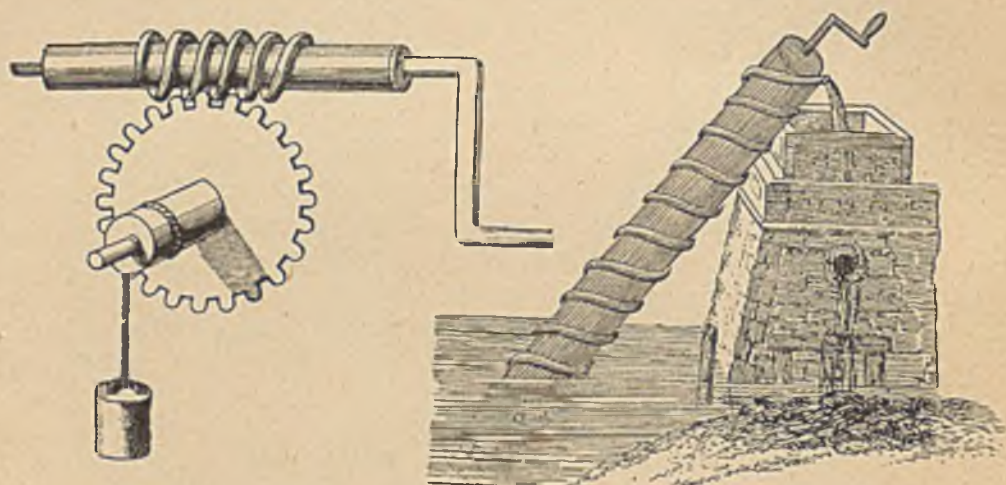
Wskazywaliśmy już na to, że wpływ Archimedesesa i odkrytych przez niego praw, miał wybitne znaczenie po wszystkie czasy. Był on jednym z tych niewielu fizyków starożytności, którzy już za życia potrafili zastosować praktycznie swe wiadomości i wiedzę, nie czekając, aż w skutek wzmożenia się wiedzy, pozwalającej na jego ocenienie i zrozumienie, wzrośnie



**Działanie zwierciadeł wklęsłych i palących.**

Według „Ars magna lucis et umbrae“ Athanasjusza Kirchera z roku 1671.

ich znaczenie u potomności. Oddając całą swą umiejętność na usługi ojczyzny, wpływał nie tylko owocnie i dobroczynnie na stan jej kultury, lecz oddziaływał wprost nawet na ukształtowanie się politycznych stosunków swego czasu. Z wielu wynalazków, będących wynikiem jego badań, tylko niektóre są nam znane. Było ich podobno 40; dzisiaj wiemy jeszcze, że był wynalazcą zwierciadeł palących, szruby do podnoszenia wody (ślimak wodny, zwany szrubą Archimedesesa), szruby bez końca i krążków do podnoszenia ciężarów, czyli przyrządów, które w rozwoju techniki odgrywają nader ważną rolę. Krążki do podnoszenia ciężarów, zwierciadła palące i szruba bez końca są ciągle powszechnie stosowane, przez długi czas używana była także i szruba wodna, dopóki maszyny ulepszone nie usunęły jej na plan dalszy, jednakowoż używana jest i dziś jeszcze przy robotach kanalizacyjnych a także w wodnej technice budowlanej. Szruba bez końca,



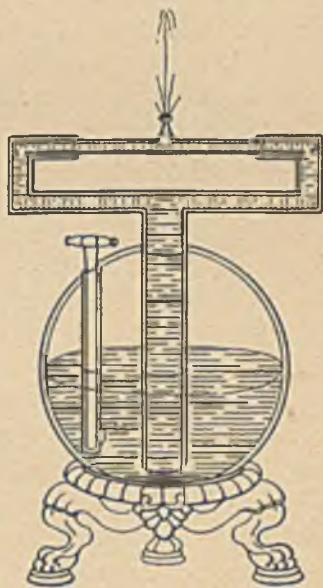
Ślimak i szruba wodna.

albo ślimak, jako maszyna pomocnicza, ma bardzo liczne zastosowania. Żałować należy, że o pozostałych machinach Archimedesesa nie mamy wiadomości dokładnych. W owym czasie były podziwem świata cywilizowanego i cuda o nich opowiadano. Pewnego razu wykończono w Syrakuzach olbrzymi okręt, który dla zabezpieczenia od robaków pokryty był blachami ołowianymi; kolosa tego nie można było spuścić na morze, dopiero Archimedes przy odpowiednim zastosowaniu swych dźwigni zdołał to zadanie wykonać: okręt powyższy nie tylko spuścił na morze, ale go z powrotem wprowadził na ląd. Był to zarazem najlepszy pokaz zastosowania i działania jego dźwigni. Tem uzasadnia się tak ogólnie znane i rozpowszechnione zdanie, jakie wypowiedział do króla Hierona Archimedes zachwycony działaniem owych dźwigni: „daj mi poza wszechświatem punkt oparcia, a poruszę z posad ziemię“. Budowa machin wojennych, działających podczas oblężenia Syrakuz powiększała jego wpływ na ukształtowanie politycznych stosunków



ówczesnych, zdołał bowiem przez czas dosyć znaczny opierać się oblegającym rzymianom. Przy pomocy swych zwierciadeł palących miał wzniecać pożar na okrętach rzymskich, a za pomocą innych machin zasypywał je olbrzymią ilością strzał i kamieni; wkrótce też przyrzady jego wywoływały taką obawę, że wszyscy uciekali, skoro tylko dostrzegli na murach Syrakuz wystającą belkę lub linę. Istnienie zwierciadeł palących kilkakrotnie uznawano za wątpliwe, jakkolwiek w sposób jednakowy donoszą nam o nich tacy pisarze jak Plutarch, Liwiusz i Polybiusz, należy więc przypuścić, że Archimedes musiał posiadać tak szczególnego kształtu i rodzaju zwierciadła palące, których dziś nie możemy sobie wyobrazić. Pomimo tych wszystkich wojenno technicznych wynalazków Archimedesu Syrakuzy zdobyte zostały przez rzymian w 212 r. przed Chr., a Archimedes zamyślonego wówczas nad figurami geometrycznymi, kreślonymi laską na piasku, zabił nieznający go żołnierz rzymski. Tak skończył jeden z największych fizyków świata, o którym można powiedzieć, że niespożyte są skutki jego wpływu na rozwój cywilizacji ludzkości.

Pod względem znaczenia blizkim jest Archimedesowi fizyk Hero z Aleksandrji, który odznaczył się głównie w jednym dziale fizyki, mianowicie w mechanice; dzieła jego z dokładnymi rysunkami doszły do nas w całości, o jednym tylko nie informują nas, to jest o wieku, w którym żył. Ponieważ jednak w pismach swych powołuje się często na Archimedesu, wnosić więc można, że pracował później niż ten ostatni. Podczas gdy Archimedes zwracał główną uwagę na dowody matematyczne swych zasad naukowych, Hero przeciwnie, torował sobie drogę na podstawie doświadczalnej. Znalazłszy jaką nową zasadę mechaniki, natychmiast starał się budować odpowiednie przyrzady, w którychby ta zasada znalazła zastosowanie praktyczne, tak, że był nie tylko znakomitym teoretykiem, lecz bardzo wydatnym mechanikiem praktycznym. W pozostałych po nim dziełach mamy podane opisy setek rozmaitych urządzeń mechanicznych, zabawek, teatrów automatycznych, zegarów i t. p., które nam wskazują, że głównie interesowało go zastosowanie teorii do celów praktycznych. Niektóre z jego przyrządów mechanicznych, należących obecnie do aparatów naukowych w laboratorjach fizycznych i chemicznych i mających pewne zastosowanie praktyczne, noszą nazwę swego wynalazcy, jak fontanna Herona i bania Herona, dwa przyrzady, których działanie opiera się na powietrzu zgęszczonem. Zastosowanie praktyczne znajdują w tak zwanych skrzyniach powietrznych przy sikawkach



**Fontanna Herona.**

Według „Heronis Aleksandrini opera“.  
wydanych przez Wilhelma Schmidta  
w Lipsku 1899 r.

ogniowych. Oprócz tych dwóch przyrządów zbudował Heron eolipilę parową, wirującą wskutek działania pary, lub powietrza ogrzanego. Wynalazł pierwsze automaty, o których w pismach swych tak pisze: „Niektóre naczynia ofiarne tak są urządzone, że woda święcona wypływa z nich za wrzuceniem pięcio-drachmowej monety.“ Inny znów automat był zastosowany do samodzielnie regulowanej lampy, na powierzchni oliwy znajdował się pływak, wiszący zarazem na zębnicy, znajdującej się wewnątrz lampy. Gdy się nieco oliwy wypaliło, pływak razem z zębnicą opuszczał się, ta zaś zębami swemi zaczepiała kołko zębate, które poruszając się, przesuwalo drugą zębnicę z namotanym knotem, leżącą na dnie lampy i samodzielnie wysuwającą odpowiednią część knota. Od czasów Herona automaty poszły w zapomnienie, pojawiły się dopiero w ostatnich czasach. Jakkolwiek niektóre z jego zabawek mechanicznych, na pierwszy rzut oka, wydają się dziecinną igraszką, fizyk rozpozna z nich zaraz, że Heron w zakresie mechaniki posiadał wybitne wiadomości. Tak np. eolipila parowa jest praktycznym zastosowaniem zbadanej dokładnie przez Herona zasady prężności powietrza i rozszerzania się jego od ciepła. Heron prawdopodobnie zasadę powyższą poparł dowodami matematycznymi, tylko że zaginęła praca jego „Elementy mechaniki,“ o której wspominają różni pisarze.

Nauczycielem Herona był Ktesibios, o którym wspominaliśmy, że wynalazł a właściwie wprowadził zegary wodne. Ktesibios później znacznie ulepszył te zegary wodne, mianowicie, urządził taki zegar wodny, w którym po raz pierwszy zastosowane były kołka zębate, jakich Heron używał przy swoich automatach. Przez wynalezienie kół zębatach mechanika otrzymała jeden z najlepszych środków pomocniczych, które mają wielkie znaczenie przy zmianie prędkości i przeniesieniu siły sposobem mechanicznym. Zastosowanie kół zębatach do zegara przekonywa nas, że Ktesibios musiał także znać zasadę zmiany prędkości przy użyciu kół zębatach i powinniśmy go uznawać, jako twórcę tego środka pomocniczego, najważniejszego może w dzisiejszej mechanice i technice maszynowej.

Po Heronie niema przez czas dłuższy ani jednego wybitniejszego fizyka; być może odkryte przez Archimedesą i Ktesibiosa prawa przyrody wystarczały do wypełnienia duchowego życia i dawały dostateczne zajęcie fizykom ówczesnym. Aż do chwili Narodzenia Chrystusa fizyka starożytnych obracała się w ciasnych granicach, zadawałniała się odbudową prawd, poznanych przez trzech wspomnianych fizyków, i zastosowaniem wypowiedzianych zasad do praktycznego użytku w postaci różnego rodzaju machin, a przede wszystkim machin wojennych. Z liczby konstruktorów machin wojennych odznaczył się pomiędzy ówczesnymi fizykami Witruwiusz, rzymski inżynier wojenny, żyjący za czasów Cezara i Augusta, który po za badaniami samodzielnymi wslawił się także i tem, że całą wiedzę z czasów poprzednich, o ile mu była znaną i dostępną, zgromadził w jednym dziele zbiorowem. Praca ta zajmuje się wyłącznie fizykami greckimi, co nam pozwala sądzić, że rzymianie do czasu Witruwiusza nie posiadali ani jednego wybitniejszego



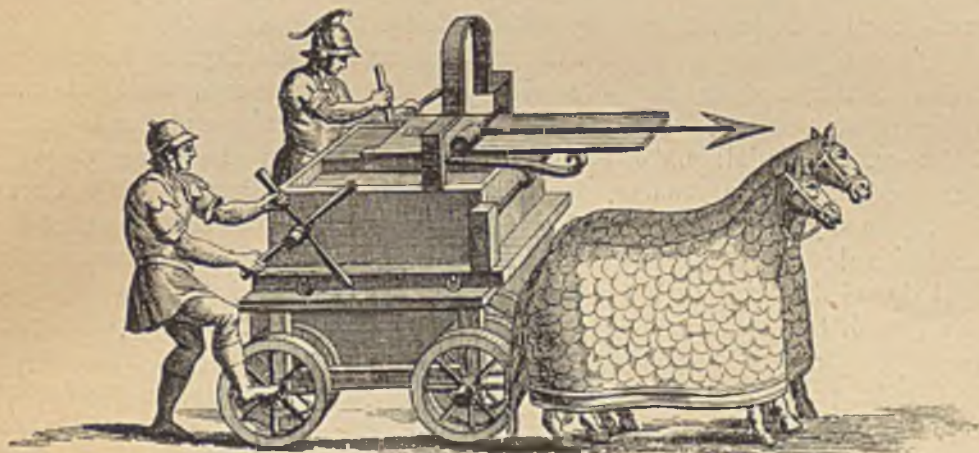
Starorzyskie maszyny oblężnicze.

Według obrazu E. I. Poyntera.

fizyka, tak, że w Witruwiuszu powinniśmy widzieć pierwszego fizyka rzymskiego. Pierwsze rozdziały (księgi) tej wielkiej pracy zbiorowej mówią wyłącznie o stosowaniu fizyki do budownictwa i miały wpływ decydujący na architekturę ówczesną. W księdze ósmej roztrząsane są własności fizyczne wody i ze względu na praktyczne zastosowanie w końcu tego działu wiedzy mieści się nauka o wodociągach i kanałach wodnych; księga 9 poświęcona wyłącznie mierzeniu czasu, dziesiąta zaś zajmuje się sztuką budowy machin. W obszernem dziele Witruwiusza przedstawiona jest kolejno teoria i praktyka, tak, że można je uważać jako encyklopedję całej wiedzy fizycznej. Możemy zarazem zaznaczyć, że niektóre wyniki, osiągnięte przez Witruwiusza z własnych jego badań, świadczą o jego rzeczywistej wiedzy; jeżeli zaś wydają się nam dzisiaj takimi, to wtedy przedstawiały się jako ważne postępy w dziedzinie badania fizycznego. Jedno z jego twierdzeń, będące rozszerzeniem poglądów Arystotelesa na powstawanie echa, stanowi główną podstawę prawa o rozchodzeniu się głosu w przestrzeni. Wyraził je tak: „Jak fale wody, tak samo dźwięk rozchodzi się kolisto w powietrzu“. Witruwiusz bowiem zauważył kolistę rozchodzenie się fal wody i poczynił nad niem pewne spostrzeżenia. W księdze ósmej rozpatrywał panujący wówczas pogląd, według którego woda w głębi ziemi powstaje z powietrza, zbijał go więc i zarazem postawił swoją teorię, dowodząc, że woda źródłana tworzy się z wody deszczowej. Zupełnie słusznie objaśnił także powstawanie wiatru. Przy opisie przyrządów Herona zastanawia się obszernie nad jego kulą parową i dochodzi do wniosku, że wiatr zależy zupełnie od stopnia prężności pary wodnej, zawartej w powietrzu i można go uważać, jako skutek bezpośredni tej prężności. W księdze o wodzie wspomina Witruwiusz najpierw o kołach wodnych. Czy te są jego wynalazkiem, czy też były już znane wcześniej, dokładnie określić nie można; zaleca je stosować do poruszania młynów, co jednak nie znalazło uznania u jego współziomków. Przekonał się niestety, że filozof nie zawsze bywa uznawany we własnym kraju i że pożyteczne urządzenie toruje sobie drogę wolno, gdyż pierwsze młyny wodne zaprowadzone były w państwie rzymskim dopiero trzysta lat później. W każdym razie Witruwiusza należy uważać jako założyciela tego rodzaju młynów, które pomimo pary i elektryczności jeszcze dzisiaj nie są wyłączone z użycia a przez lat tysiące stanowiły ważny czynnik w życiu cywilizacyjnym. Młyny wodne mogą nam służyć za doskonały przykład, jak niektóre odkrycia z dziedziny fizyki wpływają znakomicie na rozwój ludzkości. Proste koło wodne zostało według jego projektu dopiero później zastosowane do obracania kamieni młyńskich, przeznaczonych do mielenia zboża. Młyn pierwotny Rzymu starożytnego rozwinął się wszędzie w znaczne zakłady, zużywające pożytecznie siłę wodną. To doprowadziło do zbadania gruntownego warunków fizycznych działania koła wodnego i do wytworzenia nowej techniki kół wodnych, która poszczycić się może urządzeniem turbiny, to jest takiego koła wodnego, które zapewnia najwyższy pożyteczny skutek rozporządzalnej siły wodnej; turbiny poruszają

olbrzymie dynamomaszyny zakładów elektrycznych przy wodospadzie Niagary, wodospadzie Renu pod Schaffhausen i w. in. Wreszcie turbiny parowe w ostatnich czasach usuwają stare tłokowe maszyny parowe z okrętów, nadając tym ostatnim niebywałe dotąd szybkości.

Z pozostałych fizyków rzymskich należy wspomnieć o Senecie, znanym działaczu państwowym i filozofie, który w Rzymie wydał dzieło o naukach przyrodzonych. W pracy tej z jego własnych badań niema nic wydatnego, oprócz jednego ważnego spostrzeżenia, które dzisiaj dla nas jest zupełnie zrozumiałem, w owych jednak czasach przedstawiało się jako znaczny postęp w zakresie optyki: mianowicie, na podstawie doświadczeń i licznych obserwacji wskazał, że barwy tęczy są takie same, jakie otrzymują się, gdy przepuszczamy światło przez pryzmat szklany. Dalsze, również ważne odkrycie w zakresie hydrauliki, zawdzięczamy Juljuszowi Frontinusowi, rzymskiemu



Starorzyskie maszyny do wyrzucania strzał.

trybunowi wojennemu. W dziele jego o wodociągach Rzymu, które, jako jedno z nielicznych zastosowań fizyki na gruncie praktycznym, przedstawiały najwyższy interes dla ludzi nauki, zauważył, że ilość wody wypływającej z naczynia zależną jest nie tylko od wielkości otworu, lecz także od wysokości poziomu wody w naczyniu. Wspomniemy jeszcze o sławnym astronomie Klaudjuszu Ptolomeuszu, który badał praktycznie załamywanie promienia świetlnego przy przejściu z jednego ciała w drugie — wymierzył także kąt, jaki tworzy z linią prostopadłą promień światła padający i załamany dla różnych ciał, jak dla powietrza i wody, powietrza i szkła, szkła i wody.

Na Ptolomeuszu, który umarł w 147 r. przed Chr., kończy się okres fizyki matematycznej. Jak już zauważyliśmy, okres ten, pomimo że próby wykonywane przez przedstawicieli tej szkoły, za wyjątkiem może Herona, nie były uzasadniane doświadczalnie, odznaczył się jednak znakomitemi

wynikami a wpływ jego na cywilizację trwa do dni naszych. Nie można jednak zauważyć, ażeby wpływ okresu badań fizykalno matematycznych zaznaczył się wybitnie i obszernie w wiekach ówczesnych. Fizycy owych wieków byli to bez wyjątku ludzie, którzy nietylko umysłowo wyrastali ponad poziom ogólnego wykształcenia, lecz z majątku i pochodzenia należeli do klasy ludzi, niemającej z ludem żadnego zetknięcia. Środki pozwalały na zbytek długich i dalekich podróży i na zakładanie obszernych bibliotek. Udzielali sobie wzajemnie wiadomości o wynikach swych badań, a do najwyższych przyjemności należało oddawać się długim rozprawom i uczonym sporom nad przedmiotami z dziedziny filozofji i fizyki. Co było przez nich zdobyte, o tem lud nic nie wiedział, a jeżeli jakiś fakt przeniknął do warstw ludności społecznie niżej od nich stojącej, to nie mógł być tam nawet zrozumiany. Tak więc okres fizyki matematycznej może być słusznie mianowany okresem fizyki arystokratycznej. Byli to bowiem wyłącznie arystokraci Grecji i Rzymu, którzy uprawiali studia fizyczne.

Po tym okresie nastąpił wiek mało pomyślny dla fizyki. Wprawdzie wiedza kwitnęła w Rzymie w całej pełni, a w Aleksandrji, w największej akademji starożytnej, słynącej również na świat cały swą najbogatszą biblioteką, wykładali najwybitniejsi uczeni. Minęły jednak czasy spokojnych badań; na horyzoncie pojawiły się chmury polityczne; ze wschodu wciskające się zwyciężkie chrześcijaństwo wywierało swój wpływ, wędrowna narodów zalewała kraje cywilizowane i przeszedł długi okres czasu, zanim zapął do wiedzy, zabity przez te wszystkie wpływy, zajaśniał nowym płomieniem. Z biegiem czasu zubożniała działalność naukowa, wypadki polityczne zwróciły w inną stronę zabiegi ludzkości około dążeń naukowych, myśl ludzką napełniły innemi zagadnieniami, tak, że w końcu wiedzę zaczęto uważać za rzecz marną i podrzędną. W tym okresie w IV wieku naszej ery tak pisał Lactantius, sławny ojciec kościoła, zaznaczając tem samem stanowisko jakie kościół zajmował wobec wiedzy: „Zastanawiać się, badać i rozprawiać nad przyczyną rzeczy naturalnych, czy słońce w rzeczy samej jest tak wielkie, jak się nam wydaje, czy księżyc jest wklęsły, czy też wypukły, czy gwiazdy są stale do nieba przytwierdzone, czy też swobodnie płyną w powietrzu, z czego zrobione są niebiosa i jaki kształt posiadają, czy są w ruchu, czy też w spoczynku, jak wielką może być ziemia i w jaki sposób jest zawieszona, czy też utrzymana w równowadze, jest to samo, co spierać się o właściwości bardzo odległego miasta, które każdy z nas zna zaledwie o tyle, że słyszał jego nazwę“. Zdaje się, że obojętności dla wiedzy ówczesnych uczonych wymowniej nie można było wyrazić.

W owym czasie nietylko nie prowadzono nowych badań w zakresie fizyki, lecz zapomniano o dokonanych już zdobyczach, zaniedbano je nawet tak, że większość ich zatraconą została, aż dopiero czasy późniejsze nawiązały zerwane nici z przeszłością, podjęły znowu i poprowadziły dalej owocną pracę ubiegłych stuleci. Do okazywanej dla wiedzy pogardy w tym trudnym dla niej okresie, przyłączyły się jeszcze czyny barbarzyńskie, które sprawiły

ludzkości straty nieobliczone, i które pragnęły stłumić w zarodku każdą radość, wynikłą ze zbadania nowej prawdy. Tak np. cesarz wschodni Justynian I nakazał w 529 r. po Chr. szkołom filozoficznym w Atenach wieczne milczenie i zakończył tym dzikim aktem gwałtu wszelkie oddziaływanie na ludzkość filozofji greckiej. Siedmiu ostatnich filozofów greckich, należących do szkoły neoplatońskiej wywędrowało do Persji, gdzie, jak sądzili, będą mogli w spokoju uprawiać swą działalność naukową. Zabrali z sobą pisma Arystotelesa, by je przekazać potomnym. Filozofowie greccy i ich nauka podobała się ówczesnemu królowi perskiemu Khosrau I; kazał więc pisma Arystotelesa przetłumaczyć na język perski. Z tych tłumaczeń poznali je następnie Arabowie, a od nich, kierując się przez Afrykę, przeszła filozofja Arystotelesa do krajów zachodnich. Po niejakiem czasie w 640 roku po Chr., Amru, wódz za kalifa Omara, zdobywając Aleksandrję, zniszczył resztę tamtejszej biblioteki, w następstwie czego przestała istnieć akademja Aleksandryjska, która wydała tylu i tak znakomitych uczonych. Tak więc w VIII w. naszej ery przestały istnieć ostatnie przybytki wiedzy: szkoły filozofów greckich i akademja Aleksandryjska. Jednocześnie wyznawcy proroka Mahometa, zmarłego w 632 r., powiększali swoje państwo przez podboje, jakkolwiek nie uznawali żadnej wartości wiedzy. Znane jest zdanie powtórnego niszczyciela biblioteki Aleksandryjskiej: „jeżeli w tych książkach jest to, co w Koranie, to nie są potrzebne; jeżeli zaś co innego, to wtedy są bezbożne i muszą ulec zniszczeniu!“ To wskazuje dostatecznie na poziom umysłu fanatycznego bojownika Islamu i całe tomy nie objaśniłyby nas dokładniej o ucisku wiedzy, jakiego doznawała pod panowaniem mahometańskim. A jednak właśnie tam, gdzie wiedzy z powodów religijnych odmawiano przytułku, miały powstać nowe jej ogniska, jak tylko zaczął słabnąć fanatyzm religijny: Mahometanie bowiem, zawzięci prześladowcy każdej działalności naukowej, zmienili się w gorliwych i zamiłowanych opiekunów i najwierniejszych przyjaciół wiedzy....

Niedawno wspominaliśmy, że ostatni przedstawiciele greckich szkół filozoficznych schronili się do Persji, gdzie Arabowie zapoznali się z filozofją Arystotelesa. Jakkolwiek przestrzegali surowo zasad islamu, jednakowoż filozofja wielkiego mędrca greckiego takie na nich zrobiła wrażenie, że pilnie oddali się studjowaniu dzieł jego. Studja te wydały obfite owoce: w czasie gdy brak tolerancji religijnej, gdy nawałnice wędrowek narodów i niezgoda władców państw zachodnich gnębiły każde dążenie do wiedzy, w Arabji rozpoczyna się nowa era rozwoju fizyki. To też musimy rozpatrzeć i wyjaśnić działalność uczonych arabskich na polu wiedzy fizycznej, tę działalność, która była tak pełną znaczenia, że Humboldt uważał Arabów jako właściwych twórców tej gałęzi wiedzy. To jest o tyle słusznem, że Arabowie rzeczywiście wprowadzili fizykę na drogę zupełnie nową, drogę doświadczalną. Pomimo to, że Arabowie posiadali wysokie zdolności matematyczne i wiedzę tę na polu matematyki ciągle rozwijali, poznali jednak zaraz, że dla ugruntowania zasad fizykalnych, czysto matematyczne dowody

niezawsze wystarczają, na ich więc miejsce wprowadzili uzasadnienia doświadczałne. Przez czas długi Bagdad był głównym siedliskiem wiedzy arabskiej, gdzie za panowania sławnego kalifa Harun-al-Raszyda nauki doszły do najwyższego stopnia rozkwitu. Jakkolwiek Arabów uważają ogólnie za piastunów tej wiedzy, to jednakże w liczbie ich znajdują się przedstawiciele najrozmaitszych narodowości jak arabów, syryjczyków, indjan i persów, z czego możemy sądzić, jak szeroka tolerancja religijna panowała na dworze kalifa Bagdadzkiego.

Pod zbawiennem panowaniem Harun-al-Raszyda (736—899) przebywało w Bagdadzie 800 uczonych różnych narodowości i różnych wyznań. Przeszło 300 z pomiędzy nich objeżdżało na koszt władzy podległe mu kraje, aby tam rozwijać studja naukowe. Jak wiadomo, Harun-al-Raszyd wyprawił do Karola Wielkiego poselstwo, przeważnie z mędrców złożone, które mu jako podarek zawiozło kunsztownie urządzony zegar wodny — jedyny zapewne w tych czasach niespokojnych wyrób naukowej twórczości wschodniej, jaki mogły oglądać kraje zachodu. Że kultura wschodnia wywarła odpowiednie wrażenie na wielkiego cesarza, świadczy ta okoliczność, iż zachęcony przez poselstwo bagdadzkie utworzył towarzystwo naukowe i pozakładał szkoły.

Najznakomitszym uczonym arabskim był Geber (po arabsku Abû Mûsâ Dżâbir), znany i sławny alchemik, którego istnienie w czasach ostatnich bez uzasadnionych powodów podawano w wątpliwość (około 800 r.); o nim pomówimy obszerniej przy opisie rozwoju chemji. Najwybitniejsze wyniki jego prac należą do dziedziny chemji, jednakowoż i na polu fizyki zrobił kilka ważnych spostrzeżeń, z pośród których zaznaczyć należy należące do magnetyzmu. Zauważył, że siła magnesu niezależną jest od jego wagi, i że przez powiększenie magnesu, siła jego niezawsze wzrasta. Z pomiędzy uczonych bagdadzkich należy wymienić Albattâni'ego, który pierwszy wiedzę fizyczną zastosował do astronomji. Wyjaśnił znaczenie punktów równonocnych, jako też wiele innych zjawisk charakteru fizyczno-geograficznego i pierwszy wyrachował długość roku słonecznego, wynoszącą 365 dni 5 godzin 46 minut i 24 sekundy (mniej tylko o 2 minuty i 22 sekundy, co jest wynikiem nadzwyczajnym, jeżeli weźmie się pod uwagę pierwotne, ówczesne instrumenty). Jednocześnie dokonane zostały tam pierwsze pomiary ziemi, które wykonano w ten sam sposób, jak to się czyni obecnie, to jest wysłano pewną ilość wypraw ażeby one w jednym i tym samym czasie zmierzyły możliwie dokładnie w różnych miejscach obwód ziemi.

Ze wzrostem państwa arabów rozpowszechniała się również i ich wiedza, a gdy w 756 r. po zdobyciu Hiszpanji przez Maurów podniesiono Kordubę do godności stolicy kalifatu, wpływ wiedzy arabskiej zaznaczył się również i w Hiszpanji, gdzie znalazła stałą siedzibę i opiekę. W samej Kordubie za panowania kalifa Hakama II założono akademię naukową, która niezadługo posiadała najświetniejszą i najznakomitszą bibliotekę ówczesną. Biblioteka ta liczyła przeszło 300000 tomów. Z biegiem czasu Korduba stała się najważniejszym siedliskiem wiedzy arabskiej w Europie, skąd



rozpowszechniała się po całym świecie. Krzewicielami nauki byli wyłącznie arabowie, gdyż z powodu braku tolerancji u arabskich kalifów, jak i u władców hiszpańskich, wstęp uczniom chrześcijańskim do akademii w Kordubie był wzbroniony. Są jednak pogłoski, że późniejszy papież Sylwester II studjował w Kordubie, tam przejął się zasadami wiedzy arabskiej, którą później tak owocnie spożytkował. Wprowadził do zachodnich krajów chrześcijańskich znajomość cyfr arabskich, która ułatwiła wszelkiego rodzaju obliczenia matematyczne. Dotychczas w rachunkach wszelkich używano nadzwyczaj złożonych cyfr rzymskich, a ten zawikłany sposób liczenia hamował rozwój wszystkich tych nauk, które opierały się na podstawie matematycznej. Dopiero po wprowadzeniu cyfr arabskich zaczęło się gruntowne uzasadnianie rachunkiem poznanych prawd fizycznych. Że studja Sylwestra II w Kordubie wydały dobre owoce i w innych kierunkach, mających związek z fizyką, przekonywamy się już choćby z tego, że ulepszył używane dotychczas zegary i był zarazem wynalazcą zegarów z kołami zębatami, czyli tego rodzaju zegarów, których bez dokładnego obliczenia wykonać nie było można. Bezwątpienia, papież Sylwester II byłby dokonał wielu bardzo ważnych rzeczy, gdyby nie był umarł w chwili największego rozwoju swej działalności. Spółczesni utrzymują, że zabrała go śmierć, gdyż zawinił, studjując w Kordubie, w pogańskiej akademii.

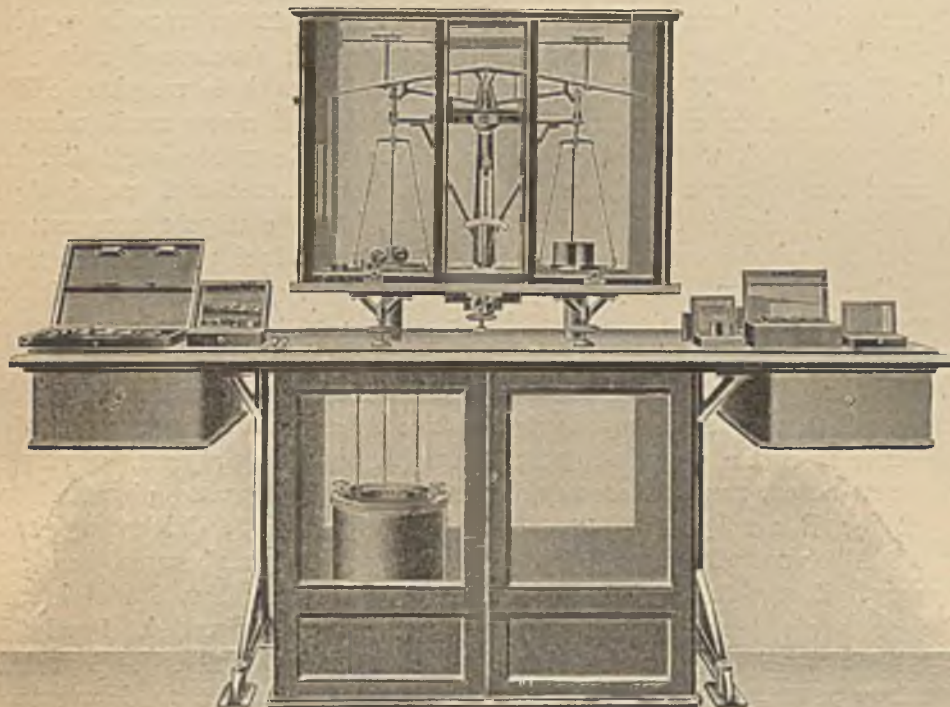
Wśród uczonych arabskich, odznaczających się badaniami w zakresie fizyki, uwydatnił się najwięcej Alhazen, zajmujący się przeważnie optyką. Badał warunki optyczne oka ludzkiego, w którym zdołał wyróżnić soczewkę i objaśnić jej działanie, jakkolwiek niedosyć jasno wypowiedział się o powstawaniu obrazu na siatkówce: myślał bowiem, że obraz wytwarza się w soczewce. Pogłębił znany nam pogląd Arystotelesa o promieniach wzrokowych. Wykazał wprawdzie, że promienie świetlne nie mogą wychodzić z oka, jednakże pogląd jego na tę sprawę z powodu niedostatecznego udowodnienia nie znalazł uznania pomiędzy uczonymi ówczesnymi i Alhazen zajął się zebraniem dowodów, wykazujących, że światło nie promieniuje z naszego oka, lecz przeciwnie z każdego punktu oświetlonego przedmiotu rozchodzą się promienie, które wpadają do oka. Odznaczają się dokładnością badania Alhazena nad odbijaniem światła od zwierciadeł, jak również nad załamaniem promieni świetlnych, na zasadzie których wykonane obliczenia wyraziły się w następującej zasadzie: „przy kuli gładkiej i przezroczystej, ze szkła lub innego materiału wykonanej, ciepło promieni słonecznych zbiera się w jednym miejscu, znajdującem się w odległości mniejszej nieco niż czwarta część średnicy“. Dar spostrzegawczy Alhazena wykazują badania jego nad wysokością atmosfery, o której wtedy sądzono, że rozpościera się poza księżyc. Na zasadzie swych obserwacji nad długością trwania zmiernicy przed wschodem lub po zachodzie słońca obliczył wysokość atmosfery na 52000 kroków; rezultat niedokładny wprawdzie, ale na owe czasy ważny, gdyż wskazuje na postępy fizyki w dziale optyki.

Alhazen wypowiedział pierwszy swe zdanie o istocie kolorów i zależności pomiędzy barwą i oświetleniem.

Podobnie jak Alhazen w dziale optyki, tak znów na polu mechaniki odznaczył się Alkhāzini (około 1120 r.). Zbudował wagę do oznaczania ciężarów właściwych, za pomocą której oznaczył z wielką dokładnością ciężary bardzo znacznej ilości różnych ciał, czem dzisiaj nawet wywołuje w nas podziw. Dokładność tych określeń ogranicza się na drugiej cyfrze dziesiątnej i pomimo postępów naszej mechaniki precyzyjnej oznaczenia Alkhāzinięgo zgadzają się zupełnie z dzisiejszemi określeniami. Dla przykładu wspomnimy niektóre dane: Alkhāzini znalazł jako ciężar właściwy miedzi cyfrę 8,66, podczas gdy najnowsze prace wykazują 8,667—8,72. Ciężar właściwy wrzącej wody oznaczył na 0,958, dzisiejsze zaś określenia podają 0,9597. Dla rtęci znalazł cyfrę 13,56, dzisiejsza zaś wynosi 13,557 i t. d. Waga Alkhāzinięgo była w całym tego słowa znaczeniu przyrządem doskonałym, zbudowanym na podstawie badań Archimedesza nad prawem o dźwigni, jak również o stracie wagi ciał, zanurzonych w wodzie. Waga zbudowana była tak dokładną i czułą, że arabowie nazwali ją „wagą mądrości“; składała się, jak dzisiejsze wagi, z dźwigni o dwóch równych ramionach, z wyznaczonemi na nich podziałkami; na końcach ramion było zawieszonych po pięć talerzyków.

Oprócz Alhazena i Alkhāzinięgo, dwóch najwybitniejszych fizyków arabskich, było jeszcze kilku uczonych mniej wydatnych, z pomiędzy których zasługuje na uwagę Averroes, komentator Arystotelesa; można go uważać za ostatniego z dzielniejszych fizyków, jacy żyli za czasów rozkwitu wiedzy arabskiej. Averroes musiał znosić wiele od wzrastającego znowu fanatyzmu władzców arabskich i duchowieństwa mahometańskiego, którzy w czasie późniejszym tak zaczęli przytłumiać wszelkie badania niezależne, że akademja kordubańska, która dotąd odznaczała się rozwojem wszelkiej wiedzy, jak medycyny, astronomji, fizyki i chemji, powoli zaczęła się chylić ku nieuniknionemu upadkowi. Kiedy zaś w 1212 roku bitwa pod Toloso położyła kres panowaniu Maurów na półwyspie Pyrenejskim, wiedza arabska w Hiszpanji przeszła stopniowo do uczonych chrześcijańskich i żydowskich, którzy ją mimo wszelkich prześladowań wiernie przechowywali i dalej rozwijali. W początkach wpływ kościoła tamował badanie niezależne, a studja nad greckimi filozofami dozwalał w tym jedynie celu, aby z pomocą zawartych w nich zasad i poglądów znaleźć potwierdzenie słuszności nauki kościoła. Temu jedynie przypisać możemy, że znajomość greckiej filozofji w tym czasie nie zaginęła zupełnie, jakkolwiek metoda studjowania opierała się nie na badaniu niezależnem krytycznem objaśnieniu, lecz na zasadzie scholastycznej i dedukcjach sofistycznych. Mimo tego ciasnego i jednostronnego poglądu filozofja grecka wywierała swój wpływ ożywczy i płodny. Nawet w ciasnych murach klasztornych zyskiwała sobie przyjaciół, którzy wkrótce stawali się gorliwymi zwolennikami prawd pogańskich. Wpływ, jaki wywierało studjowanie mistrzów greckich na

umysły ludzkie, jakkolwiek oczywiście w duchu scholastycznym, rozszerzał się i poza mury klasztorne. Wkrótce wyniki tego wpływu wyraziły się przez założenie pierwszych uniwersytetów chrześcijańskich. Cierniową drogę mieli ci, którzy przyczynili się do ostatecznego uwolnienia nauk od wpływów scholastyki kościelnej, a jednak po upływie całych stuleci fanatycy religijni uważali za najpierwsze swoje zadanie, stawianie wszelkich przeszkód swobodnie rozwijającej się wiedzy. Gdy na początku XVII stulecia



Dzisiejsza waga do najdokładniejszych oznaczeń wagowych.

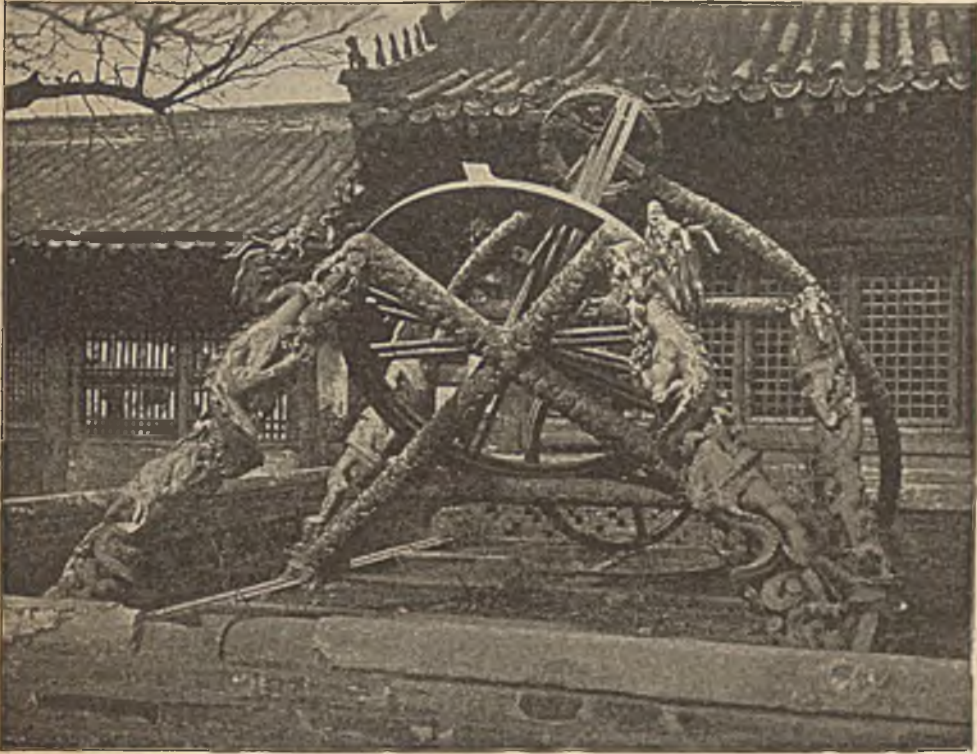
Według Ruprecht'a.

ojciec Scheiner chciał przełożonemu swemu, prowincjałowi jezuitów, pokazać nowo odkryte przez niego plamy na słońcu, ten mu odpowiedział: „synu mój, na co to, dwa razy czytałem Arystotelesa i nic podobnego tam nie dostrzegłem. Plamy przeto są albo złudzeniem twych oczu, lub też niedokładnością twych szkielec”. Podobnie jak ów prowincjał jezuitów i inne wpływowe osobistości kościelne wzięły sobie za zadanie tłumaczyć jednostronnie w duchu scholastycznym filozofów greckich i przystosowywać ich poglądy do prawd kościoła. Jeżeli jednak pomimo tych trudności wiedza z biegiem czasu zerwała krępujące ją pęta i uwolniła się wreszcie od

scholastyzmu, to należy w tym ostatnim widzieć tylko stadjum przejściowe, które podziałało na nią o tyle przynajmniej wzmacniająco i owocnie, że zyskane dotychczas nabytki, szczególnie dzieła filozofów greckich i ich wiedzę przechowała wiernie i przekazała potomności, jako podstawę do dalszych badań. Za czasów panowania scholastyki fizyka poczyniła postępy i zdarzały się jednostki, przewyższające epokę, w której żyły; one to w dziedzinie fizyki porobiły odkrycia ważne i mające wybitne znaczenie.

Najznakomitszym przedstawicielem wiedzy ścisłej podczas okresu scholastycznego był słynny Albertus Magnus (1193 — 1280), równie wybitny chemik jak fizyk, znawca gruntowny matematyki, ówczesnej astronomii i filozofii greckiej. Najważniejszym odkryciem jego było urządzenie kompasu. Wiadomo, że Chińczycy daleko wcześniej od niego znali własność igły magnetycznej, wskazującej biegun północny, ale wobec skrytości, jaką się naród ten oddawna odznaczał względem cudzoziemców i umiał się od nich tak odgraniczyć, że o jego umiejętności, jak i o użyciu kompasu nie było nikomu wiadomem, chociaż Chińczycy w podróżach morskich kierowali się według kompasu. Jaką drogą Albertus doszedł do swego odkrycia, czy też wynalazł samodzielnie, o tem dziś napewno powiedzieć nie można, nie zmniejsza to jednak jego zasługi dla ludzkości, a jeżeli żegluga morska i międzynarodowe stosunki handlowe uległy z biegiem czasu większemu rozwojowi, to zawdzięczamy to przeważnie Albertusowi Magnusowi. Jego znakomite odkrycie przyniosło współczesnym niewiele pożytku, gdyż przeszło sporu czasu, zanim stosowanie kompasu zyskało prawo obywatelstwa.

Roger Bacon (1214 — 1294) jako uczony i fizyk daleko wybitniejszy od Albertusa Magnusa, był jednym z najgenialniejszych badaczy przyrody. Roger Bacon był zakonnikiem franciszkańskim i nietolerancyjne otoczenie jego nakładało okowy na ten światły umysł. Przełożony nie tylko zakazał mu zajmować się nauką, ale nadto wzbraniał wszelkich stosunków z innymi uczonymi a wkońcu wtrącił go na lat 10 do więzienia, skąd wyszedł na krótko przed śmiercią, jako starzec i człowiek zupełnie złamany. Bacon również jak Albertus Magnus ogarniał całą wiedzę swego czasu, a jego prace przyrodnicze obejmowały: fizykę, chemję, alchemję, medycynę, astrologję, magję i geografję fizyczno-matematyczną. Jako badacz przyrody był pionierem w dziedzinie fizyki, gdyż we wszystkich swych pracach kładł główny nacisk na to, ażeby twierdzenia wszelkie były uzasadnione na podstawie doświadczałnej. Liczne jego eksperymenty fizyczne przyczyniły się wiele do tego, że uznano go za czarownika i przyspieszyły uwięzienie, które położyło kres dalszym jego w tym kierunku badaniom. Pierwotne prace fizyczne jego były skierowane do optyki. Na zasadzie prostej dedukcji wykazał, że ogniska zwierciadeł palących muszą się znajdować w oznaczonym punkcie na osi samego zwierciadła, wskazał także na aberrację podłużną zwierciadeł kulistych. Opisał również sposób działania okularów i zwracał uwagę na korzyści, jakie one przynoszą dla osłabionych oczu. Jego zalecanie używania okularów nie zyskało żadnego uznania



Chińskie przyrządy astronomiczne w obserwatorium w Pekinie.

u współczesnych; okulary bowiem wynalezione a raczej wprowadzone zostały dopiero po jego śmierci. Prawdopodobnie właściwym wynalazcą okularów był Salvino degli Armati z Florencji (umarł 1317 r.), który nie wiedział o projektach Bacona. Zjawiska magnetyczne były przedmiotem specjalnych studiów Bacona i wykonywał on doświadczenia dla przekonania się, czy one nie mogą oddziaływać na rośliny. Rozwijał niezwykłą fantazję na polu mechaniki, projektował urządzenia samoporuszających się wozów i okrętów, maszyn do pływania, urządzenia do podnoszenia znacznych ciężarów i t. p. Czy wszystkie powyższe maszyny były kiedykolwiek wykonane, o tem nie można powiedzieć, gdyż Bacon w swych pismach podawał jedynie same idee, nie wchodząc w szczegóły ich wykonania. W każdym razie idee te dowodzą nam, że Bacon starał się zastosować do praktycznego życia znane wówczas zasady mechaniki. Bacon miał podobno zbudować dalekovidz, chociaż o tem nie mamy pewnych wskazówek; pamiętać jednak należy, że życie Bacona upływało w murach klasztornych, i że po jego uwięzieniu, niektóre z jego dzieł i przepisów, uważane jako szkodliwe, zostały zniszczone. Przy rozpatrywaniu działalności Bacona na polu chemji, będziemy mogli znów zaznaczyć, że był to mąż, którego śmiała fantazja i nadzwyczaj rozwinięta zdolność doświadczalna mogłaby jeszcze bardzo wiele dokonać, gdyby przez jego uwięzienie siły i dążenia badacza nie zostały sparaliżowane.

To uwięzienie spowodowało, że kierunek doświadczalnego badania na polu fizyki, któremu Bacon tak zręcznie drogę uutorował, nie przyniósł żadnych owoców. Prześladowano jego pisma, tak, że nie został ani poznany, ani wspominany przez uczonych współczesnych jak i przez uczonych stulecia następnego. Fragmenty jego dzieł ukazały się w druku dopiero w połowie XVI wieku i od tej chwili można rozpoznać wpływ jego na uczonych i na ich działalność.

Roger Bacon był ostatnim z nielicznych wydatniejszych fizyków XIII stulecia. Początek XIV wieku wprowadza do fizyki taki okres apatji, jakiego trudno sobie wyobrazić. Nie bacząc już na rozwój najwyższy scholastycyzmu, jakoteż i na to, że niezdrowy wpływ jego nigdy nie dawał się bardziej uczuć, jak właśnie w tem stuleciu, kościół w inkwizycji zyskał nowy środek do tłumienia każdego badania niezależnego, środek do zgaszenia w samym zarodku każdej myśli niemiłej. Z tych więc względów nie daje się zauważyć żadnego rozwoju w dziedzinie fizyki, możemy jedynie wskazać na zakonnika-kaznodzieję Teodorika, który trafnie objaśnił kierunek promieni świetlnych w tęczy i na zegarmistrza Henryka von Wyk, który na gmachu parlamentu paryskiego umieścił pierwszy zegar mechaniczny, wydzwanający godziny—oto cały dorobek jednego wieku.

Długiego potrzeba było czasu, zanim wiedza i jej przedstawiciele mogli otrząsnąć się z więzów, jakie nałożyła im nietolerancja XIV wieku; cisza panowała aż do połowy XV stulecia. Zapewne niejednen z badaczy odkrył niejedną prawdę, ale obawa tortur przeraziła go i nie dozwalała zdobytej wiadomości ujawnić ogółowi. Dziwnym zbiegiem okoliczności pierwszym, mającym odwagę poznane prawdy jawnie uznać i głośno wypowiedzieć, był książę kościoła kardynał Mikołaj z Kuzy, który napisał wiele dzieł przyrodniczych i filozoficznych; najważniejsze pomiędzy niemi było: „De docta ignorantia“ (o uczonej niewiadomości). Oprócz Mikołaja z Kuzy, z pomiędzy fizyków XV w. mamy do zanotowania tylko Regiomontanusa, którego główną zasługą było, że zaznajomił ogół z dziełami fizyków starożytnych jak Herona, Ptolomeusza i Arystotelesa, tłumacząc ich dzieła z greckiego na łacinę, oprócz tego poprawiając istniejący już przekład dzieł Archimedes. Zdobytą przy tej sposobności wiedzę w zakresie optyki i mechaniki zastosował Regiomontanus do praktyki i urządził wspólnie z patrycjuszem Bernardem Walterem w 1471 roku w Norymberdze, pierwsze w Europie obserwatorium astronomiczne, jakie powstało po upadku państwa Maurów. Jakkolwiek to obserwatorium nie posiadało teleskopu, jednakże przyrządy, w jakie zostało wyposażone, odznaczały się dokładnością i wykończeniem.

Wynalazek druku i odkrycie Ameryki, dwa największe wydarzenia, które wycisnęły piętno na XV stuleciu, nie pozostały także bez wpływu na rozwój fizyki, która przez wynalazek druku stała się dla ogółu dostępniejszą, jak i inne działy wiedzy. Dotychczas uprawianą była przez bogatą, niezależną szlachtę i duchowieństwo, obecnie stała się własnością ogółu. Młodzi jej adeptci pochodzą obecnie ze wszystkich stanów i dzięki temu

otwierają się nowe tory dla tej gałęzi wiedzy. Podczas gdy duchowieństwo i szlachta, stanowiący właściwie jedną klasę, podlegali przeważnie duchowemu kierunkowi ojców kościoła, obecnie zjawiają się ludzie, którzy pochodzą z innych zupełnie warstw społecznych, mają inne poglądy, inne idee, a przede wszystkim wnoszą do badań fizycznych metodę zaniedbaną, metodę niezależnego wypowiedzania swych przekonań i sądów. Jakkolwiek druk był wynaleziony w Niemczech i pierwsze dzieła były tam drukowane, to jednakże wpływ tego wynalazku na rozwój fizyki ujawnił się najpierw we Włoszech i kraj ten, który właśnie w tym czasie, w wieku odrodzenia, wzbił się na najwyższe szczyty sztuki, zajął także i w naukach przyrodniczych naczelną rolę na czas długi. Przyczyny tego są łatwo zrozumiałe. W Niemczech rozpoczęła się reformacja i nauka Lutera zawładnęła wszystkimi umysłami. Zamęt polityczny jaki się wytworzył podczas reformacji w Europie środkowej, nie przedstawiał gruntu podatnego do rozwoju wiedzy; więc czas ten pełen znaczenia dla społecznego życia Europy nie pozostawił żadnych śladów na polu badań przyrodniczych. We Włoszech natomiast epoka odrodzenia będąca na najwyższym stopniu swego rozwoju, była zarazem tłumaczem i pośrednikiem w zrozumieniu starożytnej sztuki helleńskiej; zajęcie się zaś helenizmem prowadziło do studjowania rzetelnego filozofów greckich, z czego znów wypłynęło działanie ożywcze na rozwój badań naukowych. Nie powinno więc nas dziwić, że wobec takich warunków największy artysta z czasów odrodzenia we Włoszech był zarazem największym fizykiem swojego czasu. Jak dzielnie wtedy we Włoszech zabiegano i pielęgnowano wiedzę i jak szczególnie drukarstwo tam spełniało swe zadanie kulturalne świadczy choćby to, że między latami 1470 — 1500 w samej Wenecji wydrukowano 2885 tomów, podczas gdy w całych Niemczech, gdzie był druk wynaleziony, wytłoczono tylko 1500 tomów.

Odkrycie Ameryki dla rozwoju fizyki było równie ważnym, jak i wynalazek druku, spowodowało bowiem zakończenie okresu scholastycznego. Jak już wspominaliśmy, główne zadanie przedstawicieli scholastyki polegało na tem, ażeby naukę kościoła oprzeć na podstawie filozofów greckich. Gdy Kolumb przed konsylium scholastycznym w Salamance rozwijał swe poglądy o możliwości dotarcia we wskazanym kierunku drogą morską do Indji, uczone to ciało oświadczyło mu krótko i węzłowato na podstawie nauki kościoła, że nie będzie mógł powrócić, gdyż kształt ziemi na to nie pozwala. Pogląd taki wysokiej władzy kościelnej był na owe czasy niepodlegający rozprawom: wszyscy na ślepo mu wierzyli. Gdy jednakże Kolumb powrócił, nieomylność wniosków szkoły scholastycznej okazała się podkopaną. Brak zaś zaufania do jej wywodów wpłynął ostatecznie na jej upadek.

Kolumb w pewnym kierunku był także pionierem na polu fizyki. W czasie swej podróży morskiej pierwszy przeprowadził spostrzeżenie naukowe nad magnetyzmem i oznaczył jego stosunek do kompasu. Już wspominaliśmy przedtem, że chińczycy oddawna posługiwali się tym przyrządem;

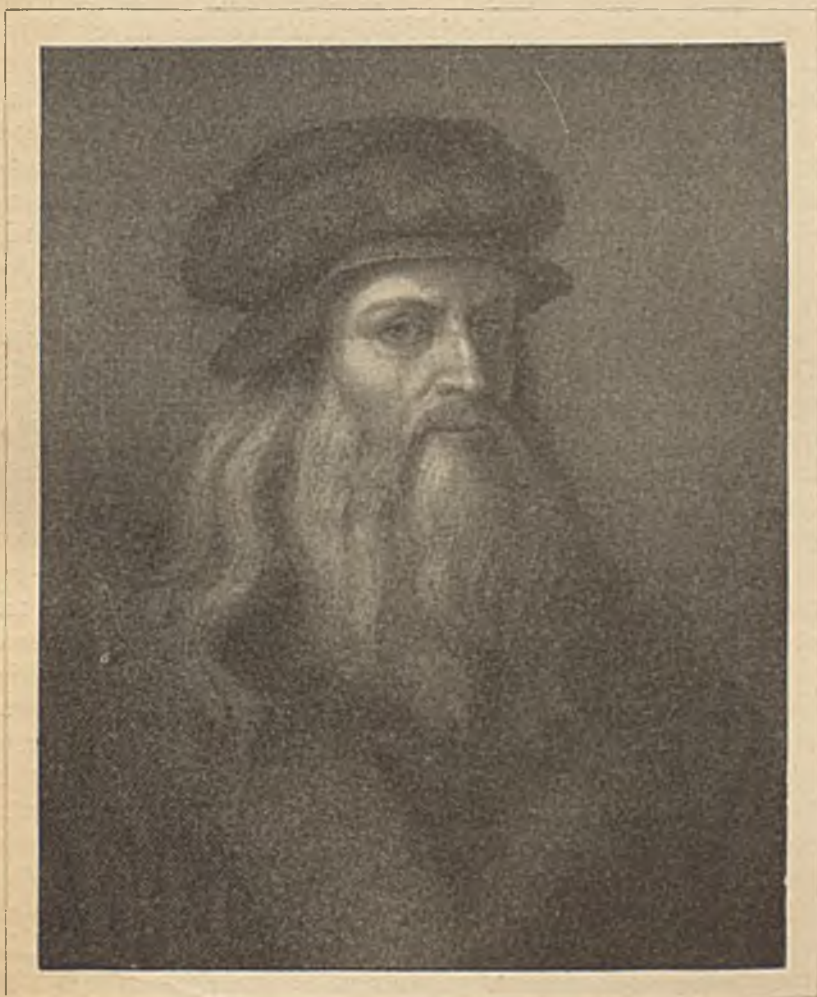
znaną im była także własność igły magnesowej, że nie wskazywała im dokładnie kierunku północno-południowego, lecz się odchyłała od niego na kąt kilkunastostopniowy. O istnieniu odchylenia, czyli zboczenia igły magnesowej od kierunku północnego zapomniano z biegiem czasu, nawet Albertus Magnus w swoich dziełach o kompasie nic o tem nie wspomina. Kompas, zaprowadzony później do żeglugi, jako nadzwyczaj ważny przyrząd pomocniczy, dawał wskutek istniejącego odchylenia igły magnesowej, fałszywe wskazanie żeglarzom, nikt jednak nie zastanawiał się nad przyczyną tego. Później dopiero, przed samym rozpoczęciem wypraw Kolumba, spostrzeżono, że igła magnesowa odchyła się na wschód, nie umiano jednak wtedy znaleźć objaśnienia dla tego faktu. Kolumb zauważył, że igła magnesowa odchyła się na zachód; badał dokładnie to zjawisko i przyszedł wreszcie do przekonania, że wartość zboczenia igły magnesowej nie jest zawsze jednakową, lecz zmienia się i jest różną dla rozmaitych punktów na powierzchni ziemi. To była właśnie podstawa, na zasadzie której przy pomocy kompasu doprowadzono do zupełnie dokładnego orjentowania się podczas podróży morskich i jeżeli wymieniamy fizyków, których dzieła mają znaczenie w rozwoju cywilizacyjnym ludzkości, to nie wolno nam pominąć Kolumba.

\* \* \*

A teraz przystąpmy do rozpatrzenia tej nowej ery, jaka rozpoczęła się dla fizyki z końcem XV stulecia. Wskazywaliśmy już na to, że początku nieustannie rosnącego odtąd rozwoju nauk i sztuk należy szukać we Włoszech i że rozwój ten przypada jednocześnie na sam rozkwit czasów odrodzenia. W największym artyście tej wspaniałej epoki znajdujemy także największego fizyka, który tak znacznie umysłem przewyższał epokę i tak bardzo oddalał się od dawnych wzorów, że cześć i uznanie w całej pełni mogła mu wyrazić tylko epoka późniejsza. Współcześni, zostający ciągle pod wpływem scholastyizmu, nie pojmowali go zupełnie. Leonardo da Vinci znakomity mistrz pędzla był człowiekiem, który przez swe badania naukowe nadał pracom na polu fizyki zupełnie nowy kierunek, i który był jakby kamieniem granicznym na przełomie dwóch epok w historii rozwoju fizyki, oddzielającym wieki scholastyczne od czasów badania niezależnego. Leonardo był genjuszem wszechstronnym w całkowitem tego słowa znaczeniu. Jakkolwiek dzieła sztuki rozniosły przeważnie imię jego po świecie i uczyniły je nieśmiertelnem, to jednak zdolności naukowe jego nie stoją niżej od artystycznych i bez pomocy dzieł sztuki dzieła naukowe także zgotowałyby mu wieczną pamięć u potomności. Zajmował się naukowo i praktycznie najdokładniej matematyką, astronomją, opisowemi naukami przyrodniczemi a przede wszystkim fizyką. Jego gruntowna nauka w tym zakresie wiedzy jest tem godniejszą podziwu, że niespokojne jego życie i bogata działalność artystyczna udzielała mu mało czasu na studia. Dopiero w czasach późniejszych, gdy, znalazłszy stałe miejsce na dworze króla



francuskiego Franciszka I, porzucił tułaczkę, wtedy warunki zewnętrzne życia wytworzyły mu położenie, które przychylnie oddziało na jego zajęcia naukowe. Dwa lata tylko cieszył się takim życiem bez trosk i zabiegów, zaskoczyła go bowiem śmierć przedwczesna i niespodziewana. Wszystko co Leonardo da Vinci stworzył jako człowiek nauki, a szczególnie jego



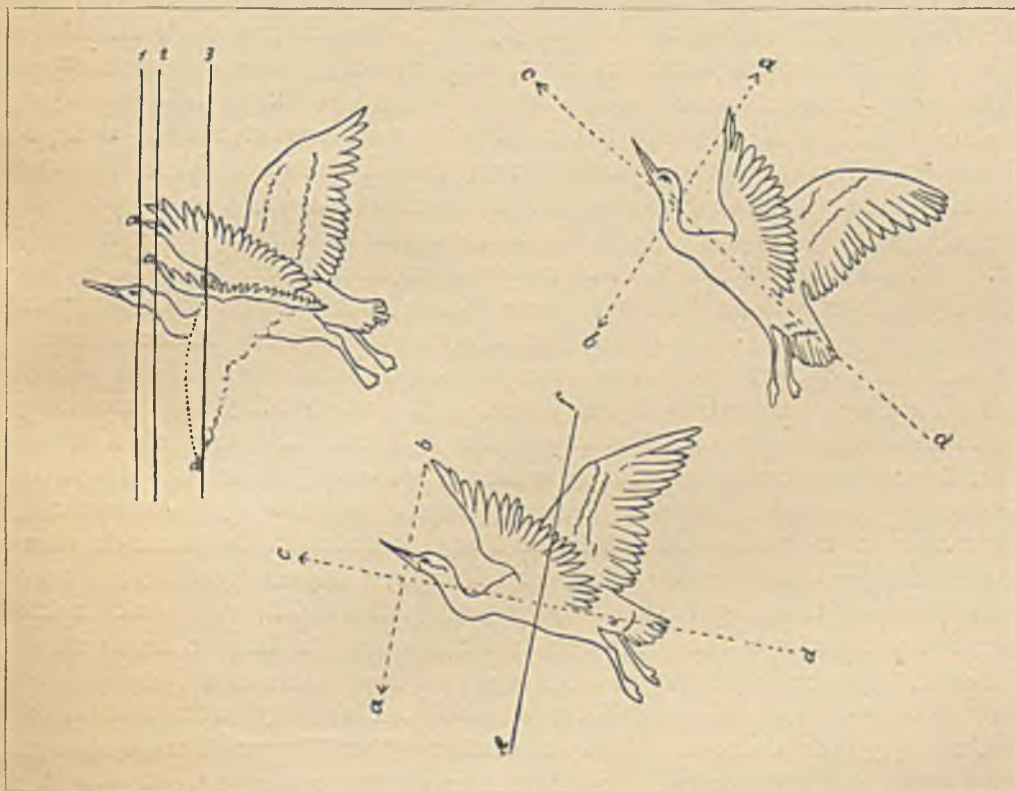
Leonardo da Vinci.

prace w zakresie fizyki, przypadają na lata jego wędrówek. Wszędzie, gdziekolwiek przebywał, znalazł sposobność do skorzystania ze swych wiadomości na polu fizyki i zastosowania ich do życia praktycznego. W 1497 roku rozpoczął znakomitą pracę przeprowadzenia w Lombardji sieci kanałów, i dzięki rozległym wiadomościom z zakresu hydrauliki zamienił znaczne obszary tego kraju dotychczas pustego, w kwitnące błonia i ogrody. Na dworze księcia Cezara Borgii budował maszyny wojenne i urządzał fortece.

W Rzymie znajdujemy go zajęтым w mennicy papieskiej, gdzie nrządza maszyny do wybijania monety; we wszystkich zresztą miastach, dokąd zaprowadziła go koczująca działalność, pozostawił ślady swych potężnych zdolności na polu fizyki, a szczególnie mechaniki. Zastosowania praktyczne są zaledwie drobną częścią jego działalności w tym zakresie. Pozostawił trzynaście tomów pism, pomiędzy którymi poświęcone czystej fizyce zajmują naczelne miejsce. Podobnie jak i inni znakomici fizycy uważa Leonardo da Vinci, że jedyną drogą prowadzącą do znakomitych wyników w zakresie fizyki, jest zastosowanie z jednej strony matematyki, z drugiej zaś metody eksperymentalnej. Przejdźmy teraz do odkrytych przez niego praw fizycznych. Leonardo znalazł w mechanice prawdziwy skarb wiadomości matematycznych i tym sposobem wysunął ją na miejsce naczelne. Rozwinął znakomicie prawo Archimedesesa o działaniu dźwigni i udowodnił je w tym wypadku, jeżeli siły działają na ramiona dźwigni w dowolnym kierunku. Odkryte przez niego prawo o działaniu dźwigni przystosował do wyznaczenia warunków równowagi na bloku, na równi pochyłej i do klina. Do jak wysokiego stopnia rozwinięte było w nim pojmowanie prawa działania dźwigni okazuje się najlepiej z tego faktu, że Radzie miasta Florencji przedstawił projekt na podstawie działania dźwigni przesunięcia na 300 metrów kościoła Najświętszej Marji panny, projekt, odznaczający się taką śmiałością, że wzbudził ogólne zdumienie i oburzenie, nie mógł bowiem być dostatecznie przez współczesnych zrozumiany. W sposób również gruntowny badał prawo o swobodnym spadku ciał i znakomicie je rozszerzył i uzupełnił. Szczególnie dokładnie przeprowadził badania nad spadkiem ciał po równi pochyłej. Tak więc ten wielki mistrz w zakresie malarstwa zbadał wcześniej przed Galileuszem i jego szkołą wszystkie prawa główne statyki ciał stałych. Leonardo da Vinci zajmował się także gruntownie zbadaniem fizycznych warunków latania w powietrzu, sprawą, nad której rozwiązaniem pracuje w czasach obecnych wiele znakomitych umysłów. Genjalny umysł jego nie mógł pozostawać bez wyjaśnienia tej tajemnicy, dlaczego człowiek zawładnął tylko dwoma wymiarami przestrzeni, w trzecim zaś wymiarze dozwolonem mu było osiągnąć tylko do pewnej wysokości. Z rozmyślań nad tym przedmiotem wyrodził się w nim zamiar zbudowania takiej maszyny, za pomocą której mógłby na podobieństwo ptaków unosić się swobodnie w powietrzu. Wbrew zasadom wielu wynalazców, szczególnie pracujących na omawianem polu, a zarazem wierny swym wnioskowi, że podstawą do rozwiązania każdego zagadnienia fizycznego powinna być matematyka, poparta doświadczeniem, zaniechał narazie zamiaru wybudowania maszyny latającej, a zajął się naprzód badaniem przedwstępnem natury lotu ptaków, badaniem, które dziś jeszcze jako klasyczne jest uznawane i służy jako główna podstawa dla techników, pracujących w ostatnich czasach na tem polu.

Leonardo da Vinci przy swoich badaniach, powołując się na wyczerpujące objaśnienia praw równowagi na równi pochyłej, a także równowagi

sił przyczepionych do jednego i tego samego punktu, działających pod kątami ostremi i t. p. dowiódł, przechodząc do lotu ptaków, że pióra ich w miarę wzrastającej odległości od punktu przyczepienia stają się więcej gibkie i elastyczniejsze. Końce zaś lotek znajdują się wyżej od punktu ich zaczepienia, wskutek czego ruch musi się odbywać w kierunku części najcięższych, ponieważ kości skrzydłowe mają przy dolnym uderzaniu skrzydeł położenie niższe, aniżeli inne części ciała, odwrotnie zaś przy górnym uderzaniu zajmują miejsce wyższe od innych części



Szkice Leonarda da Vinci do studjów jego nad lotem ptaków.

skrzydeł. Studja nad lotem ptaków doprowadziły Leonarda da Vinci do wynalazku spadochronu, przyrządu pomocniczego i bardzo pożytecznego przy podróżach powietrznych, którego wynalezienie przypisywane jest nieślusnie francuzowi Lenormandowi, gdyż w pismach Leonarda opisane jest dokładnie urządzenie tego prostego przyrządu. Jak wielką jasnością odznaczały się poglądy fizyczne tego znakomitego badacza, może posłużyć nam ten fakt, jako najlepszy dowód, że już przed kilku wiekami wskazał iż kilkakrotnie wtedy rozważane rozwiązanie zadania „perpetum mobile“ jest zupełnie niemożliwe i nigdy rozstrzygnięte nie będzie. Niestety, słowa jego nie znalazły uznania i zagadnienie powyższe przez długi czas zajmowało

umysły ludzkie; poświęcono dla jego rozwiązania wiele nakładu pracy i zasobów materialnych, aż wreszcie dzisiejsza fizyka na podstawie postawionej w XIX wieku przez Roberta Mayera zasady o zachowaniu energii doprowadziła sprawę tę do tych samych wyników, które stanowczo i jasno wypowiedział Leonardo da Vinci. Również poważne znaczenie posiadają badania jego w optyce; wykazał, że oko człowieka jest pewnego rodzaju ciemnią optyczną (*camera obscura*), wyjaśnił znaczenie światła popielatego, jakim oświetlona jest podczas nowiu zwrócona do ziemi półkula księżyca i dowiódł, że światło to powstaje wskutek podwójnego odbicia promieni słonecznych od powierzchni ziemi i księżyca. Szczególnego znaczenia nabierają poglądy jego na własności powietrza. Według niego powietrze jest ciałem elastycznym, posiadającym wagę i złożonem z kilku składowych części. Dział fizyki o ruchu falistym, obszerniej uwzględniony w fizyce nowoczesnej, był gruntownie opracowany przez Leonarda da Vinci i dał zupełnie zgodne wyniki ostateczne, również odznaczają się wielką jasnością poglądy jego na samą istotę ognia i płomienia na punkt wrzenia wody i t. p. Z pism Leonarda da Vinci zaledwie część ich pozostała i to rozproszona po całym świecie. Jakkolwiek w czasie późniejszym udało się zgromadzić znaczną część jego rozpraw w słynnej bibliotece Ambrojańskiej w Medjolanie, to wszakże wiele zginęło bezpowrotnie, a wiele także nie było dotąd wcale rozpatrywanych. Jeżeli teraz zastanowimy się i zwrócimy na to uwagę, że nie mówiliśmy dotąd nic o pracach Leonarda da Vinci na polu fizyki kosmicznej, odkładając należytą ich ocenę do innego działu tej pracy, że pominieliśmy z samej natury rzeczy rozprawy jego z dziedziny innych nauk, to musimy przyznać, że ślady działalności Leonarda da Vinci, nawet bez jego nieśmiertelnych dzieł malarskich, są tak głębokie, iż pozostaną znakomitą i niezatartą spuścizną dla potomności. A jednak na kierunek umysłów współczesnego mu społeczeństwa działalność Leonarda da Vinci nie wywierała prawie żadnego wpływu i sporo czasu upłynęło, zanim zaczęto z jego pism ciągnąć korzyści. Wspominaliśmy już o tem, że korzyści z jego działalności w wielu działach obecnej techniki są jeszcze dzisiaj wielkie i widoczne. Prócz tego musimy zaznaczyć, że wpływ ten, jaki wywierają jego studia fizyczne na cywilizacyjny rozwój ludzkości, nie został w zupełności wyczerpany, gdyż nie ulega żadnej wątpliwości, iż potomność potrafi ocenić i wyprowadzić odpowiednie wnioski z tych badań jego, które nie mogły być wystudjowane, jeżeli akademja francuzka, posiadająca od 1796 roku niektóre z dzieł Leonarda da Vinci, spełni ciążący na niej od tego czasu obowiązek honorowy i uczyni dostępnymi dla całego ogółu dwanaście rozpraw tego wielkiego badacza, znajdujących się w Paryżu.

Z pośród pozostałych fizyków tej epoki wymienić należy Tartaglię, matematyka z powołania, który badał prawa rzutu i przy tej sposobności doszedł do wybitnych wyników na polu balistyki, obliczył mianowicie, że największa doniosłość rzutu jest wtedy, kiedy oś armaty ustawiona jest pod kątem  $45^\circ$ . Wobec tak ścisłego związku, jaki istnieje między matematyką



Fabrykanci okularów w XVI stuleciu.

Według rysunku Jana Stradanusa.

i fizyką, wielkiego znaczenia nabiera dla rozwoju tej ostatniej — znalezienie przez Tartaglię sposobu rozwiązywania równań trzeciego stopnia, który jako środek pomocniczy, przyczynił się do rozwoju fizyki. Początkowo przypisywano wynalezienie tej metody Hieronimowi Cardano, matematykowi włoskiemu (1501 — 76), co było niesłusznem, gdyż on zdobył powyższy sposób drogą podstępą. Imię tego ostatniego znanem było nie tylko z prac matematycznych, lecz także i fizycznych, a na miejscu naczelnem należy postawić urządzenie, zwane „Cardanowem zawieszeniem“, które pozwala wszelkie przedmioty — przedewszystkiem przyrządy fizyczne — tak zawiesić, że one utrzymują się ciągle w położeniu poziomem. To zawieszenie Cardana ma zastosowanie w obserwatoriach astronomicznych, pracowniach fizycznych przy wszelkich pomiarach naukowych, przedewszystkiem zaś na okrętach przy zawieszaniu kompasów. Kompas zawieszają w tak urządzonych dwóch pierścieniach, że strzałka magnesowa porusza się zawsze w płaszczyźnie poziomej i kołysanie okrętu nie wywiera na nią żadnego wpływu.

Znakomitym badaczem w zakresie optyki w czasach włoskiego odrodzenia był Franciszek Maurolycus (1494 — 1575), który studjował sposób działania okularów i dosyć dokładnie je objaśniał. Zbadał, że wzrok krótki jak i daleki jest wynikiem nienormalnej krzywizny soczewki w oku ludzkim i obliczył, jak te krzywizny nienormalne można uzupełnić przez wybór odpowiednich szkielek. Posiłkując się zasadą, że światło rozchodzi się po liniach prostych, objaśnił bardzo trafnie powstawanie na ziemi małych krążków słonecznych, tworzących się przy przechodzeniu promieni słońca pomiędzy drobnymi otworami splecionych liści na drzewach. Z kształtu tych krążków słonecznych wnioskuje, że promienie słoneczne rozchodząc się po liniach prostych przy przejściu przez drobne otwory, jakie bywają pomiędzy liśćmi drzew, przecinają się tam wzajemnie i wyznaczają tym sposobem na powierzchni ziemi zmniejszony obraz tarczy słonecznej.

O fizykach innych krajów w tych czasach niewiele można powiedzieć. Jedynym, którego studja nad magnetyzmem mają pewną wartość, był Anglik, Robert Norman; ten jako marynarz miał sposobność przeprowadzić najróżniejsze obserwacje nad kompasem i zachowaniem się igły magnesowej. Pierwszy zauważył i zbadał dokładnie nachylenie do poziomu igły magnesowej, pierwszy też wyznaczył wielkość tego nachylenia dla wielu punktów na powierzchni ziemi i przedstawił to plastycznie za pomocą zbudowanego inclinatorium.

Oprócz poprzedniego, wyróżnił się także niderlandczyk Simon Stevin przeważnie badaniami nad ciśnieniem cieczy, jakie wywierają na dno naczynia i określił wielkość tego ciśnienia, które wyraża się wagą słupa cieczy, mającego za podstawę dno naczynia a za wysokość — odległość poziomu cieczy od dna, niezależnie od kształtu samego naczynia. Siłusność tej zasady dowiódł za pomocą kilku naczyń, mających różny kształt ścianek, które napełniał cieczą do jednakowej dokładnie wysokości. W dnach

powyższych naczyń były wycięte otwory o jednakowej powierzchni, zamknięte kłapami podtrzymywanymi odpowiednimi ciężarami i przekonał się, że dla utrzymania wody w tych naczyniach należało do podtrzymania kłap użyć jednakowo równych ciężarów. Zajmował się także prawami, opartymi na podstawie doświadczalnej, o równowadze cieczy w naczyniach połączonych; oba te badania z biegiem czasu nabrały wybitnego znaczenia przy budowach wodnych, a w połączeniu z jego także badaniami nad bocznem ciśnieniem płynów stanowią dzisiaj podstawę do obliczeń wszelkiego rodzaju budowli wodnych, czy to się odnosi do urządzenia tam wodnych, czy też kanałów, zbiorników wody i t. p.

Zanim przejdziemy znowu do znakomitości naukowych włoskiego odrodzenia, musimy wspomnieć o dwóch wynalazkach na polu fizyki, których powstanie przypada na koniec XVI i początek XVII stulecia i jakkolwiek historia tych wynalazków nie jest dokładnie skreślona, wywarły one jednak tak rozstrzygający wpływ na kierunek przyszłych badań, że dokładne ich rozpatrzenie okazuje się niezbędnem. Jest to wynalazek teleskopu i mikroskopu. Badacze okresu następnego umieli używać obu tych przyrządów w sposób dokładny i przy ich pomocy doszli do odkrycia nowych prawd. Niezależnie od wiedzy pozytywnej, jaką osiągnęliśmy za pośrednictwem tych przyrządów, nabrały one jeszcze w inny sposób dużego znaczenia dla ludzkości. Już zwracaliśmy kilkakrotnie na to uwagę, w jak energiczny sposób scholastycy sprzeciwiali się każdej nowo powstającej nauce. Ci zaś uczeni, którzy fakty nowe, osiągnięte przy pomocy teleskopu chcieli światu ogłosić, musieli opłacać w tych czasach ciemnoty swoją osobą niebezpieczeństwa połączone z rozpowszechnianiem prawd zdobytych; mimo to jednak nauka torowała sobie przebojem drogę i po długich i ostrych walkach odniosła w końcu zwycięstwo.

W jakim wieku wynalezione zostały teleskopy dokładnie określić nie można. Z pewnych zdań i wskazówek należy wnosić, że niektórzy fizycy musieli znać oddawna przyrządy teleskopiczne. Nie wchodzimy w to, czy te przyrządy były jedynie prostymi rurami, czy też posiadały szkła i zwierciadła; nie bowiem pewnego nie możemy powiedzieć. Pierwsze wiadomości ścisłe o budowie teleskopów pochodzą z końca XVI stulecia i według wszelkiego prawdopodobieństwa Jakób Metius, słynny matematyk, który określił liczbę  $\pi$ , przyjmował znaczny udział w wynalezieniu teleskopu. Pewnem jest przynajmniej to, że w 1608 r. Metius przedstawił stanom generalnym holenderskim referat, w którym mieści się dokładne opisanie teleskopu. W jego to pracy znajduje się wzmianka, która pozwala się domyślać, jakoby już ktoś przed nim sporządził podobny instrument. Zdaje się, że to był fabrykant okularów, także holender, Hans Lippershey. Czy w innych krajach jednocześnie nie były wynalezione teleskopy, pozostaje dotąd pytaniem niezalutwionem. W sprawach technicznych i naukowych często bowiem występuje i stało się nawet przysłowiem jednoczesne pojawienie się w dwóch miejscach niezależnych od siebie jednakowych wydarzeń,

co mogło się tu powtórzyć, tem więcej, że na początku XVII stulecia powyższe instrumenty bardzo szybko rozpowszechniły się w wielu krajach i w czasie stosunkowo krótkim większość uczonych w tym okresie posiadała podobne przyrządy. Pierwsze dalekovidze, nazywane holenderskimi od nazwy kraju, gdzie je zaczęto wyrabiać, były urządzone podobnie do obecnych lornet teatralnych; składały się z obiektywu, szkła przedmiotowego, będącego soczewką dwuwypukłą i okulara, szkła ocznego, czy soczewki podwójnie wklęsłej, zamkniętych w jednej krótkiej rurze. Przy takim użyciu szkielec dalekovidz dawał obraz prosty, lecz powiększenie było nieznaczne i, o ile się zdaje, do badania gwiazd mało były przydatne, gdyż wkrótce po ich wynalezieniu Jan Kepler, sławny astronom, zbudował prawdziwie astronomiczny teleskop, a powodem do jego urządzenia był zbadany przebieg promieni świetlnych przez szkła w lunecie holenderskiej. Badania przeprowadzone przy tej sposobności nad własnościami soczewek optycznych wskazały mu, że zamiast używać pojedynczych szkielec należy zastosować soczewki złożone i jako wynik tych badań powstał refraktor, który dawał bardzo znaczne powiększenie ciał niebieskich. Kepler z powodu braku odpowiednich środków nigdy nie byłby w stanie wykonać teoretycznie obliczonego i konstrukcyjnie wykreślonego przyrządu, sporządzili go wkrótce inni według gotowego projektu, a rezultaty otrzymane przy zastosowaniu takiego refraktora wprawiły w podziw cały ówczesny świat uczonych. Rok 1611, w którym Kepler opisał urządzenie swego teleskopu, był jednocześnie wybitnie ważnym w dziejach wiedzy.

Prawie równocześnie z teleskopem był wynaleziony także mikroskop, mianowicie w 1590 roku przez Zacharjasza Jansena, fabrykanta okularów z Middelburga w Holandji. Bliższych szczegółów urządzenia mikroskopu nie wiemy, wiadomo tylko, że Jansen pierwszy swój przyrząd ofiarował Albrechtowi, arcyksięciu austriackiemu. Długie lata jednak przeszły, zanim mikroskop został do odpowiednich celów zastosowany, po stu latach bowiem spotykamy wydatnych badaczy, którzy badania mikroskopijne wykonywali za pomocą prostej soczewki szklanej i kropli wody, zawieszanej w małym otworze płytki metalicznej. Najsilniejsze powiększenie, jakie tym sposobem uzyskać się dało, było 160-krotne, i jeśli zastanowimy się, że starożytni filozofowie greccy na zasadzie własności kuli szklanej, napełnionej wodą umieli wywoływać powiększenie przedmiotów, to musimy przyznać, że postęp, jaki się wyraził w wynalezieniu mikroskopu był z początku bardzo nieznaczny. Przyczyna leżała prawdopodobnie w tem, że wynalazek teleskopu i mikroskopu nastąpił prawie jednocześnie. Teleskop zaś dostarczał nowych widoków w nieskończonej przestrzeni nieba, a ludzie ówczesni znajdowali upodobanie w traktatach filozoficznych i scholastycznych nad przyrodą wszechświata, które w następstwie czasu przerodziły się nawet w walkę pomiędzy kościołem a wiedzą; staje się więc jasnym, że w obec głębokiego zajęcia się teleskopem i wielkimi prawdami nowymi, które się zjawiały przed oczami zdumionej ludzkości, mikroskop, który odślaniał świat istot



nieskończenie małych, nie budzących w owym czasie prawie żadnego zainteresowania, był prawie zapomnianym. Dopiero w późniejszych stuleciach zwrócono większą uwagę na użyteczność mikroskopu i nauczono się go cenić.

Pierwszym uczonym, posługującym się bardzo obszernie i dokładnie refraktorem, był Galileo Galileusz (1560—1642) najznakomitszy fizyk i najwybitniejszy astronom. Przyrząd ten nadał z jednej strony nowy kierunek jego działalności naukowej i uczynił imię jego nieśmiertelnem, z drugiej zaś strony był przyczyną jego życia nieszczęśliwego. Galileusz zaraz po otrzymaniu wiadomości o wynalezieniu teleskopu poświęcił się wyłącznie astronomji. Jako fizyk, niezależnie od jego prac fizycznych, zabrał się energicznie do pracy w zakresie astronomji, postawiwszy sobie za naczelne zadanie zerwać z wytkniętym przez greckich filozofów kierunkiem i opartymi na nim wyjaśnieniami. Szczególniej zwrócił się z całą energją do pism i nauki Arystotelesa, z taką energją, że czasami przebija w niej nienawiść fanatyczna. To jednostronne zwalczanie nauki Arystotelesa stało się podstawą, na zasadzie której imię Galileusza pokryło się nieśmiertelną sławą. Usiłowania jego w celu



Mikroskop z oświetleniem sztucznem stołu przedmiotowego za pomocą padających promieni światła.

Na początku XVI stulecia.

obalenia nauki Arystotelesa i doprowadzenia jej do absurdu, stały się pobudką do głębszego i krytycznego jej przestudjowania, a sceptyzm, z jakim ją rozpatrywał, doprowadził go do odkrycia nowych prawd w zakresie fizyki. Ponieważ w dziełach Arystotelesa najobszerniej była traktowana mechanika, więc Galileusz główną swą uwagę zwrócił ku tej gałęzi fizyki. Najpierw poddał sprawdzeniu ustanowione prawo Arystotelesa dla prędkości podczas spadku ciał, mianowicie, że prędkości ciał swobodnie spadających zależne są od ich ciężarów a przez gruntowne studia, jakie przeprowadził nad swobodnym spadkiem ciał, ugruntował zasady naszej dzisiejszej wiedzy o tego rodzaju ruchu! Niesłuszność twierdzenia Arystotelesa, jak nas o tem informują niepewne wskazówki Vivianiego, jego ucznia i biografą, Galileusz miał wykazać za pomocą szeregu doświadczeń nad spadkiem ciał, wykonanych na pochyłej wieży w Pizie. Rozumował zaś w sposób następujący: jeżeli twierdzenie Arystotelesa jest prawdziwe, że ciała cięższe spadają z większą prędkością, aniżeli lżejsze, to jeżeli złączymy z sobą dwa ciała mające nierówną wagę, powinny one spadać ze średnią prędkością, jaką można dokładnie obrachować.

Po wykonaniu tego, nie osiągnięto jednak oczekiwanego wyniku, czyli doświadczenie powyższe wykazało zupełną niezgodność z rzeczywistością ustanowionego przez Arystotelesa prawa. Ponieważ jednak Galileusz przez wykonanie takiego doświadczenia uwidocznił błędy w nauce Arystotelesa i zachwiał jego powagę, na którą przy poparciu prawd kościoła powoływali się ówcześni scholastycy, ci więc nie mogli mu tego darować i pierwszy raz w 1600 roku zwrócili ku niemu całą swą nienawiść, która tak fatalnie wpłynęła na jego życie. Bardzo naturalnie, że przy tak mało dokładnym sposobie wykonania doświadczenia, jaki miał miejsce na wieży pizańskiej musiały być drobne usterki i rzeczywiście znalazła się mała różnica pomiędzy czasem obliczonym teoretycznie dla spadku ciał a otrzymanym z doświadczenia. Ze względu jednak na to, że scholastycy różnicę tę dostrzegli i użyli jej jako środka, ażeby doświadczenie to pozbawić znaczenia, Galileusz postanowił udowodnić swój pogląd na zupełnie innej drodze. Ten nowy dowód opierał się na zasadzie fizycznej, odkrytej znacznie wcześniej przez Galileusza i będącej może jedną z najważniejszych zasadniczych prawd, jakie w ogóle w zakresie fizyki stwierdzone były. Na niej opiera się nasze dzisiejsze liczenie czasu i ona daje nam środki do najdokładniejszego oznaczenia jednostki czasu, tego zasadniczego pojęcia wszelkiego porządku ludzkiego i naukowego. Jeżeli zastanowimy się nad tem, jakie w życiu cywilizacyjnem ma znaczenie jednostka czasu, to będzie dla nas zupełnie zrozumiałem, jak wielkie i jak głębokie znaczenie dla wieczności posiadają odkryte przez Galileusza prawa ruchu wahań. Około 1583 r. Galileusz, kiedy był jeszcze studentem medycyny w Padwie, miał w katedrze tego miasta obserwować świeczniki, zawieszane na długich sznurach i obliczał ilość ich wahań przy pomocy uderzeń swego puls. Tu właśnie dostrzegł, że wahania tych świeczników odbywały się w jednym i tym samym czasie,

a na podstawie dokładnych badań późniejszych i obliczeń, do których zwróciło go zadanie o kształcie linii rzutu, wyprowadził prawo o równoczesności, czyli izochronizmie ruchu wahadeł, to jest innemi słowy znalazł, że wahadła, mające jednakową długość, niezależnie od ilości i jakości materjału, z którego zrobione zostały, wykonywają wahania w czasie jednakowym. Nawet niezależnie od zegarów wahadłowych, które przez setki lat były jedynym i najlepszym przyrządem do mierzenia czasu, to wahadło samo dziś jeszcze jest jedyną podstawą, za pomocą której w celach naukowych możemy określić jednostkę czasu, czyli sekundę, z absolutną dokładnością. Następnie obliczono najdokładniej dla każdego stopnia szerokości powierzchni ziemi długość wahadła sekundowego, mianowicie taką długość, przy której wahadło w ciągu jednej sekundy wykonywa jedno wahanie. Tylko takie określenia długości wahadła sekundowego mogły uzgodnić obserwacje naukowe, prowadzone na rozmaitych punktach powierzchni ziemi. Tylko przy takim określeniu można było dla wszelkich obserwacji fizycznych i astronomicznych utworzyć stałą jednostkę, która nie mogła zagiąć; dla żeglugi zaś ustalić pewną zasadę przez stałe porównywanie chronometru z wahadłem sekundowym. Na całej powierzchni ziemi w obserwacjach astronomicznych różnych narodów urządzona jest kontrola czasu, dla której podstawą jest wahadło. Niema celu wyliczać wszystkich naukowych dostrzeżeń i praktycznych zastosowań, opartych na znajomości własności wahadła, to jednak należy zaznaczyć, że przez uzasadnienie matematyczne tych własności Galileusz położył dla ludzkości niespożytą zasługę (porów. tom III str. 150).

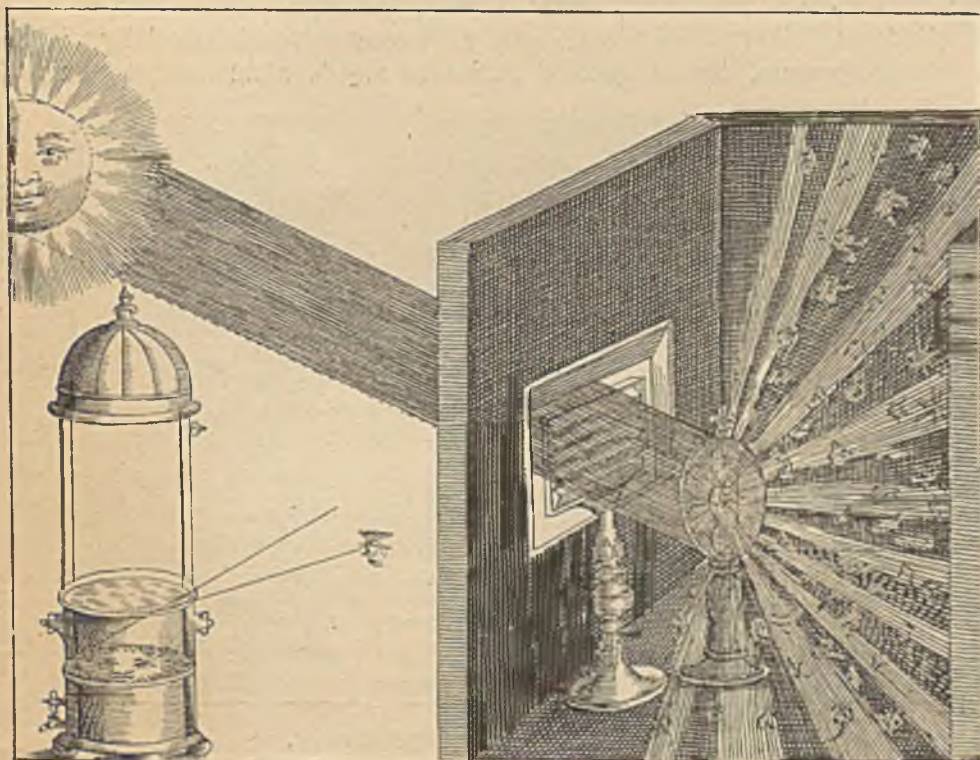
Galileusz w sposób prawdziwie genialny udowodnił prawa swobodnego spadku ciał, będącego przedmiotem tak namiętnych sporów, za pomocą praw wahadła i zmusił swych przeciwników do milczenia. Wykazał, że wahadła o jednakowej długości wykonywają wahania w jednakowym czasie, niezależnie od materjału i od ilości jego, użytego do wyrobu. Wykazał w dalszym ciągu, że wahanie wahadła w gruncie rzeczy, jest wolnym spadkiem ciała po okręgu koła, i ponieważ ciała użyte do wykonania wahadła spadają zawsze jednakowo, niezależnie od tego czy są lżejsze, czy też cięższe, to i ciała, spadające po linii pionowej, muszą podlegać tym samym prawom. Jeżeli jednak pióro ptaka spada na ziemię wolniej, aniżeli kawałek ołowiu, to zależy, jak słusznie zauważył Galileusz, od oporu powietrza. Niezależnie od tego dowodu, którego perypatetycy odeprzeć nie mogli, Galileusz na potwierdzenie słuszności swego twierdzenia, przedstawił jeszcze wolny spadek ciał po równi pochyłej; w tym celu przygotował długą rynnę, którą ustawił pochyłą pod pewnym kątem do poziomu i na tym przyrządzie przekonał naocznie swych przeciwników, że przy jednakowym nachyleniu rynny szybkość każdego ciała, spadającego po niej, niezależnie od jego ciężaru, jest jednakowa w jednakowych odstępach czasu. Na podstawie tych poszukiwań prawo spadku wolnego ciał określił w sposób następujący: droga przebyta podczas spadania proporcjonalna jest do kwadratów z czasu—

prawo, którego słusność dopiero po upływie przeszło wieku stwierdzoną została dokładnie za pomocą dowcipnie zbudowanej maszyny przez Jerzego Atwooda (1781). Z prawa tego wyprowadził bardzo ważne wnioski, odnoszące się do równi pochyłej i wahadła. Badania nad zależnością, jaka istnieje podczas ruchu pomiędzy czasem i przebytymi przestrzeniami wprowadziły go do innej pokrewnej dziedziny: do obserwacji nad kształtem linii rzutu. Określił mianowicie, że każde ciało rzucone opisuje linię, która przy kierunku poziomym rzutu ma kształt połowy paraboli. Twierdzenie powyższe również jest bardzo ważne, ma bowiem zastosowanie praktyczne w gałęzi fizyki, znanej pod nazwą balistyki, która zajmuje się szczegółowo ruchem ciał, wywołanym przez siłę rzutu t. j. badaniem drogi, jaką opisują pociski wyrzucone z dział i wszelkie obliczenia opierają się na podstawie powyższego prawa Galileusza.

Podczas zwalczania zasad nauki Arystotelesa, udało się Galileuszowi odślonić nowe i bardzo ważne prawo hydrostatyczne. Ponieważ Arystoteles utrzymywał, że własność pływania ciał zależy tylko od ich kształtu, to Galileusz, uznając je naturalnie za nieprawdziwe, odnalazł po długich i pracowitych poszukiwaniach istotną zasadę dla ciał pływających. Dowiódł za pomocą bardzo licznych przykładów, że zdolność pływania ciał zależną jest jedynie i wyłącznie od ich ciężaru właściwego, kształt zaś samego ciała nie wywiera na to żadnego wpływu. To są najważniejsze prace, jakie Galileusz wykonał w zakresie mechaniki. Należy jednak oprócz tego dodać, że badaniami swemi nad wysokością tonu znakomicie rozszerzył ramy akustyki, do czego dopomogły mu szczególniejszej studja nad fizjologją słuchu; w magnetyzmie udzielił także ważnych wskazówek, zasługuje szczególnie na uwagę objaśnienie jego o możliwości zwiększania siły magnesu przez dodanie mu uzbrojenia. Jeden z takich magnesów, przygotowany do badań w tym kierunku, znajduje się w Muzeum we Florencji. Nie wspominaemy na tem miejscu o pracach Galileusza na polu astronomji i o przebiegu jego życia, ponieważ te wyczerpująco są opisane w tomie III str. 150 i następane.

W tym samym czasie, w którym wynalezienie lunety i mikroskopu dostarczyło nowych środków pomocniczych do studjów naukowych, rozpoczęły się także pierwsze badania nad elektrycznością, tą gałęzią fizyki, która przez swój olbrzymi rozwój w obecnem stuleciu wycisnęła na niem swoje wszechwładne piętno. Szczególniejszym jednak sposobem badania nad własnościami elektrycznymi ciał nie powstały we Włoszech, gdzie tak wspaniale rozwinęły się wszelkie umiejętności, lecz w Anglii, która w tym czasie tak mało odznaczyła się na polu działalności naukowej. Tam właśnie William Gilbert (1540—1603), lekarz nadworny królowej Elżbiety, zajmujący się specjalnie magnetyzmem i elektrycznością, poczynił w tym kierunku ważne spostrzeżenia; badania nad własnościami igły magnesowej doprowadziły go do wniosku, że cała ziemia musi być wielkim magnesem. Jeżeli omylił się przez utożsamienie bieguna magnetycznego z geograficznym, to nie można mu z tego czynić zarzutu, gdyż oznaczenie bieguna magnetycznego

ziemi mogło być wykonane tylko przez odpowiednie wyprawy naukowe. Gilbert także pierwszy zauważył, że stal w pewnych warunkach pod wpływem magnetyzmu ziemi może otrzymać własności magnesu, a także pierwszy raz dla celów praktycznych zawiesił na nitce igłę magnesową. Wobec tak ścisłego związku, jaki zachodzi pomiędzy magnetyzmem i elektrycznością, który ostatecznie dopiero w XIX w. wyjaśniony został, związku, który każdemu pracującemu na tem polu staje się widocznym przez tak blizkie podobieństwo wielu zjawisk, Gilbert nie mógł także nie zwrócić uwagi na objawy



Załamanie i rozproszenie światła słonecznego.

Według starego miedziorytu.

elektryczności. Ponieważ główną wtedy własnością magnesów była zauważona siła przyciągania niektórych ciał i ponieważ bursztyn pocierany o sukno przyciągał także ciała lekkie, Gilbert przeto zajął się tą sprawą i starał się wyjaśnić, jaki związek istnieje pomiędzy siłą przyciągającą magnesu i bursztynu. Pomimo to, że nie udało mu się rozstrzygnąć tego zadania znalazł wszakże, że własność, jaka istnieje w bursztynie, posiadają również i inne ciała, jak gatunki różne szkła, opał, kryształ górny i t. p., inne zaś ciała jak marmur, wapno, metale i t. p., własności tej nie okazują; wskutek tego bardzo słusznie podzielił ciała na takie, które przez potarcie stają się elektrycznymi i takie, w których ta własność wzbudzona być nie może.

Badał także, jaki wpływ na własności elektryczne ciał wywiera powietrze, wilgoć wody i innych płynów i t. p.; wymienił wszystkie znane mu ciała, które przez tarcie stają się elektrycznymi i wskazywał wiele różnic, zachodzących między siłą magnetyzmu i elektryczności. Poglądy Gilberta, które tu tylko szkicowo zaznaczamy, zawierały wiele istotnych prawd, a szczególnie zasługują na uwagę jego ściśle dane obserwacyjne; on wprowadził nazwę „elektryczność“, wprawdzie nie w tej formie, gdyż na oznaczenie tych zjawisk używa stale wyrażenia „siła elektryczna“, zapożyczonego od greckiego wyrazu „elektron“, oznaczającego bursztyn.

Badania Gilberta nad elektrycznością początkowo nie obudziły wielkiego zainteresowania, dopiero później zwrócono się do nich; natomiast uwaga



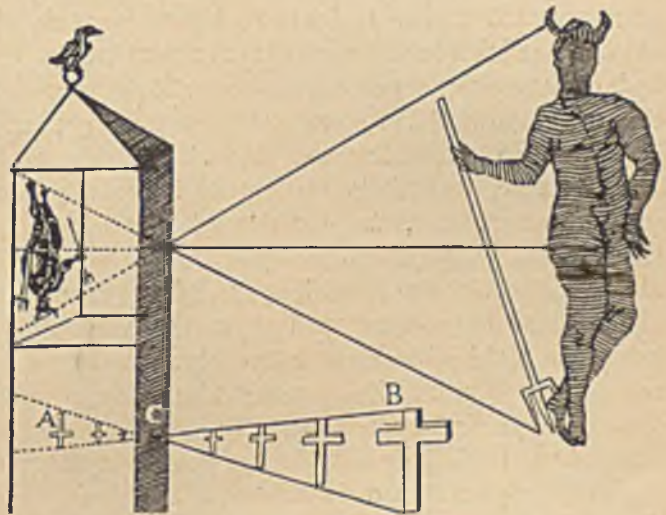
**Aparat do rysowania portretów.**

Według Laerolx „Sciences et lettres au moyen age“ Paris 1877 r.

ówczesnych badaczy zajęta była wyłącznie magnetyzmem, gdyż podróże odkrywcze Kolumba przyznawały wielką wagę usługom, jakie mogą oddać dla żeglugi igła magnesowa i kompas. Zarządy miast, prowadzących wielki handel morski wyszukiwały wszelkich możliwych sposobów do popierania tych tak pożytecznych dla żeglugi badań, rada miasta Wenecji wyznaczyła nawet sute nagrody za prace poświęcone magnetyzmowi. Jako wynik żywego zajmowania się magnetyzmem wynaleziono w 1635 pewną metodę telegrafowania przy pomocy magnesów, która jednakże wkrótce uległa zapomnieniu. Warto jednakże wiedzieć, że już wtedy myślano o porozumiewaniu się telegraficznym przy pomocy magnesów. Sposób wykonania tego projektu polegał na odpowiednim zastosowaniu igły magnesowej i opisany jest w dziele Atanazego Kirchera; użycie jego wszakże było kłopotliwe

i przyrząd taki przedstawiał nic więcej, jak zabawkę magnetyczną. Atanazy Kircher (porów. tom I str. 56) zajmował się wyłącznie optyką i pierwszy zwraca uwagę na fizjologję barw, na zjawiska fluorescencji, to jest własności ciał, które mają odmienne zabarwienia w świetle przechodzącem i odbitem, chociaż przyczyny tego zjawiska nie mógł objaśnić; pierwszy także wskazał na ciała fosforyzujące, t. j. takie, które świecą w ciemności. Znane są dzisiaj tego rodzaju ciała, które służą do urządzania świecących w nocy tarczy zegarowych, pudełek do zapalek i t. p. Kircher opisuje minerały, które mają własność świecenia w nocy, jeżeli podczas dnia były wystawione na działanie promieni słonecznych; nawet objaśnia powyższe zjawisko, a wyjaśnienie to bardzo mało różni się od dzisiejszych na tę sprawę poglądów; według

niego ciała takie podczas dnia wchłaniają w siebie materję świetlną, która w nocy z nich promieniuje. Mówiąc o ówczesnych badaniach nad optyką, nie możemy pominąć Keplera, wielkiego astronoma, na którego zasługi przy ulepszeniu lunety już wskazywaliśmy. Prace jego nad odległościami ogniskowymi soczewek, jako też nad powstawaniem wywołanych przez nie obrazów zasługują na najwyższe uznanie. Utworzone przez niego zasa-



Szkic, przedstawiający powstawanie w oku odwrotnego obrazu przedmiotu.

Według doświadczenia ojca Schełnera.

dnicze pojęcia wymagają niektórych ulepszeń; natomiast pierwszy raz przez niego dostrzeżone zjawiska całkowitego odbicia światła są przedstawione w tak doskonały sposób, że badania jego w tym kierunku, nawet dzisiaj przy takim rozwoju wiedzy fizycznej, uznane są jako wzorowe. Kepler wskazał także na to, że w płytce szklanej każdy przedmiot świetlny, który z prostopadłą linią tworzy kąt większy od  $42^\circ$  nie wychodzi ze szkła jako promień załamany, lecz ulega tam zupełnemu odbiciu. To odkrycie posiada w technice optycznej bardzo ważne znaczenie i całkowite odbicie promieni świetlnych ma częste zastosowanie w narzędziach i przyrządach optycznych, jak np. pryzmaty, używane przy ręcznych aparatach fotograficznych. Na tej samej zasadzie całkowitego odbicia wewnątrz promieni świetlnych urządzone są przy mikroskopach przyrządy do rysowania, złożone z kombinacji kilku pryzmatów; za pomocą tego przyrządu przedmiot rozpatrywany przez

mikroskop może być dokładnie odrysowany na papierze. Całkowite odbicie wewnętrzne promieni ma szerokie zastosowanie w dwóch najnowszych wynalazkach, a mianowicie w lunecie pryzmatycznej i w łodziach podwodnych, nad którymi od początku XX stulecia wszystkie państwa morskie wykonywają próby i doświadczenia; te ostatnie zaopatrzone są również w tego rodzaju pryzmaty, które pozwalają komendantom statków podwodnych widzieć powierzchnię morza na znacznej przestrzeni.

Współczesny Keplerowi i Galileuszowi słynny jezuita ojciec Krzysztof Scheiner (1575 — 1650), z którym ostatni z tych uczonych prowadził walki naukowe, był jednym z najznakomitszych optyków swego czasu; zbudował zaprojektowaną przez Keplera lunetę, której ten z powodu braku odpowiednich środków sam nie mógł wykonać. Przy pomocy tej lunety Scheiner przeprowadził ważne badania nad powierzchnią słońca; pierwszy też zaczął używać bardzo mikroskopu w szerokim zakresie. Prawdopodobnie wyniki jego badań mikroskopowych nie miały wielkiego znaczenia naukowego, gdyż sam Scheiner opowiada, że przyrząd ten muchę powiększa do wielkości słońca, a pchłę — do wielkości wielbłąda. Właśnie powyższe uwagi, bynajmniej nie naukowe, wzbudziły ciekawość i zwróciły powszechną uwagę uczonych na mikroskop, tak, że coraz częściej zaczęto go stosować, szczególnie Leuwenhoek używał go do poważnych studjów naukowych. Najważniejsze badania Scheinera należą do optyki fizjologicznej, w którym to zakresie możemy go uważać pod pewnym względem jako poprzednika Helmholtza; określił dokładnie różne płyny w oku i oznaczył ich współczynniki załamania światła. Za pomocą klasycznego doświadczenia, dzisiaj często stosowanego oznaczył siatkówkę jako siedlisko wzroku i pierwszy raz badania nad zdolnością widzenia zostały tym sposobem skierowane na drogę właściwą. Samo doświadczenie zasadzało się na tem, że były odpowiednio przygotowane oczy różnych zwierząt, z których usunięto starannie tylne błony, pozostawiając jedynie siatkówkę; wtedy Scheiner na tej ostatniej dostrzegł obrazy przedmiotów, znajdujących się przed okiem. Obrazy powyższe na siatkówce były odwrócone, co Scheiner objaśniał jako skutek przecięcia się promieni świetlnych w soczewce ocznej i poparł ten swój pogląd bardzo zręcznym i przekonywającym doświadczeniem. Kawałek papieru nakłół szpilką w jednym miejscu i przez ten otwór patrzył na ostry płomień, znajdujący się w pewnej od papieru odległości; gdy pomiędzy okiem a papierem przesunął ostrze noża, to znikał mu najpierw wierzchołek płomienia, czyli, że promienie świetlne wychodzące z płomienia, musiały się przecinać na otworze papieru, zanim doszły do jego oka. On też pierwszy zwrócił uwagę na rozszerzanie się i zężanie źrenicy oka, będące w związku z przystosowywaniem oka (akomodacja) do przepuszczania pewnej tylko ilości promieni świetlnych.

Z pomiędzy optyków ówczesnych największą uwagę zwraca na siebie Willebrord Snellius (1591 — 1626), sławny z odkrycia prawa załamania promieni światła, zwanego i dzisiaj jeszcze prawem Snelliusa, które jakkolwiek



dla osób niezajmujących się w tej gałęzi fizyki nie przedstawia wiele interesu, to wszakże w rozwoju optyki ma bogate w wyniki znaczenie. W prawie tem Snellius daje wywód matematyczny i wzór na wielkość kąta, na jaką promień światła odchyła się od pierwotnego kierunku przy przejściu z jednego środka w drugie. Obliczenia wszelkiego rodzaju przyrządów, aparatów i narzędzi optycznych opierają się bez wyjątku na prawie Snelliusa, bez znajomości tego prawa nie można byłoby wykonać tych wszystkich mikroskopów i olbrzymich teleskopów, któremi wiedza dzisiejsza rozporządza przy różnych badaniach; bez znajomości tego prawa sztuka leczenia



Mikroskopy dawne w muzeum narodowym w Norymberdze.

oczu nie doszłaby nigdy do dzisiejszego swego rozwoju, a wielka liczba zjawisk kosmicznych pozostałaby niewyjaśnioną dla nas i nieobliczoną. Ten właśnie wypadek poucza nas doskonale, że nic lepiej wpłynąć nie może na postępy wiedzy, jak wydoskonalone środki pomocnicze, dane nam do rozporządzenia przez uczonego badacza.

Jak Snellius w zakresie optyki, tak sławny Franciszek Bacon, zwany zazwyczaj Baconem Werulamskim, działał na polu nauki o ciepłe. Przy tych badaniach jednak skutek fałszywych poglądów, wyprowadzał błędne wnioski. Jakkolwiek jego rozprawy są charakteru czysto filozoficznego, to jednakże znaczenie doświadczenia określił gruntownie i starał się rozszerzyć jego zastosowanie do wszelkiego rodzaju poznania. W pismach jego znajduje się

tyle pojęć prawdziwych i błędnych razem z sobą pomieszanych, tyle na niczem nie opartych hipotez, obok istotnych teorji, tak, że nadzwyczaj trudno przyznać im rzeczywiste znaczenie praktyczne. Jego niezaprzeczone zasługi w fizyce polegają na dwóch przedmiotach: na zwalczaniu energicznem kierunku scholastycznego, a zwalczanie to miało wpływ rozstrzygający z tego względu, że pisma jego, jako utwory wysoko pod względem politycznym postawionego angielskiego męża stanu, były chętnie czytane i wysoko cenione. Prócz tego, jego teoria o istocie ciepła, która pod wielu względami posiadała słuszne zapatrywania a uzupełniona przez późniejszych badaczy, stała się wstępem do nowej ery i owocnej działalności na polu, do czasów Bacona dosyć zaniedbanem, i mającej w późniejszej technice pierwszorzędne znaczenie. Bacon określa ciepło kilku słowami: „ciepło jest ruchem rozszerzającym się, który jest tamowany i tylko w małej swej cząstce bywa uwidoczniiony“. Zapewne od tego określenia prostego do dzisiejszych naszych poglądów na istotę ciepła jest wielki przeskok, ale definicja ta stała się podstawą tego wszystkiego, co wiemy o ciepłe.

Równie dzielnym umysłem jak Bacon Werulamski odznaczał się także René Descartes (1596—1650). Był także przeważnie filozofem i wywierał znaczny wpływ nietylę przez swoje odkrycia, ile raczej przez swoje pisma. Filozofja Kartezjusza pod naciskiem zarzutów obaloną została zupełnie. W owym jednak czasie, kiedy ją tworzył a nawet i później, jego system potężnie wpływał na kierunek badań na rozmaitych polach wiedzy, pomiędzy którymi fizyka zajmowała wybitne miejsce. W obec znaczenia jego nauki na dalszy rozwój umiejętności fizycznej, musimy ją poznać przynajmniej w głównych zarysach, tem więcej, że po odrzuceniu wielu dogmatów Descartes'a, poznano ztąd wypływające nowe prawdy. Podobnie jak Bacon zajął wybitne miejsce pomiędzy fizykami praktycznymi przez swoje poglądy na istotę ciepła, tak też Kartezjusz zdobył, niezależnie od swej filozofji, wybitne stanowisko jako optyk. Przedewszystkiem wszakże był metafizykiem. Wywodem ostatecznym jego nauki jest, że właściwie żadna prawda nie istnieje i o wszystkim wątpić należy, co ludzkość uznawała za prawdziwe. Jedno tylko, najsłynniejsze ze wszystkich, jakie wypowiedział, zdanie uznaje za prawdziwe, to: „cogito, ergo sum“. Myślę, a więc jestem“. To zaprzeczanie istnienia wszelkiej prawdy, pobudzające badaczy czasów ówczesnych do wytężonego myślenia, jest główną zasługą filozofji Descartes'a. Zaczęto poznane prawdy staranniej teraz sprawdzać i następstwem tego było, że niejedno twierdzenie, uchodzące za prawdziwe, straciło swą wartość. W tem pobudzaniu do stosowania sceptycyzmu przy sprawdzaniu wszystkiego, zawiera się znaczenie Descartes'a i jego siła, jego poglądy filozoficzne na własności fizyczne ciał nie utrzymały się w przyszłości, pomimo to, że nie poparte doświadczeniem, zawierały w sobie ziarna prawdy. Jego filozofja obejmowała cały obszar znanej ówczesnie fizyki, była jednocześnie filozofją religji i filozofją świadomości; objaśnienia zaś, stosujące się do zjawisk fizycznych, są przeważnie niezgodne

wskutek tego upadły. Mimo to przez pewien czas uczono fizyki we Francji i Anglii według zasad Descartes'a i późniejsi uczeni, a szczególnie Newton musiał prowadzić długie walki z Kartezjanizmem, zanim mógł utrwalić swoje poglądy. Pod niektórymi względami Kartezjusza możemy porównać z Arystotelesem. Obadwaj przez całe stulecia zawładnęli umysłami uczonych i znajdowali licznych i szczerych stronników, którzy z przeciwnikami prowadzili długie walki i dysputy o prawdziwość poglądów tych filozofów. Wpływ filozofii Arystotelesa w zakresie fizyki jeszcze nie wygasł zupełnie do dnia dzisiejszego, tak samo myśl nasza do pewnego stopnia ulega wpływowi nauki Descartes'a.

Kartezjusz zaznaczył się jako doskonały znawca zjawisk fizycznych przez słynne wyjaśnienie powstawania tęczy. Poczęści za pomocą doświadczenia, poczęści przy pomocy rachunku wykazał dokładnie przebieg promieni świetlnych w kroplach deszczowych tęczy; jakkolwiek nie mógł objaśnić powstawania kolorów i ich następstwa po sobie, poznał jednak ich tożsamość z barwami powstającymi w pryzmacie. Dokładne objaśnienie tego zjawiska, oparte na podstawie badań Descartes'a, było przeprowadzone później.

W pierwszej połowie XVII stulecia fizycy podnieśli nanowo kwestję sporną, która już w czasach wcześniejszych była powodem do licznych rozmyślań, mianowicie: czy w naturze istnieje próżnia? Już filozof grecki, Demokrytos z Abdery, zastanawiał się dokładnie nad tą sprawą i po długich rozmyśleniach doszedł do wniosku, że to jest możliwe. Inni znowu przeczyli, że we wszechświecie nie może być takiej przestrzeni, w którejby absolutnie nic się nie znajdowało. Potem wystąpiła znowu nauka o „horror vacui“ czyli nauka o obawie próżni. Dostrzeżono bowiem, że woda dobywana za pomocą pomp ssących, podnosi się tylko do pewnej wysokości i wszelkie wysiłki nie mogły jej ponad tę wysokość podnieść. Zjawisko to objaśniali w ten sposób, że przyjmowali, iż woda ma „horror vacui“ to jest lęka się próżni, znajdującej się nad jej powierzchnią i nie podnosi się wyżej. Pomijając całą niedorzeczność takiego wyjaśnienia, popełniano jeszcze błąd, nazywając pustą całą przestrzeń, znajdującą się między tłokiem pompy a słupem wody, kiedy mogli się przekonać w zwykły sposób, że tam znajduje się powietrze rozrzedzone. Nawet fizycy, którzy wyróżniają się pod względem jasności i logiczności swych wywodów dedukcyjnych, jak np. Galileusz, byli przekonani o istnieniu „horror vacui“. W jednej z prac swoich pisze tak w tym przedmiocie: „woda w pompie ssącej nie podnosiła się wyżej ponad 18 bracciaj; jak tylko wysokość pompy przewyższała wskazaną miarę, słup wody wskutek własnego ciężaru przerywał się; „horror vacui“ jest więc tak znaczny, że może utrzymać w równowadze słup wody, mający 18 bracciaj wysokości“. W wieku XVII spotykamy tylko kilku badaczy, zajętych gruntownym badaniem kwestji istnienia w przyrodzie próżni, którzy w tym kierunku ułatwili następcom swoim

pracę. Z badań ich nad tym przedmiotem zyskała ludzkość wiele przyrządów i narzędzi, bez których dziś trudno byłoby się obejść.

Pierwszym z nich był Jan Ewangelista Torricelli (1608—1647), najwięcej ulubiony, jeden z ostatnich uczniów Galileusza, który swemu wielkiemu mistrzowi zamknął powieki i udzielił nam wiadomości o latach ostatnich jego życia. Opierając się na przytoczonym powyżej zdaniu Galileusza, spróbował on określić, jak się zachowują w tym względzie inne płyny i czy na nich oddziaływa także „horror vacui“. Rozpoczął badania nad rtęcią. W obecności Vivianiego, także ucznia i biografą Galileusza, napełnił w 1643 roku żywym srebrem długą szklaną rurę z zamkniętym jednym końcem i zanurzył ją otwartym końcem w naczynie, napełnione rtęcią. Okazało się wtedy, że poziom merkurjuszu w rurze zaczął się obniżać dotąd, dopóki słup rtęci dosięgnął 28 cali wysokości. Z tego wywnioskował Torricelli, że horror vacui jest niemożliwym. Ażeby się przekonać, czy słup rtęci ma zawsze jedną i tę samą wysokość, umieścił obok rury miarę i zaraz się przekonał, że poziom rtęci podlega małym wahaniom. Z tych wahań wywnioskował, że nie można jednakże przypuszczać, aby przyroda „na podobieństwo zalotnej dziewczyny zmieniała swoje upodobania“ i zachowywała się względem jednego płynu inaczej, aniżeli względem drugiego, pozwalając jednemu stać wyżej, drugiemu niżej. Wywiódł następnie, że wahania słupa rtęci zależne są od zmiany ciśnienia powietrza, które jednakowo utrzymuje w równowadze słup wody, a także i rtęci. Przedwczesna śmierć nie dozwoliła mu prowadzić dalej badań nad zależnością wysokości słupa rtęci od wielkości ciśnienia powietrza atmosferycznego, ani nad kwestją istnienia próżni. Jakkolwiek poszukiwania jego wydają się nam niedostatecznymi i niedość starannie prowadzonymi, mają one jednak tak dla fizyki, jak i dla techniki niezaprzeczoną wartość. Inni fizycy prowadzili dalej badania na polu tak szczęśliwie odkrytem przez Torricellego. Znajdująca się jednak w rurce barometrycznej nad słupem rtęci próżnia, nazywana jest na cześć tego badacza próżnią Torricellego.

Odkrycie Torricellego przypada na rok 1643. W roku następnym znaniem już było szerszym kołom przyrodników, a trzy lata później fizyk francuski Blaise Pascal poprowadził dalej badania w tym kierunku, wyniki których ogłosił drukiem w niewielkiej broszurze. Przez te kilka lat poświęconych doświadczeniom fizycznym Pascal zajmował się przeważnie zagadnieniami, odnoszącymi się do horror vacui, do próżni Torricellego i do ciśnienia powietrza. Przeprowadził doświadczenia Torricellego z innymi jeszcze płynami a głównie pragnął dowieść na drodze doświadczenia przypuszczalnej zależności wahań słupa rtęci od ciśnienia powietrza. Wyszedł z tego założenia, że w wyższych warstwach atmosfery ciśnienie powietrza musi być mniejsze, aniżeli na powierzchni ziemi. Jeżeli więc, jak utrzymuje Torricelli, wahanie wysokości w słupie rtęci wywołane jest przez ciśnienie powietrza, to przy wejściu na jakąś górę powinna się zmniejszać wysokość słupa rtęci. Doświadczenie wykazało świetnie słuszność wniosków

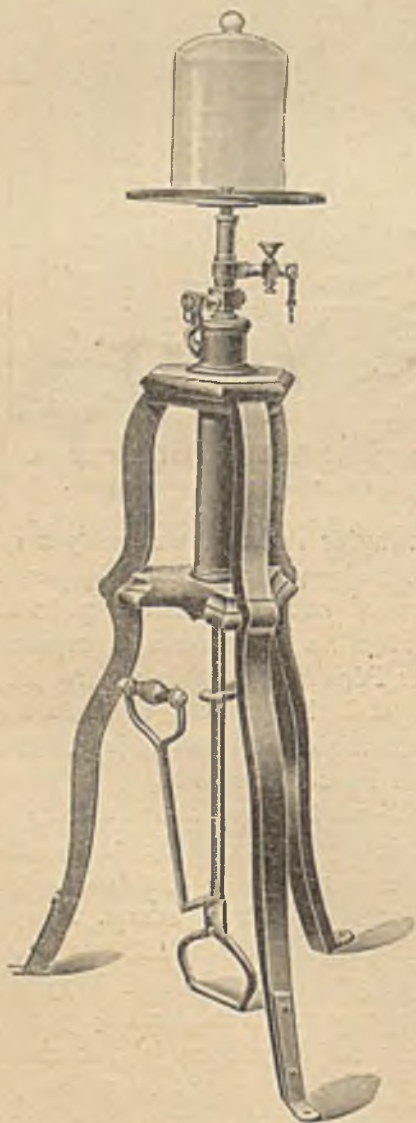


### Doświadczenia Guericke'ego nad ciśnieniem powietrza atmosferycznego.

Według Otona von Guericke'ego „Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio”, Amsterdam 1672.

Pascala. Dnia 19 września 1648 r. Perier, szwagier Pascala, wzięwszy z sobą barometr, poszedł na górę Puy de Dôme, mającą około 4300 stóp paryskich wysokości (niedaleko Clermont). W tym samym czasie u podnóża góry obserwował Pascal wysokość słupa rtęci na barometrze w zupełnie taki sam sposób urządzonym, jak barometr Périera. Okazało się, że przy wznoszeniu się na górę, rtęć w barometrze stale i wyraźnie obniżała się. Dla przekonania się czy przy mniejszych wysokościach następuje również opadanie poziomu rtęci w barometrze, wszedł Pascal, zachowując takie same jak poprzednio warunki doświadczenia, na wieżę Ś-go Jakóba w Paryżu, i tutaj mógł wyraźnie dostrzedz powtórzenie tego samego zjawiska. Doświadczenia te wykazały znakomicie i bezspornie zależność wysokości słupa rtęci od ciśnienia powietrza. Pascal nie zadowolnił się tem jeszcze. Powyższe doświadczenia połączył z innymi i na ich podstawie dowiódł, że gęstość powietrza zmniejsza się w miarę oddalenia od powierzchni ziemi. Wyjaśnił również dokładnie, dla czego woda przy pompowaniu za pomocą pompy ssącej wznosi się tylko do pewnej wysokości. Najważniejszą jednak obserwacją Pascala było wykazanie zależności wahań barometru od zmian pogody, t. j. że każda zmiana stanu pogody oddziaływała na wysokość barometryczną słupa rtęci. Wykazał następnie, że przy pomocy barometru

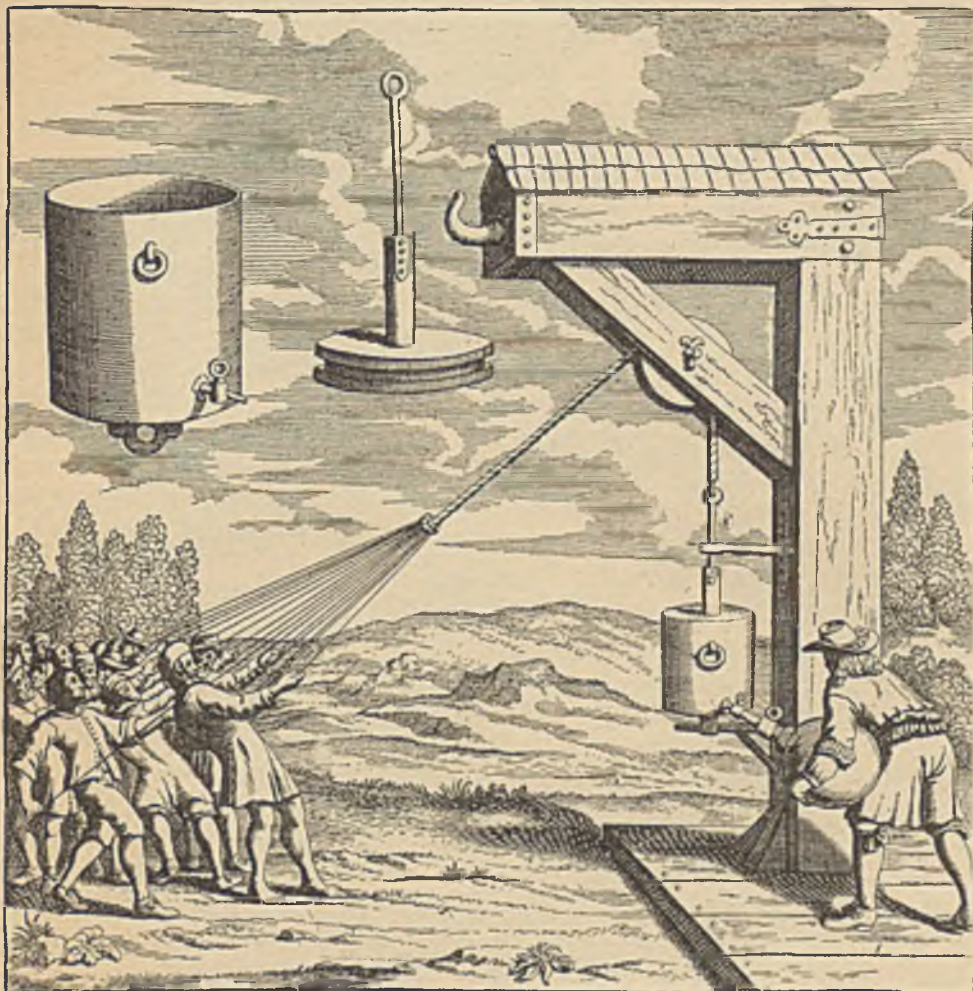
można określić wzniesienie się danej miejscowości nad powierzchnię ziemi. Jednym słowem, swemi pięknymi i klasycznie prowadzonymi doświadczeniami nad ciśnieniem powietrza i nad barometrem wykazał dokładnie główne sposoby ich zastosowania; później ostatecznie zakończył ze starym przesądem o horror vacui i stwierdził przypuszczenie Torricellego. Niezmiernie ważne wyniki, jakie ten badacz osiągnął w ciągu tylko sześciolatniej pracy i przy pomocy tak niedokładnych przyrządów, wzbudzają w nas istotnie najwyższy podziw. Niestety w 1653 roku uległ melancholji, co było niepowetowaną stratą dla nauki, gdyż tak znakomity umysł mógłby napewno przy dalszych badaniach dojść jeszcze do bardzo poważnych rezultatów swej pracy.



**Dawna pompa powietrzna.**

Według Papina, w muzeum narodowem w Norymberdze.

Doświadczenia, które tak szczęśliwie i obiecująco rozpoczęli dwaj badacze, Torricelli i Pascal, prawie jednocześnie podjęte były wprawdzie w odmienny sposób przez innego badacza i szczęśliwie doprowadzone do końca. Badacz ten jest istotnie jednym z najznakomitszych fizyków z drugiej połowy XVII stulecia, tego właśnie okresu, który wskutek ówczesnego położenia politycznego środkowej Europy, nie dawał warunków odpowiednich do pracy poważnej nad rozwojem nauk. Prawie we wszystkich krajach od czuwali ciężkie brzemie wojen religijnych, a tam, jak we Francji, gdzie tych wojen nie było, horyzont zasłaniały ponure chmury i emigracja rozwijała się w całej pełni. Nie było nigdzie gruntu podatnego do poważnych badań naukowych! W tych właśnie tak ciężkich czasach znalazł się jednak człowiek, który popierał tak usilnie wiedzę fizyczną, jak za wyjątkiem Galileusza, żaden z ówczesnych fizyków, człowiek, który w tych niespokojnych czasach sam ucierpiał osobiście bardzo wiele, a spędzając życie wśród ciągłych podróży, wywołanych obowiązkami jego urzędu, niewiele mógł poświęcać czasu na pracę naukową. Tym wydatnym fizykiem był Otton von Guericke, (urodzony 20 listopada 1602 roku w Magdeburgu, umarł 17 maja 1686 r. w Hamburgu).



### Doświadczenia Ottona von Guericke nad ciśnieniem powietrza atmosferycznego.

Według dzieła Ottona von Guericke'ego „*Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio*“, Amsterdam, 1672.

Podczas zdobywania Magdeburga przez Tillego dom Guericke'ego został zniszczony, a on sam jako nędzarz musiał udać się do obcych. Po powrocie do miasta rodzinnego wybrany został na burmistrza. Sprawując powyższy urząd, niewiele mógł przebywać w domu, gdyż często musiał wyjeżdżać z misjami dyplomatycznymi do Wiednia, Pragi, Osnabrück, Regensburga, Norymbergi i wielu innych miast. Wyniki więc jego pracy naukowej, zdobyte w tak nieznacznym stosunkowo przeciągu czasu, jaki mógł na to poświęcić, każą nam podziwiać zarówno jego energję, jak również wybitne zdolności naukowe.

Guericke'go można nazwać najśmielszym i najznakomitszym eksperymentatorem swojego wieku. Filozofją nie zajmował się wcale, a w dziele jego, w którym opisał swe doświadczenia, wzory matematyczne zajmują



Doświadczenia nad ciśnieniem powietrza atmosferycznego, wykonane przez Ottona von Guericke.

16 par koni nie może rozdzielić półkul magdeburgskich, z których wypompowano powietrze.

Według miedziorytu z dzieła: „Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio”, Amsterdam, 1672 r.



zaledwie kilka wierszy. Jedynie i wyłącznie doświadczenie stanowiło dla niego główną podstawę każdego dowodzenia; to też pod względem umiejętności i zręczności przeprowadzania doświadczeń, żaden z ówczesnych badaczy nie może się z nim porównać. Rozpoczynając swe prace nad ciśnieniem powietrza, nic nie wiedział o badaniach w tym kierunku, prowadzonych przez Galileusza i Torricellego. Dawną jednakże kwestję sporną o istnieniu próżni studjował z wielkiem zajęciem i z właściwym mu talentem eksperymentalnym rozstrzygnął za pomocą doświadczenia. W tym celu napełnił beczkę wodą, a połączywszy otwór, znajdujący się w górnym jej dnie, z sikawką mosiężną, chciał z beczki wydostać wszystką wodę. Przypuszczając, że woda wskutek jej ciężaru będzie dążyła za tłokiem, będzie mógł tym sposobem w beczce wytworzyć próżnię. Pomimo to że trzech ludzi pompowało nieustannie, wydostali zaledwie trochę wody. Ciągły szum, towarzyszący ciągle przy tej robocie, zwrócił uwagę Guericke'ego, który przekonał się, że przez szczeliny w beczce przedostaje się wewnątrz powietrze. Pomieścił tedy w dużej małą beczkę i napełniwszy obie wodą ponownie rozpoczął pompowanie, lecz i teraz bez żadnego skutku. Niepowodzenie przy tem doświadczeniu nie zniechęciło go jednak; rozpoczął je na nowo, lecz wykonał w inny sposób. Kazał przygotować kulę miedzianą, do której przystosował krótką rurę, zaopatrzoną kranem. Rurę przykręcił do sikawki, posiadającej także kran, który musiał być otwierany przy każdym powrotnym skoku tłoka pompy, tak, aby powietrze usuwane z kuli mogło przez kran wychodzić na zewnątrz. Guericke chciał więc za pomocą pompy usunąć powietrze z kuli i wytworzyć w niej próżnię. Doświadczenie powyższe udało się doskonale i na tej zasadzie zbudowana została pierwsza pompa pneumatyczna, która była jednak wadliwą pod tym względem, że jak tylko rozrzedzenie powietrza w kuli dochodziło do pewnego oznaczonego stopnia, wytwarzał się taki opór wskutek ciśnienia powietrza zewnętrznego, że trzech ludzi przy nadzwyczajnym wysiłku mogło zaledwie pracować przy tym przyrządzie. Wynalazca później około 1650 ulepszył znacznie budowę pompy: walec z tłokiem przymocował do trójnoga, który można było mocno przykręcić do podłogi a do poruszania tłoka zastosował odpowiednie dźwignie.

Nadto ponieważ kran w pierwotnej pompie nie zamykał się szczelnie, więc otoczył go wodą. Za pomocą pompy pneumatycznej Guericke wykonał bardzo wiele doświadczeń, których urządzenie naprzód było bardzo starannie obmyślane, wskutek czego dochodził zawsze do pomyslnych wyników. Wykazał, że powietrze wywiera bardzo znaczne ciśnienie. Doświadczenia jego w tym kierunku można uważać za klasyczne i dzisiaj nawet przy wykładach fizycznych o wielkości ciśnienia powietrza używane są też same przyrządy bez żadnej zmiany. Niektóre z nich godne są przypomnienia. Szklane naczynie o ściankach płaskich, rozprysło się na drobne kawałki, jak tylko wypompowano z niego powietrze. W naczyniu cylindrycznym o jednym dnie, umocowanym na stole, znajdował się tłok szczelnie dopasowany, naczynie



### Obciążanie zawieszonych półkul magdeburskich.

Według dzieła Otto von Guericke „Experimenta novi Magdeburgica de vacuo spatlo”, Amsterdam, 1672.

samo w dolnej części posiadało rurkę z kranem; tłok wisiał na grubej linie, przerzuconej przez blok (patrz rys. na str. 197), do końca której przywiązano 30—50 sznurów, ażeby za każdy sznurek mógł ciągnąć jeden człowiek. Naczynie to łączył Guericke z kulą, z której wypompowane zostało powietrze. 50 ludzi pociągając za sznury przesunęło tłok do górnego brzegu walca, jak tylko jednak wewnątrz naczynia przez otworek kranów połączone zostało z kulą, powietrze zewnętrzne wepchnęło tłok do walca tak silnie, że pomimo wysiłku 50 ludzi wyciągnąć tłoka do góry nie było w stanie. Najślawniejsze jednak ze wszystkich było doświadczenie z tak zwanymi półkulami magdeburskimi, wykonane 8 maja 1654 roku, podczas sejmu państwowego w Regensburgu. W obecności książąt, zebranych na sejm, Guericke przygotował dwie duże półkule miedziane, których

brzezi były wzajemnie do siebie dopasowane i uszczelnione za pomocą skórzanego pierścienia, napojonego woskiem z terpentyną, Z kuli utworzonej z obu półkul wypompował powietrze przy pomocy swej pompy pneumatycznej. Po wykonaniu tego zaprzężono 16 par silnych koni, które jednak związanych półkul rozdzielić nie mogły; jak tylko jednak wpuszczono do nich powietrze, półkule dały się rozłączyć z wielką łatwością. Dwóch półkul większych nieco od poprzednich nie mogło rozdzielić 24 pary koni. Tym doświadczeniem z nadzwyczajną jasnością i przekonywającą wyrazistością dowiódł Guericke, jak wielkie ciśnienie sprawia powietrze. Można jednak wątpić, czy w tym małym oświeconym wieku zrozumiano go dostatecznie. W każdym razie książe moguncki i biskup würcburski zainteresowali się temi doświadczeniami i ten ostatni odkupił od wynalazcy różne przyrządy, między którymi były i półkule magdeburskie, aby w uniwersytecie würcburskim powtórzyć doświadczenia te. W tym czasie w uniwersytecie tamecznym znajdował się Kacper Schott, matematyk i fizyk, który pierwszy nawet opisał urządzenie pompy pneumatycznej i dzwonu nurkowego. Położył także zasługi około wydania dzieł Guericke'a, które ukazały się w 1672 r.

Guericke oprócz ciśnienia powietrza wskazał także na drugą własność powietrza, mianowicie na jego prężność. Przy pomocy pompy pneumatycznej, ustawionej na piętrze jego domu i związanej rurą z kulą miedzianą, znajdującą się w ogrodzie, wypompował z tej ostatniej powietrze; wykazał tym sposobem, że działalność pompy zależną jest od prężności powietrza, nie zaś od jego ciężaru. Guericke jeszcze wyraźniej dowiódł powyższej własności, pomieszczając w obu półkulach magdeburskich pęcherz zwierzęcy napełniony powietrzem. Jak tylko w półkulach otrzymano próżnię, powietrze znajdujące się w pęcherzu tak silnie zaczęło powiększać swą objętość, że nastąpiło pęknięcie pęcherza. Własność prężności powietrza doprowadziła go do wniosku, że dolne warstwy atmosfery mają powietrze gęstsze niż górne. Dla przekonania się o tem, udał się na wierzchołek góry, zabrawszy kulę szklaną, zawierającą w sobie powietrze, jakie było u podnóża góry; otworzywszy kran, zauważył, że z kuli wydobywa się z szumem powietrze. Następnie zamknąwszy w kuli powietrze, jakie znalazł na wierzchołku góry, zeszedł z niem w dół, a otworzywszy znowu kran, dostrzegł, że teraz do wnętrza kuli wciska się powietrze. Dla oznaczenia gęstości powietrza urządził pierwszy gęstościomierz (manometr). Przyrząd jego składał się z miedzianej kuli, z której zostało wyssane powietrze. Taką kulę zawieszal na jednym końcu ramienia wagi i równoważył ją przez odpowiedni ciężar, zawieszony na końcu drugiego ramienia tejże wagi. Ponieważ kula traci ze swego ciężaru tyle, ile waży wypchnięte powietrze tej samej, co kula objętości, to przenosząc przyrząd powyższy w różne miejsca, możemy określić dokładnie czy powietrze w tych miejscach jest gęstsze lub rzadsze od pierwotnego. Guericke za pomocą tego przyrządu oznaczył wagę absolutną powietrza, mianowicie: zważył kulę w próżni, a następnie w powietrzu, znaleziona różnica wskazywała wagę samego powietrza tej

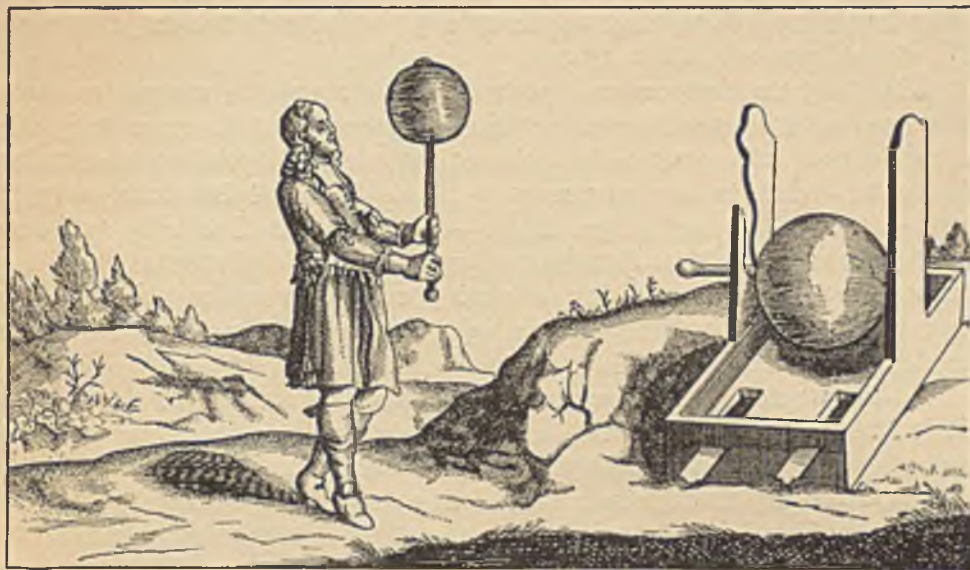
samej co kula objętości. Zastrzegł się jednak, że otrzymana waga ma znaczenie przy danej gęstości powietrza, w innym miejscu będzie naturalnie waga inna. Na mocy doświadczenia udowodnił, że dźwięk rozchodzi się za pośrednictwem powietrza: wstawił do swej kuli dzwonek poruszany przez przyrząd zegarowy; w miarę tego, jak powietrze było w kuli coraz więcej rzadsze, dźwięk dzwonka stawał się coraz słabszym, a gdy rozrzedzenie doszło do najwyższego stopnia głos nie dochodził zupełnie, pomimo to że dzwonek był w ciągłym ruchu. Przekonał się również, że palenie może się odbywać tylko w obecności powietrza: w kuli szklanej zapalona świeca zgasła zaraz, jak tylko powietrze z niej usunięte zostało. Wszystkie te doświadczenia, za pomocą których Guericke w sposób prosty i jasny zbadał własności powietrza, każą nam podziwiać istotny jego talent demonstracyjny.

Oprócz pompy pneumatycznej Guericke skonstruował jeszcze trzy bardzo ważne przyrządy: barometr, termometr i maszynę do wzbudzania elektryczności przez tarcie. Obok Torricellego i Pascala, jako wynalazców barometru powinniśmy z całą słusnością postawić Guericke'ego, który samodzielnie obmyślił przyrząd do oznaczania gęstości powietrza. Bo jakkolwiek przed nim jeszcze Torricelli urządził barometr, a Pascal ze swym znowu barometrem wykonywał rozliczne pomiary, to Guericke nic o tych przyrządach nie wiedział; a nadto zbudował swój barometr nie w tym celu, ażeby mógł służyć w doświadczeniach nad wynalezieniem próżni, lecz głównie dla oznaczenia ciężaru powietrza. Pierwsze zadanie, jakie sobie zakreślił miało obejmować wymierzenie wysokości słupa wody, podtrzymywanego przez ciśnienie powietrza atmosferycznego. Barometr, jaki do tego celu zbudował Guericke, był przyrządem dużym i niedogodnym w użyciu. Poprowadził pionowo wzdłuż ściany swego domu aż do górnego piętra rurę mosiężną, zamykaną na dole kranem i zanurzoną dolnym końcem w naczyniu, napełnionem wodą. Na górnym końcu rury umocował szklane naczynie cylindryczne, zamykane także u dołu szczelnym kranem, z którego przy pomocy pompy pneumatycznej wyciągnął powietrze. Po napełnieniu całej rury wodą i otworzeniu obu kranów, słup wody utrzymywał się na wysokości 18 — 20 łokci, tak że poziom wody znajdował się w naczyniu szklanym ściśle wprost okna, z którego można było obserwować położenie słupa wody. Obok naczynia szklanego postawił podziałkę, a wewnątrz umieścił drewniany manekin, którego palce rozpostarte służyły jako wskaźniki do wyznaczania wysokości wody w barometrze. Spostrzeżenia wykazały, że wysokość słupa wody nie jest stałą, lecz waha się w pewnych granicach i wahania te, jak słusznie zauważył Guericke, zależą od zmian w prężności powietrza. Zauważył również, że ze zmianą ciśnienia powietrza związana jest zmiana pogody i spostrzeżenia, prowadzone w tym kierunku pozwoliły mu na zasadzie spadania lub podnoszenia wody w jego barometrze oznaczać naprzód stan pogody; wskutek dostrzeżonego nagłego spadku barometru przepowiedział nawet burzę, która rzeczywiście w kilka godzin później

nadeszła dnia 9 grudnia 1660 r. Drewniany manekin, umieszczony w swym manometrze nazywał „semper vivum“, a czasami także „perpetuum mobile“ i na podstawie wahań, wykonywanych przez niego obliczał wielkość ciśnienia atmosfery. Usłyszawszy w 1658 r. pierwszy raz o próbach Périera, chciał powtórzyć podobne doświadczenie na górze Brocken. Wczasie drogi jednakże potłukły mu się przyrządy i nie dokonawszy swego zamiaru musiał powrócić do domu.

Meteorologija oprócz barometru zawdzięcza Guerickemu urządzenie termometru. Pierwszy, jaki on urządził, był termometrem powietrznym. Podobno Galileusz posiadał przyrząd w rodzaju termometru, lecz ten z powodu pewnych niedokładności nie mógł być używany do celów naukowych. Guericke pierwszy zwrócił uwagę przy konstrukcji termometru na to, że termometr będzie dogodny do robienia spostrzeżeń i może być używany do badań porównawczych, jeżeli podziałka termometryczna będzie się zaczynała od pewnego stałego i nieulegającego zmianom punktu. Gdy taki punkt znajdziemy, wtedy dopiero wskazania termometrów z najróżnorodniejszych miejsc mogą być porównywane między sobą. Guericke więc pierwszy wskazał i wypowiedział ten ważny szczegół, dzisiaj tak dobrze nam znany. Jego termometr powietrzny składał się z kuli miedzianej, zawierającej wewnątrz powietrze, do której u spodu była przymocowana rurka, zgięta w postaci litery U i do połowy wypełniona spirytusem. W tej części rurki, która była otwarta, znajdował się mosiężny pływak, przywiązana do niego nitka była przerzucona przez mały bloczek i na swym końcu miała przyczepioną małą figurkę. Figurka ta była rodzajem wskazówki przy podziałce. Cały ten przyrząd, podobnie jak termometr, zawieszony był na zewnętrznej ścianie jego domu. Kula była pomalowana i miała napis dużemi literami: „perpetuum mobile“. Ażeby dla swego termometru znaleźć punkt stały, czyli zero podziałki, Guericke zrobił co następuje: za pomocą dowcipnego urządzenia ustawił figurkę tak, że jak tylko nastąpiły nocne przymrozki, ona wtedy zajmowała środkową część podziałki, gdzie był napis: „aer temperatus“. Ten punkt oznaczony przez niego na podziałce cyfrą 0 był wybrany dowolnie i nie był stały, należało więc poprawić go pod tym względem, jeżeli chcemy, ażeby przyrząd powyższy mógł być odpowiednim przy pomiarach temperatury. Niedokładność wykonania zamierzonego projektu nie zmniejsza jednak zasługi Guericke'ego, który pierwszy wskazał na konieczność wyznaczenia w termometrze stałego i niezależnego punktu początkowego.

Zjawiskami magnetycznemi, któremi w owym czasie tak żywo się interesowano, Guericke nie zajmował się wcale, jednak zupełnie naturalnie, że nie były one obce dla tego uniwersalnego umysłu i poczynił nawet pewne spostrzeżenia nad własnościami magnesu. Natomiast większe znaczenie mają jego prace w zakresie elektryczności, tej gałęzi fizyki, która w owym czasie była jeszcze mało znaną. Zwróciły jego uwagę prace Gilberta, fizyka angielskiego i aby doświadczenia wykonać dogodniej i w szerszych



### Doświadczenia Guericke'ego nad odpychaniem elektrycznym.

Według dzieła Ottona von Guericke „Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio“, Amsterdam, 1672.

granicach, zbudował przyrząd, przy pomocy którego mógł łatwiej niż Gilbert i w większych ilościach wzbudzać zjawiska elektryczności. Wynalazł jednym słowem maszynę elektryczną. Maszynę tę, która mu posłużyła do wykonania znacznej ilości doświadczeń, opisuje w sposób następujący: „Jeżeli kto ma ochotę, niech weźmie kulę szklaną, tak nazywaną „phiola“, wielkości głowy dziecka, następnie niech w nią nasypie odpowiednią ilość siarki utłuczonej w moździerzu, wystawi ją na działanie ognia dopóki nie stopi się zupełnie, gdy się to uskutechni, należy dostatecznie ostudzić, następnie stłuc zewnętrzną szklaną okrywą a otrzyma się kulę siarkową, którą trzeba przechowywać w miejscu suchem“. Kulę powyższą wstawił na pręt żelazny i za pomocą tak pierwotnego przyrządu zaczął wykonywać różne doświadczenia, które naukę o elektryczności posunęły naprzód. Dostrzegł najpierw odpychanie elektryczne, zauważył bowiem, że drobne przedmioty, jak kawałeczki złota, srebra, papieru, ziarenka groszku i t. p. nie tylko były przyciągane przez kulę naelektryzowaną wskutek nacierania, ale po pewnym czasie były przez nią odpychane. Zwrócił także uwagę na zachowanie się piórek puchu, które gdy kula siarkowa odpychała, były przyciągane przez inne ciała. Określił więc jakkolwiek w formie bardzo pierwotnej zasadę elektrycznego przyciągania i odpychania a także pierwszy dostrzegł zjawisko iskry elektrycznej i przewodnictwa elektryczności. Przy pomocy pomiarów określił, że nitka lniana przenosi na długość jednego łokcia siłę elektryczną, czyli jak on ją nazywał „siłę ekspulsywną“; podczas nacierania kuli siarkowej, gdy przyłożył do niej ucho, słyszał charakterystyczny trzask, a w ciemności dostrzegł pierwsze

słabe iskry, o których wyraził się, że świecą podobnie do iskier, jakie otrzymują się podczas rąbania cukru.

Zdaje się, że zbyt rzadko byłoby zwracać specjalną uwagę na liczne zastosowania barometru i termometru, zastosowanie ich bowiem tak w życiu codziennym jak i przy badaniach naukowych jest ogólnie znane; należy jednakowoż dodać, że te dwa przyrządy, jakie wynalazł Guericke, dały początek do rozwoju nowej gałęzi fizyki — meteorologii. Z chwilą zaś urządzenia pierwszej maszyny elektrycznej rozpoczyna się obszerna praca fizyków w zakresie elektryczności, a ogólny rozwój w wieku obecnym tej gałęzi wiedzy, który wzbudza w nas najwyższy podziw, musimy zapisać na korzyść zasług Ottona von Guericke.

Wobec wrażenia, jakie wywarły na wszystkich uczonych ówczesnych doświadczenia Guericke'go, należało się spodziewać, że badania nad prężnością powietrza i elektrycznością będą w dalszym ciągu przez nich prowadzone; i tak się rzeczywiście stało. Z pośród tych uczonych odznaczył się wybitnie filozof angielski Robert Boyle (1627 — 91), który, jak tylko zapoznał się z pracami Guerickego, opisanymi przez Kacpra Schotta, zaczął je zaraz badać gruntownie. Najpierw ulepszył pompę pneumatyczną i na podstawie nowych doświadczeń rozszerzył krąg naszych wiadomości o własnościach powietrza. Oznaczył dokładnie punkt wrzenia różnych płynów w zależności od ciśnienia powietrza i dostrzegł, że im mniejsza jest prężność powietrza, tem temperatura wrzenia jest wyższą. Zależność między prężnością powietrza i temperaturą wrzenia płynów była przedmiotem jego pracy naukowej, wyczerpująco przeprowadzonej. Wyjaśnił, że działanie syfonu polega tylko na ciśnieniu powietrza, gdy tego nie ma, czyli w próżni, syfon przestaje działać. Najważniejszym wynikiem jego badań jest stwierdzenie zależności jaka istnieje między ciśnieniem powietrza a jego objętością. Zależność ta pierwszy raz zauważona przez Boyle'a i jego ucznia, Ryszarda Townley'a była później wystudjowana gruntownie przez Mariotte'a i Gay-Lussac'a i stanowi podstawę do obliczeń naukowych i technicznych, szczególnie w zastosowaniu do prężności pary. Jakkolwiek Boyle prowadził także badania nad elektrycznością, lecz wybitniejszych wyników w tym kierunku nie otrzymał. Ważniejsze są prace jego, wyjaśniające zjawisko zamarzania. Wykazuje najpierw, że woda zawiera w sobie powietrze, następnie, że ciężar właściwy wody zamarzniętej czyli lodu jest mniejszy od ciężaru właściwego wody, będącej w stanie płynnym i temu właśnie przypisać należy, że lód w wodzie pływa. Na podstawie doświadczenia dowiódł także, że woda przy zamarzaniu powiększa swą objętość: napełnił wodą rurę, której oba końce mógł zupełnie szczelnie zamknąć; gdy woda zamarzła, powiększyła tak swą objętość, że rura żelazna pękła. Obserwował także zjawisko parowania lodu i wody, a nadto ułożył tablicę tych cieczy, których wtedy nie można było doprowadzić do stanu stałego. Jemu wreszcie zawdzięczamy znajomość różnych mieszanin oziębiających; wogóle Boyle'a musimy uważać jako pierwszego fizyka, który badał, jak zachowują się różne ciała przy niskich temperaturach.

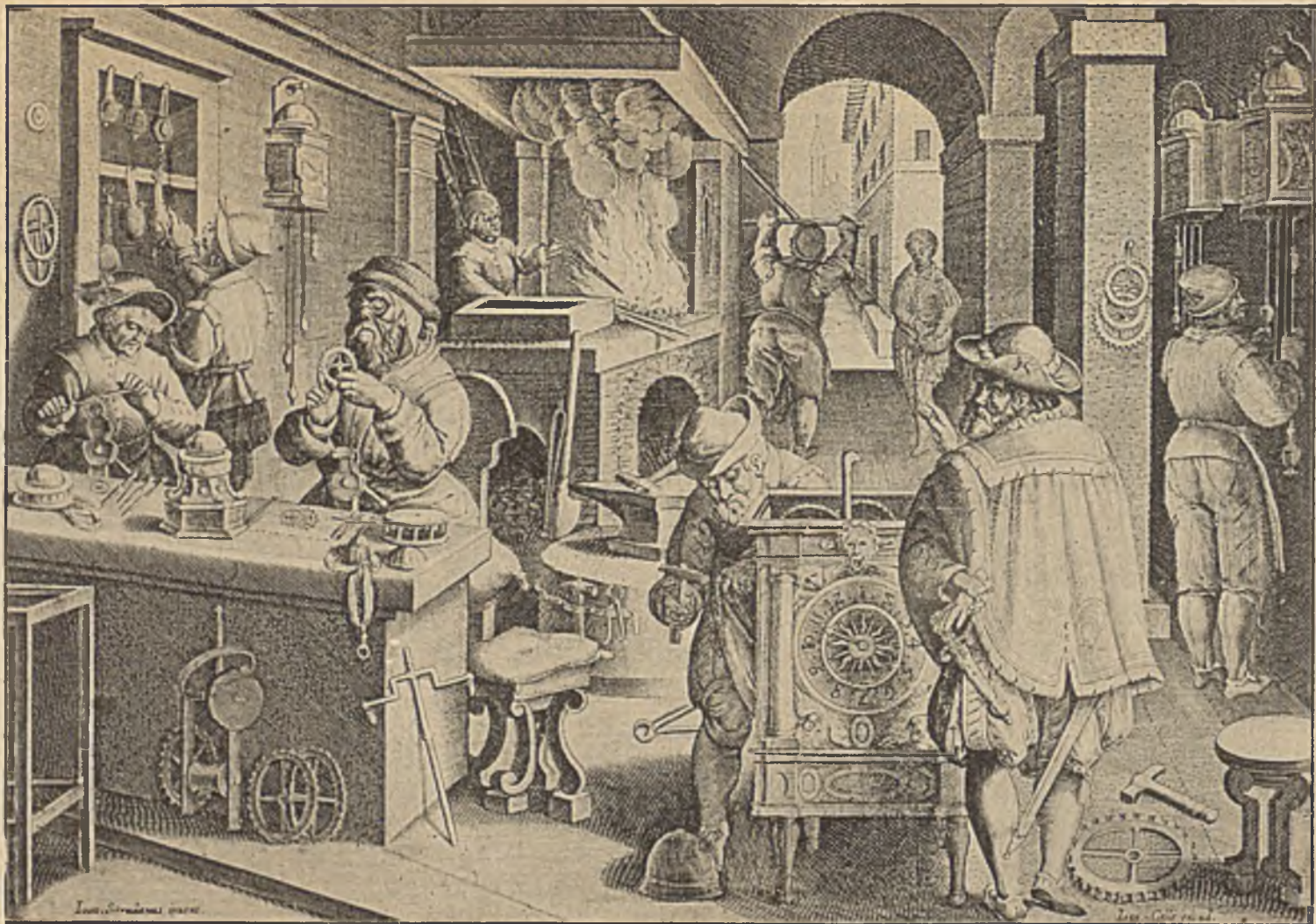
Fizycy ówczesni nie mało położyli zasług dla nauki tem, że umieli wzbudzić we władzcach krajów zamięłowanie do wiedzy naukowej. Obok pomocy materialnej, której panujący udzielali wielu badaczom i obok zakładania uniwersytetów, żywe zajęcie, jakie okazywali dla wiedzy wyrażało przez zawiązywanie towarzystw naukowych i akademij. Widzimy jak w wieku XVII powstaje znaczna ilość instytucyj tego rodzaju, które już to przez wzajemne stosunki uczonych, już to przez ogłaszanie rozpraw i sprawozdań z posiedzeń, już to wreszcie przez udzielanie zadań do nagrody wywierały zbawienny wpływ na ogólny rozwój nauk a szczególnie działu fizycznego. Warunki polityczne, które przy końcu XVII stulecia ułożyły się pokojowo, bardzo dodatnio oddziaływały na coraz liczniejsze powstawanie instytucyj naukowych. Z pośród takich towarzystw, które powstały w tym czasie, najwydatniejsze miejsce zajmuje Francuska Akademia Nauk, założona przez Ludwika XIV w 1666 roku. Akademia ta wykonała szereg znakomitych prac; za jej inicjatywą wykonane zostały pomiary naukowe stopnia południka, ona utworzyła naturalną jednostkę miary długości—metr i pochodną od niego jednostkę wagi—kilogram. Przez ustanowienie tej jednostki, akademja francuska zyskała wieczną pamięć u wszystkich narodów, a przez ciągłe ulepszanie przyrządów i narzędzi potrzebnych do naukowego i ścisłego wykonywania pomiarów wywarła znaczny wpływ na rozwój fizyki, a szczególniej mechaniki precyzyjnej i optyki. Prawie w tym samym czasie, mianowicie w 1657 r. we Włoszech, Ferdynand II, wielki książę Toskański założył akademję, którą nazwał *Accademia del cimento*; głównem jej zadaniem był rozwój wiedzy fizycznej i w tym kierunku położyła znaczne zasługi; w ogłoszonych w 1667 r. rozprawach traktowane są przeważnie różne zagadnienia z fizyki. Pomiedzy innymi znajdujemy tam opis urządzenia hygrometru, przyrządu służącego do mierzenia wilgotności powietrza. Wynalazcą tego przyrządu był wielki książę Toskański Ferdynand II. W rozprawach tych poruszono pierwszy raz sprawę oznaczenia punktu zero na podziałce termometru. Uczeni tej akademji zwrócili uwagę swoją na to nadzwyczaj ważne zjawisko, że termometr wstawiony w lód topniejący utrzymuje się stale na jednym i tem samym poziomie, czyli że temperatura lodu topniejącego jest stała przez cały przeciąg czasu dopóki ostatni kawałek lodu nie zamieni się w wodę. Pierwiastkowo z powyższego zjawiska nie wyprowadzono żadnych wniosków praktycznych, później dopiero użytkowano je, oznaczając na podziałce termometru punktem 0 temperaturę lodu topniejącego. W następstwie powstawały w różnych miejscach ogniska naukowe, akademje, w których naczelnie miejsce dla studjów zajmowały nauki przyrodnicze. Z pośród nich wybitne stanowisko zajmuje „*Royal Society*“ (Towarzystwo Królewskie) założone za panowania Karola II, króla angielskiego, której dekretem z d. 18 paźdź. 1662 r. poruczono badanie i sprawdzanie każdego z wynalazków w dziedzinie fizyki i chemji. Wskutek zawiązania stosunków i wymiany wzajemnej pism pomiędzy akademjami innych krajów i Towarzystwem Królewskim, owianem duchem



wolnomyślnym, nastąpił i na lądzie stałym rozwój badania niezależnego, zrzucającego z siebie dawne okowy scholastyczne, który też wkrótce wydał wspaniałe owoce.

W Anglii przez założenie Royal Society obudziło się życie naukowe i zaczęło płynąć wartkim strumieniem. Do najwybitniejszych członków korespondentów tej instytucji należy zaliczyć Chrystjana Huyghensa, fizyka holenderskiego (1629 — 95). Ten ulepszył istotnie teleskop i przy pomocy tego wydoskonalonego przyrządu udało mu się odkryć jeden z księżyców Saturna. Nierównie jednak większe zasługi położył przez ulepszenie zegarów, a ponieważ zegar przedstawia w sobie nie tylko ważne narzędzie fizyczne, lecz jest zarazem przyrządem opartym na znajomości zasad fizyki i umiejętnem ich zastosowaniu, a zarazem dla ludzkości stanowi przedmiot wysokiego znaczenia, to nas niejako obowiązuje do streszczenia tutaj historii jego rozwoju (tom III str. 78 i 153).

Już poprzednio mieliśmy sposobność parę razy wspominać o metodach mierzenia czasu, wskazywaliśmy więc na pewne pojedyncze punkty w dziejach rozwoju zegarów. Przypomnieć więc należy zegary fenicjan i babilończyków tak gnomony jak i zegary wodne, wreszcie zegar, który Harunal-Raszid wysłał Karolowi Wielkiemu i t. p. Bardzo długo mimo swej niedokładności, były w użyciu zegary wodne i jeszcze w wieku XVII wykształceni w tym kierunku rzemieślnicy ciągle je wyrabiali. Zegary piaskowe, znane jeszcze przed narodzeniem Chrystusa używane były w XVII przy dostrzeżeniach astronomicznych. Kiedy papież Sylwester II wynalazł zegary kółkowe, to te rozpowszechniły się bardzo prędko i wyrugowały wszelkie inne. Wskazywały one 24 godzin od 1 do 24. W 1232 r. sułtan Saladyn taki zegar kółkowy przysłał cesarzowi niemieckiemu Fryderykowi II. Dante (1265—1321) wspomina o podobnym zegarze w swej Boskiej Komedji, w 10 pieśni „Raju“; wkrótce potem zaczęto umieszczać na wieżach miejskich zegary kółkowe, wydzwanające godziny. Jednym ze znakomitszych zegarmistrzów był Henryk von Wyk, jego to Karol V wezwał w 1364 r. do Paryża, aby tam na budynku parlamentu założył zegar kółkowy z przyrządem do wydzwaniania godzin. Zegary kółkowe jednak do obserwacji astronomicznych wskutek swej niedokładności używane być nie mogły i Tycho de Brache, który chciał je stosować przy swych badaniach, narzekał na ich niedokładność i musiał powrócić do zegarów piaskowych. W XV wieku wynaleziono zegarki kieszonkowe. Pierwszy taki przyrząd obmyślił i wykonał w 1510 r. Piotr Henlein, ślusarz norymberski; z powodu kształtu tych zegarków nazywano je „jajkami norymberskimi“ i pod tą nazwą były powszechnie znane. Mechanizm zegarków kieszonkowych poruszany był za pomocą zwiniętej sprężyny; w zegarach wieżowych — za pomocą ciężaru. Dla ujednostajnienia ruchu w zegarkach kieszonkowych wprowadzano do nich później drgającą sprężynę spiralną, którą miał wynaleźć Hooke, fizyk angielski. Wiadomość ta jednak jest niedokładna, gdyż znacznie wcześniej bo 1674 r. Huyghens wprowadził taką sprężynę do zegarka, wykonanego



**Pracownia zegarmistrzowska w XVI stuleciu.**

Według rysunku Jana Stradanusa, wrytowanego przez J. Gallego.

przez zegarmistrza paryskiego Turet'a. Ówczesne pierwotne zegary wagowe jak również i sprężynowe miały ruch bardzo nierówny; im więcej waga w zegarach kółkowych spuszczała się na dół, tem bieg ich stawał się więcej przyśpieszonym, podczas gdy w zegarach sprężynowych ruch stawał się wolniejszym wskutek zmniejszenia napięcia sprężyny przez większe jej odkręcanie. Wszystkie więc te zegary wymagały codziennego i dokładnego sprawdzania, a zegar, który Tycho de Brahe kazał przygotować ze szczególną starannością, posiadał olbrzymie koło zębate, mające 1200 zębów i 3 stopy średnicy, musiał być co kwadrans sprawdzany i regulowany. Tę niejednostajność ruchu zegarów zauważył już Galileusz w 1636 r. i chciał do mierzenia dokładnego czasu zastosować wahadła. W liście swym z d. 5 czerwca 1636 r. do Laurenego Reaal'a, gubernatora Indji niderlandzkich wypowiada myśl, ażeby do mierzenia czasu zastosować wahadło połączone z przyrządem do liczenia wahań; w roku 1641 jednak przekształca bardzo szczęśliwie swój pierwotny zamiar w ten sposób, że do poruszania zegaru kółkowego używa dotychczasowego ciężaru a dla ujednostajnienia jego ruchu wprowadza wahadło. Niestety, myśli tej w czyn nie wprowadził, gdyż Galileusz zupełnie już wtedy ociemniały, nie mógł dopilnować wykonania swego projektu; syn zaś jego Wincenty, który chciał myśl ojca pod jego kierunkiem urzeczywistnić, wkrótce umarł na febrę. Myśl tę zupełnie samodzielnie i niezależnie zastosował Huyghens, samodzielnie, gdyż o pierwotnym projekcie Galileusza nic nie wiedział. Do tego zaś czasu, ażeby ruch zegara chociaż do pewnego stopnia ujednostajnić, używano tak nazywanego regulatora. Regulator taki składał się z pręta poziomego, zawieszzonego na nitce w środku; na obu końcach pręta umieszczone były jednakowe ciężary; przyrząd taki wykonywał ruchy wahadłowe. Huyghens odrzucił powyższy przyrząd a zastosował proste wahadło, które swemi jednostajnymi ruchami wpływało bezpośrednio na regularny bieg zegaru. 16 czerwca 1657 r. otrzymał od Stanów Generalnych patent na zegary wahadłowe, a w roku następnym wydał krótką rozprawę, poświęconą stanom generalnym, w której opisuje urządzenie zegara wahadłowego, zatytułowaną „Horologium“. Dokładniejszą pracę w tym przedmiocie wydał w Paryżu w 1673 r. Ponieważ wahadła nie można było zastosować do zegarów kieszonkowych, więc dla ujednostajnienia w nich ruchu należało przyjąć inne jakieś urządzenie; Huyghens zaprowadził i tutaj przyrząd, który do dnia dzisiejszego jest podstawą, na której opiera się regulowanie ruchu zegarków kieszonkowych. W rozprawie, pomieszczonej d. 25 lutego 1675 r. w „Journal des Savants“ zaleca do regulowania ruchu zegarków zastosowanie sprężyn spiralnych; w poprzednim zaś roku, jak o tem niedawno wspominaliśmy, polecił zegarmistrzowi paryzkiemu, Turet przygotowanie zegarka z taką właśnie sprężyną, który oprócz sprężyny, służącej jako popęd do całego urządzenia zegarkowego, posiadał jeszcze drugą, delikatniejszą, będącą właśnie jego regulatorem. Ta druga, drgająca sprężyna, stanowi część główną wynalazku Huyghensa. Znajduje się ona dzisiaj we wszystkich zegarkach w postaci

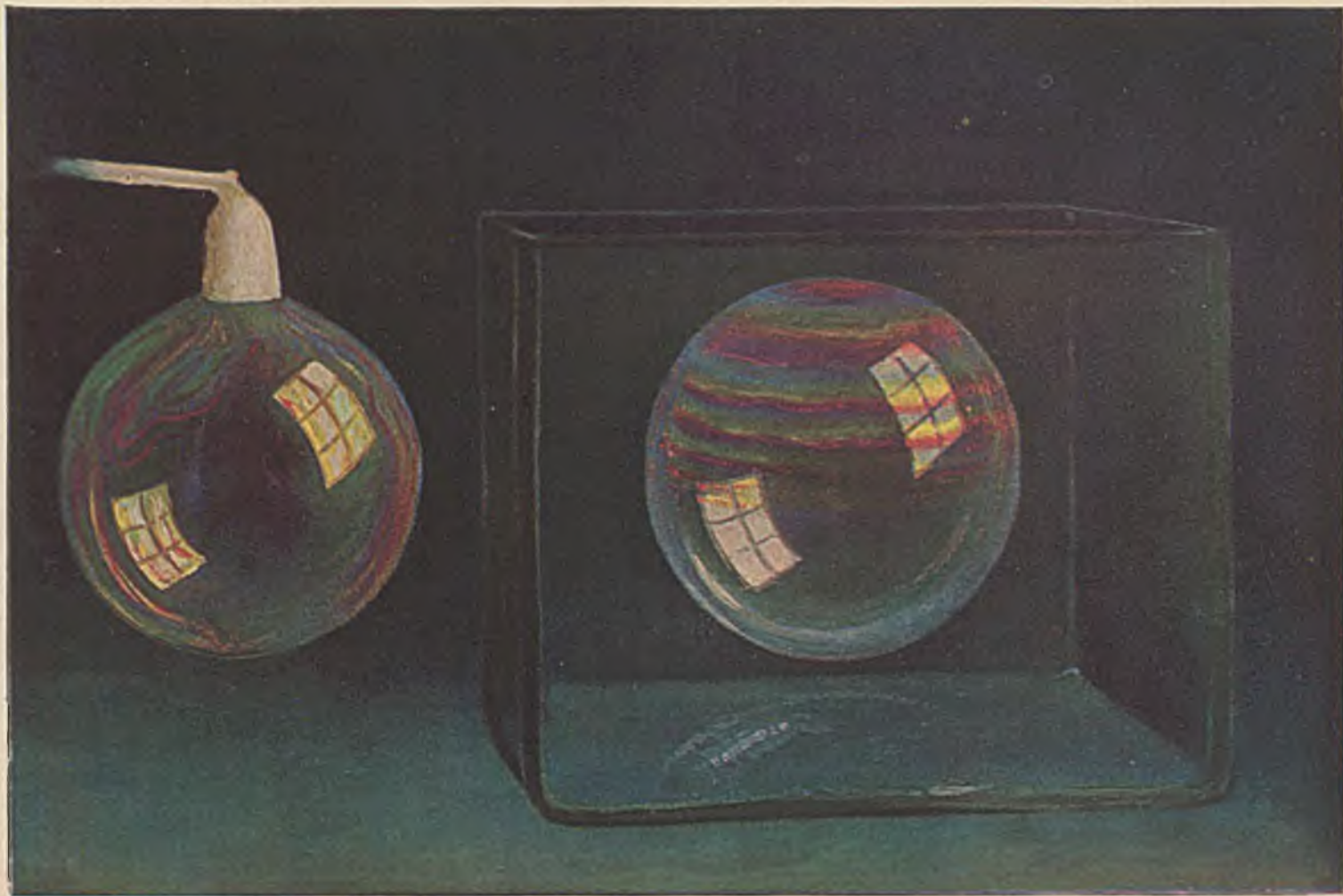
bardzo delikatnej sprężyny spiralnej, drgającej, połączonej z kółkiem zamachowem, która je wprowadza w odpowiednie drgania, wyrównywając ruch nadawany przez sprężynę główną. Przez wspólne działanie obu sprężyn kółko zamachowe otrzymuje ruch wahadłowy, który ujednostajnia ruch zegarków kieszonkowych w taki sam sposób jak to czyni wahadło w zegarach wieżowych i wahadłowych. Huyghens przyjmował czynny udział w ulepszaniu zegarków kieszonkowych, największą jednak jego zasługą w tym kierunku jest to, że wskazał, iż przy pomocy tych łatwo przenośnych zegarków można określać na morzu długości geograficzne, i w rzeczy samej wniosek Huyghensa znalazł wkrótce zastosowanie, a wskazany przez niego sposób do oznaczania długości geograficznej utrzymał swe znaczenie do dnia dzisiejszego. Z biegiem czasu zegary rozpowszechniały się coraz więcej, a jednocześnie coraz dokładniej rozpoznawano ich właściwości. Zauważono wkrótce, że tak już wydoskonalone zegary wahadłowe nie posiadają pożądanej dokładności biegu, ponieważ wahadła ich rozszerzają się od ciepła a kurczą od zimna i wskutek tego czas ich wahanja nie jest dokładnie jednostajny. Dla usunięcia tej niedokładności fizyk angielski Jerzy Graham (1675 — 1751) zastosował w 1715 r. na pręty wahadłowe drzewo, ponieważ wpływ temperatury daleko jest mniejszy na drzewo niż na metale. Pręty drewniane okazały się jednak również niedogodne, gdyż łamały się prędko i wyginały, wskutek czego Graham wykonał wahadło metaliczne złożone w ten sposób, że wydłużanie prętów jednego metalu na dół pochodzące od wpływu temperatury było zrównoważone przez wydłużenie drugiego metalu do góry, czyli wykonał wahadło zrównoważone. Wynalazek ten nie był jednak zaraz zastosowany, dopiero po wydoskonaleniu go w latach 1725 — 1737 został przez Johna Harrisona wprowadzony w tak doskonałej formie, że parlament angielski, który w 1740 roku wyznaczył 20 000 funtów szterlingów nagrody za dostarczenie dokładnego zegaru dla okrętów, przyznał mu w 1765 r. połowę powyższej sumy za przygotowanie z dwóch metalów zrównoważonej sprężyny spiralnej, drgającej do zegarów okrętowych, drugą zaś połowę tej sumy przeznaczył Eulerowi i Mayerowi, którzy pomagali Harrisonowi przy jego obliczeniach. Przez powyższe wynalazki zostały przeprowadzone najistotniejsze ulepszenia w zegarach, tak, że dla czasów późniejszych pozostało jedynie uzupełnianie w szczegółach, ażeby czasomierze doprowadzić do tej doskonałości, w jakiej przedstawiają się nam obecnie zegary astronomiczne i chronometry okrętowe.

Zastosowanie wahadła do mechanizmu zegarowego, wykonane przez tak znakomitego matematyka i fizyka, jak Huyghens, nie zostało wprowadzone sposobem czysto mechanicznym, lecz na podstawie prawa o ruchu wahadłowym w połączeniu z doświadczeniami nad spadkiem ciał. Na podstawie tych badań wyliczył wartość przyspieszenia, które otrzymują ciała spadające wskutek działania siły ciężkości. Przyspieszenie to, które w fizyce ma tak liczne zastosowanie i służy jako podstawa do różnych obliczeń, oznaczone zwykle przez  $g$ , określił na 31 stóp. Huyghens był pierwszy,

który wystąpił z przedłożeniem wprowadzenia miary normalnej, to jest takiej jednostki miary, któraby pozostała wiecznie trwałą i nie ulegającą zmianom i którą można byłoby nanowo odtworzyć, jeżeliby przez jaki wypadek mogła uleść zatracie. Miał na myśli długość wahadła sekundowego. Dzisiaj doskonale wiemy, o czym nie miał wtedy pojęcia Huyghens, że długość wahadła sekundowego nie jest stała, a zmienia się dla każdego miejsca na ziemi, mającego różną szerokość geograficzną. Nieświadomość ta jednak nie powinna zmniejszać zasługi Huyghensa, wskazującego podstawę i zasadę utworzenia normalnej jednostki miary, której wielkość powinna być wiecznie stałą i niezmienną.

Częstokroć błędne przypuszczenia prowadzą do wielkich odkryć, jak to potwierdza tym razem propozycja Huyghensa. Postanowiono na podstawie poszukiwań astronomicznych utworzyć normalną jednostkę miary i w tym celu posłano w 1671 r. Jana Richer'a, fizyka francuskiego do Kajenny. Ten po przybyciu na miejsce zauważył, że przywieziony z Paryża, dokładnie wyregulowany zegar wahadłowy, spóźniał się tam o 2 minuty na dobę, tak że zmuszony był odpowiednio skrócić jego wahadło. Po powrocie do Paryża spostrzegł Richer, że tutaj znów zegar powyższy śpieszył się o 2 minuty na dobę, czyli skrócone wahadło w Kajennie musiał z powrotem o tę samą ilość przedłużyć. Na mocy tego spostrzeżenia wywnioskował, że długość wahadła sekundowego nie jest ilością stałą i niezmienną, przeciwnie, zmienia się dla każdej długości geograficznej. A ponieważ siła ciężkości, będąca jedyną przyczyną, od której zależy czas wahania wahadła, jest dla punktów powierzchni ziemi, leżących na północy większą niż dla miejsc znajdujących się na równiku, to znaczy, że punkty północne powierzchni ziemi są bliżej środka ziemi, aniżeli punkty na równiku, czyli że ziemia przy biegunach musi być spłaszczona. Spostrzeżenia Richer'a nie było przyjęte z uznaniem przez współczesnych, przeciwnie, spotkała je zawistna krytyka i szyderstwo; dopiero znakomity fizyk angielski Newton sprawę tę wyjaśnił i dowiódł jej niezaprzeczalnej słuszności.

Teorię ruchu falistego światła, której założycielem był Hooke, uzupełnił Chrystjan Huyghens, naukowo uzasadnił i przedstawił w dziele swem wydanem w Lejdzie 1690 r. w tak dokładnej i zupełnej formie, tak że prawie zgadza się z dzisiejszemi poglądami na powstawanie światła. Przez długi czas teoria ruchu falistego nie miała żadnego uznania, głównie z tego powodu, że Newton inaczej zapatrywał się na powstawanie światła i utworzył swoją teorię, tak nazywaną teorię wypływu, którą przyjęli ówczesni fizycy i uważali ją za jedynie słuszną; w najnowszych jednak czasach zwrócono się z powrotem do teorii ruchu falistego Huyghensa, objaśniającej dokładnie wszystkie zjawiska świetlne. Huyghens w swej teorii przypuszcza, że przestrzeń wszechświata wypełnia eter, substancja bardzo delikatna, sprężysta, nieważka, która przenika wszystkie ciała. Wskutek drgań eteru powstaje światło w kształcie fal, które od źródła światła rozchodzą się w postaci kół współśrodkowych na podobieństwo fal wodnych,

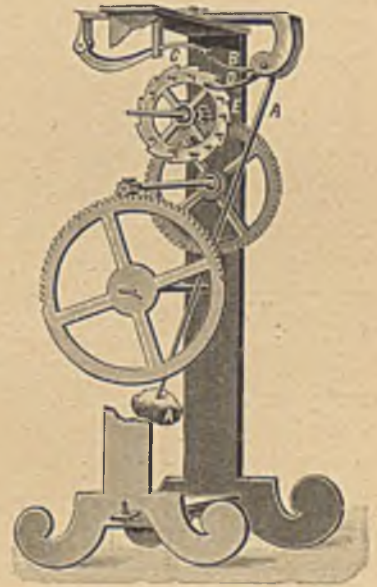


### Objawy interferencji w bańkach mydlanych.

1. Zwykle barwy interferencyjne w bańce mydlanej. Różne barwy wywołane są przez niejednorodną grubość błony.
2. Pierścienie interferencyjne w bańce mydlanej, bujającej w kwasie węglanym. Warstwy mydła rozkładają się tu w pierścienie dla własnego swego ciężaru.

tworzących się przy wrzuceniu kamienia do wody. Szybkość nadzwyczajną z jaką rozchodzi się światło Huyghens objaśnia nieskończenie małymi wymiarami cząstek eteru, które wskutek tego nadzwyczaj łatwo bywają w ruch wprowadzane.

Koniec XVII stulecia można nazwać wyjątkowo szczęśliwym dla rozwoju fizyki, gdyż w tym właśnie czasie na tem polu pracowało bardzo wielu i nadzwyczaj wybitnych fizyków. Dzięki rozprawom, prowadzonym przez tych badaczy na tle różnicy zdań i poglądów, jakoteż dzięki poddawianym pod wspólne roztrząsanie zagadnień spornych, rozwój fizyki postępował nadzwyczaj szybko. Najznakomitszym z fizyków tej owocnej epoki był Izaak Newton; był to człowiek, który przez swe znakomite badania oddziaływał na rozwój tej gałęzi wiedzy, a przytem umiał zachęcić i pobudzić współczesnych do studjów nad tą nauką, już to przez rozwiązywanie kwestji spornych już też przez opracowanie spraw z dziedzin jeszcze nie badanych. Najwięcej zajmował się optyką. Znany jest teleskop zwierciadłowy, wykonany według jego wskazówek, zwany reflektorem Newtona. Ważniejszym jednak niż wykonanie tego instrumentu było badanie nad powstawaniem barw a szczególnie tych barw, jakie powstają w widmie słonecznym. Dla dokładnego zbadania tego zjawiska jeden z pokoiów zamienił na zupełną ciemność, w jednej zaś z okienic kazał wykroić mały otwór okrągły. Promień światła słonecznego, przechodzący przez ten otwór przepuścił przez pryzmat trójkątny i utworzony wskutek tego pęk promieni kolorowych rzucił na zasłonę. To proste urządzenie dało mu sposobność do wykonania licznych i zajmujących spostrzeżeń i badań. Przedewszystkiem zauważył, że otrzymany na zasłonie pęk barwny jest znacznie szerszy od wiązki światła, jaka przeszła przez otwór w okienicy. Musiał więc nastąpić nie tylko rozkład światła, ale i jego rozszczepienie, które zajęło pięć razy większą szerokość, aniżeli pierwotna wiązka białego światła słonecznego. Newton objaśnił, iż to rozszczepienie światła jest następstwem jego przejścia przez pryzmat i że promienie świetlne po przejściu przez niego rozchodzą się po liniach prostych. Na zasadzie powyższego wywnioskował, że biały promień światła, jaki słońce nam wysyła, składa się z mieszaniny promieni barwnych, które w połączeniu dają światło białe. Światło, przechodząc przez pryzmat, załamuje się, t. j. odchyła się od swego pierwotnego kierunku i kąt odchylenia dla każdego promienia barwnego światła jest inny, wskutek



Przyrząd do pokazu wpływu wahadła na jednostajność ruchu zegara.

czego następuje zupełne rozdzielenie, rozszczepienie czyli dyspersja białego pierwotnie światła na jego barwne części składowe. W ten sposób powstają kolory w widmie. Chcąc się przekonać, czy kolory te są czyste i jedno-barwne, czy też przy przejściu przez następny pryzmat mogą być jeszcze na inne barwy rozłożone, zrobił w zasłonie, na której znajdowały się kolory widma, otwór takiej szerokości, że przezeń mógł przejść tylko jeden z kolorów, pozostałe zaś zatrzymane zostały na zasłonie. Przepuszczony przez otwór promień światła skierowany został na pryzmat szklany i okazało się, że ten pęk promieni na inne jeszcze barwy już się nie rozłożył, czyli że kolory, otrzymane w widmie, są barwami pojedynczymi, czyli barwami zasadniczymi. Na zasadzie licznych doświadczeń zauważył, że odchylenie tych barwnych promieni od kierunku pierwotnego, jaki miało światło białe jest niejednakowe, najmniejsze jest w barwie czerwonej i zwiększa się następnie w innych barwach, dochodząc do największego w kolorze fioletowym, czyli innymi słowy barwa czerwona ma najmniejszy współczynnik załamania, fioletowa zaś największy. Wiedział doskonale o tem, że pojedyncze barwy widma przechodzą stopniowo jedna w drugą. Dla ułatwienia jednak badania naukowego podzielił barwy całego widma na siedm głównych kolorów (czerwony, pomarańczowy, żółty, niebieski, indygo i fioletowy), podział, który utrzymał się w nauce dotąd. Z powyższego wywnioskował bardzo trafnie: jeżeli białe światło słoneczne może być rozłożone na barwne promienie, to odwrotnie z odpowiedniej ilości barwnych promieni przy ich zwiększaniu powinno się utworzyć światło białe, co potwierdziło wykonane doświadczenie. Na krążku drewnianym nałożone były kolory widma w odpowiednim porządku; po wprowadzeniu krążka w szybki obrót, kolory te mieszały się i dawały wrażenie jednej barwy, nie czysto białej jednak a raczej szarej, a przyczyną tego była niedostateczna czystość użytych przy tem doświadczeniu sztucznych kolorów. Wreszcie na tej samej zasadzie wyjaśnił powstawanie barw w tęczy. Prace jego nad barwami widmowymi skłoniły go do bliższego zbadania tych zjawisk, które dziś nazywamy zjawiskami interferencji. Badał więc barwy powstające w cieniutkich blaszkach, w bańkach mydlanych, w rozżarzonej stali i t. p. Wogóle wszystkie badania Newtona były przeprowadzone wzorowo i utworzyły podstawy naukowe na obszernem polu optyki teoretycznej i praktycznej. Dzięki temu możemy dziś mikroskopy i teleskopy zaopatrywać w soczewki zupełnie achromatyczne, które dają nam obrazy przedmiotów zupełnie jasne i ostre, a zarazem pozbawione wszelkiego zabarwienia. Znakomici fizycy, jak Helmholtz na podstawie badań Newtona przyczynili się przez poważne studia do wyjaśnienia istoty barw. Wpływ prac Newtona na kierunek badań w dziedzinie fizjologii i chemji był nadzwyczaj głęboki a przeniknął nawet do pewnego stopnia na pole sztuki dzięki zasadniczym pojęciom o barwach dopełniających. W obec korzyści, jakie wynikały na wielu polach wiedzy z badań Newtona nad rozszczepieniem światła, należy tem więcej żałować, że w końcu ustalił taką teorię światła, która wprowadziła badania na polu



optyki na zupełnie błędne drogi — tak nazywaną teorię wypływu. Według powyższej teorii każde ciało świecące (źródło światła) wysyła bardzo drobne cząsteczki, które doszedłszy do siatkówki oka, wywołują w niej wrażenie światła. Cząsteczki te według Newtona dla rozmaitych barw mają różną wielkość, największą w barwie czerwonej, najmniejszą — w fioletowej. Jakkolwiek Newton teorii swej nie poparł żadnym dowodem, jednakże większość fizyków przyjęła ją bez zastrzeżeń i uprawiała w ciągu półtora wieku, dopóki nie znalazły się takie zjawiska interferencji światła, których na jej podstawie wyjaśnić nie było można i zastąpiona została przez teorię drgań, czyli teorię undulacyjną.

Jakkolwiek teoria Newtona o istocie światła okazała się błędną, natomiast w zakresie dynamiki był on znakomitym twórcą teorii, która zdobyła dla niego imię nieśmiertelne. Jest to zasada o sile ciężkości, na istnienie której Newton w 1686 r. nie tylko wskazał, ale uzasadnił ją matematycznie i doskonale pojął, że siła przyciągająca jabłko spadające do ziemi jest tą samą siłą, która rządzi planetami w ich biegu. Obliczył wartość siły przyciągającej i zamknął w uzasadnionem przez niego prawie, głoszącem, że siła przyciągania jest w stosunku



Izaak Newton.

Według miedziorytu ówczesnego.

prostym do masy i odwrotnym do kwadratów z odległości. Prawo to, jedno z najważniejszych w fizyce, uzasadnionych matematycznie, ma znaczenie nie tylko ze stanowiska czysto teoretycznego, lecz także dało wyniki praktyczne, szczególnie na polu astronomji.

Poznanie siły przyciągania ziemskiego skłoniło zupełnie naturalnie Newtona do zajęcia się prawami, określającymi swobodny spadek ciał, będący najprostszym i najłatwiej dającym się ująć przejawem siły przyciągania ziemi. Widzieliśmy jak Galileusz na pochyłej wieży pizańskiej

przeprowadził swe doświadczenia ze spadkiem ciał, widzieliśmy także jak jego przeciwnicy skorzystali z zauważonych małych różnic, wynikłych pomiędzy teoretycznym obliczeniem a wynikami doświadczenia, aby tylko obrócić w niwecz poglądy i doświadczenia Galileusza. Newton wyjaśnił zupełnie pochodzenie tych różnic. Dawniej przyjmowano, że wskutek obrotu ziemi około osi z zachodu na wschód ciało spadające nie trafia na ten punkt powierzchni ziemi, który znajdował się z początkiem spadku na jednej pionowej linii, lecz musi paść na punkt inny podsuwający się w tym przeciągu czasu; Newton zaś zwrócił uwagę na to, że wierzchołek wieży obraca się razem z ziemią i posiada większą prędkość, aniżeli punkt powierzchni ziemi, będący z nim na jednej linii pionowej. Ponieważ wskutek prawa bezwładności ciała spadające z wierzchołka wieży muszą zachować tę prędkość obrotową, jaką miał wierzchołek, więc przy spadaniu wyprzedzają nieco odpowiednie punkty powierzchni ziemi i spadają dalej na wschód, wbrew wskazówkom otrzymanym z obliczenia. Tak więc już po śmierci Galileusza jego doświadczenia nad spadaniem ciał, jak również twierdzenie jego o obrocie ziemi zostały przez Newtona uznane i potwierdzone. Podobnie jak Galileusz doświadczenia swe nad spadkiem ciał połączył z odkrytymi przez niego prawami wahadła, tak samo dla Newtona te prawa były pobudką do badań, które wydały wyniki bardzo donośnego znaczenia. Za pomocą wahadła bowiem można było najdokładniej oznaczyć, że siła ciężkości zmienna jest dla różnych punktów powierzchni ziemi; ze zmiany zaś ciężaru ciał, można było określić wielkość siły przyciągania ziemi. Poszukiwania te nie tylko potwierdziły słuszność poglądów Richera, ale dostarczyły nam wprost zdobytego na drodze doświadczałnej matematycznie dokładnego dowodu o spłaszczeniu ziemi. Wielkość tego spłaszczenia została obliczona przez Newtona i rezultat był dosyć dokładny. Jednak ani teorie Newtona, ani jego obliczenia nie znalazły uznania u współczesnych, pomimo wszelkich przytaczanych przez niego dowodów uczeni tego wieku nie wierzyli w istnienie spłaszczenia ziemi. Newton nie opuścił wytkniętej sobie drogi i pracował dalej nad siłą ciężkości, rozszerzając jej zastosowanie; obliczył siłę przyciągania księżyca i zmiany w przypływach i odpływach morskich, a także znaczną ilość zjawisk kosmicznych, jak precesję czyli cofanie się punktów równonocnych, ruch komet i wiele innych. Przekonany o prawdziwości swych twierdzeń i ufny w niezłomność swych wniosków, na wszelkie zaczepki odpowiadał dumnie: „hypotez nie tworzę“.

Z pośród odkryć fizycznych, przeprowadzonych w sposób ścisły w drugiej połowie XVII stulecia przez znakomitych filozofów, poświęcających swe zdolności na usługi fizyki, wspomnieć należy o pracach, mających nie mniejsze znaczenie, chociaż wykonanych nie przez tak wybitnych fizyków. Edme Mariotte (1620—84) należący do stanu duchownego, odkrył prawo dla gazów, znajdujących się pod pewnem ciśnieniem, które na jego cześć nosi nazwę prawa Mariotte'a. Prawo to wyrażone najprościej brzmi tak: „objętość gazów jest odwrotnie proporcjonalna do wywieranego na nich ciśnienia.

Wobec różnorodnego i olbrzymiego zastosowania gazów w technice i przemyśle znaczenie tego prawa przybrało rozmiary daleko większe, aniżeli kiedykolwiek przypuszczano. Oprócz tego Mariotte, zajmując się optyką zauważył w oku ludzkim jedno miejsce, nieczułe na wrażenia wzrokowe, tak nazywane miejsce ślepe, które znajduje się w tej części oka, gdzie nerw wzrokowy wchodzi do gałki ocznej.

W tym samym czasie Denis Papin (1648—1711), pomocnik Huyghensa ulepszył pompę pneumatyczną, nadając jej taki kształt, w jakim ją dzisiaj używają; na górnym końcu rury, idącej od właściwej pompy ssącej umieścił płaski talerz metaliczny, mający w środku otwór, łączący się z kanałem rury; na talerzu zaś umieścił szklaną pokrywę, szczelnie dopasowaną do płaszczyzny talerza. Pod tą szklaną pokrywą można było wykonywać różne doświadczenia z powietrzem rozrzedzonym. Dla oznaczenia tam stopnia rozrzedzenia powietrza Papin umieszczał pod szklaną pokrywą drugi barometr, czyli pompa ta była tak samo urządzona, jak dzisiejsze pompy pneumatyczne, używane przy doświadczeniach fizycznych. Ważniejszym jednak od tych ulepszeń było wykonanie przyrządu, zwanego kotłem Papina, stosowanego bardzo często w fizyce. Papin zauważył, że temperatura wrzenia wody zależna jest od ciśnienia, mianowicie, przy wzroście ciśnienia na wodę wrzenie jej następuje przy wyższej temperaturze. Ten fakt naprowadził go na myśl zbudowania przy-



Denis Papin.

Według oryginału będącego własnością uniwersytetu w Marburgu.

rzędu, który znalazł zastosowanie tak w życiu codziennym, jak i w przemyśle. Kotły parowe i lokomotywy zbudowane są na tej właśnie zasadzie; w przemyśle chemicznym, kociołek ten używa się bardzo często i znany jest pod nazwą „digestora“ w fabrykach wytworów organicznych, w fabrykach barwników, cukrowniach i t. p. Dla zabezpieczenia powyższego kotła od rozerwania przy nagłym wzroście ciśnienia, Papin zaopatrzył go w klapę bezpieczeństwa tak samo urządzoną, jakiej dziś z pewnemi małemi zmianami używamy przy kotłach parowych i lokomobilach. Wykonał także model maszyny parowej i podał myśl, aby okręty poruszane były za pomocą takich maszyn, myśl, którą urzeczywistnił Fulton dopiero w 150 lat później.

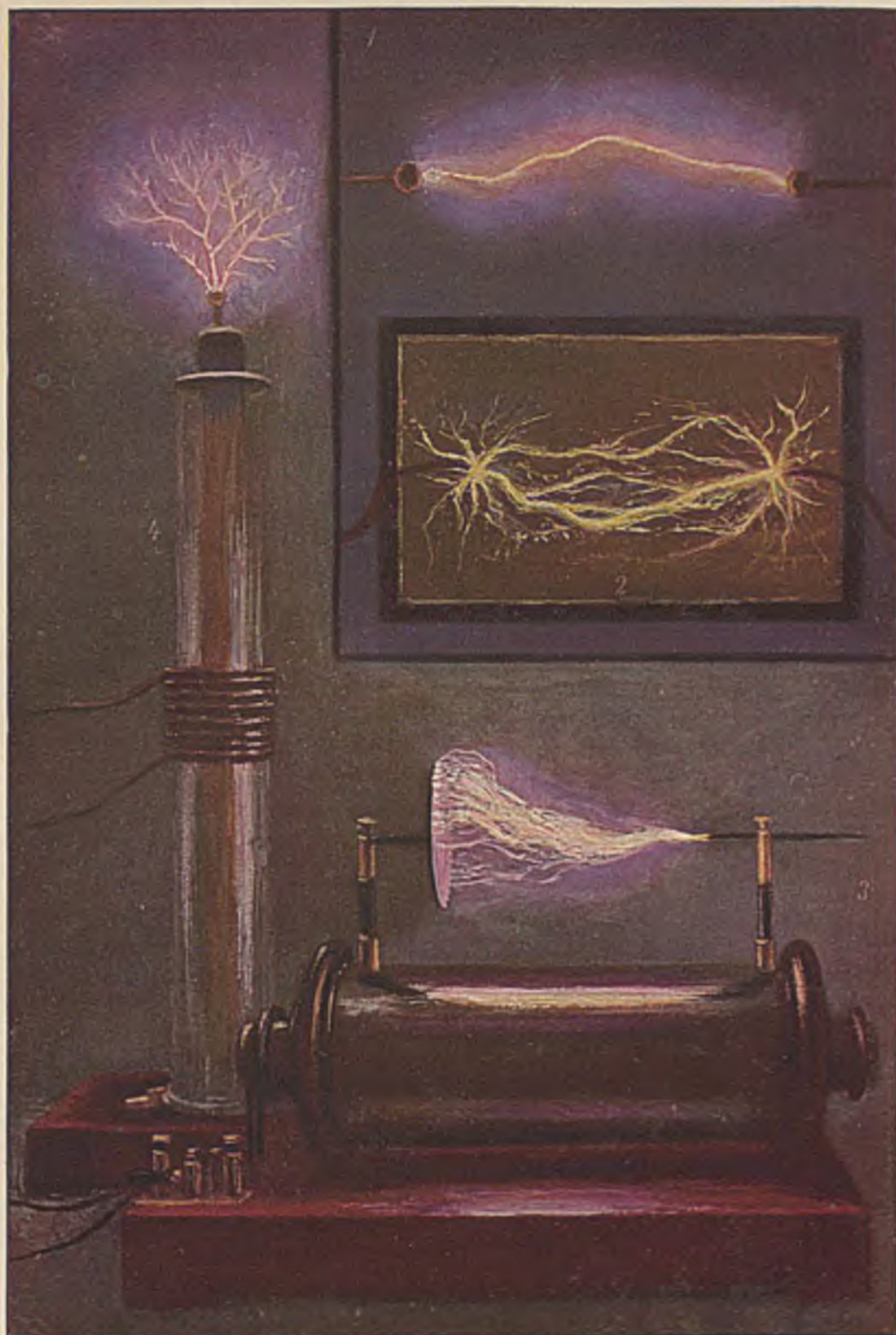
Charakterystyczną cechą epoki z końca XVII i początku XVIII wieku była budowa machin wszelkiego rodzaju, automatów, zabawek naukowych, które dla fizyki miały jedynie to znaczenie, że prowadziły do ulepszeń różnych pomocniczych narzędzi i przyrządów fizycznych, jak np. termometr różniczkowy, zbudowany przez Sturma, profesora ówczesnego uniwersytetu w Altonie, liczne hygrometry, t. j. przyrządy do oznaczania wilgotności powietrza. Ważniejsze jednak od tych przyrządów i ulepszeń barometrów są próby w przeprowadzeniu zmian w termometrach, które wreszcie dały takie typy tych przyrządów, jakie utrzymały się do dnia dzisiejszego. Wilhelm Amonton zauważył, że woda w otwartych naczyniach podczas wrzenia zachowuje stale jedną i tę samą temperaturę; skorzystano z tego spostrzeżenia, ażeby na podziałce termometru powietrznego, jedynie dotąd używanego, oznaczyć ten stały punkt temperatury i od tego czasu jako najważniejsze miejsce podziałki każdego termometru musiał się znajdować punkt oznaczający temperaturę wrzenia wody. Amonton podał sposób do oznaczania temperatur wyższych od temperatury wrzenia wody. Jakkolwiek sam sposób był więcej niż pierwotny, gdyż polegał na określeniu temperatury za pomocą pręta żelaznego, uzyskano jednak pewną podstawę do wypracowania metody wymierzania temperatury za pomocą pyrometrów, jak to się dziś wykonywa w piecach wielkich, elektrycznych i t. p.; pyrometry te są tak urządzone, że temperatura bywa oznaczana na mocy wydłużenia drutu platynowego. Najważniejsze jednak zmiany w urządzeniu termometrów wprowadził szklarz Daniel Gabrjel Fahrenheit (1686 — 1736), urodzony w Gdańsku, przebywający stale w Holandji. Początkowo przygotował termometr spirytusowy, potem dopiero zastosował pierwszy raz rtęć do tego celu i zaopatrzył w podziałkę, jakiej dotąd używają w Anglii i Ameryce. Dla wykonania podziałki na swym termometrze wstawił go najpierw do mieszaniny, złożonej z lodu, wody i soli i to miejsce, na którym zatrzymał się słupek rtęci lub spirytusu oznaczył jako zero; przeniósł następnie przyrząd do naczynia z lodem topniejącem i miejsce to, gdzie zatrzymał się słupek rtęci oznaczył jako 32. Wreszcie umieszczał swój termometr w ustach lub pod ramieniem człowieka zdrowego, wtedy, jeżeli podziałka była dobrze wykonana termometr powinien wskazywać cyfrę 96. Punkt wrzenia wody zastosował do termometru później i miejsce odpowiednie na podziałce oznaczył cyfrą 212. Wynaleziony przez Moncony'ego areometr wagowy został ulepszony przez Fahrenheita. Przyrząd ten używany do oznaczania ciężaru właściwego płynów, składa się z kulki szklanej, napełnionej do połowy rtęcią, zakończonej krótką rurką z końcem zamkniętym. Dla określenia ciężaru właściwego cieczy, zanurza się w nią przyrząd powyższy i obciąża się go za pomocą ciężarków w kształcie pierścieni, dopóki nie zanurzy się w płynie aż do samego końca rurki. Ponieważ jednak ciężarki przez zanurzenie w cieczy, traciły na swej wadze i wskazywały wagę niedokładną, wskutek tego Fahrenheit zmienił urządzenie tego przyrządu w ten sposób, że na końcu rurki dodał talerzyk, na którym

postawione ciężarki już się w płynie nie zanurzały. Dalsze ulepszenie termometru wykonane było w połowie XVIII wieku przez Renata Antoniego Ferchault de Réaumur i Andrzeja Celsiusza. Pierwszy oznaczył na podziałce punkt 0 i punkt wrzenia wody, wstawiając termometr najpierw do lodu topniejącego a następnie do wrzącej wody i przedział pomiędzy temi dwoma punktami podzielił na 80 równych części; w ten sam sposób dwa zasadnicze punkty podziałki otrzymał także Celsiusz, tylko przedział pomiędzy nimi dla większej dogodności podzielił na 100 równych części. Tak powstały termometry najczęściej używane, z których termometr Fahrenheita, jak już wspomnieliśmy, rozpowszechniony jest w Anglii i Ameryce, termometr Celsiusza najczęściej używany jest we Francji i przy naukowych badaniach; do 1900 r. w Niemczech był używany przeważnie termometr Réaumura, obecnie wszędzie wprowadzono termometr stustopniowy.

Oprócz dalszego rozwijania zasadniczych prawd, wykrytych przez Newtona, oprócz ulepszeń w budowie narzędzi i przyrządów naukowych, rozwój fizyki na początku XVIII wieku zaznacza się tem, że ogólne zainteresowanie zwraca się do nowej gałęzi tej wiedzy — do elektryczności. Przy dalszem rozpatrywaniu dziejów fizyki zauważymy, że badania w pozostałych działach fizyki powoli ale stale usuwają na plan dalszy, pierwsze zaś miejsce zajmują badania zjawisk elektrycznych. W istocie na początku XVIII stulecia mechanika i optyka, pomijając ulepszenia przyrządów optycznych i optykę fizjologiczną, bardzo niewiele posunęły się naprzód. Akustyka, lekceważąco traktowana przez fizyków, pozostała na tym samym stopniu rozwoju. Zjawiska magnetyczne badane są dosyć ściśle i dalszy ich postęp jest zależnym od rozwoju elektryczności, której są poświęcone prace najpoważniejszych umysłów. W tych studjach uwydatnia się pewna ilość doświadczeń, pozornie nie mających żadnego między sobą związku, z których stopniowo wyradza się poznanie praw elektrycznych, pewna suma wiedzy, która w praktycznem zastosowaniu doprowadza do najwyższego rozwoju dzisiejszą elektrotechnikę.

Oprócz dalszego prowadzenia badań nad elektrycznością, zapoczątkowanych przez Gilberta i innych główną uwagę uczonych na początku XVIII wieku zwracają atmosferyczne zjawiska elektryczne. W 1716 roku spostrzegł Halley, że słynna zorza północna, która się ukazała w tym roku i była widzialną na całym lądzie odchyliła się nieco od punktu północnego, a jednocześnie zauważył, że o tyle powiększyło się zboczenie igły magnetycznej, z czego wywnioskował, że zorza północna jest zależną od magnetyzmu ziemi. Jeszcze w XVII wieku sądzono, że błyskawice powstają wskutek raptownego zapalenia pary siarki lub kwasu azotnego. W 1700 r. dr. Wall wykazał, że iskra i trzask, jaki powstaje, jeżeli zbliżymy palec do bursztynu potartego o sukno, mają pod pewnym względem podobieństwo do błyskawicy i grzmotu. W ogóle w tym czasie prace uczonych w zakresie elektryczności ograniczały się na tem, że opisywali długość iskier, jakie wydobywały się przez pocieranie rurek szklanych i czy można było

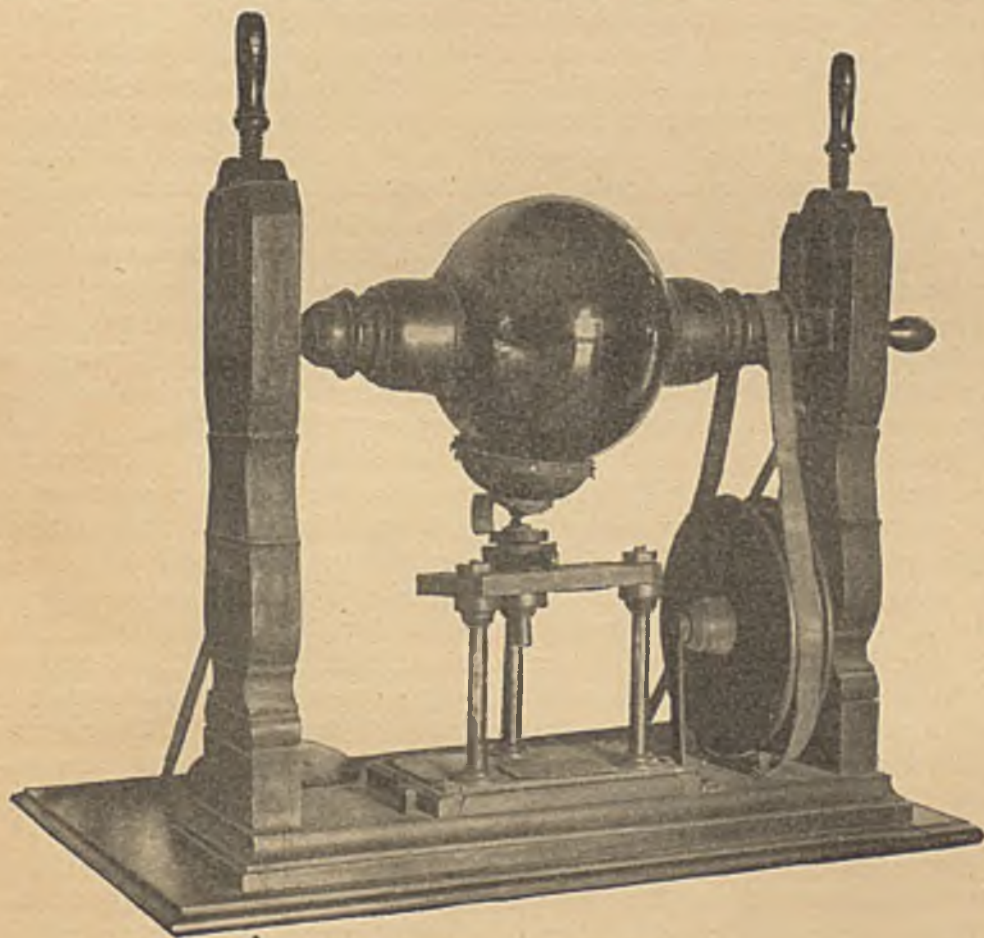
zauważyć światło, czy też nie, i t. p. Pewien systemat w tych badaniach, pozbawionych wszelkiego indywidualnego poglądu, wprowadził Stefan Gray (1670 — 1736), który najpierw spostrzegł, że niektóre ciała są dobrymi przewodnikami elektryczności, inne zaś tej własności nie posiadają. Zauważył, że przewodnictwo elektryczności nie zależy od grubości nitki lub drutu, lecz od materiału, z którego zostały wykonane. Znalazł następnie, że niektóre ciała, jak włosy, żywica, szkło i t. p. udzieloną im elektryczność utrzymują przez długi czas, a nawet udało mu się przechować elektryczność w tych ciałach w ciągu dni trzydziestu—była to próba, która doprowadziła później do wykonania różnych przyrządów elektrycznych, jak np. butelki lejdejskiej (Kleista). Oprócz ugrupowania systematycznego już sprawdzonych dostrzeżeń wykonał Gray jeszcze wiele innych, które wszakże jako zupełnie luźne i nie mające z sobą żadnego związku, nie przedstawiają żadnego znaczenia. Ogłoszenie jednak prac jego skłoniło fizyka francuskiego Karola Franciszka de Cisternay Dufay (1698 — 1739) do badań w zakresie elektryczności. Był on pierwszym, który z ciała ludzkiego naelektryzowanego i umieszczonego na podstawie izolowanej, wydobył iskry elektryczne. Doświadczenie to było wtedy tak nowem i oryginalnem, że opat Nollet, zajmujący się również elektrycznością, zobaczywszy je pierwszy raz, przeraził się bardzo. Na podstawie licznych i dokładnych doświadczeń wyprowadził pierwszą zasadę, że ciała naelektryzowane z początku przyciągają ciała nie mające elektryczności, potem zaś skoro przez zetknięcie zostały naelektryzowane — odpychają. W drugim swem prawie Dufay rozróżnia dwa rodzaje elektryczności, które dziś mianujemy jako dodatnią i ujemną. Nazywa je on elektrycznością szklaną i żywiczną i zwraca uwagę, że pierwsza ukazuje się na szkle, kamieniach drogocennych, włosach, wełnie i t. p. druga zaś na żywicy, bursztynie, laku, bawelnie i t. p. Jako na własność charakterystyczną dla obu rodzajów elektryczności wskazuje Dufay, że elektryczności jednoimienne wzajemnie się odpychają, różnorodne zaś—przyciągają. Desaguliers wprowadził podział, dziś jeszcze w zasadzie utrzymany, na ciała elektryczne i przewodniki czyli kondensatory; ten w swych doświadczeniach stwierdził, że ciała elektryczne nie przyjmują innej elektryczności od innych ciał, swoją zaś elektryczność oddają nieodrazu z całej powierzchni, lecz tylko z tych miejsc, któremi się do drugiego ciała dotykają; przewodniki zaś tracą odrazu całą elektryczność, jeżeli się dotknemy ich choćby w jednym tylko miejscu. W roku 1743 Chrystjan August Hausen wydobył z zapomnienia maszynę elektryczną Ottona von Guericke, wykonał ją jednak w nieco odmiennej postaci, kulę szklaną osadzając na osi, około której obracała się. Ta pierwotna maszyna elektryczna, różniąca się od wykonanej przez Guerickego tylko tem, że zamiast kuli siarkowej użyto szklanej, była wkrótce ulepszona przez Grzegorza Matjasa Bose, profesora fizyki w Wittenbergu; ten ostatni zebraną na powierzchni kuli elektryczność przenosił za pomocą rury mosiężnej, na której się ona zbierała i ilość jej powiększała się. Bose więc wynalazł konduktory maszyn elektrycznych. Winkler



### Wyładowania elektryczne.

1. Iskra elektryczna. Przebieg iskry pomiędzy przewodnikami wielkiej maszyny elektrycznej.
2. Przebieg iskier na płycie ebonitowej, pokrytej drobnymi opiłkami metalowymi i połączonej z biegunami maszyny elektrycznej.
3. Wyładowanie w postaci wiązki iskier pomiędzy płytą a ostrzem potężnego przyrządu indukcyjnego.
4. Wyładowanie transformatora Tesli.

profesor w Lipsku, zastosował poduszki tarcia, przyciskając je z początku do szklanej kuli za pomocą szrub, następnie za pomocą sprężyn, kiedy dawniej do tego używano ręki. Dla uzyskania większej sprawności maszyny fizyk Gordon z Erfurtu kulę szklaną zastąpił walcem szklanym. Dzisiejsza maszyna elektryczna, składająca się z okrągłej tafli szklanej, która jest połączona z poduszczkami tarcia i konduktorem została zbudowana w 1755 roku przez Marcina Plantę z Haldensteinu. Z początku mało na nią zwracano



**Maszyna elektryczna z XVII stulecia.**

Według oryginału z Muzeum narodowego w Norymberdze.

uwagi, dopiero w 1766 r. angiłk Jesse Ramsden udoskonaliwszy ją znacznie, wprowadził w ogólne zastosowanie. Tak więc po zaprowadzeniu ulepszeń i wydoskonaleniu najważniejszych środków pomocniczych do otrzymywania elektryczności w większych ilościach, dostarczony został fizykom przyrząd, przy pomocy którego mogli rozpocząć dokładne studia nad istotą zjawisk elektrycznych, wskutek czego granice poznania jej coraz się rozszerzały i prace w dziedzinie elektryczności zajęły tak żywo umysły fizyków, że



inne działy fizyki pozostały zaniedbane a całe badanie zapisało się pod sztandar elektryczności.

W 1741 r. pierwszy Ludolf wykazał, że iskry elektryczne nie są zimne, lecz posiadają ciepło, które może zapalić niektóre ciała, jak to stwierdził doświadczalnie, na jednym z posiedzeń akademji nauk w Berlinie, zapalając eter za pomocą iskry elektrycznej. Próby zapalania wykonano także z innymi ciałami, jak fosfor, spirytus i t. p. Na zasadzie własności niektórych ciał, które mogą zbierać i przechowywać zapas elektryczności Ewald Jerzy von Kleist z Kamminu w Pomeranii zbudował przyrząd znany pod nazwą butelki lejdejskiej albo butelki Kleista. Początkowy jej kształt był bardzo prosty, składała się bowiem z flaszki, do której nalano spirytusu, lub rtęci i wstawiano gwóźdź mający długość większą od flaszki. Z tego przyrządu Kleist otrzymywał bardzo duże iskry elektryczne. Prawie jednocześnie wynaleziono taki sam kondensator w Leydzie, który też rozpowszechnił się bardzo szybko, tak, że najbliższy okres badań fizycznych pozostawał wyłącznie pod wpływem doświadczeń, wykonywanych za pośrednictwem butelki lejdejskiej. Prawie wszystkie ówczesne wydawnictwa zawierają sprawozdania o nadzwyczajnych uderzeniach elektrycznych, jakie otrzymują się przy zbliżaniu się do tego przyrządu, nadto z tej epoki są notowane pierwsze spostrzeżenia nad działaniem fizjologicznym wyładowania elektrycznego. Ponieważ rozbierać samemu butelki lejdejskiej nie było przyjemnie zbudował więc pierwszy rozbajacz profesor Winkler z Lipska: był to przyrząd, za pomocą którego następowało wyładowanie butelki bez obawy otrzymania uderzenia. Przyrząd ten po pewnem ulepszeniu przybrał formę bardzo wygodnego narzędzia. Butelka lejdejska była również ulepszona najpierw przez Galatha a następnie przez d-ra Bevis'a i urządzenie jej było już takie, jakie ma do czasu obecnego. Bevis zamiast wodą lub rtęcią napełniał butelkę srotem, i zamiast ręki ludzkiej, tworzącej podczas trzymania butelki zewnętrzną zbroję, wykonał tę ostatnią z listków cynfolji. Do wnętrza butelki pomiędzy srotem wprowadził pręcik metalowy, zakończony na wierzchu kulką. Wkrótce Bevis przekonał się, że dla zebrania większej ilości elektryczności nie potrzeba koniecznie używać flaszki, można to samo otrzymać za pomocą taflki szklanej, obłożonej z obu stron cynfolją. Dokładne objaśnienie działania butelki lejdejskiej podał Franklin, które wyraża się w sposób następujący: jeżeli z maszyny elektrycznej wprowadzimy za pomocą kulki z prętem i srotem elektryczność dodatnią, to ona działa na elektryczność obojętną w zewnętrznej zbroi, rozkładając ją na dodatnią i ujemną; ta ostatnia zbiera się na powierzchni zbroi zewnętrznej, zwróconej do szkła i jest związana przez elektryczność dodatnią srotem; dodatnia zaś elektryczność ze zbroi zewnętrznej uchodzi do ziemi. Ponieważ wzbudzona elektryczność ujemna pozostaje na zbroi zewnętrznej i jest związana z elektrycznością dodatnią srotem, czyli zbroi wewnętrznej i spłynięciu jednej z nich przeszkadza druga, więc do butelki możemy znów wpuścić z maszyny elektrycznej nową ilość dodatniej elektryczności, która będzie działała

jak poprzednio, tak, że ostatecznie w butelce lejdejskiej możemy zebrać i przechowywać znaczniejsze ilości elektryczności.

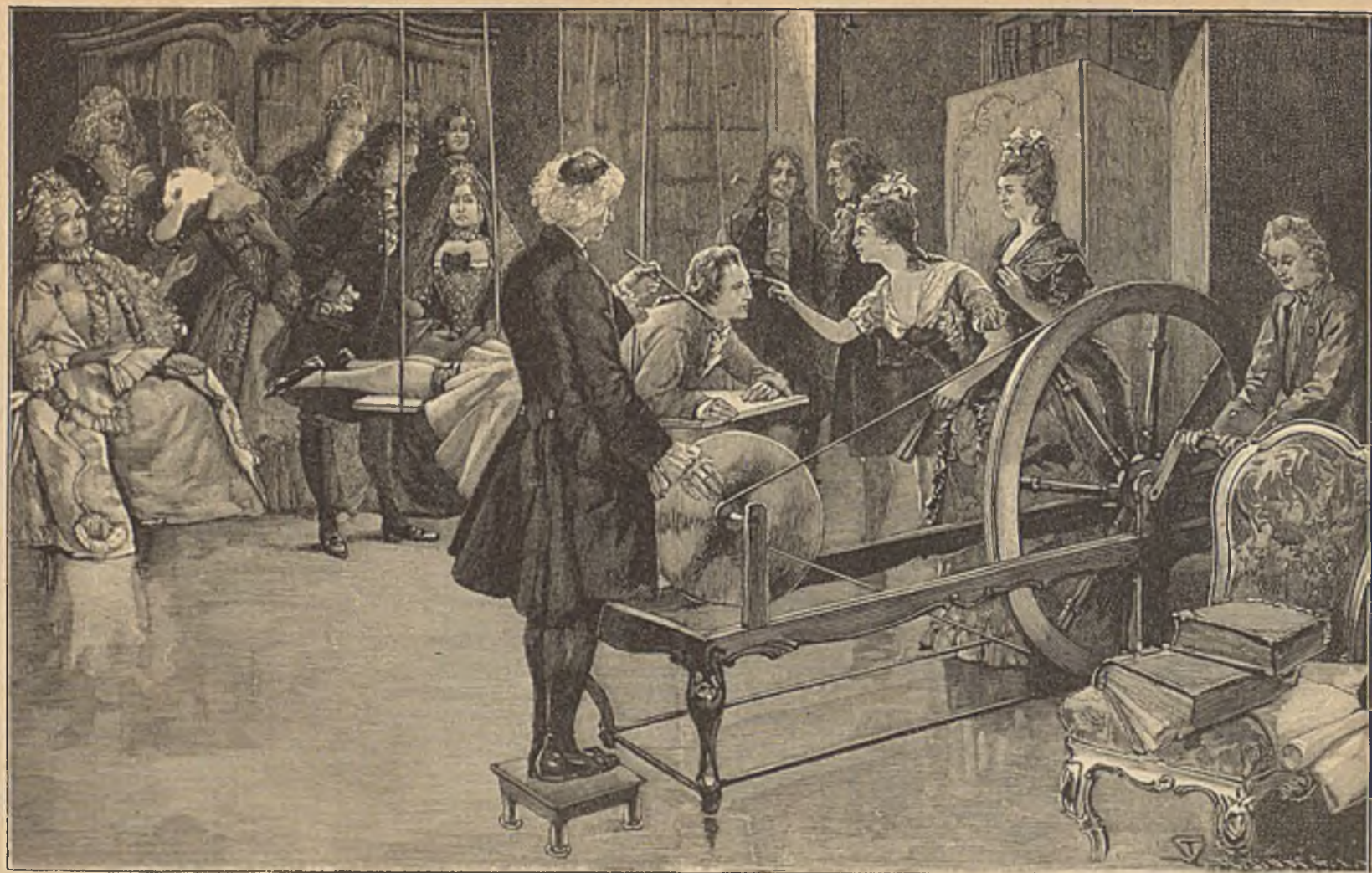
Przy pomocy maszyny elektrycznej i butelki lejdejskiej Jan Antoni Nollet (1700—1770), opat, bardzo dobrze postawiony na dworze francuskim, wykonywający swe doświadczenie naukowe wśród świetnego i doborowego towarzystwa, przeprowadził badania gruntowne nad działaniem fizjologicznym, jakie wywiera elektryczność na organizm ludzki. Pokazał najpierw że elektryczność może być przeprowadzona przez ciało znacznej ilości osób i udało mu się to wykonać przenosząc elektryczność przez łańcuch, utworzony ze 180 osób. On też pierwszy zauważył, że silne wyładowania elektryczności działają śmiertelnie na małe zwierzęta, a także pierwszy zalecił stosowanie prądu elektrycznego w medycynie, również sprawdził działanie elektryczności na zmysły smaku i powonienia. Zapoczątkował także pomiary prędkości, z jaką elektryczność przenosi się, pomiary te były niecisłe i wydały rezultaty fałszywe. Ze względu na jego spostrzeżenia, z których wynikało, że elektryczność prędzej spływa z przedmiotów zakończonych ostrzami, aniżeli z powierzchni kulistej lub mającej tępe kąty, możemy pod pewnym względem uważać Nolleta jako poprzednika Franklina. Dzięki jego zabiegom wkrótce zaczęto stosować elektryczność w medycynie, szczególnie przy leczeniu paraliżu.

W tym czasie kiedy Watson dla wyjaśnienia zjawisk elektrycznych, których nie mógł sobie inaczej wytłumaczyć, pierwszy wprowadził nazwy elektryczności dodatniej i ujemnej, kiedy inni fizycy poomacku poszukiwali wyjaśnień istoty tych zjawisk, na początku drugiej połowy XVIII wieku ukazał się Benjamin Franklin (urodzony 17 stycznia 1706 r. w Governor Island pod Bostonem, zmarł 17 kwietnia 1790 w Filadelfji) najznakomitszy fizyk z tej epoki, który nie tylko objaśnił działanie maszyny elektrycznej, działanie butelki lejdejskiej i innych przyrządów i zjawisk elektrycznych, lecz badaniami swemi nad elektrycznością atmosferyczną stał się dobroczyńcą ludzkości. Franklin dzięki swym zdolnościom i pracowitości z drukarza doszedł do stanowiska męża stanu i uczonego. Na polu wiedzy teoretycznej przyczynił się do rozwoju fizyki w dziale elektryczności, stwarzając jej teorię. Wprawdzie w teorii tej przyjmując istnienie płynu elektrycznego, który według jego poglądu był głównym warunkiem wzbudzania elektrycznego, wytworzył w rzędzie nauk fizycznych wyjątkowe stanowisko dla elektryczności. Z chwilą przyjęcia poglądu Franklina (który był uznawany w ciągu 150 lat przez wszystkich fizyków) nie można było zapatrywać się na zjawiska elektryczne z tego samego stanowiska jak i na pozostałe zjawiska fizyczne. Dopiero w ostatnich czasach poważne prace Hertza, Maxwella i innych wprowadziły w tym kierunku zmiany podstawowe. Pomimo tego błędnego poglądu musimy jednak Franklina uważać za reformatora w pełnem znaczeniu tego wyrazu; dając bowiem zupełnie zadowalniające wyjaśnienia większości znanych wtedy zjawisk fizycznych, wprowadził badanie nad istotą elektryczności na drogę właściwą; zamiast

bezkrytycznego błąkania się, nastąpiło badanie z oznaczonym celem, oparte na racjonalnej podstawie.

Widzieliśmy, w jaki sposób objaśnił Franklin działanie butelki lejdej-skiej; należy nam teraz dodać jeszcze jego wyjaśnienie działania maszyny elektrycznej. Poduszki wskutek tarcia o szkło maszyny elektryzują się ujemnie, szkło zaś ujawnia elektryczność dodatnią; ta zaś gdy się podczas obrotu szkła przybliży do ostrzy uławiacza elektryczności, oddziałuje na konduktor, rozdzielając jego elektryczność na ujemną i dodatnią; ujemną elektryczność przyciągają ostrza uławiacza, przez które przepływa na szkło, neutralizując jego elektryczność dodatnią. Odepchnięta zaś elektryczność dodatnia konduktora pozostaje na nim i spływa na dalsze części maszyny, zkad może być sprowadzona do ziemi.

Największe znaczenie jednak zdobył sobie Franklin przez badania swoje nad elektrycznością atmosferyczną i przez wynalezienie piorunochronów. Jużśmy mówili niedawno, że w 1700 r. Dr. Wall przy obserwacji iskry elektrycznej powziął domysł, że ta iskra i trzask jej towarzyszący stanowią w drobnych wymiarach obraz błyskawicy i grzmotu, potwierdzenie zaś doświadczalne tego poglądu zawdzięczamy Franklinowi, który wniósł jeszcze w 1750 r., że, jeżeli chmura, wyrzucająca błyskawicę jest siedliskiem „płynu elektrycznego“, to pręt metalowy, osadzony na wysokiej wieży, powinien płyn ten ściągać, podobnie jak to czynią ostrza przewodników metalowych maszyny elektrycznej. Wykonanie tej próby nastąpiło dopiero w czerwcu 1752 r. W tym miesiącu przeprowadził owo słynne doświadczenie z latawcem elektrycznym. Przed zbliżającą się burzą wypuścił w powietrze bardzo wysoko latawca z żelaznym ostrzem, którego utrzymywał za pomocą sznuru konopnego; ażeby zabezpieczyć siebie od połączenia elektrycznego z latawcem, przywiązał do sznura konopnego jedwabny i ten trzymał w ręku. Na końcu sznura konopnego znajdował się klucz żelazny, który działał jako zbiornik elektryczności i dawał iskry, skoro przybliżono do niego palec. W ten sposób dowiódł jasno, że w chmurach istnieje stan elektryczny; ażeby jednak lepiej zbadać zjawiska elektryczności atmosferycznej, ustawił na dachu swego domu pręt żelazny i od niego sprowadził wewnątrz do mieszkania elektryczność, gdzie umieszczony dzwonek oznajmiał, jak tylko zbliżały się chmury naładowane elektrycznością. Z badań nad istotą elektryczności atmosferycznej przekonał się Franklin, że straszne w skutkach jej działanie można uczynić zupełnie nieszkodliwym, jeżeli złowimy błyskawicę za pomocą odpowiednich przyrządów i sprowadzimy ją do ziemi. Dlatego też we wrześniu 1753 wystąpił z projektem, aby na wierzchu budynków ustawiać żelazne pręty ostro zakończone i połączyć je z ziemią za pomocą przewodnika elektryczności. O skuteczności działania tych prętów był przekonany; służą one bowiem najpierw jako rozdzielacze elektryczności i wskutek tego zapobiegają tworzeniu się błyskawic, a jeżeli mimo to one powstają, to bywają po przewodniku sprowadzone do ziemi. Piorunochrony znalazły zastosowanie najpierw w praktycznej Ameryce, która szybko oceniła ich pożytek. W Europie pierwszy piorunochron zaprowadził



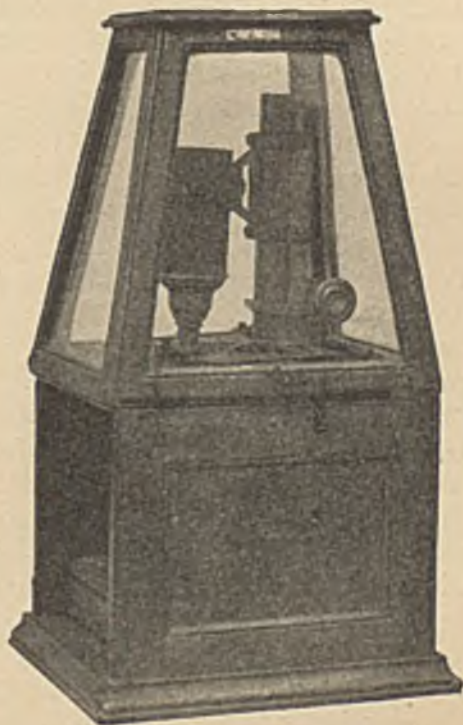
Doświadczenia z elektrycznością statyczną, jakie wykonywał opat Nollet w Paryżu w XVIII stuleciu.

ksiądz Prokop Diwisz w Prendic pod Znaimem (Znojmem) na Morawach. Hamburg był pierwszym miastem, w którym gmachy publiczne były zaopatrzone w piorunochrony, tam też w 1769 r. Reimarus umieścił taki przyrząd na wieży Jakobi. Znacznie później piorunochrony zaprowadzone zostały we Włoszech. Przez długi okres czasu zastanawiano się nad tem, jaka jest najdogodniejsza forma dla prętów piorunochronowych; jedni uważali za najlepsze pręty ostro zakończone, inni zaś — zaopatrzone na wierzchu w kulkę. Wskutek tego akademia angielska ustanowiła w 1772 r. komisję, której zadaniem było zbadać tą sprawę dokładnie; komisja jednak nie doszedłszy w swych pracach do żadnego wyraźnego wyniku, niedługo zajęcia swe zakończyła.

Prace Franklina jednak otworzyły nowe obszary dla badań, obszary elektryczności atmosferycznej. Pierwszy z szeregu tych badaczy, którzy poprowadzili w dalszym ciągu systematyczne studia w tym kierunku, był sam Franklin; w 1753 r. wykazał za pomocą izolowanego pręta żelaznego że chmury podczas burzy posiadają przeważnie elektryczność ujemną, w pojedynczych jednak wypadkach bywają naładowane elektrycznością dodatnią. Le Monnier stwierdził, że niezależnie od chmur i od jakichkolwiek objawów burzy w samym powietrzu mogą znajdować silne ładunki elektryczności. Badanie jednak nad elektrycznością atmosferyczną zostały nagle przerwane z powodu śmierci Jerzego Wilhelma Richmana, profesora fizyki w Petersburgu, która nastąpiła podczas doświadczenia od wyładowania elektrycznego. Spostrzeżono, że te uderzenia, które Le Monniera i innych powaliły nieszkodliwie na ziemię, mogą spowodować niebezpieczne wypadki i wskutek tego po śmierci Richmana podobne doświadczenia uległy zwłóce i podjęto je dopiero po upływie pewnego czasu. Podobne wypadki zdarzały się także podczas studjów przy stosowaniu w medycynie prądu elektrycznego. W dniu 1 grudnia 1750 r. Jan Gabrjel Doppelmaier, profesor matematyki w Norymberdze zabity został podczas badań fizjologicznych przez ładunek elektryczny z butelki lejdejskiej, co naturalnie wpłynęło na przerwę w pracach nad działaniem fizjologicznym prądu elektrycznego. Warto na tem miejscu wspomnieć, jako o sprawie bardzo interesującej, że kataforesa, najnowsza metoda zastosowania elektryczności w medycynie, była już w 1747 r. zalecana przez włoskiego Pivati'ego. Kataforesa ma na celu wprowadzanie drogą elektrochemiczną przez skórę różnych lekarstw do środka organizmu ludzkiego.

Badania na drodze praktycznej atmosferycznych i lekarskich własności elektryczności nie przeszkadzały zupełnie pracom teoretycznym. Już Canton (1718—1772), przełożony szkoły w Londynie przyszedł do przekonania, że w wielu wypadkach okazały się niezbędnymi sposoby do zmierzenia napięcia elektrycznego i w tym celu wykonał przyrząd — elektroskop. Elektroskop ten, który stał się pierwowzorem dla licznych przyrządów służących do mierzenia ilości elektryczności, składał się w swem najprostszym wykonaniu z dwóch kuleczek z rdzenia bżowego, każda z nich była

zawieszona na osobnej nitce jedwabnej. Gdy się ich dotykano ciałem naelektryzowanym, natychmiast odchylały się od siebie i z wielkości tego odchylenia Canton sądził o ilości elektryczności, znajdującej się w danym ciele. Podczas doświadczeń z tym przyrządem zauważył Canton, że kuleczki bżowe rozchodzą się nietylko w skutek dotknięcia przez ciało naelektryzowane, lecz nawet i wtedy, kiedy ono znajduje się w pewnym oddaleniu. To było pierwsze spostrzeżenie nadzwyczaj ważnej własności, mianowicie działania elektryczności przez wpływ (influcję) to jest tej jej własności, że elektryczność wzbudza się w ciałach nietylko przez dotknięcie bezpośrednie, lecz rozchodzi się w po-



**Mikroskop z XVIII wieku.**

Muzeum narodowe w Norymberdze.

wietrze na znaczne stosunkowo odległości, aby w innych ciałach rozbudzić także elektryczność. Własność ta z początku wydawała się tak dziwną, że Pristley w swej historii elektryczności powiada, iż zjawiska wywołane przez wpływ elektryczny są w działaniu podobne do siły czarodziejskiej. Obecnie prawa wpływu elektrycznego są nam dokładnie znane i stosujemy je w najrozmaitszych wypadkach. W owym jednak czasie wzbudzały taki podziw, ponieważ nawet Franklin, który zajmował się głęboko elektrycznością, nie mógł dać dokładnego objaśnienia tego zjawiska. Możeby ten

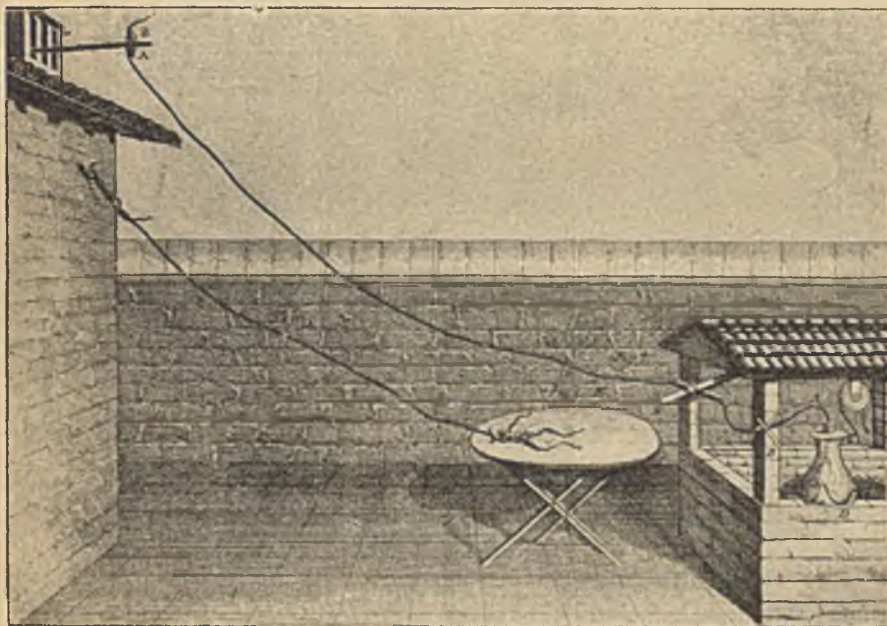
mąż genialny potrafił później wynaleść odpowiednie wyłomaczenie działania elektryczności przez wpływ, lecz niestety w 1745 r. porzucił zupełnie badania nad elektrycznością i resztę swego długiego żywota poświęcił wyłącznie sprawom państwowym na korzyść swojej ojczyzny.

W tym czasie nastąpiła pewna przerwa w badaniach; uczeni bowiem zajęli się przeważnie ulepszeniem narzędzi i przyrządów elektrycznych i przybyło wskutek tego kilka bardzo pożytecznych aparatów. Prócz tego odkryto dwa nowe źródła elektryczności. Aepinus wraz z Willkem zauważyli w 1757 r., że turmalin, niewykazujący w stanie zwykłym żadnych własności elektrycznych, staje elektrycznym, jeżeli, pozostawiając jeden jego koniec w stanie zwykłym, drugi nieco nagrzejemy. Drugie źródło elektryczności odkrył w 1772 r. angiłik John Walsh. Już Arystoteles i Plinjusz wspominają w swych pismach, że drętwy (torpedo) mają własność sprawiania silnych uderzeń elektrycznych. Nadzwyczajną siłę uderzeń elektrycznych, jaką wywołują te ryby, Walsh objaśnia tem, że w nich znajduje się organ specjalny, pozwalający im wydzielanie silnych iskr elektrycznych. Ten dziwny z pozoru pogląd był sprawdzony przez anatoma Johna Huntera; organ wymieniony został przez niego wyosobiony i stwierdzono jego własności elektryczne.

Powyższe badania zaokrągliły i wypełniły całokształt nauki o elektryczności statycznej. Jeżeli teraz zastanowimy się, w jak krótkim stosunkowo czasie było to wykonane, to będziemy mieli miarę, jak wielkie zajęcie w fizykach XVIII wieku potrafiły wzbudzić zjawiska elektryczne. Nie otrzymując jednak przez czas dłuższy żadnych wybitniejszych wyników, zajęcie, jakie pierwotnie wzbudzała elektryczność zaczęło słabnąć i trzeba było nowego popędu, ażeby to zajęcie nanowo obudzić. Popęd, dany przez nieśmiertelne odkrycie Galwaniego i Volty, wprowadził nowe życie do rozwoju wiedzy fizycznej i jak wiek XVIII można oznaczyć wiekiem elektryczności statycznej, tak znowu XIX stulecie poświęcone jest wyłącznie elektryczności galwanicznej. Pozostałe działy fizyki stoją niejako na uboczu i bardzo małe uwidoczniają postępy. Jeżeli rozpatrzemy najważniejsze fakty, jakie w ciągu XVIII wieku zdobyte zostały w innych działach fizyki, to oprócz już wyżej omawianych, będziemy mogli zestawić następujące wyniki.

W dziale optyki prace Newtona dały najważniejsze rezultaty. Poznane zostało dokładnie prawo powstawania barw widma i stwierdzono, że barwy te powstają zawsze wtedy, gdy światło białe przejdzie przez pryzmat trójsięenny. Obrazy przedmiotów, jakie otrzymywano w tym czasie w lunetach i mikroskopach miały zawsze obwódki barwne, składające się z kolorów widma, które utrudniały obserwacje. Poszukiwania Newtona wskazały, że barwne obwódki obrazów powstają w skutek załamania światła w soczewkach szklanych, na podstawie tego postarano się powyższą niedogodność usunąć. Angliłik John Dollond zauważył, że dwa gatunki szkielew angielskich, crown-glasowe i flintglasowe mają różne stopnie rozszczepiania

barw świetlnych, spróbował więc wykonać soczewki, złożone z obu tych szkła w ten sposób, ażeby stopień rozszczepienia jednego gatunku szkła był zniesiony przez szkło drugiego gatunku, i rzeczywiście po wykonaniu soczewki złożonej z trzech części, otrzymał obrazy zupełnie czyste bez żadnych obwódok barwnych. Wynalazek Dollonda umożliwił wykonywanie mikroskopów achromatycznych, dających obrazy bezbarwne t. j. nie otoczone barwnymi obwódkami. Hadley w 1731 roku opisał urządzenie sekstansu zwierciadłowego, bardzo ważnego przyrządu mierniczego. Metody mierzenia siły światła zostały wypracowane przez Piotra Bouguer i Jana Henryka Lamberta; ci określili zasady, od których zależną jest siła światła;



### Doświadczenia Galwaniego.

Według dzieła „De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius“.

szczególniej dokładnie określili prawo, że natężenie oświetlenia różnych przedmiotów jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratów z odległości tych przedmiotów od źródła światła. Lambert wykonał fotometr, za pomocą którego mógł porównywać natężenie różnych źródeł światła. Przyrząd ten składał się z pręta pionowego, umocowanego w nieznacznej odległości od ściany białej. Dwa zaś źródła światła, których siłę porównywał ustawiał w takiej odległości od pręta, ażeby natężenie odrzucanych przez niego cieni było zupełnie jednakowe. Na tej zasadzie powstały później więcej udoskonalone fotometry, które są bardzo ważnymi przyrządami w technice oświetlenia.

Tu należy przytoczyć rezultaty badań Jana Andrzeja Deluc'a 1727 — 1817), prowadzonych w dziale nauki o ciepłe. Deluc zauważył, że przy ogrzewaniu wody, zawierającej lód, termometr tak długo wskazuje 0°,





Aleksander Volta objaśnia w Paryżu Pierwszemu Konsulowi Napoleonowi Bonaparte zasadę swych stosów elektrycznych.  
Według obrazu Bertini'ego.

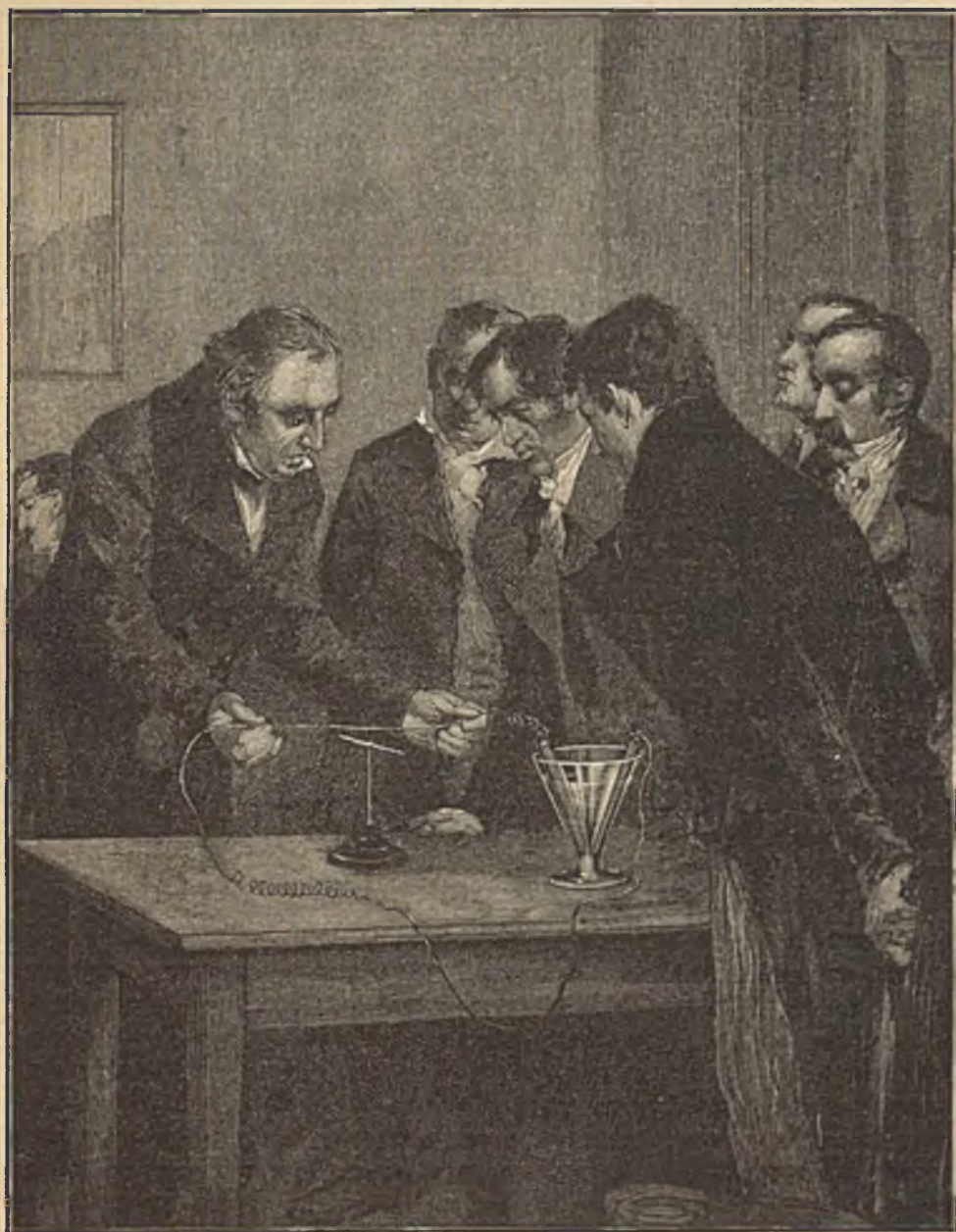
dopóki wszystek lód nie ulegnie stopieniu; od tej zaś chwili rtęć w termometrze zaczyna się podnosić. Znaczna więc ilość ciepła zużywa się wyłącznie na to, ażeby lód zamienić na płyn, czyli wodę, a wcale nie wpływa na podniesienie temperatury; ponieważ to ciepło zabiera w siebie woda i pozornie jakby je ukrywa, tak, że go nie można zauważyć, wskutek czego nazywano je „ciepłem utajonem“. Podobnie podczas wrzenia pewna ilość ciepła zużywa się nie na ogrzanie wody, ewentualnie na podniesienie temperatury lecz na zamianę wody w parę, termometr więc w tym czasie wskazuje stale jednakową temperaturę, a tę część ciepła nazwano także „ciepłem utajonem“. Pojęcie ciepła utajonego utrzymywało się bardzo długo i uważane było w nauce ciepła jako jedno z najważniejszych; nawet dzisiaj jeszcze, pomimo to że wytworzył się zupełnie inny pogląd na istotę ciepła, bywa jeszcze używane. Wilke określił także te ilości ciepła, jakich wymagają różne ciała na ogrzanie ich do jednakowej temperatury i oznaczył tym sposobem ciepło właściwe tych ciał. Ciepło właściwe jest dzisiaj podstawą, na zasadzie której wykonywają się wszelkie obliczenia teoretyczne przy zastosowaniu ciepła i ma olbrzymie znaczenie tak w nauce o cieple, jakoteż i w technice, szczególnie od czasu wynalezienia maszyny parowej, jest jednym z najważniejszych pojęć, jakie zdobyli fizycy i technicy dzisiejsi, z którym są obowiązani liczyć się. W 1777 roku chemik Karol Scheele zauważył i opisał własność rozchodzenia się ciepła za pomocą promieniowania. Ciepło promieniowania jest również ważnym czynnikiem w technice przy wszelkich urządzeniach, mających styczność z ogrzewaniem. Uwieńczeniem niejako badań nad ciepłem był rok 1780, albo ściślej 1775, w którym James Watt otrzymał patent na zaprojektowaną przez niego maszynę parową. Od tego czasu zdobyte wiadomości w zakresie nauki o cieple zaczynają nabierać wartości praktycznej, a największą sposobność do tego dostarczają kotły i przewody parowe, a także i maszyny parowe.

Początek XIX wieku w rozwoju wszystkich działów fizyki można oznaczyć jako punkt zwrotny. Kiedy do tego czasu nauka była uprawiana wogóle dla samej wiedzy, teraz ukazał się czynnik zupełnie nowy, który wywarł wpływ na bezprzykładny wzrost techniki w wieku XIX, który kategorycznie wskazywał, jakie tematy mają być opracowane i wymagał, jakie zagadnienia powinny być rozwiązane. Kiedy dla jednych badaczy zdobywanie wiedzy było ich głównym celem, inni dążyli znowu do tego, aby na podstawach naukowych mogła się rozwijać nadal technika. Wskutek takich zapatrywań wpływ filozofji na fizykę stawał się coraz mniejszym. Wprawdzie przy końcu XVIII w. byli niektórzy badacze, a wśród nich na pierwszym miejscu Newton, którzy zwalczali bardzo gwałtownie wpływ Kartezjusza, mimo to gdy panowanie jego nad umysłami wygasło prawie zupełnie w początku XIX stulecia, filozoficzne rozprawy na podstawie filozofji Kanta zdobyły sobie nowy wpływ na badania naukowe w ogóle, a szczególnie na badania w zakresie fizyki. Niestety, nie utrzymały się na tych drogach,

które Kant wyznaczył. Powstała bowiem wkrótce taka szkoła filozofów, która gdyby zdobyła sobie uznanie, zahamowałaby cały rozwój wiedzy przyrodniczej. Szkoła ta, której początku należy szukać u Albrechta von Hallera w jego zdaniu, że „każdy wyższy umysł nie powinien zgłębiać przyrody!“ osiągnęła najwyższe rozwinięcie za Hegla. Ten utrzymywał wtedy, że naturę należy poznać „a priori“, a niewtajemniczając się i nieznając ducha nauk przyrodniczych, odrzucił rozprawę matematyczną Ohma, napisaną w celu uzyskania stopnia doktorskiego. Często zarzucano, że rozwój techniki podporządkowuje filozofję i wprowadza do wiedzy kierunek realistyczny. A jednak zaprzeczyć się nia da, że do pogłębienia i zwiększenia obszaru naukowego poznania kierunek realistyczny przyczynił się daleko więcej, aniżeli Hegel ze swoją szkołą. Już w samej reakcji przeciwko hegeljanizmowi znajdujemy korzyść nieocenioną dla techniki.

Na schyłku XVIII wieku spotykamy się z odkryciem, które dla całej przyszłości miało najwyższe znaczenie. Lekarz włoski Aloisio Galvani (1738—1798) zauważył w 1791 r. jak udka żabie, odarte ze skóry i przyrządzone do przygotowania potrawy, leżące opodal maszyny elektrycznej, drgały, jak tylko z tej maszyny wydobywano iskrę elektryczną. Galvani przypisał to zjawisko pewnego rodzaju elektryczności zwierzęcej, znalezionej przez Walsha w drętwach (torpedo). Prawdopodobnie pogląd ten zostałby ogólnie przyjęty, gdyby nie Aleksander Volta (1745—1827) wybitny fizyk włoski, który początkowo skłaniał się do poglądów Galvaniego, przyszedł jednakże przy badaniach dalszych do zupełnie odmiennych wniosków. W roku 1783 połączył z kondensatorem wspomniany przez nas elektrometr, co mu dało możność do oznaczania najmniejszych ilości elektryczności. Przy pomocy tego przyrządu wykazał, że uda żabie nie mają własności ciał elektrycznych, lecz że w nich elektryczność wywołana została przez zetknięcie się z dwoma metalami. Za pomocą swego elektrometru Volta przekonał się, że ile razy następuje zetknięcie dwóch różnorodnych metalów, powstaje zawsze pomiędzy nimi prąd elektryczny. To doświadczenie wytworzyło nową dziedzinę elektryczności, nazywaną później elektrycznością galwaniczną albo galwanizmem, i przez to proste doświadczenie otworzył Volta nowy dział elektryczności, znaczenie którego dziś jeszcze jest wprost nieobliczalne dla przyszłości. Jeżeli z pomocą telefonów możemy porozumiewać się z prędkością 200 kilometrów na sekundę, jeżeli przy pomocy iskry elektrycznej mogliśmy zerwać okowy, jakie nakładał na człowieka czas i przestrzeń, jeżeli ciemnościom nocnym możemy dostarczyć tyle światła, że zamienia się prawie w dzień słoneczny, to do tego wysokiego stopnia rozwoju prowadzą nas w nieprzerwanym związku nici od wyżej opisanego a tak prostego, zasadniczego doświadczenia Volty. Ono jest zasadniczą podstawą dzisiejszego rozwoju w dziedzinie nauki o elektryczności i jej praktycznego zastosowania w elektrotechnice. Jeżeli kto zasłużył sobie na miano założyciela dzisiejszej elektrotechniki, to napewno nikt inny, jak tylko Volta. Nie zadawalnając się zdobytymi pojęciami, rozwijał je dalej

z biegiem czasu i jako pierwszy wynik jego badań naukowych było wykonanie stosu, nazywanego stosem Volty. Wykonany był na tej samej zasadzie, na jakiej w czasie obecnym urządzają się ogniwa galwaniczne, baterje, akumulatory, elementy suche i t. p. przyrządy. Stos taki składa się z blaszek okrągłych, ułożonych w słup pionowy w ten sposób, że każde dwie blaszki różnorodnych metali, mianowicie miedzi i cynku, przełożone są krążkiem sukienym, napojonym rozcieńczonym kwasem siarczanym. Krążek sukieny zastępuje miejsce pierwotnego uda żabiego; tworzy zarazem pomiędzy różnorodnymi płytkami metalowymi łącznik przenoszący elektryczność. Skrajne płytki tego stosu, albo ogniwa złączył za pomocą drutu, po którym zaczął krążyć wówczas bardzo silny prąd elektryczny. Stos Volty przez długi okres czasu przedstawiał najlepszy sposób do otrzymywania elektryczności i o ile był wyższy, to jest o ile z większej ilości ogniw był złożony, ten silniejszy prąd można było otrzymać. Wkrótce nastąpiło wszędzie ożywienie ruchu naukowego. Uczni zajęli się nowym przyrządem i stosowali go przy różnych poszukiwaniach przeważnie na użytek chemji. Blizko 20 lat ciągnęły się doświadczenia ze stosem Volty; samo urządzenie stosu ulegało częstym przemianom i ulepszeniom, ostatecznie zmieniono go w ten sposób, że nadano mu kształt tak nazywanego elementu galwanicznego, który formę zasadniczą przechował do dnia dzisiejszego. Doświadczenia, wykonywane ze stosem Volty doprowadziły fizyka duńskiego Jana Chrystjana Oersteda (1777 — 1851) do bardzo ważnego odkrycia. Kilkakrotnie wspominaliśmy, a między innymi przy omawianiu doświadczeń Gilbert'a, że od dawna przypuszczano o istnieniu pewnego związku pomiędzy elektrycznością i magnetyzmem. Odkrycie Oersteda zamieniło to przypuszczenie w pewność. Zauważył on, że ile razy prąd elektryczny przepływał po drucie, łączącym stos Volty, tyle razy znajdująca się niedaleko igła magnesowa zbaczała od swego pierwotnego położenia (z północy na południe). Jakkolwiek związek wewnętrzny między elektrycznością i magnetyzmem został ujawniony, to jednakże dostrzeżenie Oersteda zastosowane w inny sposób nabrało nadzwyczajnego znaczenia dla całej przyszłości elektrotechniki. Pracom Andrzeja Marji Ampèra (1775 — 1836) zawdzięczamy dokładne zbadanie odkrycia Oersteda i dalszy jego rozwój, który dał zdumiewające wyniki. W kilka dni po zapoznaniu się z doświadczeniami Oersteda zbadał on zaraz dokładnie prawa dotyczące się elektromagnetyzmu. Przekonał się, że prąd elektryczny nie tylko działa na położenie igły magnesowej, lecz także, że i prądy elektryczne oddziałują wzajemnie na siebie. Odkrył zasadnicze prawo, że dwa prądy galwaniczne przyciągają się wzajemnie, jeżeli kierunek prądów w obu drutach jest jednakowy; jeżeli zaś kierunek prądów jest odwrotny w obu drutach — to one odpychają się. Ampère dla udowodnienia tego prawa wykonał różne przyrządy odpowiednie. Najważniejszy wniosek jednak z doświadczeń Ampère'a wypływa ten, że w przyszłości zapatrywano się na magnes, jako na jądro żelazne, po którym płyną naokoło prądy elektryczne. Przygotowywano bowiem później elektromagnesy w ten



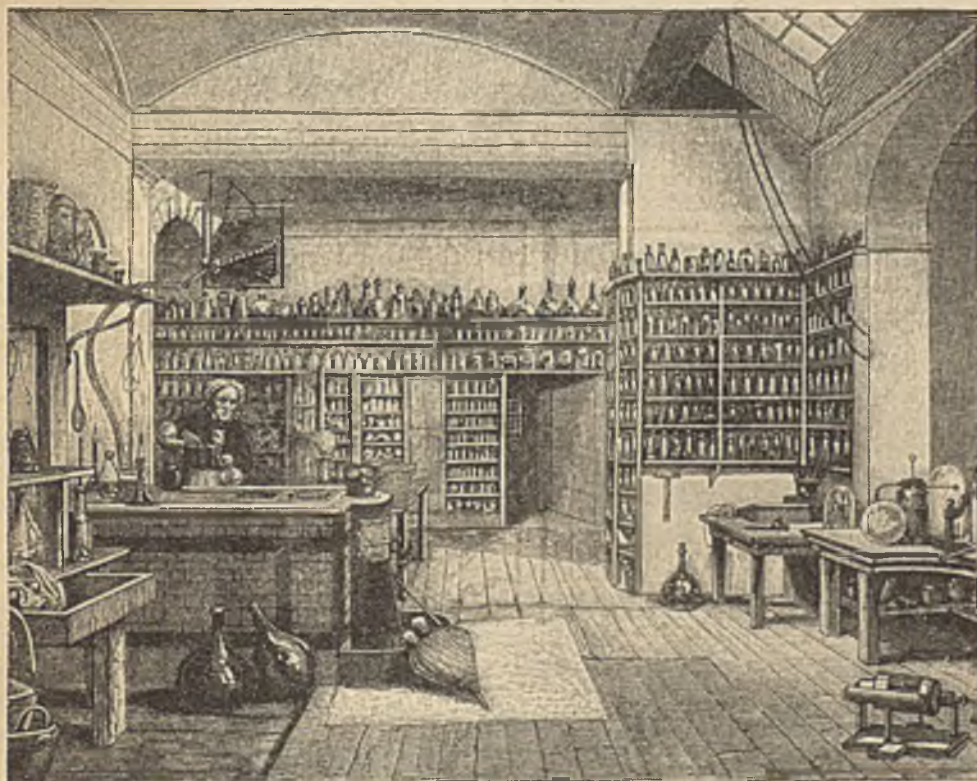
**Doświadczenia Oersteda, wykazujące odchylenie igły magnesowej spowodowane przez prąd elektryczny.**

Według rysunku K. Storch'a.

sposób, że kawałek żelaza miękiego otaczano drutem spiralnie, i przepuszczano przez drut prąd elektryczny. Pod działaniem prądu żelazo stawało się magnetycznym i utrzymywało tę własność dopóki prąd po drucie przepływał. Taki elektromagnes jest do dnia dzisiejszego najważniejszym

przyrządem prawie we wszystkich aparatach i machinach elektrycznych, bez względu na to, czy one służą do celów naukowych, czy do technicznych. Na działaniu elektromagnesów zasadzają się prawie wszystkie przyrządy do mierzenia elektryczności, medyczne aparaty elektryczne, telegrafy, dynamomaszyny, elektromotory i wiele innych; w ogóle, gdziekolwiek spojrzymy, prawie w każdym ze znanych przyrządów elektrotechnicznych spotykamy pod rozmaitą formą elektromagnes. Obok poznania praw elektromagnetyzmu i wynikającej zńąd budowy elektromagnesów nadzwyczaj ważnem było tak dla badania teoretycznego elektryczności, jak również i dla elektrotechniki, ustanowienie praw, jakim podlega prąd elektryczny. Tylko przez dokładne zbadanie tych praw, można było przeprowadzić wszelkie obliczenia, będące podstawą w obu powyższych dziedzinach nauki. Jeżeli dzisiaj chcemy przeprowadzić prąd elektryczny od dynamomaszyny do lampy łukowej, musimy już naprzód obliczyć o jakim napięciu powinien on wychodzić z dynamomaszyny, powinniśmy wiedzieć, jaki opór napotka w przewodniku, ile w nim podczas przejścia straci na sile i z jakim napięciem czynnem wejdzie do lampy. To samo odnosi się do każdego urządzenia elektrycznego, niezależnie od jego rodzaju i celu, jakiemu ma służyć. Jerzy Szymon Ohm (1789 — 1854) był właśnie tym, któremu zawdzięczamy zbadanie i ustalenie praw, tak ważnych dla całej elektrotechniki. Wydał on w 1827 r. małą rozprawę: „Obwód galwaniczny w opracowaniu matematycznym“, w której ogłosił najważniejsze prawo, nazywane odtąd prawem Ohma, które tak wyraził: „siła prądu galwanicznego jest proporcjonalną do siły elektrowzbudzającej i odwrotnie proporcjonalna do oporu w przewodniku“. Niezwykłą wartość i znaczenie tego prawa ocenił najlepiej Lommel w swej mowie, poświęconej temu wielkiemu fizykowi, w której krótkimi słowy tak je scharakteryzował: „Cały, tak znakomity rozwój elektryczności był możliwy tylko na zasadzie prawa Ohma“.

Przyznawszy Galwaniemu, Volcie i Ohmowi główną zasługę rozszerzenia w sposób nader szczęśliwy zakresu elektryczności galwanicznej, zwróćmy się teraz do fizyka angielskiego Michała Faradaya, który całe swe życie poświęcił wyłącznie badaniom zjawisk galwanizmu. Wszystkie swe doświadczenia, wykonane w tym dziale elektryczności umieścił w olbrzymim swem dziele „Experimental researches in electricity“, które przez 24 lata opracowywał pod względem doświadczalnym i literackim zarazem i w 3000 paragrafów zawarł całą swą nieocenioną wiedzę. Bardzo wiele z jego badań odnosi się do działania chemicznego prądu galwanicznego, co będzie uwzględnione w dziale o rozwoju chemji. Najważniejsze jego odkrycie dotyczy tak nazywanej indukcji elektrycznej. Widzieliśmy że Oersted odkrył wpływ, jaki wywiera na magnes prąd galwaniczny, Ampère zaś te doświadczenia poprowadził dalej i znakomicie uzupełnił. Na doświadczenia Oersteda zwrócił uwagę Ampère'a matematyk francuski Franciszek Jan Arago, który skłonił także Faraday'a do studjów w tym kierunku. Arago który sam w dziedzinie elektryczności niczego nie dokonał, zaznajomił ogół z doświadczeniami Oersteda i zwrócił uwagę na to



Faraday w swoim laboratorium, w Royal Institution w Londynie.

Według Jonesa „The life of Faraday“.

zjawisko, że miękie żelazo staje się magnesem, jeżeli naokoło niego przepływa prąd elektryczny. Faraday podczas dokładnego sprawdzania doświadczeń Arago zrobił znakomite odkrycie, zauważył bowiem, że jeżeli w jednym przewodniku powstaje prąd elektryczny, to wytwarza się także prąd i w sąsiednim drucie. To samo powstaje, jeżeli do przewodnika, po którym płynie prąd elektryczny, zbliżamy lub oddalamy jakiś inny przewodnik. W ten sposób w drucie niepołączonym ze źródłem prądu można wywoływać przez wpływ prąd elektryczny, tak samo w zwojach spiralnych drutu można prąd wywołać jeżeli wewnątrz zwojów pomieścimy magnes, czyli odbywa się wtedy zjawisko odwrotne jak przy elektromagnesach, gdzie prąd płynący po zwojach spiralnych drutu zamienia w magnes żelazo miękie, tam się znajdujące. Odkryta przez Faraday'a indukcja elektryczna i magnetyczna należy do najważniejszych zjawisk w zakresie elektryczności galwanicznej i ma najobszerniejsze zastosowanie. Na niej polega olbrzymia ilość wykonanych przyrządów, jak np. licznie stosowane aparaty indukcyjne w medycynie, induktory przy doświadczeniach z promieniami Röntgena, transformatory używane w elektrotechnice i wiele innych. Tylko dzięki odkryciu przez Faraday'a prawa indukcji okazało się możliwym

zużytkowanie energii wodospadu Niagary i zamiany jej na prąd elektryczny i przesłania go na odległość 45 kilometrów do miasta Buffalo, dokąd przybywa jednak z tak wysokim napięciem, że wprost do użytku stosowanym być nie może. Dopiero za pomocą przyrządów indukcyjnych, zwanych transformatorami napięcie to przetwarza się na inne, które już jest zdatne do oświetlenia i do przeniesienia siły dla celów przemysłowych.

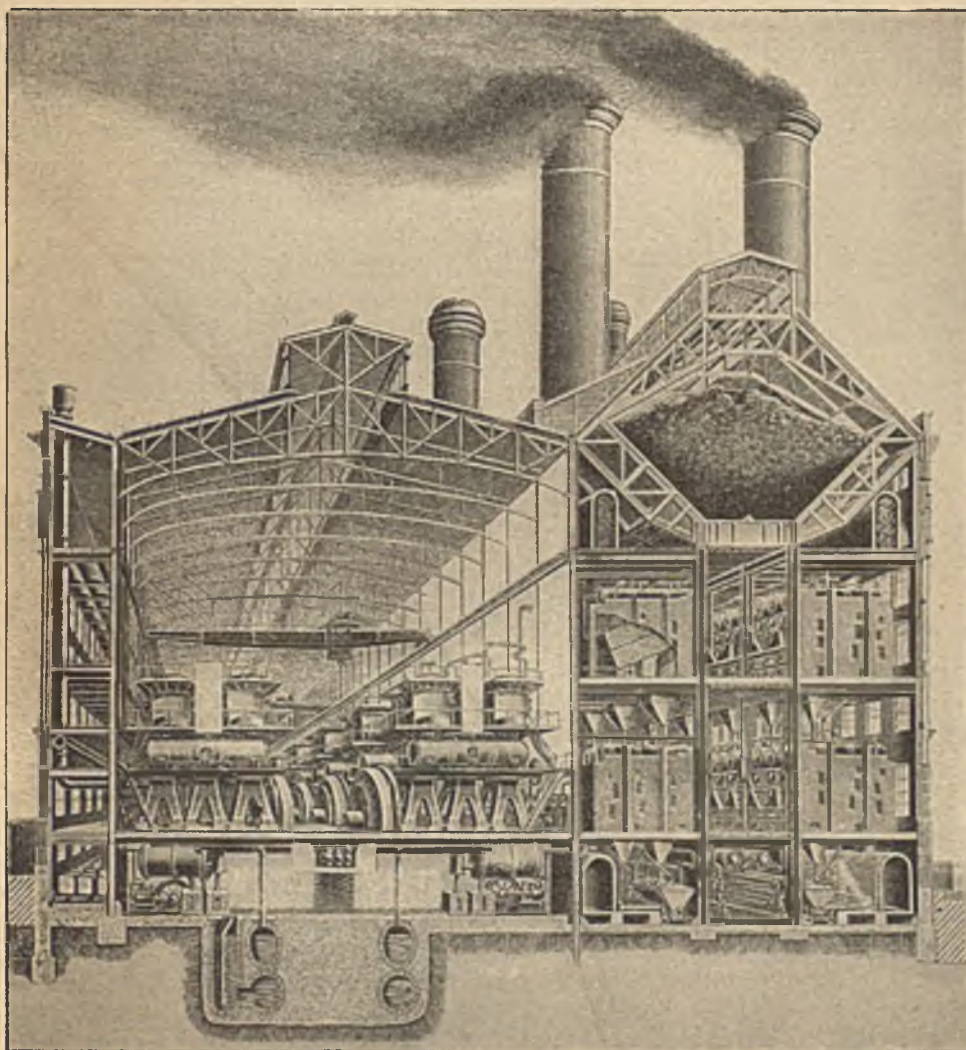
Gdy już teoretyczne studia różnych uczonych posunęły się bardzo daleko musiało nastąpić poznanie własności prądu galwanicznego i nastąpiło jego praktyczne zastosowanie przy nadzwyczaj ważnym wynalazku dla całej ludzkości, jakim jest wynalazek telegrafu. Wkrótce po odkryciu elektryczności dynamicznej zajęto się zaraz tą myślą, aby, korzystając z jej własności, zastosować ją do telegrafji; wszystkie jednak usiłowania różnych badaczy nie były uwieńczone pomyślnymi wynikami. Grunt do takiego zastosowania prądu jeszcze nie był dostatecznie przygotowany i nie zbadano jeszcze dokładnie jego własności. Jak tylko jednak zostały poznane prawa elektromagnetyzmu a zarazem i indukcji magnetycznej, wkrótce też udało się urządzić telegrafy elektromagnetyczne. Pierwsze tego rodzaju urządzenie zaprowadzone zostało w Getyndze w 1833 r. przez Karola Fryderyka Gaussa i Wilhelma Edwarda Webera, za pośrednictwem przewodnika, mającego 3000 stóp długości, łączącego obserwatorium astronomiczne z magnetycznym. Znaki tego telegrafu były otrzymywane w ten sposób, że od stacji wysyłającej do odbiorczej prąd przechodził po dwóch drutach

w kierunkach odwrotnie zmienianych za pomocą komutatora. Na stacji odbiorczej prąd przepływał po zwoju spiralnym, wewnątrz którego znajdował się magnes swobodnie zawieszony. Jeżeli po zwoju prąd przebiegał, to magnes w różny sposób był wyprowadzany z położenia spoczynku, zależnie od tego w jakim kierunku prąd przechodził od stacji wysyłającej do odbiorczej, t. j. uderzał na prawo lub też na lewo. Zwierciadelko połączone z magnesem wykonywało naturalnie te same razem z nim ruchy. Z kombinacji poruszeń zwierciadelka można było układać różne znaki i przesyłać w ten sposób telegramy z jednego miejsca do drugiego. Wada urządzenia polegała na tem, że trzeba było nieustannie obserwować poruszenia zwierciadelka, czyli że



Dawny telegraf optyczny.





Przekrój i widok wewnętrzny centralnych zakładów elektrycznych Edisona w New-Yorku.

telegraf nie dawał trwałych znaków piśmiennych. Pierwszy telegraf przesyłający znaki piśmienne zaprowadzony został w 1837 roku w Monachjum przez Augusta Steinheila; przyrząd ten jednak był bardzo złożony i nie uzyskał szerszego rozpowszechnienia. W tym samym roku amerykańczyk Sam. Finlay Breese Morse wynalazł telegraf samopiszący, nazwany jego imieniem, który przez długi czas był prawie wyłącznie używany przez wszystkie biura telegraficzne całego świata, dopóki telegraf Hughes'a drukujący głoski nie usunął tamtego na plan drugi. Dopiero w czasach najnowszych w telegrafji bez drutu, która w przyjmowaniu telegramów posługuje się aparatem Morse'a, przywrócono mu znaczenie

pierwotne. Jakkolwiek Steinheilowi nie udało się urządzenie praktycznego przyrządu telegraficznego, tem niemniej powinniśmy go uważać jako reformatora telegrafji, ponieważ on na podstawie prób wykonanych pomiędzy miastami Norymbergą i Fürthem przekonał się, że do przesyłania telegramów pomiędzy dwiema stacjami w obu kierunkach, dostatecznem jest, aby one były połączone za pomocą jednego tylko drutu. Drugi zaś drut, który przy jego doświadczeniach służył do odprowadzania prądu, doskonale mógł być zastąpiony przez ziemię, jeżeli ją za pośrednictwem dwóch płytek miedzianych połączymy ze źródłami prądu obu stacji. To urządzenie, stosowane obecnie wszędzie, ułatwiło znakomicie rozpowszechnienie urządzeń telegraficznych.

Wynalazek tak olbrzymiego znaczenia, jak telegraf, musiał naturalnie zmienić do gruntu całą istotę wzajemnego porozumiewania się ludzi. Podczas gdy dawniej telegrafy optyczne służyły wyłącznie do przesyłania wiadomości rządowych, to z końcem roku trzydziestego telegraf stał się instytucją publiczną, która znakomicie wpłynęła na rozwój handlu, na szybkość i ulepszenie korespondencji i ułatwiła zawiązanie stosunków międzynarodowych. Wskutek ulepszeń, zaprowadzonych w przyrządach telegraficznych, możemy dzisiaj w ciągu godziny przysyłać na dalekie przestrzenie po kilka tysięcy wyrazów.

Telegrafja, jako pierwsze zastosowanie praktyczne prądu galwanicznego, musiało naturalnie oddziaływać pomyślnie na rozwój nauki elektryczności dynamicznej, wymagała bowiem niezwłocznie ulepszeń w wielu swych urządzeniach, wskutek czego wiele jej praw musiało być ponownie sprawdzonych i dokładnie zbadanych. To też po zaprowadzeniu telegrafów widzimy zaraz, jak pojawia znaczna ilość odkryć i wynalazków w zakresie galwanizmu. Zasadnicza składowa część przyrządu telegraficznego, elektromagnes, był przygotowany w formach najrozmaitszych i wskutek ciągłych jego ulepszeń doszli już do tego, że mogą wykonywać elektromagnesy, zdolne do podnoszenia ciężarów tysięcentnarowych. Największy jednak postęp elektrotechniki odznaczył się w budowie prądnic. Już Faraday odkrył, że jeżeli krąg miedziany będziemy obracać między biegunami magnesu, to możemy otrzymać prąd elektryczny. Przy dalszem rozwinięciu tej zasady otrzymano z czasem maszyny, które wskutek obrotu rdzenia żelaznego pomiędzy biegunami magnesu mogły wytwarzać prąd o niesłychanem napięciu. O tych maszynach — prądnicach — będziemy mówić przy rozpatrywaniu rozwoju techniki; tutaj wspominamy, że podstawy naukowe dla tego rodzaju maszyn utworzyli przeważnie fizycy: Stöhrer, Gramme a przede wszystkim Werner Siemens, który w 1867 r. drogą czysto teoretyczną doszedł do ustanowienia tak nazywanej zasady dynamoelektrycznej. Podczas gdy dotychczas elektromagnesy wytwarzane były przez prąd obcy, po większej części otrzymany z baterji, Siemens przypuścił, że elektromagnetyzm można wywołać przez prąd własny samej prądnicy. Jeżeli w induktorze znajduje się prąd, to dostatecznem będzie przeprowadzić go

w sposób odpowiedni między biegunami magnesów, ażeby siłę ich powiększyć o tyle, o ile wymaga tego konstrukcja prądnicy. Rozwijając dalej pierwotną myśl swoją, Siemens wyprowadził zasadę, że ponieważ każdy kawałek żelaza przez wpływ magnetyzmu ziemskiego staje się w małym stopniu magnetycznym, dostatecznym będzie użyć jako ciała indukcyjne kawałek żelaza miękiego w kształcie podkowy, ażeby w induktorze prąd silniejszy wywołać; żelazo wtedy stanie się bardzo silnym magnesem. To jest główna zasada, na podstawie której budują się dzisiejsze prądnice.

Dla otrzymania odpowiedniego prądu, potrzebnego do telegrafji używają się elementy galwaniczne, które są tylko pewną odmianą stosu Volty. Bardzo łatwo pojąć, że przy silnem zapotrzebowaniu prądu telegrafja musiała oddziaływać przeważnie na ulepszenie tych przyrządów i rzeczywiście wkrótce powstają liczne sposoby wytwarzania nowych źródeł prądu w postaci elementów Daniela, Bunsena, Meidingera i Leclanche'a. Wskutek ciągłego ulepszenia elementów powstały tak nazywane elementy suche, niezawierające żadnego płynu, składające się prawie suchych materiałów i używane do tak



Werner Siemens.

nazywanych baterji kieszonkowych. Z elementów powstały tak nazywane baterje zbiorowe, albo akumulatory, które mogą zgromadzać prąd elektryczny i przez czas dłuższy go przechowywać do późniejszego użycia w razie potrzeby. Przy budowie akumulatorów wiele zasług położyli Planté i Faure a w czasach najnowszych Jungner. Akumulatory mają bardzo liczne zastosowania: przy oświetleniu elektrycznem, do poruszania wozów tramwajowych, samojazdów i t. p. Wskutek więc wynalazku telegrafu rozwinęło się bogato życie naukowe w tej gałęzi fizyki, życie, pochłaniające w tak wysokim

stopniu działalność uczonych, że musiało to wywołać pewną w tym kierunku reakcję, która w samej rzeczy niezadługo wystąpiła. To też od 1840—1860 działalność naukowa w dziedzinie elektryczności galwanicznej coraz się zmniejsza, a nawet czasami prawie ustaje. Rozpatrzmy zatem te postępy, jakie osiągnięto w początku XIX stulecia w innych gałęziach wiedzy fizycznej.

Początek wieku XIX zapisał się faktem niezwyklej doniosłości, mianowicie przez wprowadzenie we Francji metrycznego systemu miar, który ustanowiono prawem z d. 25 czerwca 1800 roku. Dla oznaczenia długości metra o czem pisaliśmy obszerniej w tomie IV tej pracy, powołano komisję składającą się z najznakomitszych fizyków, między którymi znajdował się Arago, komisję, która pracowała dziesiątki lat. Owocami tej pracy były liczne ulepszenia w różnych przyrządach i narzędziach fizycznych a także rozwój poznania w dziedzinie fizyki kosmicznej. Dzisiaj metr jest podstawą systemu miar w wielu państwach a dalsze jego rozpowszechnianie dobroczynnie wpływało na handel i ogólnie ludzkie stosunki. Późniejsze, dokładniejsze badania i pomiary wykazały, że metr nie odpowiada jednakowoż w zupełności warunkom, jakich wymagamy od normalnej jednostki miary długości, ponieważ nie przedstawia w sobie wielkości, któraby przez wieki nie ulegała żadnej zmianie. Podstawa jego, długość południka z biegiem tysiącleci ulegnie także zmianie i gdybyśmy kiedyś musieli odtworzyć jego długość to dla jednej dziesięciomiljonowej części ćwiartki południka otrzymalibyśmy inną wartość od tej jaka była wymierzona w 1800 roku. W ostatnich czasach wystąpiono z wnioskiem utworzenia nowej miary normalnej i jako podstawę do tego wskazano na długość fal świetlnych, jakie wysyłają pary jednego z pierwiastków chemicznych. Długość takich fal pozostanie na wieki nieulegającą żadnym zmianom; dla utworzenia takiej jednostki, jako pracę przygotowawczą, wymierzono długość fal świetlnych, wysyłanych przez pary różnych metali, a głównie metalu kadmu. Może być, że pary tego metalu będą kiedyś podstawą nowej jednostki miary długości a zarazem podstawą nowego systemu miar i wag. Wiek XIX oprócz wprowadzenia metrycznego systemu miar, nie odznaczył się niczem wybitnym, co miałoby jakiś ważny wpływ na ogół życia kulturalnego. Jako ważne pod względem naukowym doświadczenie, które budzi zainteresowanie z powodu towarzyszących mu okoliczności zewnętrznych, należy zanotować pokaz, jaki wykonał w 1851 r. fizyk francuski Bernard Leo Foucault (1819—1868) w paryskim Panteonie, gdzie za pomocą słynnego doświadczenia z wahadłem dowiódł obrotu ziemi około swej osi. Tak więc Galileusz został w sposób świetny usprawiedliwiony. Ponieważ płaszczyzna, w której wahadło odbywa swe wahania jest zawsze stałą i niezmienną, więc jeżeli ziemia obraca się około swej osi, to pozornie płaszczyzna wahań musi ulegać zmianie. I rzeczywiście, doświadczenie Foucault'a z wahadłem po upływie półgodziny już wykazało to pozorne odchylenie płaszczyzny wahań.

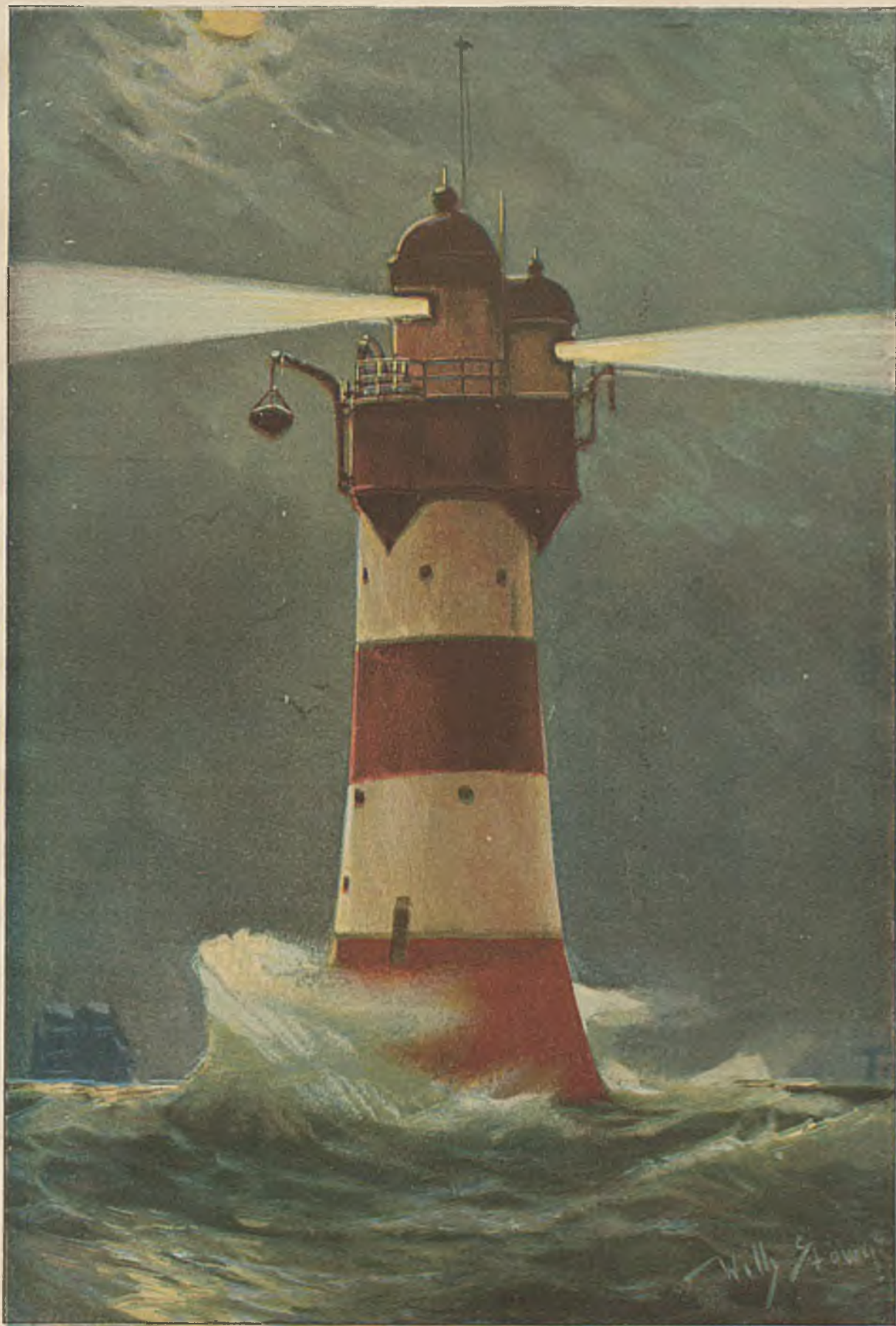


**Józef Fraunhofer przedstawia w Monachium swój spektroskop.**  
Według obrazu R. Wimmera.

W zakresie akustyki w ciągu XIX wieku pracowało bardzo niewiele fizyków, z pośród nich wyróżnia się Fryderyk Chladni, który całe swe życie poświęcił pracy w tej gałęzi fizyki i w ogłoszonym w 1802 jego dziele rozstrzygnięte zostało bardzo wiele zjawisk akustycznych; także zajmowali się akustyką, jakkolwiek tylko dorywczo, Ohm i Weber.

Daleko większem zainteresowaniem cieszyła się optyka. W 1808 r. oficer trancuski Stefan Ludwik Malus (1775 — 1812) odkrył nową własność światła — polaryzację. Zauważył, że światło odbite przy pewnych warunkach, ulega pewnym zmianom, które objaśniają się tem, że fale eteru, za pośrednictwem których rozchodzi się światło, w tym stanie drgają tylko w pewnej oznaczonej płaszczyźnie, nazywanej płaszczyzną polaryzacji. Ta własność polaryzacji światła jest bardzo ważną przy analizowaniu wielu ciał, które w świetle spolaryzowanym zachowują się inaczej niż w zwyczajnym. Za pomocą przyrządów polaryzacyjnych można określić bardzo dokładnie zawartość cukru w rozmaitych płynach jak np. w roztworach cukrowych, w soku cukrowym, winie i t. p. Lekarze używają ich także do badań fizjologicznych. Przyrządy polaryzacyjne są obecnie niezbędne w każdej pracowni fizycznej, chemicznej lub fizjologicznej.

Badania Newtona w zakresie optyki były też w dalszym ciągu prowadzone podczas XIX stulecia. Fizyk monachijski Fraunhofer (1787—1826), rozpatrując dokładnie barwy widma, zauważył, że całe widmo posiada bardzo wiele linii ciemnych, tak że pojedyncze jego barwy nie przechodzą gładko w następne, lecz pomiędzy niemi znajdują się przerwy, które oku ludzkiemu przedstawiają się w postaci ciemnych i wązkich pasków. Te ciemne paski, nazwane od swego wynalazcy linjami Fraunhofera w widmach różnych ciał przedstawiają się rozmaicie. Dokładne badania nad położeniem i ilością tych linii, wykonane przez fizyka Kirchhoffa i chemika Bunsena z Heidelbergu dały w rękę nowy sposób poszukiwań chemicznych na podstawie analizy widmowej. Przepuszczając przez trójścienną pryzmę promienie światła, wysyłane przez jakieś ciało, otrzymujemy widmo, które dla każdego ciała posiada inne własności, wyrażające się przeważnie w układzie i ilości linii Fraunhofera i tym sposobem dozwala zbadać dokładnie istotę badanego ciała. Kirchhoff i Bunzen tak wydoskonalili zasady analizy widmowej, że na jej podstawie można było określić skład chemiczny ciał niebieskich, o których wiemy dzisiaj, że składają się z tych samych pierwiastków chemicznych, z jakich utworzona jest i nasza ziemia. Analiza spektralna, oparta na pierwotnych badaniach Newtona, a przez Kirchhoffa i Bunsena doprowadzona do najwyższej doskonałości, świeciła jeden z najwyższych tryumfów, jakie kiedykolwiek osiągnęła wiedza! Z późniejszych wybitniejszych odkryć na polu optyki zaznaczyć należy wynalazek stereoskopu, dokonany przez Wheatstone'a w 1839 r. i soczewek strefowych przez Fresnela. Soczewki strefowe mają tę własność, że wychodzące z jakiegoś źródła światła promienie świetlne skupione w tych soczewkach rozchodzą się następnie w kierunkach równoległych. Są one używane przy latarniach



Latarnia morska przy ujściu Wezery.

morskich i wskutek tego światło z latarni morskich widzialne jest na odległości 50 kilometrów.

Różne zjawiska świetlne były również w ciągu XIX stulecia przedmiotem głębokich badań; do nich zaliczyć należy przedewszystkiem zjawisko fosforescencji, którem wyłącznie zajmował się Becquerel. Na podstawie badań długoletnich Becquerel rozróżnia pięciorakiego rodzaju fosforescencję: 1) fosforencja powstająca przez proste podwyższenie temperatury; taką okazują np. dyjament i fluspat; 2) fosforescencja, wywołana przez elektryczność, która zjawia się przy przepuszczeniu prądu elektrycznego przez rurki szklane, napełnione rozrzedzonymi gazami; 3) wywołana przez działania mechaniczne, przez krystalizację i łupanie; 4) fosforescencja pod wpływem działań chemicznych, jaką okazują niektóre rośliny i zwierzęta i 5) fosforescencja przez insolację czyli przez wystawianie bezpośrednio ciała na działanie promieni słonecznych, najczęściej spotykana i najlepiej zbadana. Becquerel przy dalszem badaniu fosforescencji odkrył takie zjawiska, które dzisiaj łączymy w oddzielną grupę ciał radioaktywnych.

Również bardzo ciekawe są badania nad fluorescencją, to jest własnością niektórych ciał i płynów, polegającą na tem że posiadają odmienne barwy przy świetle przechodzącem przez nie, a inne przy świetle padające z góry. Zjawiska te, jakkolwiek niezupełnie jeszcze wyjaśnione, były znane od bardzo dawna. Już w XVI wieku wspomina o nich Atanazy Kircher. Następnie przez czas dłuższy nie zajmowano się nimi, dopiero pierwszy Goethe zwrócił na nie uwagę w dodatkach do swego dzieła o nauce barw. Spostrzeżenia swe nad temi zjawiskami tak opisuje: „Jeżeli weźmiemy pasek świeżej kory z dzikiego kasztana i położymy go do szklanki z wodą, to otrzymuje się tam wkrótce piękny kolor błękitu, widoczny dla nas wtedy, jeżeli szklankę oświetloną postawimy na tle ciemnem; przeciwnie, jeżeli ją będziemy rozpatrywać pod światło, ukaże się nam piękna barwa żółta”. Ponieważ jednak uczeni nie zwrócili uwagi na to zjawisko, spostrzeżenie więc to zostało zapomniane i dopiero John Herschel w 1845 r. wskazał, że fluorescencja przedstawia wiele nowych zjawisk świetlnych. Odkrył znaczną liczbę ciał fluoryzujących, tak że przedmiot ten wskutek jego prac, szczególnie prac Stokesa został zbadany obszernie.

Niemniej zajmowano się także badaniami zjawisk interferencji, które prowadzone były prawie w ciągu całego stulecia. Pod nazwą interferencji pojmujemy barwne zjawisko świetlne, jakie powstają na bardzo cieniutkich blaszkach i warstewkach, ukazujące się np. na cienkiej warstwie oliwy znajdującej się na powierzchni wody, na powierzchni baniek mydlanych, na warstewkach tlenków żelaza, pokrywających stal odhartowaną. Poglądy na te zjawiska obecnie są zupełnie jasne, powstają one bowiem wskutek różnej długości fal promieni świetlnych. Interferencja łącznie z polaryzacją dostarczają nam wybornych sposobów do rozpoznawania własności świetlnych kryształów i różnych ciał niekryształicznych.



W sposób godny podziwu rozwój nauki o ciepłe w ciągu XIX stulecia doszedł do wysokiej doskonałości; najważniejszym jednak punktem tego rozwoju był rok 1841 w którym fizyk niemiecki i lekarz, Robert Mayer ogłosił swoją teorię mechaniczną ciepła, wykazującą związek pomiędzy pracą mechaniczną i ciepłem. Juljusz Robert Mayer urodził się 1814 r. w Heilbronn; przypadkowe spostrzeżenie nad kolorem krwi, wykonane w czasie jego pobytu na Jawie, skłoniło Roberta Mayera do zastanowienia się nad stosunkiem zachodzącym między wytwórczością a stratą ciepła, powstającą w ciele ludzkim. Na podstawie analizy krytycznej zależności wzajemnej obu tych czynników doszedł do przekonania, że musi istnieć jakiś związek, jakiś równoważnik między ciepłem i wytwarzaną w organizmie ludzkim pracą mechaniczną. Przy dalszem rozważaniu tej równoważności przedstawiło się w umyśle jego to ważne prawo przyrody, które pragnąc jeszcze dokładniej zbadać, opuszcza Jawę i powraca do Europy. Tu stosunki zachodzące pomiędzy ciepłem i pracą mechaniczną, ujął i wyraził zupełnie jasno zasady, które ogłosił w małej rozprawie, wydanej 16 czerwca 1841 roku. Jakież znaczenie ma to jego odkrycie? Najpierw oddało wielką usługę z powodu jasnego wykazania ścisłej zależności pomiędzy ciepłem i wykonaną przezeń pracą, a następnie udowodniło, że jak z jednej strony ciepło może być zamienione w pracę, tak samo praca mechaniczna może wydać odpowiednią ilość ciepła. Zamiana ta zasadza się na stałym prawie, według którego pewna ilość ciepła może wykonać oznaczoną ilość pracy i odwrotnie. Praca, albo jak dzisiaj mianują energja nie przepada nigdy. Jeżeli np. pocisk wyrzucony z działa uderza w płytę pancerną, następuje skutek tego jego ogrzanie, czyli energja pocisku zamienioną została w ciepło. Od uderzenia w kowadło młotem ten ostatni nagrzewa się wskutek wstrzymania energii udzielonej przez mięśnie, a więc ruchu i zamiany jej na ciepło; odwrotnie maszyny parowe zamieniają ciepło ogniska kotłowego na siłę, czyli na pracę albo energję. Ciepło powstające w elementach galwanicznych wskutek działania chemicznego zamienia się na energję elektryczną i t. p. Na podstawie tego prawa technik po oznaczeniu dokładnem składu chemicznego węgla kamiennego może dzisiaj dokładnie obliczyć, ile z niego może otrzymać ciepła i jaką ilość pracy wyda maszyna, do której wytworzone ciepło wprowadzi. Prawo to pozwala fizjologowi obliczyć ile ciepła wytworzy w organizmie dany pokarm. Dzięki temu prawu mamy najdokładniej określone procesy oddychania, odżywiania i przemiany materji w organizmie. Dla chemika prawo powyższe jest podstawą przy wszelkich jego obliczeniach, astronom wylicza, jaki zapas energii posiadają gwiazdy, krążące w nieograniczonym wszechświecie. Prawo to wykazało ostatecznie, że perpetuum mobile istnieć nie może i że pozornie nieskończony bieg ciał niebieskich z czasem musi ustać. Tak więc prawo o zachowaniu energii wprowadziło do dziedziny wiedzy nowe zupełnie poglądy, mające dla ludzkości wielkie znaczenie.

Prawo o zachowaniu energii było dalej rozwijane przez wielu badaczy, szczególnie przez Joula'a, który z tego prawa wysnuł zasady, pozwalające wyliczać współczynnik działalności każdej maszyny, wszystko jedno czy to będzie prądnica, czy silnica parowa, czy też elektryczna. W sposób podobny, jak Joule stosował to prawo do przemysłu maszynowego, Thomson i Berthelot badali prawa, według których następuje wywiązywanie się ciepła przy działaniach chemicznych i oni pierwsi na podstawie prawa o zachowaniu siły stworzyli zasady dla dzisiejszej termochemii. Zastosowanie tego prawa do fizjologii zawdzięczamy przede wszystkim Pettenkoferowi i Voitowi; zachowaniem się gazów zaś w stosunku do tego prawa zajmował się wyłącznie Regnault.

Odkrycie prawa o zachowaniu siły miało naturalnie wpływ przeważający w nauce o ciepłe. Tu wkrótce odkryto nowe drogi, wiodące do znakomitych wyników. Z pośród tych rezultatów, oddziaływujących na rozwój całej techniki, najwięcej ma znaczenia wynalezienie sposobu skraplania gazów. Już na początku XIX wieku przy zastosowaniu niskiej temperatury i wysokiego ciśnienia próbowano z dobrymi wynikami skraplać niektóre gazy. Szczególniej udało się Faraday'owi przy użyciu odpowiednich miesza-

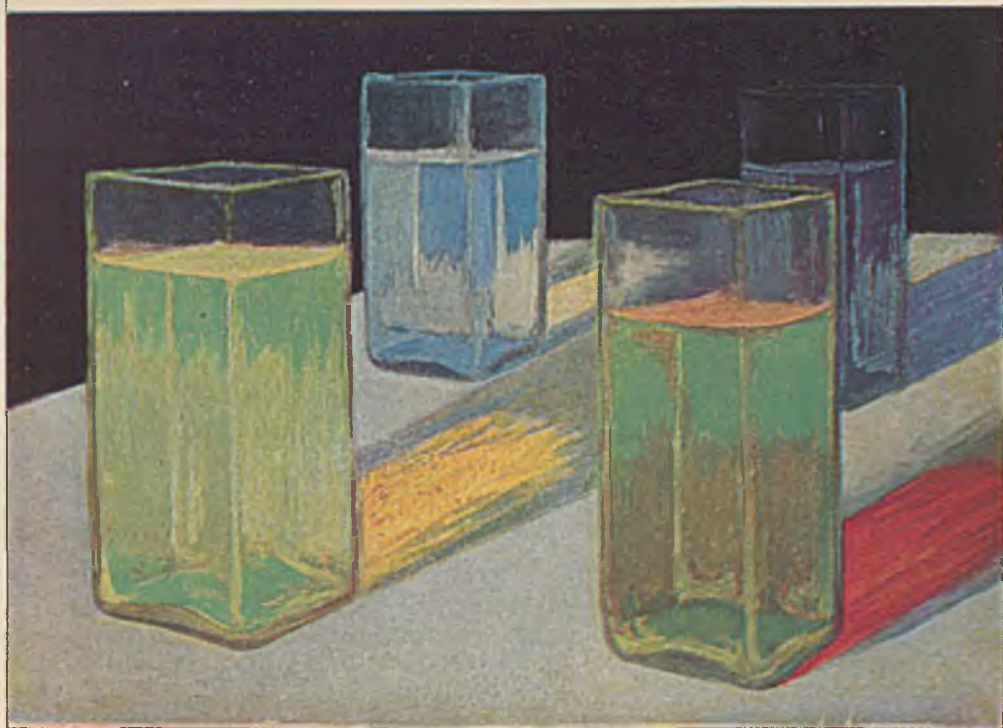
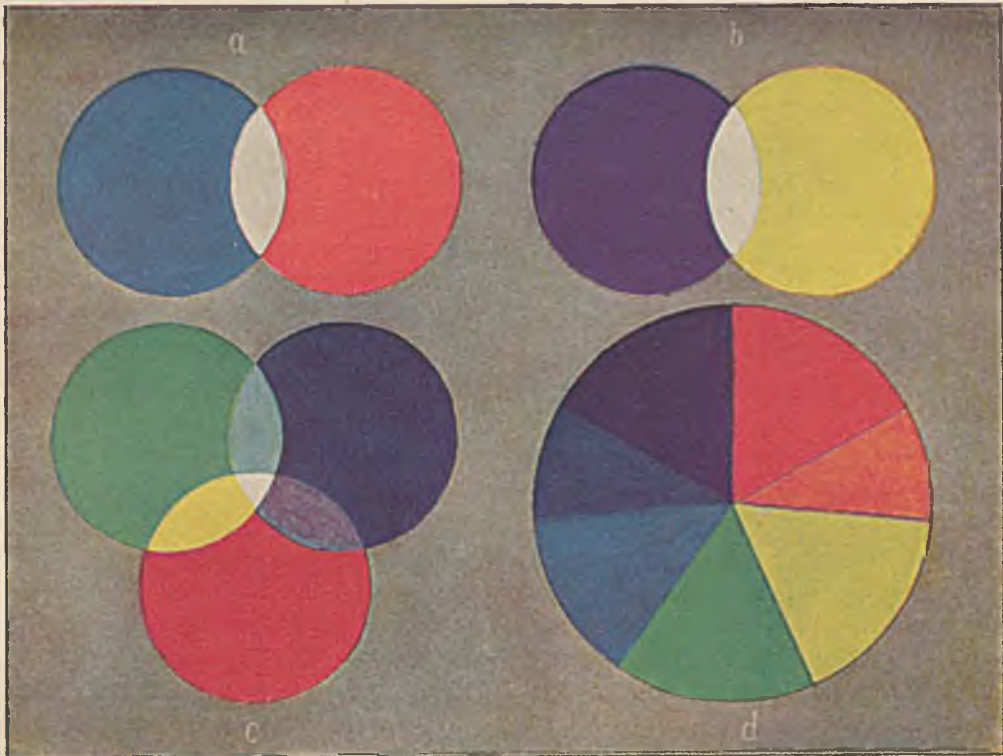
nin obniżyć temperaturę do  $-100^{\circ}$  i tym sposobem skroplić chlor, siarkowodór, arsenowodór, tlenek azotu i niektóre inne. Ponieważ jednak znaczna ilość gazów okazywała pewien opór i nie dała się zamienić na płyn, więc podzielono gazy na dwie kategorie: na gazy ściśliwe, t. j. takie, które można skroplić i na gazy stałe, których przy znanych wtedy sposobach nie można było doprowadzić do stanu ciekłego. Ten rozdział gazów trwał do 1877 roku, w którym fizykowi francuskiemu L. Cailletet i lekarzowi genewskiemu Raulowi Pictet, udało się skroplić niektóre z gazów stałych, jak tlen, wodór i azot. Obadwaj badacze pracowali samodzielnie i jeden nie wiedział nic o doświadczeniach prowadzonych przez drugiego. Skroplenie



Juljusz Robert Mayer.

nastąpiło wskutek jednoczesnego zastosowania bardzo niskiej temperatury i nadzwyczaj silnego ciśnienia. Doświadczenia te wykazały zarazem, że niema żadnej zasady do rozróżniania gazy na ściśliwe i stałe i pozwoliły do opracowania naukowego tematu o skraplaniu gazów. W tym kierunku odznaczyli się znakomicie Zygmunt Wróblewski, profesor fizyki na Wszechnicy Jagiellońskiej i Karol Stanisław Olszewski profesor chemji w tymże uniwersytecie. Pierwsze skroplenie gazów stałych zawdzięczamy wspólnym pracom Wróblewskiego i Olszewskiego, później jednak Olszewski poświęcił się temu sam wyłącznie, a badając własności fizyczne płynów i temperatury krytyczne, ciągle udoskonalał przyrządy, służące do skraplania gazów za pomocą których mógł skraplać dosyć znaczne stosunkowo ilości gazów. Przyrządy te, odznaczające się prostotą budowy i wygodą, wykonywane przez mechanika uniwersytetu jagiellońskiego W. Grodzickiego, były zamawiane przez szereg instytutów zagranicznych. Tym sposobem Olszewski skrapla i zamienia w stan stały bardzo wiele gazów, jak etylen, fluorek krzemu, etan, propan i inne, zamienia w stan stały wiele cieczy, jak alkohol metylowy, etylowy, eter etylowy, dwusiarczyk węgla i inne; w 1894 roku skrapla powietrze, stosując temperaturę —  $191^{\circ}$ , a w rok później skrapla najtrudniejszy dotąd z gazów, wodór, oznaczając jego temperaturę krytyczną na —  $234,5^{\circ}$  i temperaturę wrzenia na —  $243,5$ . Badania Olszewskiego prowadzi w dalszym ciągu Linde, który w 1897 roku zbudował przyrząd, pozwalający drogą dosyć prostą na otrzymywanie znaczniejszych ilości powietrza płynnego. Doświadczenia jego polegały na tem, że silnie zgęszczone i oziębione powietrze ulegało raptownemu rozszerzeniu, wskutek czego następowało jeszcze większe obniżenie temperatury, które oddziaływało znowu na jeszcze znaczniejsze ochłodzenie powietrza zgęszczonego. Tą czynność powtarzano tyle razy, dopóki nie osiągnięto tak silnego obniżenia temperatury, przy której powietrze ulegało skropleniu. Temperatura płynnego powietrza jest tak niesłychanie niska, że w niej rtęć i alkohol zamieniają się w ciała stałe, bańki mydlane tężeją, a wylanie płynnego powietrza na niektóre metale sprowadza zmianę ich wewnętrznej budowy, tracą wtedy swą ciągliwość i giętkość, stają się kruchemi i t. p. Techniczne stosowanie powietrza płynnego zaczyna zaraz rozpowszechniać; używają je do wytworzenia materji wybuchowej, tak nazywanego „oksylikwitu“, będącego mieszaniną powietrza płynnego z pyłem węglowym, która przedstawia tę dogodność, iż jest zupełnie bezpieczną, przygotowuje się bowiem przed samem jej użyciem. Na podstawie doświadczeń nad skraplaniem rozwinął się i utrwalił nasz dzisiejszy przemysł wytwarzania lodu sztucznego, który otrzymywać teraz można niezależnie od kaprysów przyrody i z zachowaniem wszelkich warunków, wymaganych przez higienę.

W zakresie optyki i akustyki prawo zachowania energii wytworzyło także nowe poglądy w badaniach naukowych. Jeżeli badania prowadzone w tym kierunku nie wydały wyników nadzwyczajnych, epokowych, to godne są zaznaczenia już choćby z tego względu, że skierowały umysły uczonych



### Barwy dopełniające i barwy cieczy fluoryzujących.

- a* i *b* Barwy dopełniające, barwy uzupełniające się nawzajem w barwę białą (pomarańczowa i niebieska, żółta i fioletowa).  
*c* Powstawanie barw mieszanych.  
*d* Krążek barwny. Na krążku wprawionym w szybki obrót barwy tęcze, czerwona, pomarańczowa, żółta, zielona, jasno-niebieska, błękitna i fioletowa, sprawiają wrażenie światła białego.
- Ciecze fluoryzujące, okazujące w świetle padającym zabarwienie odmienne, aniżeli w świetle przechodzącym. Na lewo z przodu uran, na prawo z przodu eozyna, na lewo z tyłu eskulina; na prawo z tyłu zwykła, niefluoryzująca ciecz błękitna, która w różnicy od cieczy fluoryzujących ukazuje się jednakowo zabarwiona w świetle padającym i przechodzącym.

na te dwa nieco zapomniane działy. Po odkryciu prawa o zachowaniu energii starano się w każdej gałęzi wiedzy osiągnąć z niego pewne jakieś stałe wyniki i wskutek tego trzeba było zająć się także optyką i akustyką. Zajęcia te wydały błogie owoce. Ponieważ prędkość przedstawia się jako pewna forma energii, więc najpierw zwrócono się do pomiarów różnych prędkości, ażeby potem na podstawie prawa Mayera zbadać ilość wytwarzanej energii. Jakkolwiek stosowanie tego prawa okazało się niemożliwym dla tych prędkości, które opierają się na hipotezie eteru wszechświatowego, to jednakże próby same i otrzymane ztąd wyniki przedstawiają niezwykle interes. O pomiarach szybkości, z jaką rozchodzi się dźwięk, jużśmy wspominali. Ostatnie badanie w tym kierunku było wykonane w nocy d. 22 czerwca 1822 roku przez Arago, Prony i Mathieu na jednej stacji i przez Aleksandra von Humboldta, Gay-Lussac'a i Bouvarta na drugiej.

Ustawiono działa między Villejuif i Monthéry pod Paryżem i z różnicy czasu, jaki upłynął między dostrzeżeniami światła i huk wystrzału obliczono, że prędkość dźwięku wynosi 340,8 metrów na sekundę. Wynik ten później okazał się niezupełnie dokładnym, gdyż nie uwzględniono przy wyliczaniu pewnych wpływów, jak temperatury i wilgotności powietrza. Regnault w 1862 i 1863 roku wykonał powtórnie powyższe doświadczenia, unikając wszelkich możliwych błędów i notowania ważniejszych momentów, jak za-

palanie naboju działowego i t. p., przekazywał drogę telegraficzną. Na podstawie tych badań znalazł prędkość dźwięku 330 metrów na sekundę. Doświadczenia Fizeau (1849) i Foucault (1854) wykazały prędkość rozchodzenia się światła na 300 330 kilometrów na sekundę, co w 1874 roku potwierdzone zostało przez Cornu.

W tym samym czasie, kiedy rozpoczęte zostały badania nad prędkością światła, nastąpiła nowa era także dla optyki fizjologicznej. Właściwym jej twórcą był Herman von Helmholtz, który pierwszy spostrzegł, że soczewka oka nie posiada stale jednakowej krzywizny, lecz ulega zmianie zależnie od

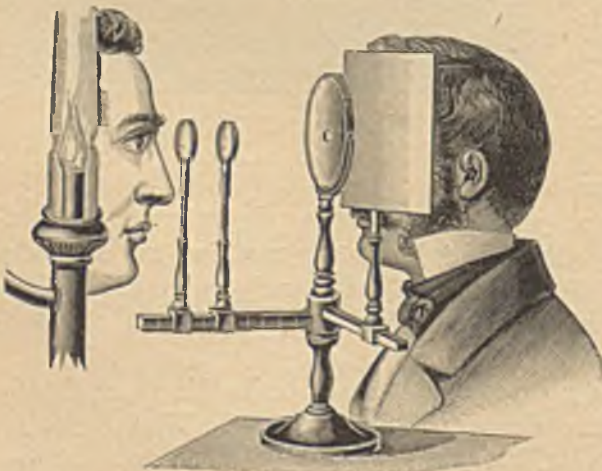


**Herman Helmholtz.**

Według fotografii.

odległości przedmiotu, na który wzrok został skierowany; tylko skutek tej zdolności do odkształceń krzywizny soczewki, czyli tak nazywanej zdolności przystosowywania (akomodacji), możemy wyraźnie widzieć dany przedmiot. Ważniejszym jednak od tego było urządzenie osobnego przyrządu, tak nazywanego wziernika ocznego; odkrycie to miało nastąpić zupełnie przypadkiem: jakiejś dziewczynie wpadło coś do oka; Helmholtz, pragnąc łatwiej usunąć proszek z oka, zastosował do tego lupę, przy pewnym położeniu której dostrzegł niespodzianie ku wielkiemu swemu zdumieniu oświetloną powierzchnię wewnętrzną oka. Przy pewnym położeniu lupy dostał się do oka przez źrenicę pęczek promieni świetlnych, tak, że przez to samo szkło powiększające można było dokładnie rozpatrywać wewnętrzną powierzchnię oka. Helmholtz poznawszy doniosłość tego wypadkowego spostrzeżenia, wydoskonił w sposób naukowy metodę pierwotną i zbudował przyrząd, wziernik oczny, przynoszący znakomitą pomoc w okulistyce. Z pomocą tego przyrządu lekarz obecnie może dokładnie badać wnętrze oka, z tego więc względu powyższy wynalazek możemy zaliczyć do liczby tych, które najwięcej przyniosły ulg i dobra dla ludzkości. Helmholtz większą część swego życia poświęcił badaniom optyki fizjologicznej. Działalność swą w tym kierunku rozpoczął rozprawę „O pracach przyrodniczych Goethego; w 1866 r. ukazało się jego najznakomitsze dzieło: „Podręcznik optyki fizjologicznej“, a jeszcze w ostatnich dniach swego życia odkrył i zbadał znajdujący się w oku barwnik, nazywany „czerwienią wzrokową“. Był to badacz nadzwyczaj sumienny, bezstronny, cały oddany wiedzy w tym właśnie zakresie, który najwięcej dobra przynosił ludzkości.

W połowie XIX stulecia nastąpiło także znaczne ulepszenie fotometrów, przyrządów, służących do mierzenia siły światła. Bunsen do tego celu wykonał bardzo prosty przyrząd, często używany, składający się z ramki kwadratowej, w której umocowany jest odpowiedniej wielkości arkusz pa-



Wziernik oczny Helmholtza.

pieru, mający na środku okrągłą tłustą plamę. Plama ta w papierze staje się niewidoczną, jeżeli będzie z obu stron jednakowo dokładnie oświetlona. Chcąc więc zmierzyć siłę dwóch źródeł światła, czyli wykazać ile razy jedno z nich jest silniejsze od drugiego, należy po ustawieniu słabszego w pewnej odległości od zasłonki papierowej, silniejsze światło odsuwać dotąd, dopóki plama tłusta w papierze stanie się niewidzialną. Stosunek tych



**Tomasz Alwa Edison przy swym fonografie.**

Według obrazu A. A. Andersona.

światła wyrazi się stosunkiem kwadratów z ich odległości od zasłony papierowej. W tym i podobnych przyrządach siła światła była oceniona przez narząd wzroku, mogły więc łatwo powstawać omyłki; to też widoczny jest znaczny postęp w fotometrze, wykonanym przez Wernera Siemens, w którym możliwość pomyłek została usunięta. Metal selen ma taką własność, że jego przewodnictwo elektryczności zmienia się zależnie od jego stopnia oświetlenia. Własność powyższą selenu zużytkował Siemens przy wykonywaniu swego fotometru.

Mikroskopy w drugiej połowie ubiegłego stulecia były także znakomicie udoskonalone. Największe zasługi w tym kierunku położył profesor Abbé, prowadzący dział naukowy instytutu optycznego Karola Zeissa. W mikroskopie w miarę wzrostu stopnia powiększenia, ulega w nim zmniejszeniu siła oświetlenia. Przy bardzo znacznych powiększeniach, jakie są potrzebne w badaniach bakterjologicznych, Abbé usunął stratę światła za pomocą specjalnie urządzonego przyrządu oświetlającego, który znacznie rozjaśniał pole widzenia w mikroskopie. Przy pomocy tego przyrządu, noszącego miano od nazwiska swego wynalazcy, a także przy pomocy metody

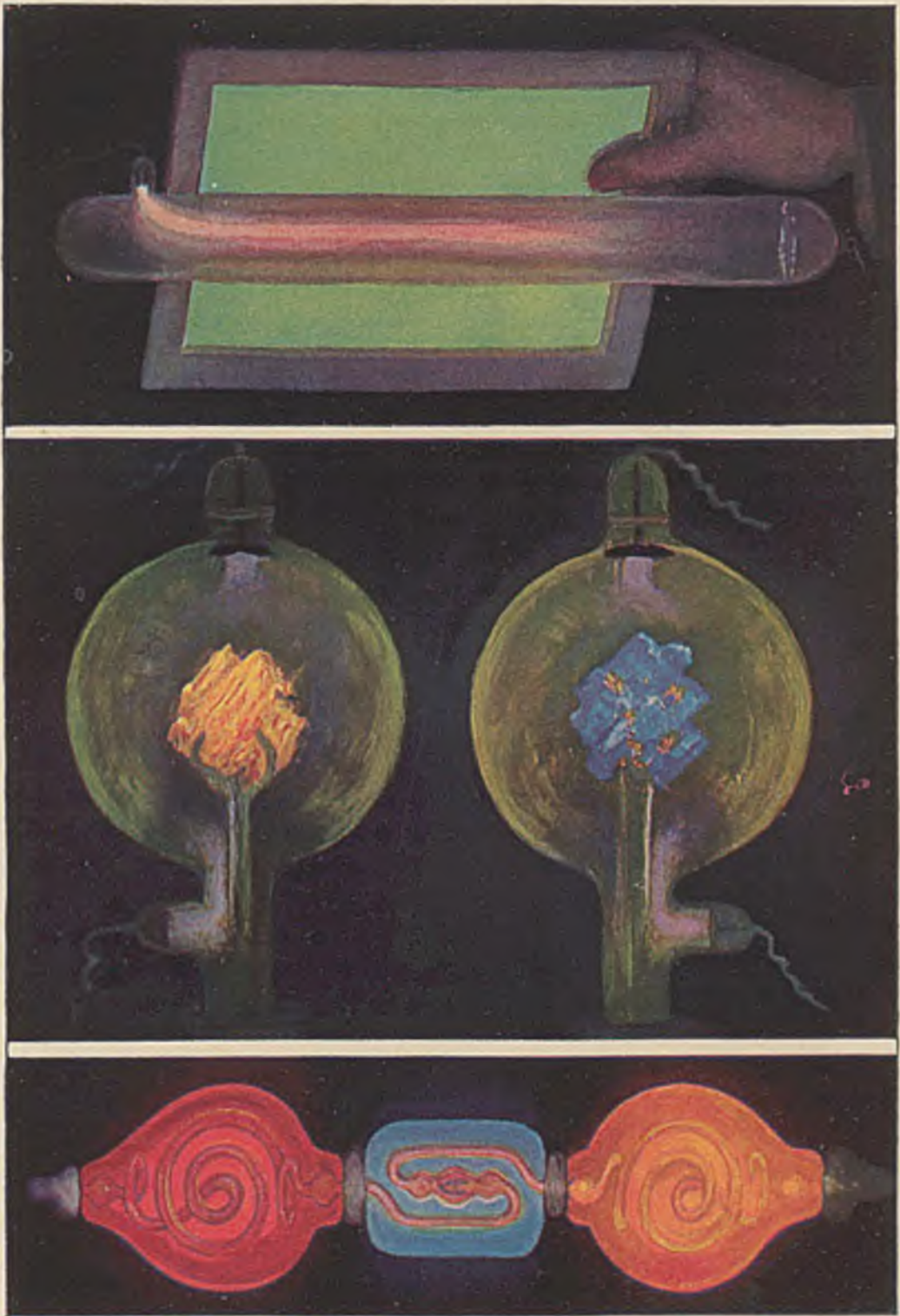
immersyjnej, wprowadzonej w 1861 r. przez Harnacka, stał się możliwym postęp w bakterjologii współczesnej. Metoda immersyjna polega na użyciu bardzo silnie powiększającego szkła przedmiotowego, do którego pod spodem przylega kropla płynu, mającego taki współczynnik załamania, że w możliwie wysokim stopniu wyrównywa stratę w oświetleniu pola widzenia w mikroskopie.

Po chwilowym spokoju, jaki zapanował w elektrotechnice od 1840 do 1860 roku, nastąpiła znowu żywsza działalność w tej gałęzi umiejętności, zaznaczająca się ulepszeniem pożytecznych przyrządów i szeregiem nowych wynalazków. Najważniejszym z nich był wynalazek telefonu. Jako wynalazcę tego przyrządu należy uważać Filipa Reissa (1834—1874), który go też nazwał telefonem. Pierwotnie wykonany (1861 r.) przez niego dosyć niedokładny przyrząd ulepszył (1876 r.) Graham Bell z Bostonu, który za pomocą reklamy amerykańskiej tak zręcznie wprowadził go do użytku, że często przyznawano mu zasługę rzeczywistego wynalazcy, gdy tymczasem Filip Reiss rozczarowany i zniechęcony umarł prawie w zupełnym zapomnieniu. W końcu przypomniano go sobie i nawet postawiono mu pomnik w jego rodzinnem mieście Gelnhausen. Dyrektor poczt niemieckich Stephan najpierw ocenił znaczenie telefonu, ulepszonego przez Bella, on też 12 listopada 1877 r. zaprowadził w Berlinie pierwszą sieć telefoniczną. Wkrótce urządzenia telefoniczne zaczęły się bardzo szybko rozpowszechniać i w wielu razach zastąpiły komunikację telegraficzną. Z początku telefon był używany tylko do porozumiewania się pojedynczych urzędów pocztowych, od 1880 r. wprowadzony został do załatwiania ogólnej komunikacji. Dzisiaj jest to najszerzej stosowany sposób do wymiany codziennych potrzeb i wymiany myśli, a dzięki umowom międzynarodowym możliwem się stało porozumiewanie się z miastami nadzwyczaj oddalonymi i znajdującymi się w różnych krajach; jest instytucją publiczną, z której mogą korzystać nie tylko państwa, lecz i człowiek prywatny.

Nadzwyczaj ważnem ulepszeniem telefonów jest zastosowanie do nich mikrofonów, przyrządów, służących do wzmacniania dźwięków. Główną częścią składową mikrofonu są pręciki węglowe odpowiednio ułożone, lub też pewna ilość ziarenek węglowych. Drgania, jakim ulegają węgielki mikrofonu, wzmacniają dźwięki i używane są nie tylko do telefonów, lecz bardzo często do pomiarów naukowych, szczególnie w pracowniach podczas mierzenia oporu różnych metali, przewodnictwa w drutach i t. p., gdzie stosują się telefony z mikrofonami.

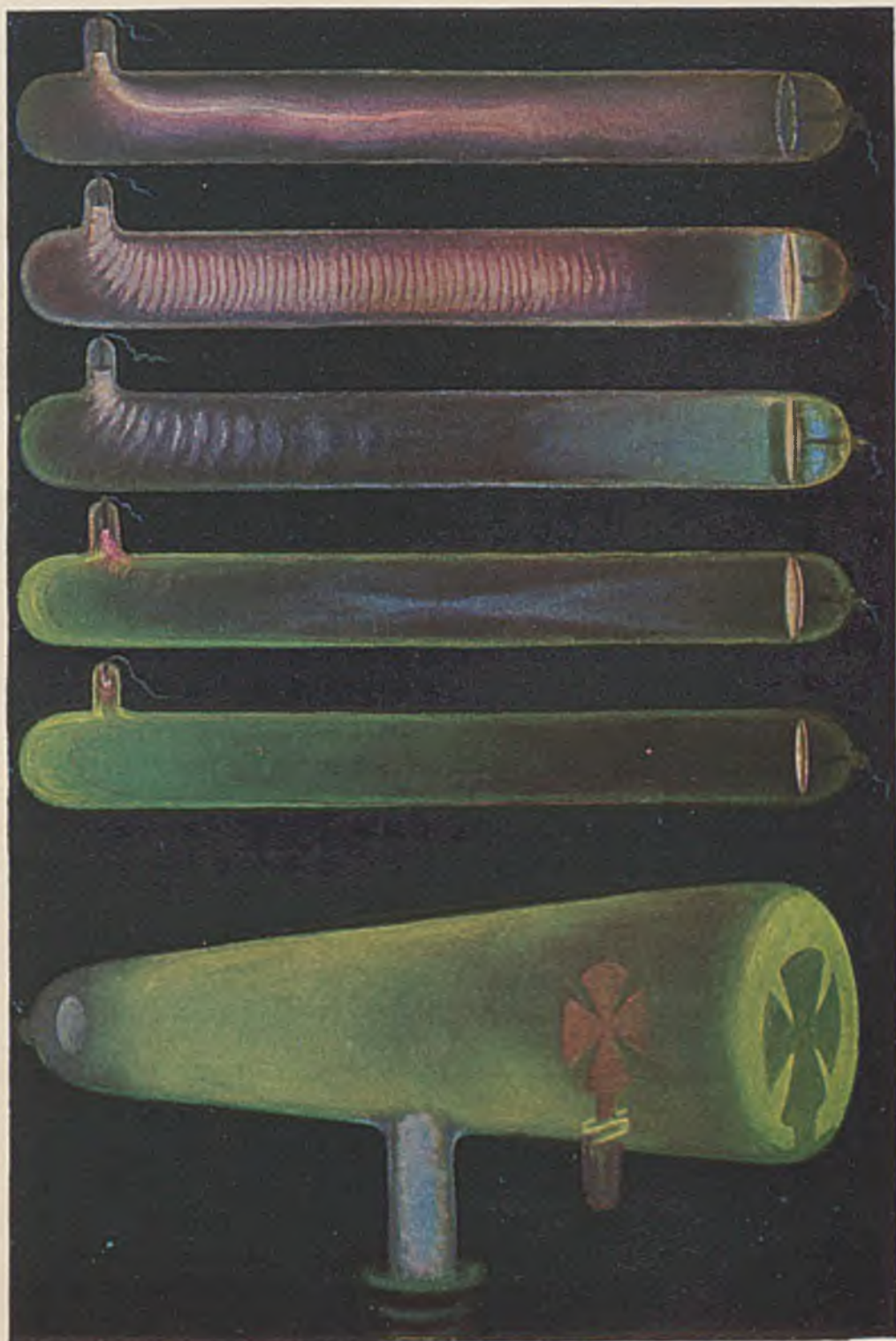
Do przyrządów elektrycznych należy także fonograf, który pierwotnie służył do graficznego kreślenia drgań, powstających w ciałach dźwięczących. Pierwszy taki przyrząd wykonał w 1830 roku Wilhelm Weber w Göttingen. Istotne ulepszenie powyższego przyrządu przeprowadził Tomasz Alwa Edison, który dla ujednostajnienia ruchu wałka, służącego do graficznego przedstawienia drgań, zastosował najpierw przyrząd zegarowy,





### Elektryczne objawy świetlne. I.

1. Świecenie ekranu pokrytego cyankiem baru i platyny, wystawionego na promienie katodalne.
2. Świecenie w rurach Crookes'a różnych minerałów, w oświetleniu zwykłym bezbarwnych.
3. Rura Geisslera napełniona cieczami rozmaicie zabarwionymi.



### Elektryczne objawy świetlne. II.

1. Pięć rur Geisslera, zawierających powietrze w różnym stopniu rozrzedzenia. Powietrze pozostałe w opróżnionych działaniem pompy rurach świeci przy przebiegu prądu elektrycznego światłem rozmaitem, a to zależnie od swej gęstości.
2. Cień elektryczny, rzucany przez krzyż osadzony wewnątrz rury, w której przebiegają promienie katodalne. Dowód, że z katody rozchodzą się promienie.

potem złączył go z silnikiem elektrycznym i nadto zaprowadził wszelkie ulepszenia, których ten przyrząd wymagał. Mimo to wszystko fonograf, oprócz podrzędnego znaczenia naukowego, pod względem praktycznym dotychczas jest zabawką; być może w przyszłości nabierze większego znaczenia.

Oprócz praktycznego stosowania elektryczności w postaci różnych narzędzi i przyrządów zajmowano się także i jej teorią w drugiej połowie zeszłego wieku i prace w tym względzie doprowadziły do cennych wyników. Widzieliśmy, że Franklin przez swe poglądy wprowadził na błędne tory teorię elektryczności. Dopiero Maxwell zawrócił ją z tego kierunku i wskazał, że do objaśnienia zjawisk elektrycznych, należy w równym stopniu, jak dla zjawisk świetlnych i cieplnych przyjąć także teorię eteru. Przyjąwszy eter, jako pierwotną przyczynę zjawisk elektrycznych, usuwamy naukę o elektryczności z odosobnionego stanowiska, nadanego jej przez teorię Franklina i stawiamy ją w harmonijnem położeniu razem z innymi umiejętnościami fizycznymi. Maxwell zasadniczą myśl rozwijał dalej, a w znanem swem prawie, nazwanem na jego cześć prawem Maxwell'a, dowiódł istotnego związku zjawisk elektrycznych z innymi umiejętnościami fizyki, szczególnie zaś ze zjawiskami optycznymi. Wykazał przy pomocy swych doświadczeń, że fale elektryczne, podobnie do fal świetlnych mogą się odbijać, załamywać, mogą się zbierać także w jednym ognisku i t. p., w ogóle, fale elektryczne zasadniczo zachowują się zupełnie tak samo jak fale świetlne. Potwierdzenie teorii Maxwella znajdujemy w doświadczeniach Tesli, który za pomocą fal elektrycznych otrzymał światło. Jeżeli pewną ograniczoną przestrzeń napełnimy drganiami, ewentualnie falami elektrycznymi, to rurki szklane, posiadające wewnątrz próżnię, czyli tak zwane rurki Geisslera, zaczynają świecić, jak tylko spotkają się z falami elektrycznymi. Zjawisko powyższe jest doskonałym dowodem teorii Maxwella i tylko na jej podstawie może być objaśnione; teoria Franklina w tym względzie jest bezsilna—nie daje żadnego sposobu wytłomaczenia. Dalsze prace nad falami elektrycznymi, którym po przyjęciu teorii Maxwella poświęciło się wielu fizyków, doprowadziły do odkrycia promieni Röntgena.



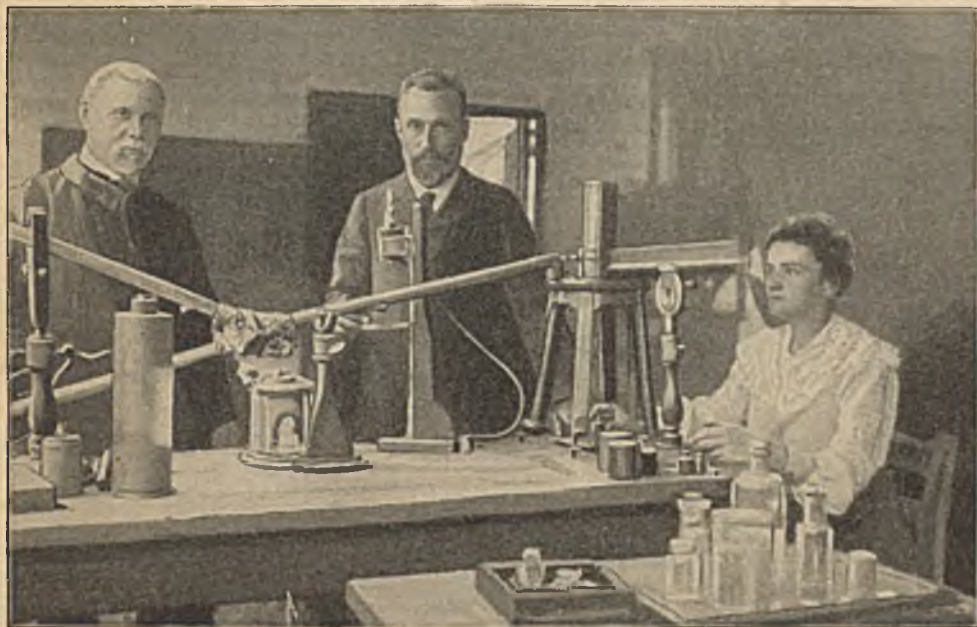
Wilhelm Konrad Röntgen.

W połowie XIX stulecia pierwszy raz zwrócono baczną uwagę na łatwość, z jaką powietrze staje się dobrym przewodnikiem elektryczności; do czego przyłączyły się badania nad rozchodzeniem się elektryczności

w próżni. W 1853 r. fizykowi francuskiemu A. Massonowi udało się po raz pierwszy przeprowadzić przez próżnię Torricellego silny prąd elektryczny z aparatu indukcyjnego. Zauważył on zarazem wywiązywanie się szczególnie bladego światła fosforycznego. Przekonano się, że Masson wykonał to doświadczenie nie posiadając całkowitej próżni i wskutek tego przyjęto za zadanie, ażeby otrzymać możliwie doskonałą próżnię. W tym celu Gassiot przygotował rurki szklane, w których za pomocą pompy powietrznej wytworzono próżnię i używano do badań nad przechodzeniem elektryczności w przestrzeniach z rozrzedzonym powietrzem i nad powstającymi wtedy zjawiskami. Henryk Geissler w Bonn (1818—1810) doszedł do takiej wprawy w przygotowaniu podobnego rodzaju rurek, że one otrzymały nazwę od jego nazwiska; wykonywał je w ten sposób, że albo usuwał z nich prawie zupełnie powietrze, lub też pozostawiał bardzo rozrzedzone powietrze albo innego rodzaju gazy. Pierwsze takie rurki wykonał Geissler w 1858 roku z polecenia Plücker'a z Bonn. Jeżeli przez rurki Geisslera przepuścimy prąd elektryczny, to zależnie od rozrzedzenia i rodzaju użytego gazu powstaje różnorodne, barwne światło, które posiada zadziwiające uwarstwowanie. Jasność i wspaniałość światła wychodzącego od elektrodu dodatniego, czyli tak zwanego światła katodowego, stosowaną bywa do wywołania przeróżnych zjawisk barwnych, szczególnie do oświetlenia różnych kryształów, które wtedy w rurek Geisslera wydają cudownie piękne barwne światło.

Im więcej w rurek Geisslera rozrzedzamy powietrze lub gazy, tem mniej świetne otrzymujemy zjawiska barwne, a przy pewnym rozrzedzeniu powstaje przestrzeń ciemna, która się zwiększa pod względem natężenia w miarę zwiększającego się rozrzedzenia gazów w rurek. Przy pewnym stopniu rozrzedzenia znika piękne światło katodowe i ciemna przestrzeń, tak nazywana przestrzeń katodowa, zapełnia rurki. Wtedy jednak występuje nowe zjawisko; które poraz pierwszy zauważył Hittorf w 1860 roku; mianowicie: szkło rurek w tem miejscu, które leży naprzeciw wychodzących promieni katodowych zaczyna błyszczeć światłem fosforyzującym. Przypuszczają, że to dziwne zjawisko powstaje wskutek tego, że katoda wysyła takie promienie, które nie są widoczne wewnątrz rurki, tam zaś, gdzie one spotykają szkło, wywołują zjawiska fosforencencji. Dla lepszego zbadania promieni katodowych fizyk angielski Crookes wykonał innego rodzaju rurki (rurki Crookes'a), które tem się przeważnie różnią od rurek Geisslera, że w nich rozrzedzenie powietrza doprowadzone jest do wyższego stopnia. Podczas gdy w rurek Geisslera prężność powietrza wynosi około 1 milimetra słupa rtęciowego, w rurek Crookes'a spada do jednej tysięcznej milimetra.

Promienie katodowe rozchodzą się po linjach prostych i można je zbierać również w jednym ognisku, we wszystkich ciałach nie metalicznych, które spotykają na swej drodze, wywołują zjawiska fosforencencji, wszystkie jednak ciała, jakie spotykają, ogrzewają w wysokim stopniu



Państwo Curie w swojej pracowni.

Według fotografii.

tak, że często ścianki rurek szklanych Crookes'a zostają stopione. Pod wpływem magnesu ulegają odchyleniu i wreszcie wywierają działania mechaniczne. Ta ich własność jest bardzo ważną dla teorii promieniowania w ogóle, a szczególnie dla teorii promieniowania radjum; pozwala bowiem na przypuszczenie, że od katody przebiegają nadzwyczaj drobne i delikatne cząsteczki i że to ich przebieganie stanowi zjawisko, które uważamy jako promieniowanie. Hertz dostrzegł nadto, że promieni katodowych nie należy uważać jako jednorodne; na miano „promienie katodowe“ należy patrzeć raczej, jako na pojęcie gatunkowe, które należałoby tak pojmować, że w rurce powstaje zawsze pewna ilość różnego rodzaju promieni katodowych w taki sam sposób, jak białe światło wytwarza się z pewnej ilości różnych barwnych promieni świetlnych.

Röntgen w 1895 r. w czasie doświadczeń nad promieniami katodowymi zupełnie przypadkowo zauważył, że znajdująca się w bliskości zasłona, powleczone platynocjankiem barytu świeciła się od czasu do czasu. Ponieważ jednak promienie katodowe nie przechodziły nigdy poza ścianki rurek Geisslera, [przeto oświetlanie powyższej zasłony pochodziło od promieni innego rodzaju, które też Röntgen, nie znając ich własności, przez długi czas nazywał „promieniami X“, obecnie zaś na cześć wynalazcy otrzymały nazwę promieni Röntgena. Przy dalszym badaniu własności promieni powyższych okazało się, że one przechodzą swobodnie przez wiele ciał, przez inne zostają wstrzymane, działają bardzo silnie na płytę fotograficzną i ostatecznie samo przenikanie tych promieni zależnem jest od

grubości ciał, przez które mają przeniknąć. Na podstawie tych własności można za pomocą promieni Röntgena wykonywać znane zdjęcia fotograficzne. Promienie te bowiem przenikają prawie zupełnie przez tkanki miękkie ciała ludzkiego, przez żyły, mięśnie i płyny, jakie się w niem znajdują; kości zaś są dla tych promieni nieprzenikliwe. Jeżeli na płycie fotograficznej położymy jaką część ciała ludzkiego i zaczniemy działać promieniami Röntgena, to czuła warstewka płyty fotograficznej ulegnie zmianie tylko w tych miejscach, do których powyższe promienie mogły



Zdjęcie za pomocą promieni Röntgena.

przeniknąć i wywrzeć odpowiednie działanie. Po wywołaniu obrazu otrzymujemy części kostne przedstawione na negatywie w linjach jasnych, części zaś miękkie — w ciemnych; po skopjowaniu zaś wydostaniemy obraz dodatni (pozytyw), na którym kości będą wyrysowane ciemno, części miękkie — jasno. Zastona pokryta platynocjankiem potasu, świeci jedynie w tych miejscach, do których doszły promienie Röntgena. Jeżeli więc poza częścią ciała ludzkiego, przeświecaną przez promienie Röntgena postawimy taką zastonę, to dostrzeżemy na niej rysunek wszystkich kości, znajdujących się w tej części ciała ludzkiego. Odkrycie promieni rentgenowskich ma niesłychane znaczenie w medycynie, szczególnie w chirurgji, która tym sposobem zyskała znakomitą pomoc do nowego swego rozwoju.

Dalsze badania naukowe, prowadzone z wielkim nakładem pracy i energii wykazały, że oprócz promieni katodalnych i rentgenowskich znajdują się jeszcze inne, jak promienie Lenarda i Goldsteina, które jednak ogólnie zaliczane są do promieni katodalnych. Goldstein zauważył, że w bliskości katody, posiadającej otwór, znajdują się promienie, nieulegające odchyleniu pod działaniem magnesu. Promienie zaś Lenarda, które początkowo przyjmowali za promienie szczególnego gatunku, okazały się

później zwykłymi katodalnemi, biegnącemi zewnątrz rurki Crookes'a. Zresztą każdy dzień prawie przynosi nam odkrycie nowych promieni, jak promienie N-Blondlota i t. p. dla których badania pozostaje pole bardzo obszerne a dziś byłoby jeszcze zawczasie zamykać rachunki tak mało rozwiniętej w tym kierunku gałęzi wiedzy naszej.

Odkrycie promieni rentgenowskich doprowadziło pośrednio do odkrycia różnego rodzaju promieni, mających szczególne własności i przedstawiających najciekawsze zagadnienia w badaniach fizycznych, które jednakże wymagają jeszcze dużo czasu, zanim zostaną zupełnie wyjaśnione. Pierwsze dostrzeżenia tego rodzaju promieni, tak nazywanych „radioaktywnych“, promieniotwórczych, dokonane zostały wkrótce po odkryciu promieni rentgenowskich. Już w 1896 roku fizyk francuski Lebon wykazał, że każdy prawie przedmiot, oświetlony przez światło słoneczne, oprócz widocznych wysyła także promienie świetlne niewidoczne, które istnienie swe objawiają przez działanie na płytę fotograficzną.

Było zupełnie zrozumiałem, że gdy Becquerel, znakomity fizyk francuski odkrył, iż minerał uranit posiada szczególną własność oddziaływania na płytę fotograficzną, to odkrycie stało się nowym bodźcem dla badań nad tym przedmiotem. Nie ulegało bowiem wątpliwości, że z minerału tego wychodzą promienie niewidoczne. I kiedy promienie,

wykryte przez Lebona, stwierdzone zostały tylko w tych ciałach, które przedtem były wystawione na działanie światła słonecznego, to minerał uranit wykazuje działanie nawet w tym wypadku, jeżeli był wydobyty wprost z kopalni i nie był wcale wystawiany na działanie promieni świetlnych. Promienie, które wydziela ten minerał, nazywane „promieniami Becquerela“, muszą pochodzić od jakiegoś ciała, będącego składową częścią powyższego minerału; i rzeczywiście Becquerel stwierdził, że promienie te wychodzą z uranu, zawartego w minerale.



Zdjęcie przy pomocy promieni radu.

W pracowni Becquerela pracowali jako asystenci państwo Curie,<sup>\*)</sup> którzy podjęli bardzo uciążliwe zadanie w celu zbadania, czy w uraniu oprócz uranu nie znajdują się jeszcze inne jego części składowe, wykazujące „promieniotwórczość“, jak Becquerel nazywał ten nowy objaw energii. Podczas tych badań odkryli dwa ciała, posiadające własności promieniotwórcze, z których pierwsze pod względem własności chemicznych było zbliżone do bizmutu, drugie zaś do barytu. Pierwsze nazwali „polonium“, drugie — „radium“. Oba wyróżniły się jeszcze tem, że polonium promieniotwórczość swą z biegiem czasu powolnie utracił, gdy tymczasem rad zachowywał ją stale w niezmnijeszającej się potędze. Wkrótce jednak spostrzeżono, że polonium okazał się bizmutem, który promieniotwórczość otrzymał wskutek zetknięcia się z radem. Tego ostatniego dotychczas nie udało się otrzymać w stanie czystym i znany jest tylko w postaci związków.

Oprócz radu wydzielono z uranitu różne jeszcze ciała, jak czynny tor przez C. G. Schmidta; ten jednakże promieniotwórczości swej nie posiadał samodzielnie, lecz otrzymał ją przez wpływ; czynny ołów, wydzielony przez K. Hofmana i E. Straussa, radiotellur — przez W. Markwalda i wiele innych. Badania jednak prowadzone nad temi ciałami nie posunęły się jeszcze tak daleko, ażeby mogły wskazać przyczynę ostateczną ich własności promieniotwórczych.

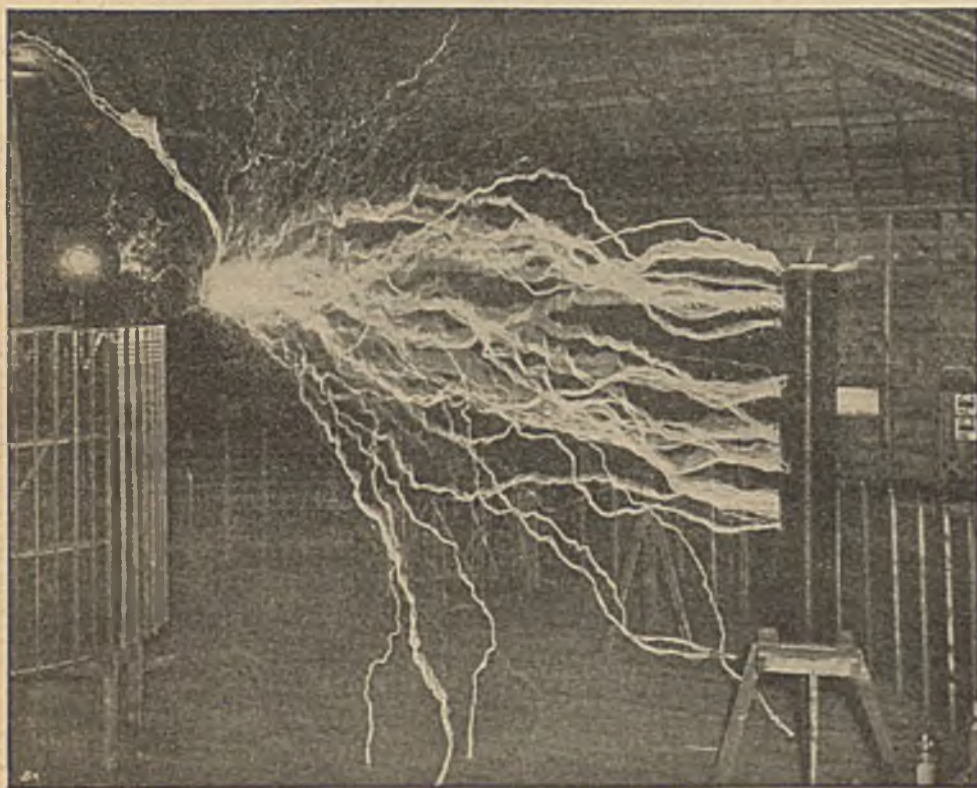
Własności promieni radu są godne najwyższej uwagi i zjawiska przez nie wywołane pod wielu względami podobne są do tych, jakie powstają pod działaniem promieni katodalnych i rentgenowskich. Najwięcej zadziwiającem zwłaszcza jest to, że w ciałach, wydzielających promienie powyższe, nie daje się zauważyć żadnej straty na wadze. Zdawałoby się więc na pierwsze wejrzenie, że to zjawisko zaprzecza zasadzie zachowania energii, mamy jednak wiele teorii, a na czele teoria pana Curie, które, nie wchodząc w zasadniczą sprzeczność z prawem o zachowaniu energii, pozwalają na wyjaśnienie tych zjawisk. Promienie radu pod wpływem magnesów odchylają się od pierwotnego kierunku i ulegają rozkładowi na trojakiemu rodzaju promienie, różniące się między sobą; badanie ich jednak obecnie nie jest jeszcze ukończone. Powietrze pod wpływem promieni radium staje się dobrym przewodnikiem elektryczności a promieniotwórczość jego może być przeniesiona na ciała najrozmaitsze, jak drzewo, metale, kamienie i wiele innych.

---

<sup>\*)</sup> Pani Curie, córka ś. p. Skłodowskiego zasłużonego profesora fizyki w Warszawie, pracowała wspólnie ze swym mężem na polu fizyki, jako dowód uznania wiekopomych badań nad ciałami promieniotwórczemi państwo Curie razem z Henrykiem Becquerelem otrzymali w 1903 r. nagrodę Nobla. Po śmierci pana Curie rząd francuski powołał panią Curie Skłodowską na katedrę, zajmowaną przez jej męża.



Promieniowanie radu przedstawiają sobie jako pewien rodzaj nieustannego wyrzucania nieskończenie małych cząstek materjalnych, co oznaczają mianem emanacji. Przemawia za tem bardzo wiele faktów, a głównie ten, że promieniotwórczość może być przeniesiona na inne ciała nawet bez ich bezpośredniego zetknięcia się z radem. Jeżeli naprzykład kolbę, zawierającą rad, połączymy za pomocą rurki z drugą kolbą, w której znajduje się inne ciało, to przez rurkę łączącą następuje emanacja radu, który udziela własności promieniotwórczych ciału, zawartemu w drugiej



**Wyladowania elektryczne prądu o wysokim napięciu na stacji doświadczalnej Tesli.**

Według fotografji.

kolbie. Do wielu niewyjaśnionych zjawisk, jakich dostarczają nam najnowsze badania nad radem, należy także spostrzeżenie Ramsay'a, znakomitego badacza angielskiego, który zauważył, że emanacja radium, po kilku dniach przechowania wskazywała w widmie obecność pierwiastków helium, czyli prawdopodobnie nastąpiła tu przemiana jednego pierwiastku w drugi— jest to fakt dotąd nigdy nieobserwowany, który otwiera nam szerokie horyzonty. Samą emanację można sobie przedstawiać tak, jak pojmujemy zapach kwiatów, wydzielających prawdopodobnie nieskończenie delikatne

cząstki, które dostrzegamy za pomocą zmysłu powonienia, jakkolwiek nie daje się zauważyć jakiegokolwiek zmniejszenia ich wagi.

Własności promieniotwórcze, które najpierw były stwierdzone w rudzie uranitowej i w pierwiastkach, wchodzących do jej składu, były wkrótce dostrzeżone i w innych ciałach najrozmaitszych. Główna zasługa wskazania nader licznych ciał, posiadających własności promieniotwórcze należy się dwom badaczom Elsterowi i Geitelowi z Wolfenbüttel, i o ile sądzić można z dotychczasowych badań, to zdaje się, że promieniotwórczość jest przede wszystkim własnością tych licznych ciał, które znajdują się pod powierzchnią ziemi — przypuszczenie to, które na podstawie teorii o powstawaniu, przenoszeniu i podziale elektryczności zyskuje coraz więcej prawdopodobieństwa.

Co zaś się dotyczy zastosowania praktycznego promieni radu, to w danej chwili jest ono jeszcze bardzo ograniczone. Jak przekonać się możemy z załączonych tu rysunków, promienie te zastąpić rentgenowskich nie mogą i do celów chirurgicznych mogą być używane tylko te ostatnie. Natomiast nie ulega żadnej wątpliwości, że promienie radu działają bardzo wyraźnie na bakterje i że albo osłabiają wpływ lub też zabijają wiele rodzajów bakterji. Temu właśnie przypisać należy własność leczenia niektórych zjawisk chorobliwych, jak np. leczenie raka skórnoego za pomocą promieni radu. Oprócz działania na bakterje promienie radu nabierają także znaczenia przez oddziaływanie ich na tkanki ciała ludzkiego. Tkanki te pod działaniem radiotwórczych promieni ulegają nadzwyczajnym zmianom i w kilka tygodni po tem powstają rany, przypominające rany, zrządzone przez oparzenie. Jeżeli w ciemności przed zamkniętem okiem trzymamy preparat radu, to odczuwamy w oku wrażenie światła. Na tym fakcie opierano dawniej nadzieję leczenia ślepoty, wkrótce przekonano się jednak, że to jest niemożliwem, gdyż wrażenia świetlne, odczuwane w oku były skutkiem podrażnienia niektórych wewnętrznych tkanek ocznych.

Bardzo wątpliwem jest także, czy promienie radu będą miały kiedykolwiek jakie techniczne zastosowanie. Ważną przeszkodą do tego jest wysoka cena preparatów radu, która z czasem może uleść niewielkiej zniżce, ponieważ metody, według których otrzymują się żądane preparaty, są bardzo trudne, mozolne i zabierające wiele czasu a prócz tego wymagają nadzwyczajnej wprawy, przytem materiały służące do tego celu są ubogo uposażone w ciała posiadające własności radjotwórcze. Obliczono, że kilogram radu dostatecznym jest do wytworzenia siły sześć i pół konia parowego; pomijając jednak tę okoliczność, że wytworzenie dzisiaj takiej ilości radu jest zupełnie niemożliwem, zwrócić należy uwagę, że obchodzenie się z nim, ze względu na jego działanie fizjologiczne, przedstawiałoby nadzwyczajne trudności.

Wskutek tego promienie radu przedstawiają tymczasem tylko znaczenie naukowe, a zagadki, które promieniotwórczość nasuwa badaczowi są tak liczne, że dużo jeszcze czasu upłynie, zanim one wszystkie zostaną rozwiązane.



Marconi przy swym przyrządzie odbierającym do telegrafowania bez drutu.

Przypomnijmy sobie, że oprócz promieni radu co za mnóstwo najróżnorodniejszych promieni odkryto w ostatnich czasach, a będziemy mieli wykreślony kierunek dalszego rozwoju w bieżącym stuleciu badań naukowych w dziedzinie fizyki. Dostrzeżone fakty posiadają nader bogaty materiał doświadczalny a każdy dzień przynosi coś nowego; w równej jednak mierze wzrasta ilość zjawisk, które na podstawach dzisiejszej wiedzy nie dają się wyjaśnić a ustalenie ich ostatecznych przyczyn będzie najbliższem zadaniem działalności badaczy na polu fizycznym.

Odkrycia Hertza były powodem do przeprowadzenia dalszych doświadczeń, które Mikołaja Tesla, fizyka węgierskiego, przebywającego w Ameryce doprowadziły do bardzo licznych i wysoce zajmujących odkryć. Zbudował on przyrząd, za pomocą którego mógł otrzymywać drgania elektryczne o bardzo wysokiem napięciu. Za pomocą tak nazywanego transformatora Tesla wytwarzał prądy o bardzo wysokiem napięciu, które wywoływały zadziwiające zjawiska świetlne. Na biegunach wtórnej cewki jego transformatora powstawały pionowe, promieniujące nazewnętrz pęki światła. Jeżeli do takiego bieguna wtórnego przybliżono rurkę Geislera, to ta świeciła bardzo mocno; właściwie nie trzeba było dotykać bezpośrednio, wystarczyło bowiem taką rurkę potrzymać naprzeciwko bieguna, ażeby w niej wywołać świecenie. Tesla zamierzał nawet przeprowadzić oświetlenie w ten sposób, że do pomieszczenia, w którym znajdowały się rurki Geisslera chciał przesyłać fale elektryczne od bardzo mocnego bieguna. Pomimo wieloletnich

prób ta myśl tak wiele obiecująca na pierwszy rzut oka, okazała się niewykonalną w praktyce. Bardzo zajmującymi natomiast okazały się spostrzeżenia nad fizjologicznym działaniem prądów Tesli. Jak wiadomo, prądy o wysokiem napięciu działają zabójczo na organizm ludzki, tymczasem, co jest najdziwniejsze prądów Tesli, ciało ludzkie nie odczuwa. Wszystko jedno, czy będzie ono włączone między biegunami transformatora Tesli, czy też w dłoń ludzką będą uderzać iskry Tesli, — w żadnym razie nie odczuwamy bólu i należy przypuścić, że nadzwyczaj szybko następujące po sobie drgania, jakie spotykamy w prądach Tesli, nie przenikają wewnątrz ciała ludzkiego, lecz ześlizgują się po jego powierzchni.

Ta własność była powodem do utworzenia się nowego poglądu na istotę przewodnictwa elektryczności. Dawniej przyjmowano, że elektryczność rozwija się na powierzchni, albo raczej za pomocą powierzchni przewodnika. Obecnie zaś twierdzą, że przenoszenie elektryczności odbywa się tylko za pomocą powietrza, właściwie za pomocą znajdującego się w niem eteru, wypełniającego świat cały, przewodniki zaś to tylko drogi, któremi biegną wytwarzające się w eterze fale elektryczne. Ruch fal odbywa się zawsze w otaczającym przewodnik nieprzewodniku, a więc w powietrzu: sam przewodnik nie przyjmuje udziału w przenoszeniu, wskazuje tylko drogę posuwającemu się ruchowi fal. Jeżeli ten ruch jest bardzo szybki, to nie zdąży przeniknąć do przewodnika. Pojęcia te wymagające jednak w wielu punktach potwierdzenia doświadczalnego, sprowadzają zupełny przewrót w dotychczasowych poglądach naszych i jako ich następstwo musimy przyjąć, że ciała, uważane dotąd jako przewodniki elektryczności, są właściwie nieprzewodnikami; przeciwnie zaś nazywane dotychczas nieprzewodnikami albo dielektrycznemi, jakiem przedewszystkiem było powietrze, są właściwie przewodnikami elektryczności.

Jeżeli doświadczenia Tesli nie doprowadziły dziś jeszcze do żadnych praktycznych rezultatów, to samo zainteresowanie się falami elektrycznemi, nad któremi od czasu doświadczeń Hertza tak energicznie pracowano, wydało w inny sposób wyniki pełne znaczenia i wielkiej doniosłości praktycznej.

Jako proste następstwo tych usilnych badań fal elektrycznych w najnowszej dobie jest telegraf bez drutu, będący ostatnim wyrazem postępu na polu stosowania nauki elektryczności. Ta metoda telegrafji była wynaleziona w 1897 r. przez Marconiego i polega na tem, że za pomocą odpowiednich przyrządów wytwarzają się krótkie fale elektryczne, które posiadają bardzo znaczną ilość drgań. Fale powyższe wysyłane są w powietrze, a przez odpowiednie przyrządy odbiorcze są znowu chwywane i wprowadzane do przyrządu Morse'a, w którym uwidoczniają się w postaci znaków, przyjętych w tym przyrządzie. Z początku udawało się według tej metody telegrafować tylko na nieznacznym odległościach, obecnie zaś nawet okręty, znajdujące się na oceanie mogą się porozumiewać zarówno ze sobą, jak i z odległymi lądami. Na wybrzeżach morskich znajduje się już znaczna ilość stacji, urządzonych dla telegrafu bez drutu i zaopatrzonych w przyrządy Marconiego lub Slaby-Arco.




Okrętowa stacja telegraficzna dla telegrafu bez drutu.

Jeszcze jedno zagadnienie z działy fizyki, mianowicie przesyłanie na odległość za pomocą telegrafu fotografii, rysunków i rękopisów, nad rozstrzygnięciem którego pracowano od bardzo dawna, rozwiązaniem zostało dopiero w ostatnim czasie ostatecznie. Przeróżni badacze rozmaitymi sposobami ze względem powodzeniem usiłowali wykonać powyższe zadanie. Dopiero obecnie profesorowi A. Kornowi udało się w sposób zupełnie zadawalniający przesyłanie fotografii drogą telegraficzną nawet na bardzo znaczne odległości. Urządzenie jego polega na tem, że na stacji wysyłającej i odbierającej znajdują się jednakowe walce, z jednakową szybkością obracane przy pomocy jednakowych elektromotorów. Walec na stacji wysyłającej składa się z cylindra szklanego, do którego powierzchni przyklepia się wprost fotografia wykonana na błoncie przezroczystej. Światło otrzymane

z pewnego źródła zebrane przez soczewkę pada na część błonki, wielkości jednego milimetra kwadratowego, przechodzi przez ściankę cylindra szklanego, mającą 2 milimetry grubości i oświetla powłokę selenową przymocowaną do niego. Gdy walec zacznie się obracać, to coraz inne cząsteczki powierzchni błonki będą się przesuwac pomiędzy światłem i powłoką selenową, tak, że ta ostatnia zależnie od tonu rysunku fotografii na błonce otrzymywała światła będzie więcej lub mniej. Powłoka selenowa ma tę własność, że zależnie od oświetlenia w różnym stopniu przewodzi prąd elektryczny. Im silniej będzie oświetlona, tem prąd wytworzony będzie także silniejszy; zależnie więc od cieniowania rysunku na fotografii w powłoce selenowej będzie powstawał prąd silniejszy lub słabszy. Prąd taki przenosi się na stację odbierającą i tam zamienia się na promieniowanie, którego natężenie jest silniejsze lub słabsze, zależnie od tego, czy na powłokę selenową padło więcej lub mniej światła. Promieniowanie działa na czułą błonkę, która jest nawinięta na powierzchnię walca znajdującego się na stacji odbierającej i na tej błonce powstaje fotografia pierwotna w postaci negatywu.

Wobec stosowanej teraz prędkości obrotowej walca (1 obrót trwa 20 sekund), przeniesienie na odległość fotografii wielkości  $9 \times 16$  centymetrów wymaga 30 minut czasu.

Z przeglądu, jaki czytelnik miał przed oczami, można było zauważyć, że tylko ubiegłe stulecie pracowało pod znakiem ciągłego postępu, jaki zaznaczył się w elektryczności galwanicznej. Postęp, który w tak potężnie rozwiniętej elektrotechnice znalazł zastosowanie praktyczne, był tak szybki i tak zdumiewający, że na badania tych zjawisk pod względem filozoficznym prawie nie pozostawało czasu. Z tego powodu czynią zarzut kierunkowi naukowemu tego wieku, a szczególnie w dziedzinie fizycznej, że kroczył przeważnie po drodze realnej i materialnej. Zarzut ten jest o tyle niesłuszny, że poglądy filozoficzne wtedy dopiero właściwie można uzasadnić, kiedy fakty zdobyte drogą doświadczalną na tyle są już oświetlone, że można je swobodnie rozpatrywać bez żadnej obawy zagłębienia w spekulacje metafizyczne. Ta chwila właśnie nadeszła obecnie. Po tym w ciągu całego stulecia nawale nowości, który wyłącznie zajmował umysły badaczy, nastąpiło obecnie pewnego rodzaju uspokojenie i zwrócenie działalności do dziedziny filozoficznej. W jakim kierunku ona pójdzie, dziś nie można wyrokować. Założona przed kilku laty przez profesora Ostwalda pierwsza perjodyczna publikacja przyrodniczo-filozoficzna przyczyni się niechybnie do wyjaśnienia pojęć i przeprowadzenia zdrowych poglądów na polu studjów fizycznych. Obecne stulecie więc, którego próg już przestąpiliśmy, oprócz wykończenia całokształtu nauki o zjawiskach elektrycznych i gruntownego poznania własności ciał promieniotwórczych, uwydatnia się na polu fizycznym zwrotem ku filozofji....





Ogień.

Według obrazu Rudolfa Vyssa.

### III. Rozwój chemji

ze szczególnem uwzględnieniem znaczenia jej w technice i przemyśle.

Już na początku naszego przeglądu rozwoju nauk przyrodniczych poddaliśmy dokładnej ocenie wiadomości chemiczne ludów starożytnych i wtedy zaraz zwróciliśmy uwagę, że wiadomości te zdobyte zostały przeważnie drogą czysto doświadczalną. Ponieważ zadaniem chemji jest badanie zmian materji, składającej ciała, przeto o badaniu chemicznem może być wtedy dopiero mowa, kiedy wiadomości empiryczne dosięgły już pewnej wysokości. Czyli mówiąc innemi słowami, musiała być najpierw poznana pewna ilość ciał, ały wzajemne ich stosunki mogły zainteresować niektóre

umysły. Kiedy to miało miejsce pierwszy raz — niewiadomo. Początki chemicznego w tem znaczeniu badania giną zupełnie w pomroce wieków. Nie wiemy nawet, jakie motywy mogły być wzięte za pierwotne podstawy do rozpoczęcia działalności badawczej w dziedzinie chemicznej. W okresie czasu, który dostarczył nam pewnych dowodów o podobnej działalności, spotykamy ją pod znakiem alchemji, poszukującej takiego środka, za pomocą którego możnaby metale nieszlachetne zamienić w złoto.

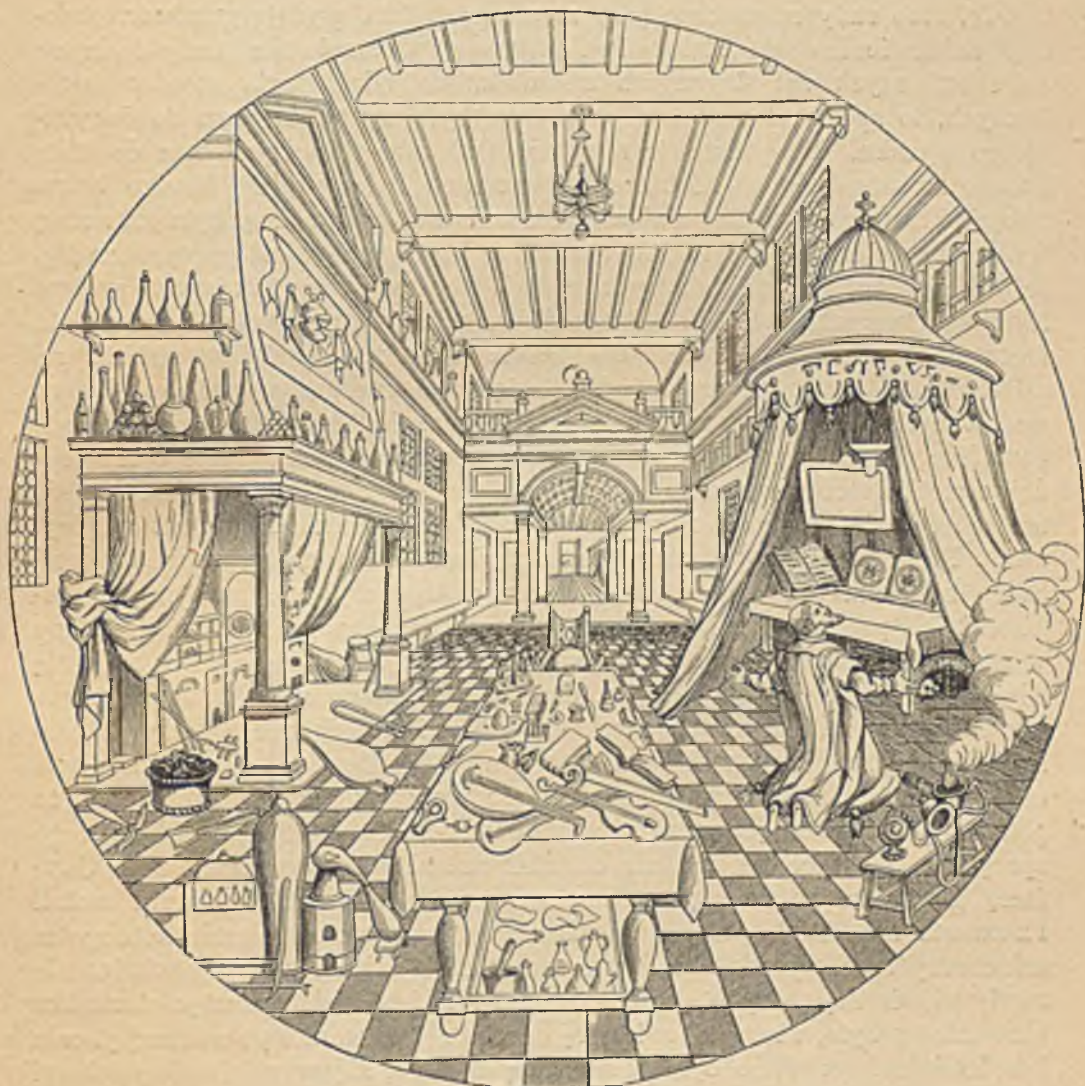
Wyraz „alchemja“, z którego powstał później „chemja“ wskazuje, że początku tej dążności charakterystycznej należy szukać w Egipcie, gdyż według świadectwa Plutarcha (około 100 r. po Chr.) Egipt nazywał się dawniej „Chemia“. O alchemji w Egipcie nie posiadamy jednak żadnych podań bezpośrednich. Pierwsze wiadomości o działalności alchemicznej pochodzą z Grecji, mianowicie z końca IV stulecia po Chrystusie. Jakkolwiek wiadomości te są bardzo skąpe, to jednakże wszyscy współcześni alchemicy zgadzają się, że twórcą tego kunsztu był Hermes Trismegistos, osobistość wielce zagadkowa. Kim był ten Hermes Trismegistos, pozostało po dzień ten niewyjaśnionem. Według wszelkiego prawdopodobieństwa musiał przebywać w Egipcie. Z pism, które mu były przypisane, istnieje dotychczas tłumaczenie łacińskie tak nazywanej „tabula smaragdina“, a chociaż zawiera wyrażenie mistyczne, dla nas dziś niezrozumiałe zupełnie, to jednak z całą słusnością musi być uważane jako najstarszy pomnik wydawnictw alchemicznych. Wpływ Hermesa Trismegistosa trwa setki lat i zanika dopiero późno. Dzisiaj jeszcze o jego istnieniu przypominają niektóre wyrażenia chemiczne, jak np. zamknięcie „hermetyczne“.

Po Egipcjanach najwięcej zajmują się alchemją arabowie i to było powodem do mylnego uznawania ich za twórców alchemji. Przypuszczenie to musiało być błędne już choćby z tego powodu, że u arabów podczas ich wojen zaborczych panował fanatyzm religijny, niedozwalający na żadne badanie naukowe. Dopiero gdy arabowie z koczującego stali się narodem osiadłym, gdy stolice ich kraju, Bagdad a później Korduba zamienione zostały na kwitnące siedliska wiedzy, wtedy i u nich zaczyna się gorliwa działalność w dziedzinie alchemji, która z Hiszpanji rozpowszechnia się szeroko i stopniowo we Francji, a następnie przechodzi do Anglii i Niemiec.

Jeżeli działalność alchemików będziemy rozpatrywać ze względu na cel, do którego dążyła, to niezależnie od kraju, w którym rozwijała się, wszędzie za cel ostateczny miała dążenie do wynalezienia środka, zamieniającego na złoto metale nieszlachetne. Pogoń za złotem, które dostarczało środków do zdobycia wszelkich uciech ziemskich, była głównym bodźcem dla tysięcy ludzi, zachęcającym ich do zajęć alchemicznych. Wpływ alchemji z początku mały, wzrastał coraz więcej, i zobaczymy, jak on zataczając coraz większe kręgi, stał się wkrótce w życiu społecznym niezmiernie ważnym czynnikiem; jak w niedługim czasie królowie i książęta zaliczali się do najgorliwszych i najwierniejszych jej zwolenników i jak z czasem sztuka ta zakwitła zarówno w pałacach, jak w klasztorach, jak wreszcie doszła i do chaty biedaka. Jeszcze większy wpływ wywarła alchemja na



kierunek duchowy człowieka, jakoteż na rozwój wiedzy i techniki. Jakkolwiek alchemicy postawili sobie za zadanie jeden cel wyłącznie, do którego usilnie dążyli, nie mogli pominąć tego, ażeby, mając do czynienia z najrozmaitszemi ciałami, nie rozwinąć wiedzy chemicznej i medycznej i nie



### Alchemik.

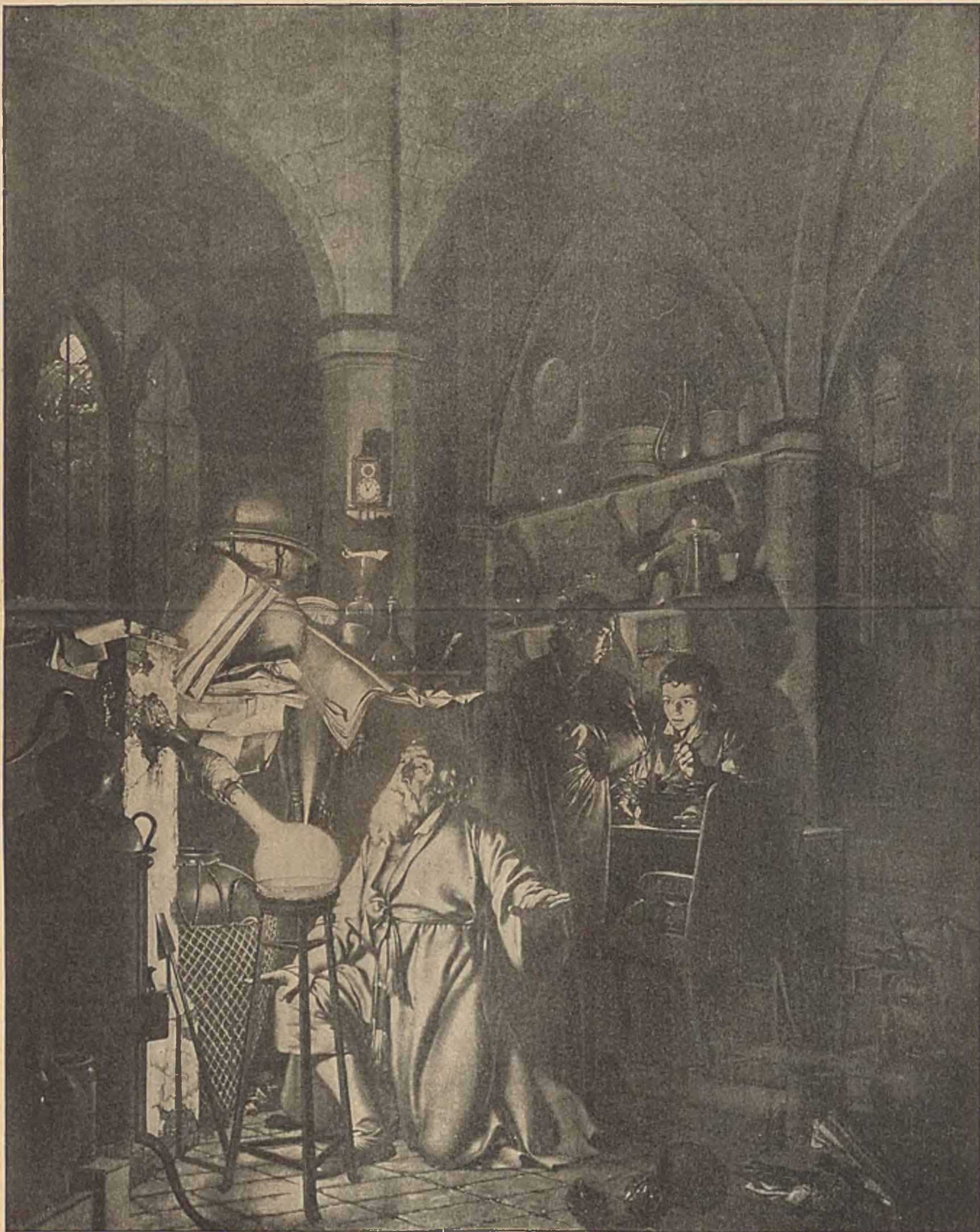
Według dzieła Lacroix „Sciences et Lettres au Moyen Age”, Paryż 1877.

udzielić różnych sposobów otrzymywania odkrytych związków a także nie wytworzyć znacznej ilości ważnych w technice przetworów. Alchemja była najważniejszym czynnikiem w życiu kulturalnym wieków średnich i późniejszych; wpływ jej gwałtownie powoli i w niektórych krajach istniał prawie do początku XIX stulecia, co jest najlepszym dowodem znakomitego zawładnięcia przez nią umysłów ludzkich.

Rozpatrując się w zasadniczej idei alchemicznej, dochodzimy do wniosku, że najprawdopodobniejszą przyczyną powstania nauki alchemicznej zdaje się być przypadkowe spostrzeżenie. Zdaje się, że w czasach, pokrytych pomroką, w pierwotnym kraju, w Egipcie spostrzeżono, że niektóre metale, albo rudy metaliczne przy stopieniu razem, wydają przetwór, podobny zabarwieniem do złota. Ponieważ w tym czasie nie znano żadnych ani chemicznych ani fizycznych sposobów do odróżniania stopów metalicznych, to spostrzeżenie powierzchowne było wystarczającym do decydującego wyroku. Na podstawie tego produkt zabarwiony podobnie do złota uznano za samo złoto. Niektóre znów z metali łączyły się bardzo łatwo z rtęcią i tworzyły związki, mające kolor srebra. Ponieważ rtęć była już znaną w czasach najbardziej starożytnych, to bardzo słusznym jest przypuszczenie, że połączenia z rtęcią niektórych metali wydawały się jak czyste srebro. Na zasadzie tych dwóch spostrzeżeń utrwaliło się przekonanie, że metale nieszlachetne przy odpowiednim traktowaniu muszą się przemienić na szlachetne — na złoto i srebro. Tak więc spostrzeżona wypadkowo barwa metali była główną przyczyną do przypuszczenia przemiany metali czyli powodem do powstania alchemji. Z biegiem czasu przekonanie o tego rodzaju możliwości rozszerzało się coraz więcej. Tych, którzy zajmowali się uszlachetnieniem metali nazywano później alchemikami lub też spagirykami. Tych zaś, którzy podług własnego, im tylko znanego sposobu tajemniczego nieszlachetne metale zamieniali w złoto, nazywano „adeptami“. Ponieważ ich pozorna wiedza, o której dzisiaj napewno twierdzić jesteśmy w stanie, nie mogła posiadać żadnej podstawy faktycznej, więc, o ile się zdaje, byli to po większej części oszuści. Trwające setki lat usiłowania przemiany metali nieszlachetnych na złoto i srebro nie wydały pożądanых wyników. Ponieważ jednak wiara w możliwość tej zamiany była silnie ugruntowana, więc niepomyślność wyników przypisywano temu, że podczas prób pominięto wprowadzenie do mieszaniny jakiegoś dodatkowego specyfiku. Wkrótce ten właśnie dodatek nabrał głównego znaczenia. Uważano go za niezbędnie potrzebny warunek przy uszlachetnianiu metali i z czasem ustaliło się przekonanie, że dla zamiany metalu nieszlachetnego na szlachetny musi być dodana pewna substancja, gdyż bez niej doświadczenie nigdy nie da się pomyślnie przeprowadzić. Najusilniejszym więc staraniem alchemików było, ażeby wynaleźć tę osobliwą i tajemniczą substancję i całą ich działalność wkrótce było skierowaną do tego, aby wszelkimi sposobami ją otrzymać. W języku alchemji ta cudowna i pełna wartości substancja nosiła różne nazwy, jak: kamień filozoficzny, eliksir mądrości, wielkie magisterjum, tinctura czerwona, lekarstwo trzeciego stopnia, czerwony lew, panaceum życia, kwintesencja i t. p. nazwy dla różnych ciał, stanowiących źródło wszystkich czynności alchemików. Kamień filozoficzny otaczano szczególnym nimbem i przypisywano mu własności cudowne i osobliwe. W VIII stuleciu po Chr. zaczęto pierwszy raz omawiać możliwość istnienia i wytworzenia takiego kamienia. Później jednak widzimy takich alchemików,

którzy powiadają, że na zasadzie własnego doświadczenia wytworzyli ten kosztowny środek i starają się wszelkimi sposobami zwiększać i rozpowszechniać wiarę w cudowne własności jego. Posiadanie tego kamienia miało zapewnić szczęśliwemu posiadaczowi oprócz bogactwa, które mógł sobie wytworzyć, jeszcze cześć, szczęście, zadowolenie, spełnienie wszelkich jego życzeń, a nawet wszechwiedzę. Gdy Paracelsus, jak to zobaczymy później, wytworzył pewną ilość punktów styecznych między alchemją a medycyną, zaczęto kamieniowi filozoficznemu przypisywać jeszcze wyższe przymioty. Miał bowiem zabezpieczać zdrowie, siłę i życie nieograniczenie długie. Nic dziwnego przeto, że wobec takich korzyści cała prawie ludzkość przez setki lat miała przed oczyma jeden tylko cel: zdobycie kamienia mądrości. Tysiące ludzi uważało wytworzenie tego środka za powołanie swego życia i przez setki lat w pracowniach alchemików używano wszelkich wysiłków, ażeby otrzymać tak gorąco pożądaný rezultat. Nie było takiego ciała, któregooby alchemicy nie wprowadzili do swych badań. W piecach, retortach i kotłach pieczono i gotowano różne mieszaniny. Dystylowano, oczyszczano i cedzono! Do zamierzonego celu jednak nie doszedł ani jeden z wielu zwolenników alchemji, rekrutujących się ze wszystkich stanów i zawodów. Niejeden oszust korzystał z wiary w kamień filozoficzny, aby łowić ryby w mętnej wodzie. Wszystkie nadzieje, żywione przez całe stulecia, nie mogły się nigdy urzeczywistnić, a mimo to gorące starania, stanowiące podstawę całej działalności alchemicznej, nie były daremne. Dzięki alchemji powiększyły się nasze wiadomości chemiczne. Zbadano wiele ciał pożytecznych i cennych środków leczniczych; za czasów panowania alchemji położono pierwsze podstawy dla dzisiejszej technologii chemicznej, tak, że my, mając przed oczyma te wyniki, możemy stanowczo stwierdzić, że usiłowania, skierowane do znalezienia kamienia filozoficznego zapewniły do pewnego stopnia ludzkości przedłużenie życia i bogactwo. Tak więc marzenia senne o posiadaniu kamienia mistycznego i nadzieje w nim pokładane ziściły się tylko w znaczeniu przenośnem.

Jeżeli zaczniemy badać rozwój alchemji od jej pierwotnego początku, to zauważymy przedewszystkiem już w starożytności powstającą pierwszą teorię o składzie metali. Dzisiaj niewiadomo, kto był twórcą tej teorii.— Faktem jest jednakże, że przez setki lat była w poważaniu u alchemików. Według niej wszystkie metale są ciałami złożonemi i prawie zawsze znajdują się w nich dwie części składowe; własność metali zależną jest od stosunku ilościowego tych części i od ich różnego stopnia czystości. Oba składniki noszą miano od wytwarzanych w owym czasie materiałów, mianowicie siarki i rtęci (sulphur i merkuriusz). Alchemicy owych czasów jednak pod temi nazwami nie pojmowali prawdziwej siarki i rzeczywistej rtęci, lecz substancje zasadnicze i przez te wyrażenia chcieli określić jedynie tylko ich własności. Merkurjusz był dla nich pojęciem ciała niedającego się rozłożyć a zarazem przyczyną połysku metali i ich rozciągliwości, podczas gdy sulfur był dla nich ciałem, dającym się rozkładać i ulegającym



**Alchemik.**

Według miedziorytu z muzeum narodowego w Norymberdze

zmianom. Jako najstarszego alchemika, którego istnienie jest bardzo wątpliwe, podają zwykle Gebera, utrzymującego np. że złoto składa się ze znacznej ilości merkurjuszu i niewielkiego dodatku siarki.

Ale nie tylko Geber, którego pisma, jeżeliby nawet on sam osobiście nie istniał, możemy uważać jako zbiór wiedzy dawnych alchemików, lecz także wszyscy inni alchemicy przyswoili sobie tę dosyć prostą i nieukształtowaną teorię; ona właśnie stała się podstawą, służącą do rozwoju w owych czasach działalności chemicznej, którą możemy oznaczyć jako czysto alchemiczną, ponieważ jedynym jej usiłowaniem była przemiana metali. Teoria ta trwała aż do pierwszej ćwierci wieku XVI, aż do ukazania się Paracelsa. Poczynając od tej chwili uszlachetnienie metali nie stanowi głównego przedmiotu zajęć alchemików. Wpływ alchemii zaczyna nabierać znaczenia w medycynie a także prace jej są skierowane do wyszukania środków, mogących przedłużyć życie ludzkie.

Rozpatrując okres alchemii czystej, jak już nadmieniliśmy, z jej pierwotnych zawiązków znamy tylko kilka faktów. Pierwszy alchemik Geber, który w VIII w. miał przebywać w wyższej szkole arabskiej w Seville, uważany był jako powaga przez alchemików późniejszych. Przypisywane mu wiadomości mają pewne znaczenie. Jakkolwiek znane mu są te tylko metale, które były znane Plinjuszowi i Dioskoridesowi, to potrafił z nimi wykonywać różne procesy chemiczne. Stopia ze sobą złoto, srebro, ołów, cynę i miedź i bada, jaki wpływ na nie wywiera rtęć. Przez utlenianie, przeprowadzone za pomocą prostego ogrzewania, wytwarza związki metali z tlenem i tym sposobem otrzymuje tlenki żelaza i miedzi, czerwony tlenek ołowiu i czerwony tlenek rtęci. Znane mu są także arszenik i siarka, również potaż i soda. Przez dystalację ałunu otrzymuje kwas siarczany a przez dystalację saletry z witrjolejem kwas azotny. Stосуje wielokrotnie ocet; z ciał innych, używanych przy operacjach wspomnieć należy: salmiak, wodę królewską, kamień piekielny, sublimat rtęciowy. Rozpuszcza złoto w wodzie królewskiej. Ażeby nie stosować ciągle temperatury wysokiej, jaką wytwarza piec, jeżeli potrzebne mu słabsze ogrzewanie, posilkuje się kąpielą wodną, wprowadzoną przez Marję żydówkę, żyjącą podobno w IV wieku; dla otrzymania niektórych ciał w stanie czystym, poddaje je krystalizacji, lub precedza, albo też sublimuje. W osobnym dziele opisuje urządzenie pieca do chemicznych doświadczeń.

Jak widzimy więc, domniemany Geber rozporządza bardzo znaczną już wiedzą chemiczną i należy podziwiać wielką ilość ciał, która miała mu być znaną. Myśli naturalnie ciągle o kamieniu filozoficznym i jego własnościach i tę myśl przekazuje swym następcom, alchemikom arabskim, z pomiędzy których wybitniejszymi są Rhazes i Avenzoar. Z upadkiem władzy Arabów w Europie gaśnie także powoli i wiedza arabska i coraz rzadziej można spotkać alchemika arabskiego. Po 1200 roku Arabowie nie odgrywają już żadnej roli w chemii, natomiast wiedzę tę zaczynają uprawiać w krajach chrześcijańskich. Tam chemikami byli po większej części duchowni, którzy



pracownia alchemika w XVII wieku.  
Według obrazu Dawida Teniersa młodszego w galerji drezdeńskiej.

oprócz alchemicznej posiadali także wiedzę chemiczną; szczególnie mieszkańcom klasztorów benedyktyńskich zawdzięczamy przechowanie i przekazanie wielu starożytnych pism, odnoszących się do chemji. Niedługo jednak wiedza ta znajdowała przytułek gościnny u duchowieństwa i w klasztorach. Wkrótce rozwój jej został powstrzymany, a w wieku XIV zajmowanie się alchemją było wzbronione przez bullę papieżką. Rozpowszechnienie jednak tej nauki było już tak znaczne, że nie udało się jej stłumić. Uprawiano ją dalej tajemniczo w klasztorach, a z obawy przed inkwizycją i jej okropnościami zakonnicy, zajmujący się studjami alchemicznymi rezultaty swych badań zapisują w wyrażeniach ciemnych i pełnych tajemniczości. Tym sposobem znaczna część wiedzy chemicznej przepadła zupełnie. Bardzo wiele



### Pracownia alchemiczna.

Według drzeworytu z XV wieku.

średniowiecznych rękopisów klasztornych, poświęconych chemji, przechowało się do dni naszych, myśli jednak w nich zawarte są dla nas niezrozumiałe zupełnie i wszelkie usiłowania, skierowane do ich odcyfrowania nie wydały pożądanego rezultatu; nawet autorowie tych rękopisów są otoczeni mgłą tajemniczą. Wydawnictwa te były przeznaczone dla jednakowo myślących ludzi i skreślone w takim języku, który tylko przez nich był zrozumiały; autora zaś poznawali po tajemniczym znaku. Wskutek tego wiemy bardzo mało o alchemikach klasztornych i o ich wiedzy. Obawa przed stosem spowodowała w historii rozwoju wiedzy chemicznej przerwę niezapełnioną.

Wiedza chemiczna, nie znajdując schronienia w murach klasztornych, przeniosła się do uniwersytetów, których w tym czasie, t. j. w XIII stuleciu

było bardzo już wiele, jak w Paryżu (1315), Salamance (1222) Neapolu (1224), Padwie 1227) i Tuluzie 1228). Dzięki tym uniwersytetom, przyciągającym na studia młodzież ze wszystkich krajów znanego wówczas świata, nauka alchemji rozpowszechnia się coraz więcej, tak, że przy końcu XIV stulecia prawie we wszystkich państwach ukazują się alchemicy więcej lub mniej znani.

Z pośród alchemików niemieckich w tym czasie wyróżnił się Albert von Bollstädt (ur. 1193 w Lauingen nad Dunajem, um. w Kolonji 1280) znany ogólnie jako Albertus Magnus. Jakkolwiek posiadał całą wiedzę ówczesną a na polu nauk przyrodniczych zdziałał tyle, że lud uważał go za czarodzieja, to nietylko nie był prześladowany przez duchowieństwo, lecz nawet po śmierci uchodził za świętego. Pierwszy zwrócił uwagę na to, że należy odróżniać odmianę metali od ich przemiany; pierwsza powstaje przez prostą zmianę koloru, gdy w drugiej ulegają zmianie i inne własności, jak ciężar, rozciągliwość i t. p. Dla odróżnienia metali szlachetnych od innych zalecał najobszerniejsze zastosowanie ognia jako probierza. Ponieważ w przyrodzie złoto i srebro spotyka się razem, to dla wydzielenia każdego z nich osobno, wynalazł metodę działania na nich kwasem azotnym, w którym srebro się rozpuszcza, złoto pozostaje nietknięte, metodę, jakiej dziś używają w pracowniach chemicznych, a także w zakładach technicznych i hutniczych a w której możemy przyznać pierwszy wpływ alchemji na chemję analityczną i hutnictwo. Albertus Magnus wykazał także, że wszystkie metale z wyjątkiem złota dają związki z siarką. Doświadczenia jego, będące obecnie jeszcze przedmiotem studjów, zawarte są w 21 tomie pism jego.

Z alchemików angielskich najznakomitszym był bezwątpienia Roger Baco. (1214—84). Był on jednakowoż, jak to już poprzednio zauważyliśmy przy rozpatrywaniu jego działalności na polu fizyki, mniej szczęśliwym od Alberta Magnusa, gdyż padł ofiarą nietolerancji religijnej. Poglądy jego chemiczne opierały się na pracach Gebera. Był on zupełnie przekonany o istnieniu kamienia filozoficznego i opisywał najdokładniej cudowne przemiany, jakich dokonywał mały kawałek tegoż, zamieniając znaczną ilość metali nieszlachetnych na czyste złoto. Baco pierwszy wykazał, że ałun i koperwas nie są ciałami identycznymi jak dotąd sądzono. O jego działalności w dziedzinie chemji właściwie mało posiadamy wiadomości, faktem jest jednakże, że na współczesnych wywierał wpływ olbrzymi. Wiele dzieł jego leży w bibliotekach angielskich wcale nie zbadanych. Przystudjowanie ich możeby rzuciło nowe światło na działalność Bacona.

Pomiędzy jego uczniami pierwsze miejsce zajmuje Rajmund Lullus (ur. na Majorce 1235, um. 1315) który razem z Arnoldem Villanovanusem (ur. 1235, um. 1312) rozwijał dalej idee swego nauczyciela i mistrza. Ścisła przyjaźń łączyła obu tych alchemików a ponieważ dążenia ich często były wspólne, możemy więc mówić razem o wynikach, do jakich wspólnie doszli. Lullusa i Villanovanusa powinniśmy pod pewnym względem uważać jako poprzedników Paracelsa, gdyż oni pierwsi badali, jaki wpływ na ciało ludzkie





Pracownia alchemiczna w XVI stuleciu.

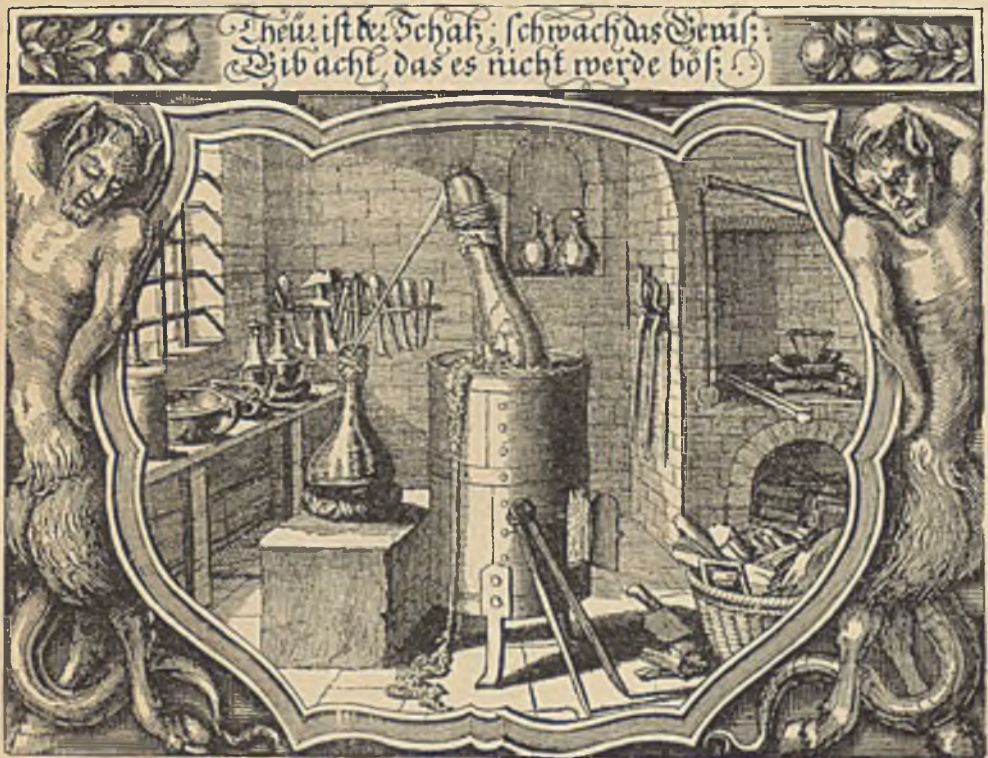
Według Piotra Brueghela.

wywierają ciała odkryte przez nich. Villanovanus pierwszy twierdził, że kamień mądrości przedłuża życie ludzkie, a wiek swój podeszły zawdzięcza pewnej substancji, będącej częścią składową tego kamienia. Codziennie zażywał ją bardzo pilnie, czyniąc ją smaczną przez dodanie cukru i korzeni. Substancję tę sam przygotowywał przez dystylację spirytusu winnego; przyjaciel jego Lullus płyn ten ze względu na jego własności podniecające, nazwał „aqua vitae“ woda życia albo okowita. Dzisiaj istota tej substancji jest dla nas zupełnie jasna — to był spirytus, czyli jak ją dziś po dodaniu cukru i korzeni nazywamy likierem, albo wódką słodką. Większe znaczenie ma dla ludzkości przyrządzona przez niego szara maść merkurjalna, którą leczył znakomicie wyrzuty skórne i która do dnia dzisiejszego stosowaną jest jako środek leczniczy zewnętrzny.

Podczas gdy Villanovanus na podstawie swych badań alchemicznych zaznajamiał nas z całym szeregiem ciał, mających później znaczne zastosowanie w medycynie i technologii, Rajmund Lullus wprowadził mnóstwo procesów chemicznych, stosowanych obecnie w pracowniach chemicznych. Ponieważ spirytus, otrzymany przez Villanovanusa drogą destylacji był bardzo słaby i zawierał wiele wody, Rajmund Lullus starał się odciągnąć z niego wodę przez dodanie węglanu potasu, co mu się udało w zupełności. Tym sposobem stworzył metodę otrzymywania wysokoprocentowego alkoholu, która do czasów najnowszych uznawaną była za najlepszą.

Lullus rozwinął także umiejętność przygotowania przyrządów chemicznych, która powstała za czasów Gebera; jemu też zawdzięczamy podanie różnych sposobów, jak uszczelnianie naczyń, ochrona szklanych kolb, wystawionych na działanie ognia i t. p. Metody powyższe, stosowane przez czas długi, przyczyniły się istotnie do postępów późniejszych w dziedzinie chemii; gdyż chemik przy wszystkich swych czynnościach w walce z materją musi baczną zwracać uwagę i na środki pomocnicze, jakie mu są dane do rozporządzenia. Tylko przez ciągłe ulepszanie tych ostatnich można czynić postępy w wiedzy chemicznej. Villanovanus pierwszy wydzielił ze znanych mu ciał osobną grupę, którą nazwał truciznami i zbadał je tak dokładnie, że rozpoznawał trafnie trujące własności gnijących substancji zwierzęcych; badania nad truciznami prowadził dalej „Basilius Valentinus“. Zauważyć tu jednak należy, że Basilius Valentinus, którego życie nie było nigdy dokładnie znane, prawdopodobnie wcale nie istniał; była to postać zagadkowa, utworzona w wieku XVII, przez Jana Tölde, członka rady miejskiej i dozorcę żup solnych we Frankenhausem w Turynji. Wszystko to jednak, co krąży pod znakiem „Basiliusa Valentinusa“, ma tak ważne znaczenie w historii alchemii, że w tej epoce, w której uwidoczniła się działalność jego, należy także o nim wspomnieć. Basilius Valentinus na zasadzie doświadczeń wykazał, że pojęcie „trucizna“ nie jest pojęciem jakościowym, pod które możnaby podciągnąć pewną oznaczoną ilość ciał. Prędzej jest ono pojęciem ilościowym, gdyż niektóre ciała, które w ilości większej działają jako trucizny, mogą w mniejszych dawkach oddziaływać jako dobre

i skuteczne lekarstwa; niektóre także ciała, które choremu organizmowi szkodzą, są bardzo pożyteczne dla zdrowego. Basilius Valentinus należy do liczby tych alchemików, którzy słynęli z posiadania tajemniczego sposobu przygotowania kamienia filozoficznego. Jak go jednak przygotowywano, tego z domniemyanych jego pism dowiedzieć się nie można. Pomijając zresztą te umyślne czy też udane złudzenia, przyznać mu jednak należy sposób otrzymania kwasu solnego i dokładne zbadanie jego własności. Również i w hutnictwie, będącem w tak ścisłym związku z chemią, prace domniemanego Basiliusa Valentinusa zasługują na najwyższe uznanie. Przed-



Pracownia chemiczna Michała Küssela z r. 1663.

Według miedziorytu ze sprawozdania Jana Michała Dilbera.

wszystkiem on pierwszy potrafił wydobyć z rud metal antymon, który ma ważne znaczenie zarówno w medycynie (przygotowanie emetyku, purpury Kasjusza i w. in.), jak i w technice (farbiarstwo i drukarstwo). Prócz tego jemu zawdzięczamy znajomość cukru ołowianego (octanu ołowiu), będącego punktem wyjścia do otrzymywania preparatów ołowianych, wody ołowianej, koperwasu żelaznego, krystalicznego koperwasu miedzianego i w. in.

Ze szkoły Basiliusa Valentinusa wyszedł sławny alchemik Wincenty Koffski, dominikanin (um. 1488 w Gdańsku). Również głośnym alchemikiem polskim był Michał Sędziwój (1556 — 1636); pisma jego pisane po łacinie były przetłumaczone na język niemiecki.

Ponieważ zajmowanie się alchemią i poszukiwanie kamienia filozoficznego było zawsze przedsięwzięciem ryzykownym ze względu na brak tolerancji ze strony duchowieństwa, więc w końcu XIV wieku bardzo wielu badaczy wypowiedziało otwarcie zastrzeżenie, że oni nie wierzą w istnienie kamienia filozoficznego. Należy jednak mniemać, że powyższe zastrzeżenie nie pochodziło z ich przekonania wewnętrznego, lecz wypowiedzieli je z przeczności i obawy. Dla odróżnienia od alchemików, zaczęli się później nazywać „chemistami“ lub „chemikami“. Nie możemy ich jednak traktować, jako osobną grupę przedstawicieli kierunku naukowego, już choćby z tego względu, że kierunek ten odpowiadał zupełnie działalności alchemików. Prócz tego niczem się oni nie przyczynili tak do rozwoju nauki, jakoteż i techniki; wspominamy o nich w tem miejscu jedynie dlatego, że, jak później zobaczymy, pomiędzy nimi a alchemikami powstały spory, których pominąć nie będzie można.

Założenie w końcu XV stulecia licznych nowych uniwersytetów, odkrycie drogi morskiej do Indji wschodnich, odkrycie Ameryki, wynalezienie druku, zdobycie Konstantynopola przez Turków, wreszcie reformacja i ukazanie się Paracelsa — wszystko to oddziaływało na utworzenie z początkiem wieku XVI nowej ery na polu alchemji. Zanim jednak przystąpimy do jej przeglądu, rzućmy okiem wstecz i oceńmy pokrótce wpływy, jakie okres ubiegły czystej alchemji miał na rozwój innych nauk, szczególnie medycyny a także pojedynczych gałęzi techniki i hutnictwa.

Wpływ tego okresu ujawnił się przedewszystkiem na polu farmacji, która z chemją wtedy była jeszcze w ściślejszym związku niż dzisiaj. Już w VIII wieku otworzono w Bagdadzie pierwszą aptekę, dostępną dla ogółu a w IX stuleciu Sabor-Ebn-Sahel napisał pierwszą farmakopeję w formie wskazówek dla tych, którzy będą przyrządzali lekarstwa. Z pomiędzy preparatów chemicznych, które arabowie wytwarzali z produktów roślinnych lub zwierzęcych i w czasie perjodu alchemicznego włączyli do swego skarbcza środków leczniczych, możemy przytoczyć niektóre, jak: piżmo, rabarbar, strój bobrowy, kamfora, cukier, tamarinda, asa foetida i imbir. Do przygotowania tych lekarstw urządzone zostały odpowiednie naczynia destylacyjne, które w zasadzie były dosyć podobne do używanych w czasach późniejszych i pozostały prawie bez zmiany aż do czasu wynalezienia przez Liebiga oziębiacza. Za pomocą tych przyrządów destylacyjnych otrzymano najpierw wodę destylowaną, jakiej arabowie używali powszechnie jako środka leczniczego. W Europie chrześcijańskiej urządzono w XI wieku pierwszą aptekę w Salerno, a w 100 lat później Mikołaj Aleksandryjski, przełożony szkoły w Salerno napisał pierwszą farmakopeję europejską p. t. „Antidotarium“. Wymienione w niej lekarstwa były dokładnie takie, jak w arabskiej. Częste niedokładności, które już i wtedy zdarzały się w aptekach doprowadziły do ustanowienia dla nich przepisów i pierwsze ukazały się w XII w., wydane przez Rogera, króla Neapolu. Jak przepisy takie były potrzebne, przekonywamy się z tego, że



**Zbiory dawnych chemicznych przyrządów alchemików  
w muzeum narodowym Norymbergi.**

wkrótce zaprowadzone zostały prawie we wszystkich państwach i miastach taksy, następnie aptekarzy oddano pod kontrolę lekarską i zabroniono im leczyć chorych. Pod koniec XI wieku przybywa już aptek

bardzo wiele. Rozpowszechnienie aptek nie miało żadnego wpływu na powiększenie wiedzy farmaceutyczno-chemicznej; środki lecznicze aż do czasu wystąpienia Paracelsa pozostały takie same, jakie były u arabów, a czynność aptekarzy ograniczała się do mieszania i gotowania lekarstw. Zalecany przez Villanovanusa i Rajmunda Lullusa alkohol wprowadzano powolnie do aptek i trzeba było długiego czasu, zanim powszechnie zaczęto go używać do celów leczniczych. Przyczyną zastoju w chemji farmaceutycznej, jaki trwał przez całe wieki był przedewszystkiem pewien rodzaj zabobonu. Podobnie jak w nauce alchemicznej sądzono, że musi być taki kamień filozoficzny, któryby metale nieszlachetne zamieniał w złoto, tak samo w farmacji tych czasów mniemano o istnieniu lekarstwa uniwersalnego „Theriak“, któremu przypisywano takie własności, że mogło być pomocnem w leczeniu wszelkich chorób. Poszukiwanie owego „theriaku“ pochłaniało wiele sił i hamowało rozwój tej nauki. Wykształcenie jednostronne ówczesnych medyków wstrzymywało również postępy w chemji farmaceutycznej. Wszyscy z tego czasu lekarze wierzyli ślepo w pisma Galena, widzieli w nim swój ideał, do którego zbliżać się było najwyższą doskonałością, zmiana zaś w jego przepisach uważana była za zbrodnię stanu. Z początkiem wieku XVI nastąpiła wszakże zmiana w chemji farmaceutycznej. Basilius Valentinus zalecił wprawdzie wprowadzenie do listy środków leczniczych preparatów chemicznych, nie mógł jednakże poglądów swoich wprowadzić w życie. Lekarze odrzucili jego związki antymonowe i rtęciowe, jako trucizny, tak że i tu Paracelsus dopiero zdołał zaprowadzić zmiany gruntowne.

Jak widzimy, okres czystej alchemji niewiele przyczynił się do rozwoju chemji farmaceutycznej, natomiast w innych gałęziach chemji postęp jest daleko widoczniejszy i znakomitszy. Przedewszystkiem dotyczy to metalurgji i hutnictwa. Jako następstwo zajmowania się alchemją rozszerzyła się znacznie znajomość metalurgji, która przyczyniła się do odkrycia pokładów rud różnego rodzaju w Hiszpanji, we Francji południowej, w Tyrolu i Styryi, w Nassau, na Szląsku, w Czechach i górach Harcu. Do dnia dzisiejszego czynną jest w Idrji kopalnia rtęci, założona w końcu XV stulecia. Anglicy osiągnęli znakomite rezultaty, wydobywając cynę ze swych rud własnych.

W okresie czystej alchemji zjawia się przemysł chemiczny; poczynają wyrabiać fabrycznie wiele preparatów chemicznych, jak ałun, koperwas cynkowy i przetwory związków antymonu. W tym czasie zaczynają zakładać gorzelnie, wyrabiające spirytus nie podług przepisu Villanovana przez dystylację wina, lecz ze zboża, według sposobów dziś używanych. W farbiarstwie stosowano barwki koszenilę i orseille. Na początku wieku XVI zamiast marzanny używano indyga jako farby niebieskiej.

Tu również zaznaczyć należy, że wskutek zajmowania się alchemją nastąpił szybki wzrost hut szklanych i zakładów ceramicznych. Obszerne stosowanie przez alchemików ołowiu i cyny doprowadziło do odkrycia polewy ołowianej i cynowej, używanych do pokrywania wyrobów ceramicznych,

które od początku XIII stulecia wprowadzone były ogólnie. Nauczono się również wyrobu topliwych szkieł kolorowych i tym sposobem powstały pierwsze obrazy na szkle, składające się z szyb, mających wtopione szkło barwne. W końcu XIII wieku ukazały się zwierciadła szklane z podkładem metalicznym i wyrugowały używane dotąd lustra metaliczne.

Widzimy więc, że na schyłku wieku czystej alchemii spotykamy wszędzie początki przemysłu chemicznego, może skromnego i pierwotnego jeszcze, przemysł ten jednak od tego czasu rozwija się ciągle, stale się wznosi, dochodzi do coraz większego rozkwitu i w następnym stuleciu zatrudnia w alchemii medycznej bardzo wielu ludzi.

Wiek alchemii lekarskiej różni się od poprzedzającego przede wszystkim zasadniczą myślą, która w tamtym okresie była bodźcem do każdej czynności alchemicznej. Kiedy w okresie alchemii czystej dążono ogólnie, aby znaleźć takie ciało, któreby metale nieszlachetne przemieniało w szlachetne, to w okresie następnym gorące to usiłowanie alchemików przechodzi w pragnienie zdobycia takiego środka, któryby mógł przedłużyć życie ludzkie. Środek ten zapewne jest także kamieniem mądrości, lecz usiłowania do wytworzenia takiego specyfiku miały za podstawę inne niż dotąd zasadnicze myśli. Zajęcie nad uszlachetnianiem metali trwa dalej w bardzo szerokich granicach, wkrótce jednak alchemicy, pracujący w kierunku lekarskim usuwają tamtych na plan dalszy i oni tylko w nowej epoce wyciskają swe duchowe znamię na postępach, jakie w chemji dają się zauważyć. Z czasem następuje bardzo ściśle złączenie wewnętrzne alchemji z medycyną, które stopniowo wzrasta do tego stopnia, że alchemja traci zupełnie swą samodzielność i uprawiana jest jedynie w związku z medycyną. Zjawiska



Portret Paracelsa z r. 1540.

medyczne w zakresie fizjologii, patologii i terapii usiłowano objaśnić na zasadzie rozważań chemicznych i odwrotnie, uwzględniając wymagania medycyny, studjowano działania środków chemicznych. Wkrótce też nie chemicy, lecz medycy odkrywają nowe ciała i ustalają nowe metody i doświadczenia. Sama sztuka leczenia jednak wchodzi w tak ścisły kontakt z chemją i uważaną powszechnie bywa, jako jej gałąź i jako taka otrzymuje nazwę jatrochemji. Badacze na tem polu sami nazywają siebie jatrochemikami, są oni właściwie jednocześnie lekarzami i chemikami, ewentualnie alchemikami.

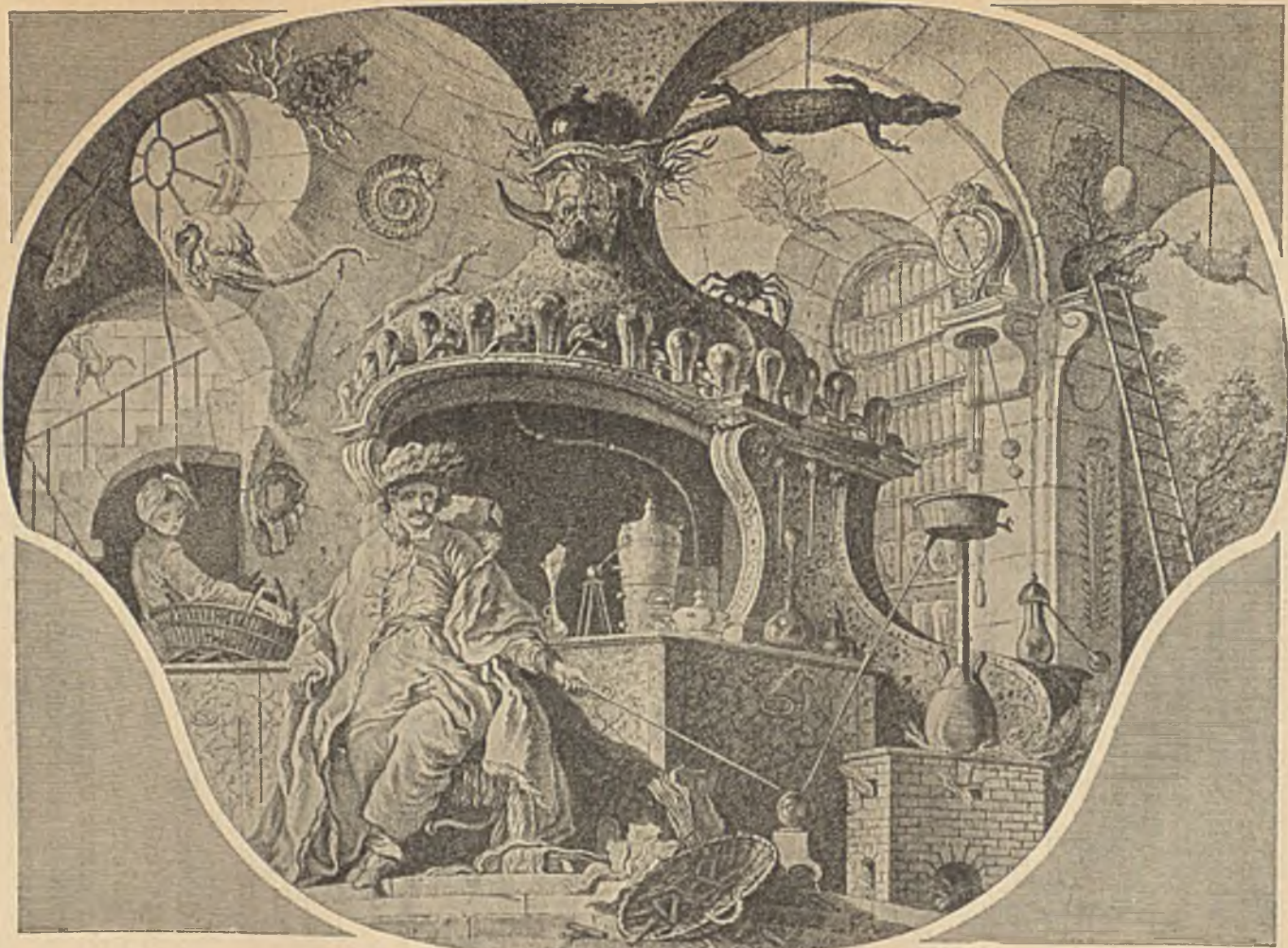
Nowy ten okres był właściwie przygotowany przez Villanovana, Lullusa i „Valentinusa“; wszyscy trzej bowiem, jak to już zauważyliśmy, zalecali stowanie w medycynie środków chemicznych, wszyscy trzej jednak razem, jak również i każdy z osobna, nie mieli uznania u współczesnych. Dopiero wszystko to udało się przeprowadzić człowiekowi, który dla rozpowszechnienia uznanych przez niego prawd nie posiłkował się, jak jego poprzednicy, ani pismami, ani doświadczeniami systematycznymi, lecz umiał wejść na nowe, dotąd nieznanne tory, ażeby nawet w sposób gwałtowny wywalczyć uznanie dla swych poglądów.

Mężem tym, zasługującym na uwagę największą był Filip Aureolus Teofrast Paracelsus Bombastus z Hohenheim. Tak życie, jak i działalność jego godne są, ażeby je rozpatrzeć więcej szczegółowo. Paracels urodził się w r. 1493 w Einsiedeln w Szwajcarji. Po 30-letniej wędrówce, poświęconej zwiedzaniu całego świata zachodniego, powraca do swej ojczyzny. Jakkolwiek w podróży swych z pewnością wiele widział i wiele się nauczył, to brak mu jednak gruntownego i systematycznego wykształcenia we wszystkich gałęziach wiedzy, w których z powołania swego miał dokonać czynów tak go wyróżniających — wyróżniających w każdym kierunku, czy to dotyczyło poparcia, jakie okazywał naukom, czy też ze względu na rozdroża, na które je samowolnie wprowadził. W 1526 został profesorem historii naturalnej i medycyny w szkole wyższej w Bazylei, lecz wykłady jego były tego rodzaju, iż następnego roku musiał z miasta uciekać. Teraz zaczęło się dla niego powtórnie życie niespokojne i tułaczce, które go znowu wiodło do różnych miast i krajów i zakończyło się w Salzburgu, gdzie w 1541 r. umarł w największej nędzy.

Dziwnem było życie Paracelsa i dziwnym był wpływ jego na wiedzę. Przez długi czas duchowy jego wizerunek był niewyraźnie postawiony w dziejach cywilizacji, dopiero gruntowne studja oświeciły tę postać wyraźnie. Ze wszystkim, co mu przeszłość przynosiła zerwał energicznie i gwałtownie, a działalności naukowej wskazał nowe tory; złamał w uczonych ówczesnych bezkrytyczne uznawanie powagi i zbudził ich z duchowego letargu, sam zaś w kierunku naukowym ustalił wiele zasad dotąd niezachwianych.

Zasadniczym rysem ducha Paracelsa było nieuznawanie żadnego autorytetu; wyśmiewał i wyszydział na wszelkie możliwe sposoby przedstawicieli





Pracownia środków leczniczych w XVII stuleciu.  
Według miedziorytu z muzeum narodowego w Norymberdze.

umiejętności pewnych szkół. W akademickich swych wykładach przestał używać łaciny i nauczał po niemiecku. Będąc zmuszony porzucić swój zawód profesora wszechniczy, chodził po jarmarkach i targach i tam wygłaszał swe prawdy ludowi. Największe jednak wrażenie wywarł tem, że w 1526 r. na rynku w Bazylei spalił publicznie na stosie dzieła Galena i Aviceny, lekarzy, uważanych przez uczonych ówczesnych, za powagi niezaprzeczone. W dziełach jego, wydanych podczas drugiej wędrowki życiowej, znajduje się bardzo wiele sprzeczności, lecz zawiera się także mnóstwo prawd i nadzwyczaj trafnych poglądów, że bardzo słusznie powoływali się na nie najznakomitsi uczeni czasów późniejszych. Paracelsus, jako lekarz działał w medycynie bardzo wiele; chociaż mało zwracał uwagi na wybór środków, to jednakże położył zasługi przez rozszerzenie i powiększenie ilości środków lekarskich a ze sztuki leczniczej, prowadzonej dotąd mechanicznie, ściśle podług przepisów Galena, stworzył poważny dział wiedzy, oparty na zasadach doświadczalnych, który umiał spoić tak ściśle z chemją, że obie umiejętności doszły do nieznanego przedtem rozwoju.

Jeżeli rozpatrywać będziemy zasługi Paracelsa w dziedzinie chemji, to spostrzeżemy, że nie odnoszą się one wyłącznie do chemji stosowanej—nie zajmował się bowiem ani teorią, ani nieużytecznymi według niego doświadczeniami. Przedewszystkiem główną zasługą jego jest, że rozklasyfikował na zasadach naukowych metale, dzielone dotychczas na szlachetne i nieszlachetne. Do podziału tego przyjął za podstawę własność fizyczną, ciągliwość i rozdzielił metale na dwie grupy: metale ciągliwe i nieciągliwe—podział ten z małemi zmianami utrzymał się do najnowszych czasów i w obecnej klasyfikacji nosi nazwę: metali i półmetali. Wskazał na istotną różnicę pomiędzy alunem i koperwasem żelaznym, dwoma ciałami branemi często jedno za drugie, wykazał bowiem, że w koperwasie żelaznym znajduje się metal, mianowicie żelazo, alun zaś zawiera w sobie ziemię to jest glinę. Ulepszył wiele przyrządów i przyborów chemicznych. Pisma jego nie wyjaśniają nam dostatecznie, jakie stanowisko zajmował w kwestji kamienia filozoficznego, raz nazywa alchemików głupcami, to znów twierdzi, że istnienie kamienia mądrości jest niezaprzeczone, nie może być w tym względzie żadnej wątpliwości i używa nawet często terminu: lekarstwo uniwersalne. Widzimy więc, że jeżeli, jak to wielokrotnie utrzymywano, przypuszczenie o działaniu uzdrawiającem kamienia nie mogło pochodzić bezpośrednio od niego, to jednakże w pismach jego znajdowało silne poparcie. Główną jednak zasługą Paracelsa, jak to wyżej zaznaczyliśmy, było osiągnięte ściśle spojenie chemji z medycyną; chemję mianuje wprost jako główną podporę medycyny.

Paracelsus wypróbował działanie lecznicze wszystkich znanych wtedy preparatów chemicznych. Dla niego chemja nie służyła do wytwarzania złota, lecz miała wyłączone znaczenie, jako umiejętność przygotowania lekarstw. Większość używanych dzisiaj środków leczniczych była już przez Paracelsa stosowana i niema takiego środka, któregoby w celach leczniczych

nie użył, nie cofał się nawet przed stosowaniem trucizn najsilniejszych. Zaprowadził głębokie reformy w zakresie chemji farmaceutycznej: wykazał przedewszystkiem, że stosowane w medycynie rośliny jako takie nie stanowią lekarstw, lecz te ciała, które w nich znajdują, posiadają własności lecznicze. Zamiast więc całych roślin radzi używać tylko te ciała, które



### Nauka farmacji.

Według drzeworytu z dzieła Hieronima Brunschwyka o sposobie destylacji, z r. 1505

należy z nich wydzielić. Przyczyną choroby, według Paracelsa, miała być zmiana chemiczna soków, zawartych w ciele ludzkim i zadaniem terapii powinno być wznowienie w nich prawidłowego stosunku chemicznego. Na każdym więc kroku umiał Paracels w swych pismach, których przeszło 300 istnieje, zaznaczać, jak wielką pomoc w medycynie stanowi chemja. Powtarzał

ciągle, że medycyna bez podstawy chemicznej niema żadnego znaczenia, a przez szerokie zastosowanie środków chemicznych do celów leczniczych oddawał jednakowe usługi obu umiejętnościom. Ponieważ te środki chemiczne, będące związkami metali, ołowiu, antymonu, miedzi, żelaza i rtęci, nie były dotąd ogólnie stosowane w medycynie, więc zaraz zaczęto je według jego przepisów przygotowywać i wskutek tego nastąpiło dokładne poznanie soli metalicznych, sposobu ich przygotowania, ich własności i nakoniec ich składu analitycznego. Zakres chemji wzrastał ciągle jeszcze i z tego powodu, że umiejętnością tą zajęli się jatrochemicy, obeznani dokładnie z medycyną, odebrali ją z rąk czystych alchemików, rekrutujących się ze wszystkich stanów i oddali do rąk gruntownie i naukowo wykształconych ludzi. Wkrótce też następstwa tej poważnej zmiany ujawniły się w sposób najrozmaitszy.

Po śmierci Paracelsa nastąpiły gwałtowne spory pomiędzy jego zwolennikami i przeciwnikami; przez długi czas szalała ta walka i skończyła się wreszcie świetnem zwycięstwem jego przyjaciół, tak, że w ciągu całych stuleci chemja i medycyna znajdowały się pod wpływem tego wybitnego umysłu. Z początku wpływ nauki Paracelsa rozpowszechnił się na Niemcy, potem stopniowo udzielił się innym krajom Europy, doszedłszy wreszcie i do Hiszpanji, gdzie Majmonides przez swoje pisma postawił naukę Galena na najwyższym stopniu.

Jednym z najgorliwszych szermierzy nauki Paracelsa był Leonard Thurneysser (1530—1596). Należał on do klasy alchemików, którzy sposobem oszukańczym nadawali sobie pozory ludzi, posiadających znajomość kamienia filozoficznego, do klasy ludzi tak licznej i tak typowej, że w ciągu całych stuleci oddziaływała decydująco na zbiorowe życie kulturalne, Thurneysser, jak wszyscy alchemicy tego pokroju, starał się wyrobić sobie wielkie wpływy na dworach ludzi znacznych i potężnych i w czasie swych wędrówek zatrzymał się dłużej na dworze Ferdynanda, arcyksięcia austriackiego, a od roku 1569—84 na dworze elektora brandeburskiego. W ostatnim roku swego pobytu musiał potajemnie uciekać z Berlina. Dzięki tym właśnie znakomitym znajomościom Thurneysser mógł daleko lepiej niż ktokolwiek inny wytworzyć uznanie i znaczenie dla poglądów i myśli Paracelsa. Pomimo małej wartości moralnej Thurneysser jednak odznaczał się jako alchemik znakomity, wyposażony bogatą wiedzą, a na podstawie nauki Paracelsa doszedł do nadzwyczaj ważnego odkrycia w zakresie chemji. Wychodząc ze wspomnianego przez nas twierdzenia swego mistrza, że każda roślina zawiera w sobie jakieś ciało, oddziaływające pod względem chemicznym, sądził, że podobne warunki muszą zachodzić i w wodach mineralnych. Zbadał więc wskutek tego znaczną ilość wód tego rodzaju i wyniki swej pracy ogłosił w dziele, wydanem w 1572 roku pod tytułem: „Pison, czyli rzecz o wodach zimnych, ciepłych, mineralnych i metalicznych“. W pracy tej poucza, jak można przez wyparowanie wody otrzymać w postaci osadu wszystkie stałe części, rozpuszczone w wodzie. Udziela nawet



Elektor Jan Grzegorz u alchemika Leonarda Thurneyssera,  
Z dzieła br. Stillfrieda i profesora Kuglera.

wskazówek pierwotnych do oznaczenia części składowych tego osadu. Thurneysser więc jest twórcą analizy wód mineralnych, która ciągle doskonalila się a w wieku XIX dosięgła najwyższego rozwoju przy swym znakomitym przedstawicielu Remigjuszu Freseniuszu (1819—97). Ten poddał ścisłym i gruntownym badaniom prawie wszystkie znane wtedy wody mineralne i położył przez to nieocenione zasługi dla balneoterapii.

Jakie jednak stanowisko względem nauki Paracelsa zajęli lekarze dawnych szkół medycznych, możemy najlepiej ocenić z tego, że w roku 1566 parlament paryzki zabronił stosowania znacznej ilości wskazanych przez niego środków leczniczych i zakazał lekarzom pod najwyższą karą przepisywania tych lekarstw. Gdy mimo to Teodor Turquet de Mayerne, gorliwy zwolennik Paracelsa, wprowadził w użycie 1603 roku preparaty antymonowe, ogłoszono go za niegodnego do sprawowania obowiązków lekarskich i zabroniono wszystkim lekarzom odbywać z nim konsultacje. Niezależnie od tych nieprzyjaznych objawów idee Paracelsa zdobyły sobie uznanie, gdyż wszyscy znakomitsi ludzie, potrafili wydzielić z pośród rzetelnych jego poglądy fałszywe i zapewnili tym pierwszym z czasem wpływ największy i uznanie.

Z pośród tych wybitnych zwolenników nauki Paracelsa musimy postawić na czele Andrzeja Liebau, albo Libaviusa, jak on sam siebie nazywał (um. 1616). Pomimo całej swej wiedzy Libavius był gorliwym szermierzem idei uszlachetniania metali, pozatem poglądy jego odznaczają się wielką jasnością i trafnością sądów. Z gorliwością przystąpił do wprowadzenia w użycie środków leczniczych, przygotowanych sposobem chemicznym i podczas tej pracy zdołał także pomnożyć sposoby ich przygotowania a nawet wykonać wiele bardzo ważnych odkryć chemicznych. On to jest twórcą metody, dzisiaj jeszcze stosowanej, otrzymywania kwasu siarkowego z dwutlenku siarki w obecności kwasu azotowego. Sposób postępowania był tak dokładnie opracowany, że na tej podstawie można było prowadzić fabrycznie wyrób kwasu siarkowego, o czym jednak nikt nie pomyślał wtedy. Prócz tego Libavius dowiódł jednocześnie, że otrzymany za pomocą wskazanego przez niego sposobu kwas jest zupełnie identyczny z tym, jaki możemy otrzymać z alunu lub koperwasu żelaznego. Nadto jest on wynalazcą różnobarwnych szkielek topliwych i autorem pierwszego podręcznika chemji, który ukazał się w 1595 roku, miał wiele wydań i uchodził przez długi czas za najlepszą pracę o chemji.

Po Paracelsie najznakomitszym przedstawicielem okresu medycznego alchemji był Jan Baptysta van Helmont (urodził się w Brukselli 1577, umarł tamże 1644). Dzieła Paracelsa tak wpłynęły na niego, że stał się jego zwolennikiem gorącym i jako zadanie swego życia postawił sobie dalszy rozwój myśli Paracelsa a także zwalczanie zwolenników zasad Galena. Van Helmont był adeptem alchemji z przekonania: utrzymywał, że posiada nieznaną ilość kamienia filozoficznego, i dzięki temu dochodzi do znakomitych wyników. Przekonany był również głęboko o istnieniu substancji,



Magazyn w dawnej aptece.

Muzeum narodowe w Norymberdze.

tak nazywanego „alkahestu“, mającej własność rozpuszczania wszelkich ciał. Z pomiędzy zwolenników tego kierunku odznaczał się swemi poglądami na zadanie, jakie ma woda w przyrodzie. Poglądy te są przeważnie fałszywe, mimo to jednak zjednały wielu stronników dla kierunku medycznego w alchemji. Van Helmont utrzymywał, że wszystkie materiały palne muszą zawierać w sobie wodę i przez ich spalenie można ją otrzymać w stanie czystym. Przytoczymy jedno z „doświadczeń“ Helmonta, rzuca ono bowiem światło na ówczesny sposób badania. Ażeby dowiedzieć się, „z kąd pochodzą myszy“, urządził cały szereg doświadczeń, z których jako rezultat wypadło, że myszy zjawiają się wtedy, jeżeli w jednym naczyniu pomieścimy brudną koszulę z mąką pszenną!... Badania powyższe dają nam obraz kultury, z którego daleko lepiej niż z licznych tomów dzieł poznajemy uczonych ówczesnych i ich poziom umysłowy! Mimo tych i tym podobnych błędnych pojęć van Helmont był jednakże alchemikiem wybitnym i chemja zawdzięcza mu bardzo wiele. Jego można uważać za ojca wszystkich naszych wiadomości o gazach, on to bowiem pierwszy, chcąc określić pewne rodzaje ciał lotnych, użył wyrazu gaz. W jednym z jego dzieł znajdujemy takie określenie: „Hunc spiritum incognitum hactenus novo nomine gas voco“ t. j. to ciało lotne, dotychczas nieznanie mianując wyrazem nowym „gas“ (utworzonym z wyrazu greckiego „chaos“). Wprawdzie pojedynczych gazów nie umiał odróżniać, co pochodziło z tego powodu, że nie posiadał odpowiednich środków, ażeby je wydzielić i ułowić, to jednakowoż zasłużył się tem, że pierwszy zwrócił na to uwagę, iż znajdują się ciała lotne, które mają inne własności jak powietrze. Wskazał nawet na różnice, jakie zachodzą między gazami a parami. Określenia jego własności par i gazów utrzymały się przez całe stulecia — prawie do czasów najnowszych — i dopiero tegoczesna technika naukowa, na zasadzie nowych doświadczeń w tym zakresie przeprowadzonych, stworzyła nowe poglądy. Szczególną dokładnością i trafnością odznaczają się jego badania nad gazem węglowym, o którym zaznacza, że wytwarza się przy fermentacji wina i piwa, przy spalaniu węgla i w żołądku podczas trawienia, znajduje się również w wodach mineralnych i w grocie Psiej pod Neapolem. Podaje sposób otrzymywania gazu węglowego przez działanie octu na wapno i przeprowadza badania nad jego własnościami pod względem fizjologicznym. Van Helmont jest również wynalazcą tak powszechnie dziś używanego związku chemicznego, jakim jest szkło wodne, które otrzymywał przez stapianie krzemionki z alkalkjami. Wskutek dokładnych poszukiwań rozszerza krąg naszych wiadomości o fermentacji, a nawet wyraz „ferment“ na oznaczenie pobudki do fermentacji, został przez niego utworzony. Stosownie do kierunku duchowego, panującego w tym wieku, który chemją uznawał za główną podporę medycyny, starał się zbadać analogję między fermentem a ludzkim organizmem. Jakkolwiek poglądy jego w tym względzie dochodziły do absurdu, nie przeszkadzało mu to jednak wskazywać, że alkalkja są doskonałemi środkami leczniczemi w tych wszystkich



wypadkach, w których, według jego poglądów, przez silną fermentację wytwarza się w organizmie ludzkim za wiele kwasów. Leczył więc bardzo trafnie za pomocą soli alkalicznych zgage, gościec i t. p. nie domagania i sposób ten nawet obecnie bywa stosowany. Z pośród związków chemicznych, odkrytych przez niego zasługuje na uwagę węgiel amonu.

Z pomiędzy współczesnych mu alchemików dorównywa mu znaczeniem Jan Rudolf Glauber, (ur. 1604 w Karlstadt we Frankonji, um. w Amsterdamie 1668 r.) alchemik z powołania i zapalony zwolennik nauki o przemianie metali i alkahestu; odkrył daleko więcej związków chemicznych, jak ktokolwiek

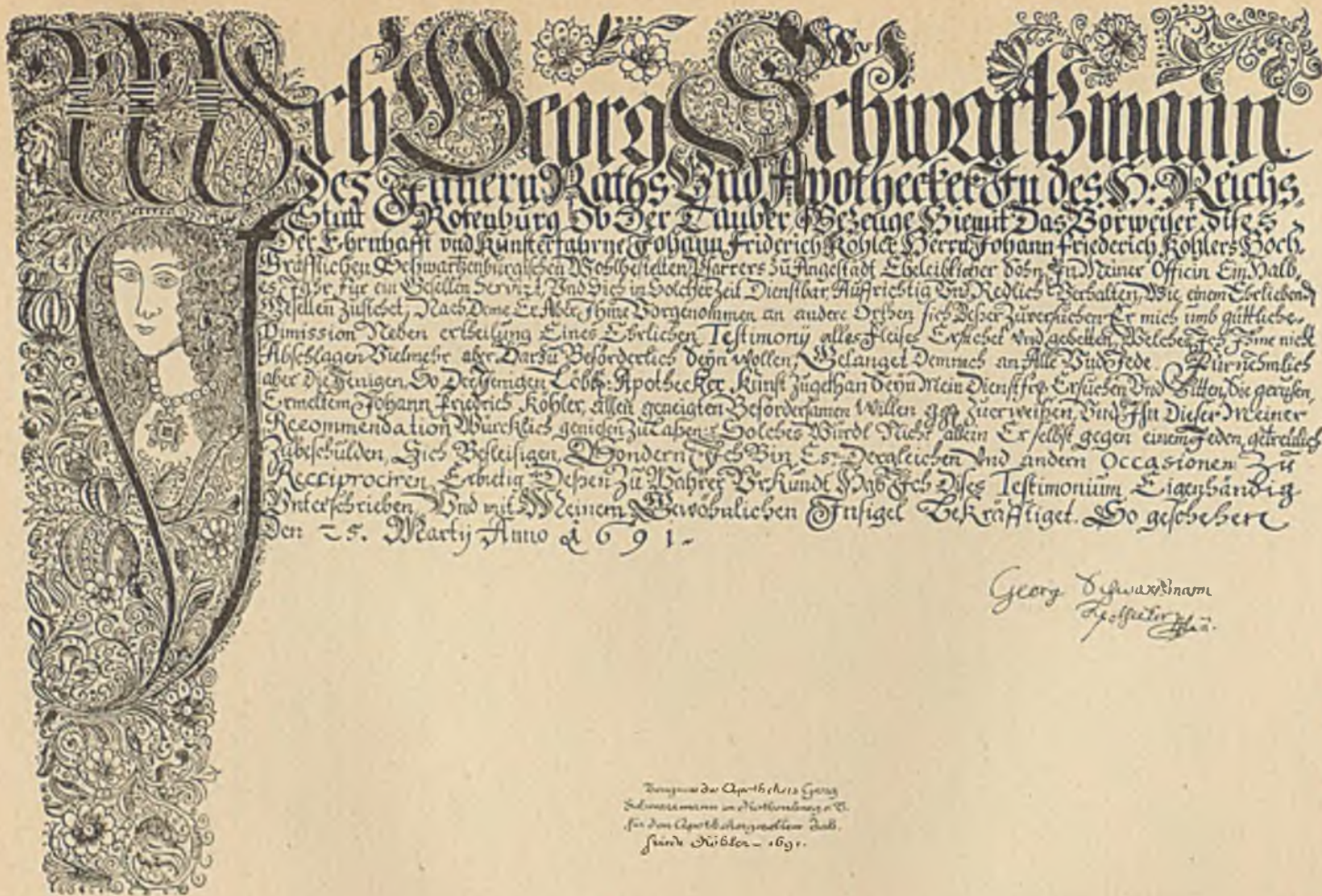


Apteczka domowa i podróżna z wieku XVII, w muzeum narodowym w Norymberdze.

inny w tym wieku chemijatrii, właściwie jednak jest raczej pierwszym chemikiem technologiem, niż jatrochemikiem. Z pomiędzy tych związków dosyć tu przytoczyć siarkan sodu, nazywany na jego cześć solą glauberską, która jako „sal mirabile Glauberi“ była istotnie najważniejszym środkiem leczniczym w jatrochemicznej szkole medycznej. Sól glauberska ma dzisiaj obszerne zastosowanie w licznych zakładach techniczno-chemicznych, szczególnie przy fabrykacji sody, w hutach szklanych, a także jako zaprawa w farbiarniach wełny i t. p. Technika głównie zawdzięcza Glauberowi wskazanie znacznej ilości sposobów otrzymywania różnych związków pożytecznych, jak kwasu solnego, sublimatu i w. in. Glauber podał również

kilka sposobów do otrzymywania saletry, a w zakresie farbiarstwa wypracował metody, na zasadzie których z jednego koloru można było wytwarzać różne jego odcienia. Pierwszy też poświęcił się badaniom ekonomicznego stanowiska ówczesnego przemysłu chemicznego. W swem dziele sześciotomowym, wydawanem od 1656 — 1661, wykazuje, jak wskutek rozwoju techniki i wzajemnego ustosunkowania prawidłowego między przywozem i wywozem materiałów surowych i przetworów technicznych może się podnieść dobrobyt narodowy. W ogóle Glauber był takim chemikiem, który prócz wiedzy gruntownej obdarzony był szerszym poglądem na sprawy ogólne.

Oprócz wymienionych tu głównych przedstawicieli chemijatrji żyło jeszcze w XVI i XVII stuleciu wielu chemików, którzy jednak trzymali się zdala od panujących prądów i zajmowali się głównie własnymi studjami bez żadnej wyraźnej tendencji. Prace ich nie przyczyniły się do rozwoju chemji; jeden z nich tylko zdobył sobie ogólne uznanie, lecz jedynie w pewnym i ściśle ograniczonym zakresie; był to Grzegorz Agricola (ur. 1494 w Glaucha, pod Meissenen, um. 1555), który zajął stanowisko wybitne, lecz pod każdym względem wyosobnione. Jakkolwiek z zawodu lekarz, nie zajmował się jednak ani medycyną, ani chemijatrją; przeciwnie, pracował bardzo gorliwie w zakresie metalurgji i hutnictwa i był znakomitym działaczem w znaczeniu naukowym i technicznym. W swem dziele dwunastotomowym o metalurgji zestawił wszystko, co tylko było wtedy wiadomem w tej gałęzi techniki chemicznej, tak że praca jego przedstawia kompletną encyklopedję ówczesnej wiedzy metalurgicznej. Podaje znakomitą ilość metod i sposobów obrabiania rud wszelkiego rodzaju. Poucza przede wszystkim, w jaki sposób należy użytkować, powstające przy wypalaniu rud gazy, które dotąd unosiły się w powietrze bez żadnej korzyści i jak wtedy można z tych rud wydzielać siarkę. Podaje metody do oczyszczania siarki. Wskazuje bardzo praktyczny sposób otrzymywania miedzi, ulepsza metodę otrzymywania z odpowiednich rud srebra, rtęci, antymonu i bizmutu. W jego dziełach są opisane techniczne sposoby postępowania do racjonalnego otrzymywania i oczyszczania soli kuchennej, saletry, ałunu i koperwasu żelaznego. Ulepszył wszystkie przyrządy i urządzenia, służące do różnych czynności metalurgicznych i hutniczych, jak: mufle, tygle, piece i t. p. Wypracował nowe sposoby przy badaniach próbnych rud, a pracując w metalurgji i hutnictwie, którym poświęcił całe swe życie, stał się w tym zakresie prawdziwie wybitnym reformatorem. Od czasów Agricoli tak górnictwo, jak i sposoby obrabiania rud przyjęły pod każdym względem zupełnie nowy kierunek. Zastosowano zaraz podane przez niego nowe przyrządy i nowe metody i otrzymano nie tylko daleko lepsze wyniki, lecz i znaczną ilość nowych produktów. Do początku XIX wieku, to jest do tej chwili, w której maszyny parowe rozpoczynają swój zwycięski pochód w świecie, tak w zakładach górniczych, jak również i w hutach pracują prawie wyłącznie według jego wskazówek.



Świadectwo na pomocnika aptekarza z r. 1691.  
 Według oryginału, znajdującego się w muzeum narodowym w Norymberdze.

Wobec zupełnie jednostronnego kierunku chemijatrii upadek jej z czasem był nieodzowny. Zanim jednak zastanowimy się nad przyczynami jej upadku, rozpatrzmy tu jeszcze, jaki miał wpływ okres działalności jatrochemicznej na poszczególne gałęzie chemji właściwej, jako też na ogólną kulturę owego wieku. Przedewszystkiem, co jest zupełnie naturalnem, wpływ ten musiał się ujawnić w dziedzinie chemji farmaceutycznej—gdyż głównem dążeniem jatrochemików było wprowadzenie do aptek środków leczniczych. Jakie te środki były, poznaliśmy je, rozpatrując życie najwybitniejszych przedstawicieli kierunku jatrochemicznego. Tu tylko wspomniemy, że chemja farmaceutyczna została w sposób gwałtowny przekształcona przez alchemję medyczną, gdyż do środków leczniczych, przekazanych przez arabów, przybyła jeszcze znaczna ilość preparatów czysto chemicznych. Przekształcenie to odbywało się jednak wolno, gdyż Paracels i jego stronnicy lubili swoje lekarstwa przygotowywać sami i sprzedawali je bardzo drogo. Z drugiej strony apteki, jak to zauważyliśmy, we wszystkich prawie krajach znajdowały się pod nadzorem lekarzy, którzy przeważnie, szczególnie w początku epoki jatrochemicznej należeli do szkoły Galena, i z tego względu sprzeciwiali się całą siłą przyjmowaniu nowych środków i do tego jeszcze chemicznych. Wskutek tego w tym właśnie okresie jatrochemicznym, jak w żadnym innym, zakwitła nauka tajemniczych środków leczniczych, zanim znalazły wstęp do aptek środki czysto chemiczne. To jednak nie nastąpiło zaraz; gdy jednak wprowadzone zostało, wtedy chemja odniosła znaczne korzyści z licznych doświadczeń i spostrzeżeń, zauważonych podczas samego otrzymywania wspomnianych środków. W aptekach ówczesnych, w których zaczęto przygotowywać czysto chemiczne preparaty, dokładano wszelkich starań, aby osiągnąć pod tym względem pewną doskonałość. W ówczesnych aptekach poznano się także z pewnemi oznakami, znamionami, które pozwalały sądzić o czystości preparatów; znaki te stały się podstawą do ustalenia późniejszych systematycznych metod badania próbnego ciał chemicznych pod względem czystości i jakościowego ich składu. Wpływ jatrochemików oddziaływał stale na wzrost ilości aptek, a wzrost ten wywołał potrzebę możliwego ujednostajnienia wykonywanych tam preparatów chemicznych. Starano się zaprowadzić taki porządek, aby każdy preparat we wszystkich aptekach posiadał jednakowy skład chemiczny i dokładnie jednakową dobroć użytych w tym celu materiałów; obok znacznej ilości nowych farmakopej, zjawily się liczne podręczniki, zawierające sposoby przygotowania takich preparatów chemicznych, które mogłyby znaleźć zastosowanie jako środki lecznicze. Napisano też mnóstwo dzieł, wykazujących potrzebę zwiedzania w celu kontrolowania aptek i badania znajdujących się tam lekarstw. Taka praca intensywna lekarzy i aptekarzy nad sprawami chemicznemi, miała to następstwo, że apteki wydały pewną liczbę chemików, którzy przez pewien czas pracami swemi przyczynili się istotnie do rozwoju chemji, mianowicie tak długo, dopóki

nauka ta nie podniosła się do takiej wysokości, że aptekarze ze względu niedostateczne swe wykształcenie nie mogli podążyć za tym postępem i zmuszeni byli zwrócić się znowu do farmacji, przedstawiającej dla ich pracy pole odpowiednie.



Całkowite urządzenie dawnej apteki w muzeum narodowym w Norymberdze.

Niedawno zaznaczyliśmy, jakie postępy, dzięki wpływowi Grzegorza Agricoli dokonane zostały w metalurgji i hutnictwie. Tu należy jeszcze wspomnieć, że wkrótce po odkryciu w ówczesnym Elektoracie Saskim rud kobaltowych powstały w tych miejscach, gdzie zalegały pokłady kobaltu, zakłady wyrabiające farbę niebieską; niedługo potem, mianowicie w połowie XVI w.,

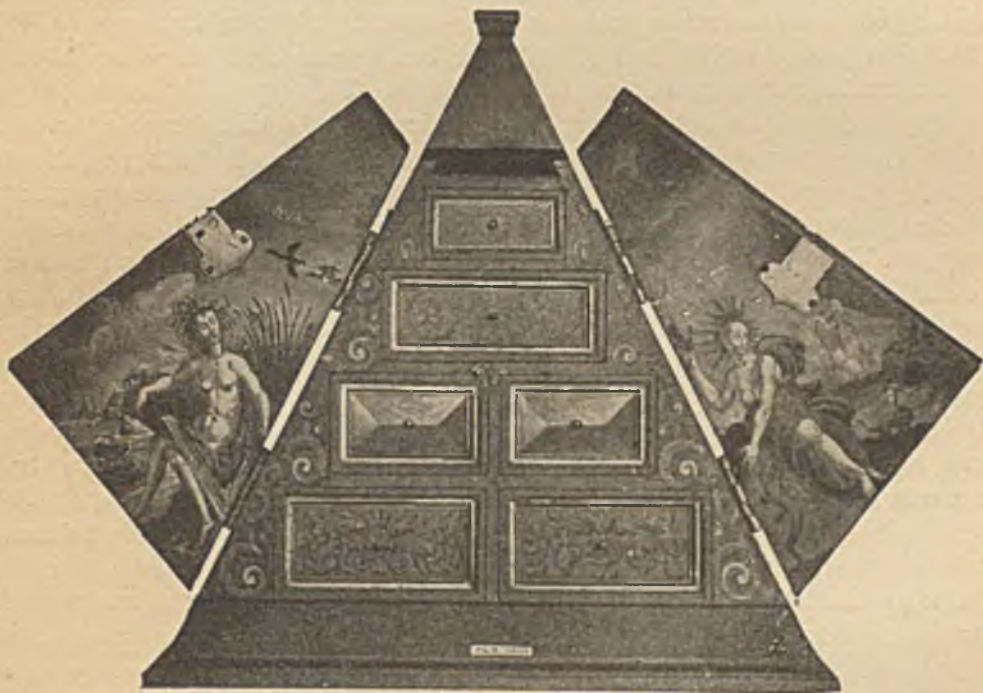
wynalezione zostały sposoby do wyrobu szkła niebiesko zabarwionego przez dodanie do roztopionego szkła sproszkowanej rudy kobaltowej. Dla wydobycia srebra z rud zastosowano w niektórych kopalniach, mianowicie w Peru od 1570 r., proces amalgamacji, przy którym srebro podczas obrabiania rud za pomocą rtęci, może być oddzielone w postaci amalgamatu srebrnego. W epoce jatrochemji wytwarzanie fabryczne preparatów chemicznych odbywało się na wielką skalę. Z preparatów, które już wtedy zaczęto wyrabiać sposobem fabrycznym, należy wspomnieć: cynober, biel ołowianą a także kwas azotny, jaki dotąd otrzymywano w pracowniach tylko w małych ilościach.

Głównem siedliskiem przemysłu chemicznego w XVI wieku była Wenecja, która znaczną ilość preparatów chemicznych musiała wyrabiać na potrzeby fabryk szkła w Murano, będących w owym czasie na stopniu największego rozkwitu. Rozwój przemysłu szklanego nie pozostał bez wpływu na przemysł ceramiczny, odkąd zdobyte przy przy fabrykacji szkła doświadczenie, mogło być zastosowane w ten sposób, ażeby wtapiać farby na polewie naczyń i w ten sposób otrzymywać wszelkiego rodzaju kolorowe przedmioty ceramiczne. W dziedzinie ceramiki — fajans uległ podobnemu rozwojowi, jak i przemysł szklany. Najwięcej jednak rozwinęło się gorzelnictwo. Spirytus, który pierwotnie był używany tylko jako środek leczniczy, przypadł wkrótce do smaku ludziom bogatym. Użycie jego rozpowszechniało się coraz więcej, a gdy nauczono się wyrabiać ze zboża tanie gatunki wódek, użycie alkoholu szczególnie w warstwach ludowych wszystkich krajów przybrało wymiary przerażające. Już w XVI stuleciu w Hesen, w Celle i we Frankfurcie wydano surowe prawa, nakładające wysokie podatki na używających wódki. W Saksonji wstrzymano wprost działanie gorzelnii, pędzących wódkę ze zboża, dozwolono jedynie na wyrób spirytusu z wina do celów leczniczych. Wszystkie te jednak zabiegi i prawa pozostały bez skutku! A gdy jeszcze zaraza nawiedziła Europę i uwierzono zaraz pogłosce, że wódka stanowi doskonały środek zabezpieczający, to użycie jej wzrosło jeszcze więcej. Gdy zaś według projektu Glaubera, dążącego do obniżenia cen wódki, zaczęto stosować przy destylacji zamiast drogich naczyń miedzianych, tylko drewniane, nie już nie mogło powstrzymać masy ludowe od nadmiernego użycia spirytusu. Jakkolwiek wódka tak szkodliwie oddziaływała na organizm ludzki pod względem moralnym i higienicznym, iż żałować należy, że użycie jej tak nadmiernie wzrosło, to jednakże z drugiej strony przyznać należy, że wyrób alkoholu był pierwszym wielkim przemysłem chemicznym w tym okresie.

Wynalazek soli glauberskiej przyczynia się bardzo do rozwoju farbiarstwa wełny; od połowy XVI wieku jednak wchodzi w użycie coraz więcej alun, jako zaprawa, służąca do utrwalenia farby na materjale. W ogóle przemysł farbiarski wiele zawdzięcza Glauberowi. Przez odpowiednie dodanie kwasów lub zasad umiał nadawać różne odcienia znanym

w owym czasie farbom; od niego też mamy sposób zastosowania roztworu koperwasu żelaznego do wytworzenia czarnej żelazo garbnikowej farby, używanej do farbowania skór i innych materiałów. Zamiast marzanny wchodziło coraz więcej w użycie indygo; a ponieważ na tę farbę wychodziły z krajów znakomite sumy, niektóre więc rządy, spodziewając się podnieść coraz więcej zaniedbywaną uprawę marzanny, zabroniły przywozu indyga. Ale prawa tu, tak samo jak i przy gorzelnictwie pozostały bez znaczenia i farbowanie za pomocą indyga czyniło coraz większe postępy.

W wieku XVI spotykamy się już z pierwszymi początkami chemji rolniczej. Bernard Palissy (1499—1589) przeprowadził pierwsze badania nad



Dawna apteczka domowa z muzeum narodowego w Norymberdze.

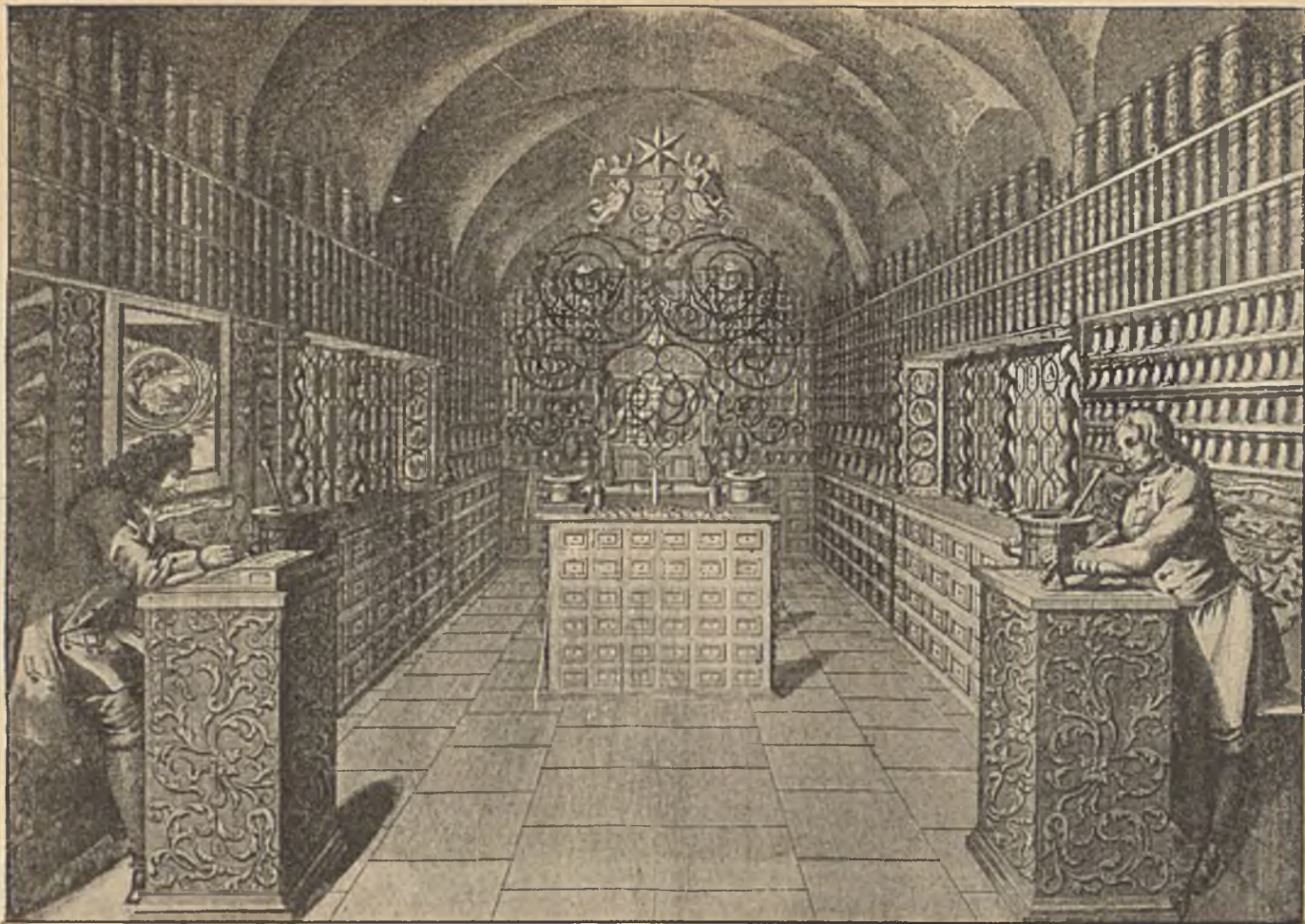
rodzajnością gruntu i doszedł do ważnych i słusznych wyników, że grunta przez ciągłą uprawę stają się jałowemi, ponieważ rośliny odbierają im znajdujące się tam sole i do podniesienia urodzajności gleby proponował zastosowanie marglu i racjonalne dodawanie nawozu.

Z początkiem XVII stulecia zaczyna się stopniowy upadek chemijatrji, która ginie prawie zupełnie w drugiej jego połowie. Przyczyny tego upadku objaśniają się łatwo: leżą one w jednostronnym i tendencyjnym kierunku samej chemijatrji. Przedstawiciele tej szkoły starali się usilnie o to jedynie, aby wszelkie zjawiska chemiczne podciągnąć pod jedną kategorię i dążyli tendencyjnie do tego, aby wszelkie przejawy w organizmie ludzkim

wyjaśniać tylko na drodze chemicznej. Musiało to z czasem wywołać sprzeczności i sprowadzić na manowce, a nadto i sama umiejętność wskutek jednostronnego kierunku jej przedstawiciele znalazła się w takim położeniu bez wyjścia, że podnieść się z niego nie mogła. Do tego dołączyła się ta okoliczność, że wskutek pracy nad alchemią medyczną zdobyto tyle wiedzy w zakresie czysto chemicznym, iż chemja mogła odtąd występować jako umiejętność samodzielna i obchodzić się bez pomocy medycyny. Tym sposobem rozluźnił się z czasem tak ścisły dawniej związek medycyny z chemją. Pierwsza oderwała się od drugiej i zaczęła nabierać coraz więcej charakteru umiejętności samodzielnej. Wielu znakomitych fizyków postawiło tezę, jak to już przedtem zaznaczyliśmy, że w zakresie nauk przyrodniczych doświadczenie jest i musi pozostać podstawą każdego badania i że tylko takie prawdy należy uznawać bez ograniczeń, które w doświadczeniu znalazły niezaprzeczone potwierdzenie. Ta zasada, która stopniowo we wszystkich dziedzinach nauk przyrodniczych zyskała znaczenie pewnika, musiała zapanować także i w chemji. Chemicy zaczęli także powoli usuwać się od swej dotychczasowej działalności, pozbawionej zresztą rzeczywistości podstawy logicznej i prowadzić swe prace na podkładzie doświadczalnym. Jako następstwo tych wpływów występuje zwolna ale stanowczo rozdział między chemją a medycyną, rozdział, wyrażający się nazewnictwem, że w uniwersytetach zakładają osobne katedry dla chemji i budują oddzielne pracownie, w których młodzi chemicy znajdują sposobność do systematycznego wykształcenia w eksperymentowaniu, będącem obecnie podstawą badania chemicznego. Tak samo jak od medycyny, odsuwa się chemja i od alchemji. Przeświadczenie o istnieniu kamienia filozoficznego trwa zapewne tam jak i przedtem, ale wskutek ciągłego i systematycznego badania chemicznego, podstawa, na której opiera się to przeświadczenie staje się niepewną, z czasem zaczyna się wkładać wątpliwość w istnienie tego kamienia mistycznego i wreszcie wybucha otwarta wojna między chemikami i zwolennikami alchemji. Obie tracą wspólne punkty zetknięcia. Alchemicy pozostawieni sami sobie, nie mając w swych pracach rzeczywistej podstawy, skazani są na powolną, ale nieuniknioną zagładę.

Do wszystkich wyżej wymienionych powodów przybywa jeszcze jeden i to najważniejszy. Chemicy w nowej epoce, zaczynającej się około połowy XVII stulecia znajdują dla siebie punkt ogniskowy, dokoła którego się grupują. Tem ogniskiem jest teoria, która, jakkolwiek w przyszłości uznana została za fałszywą i pozbawioną podstawy, dopięła jednak swego celu, wskazała bowiem dla badania naukowego kierunek pewny i racjonalny. Dotychczasowy kierunek nie był ani pewny, ani też racjonalny — nie był pewnym dlatego, że nie miał wytkniętego celu, lecz wahał się wśród różnych dążeń, jak przemiana metali lub wyjaśnienie zjawisk medycznych na drodze chemicznej, i nie był także racjonalnym, ponieważ brakowało mu dążności do prawdy, tego niezbędnego warunku przy każdym badaniu przyrodniczym.





**Dawna apteka.**

Według miedziorytu znajdującego się w muzeum narodowym w Norymberdze.

Teoria flogistyczna wprowadziła radykalną zmianę, która acz wolno ale za to pewno rozwijała się dalej. Widzimy tu dziwne zjawisko, że fałszywa teoria stauowi istotny powód, skłaniający do poważnych zabiegów w celu poznania prawdy i rzeczywiście wkrótce po ogólnem prawie uznaniu teorii flogistycznej zaczyna się rozwijać poważniejsza działalność chemiczna, wywierająca znakomity wpływ na rozwój samej wiedzy.

\*  
\*  
\*

Twórcą teorii flogistycznej jest Jerzy Ernest Stahl (ur. 1660 w Ansbachu, um. 1734 w Berlinie). Za pomocą swej teorii chciał wyjaśnić zjawiska palenia. Przypuszczał, że każde ciało palne musi zawierać w sobie pewnego rodzaju substancję, którą nazwał flogistonem. Podczas palenia wydziela się z tej substancji flogiston w postaci płomienia, a ciało, które było przedtem połączone z flogistonem pozostaje jako popiół lub wapno. Im substancja jest łatwiej zapalną, tem więcej zawiera w sobie flogistonu; tak np. siarka i fosfor są ciałami, posiadającymi bardzo wiele flogistonu. Przez rozgrzanie do czerwoności jakiegoś ciała, zawierającego znaczną ilość flogistonu z innym, nieposiadającym go wcale, wywołujemy przeniesienie się flogistonu na to drugie ciało, które przez to zamienia się na substancję palną. Nieślusność powyższej teorii mogła być wykazaną bardzo łatwo przez proste zestawienie wagi ciała przed i po spaleniu. Gdy pewne ciało traci flogiston, to musi się także zmniejszyć jego waga. W istocie jednak wszystkie ciała przez spalenie powiększają swą wagę, jeżeli naturalnie w rachunku uwzględnimy wagę produktów spalenia. Rozważenie tego prostego faktu wskazywało na bezpodstawność teorii flogistycznej; a jednak prawie przez całe stulecie wszyscy ówczesni chemicy uznawali jej doskonałość i przytaczali nowe dowody, pozornie stwierdzające jej prawdziwość i ani razu nie uderzyła ich w oczy, tak łatwo dająca się wykazać nielogiczność w całej budowie tej teorii. Teoria flogistyczna daje nam pod pewnym względem obraz ówczesnej kultury. Wskazuje nam ona, że w obecnym okresie na przyczynę zjawisk zapatrywano się znacznie trafniej, aniżeli niegdyś, jak to czynił van Helmont, którego metody i teorie w formie przykładu przedstawiliśmy wyżej, jednakże mimo to umysły współczesnych nie dojrzały jeszcze dostatecznie, aby wyprowadzać widoczne i logiczne wnioski. Jeżeli porównamy to wysokie stanowisko, jakie osiągnęło w tymże czasie badanie fizykalne, z metodami badań przedstawicieli chemji, to zobaczymy jak daleko pod każdym względem ta umiejętność pozostała w tyle za fizyką. Z jaką lekko-myślną łatwością chemicy ówczesni tworzyli teorię i przyjmowali ją, najlepszy dowód mamy w tem, że brak straty na wadze ciała przy wydzieleniu się flogistonu zastanawiał nawet samego Stahla, twórcę teorii flogistycznej. Załatwia jednak tę sprawę w słowach bardzo powierzchownych, że podczas palenia flogiston uchodzi i „jakkolwiek“ daje się zauważyć

pewne zwiększenie wagi, to jednakże przy jego wchodzeniu w ciało tego powiększenia wagi dostrzedz nie można. Takie fałszywe poglądy przyswajała sobie większość chemików owego czasu.

Z rozpatrywaniem teorii flogistycznej, która zawładnęła umysłami owego wieku, wysunęliśmy się nieco naprzód. Pozostaje nam jednak roztrząsać działalność dwóch chemików, których ze względu na ich poglądy teoretyczne uważać należy jako poprzedników Stahla i którzy pod względem praktycznym położyli znaczne zasługi w zakresie chemji stosowanej. Ci dwaj chemicy jeszcze przed Stahlem utworzyli teorię, na zasadzie której, każde palenie należy uważać jako rozkład ciała, podczas którego z ciała palącego wydziela się składowa jego część, będąca przyczyną zjawiska płomienia. W ogólnych zarysach w tej hipotezie znajdujemy teorię flogistyczną, której jednak właściwym twórcą był Stahl; on to bowiem rozwinął ją w wyczerpujących rozprawach i w całym szeregu doświadczeń a także wśród licznych zwolenników, jakich umiał zjednać dla swych poglądów.

Robert Boyle (ur. 1627 w Youghall, w hrabstwie Münster w Irlandji, um. 1691) był nie tylko pierwszym z chemików, który zwalczał energicznie poglądy jatrochemików, lecz także pierwszym, który zastanawiał się głębiej i wykazywał sprzeczności, charakteryzujące ich działalność. Wierzył wprawdzie jeszcze w możliwość przemiany metali; starał się jednak odnaleźć ją na drodze naukowej. Główną podstawą każdego badania było według niego wyłącznie doświadczenie i na zasadzie tego twierdzenia, że każdy pogląd naukowy powinien posiadać podkład doświadczalny, zasłużył sobie słusznie na miano pioniera wiedzy. Na podstawie swej ścisłej metody eksperymentalnej wykazał, że ani cztery elementy Arystotelesa (ogień, woda, powietrze i ziemia) ani trzy elementy ówczesnych alchemików (sól, siarka i rtęć), nie mogą być brane pod uwagę w tym względzie, ażeby służyły za podstawę do działalności naukowej, czy ona będzie charakteru teoretycznego czy też praktycznego. Sam utworzył teorię chemiczną, która z niektórymi zmianami w głównych zarysach dziś jeszcze istnieje. Podstawą tej teorii, zwanej korpuskularną, na którą powołuje się dzisiejsza teoria atomistyczna, było, że wszystkie ciała składają się z nadzwyczaj małych cząstek, a różne połączenia chemiczne tworzą się przez rozmaite ugrupowanie ich cząstek składowych. Dopóki przyciąganie między cząstkami, utrzymujące je w równowadze nie jest nadwężone, nie może nastąpić rozkład tych cząstek. Boyle założył nowe podstawy analizy chemicznej. Dotychczas do wydzielania i badania ciał pojedynczych używano jedynie tak nazywanej drogi suchej, zasadzającej się na tem, że badano, jak się zachowuje dane ciało podczas jego topienia w połączeniu z innymi ciałami. Boyle wprowadził tu reformy i pierwszy zastosował do analizy drogę mokrą. Rozpuszczał dane ciała w wodzie lub też w innym płynie i badał, jak się zachowują takie roztwory. Tym sposobem udało mu się wynaleźć znaczną ilość metod do analizowania najróżnorodniejszych ciał, metod, będących po części jeszcze dziś w użyciu. Badania jego

chemiczno-fizjologiczne wywierały wielki wpływ na chemijatrję. Studjował działanie ciepła, kwasów i ługów na białko, krew, mleko i t. p. i na zasadzie tych prac wykazał jatrochemikom liczne błędy, ciężko ich obciążające. Walka, jaką prowadził z jatrochemikami nie ograniczała się wyłącznie do zwalczania ich błędów—przeciwnie, zgadzał się na używanie w medycynie preparatów chemicznych, popierał je całą siłą i badał działanie nowych środków leczniczych. W zakresie chemji stosowanej, szczególnie w technologii paliwa zdziałał bardzo wiele, wskazał bowiem, że przy wielu chemiczno-technicznych operacjach można zamiast drzewa używać tańszego paliwa, jak węgiel kamienny lub torf, bez obawy, aby ta zmiana mogła wpłynąć na dobroć produktów.

Podczas gdy Boyle położył znaczne usługi przeważnie w zakresie ogólnym i czysto naukowym, współczesny mu Jan Kunkel (ur. 1600 w Hütten, niedaleko Rendsburga w Holsztynie, um. w Sztokholmie 1702) był przede wszystkim praktykiem. Kunkel, podobnie jak Boyle, wyróżnia się wśród swych współczesnych towarzyszy pracy czystością i prawością charakteru. Jakkolwiek podzielał przekonanie o istnieniu kamienia filozoficznego, to wszakże zapatrywał się krytycznie na pozorne rezultaty, otrzymane przy próbach z tym kamieniem i udało mu się odkryć wiele oszustw, dokonanych przez ówczesnych alchemików. Książęta, na których dworze pracował, mieli w nim szczerego przyjaciela. Jakkolwiek przyjęty był przez nich jako alchemik, bronił ich od szkody i wyzysku. Nigdy nie udawał, że posiada tajemnicę otrzymywania złota, starał się w inny sposób być swym chlebobawcom użytecznym finansowo przez urządzenie fabryk chemicznych, przynoszących doskonałe zyski. Będąc od 1689 — 89 na służbie u elektora brandeburskiego Fryderyka Wilhelma, urządził mu znaną hutę szklaną na wyspie Pawiej pod Potsdamem, w której wynalazł sposób przygotowania szkła rubinowego. Wykazał także, że sprzedawane często za drogie pieniądze przez ówczesnych alchemików tynktury złote, wyrabiane były przeważnie ze spirytusu z dodatkiem różnych korzeni, któremu nadawano kolor złoty przez domieszkę cukru palonego. Rozproszył zasadniczo różne błędy ówczesne, jak np. wiarę w alkahest. Wystąpił przeciw rozpowszechnionemu mniemaniu, jakoby wszystkie metale zawierały w sobie siarkę i dowiódł, że w ciałach organicznych nie może się znajdować rtęć. Wykazał dokładnie, że w cynobrze i siarku antymonu jest siarka, jako część składowa. Szczególne zasługi położył w chemji fosforu. Fosfor był otrzymany przypadkowo podczas poszukiwań alchemicznych w r. 1674 przez Baldwina, jakoteż przez Branda, alchemika hamburskiego, który poniosłszy straty w zawodzie kupieckim, poświęcił się alchemji i otrzymał fosfor z moczem. Obadwaj jednak zachowali w tajemnicy sposoby otrzymywania fosforu i Kunkel, który specjalnie udał się do Hamburga do Branda, ażeby wybać tajemnicę, nie mógł się niczego dowiedzieć. Wtedy na podstawie zebranych w Hamburgu wiadomości zaczął pracować na własną rękę i wykonane w tym kierunku próby doprowadziły go wreszcie do pożądanego rezultatu.

Fosfor, który zresztą otrzymany był w małych ilościach, zastosował zaraz (1674) jako środek leczniczy. Doświadczenia, jakie przeprowadzono z tym nowym pierwiastkiem wywołały podziw, tak wskutek jego własności godnych uwagi, a szczególnie własności świecenia w ciemni, tak, że za duże pieniądze jak najwyższą rzadkość pokazywali je różni alchemicy, bawiący na dworach książęcych, a jednocześnie zjawiska te zwróciły uwagę Boyle'a i doprowadziły go do odkrycia kwasu fosforowego.

Teoria flogistyczna Stahla zanim zdobyła sobie ogólne uznanie pomiędzy ówczesnymi chemikami, ulegała licznym prześladowaniom, wystąpiła bowiem przeciw niej znaczna ilość chemików, z którymi Stahl zmuszony był przeprowadzać formalne walki. Szczególniej wszczął się poważny spór pomiędzy Stahlem a Fryderykiem Hoffmannem (1660 — 1742), profesorem medycyny w Halli. Hoffmann w ówczesnym wieku był typowym przedstawicielem chemii akademickiej. Był to charakter prawy, nie zajmował się wcale fabrykacją złota i całe swe życie oddał na usługi wiedzy.

Pomimo rozpraw, jakie prowadził ze Stahlem i pomimo to, że był twórcą własnej teorii palenia, nie zdołał jednak przeszkodzić rozpowszechnianiu się teorii flogistycznej, która zyskiwała ciągle młodych i licznych zwolenników. Główne zasługi Hoffmanna leżą w zakresie medycyny, szczególnie badania jego wód mineralnych można nazwać klasycznymi. Wykazał,



Dawna pracownia chemiczna.

Według dzieła z 1719 r. p. t. „Mercati Metallothea“.

że część składowa wspólna i charakteryzująca wszystkie szczawy jest principium spiritiosum, czyli kwas węglowy. Wody mineralne zależnie od ich składu chemicznego dzieli na alkaliczne, żelaziste, gorzkie i solanki. Z wody mineralnej w Seidlitz otrzymał w stanie czystym sól gorzką. Wskazał na własności trujące gazów, wydzielających się przy paleniu węgla i ulepszył metody do otrzymywania eteru siarczanego; mieszanina, złożona z równych części eteru i spirytusu, nazywana na jego cześć „kroplami Hoffmanna“ znana jest i używana dotychczas. Poważne dążenia naukowe, jakie istniały u wielu ówczesnych chemików, mogą być najlepiej określone przez opisanie dwóch doświadczeń, wskazujących w sposób typowy, jak niektórzy z nich nie szczędzili trudów na gruntowne rozwiązanie postawionych sobie zadań. Herman Boerhave, chemik holenderski, chcąc zbadać własności rtęci nagrzewał w ciągu 15 lat w otwartym naczyniu odważoną ilość tego metalu. Ognia pilnował dniem i nocą i dokładał wszelkich starań, aby nie dopuścić do nadmiernego wzrostu temperatury. Doświadczenie powyższe prowadził głównie w tym celu, ażeby zbić poglądy alchemików. Gdy zaś ci utrzymywali w dalszym ciągu, że rtęć wskutek powtórzonych destylacji może się przeistoczyć w ciało o własnościach wyjątkowych, Boerhave dla wykazania nieprawdziwości tego twierdzenia, poddał czystą rtęć 500-krotnej destylacji. Przy tak poważnem wykonywaniu swych zadań przez przeciwników alchemji, musiało nastąpić z biegiem czasu, że alchemicy nie mogąc podołać coraz silniej występującym przesładowaniom, ulegli w końcu zupełnie. Badania Boerhave'a którym nie dorównywają żadne inne, tak ze względu ilości poświęconego im czasu, jakoteż ze względu na wytrzymałość samego eksperymentatora, podjął nanowo Jan Henryk Pott (ur. 1692, um. 1777) chemik i wybitny uczony. Będąc jeszcze profesorem chemji w zakładzie medyko-chirurgicznym w Meissen, wynalazł sposób wyrobu porcelany. Dla określenia, jakie części składowe powinny wchodzić do porcelany, Pott przeprowadził wypalanie przy rozmaitych temperaturach, już to oddzielnie, już też w najróżnorodniejszych mieszaninach, wszystkich kamieni i ziem, jakie miał pod ręką a także i tych, które sprowadzał z najodleglejszych stron świata. Podczas tych doświadczeń, których ilość dochodziła do trzydziestu tysięcy, badał, jak się zachowują powyższe ciała w tych warunkach i określał temperaturę ich topliwości. Jakkolwiek doświadczenia te nie przyniosły mu oczekiwanych wyników, to jednakże w sposób bardzo wyczerpujący ukazały nam warunki zachowania się tych ciał mineralnych przy wysokich temperaturach i przygotowały podstawę, na której opiera się budowa dzisiejsza naukowej ceramiki i wszelkie badania chemiczne nad tym przemysłem.

Z pośród przedstawicieli teorii flogistycznej wyróżnił się Andrzej Zygmunt Marggraf (ur. 1709 w Berlinie, um. tam 1782), odznaczył się nie tylko obszerną wiedzą, lecz także licznymi badaniami, któremi przyczynił się do rozwoju chemji stosowanej i technicznej. W murach ówczesnej akademji nauk przy ulicy Doroty urządził pracownię chemiczną, w której



Zbiory dawnych przyborów chemicznych i alchemicznych.  
Muzeum narodowe w Norymberdze.

który miał być twórcą nowej epoki, uzyskanie poważnego wpływu na ówczesnych pracowników w tym zakresie. Własności, jakie nadawała flogistonowi szkoła zwolenników tej teorii, miały charakter gazu, jasnym więc było, że flogistonu poszukiwano pośród gazów. Wszystkie jednak usiłowania, skierowane do tego celu, okazały się daremnymi: ani jeden ze znanych w owym czasie gazów nie posiadał takich własności, jakie przypisywane były flogistonowi i jedynym pożytkiem, jaki osiągnęła chemja z badań, prowadzonych w celu odkrycia flogistonu był ten, że poznano lepiej istotę gazów. W jakim stopniu to poznanie gazów było potrzebne, objaśnia najlepiej ta okoliczność, że jeszcze do połowy XVIII stulecia wielu powątpiewało, czy ciała lotne, które posiadają podobne własności, co powietrze, są istotnie gazami innego rodzaju. Przypuszczano raczej, że niema różnych gazów, tylko że powietrze zmieszało się z innymi substancjami. Cavendish pierwszy zaczął zwalczać energicznie powyższy pogląd i wypowiedział zdanie, że istnieje osobna klasa gazów. Daleko większe od zwalczania tych poglądów ma znaczenie badanie jego, prowadzone nad poznaniem własności chemicznych wodoru. Wodór znany był już w XVI wieku i umiano go otrzymywać przez działanie rozcieńczonego kwasu siarkowego na żelazo. Paracelsus oznaczał go jako powietrze palne i pogląd taki był uznany przez większość późniejszych chemików. Dopiero Cavendish pierwszy zastrzegł się przeciw temu pogładowi, a zbadawszy dokładnie, zaliczył go do kategorii ciał gazowych. W pracy nad badaniem wodoru Cavendish pierwszy przyjął pod uwagę ciężar właściwy gazu, czego dotąd nikt nie stosował. Oznaczenie ciężaru właściwego wodoru pokazało, że gaz ten jest stosunkowo znacznie lżejszy od powietrza, co znów nabrało wybitnego znaczenia przy dalszym rozwoju teorii flogistycznej. Badania, jakie Cavendish przeprowadził nad wodorem odznaczają się taką pełnością i dokładnością, że nawet, pomijając zupełnie ściśle określenia jego ciężaru właściwego i t. p., dzisiejsze prace w tym kierunku nic więcej nowego nie będą mogły dostarczyć. Zauważył, że wodór nie może podtrzymywać ani palenia ani oddychania; zmieszany zaś z powietrzem wybuchu bardzo gwałtownie, oznaczył nawet ilościowo stosunek tych gazów, przy którym wybuch jest największy. Przeprowadził również dokładne badania nad dwutlenkiem węgla, który otrzymał za pomocą działania kwasu solnego na marmur. Prace Cavendisha nad wodorem przypadają na rok 1781. Kilka lat przedtem (1774) odkryto tlen i odkrycie to stało się dla Cavendisha powodem, że od 1783 roku zajął się badaniem powietrza. Prace jego w tym kierunku zaliczają się do chemji klasycznej. Pomimo niedokładności ówczesnych przyrządów udało mu się wykazać, że powietrze wszędzie, na każdym miejscu, na powierzchni ziemi, czy też na jakiegokolwiek wysokości, posiada zawsze ten sam skład, na który nawet zmiany pór roku nie wywierają działania. Różnorodne wyniki, jakie otrzymywano przy dotychczasowych badaniach powietrza pochodziły według niego z błędów, popełnionych podczas samych badań. Prace jego nad tym przedmiotem miały znaczenie



nietylko dla chemji, lecz i dla medycyny, gdyż dotychczas sądzono, że działanie higieniczne powietrza zmienia się zależnie od jego składu i na tem przypuszczeniu powstały najdziwniejsze poglądy lekarskie, które dopiero na podstawie badań Cavendisha zostały gruntownie zreformowane. W pracy jego o własnościach powietrza, wydanej w 1785 r. p. t. „Experiments on air“, bardzo wielkie znaczenie posiadają badania nad oddziaływaniem palenia na skład wewnętrzny powietrza. Na ich podstawie doszedł, że woda składa się z dwóch pierwiastków gazowych: wodoru i tlenu i że przy spalaniu wodoru w tlenie tworzy się woda, przyczem waga otrzymanej wody równa się dokładnie sumie wag spalonego wodoru i tlenu. Pierwszy więc Cavendish podał dokładne wiadomości o składzie dwóch tak ważnych ciał, jak powietrze i woda. Obok tego, co nas dzisiaj szczególnie wprawia w podziw, przyrządy, jakich w owym czasie używał, były bardzo pierwotne, to też otrzymane przez niego wyniki, świadczą najlepiej o jego gruntownej i poważnej pracy. Nawet mając do rozporządzenia dzisiejsze przyrządy tak dokładne i subtelne nie wiele można zmienić liczby, podane przez Cavendisha na podstawie jego badań; podał on bowiem, że w 100 objętościach powietrza znajduje się 21 procent tlenu i 79 procent azotu; dla wody zaś ustalił, że każda cząstka czystej wody składa się z dwóch objętości wodoru i jednej tlenu.

Odkrycie ciężaru gatunkowego wodoru wprowadziło gruntowną zmianę w poglądach na flogiston. Sam nawet Cavendish sądził, że w wodorze odnalazł flogiston; omyłka ta była tem łatwiejszą do zrozumienia, że własności wodoru odpowiadały właśnie tym, jakie Stahl przypisywał swemu flogistonowi: przedewszystkiem jego nieznaczna waga, a następnie zachowanie się jego przy paleniu i przy wchodzeniu w związki z innymi ciałami. W wodorze więc, jak przypuszczał Cavendish, znalazł poszukiwany oddawna, dotychczas hypotetyczny flogiston i wkrótce bardzo wielu ówczesnych chemików przyłączyło się do tego poglądu. Oczywiście Cavendish ze swoją szkołą znalazł także i przeciwników, a najważniejszym zarzutem, jaki mu stawiali, był ten, że wiele zjawisk, do wyjaśnienia których wprowadzano flogiston, daje się doskonale wytłomaczyć i bez niego. Walka ta przyciągająca do siebie coraz większe koło szermierzy, sprowadziła zupełne przekształcenie poglądów na teorię palenia, które dzięki pracom Lavoisiera, jak to później zobaczymy, wprowadzone zostały na zupełnie nowe drogi i różne od dotychczasowych. Rozpatrując prace Cavendisha, wspomnieliśmy także i o tlenie, należy więc teraz przypomnieć nazwiska tych chemików, którzy położyli zasługi przy jego odkryciu jak również i przy zbadaniu jego własności. Wszak tlen jest jednym z najważniejszych ciał, jakie znajdują się na ziemi, jest bowiem najwięcej rozpowszechniony i występuje w największej ilości. Tem dziwniejszem się wydaje, że przy tak olbrzymiem rozpowszechnieniu nie został odkryty wcześniej. Wskazanie jego istnienia, zbadanie własności i wynalezienie sposobów do jego otrzymania jest najważniejszym czynem, na jaki zdobyła się upadająca epoka teorii



**Dystalarnia z wieku XVI.**

Według rysunku Jana Stradanusa, wrytowanego przez J. Gallego

flogistycznej. Tlen odkryty został jednocześnie przez dwóch chemików, którzy otrzymali go za pomocą dwóch niezależnych od siebie sposobów, mianowicie przez anglika Józefa Priestley'a (ur. 1733 w Fieldheat niedaleko Leeds, um. 1804 w Northumberland w Ameryce) i szweda Wilhelma Scheele'go (ur. 1742 w Stralsundzie, um. 1774 w Köping w Szwecji).

Priestley odkrył tlen w 1774 roku. Zajmując się ulubionymi badaniami nad różnemi rodzajami gazów, otrzymał tlen przypadkiem przez ogrzewanie czerwonego tlenniku rtęci. Ocenił słusznie tylko niektóre własności tlenu. Zauważył trafnie, że odkryty przez niego nowy rodzaj powietrza, podtrzymuje palenie i oddychanie daleko lepiej i dłużej, aniżeli powietrze zwyczajne; przeciwnie zaś o udziale, jaki tlen przyjmuje przy paleniu utworzył teorię zupełnie fałszywą. Natomiast badania jego nad oddziaływaniem tlenu na substancje roślinne odznaczają się dokładnością i gruntownością. Zauważył, że rośliny mają własność wydzielania tlenu,



Wanna powietrzna.

i na podstawie tej obserwacji stał się twórcą ważnej w medycynie teorii, że powietrze zepsute przez proces oddychania człowieka, może być poprawione przez działalność roślin. Scheele, gdy odkrywał swoim sposobem tlen, nie wiedział o badaniach w tym kierunku Priestley'a, który otrzymał tlen z różnorodnych tlenków metali, przeważnie z tlenniku rtęci i dwutlenku manganu, zwanego braunsztajnem. On również studjował jak można najdokładniej własności tlenu i na podstawie tych prac powstała nowa teoria flogistonu, zasadniczą treścią której stanowiła teza, że flogiston podczas palenia łączy się z substancją tlenu i wydaje światło i ciepło. Według tego poglądu flogiston stanowi główną część składową światła i powietrza palnego. W tej teorii daje się zauważyć pewna dżoza prawdy i pod pewnym względem tworzy przejście do istotnych poglądów na palenie. Priestley i Scheele byli najwybitniejszymi chemikami na schyłku okresu teorii flogistycznej a liczne ich odkrycia są tak różne i mają takie znaczenie dla przyszłości, że należy się im dokładniej przypatrzeć.

Priestley pierwszy urządził tak nazywaną wannę pneumatyczną, przyrząd, którego używamy dzisiaj przy doświadczeniach chemicznych do zbierania gazów. Ażeby wytworzone gazy nie mogły się mieszać z powietrzem, wypełniamy zwykle wodą zbiornik, w którym mają się one zbierać; przy takich gazach jednak, które woda pochłania, do napełnienia zbiornika używa się rtęci. Przy użyciu tej ostatniej zamiast wody możemy bardzo łatwo otrzymywać i badać własności tych gazów, które woda



Wytłaczanie oliwy około 1570 r.

Według rysunku Jana Stradanusa, rytowanego przez J. Galle.

pochłania lub też rozkłada; Priestley więc był twórcą dzisiejszej metody i przyrządów, stosowanych przy badaniu gazów. Wynałazł także sposób do wyrobu sztucznych wód mineralnych. W 1772 przygotował pierwszy raz taką wodę przez nasycanie zwyczajnej wody gazem węglowym pod pewnym ciśnieniem. To było podstawą do rozwoju dzisiejszego przemysłu wód mineralnych. Z pośród gazów, których własności były zbadane przez niego, możemy wymienić następujące: bezwodnik kwasu siarkawego, amonjak, kwas solny i fluorowodor. Odkrył także tlenek węgla — produkt, powstający przy niezupełnem spalaniu węgla. Dla medycyny ma duże znaczenie odkryty przez niego tlenek azotu (1776) zwany także gazem rozwesalającym, który otrzymuje się przez rozkład azotanu amonu przy pomocy ogrzewania. Własność tego gazu wypróbował na sobie w 1809 r. Humphry Davy; wprowadzony do płuc sprawia przyjemne odurzenie i sprządza sny czarowne, wskutek czego otrzymał swą nazwę gazu rozwesalającego. Tlenek azotu bywa używany najczęściej przy operacjach dentystrycznych.

Podczas gdy odkrycia Priestley'a należą przeważnie do dziedziny chemii gazów, prace Scheele'go obejmują prawie wszystkie działy tej umiejętności. Zajmował się najpierw kwasami organicznymi, to jest, takimi kwasami, które wytwarzają rośliny lub organizmy zwierzęce. Wykazał, że różne rośliny posiadają najróżnorodniejsze kwasy. Przy pomocy bardzo złożonych sposobów postępowania i nadzwyczajnej staranności zdołał te kwasy wydzielić i określić ich różnorodność na podstawie licznych badań. Odkrył więc kwas szczawiowy, kwas jabłkowy, cytrynowy, winny i garbnikowy. Rezultaty osiągnięte przy otrzymywaniu kwasów roślinnych zachęciły go do badań nad kwasami ciała zwierzęcego i tu w ten sam sposób odkrył kwas moczowy i mleczny. Z pomiędzy późniejszych wyników, do jakich doszedł w zakresie chemii organicznej, należy wspomnieć o odkryciu gliceryny. Dostrzegł, że gliceryna stanowi część składową wszelkich tłuszczów organicznych i może być oddzielona przy użyciu odpowiednich sposobów. Gliceryna też zaraz zdobyła sobie zastowanie w technice w bardzo obszernych granicach. Używają jej jako dodatku do likierów, esencji a w niektórych krajach, gdzie to jest prawem dozwolone, nawet do wina. Sposób, za pomocą którego przez dodanie gliceryny wino staje się słodkiem nazywają dzisiaj jeszcze na cześć Scheele'go — szelizacją. Dzięki smakowi słodkiemu, jaki posiada gliceryna, została wprowadzona przedewszystkiem do przemysłu materiałów spożywczych, jest np. poszukiwanym i bardzo cenionym surogatem słodu przy warzeniu piwa. Gliceryna jako płyn oleisty ma zastosowanie także do smarowania delikatnych maszynerji a przeważnie zegarków. Ceniona jest wyżej od używanych do tego samego celu olejów i smarów, z tego powodu, że nie wysycha, nie twardnieje i nie działa szkodliwie na stopy miedziane. Skórę ludzką udelikatnia i dlatego ma obszerne zastosowanie jako środek kosmetyczny a także używa się w znacznych ilościach do wyrobu mydeł glicerynowych, wód

glicerynowych i t. p. Znaczenie gliceryny wzrosło znakomicie przez zastosowanie jej, jako surowego produktu do fabrykacji dynamitu. Działając na nią kwasem azotnym i siarkowym zamienia się w tak nazywaną nitroglicerynę, która po zmieszaniu z krzemionką tworzy dynamit.

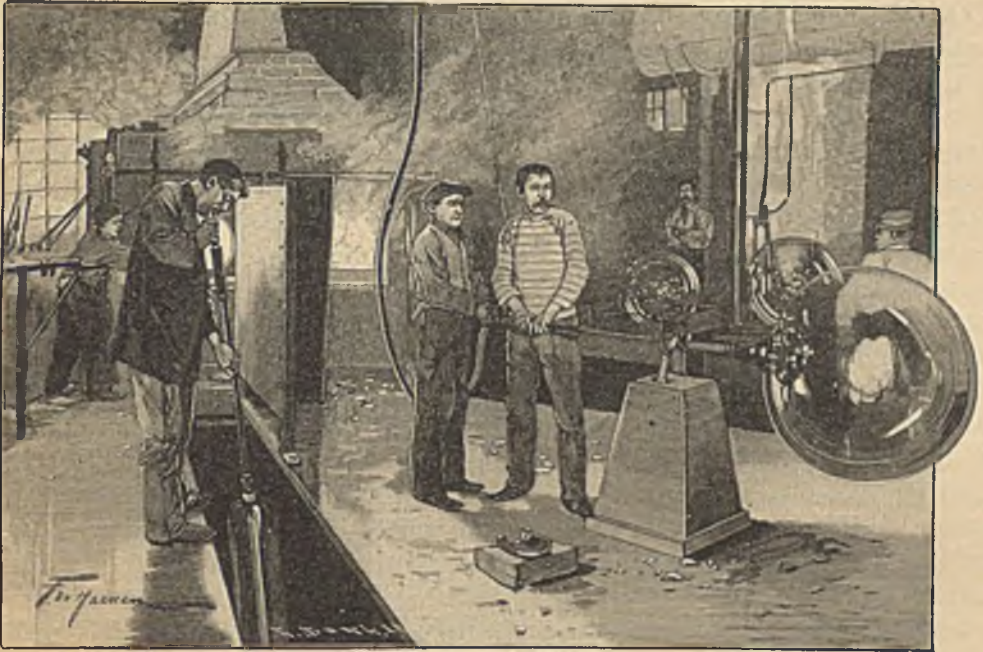
W zakresie chemji nieorganicznej nazwisko Scheele'go zapisało się nieśmiertelnemi głoskami przez odkrycie chloru, który otrzymany został przez działanie kwasu solnego na dwutlenek manganu (braunsztajn). Własności chloru Scheele wystudjował bardzo dokładnie. Chlor, jakkolwiek w stanie czystym nie spotyka się w przyrodzie, należy do ciał najwięcej rozpowszechnionych. Jako chlorek sodu znajduje się w seli kamiennej i w warzonce. Jakie ilości w postaci tego związku chemicznego istnieją na ziemi, może nam dać przybliżone pojęcie następujące zestawienie: jeżelibyśmy z ogólnej powierzchni wszystkich mórz wyparowali warstwę wody, mającą 3 centymetry grubości, to otrzymalibyśmy około trzech milionów metrów sześciennych chlorku sodu, z których 60% przypadałoby na chlor! Odkrycie chloru nastąpiło przypadkowo podczas badań, prowadzonych nad własnościami dwutlenku manganu. Badania powyższe były niejako przyczyną dwóch także bardzo ważnych odkryć. Z braunsztajnu wydzielił Scheele najpierw metal mangan. Zauważył następnie, że badane przez niego gatunki braunsztajnu zawierają jeszcze inny minerał: spat ciężki czyli barytę. W tlenku barytu znalazł doskonały odczynnik, wykazujący obecność kwasu siarkowego; odczynnik powyższy używa się dzisiaj w pracowniach chemicznych w tym celu i wykazuje z nadzwyczajną dokładnością najmniejsze ślady tego kwasu. Z pośród licznych odkryć, któremi Scheele wzbogacił naszą wiedzę chemiczną, należy wskazać jeszcze na fluowodor, albo kwas fluowodorny. Związek ten okazał się w następstwie produktem chemicznym pierwszorzędnej wagi. Jest on bowiem jedynym materiałem chemicznym, oprócz naturalnie sposobów mechanicznych, za pomocą którego możemy wytrawiać szkło. Wszystkie ozdoby, napisy, rysunki, wytrawiane na szkle, są wykonane za pomocą fluowodoru. W tym celu powleka się szkło cienką warstwą wosku, na której wykonywa się rysunek ozdoby lub napisu i z tych miejsc zdejmuje się za pomocą delikatnego ostrza warstewka wosku aż do samej powierzchni szkła. Obnażone z wosku miejsca pokrywa się za pomocą pędzla roztworem kwasu fluowodorowego, lub wystawia się na działanie pary fluowodoru. Nagryzanie szkła odbywa się bardzo prędko, niedługo więc należy fluowodór usunąć za pomocą wypłókania w wodzie, a po zdjęciu z powierzchni szkła warstwy woskowej, staje się widocznym matowy rysunek ornamentu lub napisu na przezroczystej powierzchni szkła. Scheele jest wreszcie odkrywcą cyjanowodoru, zwanego także kwasem pruskim.

Priestley i Scheele byli to ostatni, wybitni przedstawiciele teorii flogistycznej. Widzieliśmy, jakim zmianom ulegała, zanim weszła w fazę przejściową, zbliżającą ją do epoki nowej. Nowa zaś epoka jest wiekiem chemji współczesnej, zapoczątkowana przez badania nieśmiertelnego Lavoisiera.

Być może, że Lavoisier nie zdołałby tak łatwo wprowadzić swych poglądów, gdyby nie znalazł pomocy w sprzyjających mu okolicznościach, gdyby nie nastąpił upadek teorii flogistycznej i alchemji, które tym sposobem utorowały i wyrównały drogę dla prac jego. Wypowiedzieliśmy niedawno, że główną przyczyną upadku teorii flogistycznej było odkrycie tlenu; a teraz należy nam wyjaśnić powody upadku alchemji, która swem istnieniem przez całe setki lat wycisnęła niezatarte znamię na wszelkich badaniach chemicznych. Zanim jednak przesunie się przed oczami naszymi ten zajmujący obraz ówczesnego życia kulturalnego, musimy sobie wyjaśnić, jaki wpływ wywarło stuletnie panowanie teorii flogistycznej na rozwój pojedynczych gałęzi chemji, tak pod względem naukowym, jak i technicznym.

Wogóle wpływ ten był bardzo korzystny, szczególnie na chemję właściwą. Podstawą wiedzy chemicznej jest analiza, a właśnie chemja analityczna była w tym okresie najwięcej rozwijana. Poza chemikami, o których była mowa, musimy jeszcze wymienić Bergmanna, który metodę analityczną za pomocą drogi mokrej, utworzoną przez Boyle'a rozwijał dalej i doprowadził do wysokiego stopnia doskonałości. Drogą analizy można było oznaczyć czystość ciał chemicznych, metody takie oddziaływały zjawiennie na rozwój chemji farmaceutycznej. Dokładano coraz więcej wszelkich starań, aby otrzymywać preparaty czyste pod względem chemicznym i w stanie zupełnej czystości używać ich do przygotowania środków lekarskich. Niektórzy chemicy przez analizę wykształcili się na specjalistów w zakresie przygotowania chemicznie czystych preparatów i kontroli nad ich czystością. W tym kierunku wyróżnił się szczególnie Jan Bartłomiej Trommsdorff, który przez założenie w 1795 r. instytutu farmaceutycznego w Erfurcie wprowadził farmacją na drogi naukowe. Utworzona z tego instytutu fabryka środków chemiczno-farmaceutycznych istnieje dziś jeszcze a instytut uzyskał sławę wszechświatową. W czasie okresu teorii flogistycznej kwitła bujnie także działalność pisarska. Powstały wtedy bezmierne liczne wydawnictwa naukowe, szczególnie w zakresie chemiczno-farmaceutycznym a także duże ilości podręczników do kunsztu aptekarskiego.

Na polu chemji technicznej ukazało się 1757 pierwsze dzieło, obejmujące wszystkie działy tej wiedzy. Wydał je Gettfried August Hoffmann p. t. „Chemja w zastosowaniu do gospodarstwa domowego, rolniczego i miejskiego dla artystów, przemysłowców, fabrykantów i rękodzielników“. Metody chemiczne w przemyśle górniczym, hutniczym i metalurgji nie uległy żadnym wybitnym przekształceniom podczas okresu panowania teorii flogistycznej. Pracowano przeważnie podług sposobów, podanych przez Agricole. Największe postępy w tym czasie zrobiono w przemyśle hutniczym żelaznym, szczególnie uległy reformie, wprowadzonej przez Svena Rinmana i Gahna w Szwecji, dotychczasowe metody otrzymywania żelaza. Bergmann na zasadzie analizy wykazał, że różnica pomiędzy żelazem lanem, żelazem



Wydmuchiwanie szkła.

kutem i stałą polega głównie na różnej zawartości procentowej węgla. W epoce flogistonu rozwinęły się znakomicie huty szklane i przemysł ceramiczny. Na rok 1709 przypada wynalazek porcelany, który wywołał pomiędzy chemikami ogromne ożywienie, każdy z nich bowiem starał się na swą rękę znaleźć nowy sposób przygotowania porcelany. O tych ciekawych i długotrwałych doświadczeniach, jakie prowadził Patt wspominaliśmy już niedawno. Daleko lepsze wyniki w tym kierunku otrzymał francuz Réaumur który w 1727 roku wynalazł nowy sposób przygotowania porcelany; według tej metody, ulepszonej jeszcze przez Marquera, wyrabiana jest porcelana w Sèvres od roku 1769. Wyrób szkła doszedł także do wysokiego stopnia doskonałości na podstawie wspomnianych już przez nas prac Kunkela. Dzieło jego „Ars vitraria experimentalis“, wydane w 1689, było miarodajnym przez długi okres czasu prawie dla wszystkich hut szklanych. Farbiarstwo wskutek przypadkowego odkrycia doznało nowego rozwoju. W 1710 r. Diesbach, farbiarz berliński chciał wytworzyć czerwoną farbę, tak zwaną pastę florencką za pomocą zmieszania odwaru koszenili z ałunem, koperwasem żelaznym i ługiem alkalicznym. Ku wielkiemu swemu zdziwieniu zamiast farby czerwonej otrzymał niebieską. Alchemik Dippel, przywołany na poradę, spostrzegł niezwłocznie, że farba niebieska musiała powstać z tego powodu, iż zastosowany tutaj ług alkaliczny był już używany do wydobywania z krwi jakiegoś tłuszczu. Zużytkował więc przypadkowe spostrzeżenie do wyrobu farby niebieskiej, którą otrzymał przez obrabianie



krwi za pomocą ługu alkalicznego i dodanie potem roztworu koperwasu żelaznego. Ten nowy barwnik, od miejsca swego wynalazku zwany błękitem pruskim, znalazł wkrótce w farbiarstwie ogólne zastosowanie. Tu podobnie jak przy wynalazku porcelany starano się zachować sekret przygotowania tej farby; wielu też chemików pracowało gorliwie, by uchylić tajemniczą zasłonę. Nareszcie udało się to wykonać w 1724 roku chemikom angielskim Woodwardowi i Janowi Brown (zupełnie samodzielnie). Od tego czasu nowy ten piękny barwnik zyskał ogólne uznanie i wprowadzony został do wszystkich farbiarni. Chemja rolnicza zwracała na siebie coraz więcej uwagę chemików. Gospodarstwo rolne rabunkowe, jakie szczególnie prowadzone było w różnych stronach Francji, sprowadziło tam prawie zupełne wyjałowienie ziemi; zmniejszająca się ciągle z roku na rok wydajność ziemi skłoniła liczne akademje francuskie, a przedewszystkiem akademję w Bordeaux (1758 i 1765) i stowarzyszenie rolników w Montpellier (1769) do ogłoszenia konkursów w kwestji pałacej, jakim sposobem można podnieść urodzajność ziemi i wyznaczenia nagród za najlepszą pracę, wskazującą sposoby do wzmocnienia i powiększenia urodzajności ziemi. Wspominany przez nas kilkakrotnie chemik Bergmann otrzymał w 1771 nagrodę miasta Montpellier za pracę swą: „De terris geoponicis“. W innych krajach zwrócono się także z całą energją do rozwiązania różnych kwestji w zakresie chemji rolniczej i tym sposobem podczas epoki panowania teorii flogistycznej przygotowano grunt, na którym z takim powodzeniem mieli pracować później Thaer i Liebig, najznakomitsi z chemików, poświęcających się chemji rolniczej.

Przy rozpatrywaniu początkowej epoki teorii flogistycznej zaznaczyliśmy, że w tym samym czasie, w którym nastąpił rozłam między chemją i medycyną, zarysowały się także gwałtowne różnice między chemją i alchemją, które zaostrzając się z biegiem czasu, doprowadziły do zupełnego rozdziału obu, tak silnie przedtem złączonych z sobą umiejętności. Pozostaje nam przeto zwrócić jeszcze uwagę na dalsze dzieje alchemji, a szczególnie na jej upadek i towarzyszące mu przy tym okoliczności. Epoka upadku alchemji jest właśnie jednym z najciekawszych i najwięcej charaktery stycznych obrazów, malujących dzieje kultury. Nigdy, nie wyłączając stulecia współczesnego, nie widać takiego powszechnego zajęcia się chemją, jakie było w tej gałęzi wiedzy, którą zowiemy alchemją. Wpływ jej na ogólny rozwój kultury, jakoteż na stosunki moralne i społeczne, był tak głęboki, że dzisiaj nie jesteśmy w stanie wyrobić sobie o tem dokładnego pojęcia. Działalność alchemików nosiła w sobie charakter wyrównywający stosunki, zbliżała wólcześnie do króla, żebrakom nadawała tytuły hrabiowskie, była w ogóle demoralizująca, gdyż niszczyła kraje i miasta i pogrążała bogatych książąt w olbrzymie długi. Ówczesne przysłowie głosiło, że alchemja jest kunsztem, na który nie stać nawet cesarza. Z drugiej strony wszakże alchemja wspierała znakomicie wiedzę, poznajomiła nas z licznymi, bardzo ważnymi i użytecznymi

wynalazkami, jak prochem strzelniczym, saletrą, porcelaną i t. p. Wpływ jej na rozwój kultury był potężniejszy od niejednej wojny, była w ogóle jednym z tych czynników, bez którego nie mogliśmy sobie wyobrazić rozwoju dzisiejszego ludzkości.

Największy rozkwit alchemji przypada na połowę XVII wieku. Jednocześnie jednak niektórzy chemicy zaczynają od niej odpadać; wprawdzie wierzą jeszcze wszyscy ci badacze bez wyjątku w możliwość przemiany metali, uważają jednak, iż niegodnym jest poświęcać naukę na usługi mamonny. To odsuwanie się od tej nauki pojedynczych uczonych, oparte na względach moralnych, prowadzi powoli i nieznacznie do upadku alchemji, której zupełny rozkład następuje równocześnie z zarzuceniem teorii flogistycznej. Jeżeliby ktoś zadał sobie takie pytanie, co głównie spowodowało tak znaczne rozpowszechnienie alchemji i taką ogólną w nią wiarę, musiałby przedewszystkiem przyjąć pod uwagę trzy następujące przyczyny: pierwsza zasadza się na licznych wskazówkach co do przemiany metali, wskazówkach, tak postawionych, że one zdołały zawsze wzmocnić wiarę w możliwość podobnego faktu. Drugą przyczyną był brak jakiegokolwiek wiedzy analitycznej; nie znano bowiem w owym czasie żadnego sposobu za pomocą którego możnaby było wypróbować, czy otrzymane wskutek pozornej przemiany złoto lub srebro, jest rzeczywiście jednym z tych metali szlachetnych. Trzecią wreszcie przyczyną była ta okoliczność, że ludzie znakomici i wysoko postawieni ogłaszali się otwarcie jako zwolennicy alchemji i dzięki temu jednali dla niej szerokie koła stronników. Pozorna jednak przemiana metali niezawsze polegała na oszustwie. W rzeczy samej bowiem za pomocą różnych procesów alchemicznych otrzymywano prawdziwe złoto i srebro. W owym czasie nie wiedziano, że w niektórych rudach znajduje się złoto i że wiele metali, wydobytych z powyższych rud zawierało nieznaczne ilości złota. Jeżeli te metale lub ich roztwory poddawane były różnym procesom alchemicznym, to bardzo mogło się zdarzyć, że w tyglu w którym topiono kruszcze, znalazło się jakie ziarnko złota, a podobny wypadek służył jako dowód pewny i niezbity transmutacji, czyli możliwości przemiany metali. Posiadamy z owego czasu bardzo wiele sprawozdań ludzi zupełnie bezstronnych i zasługujących na wiarę, którzy przy swych doświadczeniach otrzymywali istotnie złoto; otrzymanie jednak tego metalu mogło być uskutecznione tylko w sposób powyżej opisany. Rudy antymonowe i arsenikowe były często powodem podobnych złudzeń. Dla lepszego uwydatnienia mniemań i poglądów ówczesnych przytoczymy parę przykładów charakterystycznych. Homberg, chemik wysoko ceniony i znany ze swej prawości był przekonany w 1709 roku, że srebro przez stopienie z rudą antymonową może się zawsze przemienić w złoto i w rzeczy samej przy próbach, jakie wykonywał, otrzymywał ustawicznie srebro, zawierające w sobie złoto. Mniemanie to utrzymywało się dosyć długo, aż dopiero dzięki dokładnym analizom, wykazującym, że ruda antymonowa posiadała pewną zawartość złota, zwrócono uwagę na omyłkę Homberga. Jeszcze

w 1783 roku aptekarz Cappel z Kopenhagi wskutek działania arseniku na chemicznie czyste srebro zamienił je na złoto, a inni znakomici chemicy, szczególnie Guyton de Morveau potwierdzili jego wnioski w zupełności. Dopiero w 1787 roku austrijski radca górniczy von Born wyjaśnił rzecz całą. Zauważył przypadkowo, że przy użyciu arseniku z Salzburga otrzymuje się istotnie srebro z pewną zawartością złota; przeciwnie stosując arsenik z Czech, nie znajdujemy wtedy w srebrze żadnej przymieszki złota. Na zasadzie tego spostrzeżenia udało mu się wyjaśnić, z kąd pochodzi w srebrze zawartość złota. Tak więc brak daru spostrzegawczego i brak środków i wiedzy analitycznej składały się na zapewnienie alchemikom pozornego zwycięstwa.

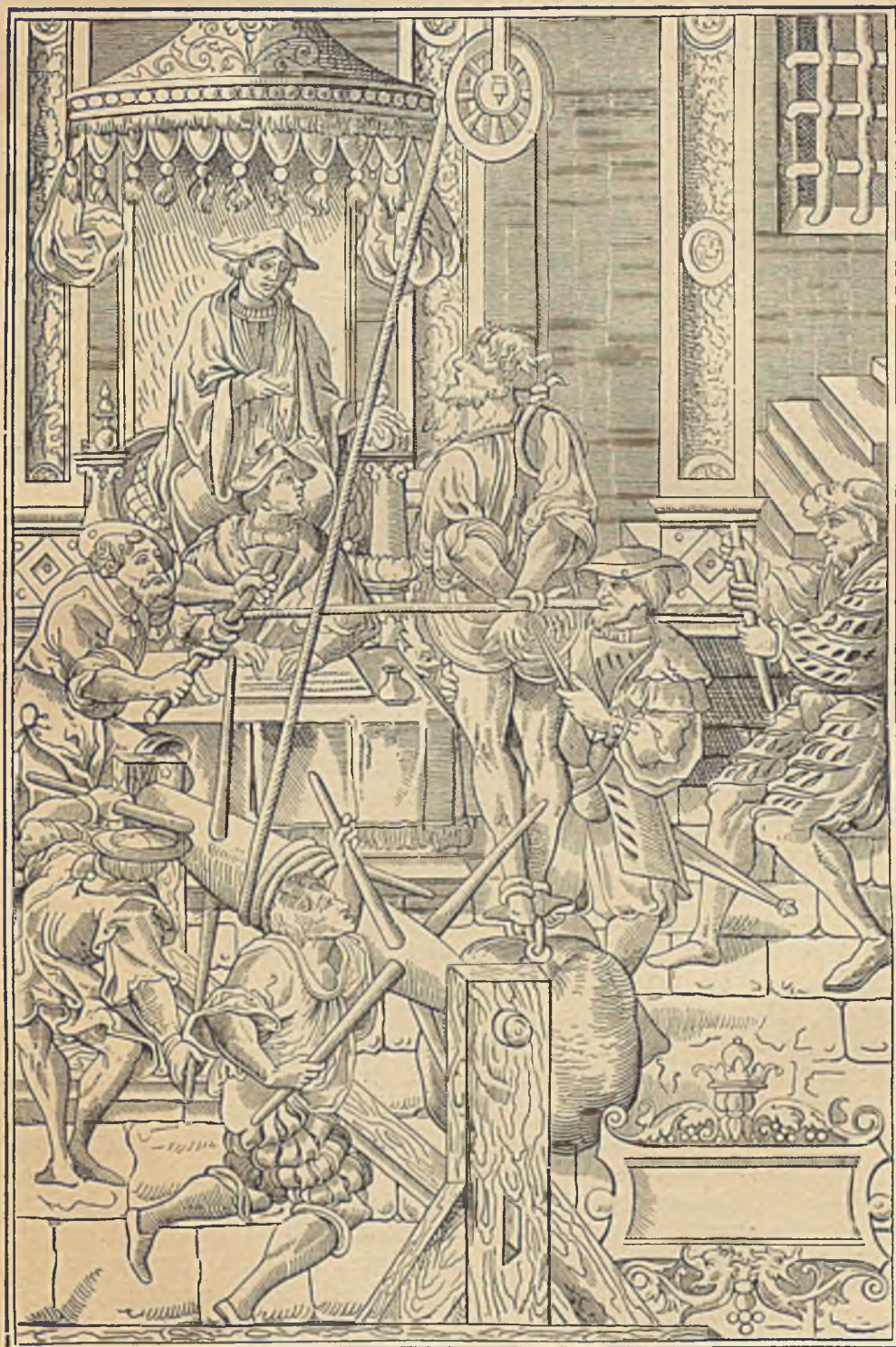
Z pośród grona wybitnych chemików, wierzących święcie w istnienie kamienia filozoficznego i siłą swej powagi zmuszających do milczenia przeciwników, należy przedewszystkiem wymienić van Helmonta. On sam nie wytworzył wprawdzie nigdy kamienia filozoficznego, ale jak twierdzi, otrzymywał od innych alchemików małe próbki tegoż i z jego pomocą wykonywał przemiany kruszców. Tak np. w 1618 roku, używając  $\frac{1}{4}$  grana kamienia filozoficznego, miał podobno 8 uncji rtęci przemienić w czyste złoto. Przypuszczenie, jakoby mogła nastąpić pewna zamiana przez alchemika, który dostarczył kamienia, powinno być wykluczone, gdyż jemu nie wolno było być obecnym podczas wykonywania próby. Powodzenie to tak olśniło van Helmonta, że swemu nowonarodzonemu synowi dał na chrzcie imię Merkury. Takie niewyjaśnione przemiany metali, przy których absolutnie wykluczonym być musiał zamiar i możliwość umyślnego oszustwa, trafiały się bardzo często i dziś jeszcze nie możemy znaleźć dla nich dostatecznego wyjaśnienia, jakkolwiek wielu badaczy pracowało nad wyświetleniem tej sprawy. Najciekawszem jest jednak następujące opowiadanie: w połowie XVII stulecia żył Dr. Helvetius, który zajmował wysokie stanowisko lekarza przybocznego księcia Oranji, znany był także jako powaga lekarska i jako człowiek prawego charakteru. Był zarazem przeciwnikiem zawziętym alchemików i zwalczał ich wszelkimi siłami na każdym kroku. Nagły zwrot w jego poglądach miał nastąpić w nadzwyczaj dziwny sposób. W 1666 r. przybył do jego mieszkania w Hadze jakiś obcy człowiek i wdał się z nim w rozprawę naukową o kamieniu filozoficznym. Gdy zaś drogą dyskusji nie udało mu się przekonać Helvetiusa i rozproszyć jego wątpliwości, pokazał mu kamień i zapewnił, że jest to kamień filozoficzny. Helvetius odłamał w sekrecie kawałeczek tego kamienia i po odejściu przybysza wykonał próbę, wrzucając do tygla z roztopionym ołowiem kawałek odłamany—lecz bez żadnego skutku! Gdy obcy przybysz zjawił się po trzech tygodniach u Helvetiusa, ten opowiedział mu z zadowoleniem o rezultacie swego doświadczenia, dodając, że w tem zyskał nowy dowód przeciwko alchemikom. Na co przybysz miał spokojnie odpowiedzieć, że dla otrzymania odpowiednich wyników, należy kamienia używać umiejętnie: potrzeba starannie pokryć go woskiem, ażeby zabezpieczyć od pary ołowiu, wydzielającej się

podczas topienia. Na prośbę Helvetiusa udzielił mu niewielką ilość kamienia, wielkości nasienia buraczanego, poczem oddał się i przepadł bez wieści. Helvetius roztopił sześć drachm ołowiu, wrzucił w niego otrzymany kawałek kamienia, pokrytego woskiem a gdy wylał zawartość tygla, przekonał się, że otrzymał najczystsze złoto, jak to potwierdzają świadectwa probierza tamtejszej mennicy i robotników, pracujących przy obrabianiu złota. Wypadek powyższy, który wprowadził w ogólne zdumienie cały świat ówczesny, skłonił Barucha Spinozę, słynnego filozofa, do starannego i dokładnego zbadania wszystkich warunków, towarzyszących temu wydarzeniu, a filozof, gdy to ukończył, oświadczył publicznie, że teraz zostaje alchemikiem z przekonania. Jeszcze dziwniejsze i więcej trudne do wyjaśnienia zdarzenie spotkało Martiniego (um. 1621), profesora filozofji w Helmstedt. Był on również zdecydowanym przeciwnikiem alchemików i w swych wykładach zbijał ich poglądy gwałtownie. Pewnego razu, gdy w obec liczego grona słuchaczy dawał znowu ujście swemu oburzeniu, powstał z pomiędzy nich jakiś studjujący szlachcic i poprosił go o tygiel, fajerkę, węgle i ołów. W obliczu wszystkich słuchaczy, pilnie wszystko obserwujących, tak że nie mogło być mowy o żadnym fałszerstwie, przemienił ołów w złoto i podał je oniemiałemu profesorowi z następującymi słowami: „Niech pan będzie łaskaw rozwiązać tę zagadkę!“ (Solve mihi hunc syllogismum!). Oprócz tych i tym podobnych wydarzeń, jakich moglibyśmy przytoczyć jeszcze bardzo wiele, alchemicy podają, jako dowód możliwej przemiany metali, monety, które wybijane były na pamiątkę doskonale wykonanej transmutacji. W wielu zbiorach monet znajdują się dukaty ze wszystkich krajów, mające napisy, które świadczą, że użyte do ich wytłoczenia złoto otrzymane zostało drogą alchemiczną. Słynne są róże szlachetne, wyrobione ze złota, które Rajmond Lullus otrzymał z ołowiu. Cesarz Ferdynand III w 1650 r. wykonał własnoręcznie przemianę metali i na pamiątkę tego faktu kazał wybić medale złote z napisem: „Aurea progenies plumbo prognata parente“, a cesarz Leopold I kazał bić ze złota, otrzymanego w 1675 r. z cyny przez augustynjanina Wenzla Seylera, dukaty z napisem: „wyrobiony jestem ze złota, które powstało z cyny potęgą proszku Wenzla Seylera“. Niestety jednak, późniejsza analiza tych dukatów wykazała, że wyrobione były nie ze złota, lecz z prostego mosiądzu. Talary heskie z 1717 roku wskutek polecenia Ernesta Ludwika, landgrafa Hessen-Darmstadzkiego były wytłaczane ze srebra, które on sam przygotowywał z ołowiu przy pomocy jakiejś tynktury białej. Noszą one napis: „Sic Deo placuit in tribulationibus!“

Wobec tak wielkiego znaczenia, jakim alchemja cieszyła się w życiu kulturalnem przez ciąg licznych stuleci i tak olbrzymiego jej rozpowszechnienia, że przenikała do życia prawie każdego człowieka, musiało także i to nastąpić, że prawnicy zajęli przychylnie względem niej stanowisko. Niskie czyny niektórych fałszerzy doprowadziły do tego, że najwyższe instytucje sądowe zajęły się rozstrzygnięciem pytania, czy rzeczywiście możliwą jest transmutacja metali, czy też nie? W sprawach podobnych wydanie wyroku

uwalniającego lub skazującego zależało głównie od tego, czy sędzia był przekonany o możliwości przemiany metali, czy też nie. Dla ciekawości zaznaczamy, że w praktyce sądowej, począwszy od XII aż do XVIII wieku możliwość przemiany metali uznana była jako sprawa nie podlegająca żadnej wątpliwości. Wszystkie wyroki brzmią pod tym względem zupełnie jednakowo i przy oskarżeniu alchemika o fałszerstwo niemożliwym było otrzymać wyroku skazującego, chyba że ten był schwytany w obecności bezstronnych świadków na gorącym uczynku. W tej kwestji czy złoto, otrzymane sposobem alchemicznym, posiada tę samą wartość, co zwyczajnie, napisano bardzo wiele długich i uczonych rozpraw prawnych i oznaczenie wartości było zależnem od tego, czy oba gatunki posiadały w jednakowym stopniu te siły tajemnicze, czy też nie. Jak dalece praktyka jurydyczna była przychylną dla alchemików, przekonują nas najlepiej ten fakt, że ze strony jurystów ówczesnych postawione było pytanie, czy czasem wątpliwych w działalności alchemików, lub też ich wrogów nie należy uważać jako winnych obrazy majestatu i wyznaczać im kary odpowiednie, gdyż pomiędzy gorliwymi alchemikami znajdowało się wielu cesarzów i królów, a więc wątpić o rezultatach prac alchemicznych, jest to wątpić o powodzeniu zamiarów monarchy!

Gdy więc ze wszystkich stron podtrzymywano i popierano przekonania alchemików, to staje się jasnym ich ogólne rozpowszechnienie. A przytem przywiązanie do rzeczy ziemskich jest bardzo głęboko zakorzenione w naturze człowieka, głębiej nawet niż obawa śmierci. Nic więc dziwnego, że od chwili, gdy alchemja zaczęła przypisywać kamieniowi filozoficznemu moc przedłużania życia ludzkiego, zaczęła pozyskiwać na nowo licznych dla siebie uczniów! Arnold Villanovanus i Rajmund Lullus wzbudzili wiarę w przymioty kamienia filozoficznego, mającego przedłużać życie człowieka, a Paracelsus używał wszelkich środków, ażeby przekonać o tem cały świat współczesny. Działalność Paracelsa w tym kierunku sprawiła, że tu także podobnie jak przy transmutacji metali zaczęły zjawiać się dowody, o zażegnaniu śmierci przy pomocy siły zawartej w cudownym kamieniu. Coraz to pojawiali się ludzie, przypisujący sobie wiek bardzo podeszły. Alchemik Arthephius utrzymywał, że ma 1000 lat. Trautmannsdorf oznaczył swój wiek na 140 lat. Nawet w tych czasach, w których wiele spraw zostało wyjaśnionych i alchemja znajdowała się w stanie zupełnego upadku, dawano wiarę podobnym opowiadaniom; ponieważ jednak one mogły być sprawdzone łatwiej niż kwestja przemiany metali, więc też w tę ostatnią dłużej wierzono aniżeli w możliwość przedłużania życia. Nie bacząc na to, że przeświadczenie o możliwości istnienia przemiany metali zakorzeniło się głębiej w umysły ogółu, niż wiara w przedłużanie życia, jednakże chemicy i alchemicy zwalczali ją bardzo energicznie. Na ich czele stał Kunkel, który na podstawie swych starannych i bezstronnych badań każdego pojedynczego faktu trafnie ocenił cudowną siłę kamienia filozoficznego, wreszcie z czasem i lekarze stali się także zawziętymi przeciwnikami używania tak nazywanego panaceum jako środka leczniczego.



Tortury zadawane alchemikowi dla wydobycia od niego tajemnicy wyrobu złota.

Według drzeworytu z 1541 roku.

Któż więc był najgłówniejszym przedstawicielem alchemii? W istocie nie było takiego stanu, w którymby nie była zadomowiona. Z początku zajmowali się nią głównie duchowni, od wieku XIII przechodzi na coraz szersze koła, z czasem zaś ogarnia wszystkie stany, wszystkie zawody! Satyryk jakiś utrzymywał, że nawet święci uprawiali alchemię i wskazał rzeczywiście, że święty Tomasz z Aquino, uczeń Alberta Magnusa, był żarliwym alchemikiem a pisma jego w tym przedmiocie cieszyły się wielką poczytnością. Oprócz klasztorów i wszechnic alchemia zajmuje później miejsce wygodne na dworach książęcych. Podróżujący alchemicy ciągną od jednego dworu do drugiego, wszędzie zachwalając swą sztukę, ożywieni jedną myślą, aby się dostać na stałe do siedziby możnowładcy. Ci alchemicy podróżujący pochodzą ze wszystkich sfer społecznych są między nimi i prawdziwi uczeni, traktujący naukę poważnie i ci pragną znaleźć miejsce na dworze księcia lub magnata, gdzieby ich idee i doświadczenia mogły być powołane do życia i gorliwą pracą zbliżyć się do pożądanego celu; są jednak między nimi szarlatani, fałszerze i włóczęgi, pragnący na cudzy rachunek prowadzić swoje rzemiosło problematyczne, którzy ułatwiają się bez śladu, skoro uda się im dostatecznie swój worek wypełnić.

Trzeba jednakże przyznać, że pobyt alchemika na dworze książęcym nie zawsze dawał mu byt wolny od trosk wszelkich. Strzeżono i obserwowano go pilnie a jeżeli okazał brak odpowiedniej wiedzy, wyganiano go sromotnie lub nawet wieszano. Na gościńcu publicznym również nie byli pewni życia. Częste morderstwa, popełniane na alchemikach wędrownych, świadczą, że starano się wszelkimi, możliwymi sposobami wydostać od nich tajemnicę kamienia filozoficznego. Nawet cesarze i królowie nie cofali się przed gwałtami, by tajemnicę przygotowania takiego kamienia mądrości zdobyć na tych, u których spodziewano się, że ją znajdą. Niejeden alchemik, który dał do poznania, że jako adept posiada tajemnicę pożądaną, odpokutował swą nieprzezorność torturą lub dożywotnim więzieniem. W 1591 roku cesarz Rudolf II kazał alchemika Kelle tak długo trzymać w więzieniu, dopóki ten nie powierzył mu swej tajemnicy; alchemik Güstenhöver spędził wskutek tego całe życie w więzieniu.

Wobec takich stosunków nic dziwnego, że niektórzy alchemicy, nie będąc nawet z natury oszustami, czasami stawali się nimi z konieczności. Ażeby oddalić od siebie męki tortur lub dożywotnie pozbawienie wolności, niejeden z nich, ożywiony z początku najlepszymi zamiarami, pragnąc znaleźć przytułek u księcia, uciekał się w końcu do sztuczek kuglarskich. Oszustwa swoje alchemicy prowadzili w sposób najrozmaitszy. Najczęściej brali tygłe o dnach podwójnych, pomiędzy którymi ukrytą była niewielka ilość złota. W takich tyglach topili jakikolwiek metal, mający przemienić się w złoto, dodając do niego pewnej substancji, którą mianowali kamieniem filozoficznym. Podczas mieszania w tyglu przebijano zwykle cienkie dno górne, a po ostudzeniu znajdowano naturalnie złoto stopione z innym metalem. Inny sposób polegał na tem, że do mieszania w tyglu używano

pałeczki wydrążonej; w to wydrążenie wkładało się złoto, a dolny otwór pałeczki zalepiano woskiem. Gdy więc mieszano tą pałeczką w gorącym tyglu, wosk w niej wytapiał się i złoto nieznacznie wpadało do metalu, który miał być właśnie przemieniony na złoto. Inni znowu dla utrzymania większego gorąca w tyglu przykrywali go pokrywą, napełnioną węglami drobnymi; w niej było wyrobione zagłębienie, napełnione złotem, które także dla niepoznaki zalepiane było czarnym woskiem. Tu więc także podczas topienia przy wysokiej temperaturze wosk się rozplynał i złoto wpadało do tygla. Wspomniany niedawno alchemik Leonard Thurneysser, był pierwszego rzędu fałszerzem. Jeszcze po dziś dzień znajduje się w muzeum florenckim wielki gwoździec żelazny, którego połowa w oczach Ferdynanda Medyceusza, wielkiego księcia tokańskiego została przez Thurneyssera przemieniona w złoto. Przy tym gwoździu znajduje się własnoręczne świadectwo księcia, potwierdzające tę szczęśliwie wykonaną przemianę. Analiza chemiczna jednak wykazała, że koniec ze złota był tylko przylutowany do żelaznej części gwoźdźca; sztuczka Thurneyssera zasadzała się jedynie na tem, że farbę żelazną, pokrywającą część złotą gwoźdźca, bardzo zręcznym sposobem potrafił nieznacznie usunąć. Podobne przemiany, świadczące w każdym razie o pewnego rodzaju umiejętności zastosowania różnych środków, uprawiał także alchemik Sendivogius (Sędziwój). Produkował się on przed cesarzem Ferdynandem II ze swym kunsztem przemiany jednej strony monety srebrnej na złotą. W tym celu przylutowywał cienką blaszkę złotą do płytki srebrnej i za pomocą prasy wyrabiał monetę. Następnie stronę złotą monety tak wyrobionej, pokrywał rtęcią i nadawał jej kolor srebrny. Mając tak przygotowaną monetę i chcąc pokazać przemianę srebra na złoto, pokrywał ją jakąkolwiek substancją, nie mającą zresztą żadnego znaczenia, którą on jednakowoż mianował kamieniem filozoficznym. Monetę powyższą nagrzewał do takiej temperatury, ażeby rtęć mogła być odparowana i wtedy pokazywał, że jedna połowa monety przemieniła się zupełnie w złoto.

Poznanie się na tego rodzaju sztukmistrzostwie przyczyniło się bardzo do zachwiania wiary w alchemję, a wpłynęło zarazem na większą przeczorność książąt. Wskutek tego coraz trudniej było dostać się na dwór pański tym, którzy podawali się za alchemików, a i stanowisko zawodowe ich otoczone było daleko większem niebezpieczeństwem. Utał się powoli zwyczaj, że ciało alchemików, którzy utrzymywali, jakoby posiadali tajemnicę kamienia filozoficznego a potem wykazali całą swą nieudolność w tym kierunku, złożono a następnie ich wieszano. W początku wieku XVIII przed bramą prawie każdej rezydencji książęcej wisiały tego rodzaju ostrzegawcze pozłożone znaki. Największym oszustem pomiędzy alchemikami był mniemany hrabia Ruggiero, syn wieśniaka z Neapolu, któremu udało się zdobyć w Bawarji stopień feldmarszałka. W 1705 roku został mu przyznany stopień pruskiego generała artylerji na zasadzie obietnicy, danej królowi pruskiemu Fryderykowi I, że w ciągu kilku dni wykona przemianę na złoto 60 milionów talarów, a gdy nie mógł tego



dokonać, został również wyłożony i powieszony przed jedną z bram Berlina.

Do upadku alchemji, poczynającego się w połowie XVIII wieku, przyczyniło się także wiele innych nieprzyjaznych okoliczności. Wprowadzone przez akademję angielską badania nad pozorną przemianą metali wykazały, jak niesłusznymi były krążące o niej pogłoski. Alchemik angielski doktor James Price, nie mogąc przedstawić w akademji prób, stwierdzających jego umiejętność, otruił się w 1783 r. Wypadek ten sprawił wielkie wrażenie i zastanowił wielu dotychczasowych zwolenników transmutacji metali. Ostatni cios zadany został alchemji przez Lavoisiera, którego poglądy na metale zyskiwały uznanie w coraz obszerniejszych kołach uczonych, a na podstawie klasycznych i dokładnych doświadczeń wykazały jasno, że metale są prostymi ciałami chemicznymi czyli pierwiastkami, na których nie można wykonywać dowolnej zamiany. Około 1800 roku, to jest prawie w tym czasie, kiedy upadła teoria flogistyczna, przestaje także istnieć i alchemja i tym sposobem został przygotowany grunt pod chemję współczesną. Zanik alchemji nie nastąpił odrazu, w jednej chwili. Jeszcze w epoce jej największego rozkwitu zawiązano przeróżne towarzystwa alchemiczne, cieszące się wielkim rozgłosem i ogólnem uznaniem. Tak powstało w początku XVII wieku towarzystwo Krzyża różanego (Fraternitas rosae crucis), nazwa którego zaczerpnięta została z dzieła satyrycznego, wydanego w 1603 r. p. t. „Wesele chemiczne Chrystjana Rosenkranza“. Towarzystwo powyższe rozpowszechniło się w całej Europie i istniało jeszcze w drugiej połowie XVIII stulecia. W 1654 utworzono w Norymberdze „Norymberskie Towarzystwo alchemiczne“, cieszące się niemniejszym uznaniem; do niego należał filozof Leibnitz. Wypadek bardzo ciekawy przedstawia „Towarzystwo hermetyczne“, które powstało właśnie w tym czasie, kiedy upadek alchemji był już nieunikniony; rozszerzyło się ono również prawie na cały świat ówczesny i istniało od 1796—1819 roku. Założycielem jego był słynny lekarz Arnold Kortum, znany autor „Jobsjady“. Łącznie z nim na czele towarzystwa był dr. Bährens, kaznodzieja i rektor w hrabstwie Mark. Obaj, działając bezimiennie, wydali w październiku 1796 roku odezwę do utworzenia towarzystwa alchemicznego. Na skutek tej odezwy rozwinęła się ożywiona działalność alchemiczna, ciekawa głównie pod tym względem, że żadna z osób, która prowadziła korespondencję z Towarzystwem hermetycznym nie wiedziała właściwie, kto był duszą tego całego ruchu. Korespondencja prowadzona była zazwyczaj za pośrednictwem osobnego działu, utworzonego w gazecie „Reichsanzeiger“ pod nagłówkiem: publiczna skrzynka do listów, który to dział wskutek ożywionej wymiany zdań, przybrał olbrzymie rozmiary. Wpływ Towarzystwa hermetycznego sprawił, że znów setki ludzi zaczęło zajmować się żywiej wygasłą już prawie alchemją. Prześladowania, jakim podlegało Towarzystwo, zmusiły je do rozwiązania w 1819 roku. Kortum, jako działacz główny tego stowarzyszenia, nie występował nigdy jawnie; dopiero badania późniejsze ujawniły jego działalność w tym kierunku.

Dotychczas jednak nie wyjaśniono, w jakim celu utworzone było powyższe stowarzyszenie; w każdym razie roczniki Towarzystwa hermetycznego świadczą dowodnie, że pomimo takiego światła, jakie rzucone było w początku XIX wieku na wiedzę chemiczną i pomimo tak znakomych postępów we wszystkich umiejętnościach, jeszcze wtedy setki wysoko wykształconych ludzi, zajmujących najwybitniejsze stanowiska, należało do zwolenników alchemii. Goethe uważany jest zwykle, jako ostatni z alchemików. W ósmej księdze części drugiej swego utworu „Prawda i poezja“ opowiada, że wyleczył się z ciężkiej choroby przy pomocy lekarstwa mineralnego, przyrządzonego sposobem, wskazanym mu przez alchemików. Cudowne to uzdrowienie skłoniło go do studjów alchemicznych. Czytał więc dzieła Paracelsa, Valentina, Helmonta, Starkey'a, Boerhavea i innych. Szczególniej podobała mu się „Aurea Catena Homeri“. Urządził sobie piecyk z dmuchawką a także wszelkie przyrządy chemiczne i przy ich pomocy wykonywał najrozmaitsze doświadczenia.

Rozpatrując przebieg rozwoju i dziejów alchemii, możemy z całą słusnością uważać ją jako obłęd fatalny ducha ludzkiego, jednakowoż obok wszelkich szkód, jakie ludzkość przez nią poniosła, należy przyznać, że niektóre zdobycze zawdzięczamy działalności alchemików; szczególnie zdobycze te są widoczne w chemji stosowanej a przeważnie w chemji technicznej i lekarskiej. Z pomiędzy odkryć, jakie nam przyniosła alchemja, najważniejsze są: otrzymanie fosforu, wynalazek prochu strzelniczego i porcelany. O odkryciu fosforu mówiliśmy już przed tem obszernie. Proch strzelniczy, wynalazek, przypisywany zazwyczaj zakonnikowi Bertoldowi Schwarzwowi, był już przed nim znany prawie wszystkim alchemikom. Już Albertus Magnus pisze w swej pracy „De mirabilibus mundi“ o przygotowaniu prochu według wskazówek pewnego Marka Graeca, który prawdopodobnie żył



**Jan Fryderyk Böttger.**

Wynalazca porcelany.

Biust znajdujący się w królewskiej fabryce porcelany w Meissen.

w VIII czy IX wieku naszej ery i zajmował się alchemją. Roger Bacon znał już także proch, sposób przygotowania wszakże przechowywał w ściślejszej tajemnicy. Bertold Schwarz, który miał podobno żyć w wieku XIV, mógł wskazać tylko sposób, jak należy proch przygotować, jak nim nabijać rury metalowe, ażeby można było wyrzucać z nich pociski. Kronika salcburska takimi słowy wita jego wynalazek: „Łotr, który wymyślił taką rzecz haniebną, nie wart jest nietylko, by ludzie podnosili zasługi jego wynalazku lecz nawet, by pamiętali jego imię. Zasługuje rzeczywiście na to, by nim nabić rusznicę i wystrzelić, aby się rozbił o wysoką wieżę“. Mąż, od którego otrzymaliśmy wynalazek porcelany, odgrywał tak wybitną rolę jako alchemik, że dał powód do zawikłań dyplomatycznych między Saksonją a Prusami. Alchemikiem tym był Jan Fryderyk Böttger, który utrzymywał, że posiada tajemnicę przemiany metali. To było powodem do wydania rozkazu przez Fryderyka I, króla pruskiego, aby go schwytać i uwięzić; lecz udało mu się uniknąć tego i uciec do Saksonji. Król zażądał wtedy energicznie, aby go wydano, a gdy Saksonja wahała się, stosunki tak się z tej racji zaostrzyły, że w przewidywaniu napaści ze strony Prus zostały wzmocnione wały Wittenberga, pogranicznej fortecy Saskiej. Böttger był w Saksonji trzymany także w więzieniu a po kilkakrotnych nieudanych próbach ucieczki, osadzony został w twierdzy Königstein, gdzie był pilnie strzeżony. Tam uciskany coraz srożej przyznał się wreszcie, że nigdy nie był w stanie wyrabiać złota, natomiast w czasie uwięzienia swego w Königsteinie zrobił wynalazek, który może być w pełnym znaczeniu tego wyrazu kopalnią złota dla kraju — wynalazkiem tym była porcelana. Król zachwycony tem, przebaczył wszystko Böttgerowi i mianował go dyrektorem założonej fabryki porcelany w Meissen, i na tym urzędzie on, wynalazca, strzeżony i więziony do końca życia, umarł w 1719 r. Tak więc alchemja na krótko przed swym upadkiem stworzyła gałąź przemysłu, który daje chleb tysiącom pracowników we wszystkich krajach świata.

\* \* \*

Przez upadek poglądów, panujących w teorii flogistycznej, jakoteż i w alchemji, przygotowany został grunt, na którym powstała nowa epoka rozwoju chemicznego, którą najtrafniej możemy mianować jako wiek chemji naukowej. Wiek jej istnienia względnie bardzo jeszcze niedługi. Sto lat w życiu nauki jest zaledwie krótką chwilą i jeżeli zastanowimy się nad tem, że to wszystko, co stworzyła dzisiejsza chemja przez przeciąg tych stu lat, należy do wieku chemji naukowej, to wzbudza w nas istotny podziw i zachwyt nad pracami poważnemi, prowadzonymi przez przedstawicieli tej wiedzy bez wypoczynku i wytchnienia. Ta nadzwyczaj płodna w wyniki epoka zjawiła się odrazu, bez żadnego stopniowego przejścia z poprzednich okresów, dzięki pracom jedyne go człowieka, którego z całą słusnością przywykliśmy uznawać za najznakomitszego ze wszystkich chemików. Nieraz mieliśmy sposobność mówić o tym mężu i jego pracach

naukowych. Był to chemik fraucuski Antoni Wawrzyniec Lavoisier, zwany „ojcem chemii“. Urodzony w Paryżu w 1743 roku, w 1768 roku został już członkiem akademii francuskiej. Powierzony mu w 1771 urząd jeneralnego dzierżawcy podatków francuskich, dozwolił mu swobodnie bez troski o byt materialny poświęcić się nauce, później wszakże stał się przyczyną jego śmierci tragicznej. Podczas terroru za czasów Robespiera w 1794 r. z powodu pozornych niedokładności w sprawowaniu swego urzędu, postawiony w stanie oskarżenia, zginął w tymże roku pod gilotyną jako zupełnie niewinna ofiara rewolucji francuskiej... Zasługi jego w dziedzinie chemii krótko określić można w ten sposób, że zadał cios ostateczny teorii flogistycznej i wprowadził badanie na tory naukowe. Oba te zadania udało mu się wypełnić pomyślnie głównie dlatego, ponieważ pierwszy wygłosił tę doniosłą zasadę, że nie wystarcza samo wykonywanie doświadczeń i wyprawdzanie z nich wniosków; nieodzownem jest bowiem każde doświadczenie poddawać najdokładniejszemu sprawdzaniu z pomocą sposobów naukowych. Kierunek naukowy zaś wyraził się w najszerszym zastosowaniu metody ważenia. Wprowadzenie wagi do pracowni chemicznych, tego najważniejszego przyrządu przy badaniach naukowych, był to najznakomitszy czyn, jakiego dokonał Lavoisier. Wskutek wprowadzenia i zastosowania metody ważenia wykazał, że każde ciało po spaleniu zyskuje na wadze — staje się cięższem — i to było dowodem głównym, sprowadzającym upadek teorii flogistonu. Lavoisier był twórcą teorii antiflogistycznej, która rozpowszechniła się nader szybko i zyskała uznanie ogólne. Za pomocą swych obszernych studjów nad zjawiskami palenia wykazał, że tlen jest właśnie tem ciałem, które podtrzymuje palenie i nadto jest także tą częścią składową powietrza, która bywa zużywaną podczas procesu oddychania. Dowód ten miał bardzo ważne znaczenie dla medycyny, na nim bowiem opierał się wyprowadzony ztąd wniosek, że procesy palenia i oddychania są zupełnie identyczne. Na podstawie kontroli z pomocą ważenia chemicznego stwierdził, że przy paleniu waga ciała spalonego powiększa się o taką ilość, o jaką zmniejsza się waga powietrza. Rozwijając dalej powyższą zasadę i stosując ją do różnych zjawisk palenia i utleniania ciał, doszedł do ustanowienia prawa ogólnego o zachowaniu materji, które przyoblekł w słowa następujące: „Materja jest niezniszczalna, zmienia tylko swą postać“. Przez spalenie wodoru w tlenie i na podstawie dokładnej za każdym razem kontroli z pomocą wagi istniejących stosunków wagowych udało mu się w sposób zupełnie ścisły oznaczyć skład chemiczny wody. Lavoisier przeprowadził również podział pomiędzy ciałami organicznymi i nieorganicznymi, i ustanowił dwie klasy związków chemicznych, które utrzymały się w nauce do dnia dzisiejszego. Wykazał także, iż ciała organiczne składają się przeważnie z wodoru, tlenu i węgla, który stanowi ich najważniejszą część składową. Używaną dzisiaj jeszcze nazwę chemii organicznej, czyli chemii związków węgla i chemii nieorganicznej, zawdzięczamy klasyfikacji, ustalonej przez Lavoisiera. Wszyscy chemicy jednoznacznie przyznają, że

niema takiego drugiego badacza, któryby tyle zdziałał w chemji, co Lavoisier, a Kopp, piszący historję chemji, w tych słowach charakteryzuje zasługi jego: żaden z chemików nie zwiększył tak znacznie dobytku naukowego, otrzymanego z epoki wcześniejszej, żaden z nich przygotowanej przez poprzedników wiedzy nie przekazał swym następcom w takim stanie i poprowadzonej w kierunku tak rozległym, uszlachetnionym i obfitym w wyniki, jak to uczynił Lavoisier“.

Ukazanie się Lavoisiera spowodowało poważne zmiany tak pod względem kierunku badania chemicznego, jak również pod względem stanowiska jakie chemja zajęła. Wspominaliśmy przedtem, jak prace jego spowodowały ostateczny upadek teorii flogistycznej, a także jak one ustaliły istotne poglądy na zjawiska palenia, na udział, jaki w nich przyjmuje tlen i na znaczną ilość spraw chemicznych. Prace powyższe wpłynęły także na radykalną zmianę pojęć o pierwiastkach chemicznych. Dotychczasowe pojęcie pierwiastku chemicznego zawierało w sobie wszystko, co tylko było możliwe, dopiero Lavoisier rozwinął dzisiejszą naukę o pierwiastkach chemicznych, dla których później ustanowiono następujące określenie: pierwiastki chemiczne są to ciała takie, których za pomocą znanych środków chemicznych nie można rozłożyć na ciała prostsze i które nie mogą ulegać wzajemnym przemianom. Ponieważ wszystkie metale są właśnie takimi pierwiastkami, więc na zasadzie powyższego określenia wynika niemożliwość przemiany metali. Także i stanowisko, jakie chemja zajęła od czasów Lavoisiera, jest inne niż przedtem; występuje ona z ciasnych ram wiedzy, uprawianej jedynie w pracowniach chemicznych i staje się podstawą oddzielnej gałęzi techniki, wielkiego przemysłu chemicznego, rozwijającego się coraz więcej jako znakomity czynnik w życiu ekonomicznym, czynnik, z którym pod wielu względami bezwarunkowo liczyć się należy. Ocenił to przedewszystkiem rząd francuski, który pierwszy zrobił dla rozwijającej się chemji ustępstwa, zamieniając panujący dotychczas w zakładach naukowych wyłączny kierunek humanistyczny na kierunek realny, oparty na podstawie nauk przyrodniczych. Niektóre z tych instytutów, przedewszystkiem zaś szkoła politechniczna i szkoła normalna stały się zakładami naukowymi o wszechświatowej sławie. Są one wzorem dla wielu podobnych instytucji we wszystkich krajach świata a Francja nawet założyła u siebie szkoły średnie z kierunkiem wyłącznie realnym, które miały przygotowywać uczniów do tych dwóch znakomych uczelni technicznych. Ten przywilej nadany na rzecz rozwoju chemji wydał wspaniałe owoce! Francja przez długi czas była jedynym krajem, gdzie ta nauka była głównie uprawiana, i jakkolwiek były chwile, że i inne kraje stawały się na krótki czas środowiskiem działalności chemicznej, to jednakże pewna hegemonja Francji w dziedzinie chemicznej jest i będzie w przyszłości niezaprzeczoną, a dzisiaj zaznacza się ona dobitniej, niż kiedykolwiek przedtem. Dzięki inicjatywie Francji zaprowadzono i w innych krajach gruntowne reformy szkolnictwa, urządzając na wzór francuskich szkoły i gimnazje realne.



**Chemik Berthollet odwiedza Lavoisiera w jego pracowni w Sorbonie.**

Według obrazu w sali zebrań Sorbony.

Niedawno w Niemczech szkołom realnym nadano te same prawa, jakimi cieszyły się zakłady naukowe klasyczne; o prawa te musiano bardzo długo starać się, gdy tymczasem we Francji, będącej przodowniczką w tym kierunku, nadane były od samego początku. Stosunek chemii do nauk lekarskich zaznacza się też inaczej od czasów Lavoisiera. Od upadku chemijatrii chemicy nie zajmowali się umyślnie wszelkimi kwestjami medycznymi. Prace jednak Lavoisiera nad oddychaniem wykazały im jasno, że opracowanie systematyczne spraw medycznych należy również do chemii i wtedy dopiero powstała nowa jej gałąź — chemja fizjologiczna — która właśnie poświęconą była wyłącznie badaniom zadań wyżej określonych. Sprawy życiowe w roślinach budzą w najwyższym stopniu uwagę chemików i badanie tych procesów fizjologicznych jest podstawą dla gruntownych i systematycznych prac w dziedzinie chemii rolniczej.

Nauka Lavoisiera zyskuje sobie szybko i nieustannie coraz więcej nowych stronników; najpierw we Francji, gdzie do zapalonych jego uczniów należą takie nazwiska, jak Berthollet, Guyton de Morveau i Fourcroy. Guyton de Morveau jest twórcą naukowego słownictwa chemicznego. Dotąd dla określenia różnych ciał i przebiegów chemicznych używano najrozmaitszych oznaczeń, zaczerpniętych już to z arabskiego, już to z łacińskiego lub greckiego, już to wreszcie z tajemniczego i ciemnego języka średnio-wiecznej alchemii klasztornej. Czytanie dzieł chemicznych było nielada trudną pracą; brakowało bowiem pewnej jednolitości w oznaczeniach ciał i procesów chemicznych. Guyton de Morveau usunął te niedogodności i zarządził im gruntownie. Rozpatrzył się w całej ówczesnej wiedzy z praktycznego punktu widzenia i oznaczył dokładną nazwę dla każdego pierwiastku i dla każdego procesu chemicznego. Wybrane przez niego oznaczenia zyskały wkrótce ogólne uznanie a postęp w chemii mógł tylko na tem zyskać, gdyż każdy chemik, wskutek zaprowadzonej jednolitości oznaczeń, znając język obcy, mógł z łatwością czytać napisaną w tym języku każdą rozprawę chemiczną. Podczas gdy Guyton de Morveau przez swoje słownictwo przyczynił się znakomicie do rozpowszechnienia we wszystkich krajach wiedzy chemicznej, Fourcroy był zapalonym i energicznym obrońcą teorii antiflogistycznej Lavoisiera. Teorię antiflogistyczną nazwał „la chimie française“ i energiczna jej obrona, poznana była wkrótce przez cały świat naukowy. Ostatnim z tej trójcy uczonych badaczy był Kludjusz Ludwik Berthollet (ur. 1748 r. w Talloire w Sabaudji, um. 1822 w Paryżu), który również jak i mistrz jego uważał ważenie za podstawę każdego badania chemicznego i wskutek tego był twórcą prawa o powinowactwie chemicznem t. j. prawa o zdolnościach ciał do tworzenia z sobą związków chemicznych. Niektóre ciała łączą się z sobą tylko pojedynczemi cząstkami wagowemi, inne zaś wchodzą do związku podwójnemi lub potrójnemi cząstkami i tę silniejszą skłonność, z jaką jedne ciała łączą się z drugimi nazwał Berthollet powinowactwem chemicznem i prawo to zupełnie ściśle określił dla każdego znanego w owym czasie ciała. Prawo powyższe ma

bardzo ważne znaczenie przy wszelkich obliczeniach chemicznych, bez względu na to czy one odnoszą się do procesów technicznych, czy też do analiz chemicznych. W roku 1785 rozpoczął Bertholet swą gruntowną pracę nad chlorem, wynalezionym przez Scheele'go. Spostrzegł zaraz, że chlor posiada własność bielenia i wypracował metody, według których można było bielić włókna roślinne rozcieńczonym wodnym roztworem chloru. Przepuszczając chlor przez roztwór węglanu potasu, Berthollet otrzymywał chloran potasu, który dzisiaj nawet używany jest nie tylko jako środek leczniczy, lecz ma wysokie znaczenie jako produkt techniczny, mający zastosowanie przy drukowaniu perkali a także do przygotowania ogni sztucznych. Berthollet znalazł także srebro piorunujące, związek, posiadający nadzwyczajną siłę wybuchową, który znalazł liczne zastosowania, jak np. przy wyrobie pistońców do broni palnej i t. p.

Prace Johna Daltona (ur. 1766 w Eaglesfield, um. 1844) stanowią do pewnego stopnia dalszy ciąg prac Lavoisiera i Bertholleta; był on zarazem twórcą teorii atomistycznej, która przez niego tak była nazwana. Utworzona przez niego teoria jest główną podstawą naszych dzisiejszych poglądów chemicznych, według której każdy pierwiastek, składający się z pojedynczych atomów może utworzyć związki z jednym lub więcej atomami drugiego pierwiastku. Tak np. jeden atom węgla łączy się z jednym lub dwoma atomami tlenu. Dalton wprowadził krótkie znaki dla określenia atomu każdego pierwiastku chemicznego, znaków tych używamy dzisiaj ogólnie w naszych wzorach chemicznych. Wzory te wyrażają nam skład chemiczny danego ciała, tak np. wzór  $\text{CO}_2$ , oznaczający dwutlenek węgla, mówi nam, że związek ten składa się z jednego atomu węgla (C) i dwóch atomów tlenu (O). Teoria atomistyczna Daltona stworzyła dla działalności chemików dzisiejszych podstawę, na której opierają się obliczenia chemiczne. Teoria atomistyczna została wprowadzona przez Gay-Lussaca do chemii gazów, a uzupełniona i udoskonalona później była przez Berzeljusa. O ile wyżej wymienionym badaczom zawdzięczamy systematyczne opracowanie najważniejszych teorii chemicznych, o tyle znów Ludwik Mikołaj Vauquelin (ur. 1763 r. w Hebertot w Normandji, umarł tamże 1829) i Marcin Henryk Klaproth (ur. 1743 w Wernigerode, um. 1817 w Berlinie), położyli wybitne zasługi na początku XIX stulecia w zakresie chemii analitycznej. Klaproth nauczył nas tak nazywanego „rozpuszczania“ ciał. Znajduje się bowiem bardzo wiele rud, które pomimo wszelkich stosowanych sposobów nie dały się rozpuścić i tym sposobem nie mogły być analizowane za pomocą drogi mokrej. Ponieważ nie ulegały ani działaniom zasad, ani kwasów, nie rozpuszczały się ani w wodzie, ani w innych środkach, służących do roztwarzania, nie wywierała na nich wpływu ani wysoka ani niska temperatura, przedstawiały więc dla chemików nadzwyczaj trudne zadanie, jeżeli potrzeba było oznaczyć ich skład chemiczny. Klaproth dopiero pokazał, że te rudy i w ogóle wszystkie ciała trudno się rozpuszczające można doskonale roztworzyć, jeżeli się je stopi przy wysokiej



temperaturze razem z sodą gryzącą lub węglanem sodu. Stopiona taka mieszanina rozpuszcza się łatwo w wodzie lub też w kwasie solnym rozcieńczonym i analiza drogą moką takiego roztworu nie przedstawia już żadnych trudności. Klaprotha zajmowały przedewszystkiem najtrudniejsze procesy chemiczne. Wiele też pracy poświęcił badaniom rzadkich minerałów, to jest takich gatunków, które w bardzo małych ilościach znajdują się na powierzchni ziemi i o nich dotąd prawie nic nie wiadano. Podczas tych badań udało mu się wydzielić dwa pierwiastki nowe, mianowicie tytan i cer; ten ostatni w czasie późniejszym nabrał bardzo wielkiego znaczenia w technice, szczególnie od tej chwili kiedy chemik Auer z Welsbachu, dostrzegłszy w jego związkach tlenowych znakomitą zdolność emisyjną światła, zastosował roztwory ceru do otrzymania tak nazywanego żarowego światła Auera. Vauquelin, który zasłużył się głównie przez rozwój analizy ciał mineralnych, odkrył także nowy pierwiastek chemiczny, mianowicie chrom; ciało to później staje się również ważnem w hutnictwie żelaza, dodany bowiem w ilościach niewielkich do stali, powiększa znakomicie jej twardość. Stal chromowa znajduje zastosowanie w najróżniejszych gałęziach techniki; we Francji przygotowują z niej płyty pancernowe do statków wojennych.

Na początku wieku XIX zaczyna się rozwój jednej z najważniejszych gałęzi chemji współczesnej, tak nazywanej elektrochemji. Rozpatrując rozwój fizyki, zwracaliśmy uwagę na stos Volty, przyrząd, który w owym czasie był jedynem źródłem do otrzymania silnego prądu galwanicznego. Wobec zaciekawienia, jakie wzbudzało wszędzie odkrycie elektryczności galwanicznej, bardzo naturalnie, że i chemicy też zainteresowali się niem wkrótce, przedewszystkiem zaś zaczęli badać, jakie działanie wywiera prąd elektryczny na związki chemiczne. Na samym wstępie do XIX wieku, mianowicie w 1800 r. Anglicy Nicholson i Carlisle zauważyli, że woda pod działaniem elektryczności ulega rozkładowi na swe części składowe: tlen i wodór. Z tego wywnioskowano, że prąd galwaniczny może wykonywać działanie chemiczne. Jeszcze w tym samym roku obaj dopiero co wspomnieni chemicy spostrzegli dalej, że roztwór lakmusu, wystawiony na działanie prądu galwanicznego, zabarwia się na czerwono w tem miejscu, gdzie znajduje się biegun dodatni prądu (anod). Cruikshank zdołał za pomocą prądu rozszczepić także niektóre związki chemiczne. We wskazanym wyżej kierunku prowadzili badania Berzelius i Hisinger i zauważyli, że u bieguna ujemnego (katodu) wydzielają się zwykle zasady, u dodatniego zaś przeciwnie kwasy, tlen i tlenki. Mimo tych wszystkich prac jednakże rozwój elektrochemji w ogóle nie posunął się daleko i dopiero Humphry Davy (ur. 1778 w Penzance w hrabstwie Kornwalijskiem, um. 1829 w Genewie) przez swe znakomite prace stał się rzeczywistym twórcą naukowej elektrochemji. Od 1800 roku zajęty był badaniem zjawisk elektrochemicznych, a dopiero w 1806 r. wydał pierwszą swą pracę. Dotychczas sądzono, że woda, przez którą przechodzi prąd elektryczny, rozkłada się na kwas i zasadę.

Davy wykazał w tej pracy, że obecność kwasu i zasady przy elektrolizie wody możebna jest tylko przy użyciu do tego celu wody nieczystej; biorąc zaś wodę absolutnie czystą, otrzymujemy z jej rozkładu tylko wodór i tlen, dwie jej części składowe. Po wykonaniu tak pomysłnych doświadczeń zwrócił się Davy przy pomocy bardzo silnego stosu Volty do badań nad działaniem prądu galwanicznego na te ciała, o których składzie chemicznym domyślano się tylko a których rozłożyć na części składowe nie było można. Wykonane w tym kierunku próby uwiecznione były wynikami nadzwyczajnymi. W 1807 r. wydzielił dwa nowe pierwiastki chemiczne: potas i sod, w roku następnym zaś — cztery: baryt, stront, wapień i magnez, wszystko to pierwiastki bardzo ważne. Przy tych doświadczeniach zwrócił uwagę pierwszy raz na własność węgla, który spalając się pod działaniem prądu elektrycznego, rozwijał nadzwyczajną siłę światła i odkrył tym sposobem łukowe światło elektryczne, którego dzisiaj dostarczają nam elektryczne lampy łukowe. Reformatorską była także działalność Davy'ego w zakresie ówczesnych teorii chemicznych. Przedewszystkiem gruntownie zmienił niektóre poglądy Lavoisiera. Lavoisier utrzymywał, że każdy kwas musi zawierać w swym składzie chemicznym tlen. Davy zaś dowiódł, że zawartość tlenu nie jest dla kwasu cechą charakterystyczną;

znajduje się bowiem bardzo znaczna ilość ciał, mających charakter kwasów, nie zawierających w sobie tlenu i z tego powodu Davy kwasy określił w ten sposób, że to są związki chemiczne, w których wskutek zastąpienia przez zasadę jednego lub więcej atomów wodoru, dają połączenia, nazywane solami. Teoria powyższa, która okazała się słuszną pod każdym względem, pomimo powagi Lavoisiera została ogólnie przyjętą przez współczesnych.



**Humphry Davy.**

Według obrazu Scrivena.

W rozwoju elektrochemji teoretycznej mają bardzo ważne znaczenie prace Michała Faraday'a (ur. 1791 w Londynie, um. 1867), który odkrył prawo równoważników elektrochemicznych. Z pomocą obmyślonego przez siebie przyrządu wymierzył dokładnie stosunek pomiędzy ilością wprowadzonej do roztworu elektryczności a ilością rozłożonych ciał z tego roztworu, otrzymanych przez prąd elektryczny. Znalazł, że ilości wagowe, wydzielone ze związków chemicznych za pomocą prądu elektrycznego odpowiadają dokładnie stosunkowi, zachodzącemu między ich wagami w związku chemicznym, czyli wagami równoważników. Faraday przez to prawo wywarł taki sam wpływ na rozwój elektrochemji, jaki prace Daltona na rozwój chemji. Stworzył prawo zasadnicze, na podstawie którego mogą być przeprowadzone najdokładniejsze obliczenia charakteru elektrotechnicznego, za pomocą którego każdy elektrochemik przed rozpoczęciem jakiegokolwiek sprawy elektrochemicznej może teoretycznie obliczyć tak ilość potrzebnej do tego elektryczności, jako też ilość, mającego się otrzymać produktu. Jakkolwiek środek ciężkości prac Faraday'a leży głównie w dziedzinie fizyki, to jednakowoż oprócz ogłoszenia prawa równoważników elektrochemicznych, wywierał także niektórymi badaniami swemi znakomity wpływ na rozwój chemji. Pomędzy temi najważniejsze są badania stali, które przeprowadził razem ze Stodartem. Na podstawie bardzo dokładnych i bardzo pracowitych prób, które poczynając od roku 1820 zajęły im niezwyčajnie długi przeciąg czasu, starali się określić, za pomocą jakich dodatków możnaby nadać stali możliwie wysoki stopień twardości i elastyczności. Klasyczne te badania, wykonane z nadzwyczajną starannością, mają dla przemysłu stalowego znaczenie donośne. To były pod pewnym względem pierwsze prace naukowe poświęcone własnościom stali i jeżeli obecnie wiemy, jakie warunki zachować należy, aby otrzymać pewien gatunek stali z dokładnie oznaczonemi własnościami, to wiadomości nasze w tym zakresie i nasza pewność przy stosowaniu potrzebnych operacji dla wywołania odpowiedniego skutku, polega głównie na pracach Faradaya i Stodarta.

Uwagi powyżej wypowiedziane wskazały nam, że prace Lavoisiera ocenione były dostatecznie i nad dalszym ich rozwojem położyli zasługi głównie chemicy francuscy i angielscy. Musimy bowiem przyznać, że w Niemczech pod koniec XVIII i na początku XIX stulecia bardzo mało zrobiono w kierunku popierania nauki chemicznej. Dla naukowej działalności chemicznej takiej, jak ją pojmował Lavoisier, grunt w Niemczech nie był jeszcze dostatecznie przygotowany. Tu zagarnęła wszystko pod swój wpływ szkoła filozofji natury, mająca swych głównych przedstawicieli w Albrechcie Hallerze i Jerzym Heglu. Szkoła ta tak samo jak na rozwój fizyki, wpływała również niekorzystnie i na chemję. Zahamowała wszelki postępek w naukach przyrodniczych na całe lat dziesiątki, a dla ilustracji pojęć chemicznych, jakie panowały w Niemczech wówczas, gdy we Francji i Anglii poglądy Lavoisiera zyskały sobie powszechne uznanie, wystarczy przytoczyć parę przykładów! Przedstawiciele kierunku filozoficzno-naturalnego

uważali djament, jako „kwarc, który doszedł do poznania swej własnej świadomości“; platyna jest dla nich „paradoksem srebra, która pragnie wśród metalów posiadać najwyższy stopień, jaki przynależy się tylko złotu“ i t. p. Mogiibyśmy takich przykładów przytoczyć bardzo wiele, ale i te pokazują dostatecznie, z jakimi trudnościami walczyć musieli przedstawiciele istotnej wiedzy przyrodniczej, ażeby zwyciężyć potężny i wpływowy kierunek szkoły filozofji natury. Z tych czasów, w których ogół uczonych francuskich i angielskich znajdował się pod wpływem znakomitych prac Lavoisiera, wskazujących nowe horyzonty dla nauk chemicznych, w Niemczech zanotować możemy jeden tylko fakt natury chemicznej, który dla przyszłości miał wielkie znaczenie. Faktem tym jest ugruntowanie obszernej gałęzi przemysłu chemicznego, mianowicie wyrobu cukru z buraków. Do końca XVIII stulecia cały cukier, potrzebny do użytku, dobywany był z trzciny cukrowej i sprowadzany z Indji zachodnich. Cukier trzcinowy znany już był w starożytności. Egipcjanie i rzymianie używali go jako lekarstwa; tak samo stosowali go lekarze arabscy i pochodzący z ich szkoły medycy z Europy zachodniej. W wieku XII plantacje trzciny cukrowej w Sycylii znajdowały się w stanie kwitnącym, gdy jednak na początku XVI stulecia zaczęto sprowadzać cukier trzcinowy z Indji zachodnich, uprawa trzciny w Sycylii zmniejszała się coraz bardziej, aż w końcu zanikła zupełnie. Po upływie pewnego czasu niektórzy chemicy, a między nimi Glauber, próbowali, czy nie możnaby także otrzymać cukru z roślin europejskich — próby te jednak nie dały pożądaných wyników. W roku 1747 Marggraf, znakomity chemik berliński przedstawił Berlińskiej Akademji nauk i sztuk pięknych referat, w którym wskazał, że udało mu się wydobyc cukier z trzech rozmaitych roślin, mianowicie: z buraka białego, z buraka ćwikłowego i z kuczmerki, rośliny zwanej korzonkami cukrowymi. W tym godnym pamięci komunikacie tak pisze do Akademji: korzenie trzech, wymienionych tutaj roślin, dostarczyły mi w dużej ilości nadzwyczaj czystego cukru. Najpierwszą i wydatną wskazówką zawartości cukru w tych roślinach, bywa to, że korzonki ich, zwłaszcza jeżeli je pokrajemy i wysuszymy, nietylko posiadają smak słodki, ale nadto, szczególnie, gdy je rozpatrujemy pod mikroskopem zawierają białe ciała krystaliczne, kształtem podobne do cukru“. Co do korzyści, jakie dla dobrobytu ogólnego przyniosą jego odkrycia, Marggraf tak je objaśnia: „ubogi wieśniak mógłby używać naszego cukru roślinnego zamiast drogiego cukru trzcinowego, albo złego syropu; musiałby tylko przy pomocy pewnych maszyn sok z nich wycisnąć, oczyścić go do pewnego stopnia i ugotować na syrop. Zgęszczony tym sposobem sok będzie napewno czystszy od zwyczajnego ciemno-brunatnego syropu cukrowego, a prócz tego wyciski pozostałe mogą również znaleźć zastosowanie. Załączone tu próby pokazują jasno, że ta sól słodka (za czasów Marggrafa cukier zaliczano do klasy soli) może w ojczyźnie naszej być tak samo uprawiana, jak i w tych okolicach, gdzie rośnie trzcina cukrowa“. Z przytoczonych zdań widzimy, jak jasno i obszernie Marggraf



Wyrób cukru trzeinowego.

Według rysunku Jana Stradanusa, wyrytowanego przez J. Galle,

pojmował sprawę cukru. Przewidywał jasno i dokładnie wszystkie następstwa rozwoju przemysłu cukrowniczego, jak zużytkowanie odpadków od produkcji i t. p. Był jednak zarazem zanadto uczonym człowiekiem, aby opracować dokładnie wynalazek swój ze strony praktycznej. Zastosowanie jego projektów w technice wykonał uczeń jego Franciszek Karol Achard (ur. 20 kwietnia 1753 w Berlinie, um. 20 kwietnia 1821 r. w Cunern). Ten przy pomocy materialnej króla urządził pierwszą fabrykę cukru z buraków na Szląsku, w majątku Cunern, który w tym celu był nabyty od hrabiego Pücklera. Młody ten przemysł w samym początku swego rozwoju musiał walczyć z poważnymi przeszkodami. Już przedtem, jak to niedawno wspominaliśmy, prowadzone były próby, aby otrzymać cukier z najrozmaitszych roślin i zauważono, że klon wydziela z siebie sok, z którego można wydestać pewien rodzaj cukru; wskutek czego uprawa klonu wzrosła znacznie i poczynająca fabrykacja cukru z buraków znalazła w nim poważnego nieprzyjaciela. Szczególniej poważnym konkurentem był Wilhelm von Humboldt, który w majątku swym Tegel pod Berlinem, założył obszerną plantację klonów, ażeby z nich otrzymywać cukier. Gdy zaś jeszcze i chemik Hermbstädt wypowiedział swe zdanie, że nie wątpi, iż cukier klonowy może być daleko tańszy, aniżeli wyrabiany z buraków, Humboldt za pomocą radcy stanu Kundta sprowadził z Kanady latorośle klonu w znacznej ilości i zasadził je w Teglu. Było to dla Acharda groźne współzawodnictwo. Zdarzyły się jednak dwa wypadki, które doskonale mu pomogły. Zające zasmakowały tak w młodych flancach klonu, że w dosyć krótkim czasie zniszczyły znaczną część latorośli i zniechęcony tem Humboldt zaniechał wkrótce dalszych badań w tym kierunku. Prócz tego w roku 1806 Napoleon I zaprowadził w Europie system kontynentalny, wskutek czego przywóz cukru trzcinowego połączony był z takimi trudnościami, że właściwie nie można było go sprowadzać. Skromne ilości zaś cukru trzcinowego, które zjawiały się na rynku, miały niesłychanie wysoką cenę; to też fabryka cukru z buraków w Cunern doszła wkrótce do stanu kwitnącego i niedługo powstały prawie wszędzie rozległe plantacje buraka cukrowego i cukrownie, przerabiające go na cukier. Ludność zaś tak się przyzwyczaiła do cukru w ten sposób wyrabianego, że nawet po zniesieniu systemu kontynentalnego przywóz cukru trzcinowego nie dosięgnął już nigdy poprzednich wymiarów. Od tego czasu w przemyśle cukrowniczym wykonano tak znakomite postępy, że stał się on jednym z najważniejszych czynników w życiu społecznem ludzkości. Jakie ma znaczenie ten przemysł w gospodarstwie społecznem, dość przytoczyć, że w samych Niemczech w 1900 roku było 453 cukrownie, które przerobiły 12 438 301 tonn buraków i wyrobiły cukru 1 691 258 tonn; ogólna siła działających w tym przemyśle machin parowych wynosiła 120 465 koni parowych. Po śmierci Acharda i jego nauczyciela Marggrafa tak mało było w Niemczech chemików wybitnych, że nikt się nie znalazł, ktoby mógł objąć po Marggrafie katedrę chemji.

Krajem, który dał niejako pobudkę do rozwoju działalności na polu chemicznym w Niemczech była Szwecja. Ponieważ w Niemczech w owym czasie nie można było zdobyć dobrego przygotowania w zakresie chemji, większa część więc pragnących studjować tę naukę, udawała się zagranicę, do Francji, lub też do Szwecji, gdzie w tym właśnie czasie znajdował się najznakomitszy ze współczesnych chemików, uczeń sławnego Lavoisiera. Tym chemikiem, którego sława ściągała uczniów ze wszystkich stron świata, był Jakób Berzeljus (ur. 1779 roku w Wafnersunda, niedaleko Linköping

we wschodnim Gothlandzie, umarł 17 sierpnia 1848 w Sztokholmie). Berzeljus był z powołania lekarzem i tylko przypadek skierował go do studjów nad chemją, w zakresie której miał się tak świetnie odznaczyć. Zajmując się już przedtem dosyć powierzchownie chemją, pojechał w 1799 r. dla poratowania zdrowia do Medvedei, miejsca kąpielowego, gdzie znajdowały się różnego rodzaju źródła lecznicze. Ażeby zbadać, na czem polega siła lecznicza tych źródeł, zaczął je studjować pod względem chemicznym. Praca, którą ogłosił, zawierająca opis metod i rezultatów poszukiwań, sprawiła, że w krótkim czasie otrzymał posadę adjunkta

przy katedrach chemji, botaniki i farmacji w szkole medycznej w Sztokholmie; w 1803 roku zaproszony został jako lekarz do zakładu Wernera sztucznych wód mineralnych w Sztokholmie. Pozostając na tem stanowisku, wydał dalszy ciąg swych prac chemicznych, wskutek których ofiarowano mu w 1807 roku katedrę profesorską chemji i farmacji w tej samej szkole, gdzie poprzednio był adjunktem. Stanowisko to zajmował do 1832 roku. Działalność Berzeljusa, od czasu jak opuścił medycynę, ześrodkowała się



**Jöns Jakob Berzeljus.**

Według miedziorytu F. Bolta.

wyłącznie w dziedzinie chemicznej a prace jego odznaczają się taką różnorodnością, że niema zapewne ani jednej gałęzi chemji, w którejby nie uwidoczniła się znakomicie jego działalność. Przez swoje liczne analizy, których przedmiotom były przeważnie wody mineralne, różne ciała mineralne i rudy, doprowadził metody chemji analitycznej do wysokiego stopnia doskonałości. Nie cofał się przed najtrudniejszymi zagadnieniami z tego zakresu, których rozwiązanie dotąd nie udało się żadnemu chemikowi i dzięki swej nadzwyczajnej wytrwałości wszystkie najwięcej zawile rozbiory chemiczne wykonał sam dokładnie. Chemja analityczna zawdzięcza mu zaprowadzenie i urządzenie różnych przyrządów i środków pomocniczych, zpośród których należy przedewszystkiem wymienić dmuchawkę, przyrząd używany przy analizach prowadzonych drogą suchą; sam też nauczył w jaki sposób należy przyrząd ten stosować. Do zakresu swej działalności włączył także rzadko spotykane związki mineralne, opracowane po części przez Klaprotha i pierwszym zaraz wynikiem tych badań było odkrycie nowego pierwiastku chemicznego — toru. Z toru i ceru przygotowują dzisiaj odpowiednie związki, roztworami których nasycają koszulki, używane przy świetle żarowem Auera. Rozwój więc dzisiejszego przemysłu światła żarowego stał się możliwym tylko dzięki pracom Berzeljusa i Klaprotha. Berzeljus podczas swych licznych prac odkrył w latach 1823 i 1824 jeszcze następujące pierwiastki chemiczne: krzem, cyrkon i tantal. Wspominaliśmy już wyżej, w jaki sposób prowadził dalej prace, rozpoczęte przez Daltona; dodać tu jednak musimy jeszcze, że podług słusznego poglądu Berzeljusa, wagi atomowe, ustalone przez Daltona, mogą być sprawdzone tylko za pomocą analizy dokładnej wszystkich znanych ciał chemicznych. Wielu zapewne cofnęłoby się przed tą wprost olbrzymią pracą, on jednak wykonał ją całą z wytrwałością godną największego podziwu. Aby dla teorii Daltona utworzyć niezbędną podstawę eksperymentalną przeprowadził rozbiory ilościowe przeszło dwóch tysięcy ciał. Praca ta wywołała znakomite postępy w chemji analitycznej. Berzeljus przy wykonywaniu analiz wprowadził różne nowe sposoby, a także mnóstwo aparatów i przyrządów pomocniczych bez których dzisiaj żaden chemik nie mógłby się już obejść, jak np. tygle platynowe, rurki gumowe, szkiełka zegarkowe, podstawki różne, szwedzka bibuła filtracyjna, i jeszcze wiele innych. Pomędzy ciałami analizowanemi znajdowało się bardzo wiele minerałów. Wyniki otrzymywane podczas badań tych ciał posłużyły mu do utworzenia klasyfikacji chemicznej minerałów, podstawą dla której był ich skład chemiczny. Skutkiem tego upadł dotychczasowy podział minerałów, opierający się tylko na zewnętrznych cechach bez uwzględnienia jakiejś podstawy naukowej. Można było przypuszczać, że Berzeljus wskutek swej pierwiastkowej działalności, jako lekarz, będzie skłonny do zwrócenia swych prac na pole chemji fizjologicznej, on jednak badań fizjologicznych przeprowadził stosunkowo bardzo niewiele; nieliczne te prace jednak, które wydał, rozszerzyły znakomicie krąg naszych wiadomości. Dotyczyły one szczególnie soków zwierzęcych, nazywanych przez



niego „płynami zwierzęcemi“, które zbadał dokładnie i oznaczył ich skład chemiczny. W technice znalazły uznanie prace jego nad różnemi gatunkami żelaza lanego. Z badań, prowadzonych nad działaniem stosu Volty doszedł do przekonania, że prąd elektryczny, jaki wytwarza się w stosie, powstać może jedynie wskutek zachodzących tam przemian chemicznych. Przekonanie powyższe, które wyprzedziło znacznie poglądy ówczesnych, było przedmiotem sporów, z którymi musiał prowadzić walki. Dzisiaj wiemy, że poglądy jego były zupełnie słuszne i że sprawy chemiczne, zachodzące w ogniwie, oddziałują na powstawanie prądu. Teoria obecna o wszelakich źródłach prądu, czy to będą elementy galwaniczne, czy też akumulatory, jak również teorie o procesach elektrochemicznych opierają się na badaniach, przeprowadzonych przez Berzeljusa.

Może największą jednak zasługą Berzeljusa była umiejętność zwracania uwagi z pomocą rad i wskazówek na te dziedziny, które dotąd były bardzo mało obrobione a badania których obiecywały znakomite wyniki dla rozwoju wiedzy chemicznej. Zpóśród chemików, na których prace w ten sposób istotnie wpłynął, znajdują się dwaj znakomici badacze: Liebig i Wöhler. Zjawienie się ich działalności na polu chemicznem wywołuje znaczne zmiany: zwraca oczy na Niemcy, które dotąd nie mogły dorównać Francji, tej klasycznej krainie, dającej możność znakomitego wykształcenia w kierunku chemicznym. Młodzi ludzie, którzy dla zdobycia wiedzy chemicznej musieli udawać się do Francji lub Szwecji, znajdowali obecnie w Niemczech wiele sposobności do zaspokojenia swych dążeń. Wzorowe pracownie chemiczne w Niemczech zyskały taką sławę, że napływało do nich wielu młodych studentów nawet z pobliskich krajów ościennych. Zmiany, jakie w tym czasie zaszły, nie są wynikiem wyłącznej działalności Liebiga i Wöhlera, lecz także równie silnego wpływu Berzeljusa; pomagającego im zgodnie w osiągnięciu zamierzonych celów. W tym czasie, kiedy Wöhler, jako uczeń Berzeljusa słuchał dopiero jego wykładów i przyswajał sobie jego myśli i poglądy, nastąpiło pierwsze poznanie się Liebiga z tym znakomitym chemikiem w sierpniu 1830 roku. Sympatja, jaka wywiązała się pomiędzy nimi, wyraziła się w bardzo ożywionej wymianie korespondencji, która przetrwała aż do zgonu Berzeljusa. Berzeljus, Liebig i Wöhler to jakby trzy gwiazdy złączone związkiem najściślejszej przyjaźni, którzy przez wzajemną i ożywioną wymianę swych myśli naukowych, stworzyli w zakresie chemji epokę najświetniejszą ze wszystkich, jakie kiedykolwiek spotkać było można w historii tej wiedzy. Przy rozpatrywaniu czynów Liebiga i Wöhlera powinniśmy zawsze mieć na pamięci, że we wszystkim co oni stworzyli, przyjmował również udział duchowy i Berzeljus i odwrotnie, poczynając od pewnego okresu, w pracach Berzeljusa dają się zauważyć wpływy Liebiga i Wöhlera. Wszyscy trzej udzielali sobie wzajemnie wszystkie nowe myśli i poglądy, omawiali dokładnie wyniki swych poszukiwań i badań, w ogóle znajdowali się w tak ścisłym związku duchowym, że za życia Berzeljusa często nie można było określić od którego z nich wyszła inicjatywa do rozpoczęcia tej lub innej pracy naukowej.

Najznakomitszym z chemików niemieckich był niezaprzeczenie Justus Liebig, urodzony 13 maja 1803 roku. Jako syn właściciela składu materiałów aptecznych i towarów farbiarskich, już na progu swego życia zajmował się wszelkiego rodzaju doświadczeniami w małej pracowni, połączonej z magazynem jego ojca. Ruchliwy jego umysł nie znajdował żadnego upodobania w zabijających ducha ćwiczeniach łacińskich i okazywał tak złe postępy w gimnazjum, że ojciec musiał go ztamtąd odebrać i oddać na naukę do aptekarza. Jako młodzieniec uczęszczał do uniwersytetów w Bonn i Erlangen, gdzie poświęcał się wyłącznie studjom chemicznym. Tam odczuwał dotkliwie zabójczo działający w obranym przez niego kierunku, wpływ filozofji natury! Jeszcze w późniejszym życiu skarżył się, jak szkodliwie



Albert Thaer.

oddziaływała filozofja Schellinga na postępy w jego studjach. Dwa lata swego pobytu w Erlangen uważa za stracone, opuszcza Niemcy, aby w Paryżu, gdzie panował zupełnie inny kierunek, otrzymać odpowiednie wykształcenie. Jako asystent Gay-Lussaca kończy tam pierwszą swą pracę, która wzbudza podziw w całym świecie naukowym. Jestto badanie kwasu pruskiego, jednego z najniebezpieczniejszych ciał, jakie wogóle znamy, a wytworzenie go wymagało nadzwyczajnej odwagi i zręczności młodego Liebiga. W 21 roku swego życia mianowany profesorem nadzwyczajnym w Giessen rozpoczyna liczny szereg prac, roznoszących sławę jego imienia po całym świecie. W Giessen też urządził pierwsze w Niemczech wzorowe

pracownie chemiczne, do których napływali uczniowie ze wszystkich krajów. Prace Liebiga podobnie jak Berzeljusza objęły prawie cały obszar ówczesnej chemji. Nie było takiej gałęzi, którejby prace jego nie dotknęły, tak, że ilość odkrytych przez niego i zbadanych ciał nowych jest poprostu olbrzymia. Znakomite są jego studja w zakresie chemji organicznej. Uzupełnił metody analizowania ciał organicznych i wyjaśnił za pomocą dokładnie przeprowadzonych rozbiórów ilościowych skład chemiczny ciał organicznych, z pośród których wspomnimy tylko kwas pruski, kamforę i związki kwasu octowego. Szczególne znaczenie mają badania jego nad pochodniami od alkoholu tak zwanymi aldehydami, które są bardzo ważnymi ciałami przy otrzymywaniu różnych eterów owocowych, przy wyrobie różnych środków leczniczych i barwników, a także jako środki pomocnicze



Pracownia chemiczna Justusa Liebiga w Giessen na Seltersbergu około 1840 r.

Według ówczesnej litografji Wilhelma Trautscholda.

przy fabrykacji szklanych zwierciadeł ze srebrnym podkładem. Wyrób takich zwierciadeł powstał jedynie z inicjatywy Liebiga. Podkładanie pod zwierciadlane tafle szklane warstewki cynfolji z pomocą rtęci wpływa bardzo ujemnie na zdrowie robotników w fabrykach tego rodzaju luster. Okropne przejawy choroby jakie Liebig miał sposobność zauważyć przy zwiedzaniu takiej fabryki skłoniły go do wynalezienia innej metody przygotowania zwierciadeł nie tak niebezpiecznej jak poprzednia, i rzeczywiście udało mu się opracować taki sposób, według którego przy zastosowaniu aldehydu, srebro wydzielalo się z odpowiednich roztworów i osadzało na tafli szklanej w postaci nadzwyczaj równego, drobnoziarnistego proszku, tworząc tym sposobem doskonale błyszczącą powierzchnię. W niektórych krajach dozwolony jest jedynie tylko taki sposób wyrabiania zwierciadeł o warstwie srebrnej. Oznacza to nietylko znaczny postęp pod względem technicznym, lecz także ma na względzie zdrowie pracowników w tej gałęzi.

Największe zasługi położył Liebig w dziedzinie chemji fizjologicznej i to zarówno w chemji odnoszącej się do życia roślin i ściśle związanej z nią chemji rolniczej, jakoteż i w chemji, tyczącej się życia zwierząt; w obu tych działach studja jego wyjaśniły bardzo wiele spraw i doprowadziły do wysokiego stopnia doskonałości.

Liebig pierwszy zbadał gruntownie procesy chemiczne, przejawiające się w życiu roślinnem. Opracowując ten przedmiot, zwrócił zarazem swe studja na pole chemji bardzo mało dotychczas znane, mianowicie chemji rolniczej. Zauważyliśmy już przedtem, że w samym początku upadku chemijatrii zjawiała się dążność, ażeby sprawy, powstające przy obrabianiu ziemi, uważać jako procesy chemiczne i zbadać ich zależność wzajemną. Postęp jednak w tych sprawach odbywał się bardzo wolno! W czasie okresu teorii flogistycznej stosunkowo niewiele czyniono w tym kierunku, aby poprzeć rozwój wiedzy rolniczo-chemicznej. Pierwszy, który wyczerpująco pracował nad tym przedmiotem był Albrecht Thaer (ur. 14 maja 1752 r. w Celle, um. 26 października 1828 r.). W 1807 założył w Möglinie pierwszy instytut agronomiczny, oparty na podstawach naukowych, który później zamieniony został na akademię rolniczą. Thaer dokładał wszelkich starań, ażeby wyniki naukowych badań przyrody przystosować do rolnictwa; był on zarazem ekonomistą poważnym, statystykiem i wybitnym hodowcą bydła, który ten dział podniósł do wysokiego rozwoju. Działalność jednak Thaera była krępowaną niskim poziomem, na jakim znajdowały się ówczesne nauki przyrodnicze. Stosował więc tylko wiedzę swej epoki w agronomji, samoistnych wszakże badań wykonał bardzo niewiele. Dopiero Liebigowi przypadło w udziale wprowadzenie w dziedzinie chemji agronomicznej opracowania naukowego najważniejszych kwestji. Oznaczył dokładnie, jakie części pożywne czerpie roślina z powietrza, a jakie z gruntu. Ponieważ jednak ziemia nie mogła samodzielnie odnowić się i dopełnić ubytku spożytych przez rośliny materiałów, należało je przeto

znowu do niej wprowadzić za pomocą odpowiednich nawozów. Wykazał, że w nawozie znajdują się wszystkie potrzebne pierwiastki, tylko skład ich dla niektórych roślin jest zupełnie nieodpowiedni. Przyszło mu więc na myśl, ażeby nawozy wytwarzać sztucznie za pomocą sposobów chemicznych i stał się tym sposobem wynalazcą sztucznego nawożenia, którego pierwsze próby zastosowania wykonał na obszerną skalę. Kawałek nieurodzajnej ziemi, prawdziwą pustynią piaszczystą, znajdującą się niedaleko Giessen, przez zastosowanie sztucznych nawozów i uprawę odpowiednich roślin zamienił wkrótce na ogród kwitnący. Tak więc na drodze praktycznej dowiódł możliwości przeprowadzenia rozpoznanych prawd teoretycznych. Od tego czasu podane przez Liebiga zasady uprawy gruntu uległy zupełnej zmianie. Obecnie fabrykacja nawozów sztucznych tworzy znakomitą gałąź wielkiego przemysłu chemicznego, a gospodarstwo rabunkowe, jakoteż nieracjonalna uprawa gruntu przestały istnieć od czasu powstania znakomitych prac w tej dziedzinie, które zyskały uznanie ogólne.

Wzajemność, jaka zachodzi w procesie życiowym roślin i zwierząt miała to nieodzowne następstwo, że Liebig, który tak długo i tak intensywnie zajmował się fizjologią roślin, osiągnął również znakomite wyniki na polu fizjologii ciała zwierzęcego. Skutki otrzymane w tej gałęzi chemii są tem

godniejsze podziwu, że była ona daleko więcej zaniedbaną, aniżeli chemia fizjologiczna roślin. Dotychczas nie wyrobiono sobie żadnego pojęcia o procesach, jakie zachodzą w ciele zwierzęcem podczas trawienia i przyswajania materiałów chemicznych, zawartych w roślinach. Wprawdzie Lavoisier wskazywał na pewien obieg, który na tem polegał, że zwierzę przez oddychanie zwraca napowrót te składniki powietrza, które rośliny dla siebie z niego czerpią i że pierwiastki zabierane przez roślinę z ziemi, są jej z powrotem zwracane przez zwierzęta w postaci ich wydzielin; lecz dla tego poglądu zupełnie słusznego brakowało jeszcze odpowiedniego uzasadnienia. Liebig dopiero pierwszy zgłębił naukowo poglądy powyższe Lavoisiera,



Fryderyk Wöhler.

z badał dokładnie i objaśnił cały proces odżywiania i trawienia. Oznaczył również skład chemiczny mięsa, a prace nad tym przedmiotem stanowiły podstawę główną, na której oparł przepisy przygotowania tak nazywanego od jego nazwiska ekstraktu mięsnego Liebiga, który obecnie we Fray-Bentos w Urugwaju wytwarza się sposobem fabrycznym w ogromnych ilościach. Jako następny wynik studjów fizjologicznych Liebiga był wynalazek pożywienia dla niemowląt, które miało zastępować mleko matki. Oprócz prac czysto naukowych, które dzisiaj jeszcze tworzą podstawę naszej wiedzy fizjologicznej, których rezultaty Liebig wyłożył w licznych dziełach i rozprawach, położył on znaczne zasługi w popularyzowaniu wiedzy przyrodniczej. Pomimo znakomicie rozwiniętej popularnej literatury chemicznej, jego „Listy o chemji“ są zawsze najlepszą pracą w tym zakresie, wyróżniającą się tak pod względem piękności formy, jak i jasności wykładu. Liebig, który w 1852 roku był powołany do Monachjum na profesora chemji, zakończył tam życie 18 kwietnia 1873 roku.

Tak samo jak Berzeljusz studjował także z początku medycynę Wöhler, współpracownik Liebiga (ur. 1800 r. w Eschersheim, niedaleko Frankfurtu nad Menem, umarł 23 września 1882 r. w Gottingen), a dopiero później zwrócił się do chemji. Czynem jego najznakomitszym, który uwiecznił imię jego po wszystkie czasy i z całą słusnością mógł być postawiony na równi z pracami Lavoisiera, była synteza mocznika, którą wykonał w Berlinie w tak zwanym „domu książęcym“, na Kurstrasse. Synteza mocznika jest słupem granicznym w dziejach chemji — zrywa z jednej strony z dotychczasowemi przestarzałemi poglądami teoretycznemi i stwarza z drugiej strony nową i olbrzymią dziedzinę dla działalności chemicznej: dziedzinę syntezy ciał organicznych. Jeżeli chcemy poznać w całym zakresie znaczenie syntezy mocznika, wykonanej przez Wöhlera, to musimy się cofnąć nieco do poprzednich okresów. Już dawniej wspominaliśmy, że za czasów teorii flogistycznej wszystkie ciała, stosownie do tego, czy one należały do przyrody ożywionej lub nieożywionej, dzielono na organiczne i nieorganiczne. Podczas gdy znaczne ilości ciał nieorganicznych można było w pracowniach chemicznych utworzyć sztucznie z ich części składowych t. j. złączyć razem w jeden związek pierwiastki, z których się składa dane ciało nieorganiczne, czyli, używając naukowego wyrażenia dla tego rodzaju czynności chemicznej przeprowadzić ich syntezę, to w ciałach organicznych nigdy tego nie było można osiągnąć. Niepowodzenia ciągłe, jakie towarzyszyły staraniom wytworzenia na drodze syntezy ciał organicznych doprowadziły do tego w końcu, że uwierzono, iż ciała takie wogóle drogą syntezy chemicznej otrzymać się nie dadzą i daremnem jest wszelkie usiłowanie w tym kierunku! Na zasadzie powyższego założenia wytworzyła się teoria, która przyjmowała, że tylko przyroda przy pomocy tkwiącej w niej szczególniejszej siły, nazywanej siłą życiową (*vis vivendi*) może wytwarzać ciała organiczne; wszelkie zaś starania ludzkie, aby ją podrobić,

pozostaną wiecznie nieziszczonem marzeniem! Teorja ta cieszyła się uznaniem ogólnem i wszyscy o jej słusznosci byli zupełnie przekonani. Można więc wyobrazić sobie zdziwienie, jakie wywołała wiadomość, że Wöhler otrzymał sztucznie mocznik z pierwiastków, wchodzących w jego skład, związek, który był ciałem organicznem i produktem życiowej czynności zwierząt! Fakt powyższy obalił zupełnie teorię o sile żywotnej i odtąd wszyscy za przykładem Wöhlera, czynili wszelkie usiłowania, ażeby drogą syntezy wytwarzać ciała organiczne. Od roku 1828 rozpoczyna się wzrost chemji organicznej, tej gałęzi chemji współczesnej, która w swym szybkim rozwoju przeistoczyła medycynę, przemysł i technikę. Tysiące nowych środków leczniczych, pięknych barwników, różnych gatunków eterów i innych jeszcze ciał, są dziełem rozwoju chemji organicznej, która od roku 1828 poczyniła tak olbrzymie postępy, że zaabsorbowała prawie zupełnie całą działalność chemików. Stopniowo pozostałe działy z dziedziny chemicznej ustępują jej coraz więcej miejsca i cały rozkwit tej umiejętności w drugiej połowie XIX stulecia znajduje się wyłącznie pod godłem opracowania i rozstrzygnięcia zagadnień natury organicznej. Z powodu tej nieustannej działalności a także za przyczyną, że wszyscy prawie chemicy zajęli się pracami w chemji organicznej, dziedzina tej chemji w omawianym okresie przy zaniedbaniu innych jej działów, doszła do ostatecznych granic swego rozwoju, tak, że na początku XX stulecia wskutek bogactwa otrzymanych wiadomości i olbrzymiego rozczłonkowania całego materiału na szczegóły, występuje pewnego rodzaju przesyt: staje się widocznym zwrot powrotny ku pracom z zakresu chemji nieorganicznej. Wöhler oprócz mocznika, wytworzył jeszcze bardzo wiele ciał organicznych, które w technice cieszyły się większem lub też mniejszem uznaniem.

Ważniejszym jednak, niż otrzymywanie ciał organicznych, było odkrycie glinu, dokonane w 1827 roku. Sposoby wydobywania tego metalu, wyróżniającego się swą nadzwyczajną stosunkowo lekkością, były później znacznie ulepszone, a dzisiaj otrzymują go przy zastosowaniu elektryczności w znacznych fabrykach, położonych w Neuhausen w Szwajcarii i u wodospadu Niagary. Aluminjum, albo glin dzięki swej lekkości zdobył sobie obszerne pole zastosowania. Oprócz tego, że służy jako materiał do przygotowania naczyń codziennego użytku, a także do celów wojskowych (naczynia do gotowania, do pokrywania hełmów, głowni u szabel i t. p. przedmiotów), to jednak w budowie maszyn ma najobszerniejsze zastosowanie. Najwięcej używane dzisiaj silnice, czy to będą olbrzymie maszyny parowe do okrętów morskich, czy też małe motory przy samochodach, posiadają wiele części swych, przygotowanych z glinu lub też ze stopu glinowego.

W tej gałęzi chemji organicznej, która powstała wskutek wykonanej przez Wöhlera syntezy mocznika, najwięcej rozwinęła się chemja barwników organicznych. Do czasów Wöhlera używano wyłącznie barwników mineralnych,

z organicznych zaś posługiwano się tylko takimi, które otrzymać było można wprost z gotowych produktów. O wytwarzaniu barwników organicznych w dzisiejszem znaczeniu nie było mowy. W tym okresie zaś fabrykacja farb mineralnych znajdowała się w pełnym rozkwicie, tem więcej, że właśnie w 1828 r. Gmelin, profesor w Tübingen przygotował pierwszy raz nowy barwnik nieorganiczny—ultramarynę. Ultramaryna właściwie jest imitacją, naśladowaną bardzo drogą farbę, którą otrzymywano drogą mechanicznego przerobu z minerału Lapis lazuli. Wkrótce nauczono się wyrabiać ultramarinę w różnych odcieniach i odmianach, jak niebieską, zieloną, białą, fioletową i czerwoną, a w końcu 1830 roku rozwinęła się fabrykacja ultramaryny, jako jedna z najważniejszych gałęzi wielkiego przemysłu chemicznego. Niedługo jednak dalszy rozwój gwałtownie został powstrzymany i dzisiaj produkcja jej zamkniętą jest w szczytych granicach, do wyrabiania niektórych tylko gatunków ultramaryny, mających zastosowanie przy barwieniu bielizny, papieru, cukru, do farb malarskich, jakoteż przy drukowaniu wyrobów bawełnianych. Przyczyna która wpłynęła na ograniczenie wyrobu ultramaryny i spowodowała jego upadek, była praca w zakresie chemji organicznej i powołana przez nią do życia fabrykacja barwników organicznych. W 1834 roku otrzymano dwa zasadnicze produkty, służące do wyrobu farb organicznych: anilinę i nitrobenzol. Pierwsze z tych ciał otrzymał około 1826 roku chemik Unverdorben przy destylacji indyga. Metoda powyższa dawała jednak tylko nieznaczne ilości i bardzo drogiej aniliny. Dopiero w 1834 roku udało się Mitscherlichowi (1794 — 1863) otrzymać z benzolu nitrobenzol, znaleziony także w 1834 roku przez Rungego w smołę węgla kamiennego z którego później zaczęto wyrabiać fabrycznie anilinę. Smoła węgla kamiennego oprócz znacznych ilości aniliny, zawiera w sobie także benzol, materiał pierwotny do otrzymywania sposobem fabrycznym nitrobenzolu. Po znalezieniu w anilinie ciała nadzwyczaj wydajnego, z którego przy odpowiednim obrabianiu można było wyrabiać znaczne ilości bardzo pięknych barwników, przemysł farb organicznych, czyli tak nazywanych barwników smoły węgla kamiennego rozwinął się nadzwyczaj szybko. W 1859 roku Jakób Natanson pierwszy spostrzegł przypadkowo tworzenie się fuksyny, spostrzeżenia tego jednak nie wyzyskał. Równocześnie Perkin w Anglii, a w trzy lata później Verguin w Lyonie zaczęli badać bliżej tworzenie się czerwonych barwników z aniliny surowej i ostatni zaczął przygotowywać fabrycznie fuksynę, kładąc tym sposobem podwaliny nowego a ważnego przemysłu. Rok 1863 przyniósł z sobą ważny zwrot w powstającej gałęzi techniki, w roku tym bowiem August Wilhelm Hoffman odkrył błękit i fiolet anilinowy, oraz dowiódł, że znane podówczas barwniki anilinowe pochodzą od wspólnego ciała pierwotnego, zbadanego przezeń dokładnie i nazwanego rozaniliną. Naukowe podstawy zatem stworzył w tym zakresie Hoffmann a dalszy rozwój tego przemysłu prowadzili tacy chemicy jak Henryk Caro, Geiger, Adolf Bayer, Emil Fischer, Otto Fischer, Nietzki i Böttiger. Jednocześnie z anilinowemi,



odkrywane w coraz większej liczbie barwniki antracenowe, naftalinowe, fenolowe, nitrowe i azowe wyparły, rzecz można, a przynajmniej strąciły na stanowisko trzeciorzędne przeważną większość ciał barwiących, otrzymywanych ze świata roślinnego i mineralnego. Wartość barwników, wyprodukowanych ze smoły węgla kamiennego w Europie w 1882 r. oceniona była na sumę około 120 milionów franków. Razem z przemysłem farbiarskim postępuje także fabrykacja roślinnych środków lekarskich, których liczba w ostatnich czasach jest prostoproście olbrzymia; z pomiędzy nich wymienimy tylko karbol; odkryty w 1834 r. a także kwas salicylowy, odkryty przez Kolbego (1884), antypirynę (odkrytą przez Knorr'a 1874) i inne. Działalność na polu chemii organicznej pobudzoną została znakomicie przez Kekulé'go, który w 1858 roku podał wzór budowy chemicznej benzolu, tego przetworu macierzystego dla znacznej liczby ciał organicznych; wzór powyższy dał możliwość do rozwoju teoretycznego wszystkich procesów organiczno chemicznej natury, bez której nie możnaby sobie wyobrazić tych postępów, jakie dokonane zostały w chemii organicznej.

Ogłoszona przez Wöhlera synteza mocznika miała to następstwo, że działalność chemików przez rozrost materiałów musiała uleść niejako rozdrobieniu — specjalizacji. Dotychczas o każdym wspomnianym przez nas znakomitym badaczu mogliśmy powiedzieć, że działalność jego obejmowała prawie wszystkie gałęzie chemii, obecnie już tego uczynić nie można. Chemja bowiem poczyna się dzielić na działy specjalne, z których każdy niezależnie od innych rozwija się niejednakowo. Chemicy stają się specjalistami. Jedni pracują w pewnym, inni w drugim dziale, przeważnie jednak poświęcają się chemii organicznej. Ta głęboka zmiana, która odtąd wytworzyła się w działalności chemików tak w kierunku naukowym jak i praktycznym, sprawia, że i my zmuszeni jesteśmy odstąpić od przyjętego dotychczas sposobu traktowania dziejów chemii i zamiast przedstawiać rozwój całości tej wiedzy, musimy zastanawiać się nad każdą pojedynczą jej gałęzią, nad każdym oddzielnym, specjalnym jej działem, gdyż inaczej z powodu rozdrobnienia materiału ogólny pogląd i pojedyncze punkty widzenia mogłyby dla nas być zupełnie stracone.

Zacznijmy od elektrochemii, która obok chemii organicznej poczyniła postępy najznakomitsze. O zasługach położonych przez Berzeljusa, Davy'ego i Faraday'a w tej gałęzi chemii wspominaliśmy już przedtem. Elektrochemja



**August Wilhelm Hofmann.**

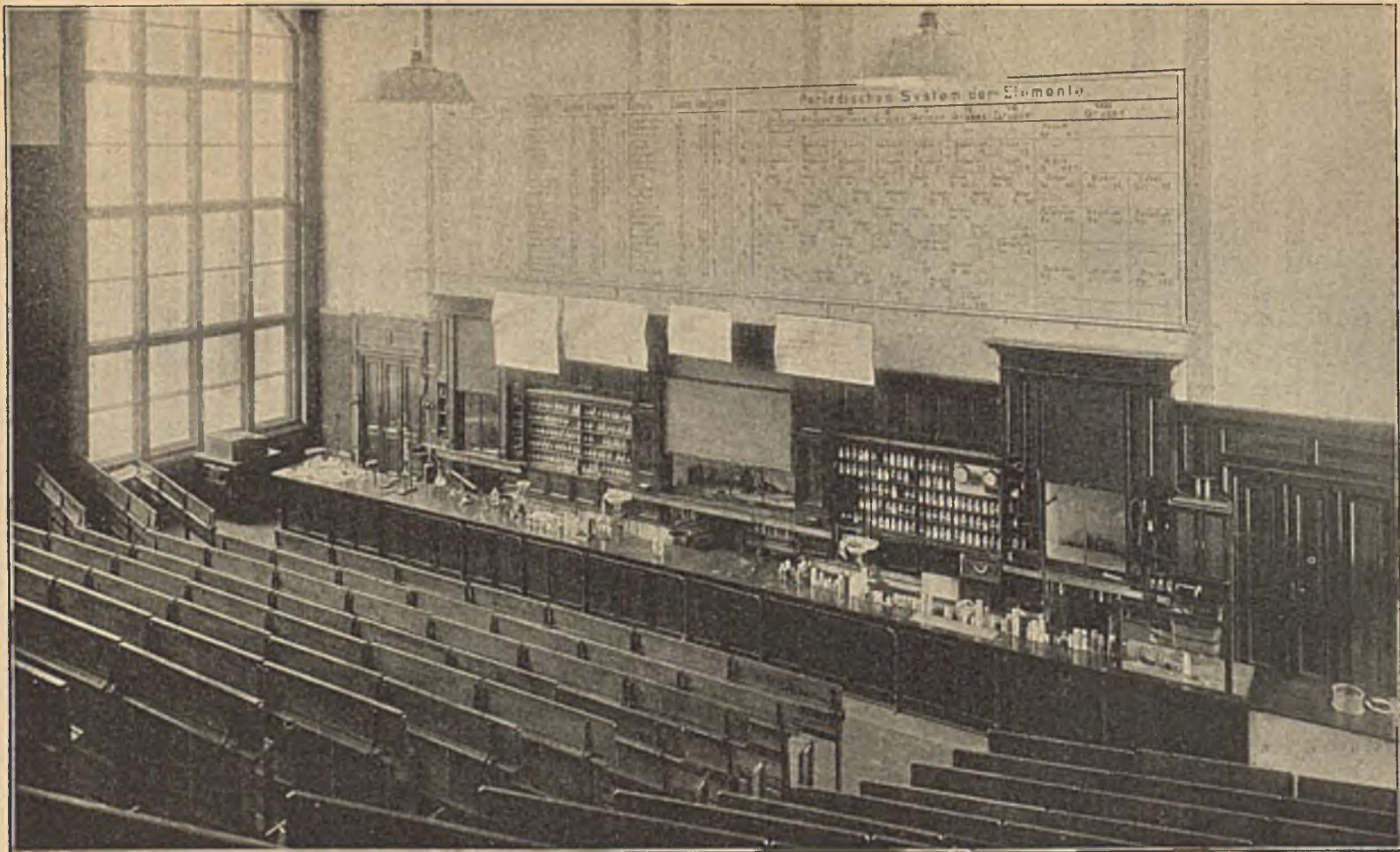
Według portretu Angelego.

zyskała pierwsze zastosowanie praktyczne przez wynalazek galwanoplastyki, dokonany przez M. H. Jacobiego w Petersburgu. Przy rozpatrywaniu rozwoju fizyki widzieliśmy, że w pierwszej połowie wieku dziewiętnastego zdobyto znaczną ilość źródeł prądu galwanicznego. Jednym z tych źródeł było wynalezione w 1839 roku ogniwo Daniella. Jacobi, rozbiegając jedno z takich ogniw, zauważył, że na katodzie, czyli biegunie ujemnym utworzył się osad miedzi, który po delikatnym odjęciu przedstawiał dokładnie odwrotny czyli zagłębiony obraz tego bieguna. Przykładkowe to odkrycie posłużyło do rozwoju galwanoplastyki. Jakobi wskazał, jak należy postępować, ażeby można było otrzymywać osad miedzi i otrzymał z początku drogą galwanoplastyczną odlew monety. Sposób wykonania, wskazany przez niego, utrzymuje się dotychczas. Dla otrzymania podobizny sposobem galwanoplastycznym jakiegokolwiek przedmiotu, wykonywa się z niego najpierw negatyw z materiału plastycznego, który pokrywa się cienką warstwą grafitu, ażeby zwiększyć przewodnictwo prądu. Negatyw zawieszają się w kąpeli, do której służy zwykle wanienska odpowiednich wymiarów, napełniona roztworem tego metalu, z którego ma być wykonana podobizna galwanoplastyczna. Do wanny powyższej wprowadza się prąd przy pomocy anodu, wykonanego z tego samego metalu, jaki mamy właśnie w roztworze. Prąd rozkłada w wannie płyn w ten sposób, że u bieguna ujemnego czyli katodu, połączonego z negatywem danego przedmiotu, wydziela się metal w postaci drobnego proszku i osadza się na powierzchni negatywu tak, że wypełnia wszelkie kreski i zagłębienia i daje obraz podobny zupełnie do oryginału. Galwanoplastyka z biegiem czasu została tak wydoskonalona, że obecnie w ten sposób można odlewać nawet bardzo duże figury. Tak na przykład we Frankfurcie nad Menem trzy figury, znajdujące się na pomniku Gutenberga, są zrobione sposobem galwanoplastycznym. Wiek dzisiejszy jest wiekiem przemysłu surogatowego, którego jedną z przedstawicielek jest galwanoplastyka. Służy bowiem do tego, ażeby przedmiotom, wykonanym z metali nieszlachetnych nadać taki pozór, jakby one były wykonane z metali szlachetnych. Z pomocą zatem galwanoplastyki pokrywają cienką warstwą srebra, lub złota różne przedmioty, jak: noże, widelce, łyżki, druty wszelkiego rodzaju, figury gipsowe i t. p. i otrzymują wyroby na pozór podobne do wykonanych całkowicie ze srebra lub złota.

Później wydoskonalono także sposoby otrzymywania metalów za pomocą prądu elektrycznego. Bunsen szczególnie opracował sposób, na zasadzie którego, przepuszczając prąd przez stopione chlorki magnezjowe, otrzymał pierwiastek magnez. Jedną z gałęzi elektrochemji, która jednak pokładanych w niej wielkich nadziei nie spełniła w całym zakresie, jest elektrometalurgia, mająca za zadanie wydzielanie metali z rud za pomocą prądu elektrycznego. Teoretycznie ten sposób postępowania nie znajdował żadnych przeszkód w wykonaniu, w praktyce jednak przy zastosowaniu napotkał na

znaczne trudności, ponieważ dotąd nie można było roztworów solnych, z których miały być wydzielone metale, otrzymać z rud w takiej czystości, jaka jest niezbędna przy elektrolizie. W przyrodzie bowiem metale w stanie czystym trafiają się bardzo rzadko; przeważnie są one w większej lub mniejszej ilości zanieczyszczone przez inne pierwiastki, i to właśnie stanowi główną przeszkodę do tak pożądanego rozwoju elektrometalurgji. Dotychczas w większych ilościach za pomocą elektrolizy wydobywają następujące metale: miedź, glin, magnez, potas, sod, złoto i srebro. Rozwinęła się szczególnie elektrometalurgia miedzi. Prawie cztery piąte całej produkcji miedzi oczyszcza się drogą elektrolityczną. Jak tanio wypada produkcja wytwarzana tym sposobem, najlepiej przekonać nas może następujący przykład: olbrzymie rafinerje miedzi w Ameryce przy wodospadach Niagary, rozporządzające za niską cenę znaczną ilością energii elektrycznej, obrabiają rudy miedziane, sprowadzane z Europy. Pomimo dwukrotnego przewozu morzem: rud do Ameryki i miedzi z powrotem do Europy, ta ostatnia, znana pod nazwą miedzi elektrolitycznej jest znacznie tańszą na kontynencie od miedzi otrzymanej tu z tych samych rud. Wspominaliśmy już przedtem o rozwoju przemysłu aluminiowego, który tą samą drogą wydobywa wspomniany metal. Dla uzupełnienia dodamy, że kiedy produkcja glinu na całej kuli ziemskiej wynosiła w 1880 r. zaledwie 3 000 kilogramów, to w 1898 roku podniosła się do 6 500 000 kilogramów. Tak olbrzymi rozwój otrzymywania glinu wywołany został jedynie wskutek znakomitych ulepszeń metod elektrometalurgicznych, wprowadzonych przez Héroulta i innych. Wpływ elektrochemji zaznaczył się także przy fabrykacji materiałów bielących, których zapotrzebowanie bardzo wzrosło z rozwojem przemysłu włóknistego, a ług bielący, chlor, chlorek wapna i inne są bardzo ważnymi środkami w sprawie bielenia. Przez elektrolizę soli kuchennej otrzymuje się z jednej strony ług sodowy, z drugiej zaś chlor, który albo używa się do bielenia w stanie czystym, lub też w połączeniu z innymi ciałami tworzy materiał, posiadający własności bielące. Przeprowadzając bowiem chlor, otrzymany drogą elektrolityczną, nad wapnem gaszonem, ułożonem cienkimi warstwami, otrzymujemy chlorek wapna. W Griesheim, we Frankfurcie nad Menem, w Bitterfeldzie, w Hallein pod Salzburgiem, jakoteż w Żąbkowicach w Królestwie Polskiem powstały znaczne zakłady fabryczne, które drogą elektrochemiczną wytwarzają chlorek wapna, ług bielący i wszystkie produkty tak nazywanego elektrochemicznego przemysłu alkalicznego. Pod względem wielkości zakłady powyższe ustępują tylko niektórym fabrykom angielskim. Do produktów przemysłu elektrochemicznego zaliczyć także należy ozon (odmiana tlenu), który w 1840 roku odkryty został przez Chrystjana Fryderyka Schönbeina, profesora w Bazylei (1799 — 1868). Ozon otrzymuje się w specjalnych przyrządach, w których powietrze wystawione jest na działanie wyładowań elektrycznych. Tlen powietrza ulega szczególnej zmianie i przechodzi w ozon, będący pewną odmianą tlenu. W technice znajduje liczne zastosowania; jest doskonałym środkiem bielącym, a zarazem posiada

w wysokim stopniu własności dezynfekcyjne. Jedną z zadziwiających własności jego jest także nadawanie niektórym ciałom piętna starości. Wino poddane działaniu ozonu nabiera sztucznie cechy starego wina, posiadającego wysoki bukiet i smak; to samo stosuje się i do trunków spirytusowych. Deseczki przeznaczone do wyrobu skrzypiec, wystawiane są kilkakrotnie przedtem na działanie ozonu, który nadaje im dźwięk podobny do tego, jaki posiadają stare instrumenty. Z innych ciał, wydobywanych obecnie drogą elektrochemiczną możemy wspomnieć: gaz piorunujący, żółty chromian ołowiu, chloran potasu i t. p. Elektroliza zastosowana w dziale chemii organicznej zaznaczyła się także licznymi postępami. Podczas gdy niedawno używano jedynie tylko prądu elektrycznego do rozkładania roztworów solnych, francuski chemik Henryk Moissan przez zastosowanie nadzwyczaj wysokiej temperatury, jaka wywiązuje się w świetle łukowem, otrzymał łącznie z wywieraniem przez to światło działaniem nadzwyczaj ciekawe wyniki. Moissan, korzystając z energii cieplnej światła łukowego, która pozwala otrzymać temperaturę dochodzącą do 4000° Celsjusza, wywołał ogólne zdumienie swemi znakomitemi doświadczeniami. Najwięcej znane z tych doświadczeń jest to, za pomocą którego otrzymał djamenty sztuczne. Jak wiadomo, djament jest czystym, krystalicznym węglem. Pomimo usilnych starań i zabiegów wielu chemików wszystkie ich doświadczenia, skierowane do tego celu, ażeby otrzymać węgiel w stanie krystalicznym, nie odniosły żadnego skutku. Dopiero Moissan w nadzwyczaj wysokiej temperaturze swego pieca rozpuścił w roztopionem żelazie węgiel, który przy ostygnięciu pod działaniem znacznego ciśnienia wydzielił się w formie krystalicznej. Zdobyto więc drogą sztuczną sposób otrzymywania djamentu! Takie jednak djamenty nie mogły wywołać obniżenia ich ceny na rynku: są bowiem tak małych wymiarów, że można je rozpoznać tylko pod mikroskopem; dotąd przedstawiają jedynie interes naukowy. Znaczenie daleko większe od prac opisanych, mają doświadczenia, jakie Moissan w swym piecu elektrycznym przeprowadził nad stopami różnych metali z węglem, doświadczenia, których wynikiem było odkrycie karbidu wapnia. Związek powyższy otrzymał przez stopienie w swym piecu wapnia z węglem. Nowe to ciało ma tę własność, że przy oblanu go wodą wydziela acetylen, gaz palący się oslepiająco białym i jasnym płomieniem. Wöhler na początku XIX stulecia otrzymał gaz ten w ilościach jednak bardzo małych, dopiero Moissan wskazał, jakim sposobem można go bardzo prosto i tanio produkować w dużych ilościach. Acetylen ma szerokie zastosowanie w oświetleniu. Wprawdzie w wielkich miastach, posiadających własne zakłady gazowe i centralne elektrownie, używają go jedynie do oświetlenia w latarniach powozowych, lub samochodowych. W małych miasteczkach jednakowoż, w oddzielnych fabrykach i dworach, następnie w górnictwie i w całym szeregu najróżnorodniejszych urzędzeń ma nadzwyczaj ważne znaczenie. Niebezpieczeństwo, zjawiające się przy jego użyciu, które zdawało się, że ograniczy jego zastosowanie, zostało zupełnie usunięte wskutek



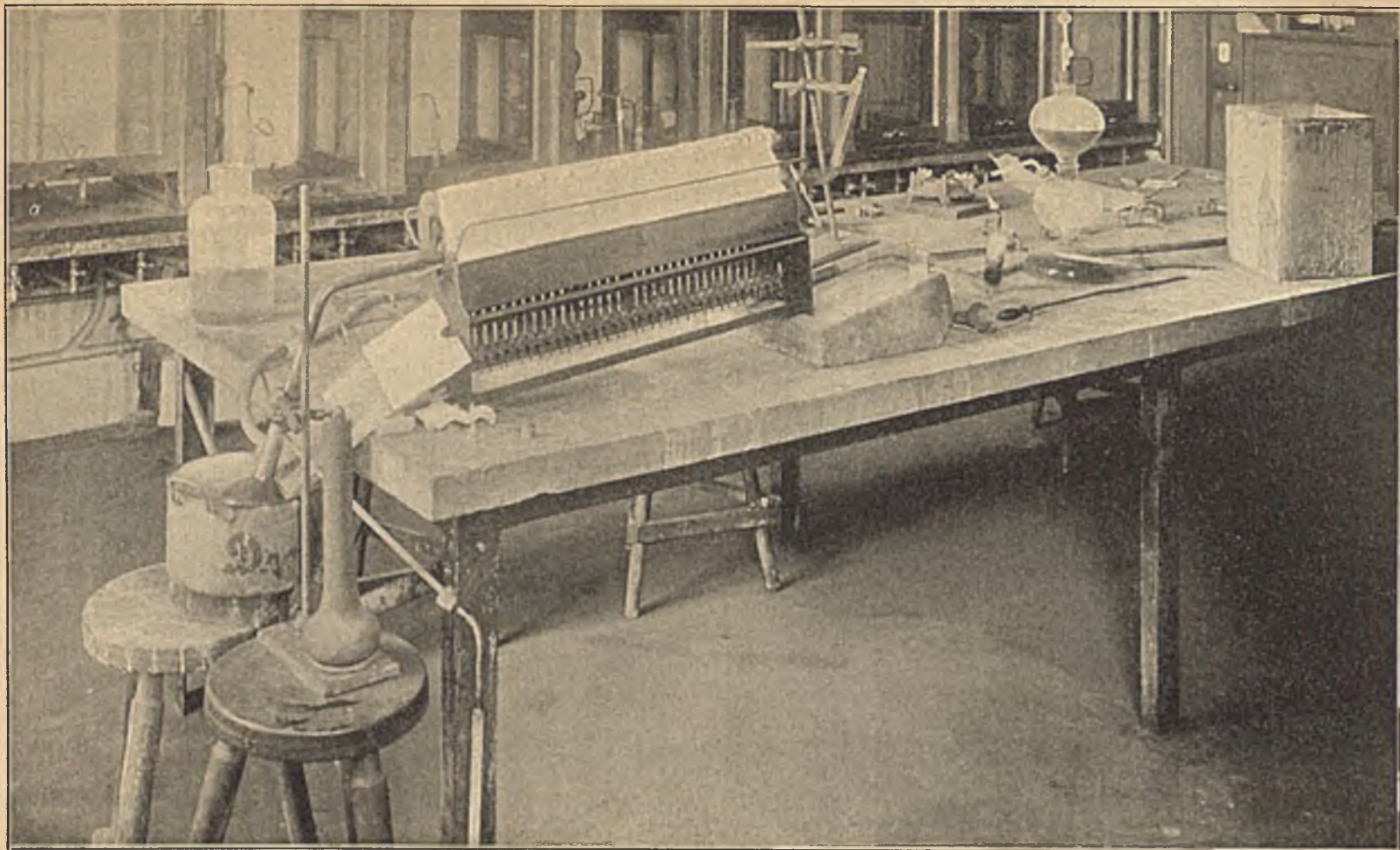
Audytoryum w pierwszym instytucie chemicznym uniwersytetu berlińskiego.

Według zdjęcia fotograficznego.

wprawy, a szczególnie przez wprowadzenie ulepszeń w fabrykacji karbidu czyli węgliku wapnia, dostarczającej obecnie produkt ten w stanie zupełnie czystym. Z pomiędzy wielu prac naukowych, wykonanych przez Moissana, zasługuje na szczególną uwagę sposób otrzymania czystego fluoru, pierwiastku, który posiada tak wielką dążność do tworzenia związków chemicznych z innymi ciałami, że dotąd w stanie czystym nie mógł być wydzielony. Moissan rozstrzygnął tę sprawę, rozkładając przy pomocy elektryczności czysty kwas fluowodorny. Otrzymał czysty fluor, pod pewnym względem podobny do chloru i wyjaśnił tym sposobem zachowanie się jego względem innych ciał.

Zwróćmy się teraz do chemii analitycznej, aby zobaczyć, jakie postępy uczyniła podczas okresu, który obecnie rozpatrywaliśmy. I w tej dziedzinie wpływ elektrochemii był bardzo wydatny. W ostatnich dziesięcioleciach XIX wieku wypracowano bardzo wiele metod analitycznych, polegających na przystosowaniu elektrochemii. Metody powyższe dają możliwość prędszego i dokładniejszego wykonania roboty i rezultaty ich są daleko pewniejsze od otrzymanych drogą zwykłą. Bardzo też prędko zaprowadzone zostały w pracowniach chemicznych, szczególnie przy rozbiorach roztworów i związków metalicznych. O zasługach Berzeljusza i Wöhlera położonych w chemii analitycznej wspominaliśmy niedawno. Właściwymi jednak twórcami dzisiejszej chemii analitycznej są H. Rose i Remigjusz Fresenius. Wskazane przez obu badaczy metody wykonywania rozbiorów jakościowych po zastosowaniu nieznacznych ulepszeń są używane nawet obecnie. Niektóre sposoby do analiz poszczególnych zostały wypracowane przez Liebiga, Rammelsberga i innych. Największe jednak zasługi w tym dziale chemii położył Robert Bunsen, który razem z Kirchhoffem stworzyli metodę analizy spektralnej.

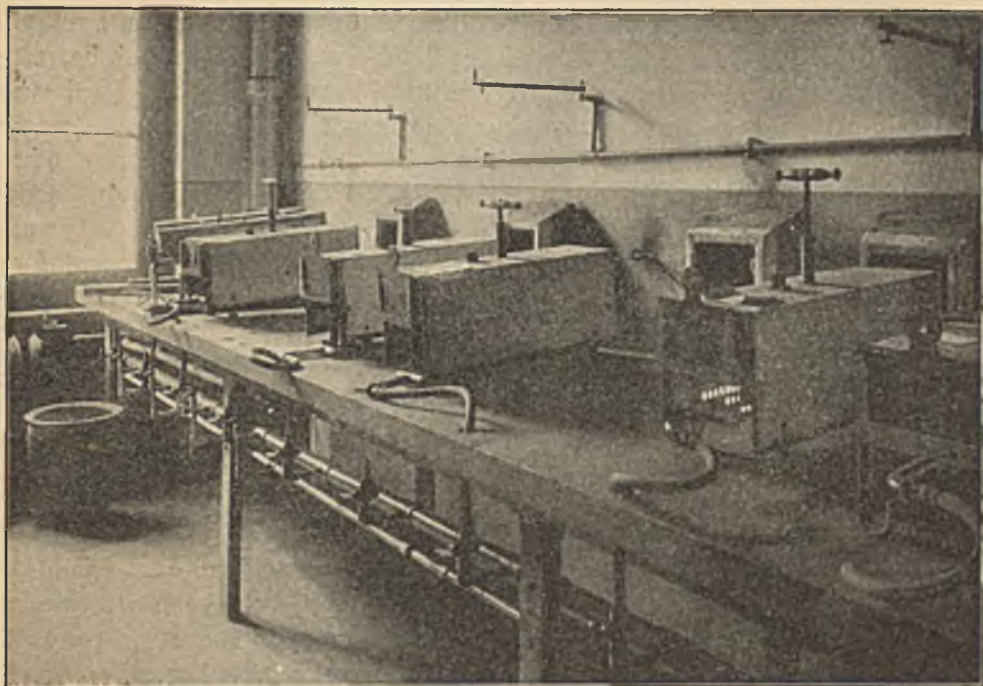
W dziedzinie chemii farmaceutycznej zaszły głębokie zmiany w ciągu XIX stulecia. Wspominaliśmy niedawno, że przez czas dłuższy rozwój chemii spoczywał w rękach farmaceutów. W miarę tego jak powyższa nauka ogarniała coraz szersze widnokręgi, wpływ na nią farmaceutów zmniejszał się stopniowo, a obecnie, gdy chemja stała się potężną umiejętnością dla opanowania jej nie wystarczają już zwykłe wiadomości farmaceutyczne. Dla studjów w tym zakresie potrzebne są obszernie wiadomości przygotowawcze z matematyki, fizyki i elektrotechniki, tak, że obecnie rozłam pomiędzy chemikami i farmaceutami jest daleko głębszy niż dawniej. Chemja odłączyła się stanowczo od farmacji, z którą tak ściśle była związana w epoce chemijatrii i w zakresie bezpośrednio po niej następującym, a w końcu wieku XIX stała się umiejętnością samodzielną. Mówiąc o postępach w tym zakresie, wskazywaliśmy na to, jak na chemję farmaceutyczną wpływał rozwój chemji w ogóle, a w szczególności chemji organicznej. Z pomiędzy środków leczniczych, jakie wprowadzone zostały za czasów chemji naukowej przedewszystkiem wspomnieć należy alkaloidy—grupę trucizn, które stosowane w małych ilościach i silnem rozcieńczeniu sprawiają znakomite ulgi w różnych cierpieniach. Pierwszym w tym rodzaju



Stół do prac specjalnych i wyciągi do gazów w pracowni chemicznej uniwersytetu berlińskiego.

alkaloidem była morfina, otrzymana w stanie czystym w 1805 roku przez F. W. Sertürnera. Stanowi ona część składową, znanego oddawna opium i jest w medycynie najsilniejszym środkiem nasennym. Chinina, środek leczniczy w gorączce powrotnej, otrzymana została w 1820 r. przez Pelle tiera i Caventoun z kory chinowej. Ci sami badacze otrzymali także w 1818 r. strychninę, w 1819 r. brucynę i weratrynę, a w 1820 cynchoninę. Liczba środków leczniczych, wynalezionych w ostatnich czasach, jednak bez udziału chemików, jest tak znaczna, że nie podobna ich z całą dokładnością wyliczyć. Każdy aptekarz uważa za swój święty obowiązek powiększać w jakikolwiek sposób ilość lekarstw specjalnych. Co się robi w tym dziale dosyć przytoczyć przykład następujący. Według zestawienia dra Artura Eichengrüna, pomieszczonego w czasopiśmie, poświęconem chemji stosowanej, okazuje się, że w roku 1901 spreparowano 95 środków leczniczych, które z odpowiednią reklamą były wypuszczone w świat szeroki. Badanie staranne tych lekarstw wykazało, że jedne z nich nie posiadały żadnej wartości leczniczej, inne zaś były środkami, jakich już bardzo wiele i daleko lepszych znajdowało się w użyciu oddawna. Z pomiędzy ciał, używanych przy operacjach chirurgicznych, jako środek znieczulający, najważniejszy jest chloroform, odkryty w 1831 r. przez Liebiga. Jednocześnie i niezależnie otrzymał go także Soubeiran, zastosował go do znieczulania Simpson, który w 1848 r. pierwszy wprowadził także użycie narkozy. W ciągu ostatnich stu lat zaznaczył się gwałtowny i nieprzerwany rozrost chemji przemysłowej i technicznej. Gdy na początku przeszłego wieku przejawiał się w postaci pojedynczych i nieznacznych zakładów, to na początku obecnego stulecia stał się wielkim przemysłem, do którego należą największe w świecie fabryki. Pojedyncze zakłady z tego przemysłu pod względem wielkości i liczby robotników przewyższyły wszelkie inne gałęzi techniki, szczególnie dotyczy się to fabryk barwników. Wielki przemysł chemiczny ulegał tak szybkiemu i ciągłemu rozwojowi, jakiego nie spotykamy w żadnym zakresie działalności ludzkiej. Przyczyn tego rozrostu olbrzymiego musimy szukać w rozwoju chemji. Jak tylko przeważać w niej zaczął kierunek naukowy, natychmiast teoria z praktyką wzięły się zgodnie za rękę. Każdy pogląd teoretyczny był niezwłocznie stosowany w praktyce i odwrotnie wymagania praktyki stwarzały i wywoływały nowe poglądy i poszukiwania naukowe. W żadnej innej dziedzinie nie daje się zauważyć tak ścisłych wzajemnych stosunków, jakie istnieją między przemysłem wielkim a wiedzą naukową. Wspólna ta praca musiała wydać znakomite wyniki. Wyniki te są zależne od gruntownego wykształcenia chemików tak pod względem naukowym, jak i praktycznym, jakoteż od urządzenia odpowiedniego zakładów, wytwarzających doborowe produkty. Na rozwój tego rodzaju zakładów naukowych geniusz Lavoisiera wywierał wpływ znakomity, tak, że we Francji powstało bardzo wiele zakładów szkolnych z kierunkiem czysto realnym. Wpływ Lavoisiera nie ograniczył się tylko na samej Francji, oddziaływał i na sąsiednie państwa, a szczególnie Niemcy, gdzie





Piece do spalań organicznych związków w dzisiejszych pracowniach chemicznych.

wielu ludzi po otrzymaniu we Francji gruntownego wykształcenia w zakresie chemicznym, dokładało wszelkich starań, ażeby podobne zakłady utworzyć także i w swej ojczyźnie. Tym sposobem w 1825 r. Justus Liebig otworzył pierwszą pracownię chemiczną naukową, słynne laboratorjum wzorowe przy uniwersytecie w Giessen. W urządzeniu tej pracowni widocznym jest wpływ francuskiego zakładu wzorowego, paryskiej szkoły politechnicznej (Ecole polytechnique) i przejawia się również i w innych tego rodzaju zakładach naukowych.

Oprócz wspaniałego rozrostu wielkiego przemysłu chemicznego obejmującego wytwórczość barwników organicznych, fabrykację środków leczniczych, preparatów chemicznych a także wyrobu cukru z buraków, rozwinął się również szybko przemysł materiałów wybuchowych. W 1838 roku zauważył Pelouze, że jeżeli zanurzymy w stężonym kwasie azotnym papier, płótno lub bawełnę, to materiały powyższe nabierają własności wybuchających. Nieco później (1847) Schönbein, profesor w Bazylei, ten sam który odkrył ozon, spostrzegł, że bawełna po zanurzeniu w mieszaninie kwasu siarkowego z azotnym nabiera własności wybuchowych, pomimo że postać jej zewnętrzna nie uległa żadnej zmianie. Produkt ten nazwał bawełną strzelniczą. Pomimo to, że doświadczenia swe w tym kierunku zachowywał w ścisłej tajemnicy, wkrótce inni chemicy wpadli na ten sam pomysł i Knop z Lipska wypracował metodę, na zasadzie której można było ten nowy produkt otrzymywać sposobem fabrycznym. Zapał jednak do nowego

środka wybuchowego nie trwał bardzo długo. Gdy w 1848 roku nastąpiło w Bouchet zupełne zniszczenie fabryki, spowodowane przez wybuch bawełny strzelniczej, zaniechano wyrobu tego produktu i zwrócono znowu do dawnego prochu. Później generał austriacki von Lenck wskazał sposób, za pomocą którego można było otrzymywać bawełnę strzelniczą bez żadnego niebezpieczeństwa i od tego czasu znalazła jako materiał wybuchowy bardzo szerokie zastosowanie. Rozpuszczona w eterze tworzy kolodjum, używane w medycynie do pokrycia ran, mieszanina bawełny strzelniczej z kamforą, tlenkiem cynku i różnymi ciałami barwiącymi daje znany wszystkim celuloid, który stosowany bywa do wyrobu najrozmaitszych przedmiotów, naśladowujących kość słoniową. W czasach najnowszych bawełna strzelnicza zastąpiła prawie we wszystkich państwach dawny proch strzelniczy. Tak nazywany proch bezdymny, używany w dzisiejszej technice wojennej, jest bawełną strzelniczą, obrobioną sposobem, trzymanym w tajemnicy. Podczas gdy bawełna strzelnicza znalazła zastosowanie głównie do celów wojskowych, inny materiał wybuchowy — nitrogliceryna — nabrała w technice olbrzymiego znaczenia. Znaną była od dosyć dawna w Ameryce pod nazwą „glonoiny“ i używana jako środek leczniczy. Chemik szwedzki Alfred Nobel wprowadził ją do techniki w 1867 r. w takiej postaci, że niebezpieczeństwo przy jej użyciu zostało znacznie zmniejszone. Nitrogliceryną nasycił ziemię okrzemkową, która ma własność wciągania w siebie znacznej ilości tego płynu, i otrzymywał produkt, siła wybuchowa którego mogła być regulowaną daleko łatwiej niż w nitroglicerynie. Mieszaniny takie, znane pod nazwą dynamitu nie eksplodują samowolnie, lecz dopiero po wywołaniu w ich masie wstrząśnienia za pomocą iskry elektrycznej albo kapiszona. W górnictwie, przy budowie tuneli i t. p. znajdują szerokie zastosowanie, za to do celów wojennych użycie ich bardzo jest ograniczone, wyłącznie do nabijania torped i min. O najnowszym środku wybuchowym — oxylicyście — wspominaliśmy przy opisie własności powietrza płynnego.

Z przemysłem materiałów wybuchowych znajduje się w ścisłym związku fabrykacja zapalek i w ogóle środków do wzniesienia ognia. Jest ona również dzieckiem dziewiętnastego wieku. Jeszcze na początku tego stulecia wydobywano ogień za pomocą krzesiwa, złożonego z kawałka stali, krzemienia i żagwi czyli hubki. W 1803 r. zjawiły się krzesiwka pneumatyczne. Jeden z robotników w fabryce broni w St. Etienne zauważył, że hubka zapala się jeżeli puścimy na nią prąd zgęszczonego powietrza. To spostrzeżenie pobudziło do wyrobu krzesiw pneumatycznych. Te zaś składały się z rurki, wewnątrz której poruszał się tłoczek; z jednego końca rurka była zamknięta i tam znajdowała się hubka. Poruszając tłoczkiem szybko w rurce wywołujemy zgęszczenie powietrza, wskutek czego hubka zaczyna się tlić i wyjęta w tym stanie mogła służyć do wydobycia ognia. Później pierwsze zapalki drewniane nasycono płynem, składającym się przeważnie z roztworu chloranu potasu; następnie tak nasycone drewnienka zanurzano pojedynczo, w razie potrzeby, w stężony kwas siarkowy, znajdujący się w małej

butelecze; tam, wskutek reakcji, zachodzącej między kwasem siarkowym i chloranem potasu, następowało zapalenie drewnianka. Ponieważ jednak noszenie przy sobie w kieszeni kamizelki buteleczki ze stężonym kwasem siarkowym przedstawiało pewne niebezpieczeństwo, utworzono więc później mieszaninę z chloranu potasu i siarku antymonu, z której wyrabiano łepki zapalek drewnianych; dla wzniecenia ognia dostatecznym było potręć łepki zapalki o szorstką powierzchnię papieru szklanego. Jednakowoż i powyższa metoda wydobywania ognia nie była zupełnie bezpieczną. W 1833 roku zaczęto wyrabiać zapalki fosforowe, w których masa dająca ogień zawierała zwyczajny fosfor żółty. Fabrykacja ich jednakże bardzo szkodliwie oddziaływała na zdrowie robotników, pracujących w tych zakładach, co naturalnie było poważną przeszkodą do rozwoju tego przemysłu. Dopiero w 1845 roku zauważył F. Kopp, że fosfor żółty pod działaniem światła słonecznego przechodzi w odmianę alotropijną, nazywaną fosforem czerwonym; odmiana ta zabarwiona na czerwono, nie ma własności krystalicznych, a natomiast posiada własność nadzwyczaj ważną, że nie wywiera żadnego działania na organizm, czyli nie jest trucizną. To wywołało zmianę pożądaną i posłużyło do wzrostu i rozwoju fabrykacji zapalek. Tak nazywane zapalki szwedzkie, wyrabiane przy zastosowaniu fosforu czerwonego, usunęły z użycia zapalki z fosforem trującym. Łepki zapalek szwedzkich przygotowuje się z mieszaniny siarku antymonu i chloranu potasu; fosforem czerwonym zaś, pomieszanym z ciałem, dającym proszek ostry w dotknięciu, pokrywa się jedna strona pudełka papierowego, tworząca powierzchnię szorstką do pocierania. Do jak znacznego rozwoju doszedł przemysł wyrobu zapalek, może nam dać pojęcie to, że Szwecja wywozi poza granice swego kraju 10 000 ton zapalek.

Bardzo ważnym także działem przemysłu chemicznego jest wytwórczość tłuszczów i olejów, do wzrostu której przyczyniły się znacznie prace chemika francuskiego Chevreula. Dawne przepisy przygotowania mydła z tłuszczu wołowego, które posiadali starzy fabrykanci mydła, pozostawały bez żadnej zmiany aż do początku dziewiętnastego stulecia. Dopiero Chevreul na podstawie swych klasycznych badań, którym poświęcił swój przeszło stu-letni żywot, stworzył nowe zasady naukowe do wydzielania tłuszczu i prowadzenia przemysłu mydlarskiego. Prace Chevreula sprawiły, że na miejsce zwykłych warsztatów do gotowania mydła powstał w wielkim stylu przemysł chemiczny, który następnie rozdzielony został na kilka osobnych działów. Oprócz wyrobu mydeł należy do tych działów fabrykacja świec stearynowych, gliceryny, margaryny i t. p. W 1823 roku Chevreul otrzymał kwas stearynowy z tłuszczu wołowego. Rozpoznał zaraz cenne własności jego i wspólnie z Gay-Lussac'iem otrzymał patent w 1825 roku na wyrób świec stearynowych. Podane przez niego sposoby przygotowania były później (1831) przez de Milly i Motard opracowane dokładnie. Świece łożowe i lampa olejna, jedyne dawne środki do otrzymania oświetlenia zostały zupełnie wyrugowane przez świece stearynowe. Podczas zmydlania tłuszczów wydziela



Pracownia dla studentów w pierwszym instytucie chemicznym uniwersytetu berlińskiego.

Według zdjęcia fotograficznego.

się z nich, jako produkt uboczny, gliceryna, która również tworzy podwalinę osobnego przemysłu. Na kuli ziemskiej roczna produkcja gliceryny wynosi 60 do 80 milionów kilogramów. Część jej przerabia się na nitroglicerynę i dynamit, część używa się jako delikatny smar, przeważnie jednak znajduje zastosowanie główne przy fabrykacji różnego rodzaju perfumerji. Nowa gałąź z przemysłu tłuszczowego utworzona została w 1869 roku przez chemika francuskiego Mège-Mouriès, mianowicie fabrykacja masła margarynowego, która powstała za inicjatywą Napoleona III, cesarza francuzów. Ten w przewidywaniu, że zużycie masła tak wzrasta, iż wkrótce rolnictwo nie będzie mogło go zaspokoić, polecił Mège-Mouriès, ażeby odszukał taki materiał, któryby je doskonale zastępował. Po długich i licznych poszukiwaniach i badaniach udało mu się wytworzyć masło margarynowe, t. j. taki produkt, który wyglądem zewnętrznym i smakiem niczem się od masła naturalnego nie odróżniał, a pod względem ceny był o połowę od niego tańszy. W 1870 roku w Poissy pod Paryżem była założona pierwsza fabryka tego produktu. Masło sztuczne wyrabia się z najczystszej tłuszczu wołowego, a wskutek tego, że jest znacznie tańsze a pożywność jego jest tylko o 4% mniejsza od masła naturalnego, stanowi ono dla ludzi nadzwyczaj ważny materiał odżywczy. Uprzedzenia względem masła margarynowego są zupełnie niesłuszne, gdyż ono może być otrzymywane tylko z najlepszych materiałów. Materiały surowe zjełczałe i wogóle w złym gatunku ulegają w swym składzie chemicznym takim zmianom, że nie można ich już przerobić na margarynę. Pomimo tak nieprzyjaznych warunków zyskuje ona coraz więcej na wziętości i produkcja jej ciągle wzrasta.

Wynalazek świec stearynowych, dokonany przez Chevreula, jest niejako pierwszym krokiem, dążącym do udoskonalenia przemysłu, wytwarzającego różne materiały oświetlające. O kilku ważnych stopniach w rozwoju tego przemysłu, jak to o świecach stearynowych, o acetylenie, o żarowym świetle Auera, jakoteż o oświetleniu elektrycznym mówiliśmy już przedtem. Pozostaje nam jeszcze zwrócić uwagę na szczególny dział tego przemysłu, jakim jest przemysł naftowy. W 1859 r. inżynier amerykański Drake odkrył w Pensylwanji pierwsze źródła oleju ziemnego, które stały się podwaliną do utworzenia nowej gałęzi przemysłu chemicznego. Oczyszczony olej ziemny, czyli nafta w ciągu licznych dziesiątków lat był i jest najważniejszym materiałem oświetlającym; po usunięciu wszelkich trudności, jakie nasuwały się ciągle przy urządzeniu odpowiedniej lampy nafta nader szybko została rozpowszechnioną na całej powierzchni ziemi. Oprócz źródeł oleju ziemnego w Pensylwanji odkryto bardzo bogate kopalnie tego produktu w Galicji a także w Rosji blisko Baku. Oczyszczanie ropy naftowej odbywa się za pomocą destylacji, która dostarcza znaczne ilości różnego gatunku destylatów i resztek naftowych, przerabianych zwykle na rozmaite produkty, jak: benzynę, eter naftowy, gazołinę, ligroinę, naftę, olej do oczyszczania, smary oleiste, parafinę i wazelinę. Ilość tych produktów i znaczenie, jakie one mają, dają nam najlepsze pojęcie o wartości produkcji przemysłu naftowego!

W przemyśle szklanym i ceramicznym w czasach ostatnich dają się zauważyć tylko nieznaczne postępy. Skorzystał on naturalnie z wynalazków poczynionych w innych gałęziach przemysłu i ulepszył piece hutnicze do wytapiania szkła, szczególnie przez zaprowadzenie pieców regeneracyjnych według pomysłu Fryderyka Siemens'a. Na zasadzie przeprowadzonych prób zaczęto wyrabiać przez stosowne studzenie tak nazywane twarde szkło, używane do celów chemicznych, które miało tę własność, że było trwalsze od szkła zwyczajnego. Oprócz powyższych ulepszeń zauważyć się daje ogólne wydoskonalenie sztuki wyrabiania naczyń szklanych i ceramicznych.

Ażeby nie naruszać całokształtu naszego przeglądu, poświęconego dziejom rozwoju chemii, należy nam się zwrócić także do przemysłu papierniczego, który zwykle zaliczany bywa do działu chemicznego, jakkolwiek w rozwoju papiernictwa przyjmowała udział i przyjmuje nie tylko chemia lecz i technika mechaniczna. Papier, jak wiadomo wyrabia się z włóknistych materiałów roślinnych i wyrób jego z tych materiałów był znany od bardzo dawna w Chinach i Japonii, gdzie w tym celu używane były włókna bawełniane, bambusowe i inne. Od chińczyków znajomość wyrobu papieru przeniosła się do arabów, którzy po zawładnięciu Afryki północnej i Hiszpanii zakładali w tych krajach warsztaty papiernicze; urządzenia takie wkrótce powstały także w północnych Włoszech, Francji i w Holandji. Do wyrobu papieru zaczęto używać także włókna lniane i konopne, które otrzymywano z odpadków lub zużytych już tkanin bawełnianych, lnianych i konopnych, znanych pod ogólną nazwą szmat. Przy ciągłym rozwoju cywilizacji, a szczególnie od czasu wynalezienia druku, wzrastało ciągle zapotrzebowanie papieru, który jednakże dotąd był wyrabiany tylko ręcznie za pomocą odpowiednich form ręcznych, czyli był papierem czerpanym, a wskutek tego ograniczonym pod względem produkcji. Dopiero gdy w 1800 roku francuz Ludwik Robert wynalazł maszynę papierniczą, a przytem zastosowano do wyrobu papieru klej roślinny, otrzymany z żywicy, a następnie do bielienia włókien chlor i chlorek wapna, rozwój papiernictwa przybrał bardzo szerokie wymiary. Wkrótce jednak wskutek niedostatecznej ilości szmat, tego jedyne dotąd i najważniejszego materiału, używanego do wyrobu papieru, przemysł papierniczy znalazł się w swym rozwoju mocno skrzepowanym i zmuszony był do wyszukania innych odpowiednich materiałów roślinnych, tak nazywanych surogatów szmat, które mogłyby skutecznie zastąpić włókna ze szmat otrzymywane, to jest posiadały ich moc, sprężystość, białość a nadto znajdowały się w znacznych ilościach i odznaczały taniością. Pierwszym surogatem szmat, wprowadzonym do fabrykacji papieru była tak nazywana masa drzewna, której włókna otrzymują się przez tarcie mechaniczne drzewa na odpowiednio urządzonych i obracających się kamieniach formy cylindrycznej. Włókna drzewne takiej masy są dosyć kruche i nieposiadają odpowiednich własności, aby mogły być samodzielnie użyte do wyrobu papieru, trzeba więc było używać je tylko w połączeniu z włóknami mocniejszymi, to jest z włóknami szmat lub celulozy i to jedynie przy

wyrobie papierów tańszych. Drugim surogatem szmat jest tak nazywana masa słomowa, której włókna otrzymują się ze słomy roślin zbożowych, przeważnie ze słomy żytniej lub pszennej przez odpowiednie obrobienie różnemi ługami (sodowym lub wapiennym). Włókna słomowe posiadają przy odpowiednim przygotowaniu bardzo cenne własności i w połączeniu z włóknami lnianemi, konopnemi i bawełnianemi służą do przygotowania bardzo pięknych papierów. Dopiero gdy dzięki pracom Mitscherlicha (1872) otrzymaną została celuloza, to jest masa drzewna, której włókna po dokładnem oczyszczeniu drogą chemiczną dały produkt bardzo zbliżony własnościami do włókien szmacianych, zdobyto odpowiedni surogat, pozwalający przemysłowi papierniczemu na usunięcie dawniejszych ograniczeń i wtedy dzięki poparciu i pomocy ze strony chemji, jak również dzięki postępom dokonanym w budowie machin i przyrządów, nastąpił rzeczywisty rozwój papiernictwa, tak niezbędnego dla kultury całej ludzkości. Przemysł papierniczy najwięcej rozwinął się we Francji, Austrii i Niemczech; w tych ostatnich dosięgnęła także znakomitego wzrostu fabrykacja wszelkich maszyn i przyrządów do wyrobu papieru. Papiernie, znajdujące się w granicach Królestwa polskiego wytwarzają tego produktu przeszło za 8 milionów rubli.

O niektórych działach, należących do przemysłu rolniczo-chemicznego, mianowicie o cukrownictwie wspominaliśmy już wyżej; dwa następne działy bardzo obszerne i wielkiego znaczenia, to jest gorzelnictwo i browary rozwinęły się znakomicie, dzięki zasadam, opierającym się na badaniach chemicznych, chociaż metody ich produkcji pozostały takie same, jakie były dawniej w użyciu. W ścisłym związku z poprzedniami znajduje się także fabrykacja octu, która także po zaprowadzeniu odpowiednich przyrządów i zastosowaniu naukowych podstaw rozwinęła się znakomicie. W czasach dawniejszych produkowano ocet z wina i otrzymywano w niedość czystym stanie a prócz tego czas, potrzebny do jego przygotowania dochodził do 14 dni. W 1823 r. chemik Schützenbach wynalazł nowy sposób wyrabiania octu, czem przyczynił się do wzrostu i rozpowszechnienia tego rodzaju fabrykacji. Jest to sposób prędkiego wytworzenia octu, polegający na tem, że piwo lub inny płyn zawierający wyskok rozcieńczony za pomocą wody wystawia się na działanie powietrza. W beczkach, napełnionych takim płynem, znajdują się wiórki bukowe, wskutek czego wpędzane przez otwory powietrze, przechodzi po całej masie płynu i działa na niego utleniająco, zamieniając alkohol na ocet. Utlenianie powyższe odbywa się przy współdziałaniu pleśni octowej, czyli grzybka octowego (*Mycoderma aceti*). Sposób ten pozwala w czasie stosunkowo krótkim na wytworzenie znacznych ilości octu. To też ocet, który dawniej z powodu wysokiej ceny mógł się znajdować tylko na stole ludzi bogatych, obecnie stał się bardzo tanią przyprawą ogólnie używaną. Drugi sposób fabrykacji octu polega na otrzymywaniu kwasu octowego przy suchej destylacji drzewa. Przy operacji tej tworzy się szereg wytworów rozmaitych; naprzód gazy, następnie przekrapla się ciecz wodnista i smolista, pozostaje węgiel. Ciecz wodnista jest surowym

octem drzewnym, zawierającym kwas octowy, spirytus drzewny, aceton i inne kwasy tłuszczowe i smoliste; z cieczy tej otrzymuje się kwas octowy znany w handlu pod nazwą esencji octowej. Do przemysłu rolniczo-chemicznego zaliczyć także należy fabrykację krochmalu. Krochmal wyrabia się albo z bulw niektórych roślin, przeważnie z kartofli lub też z ziarn pszenicy, ryżu i kukurydzy za pomocą odpowiednich sposobów chemicznych i używany bywa wprost do usztywnienia bielizny, papieru, wyrobów lnianych i bawełnianych, do zagęszczania barwników a także na kłajster, albo też jako materiał do przerobu na dekstrynę, cukier gronowy, syrop cukrowy a także na sztuczne sago. Jak wielkie znaczenie ma przemysł rolniczy w ogólnem gospodarstwie narodowem przekonać się można z wartości produktów wytworzonych w tym dziale w Niemczech za 1900 rok:

Cukier. . . . .	252 000 000	marek
Wyrób spirytusu:		
z kartofli . . . . .	50 000 000	„
ze zboża . . . . .	13 000 000	„
Drożdże . . . . .	30 000 000	„
Krochmal. . . . .	60 000 000	„
Wyrób piwa. . . . .	383 000 000	„
	<hr/>	
Razem	788 000 000	marek.

Jeżeli do powyższej sumy dodamy wartość odpadków, otrzymanych przy wyrobie tych produktów, ocenioną na 93,5 miliona marek to otrzymamy całkowitą wartość produkcji działu rolniczo-chemicznego 821,5 miliona marek.

W metalurgji żelaza znakomity postęp uwidocznił się po zastosowaniu wynalazku Bessemera-Thomasa (wynalazek Bessemera w 1855 roku) do otrzymywania stali zlewnej. Stal, jak wiadomo, jest taką odmianą żelaza, która zawiera w sobie znacznie mniejsze ilości węgla, aniżeli żelazo lane czyli surowiec. Dawniej przemiana surowca na stal mogła być przeprowadzona drogą długą i połączoną z rozmaitemi trudnościami, obecnie wynalazek Bessemera uprościł znakomicie wykonanie tego procesu chemicznego. Istota tego sposobu polega na tem, że roztopiony surowiec wprowadza się do naczynia o kształcie gruszkowatym, zwanego zwykle gruszką Bessemera. Gruszka taka wyrobiona jest z żelaza i wewnątrz jej przy procesie Bessemera wyłożone jest kwarcytem, przy procesie Thomasa — dolomitom; dno gruszki posiada znaczną ilość otworów, tak nazywanych dysz, przez które przechodzi silny prąd powietrza, które wypala węgiel, znajdujący się w surowcu i zamienia go na stal. Często w surowcu przerabianym na stal znajduje się fosfor, który jej nadaje mało pożądanę własność; dla usunięcia ze stali tego pierwiastku wewnątrz gruszki Bessemera wyklada się zaprawą wapienną, złożoną z dolomitu. Podczas przemiany na stal surowca, zawierającego fosfor, ten ostatni łączy się z wapnem i tworzy pewien gatunek superfosfatów (szlaka Thomasa), który w stanie zmielonym stanowi bardzo

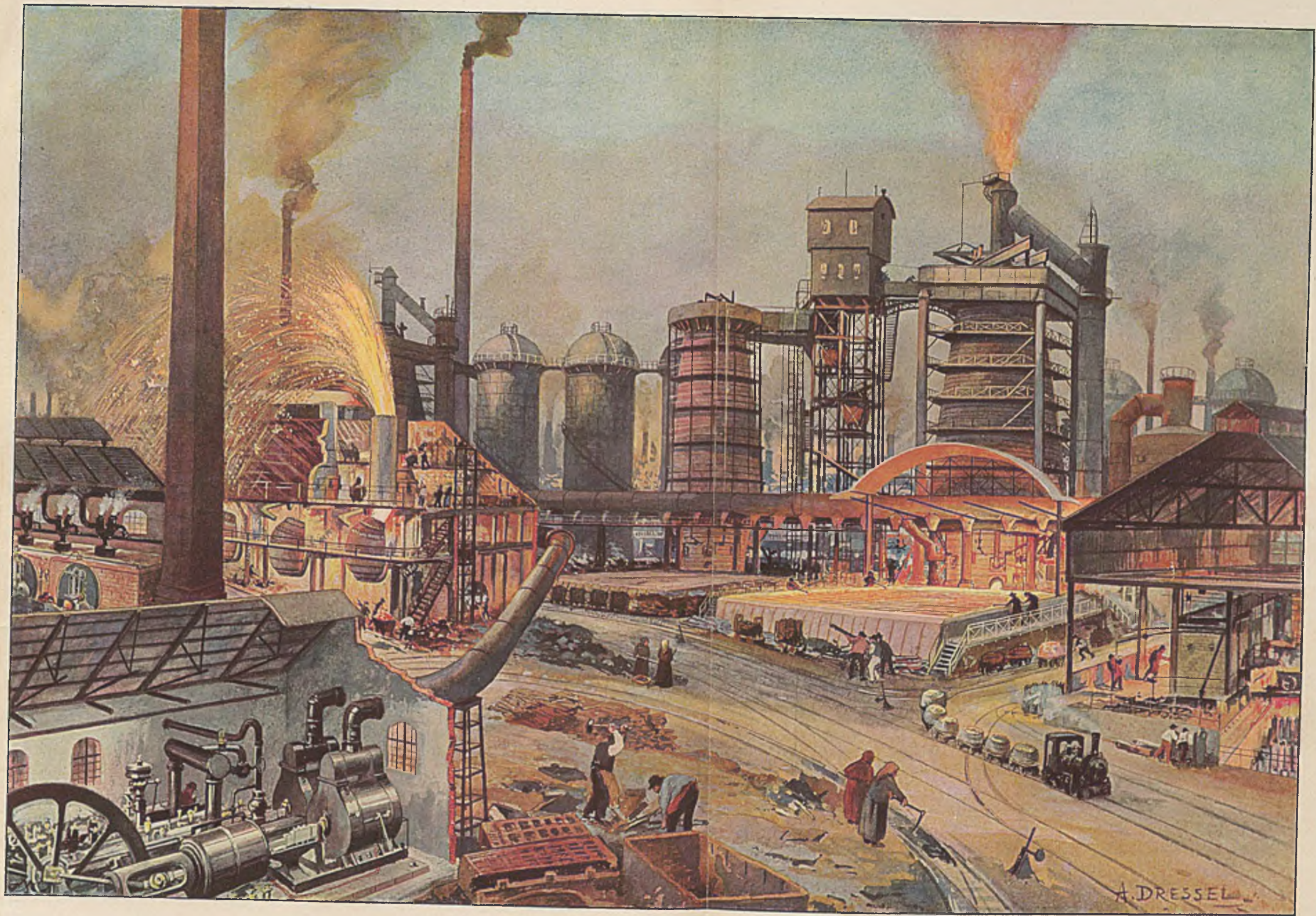


ważny w rolnictwie nawóz sztuczny. Procesy chemiczne, jakie odbywają się w piecach wielkich i we wszystkich przyrządach hutniczych zostały w rozmaity sposób znakomicie ulepszone, jakkolwiek zasadnicze zarysy tych procesów nie uległy prawie żadnej zmianie. Jeżeli zaś produkcja żelaza w ciągu dziewiętnastego stulecia wzrosła olbrzymio, to wzrost powyższy nie jest skutkiem ulepszenia metod chemicznych, polega właściwie na znakomitym rozwoju całokształtu techniki w ostatnich dziesiątkach lat tego wieku.

Podczas przebiegu dziejów chemji, rozpatrywanych w pracy niniejszej, widzieliśmy, że rozwój chemji nie ulegał opóźnieniu przy tak znakomitym wzroście wszystkich gałęzi techniki. Chemja na początku dziewiętnastego stulecia zaczęła się zaledwie rozwijać i w ciągu niespełna stu lat przez swój nadzwyczaj szybki i ogólny rozrost potrafiła sobie zdobyć miejsce poczesne wśród licznych zakresów działalności ludzkiej. Jeżeli dziewiętnaste stulecie nazywamy wiekiem przemysłu, to w charakterystyce powyższej chemja przyjmowała napewno udział bardzo znaczny. Jeżeli zatem kiedyś w przyszłości spełnią się prorocze słowa Wernera Siemens'a, że technika powołaną będzie do rozwiązania kwestji socjalnej, to w rozstrzygnięciu tego najważniejszego zadania kulturalnego chemja również i jej wpływ na rozwój cywilizacji i dobrobytu całej ludzkości będzie się mogła szczycić dokonaniem najwyższego swego zwycięstwa!







Budynki huty żelaznej.

Według akwareli A. Dressla.





Widok ogólny huty żelaznej.

Według akwareli A. Dressla.

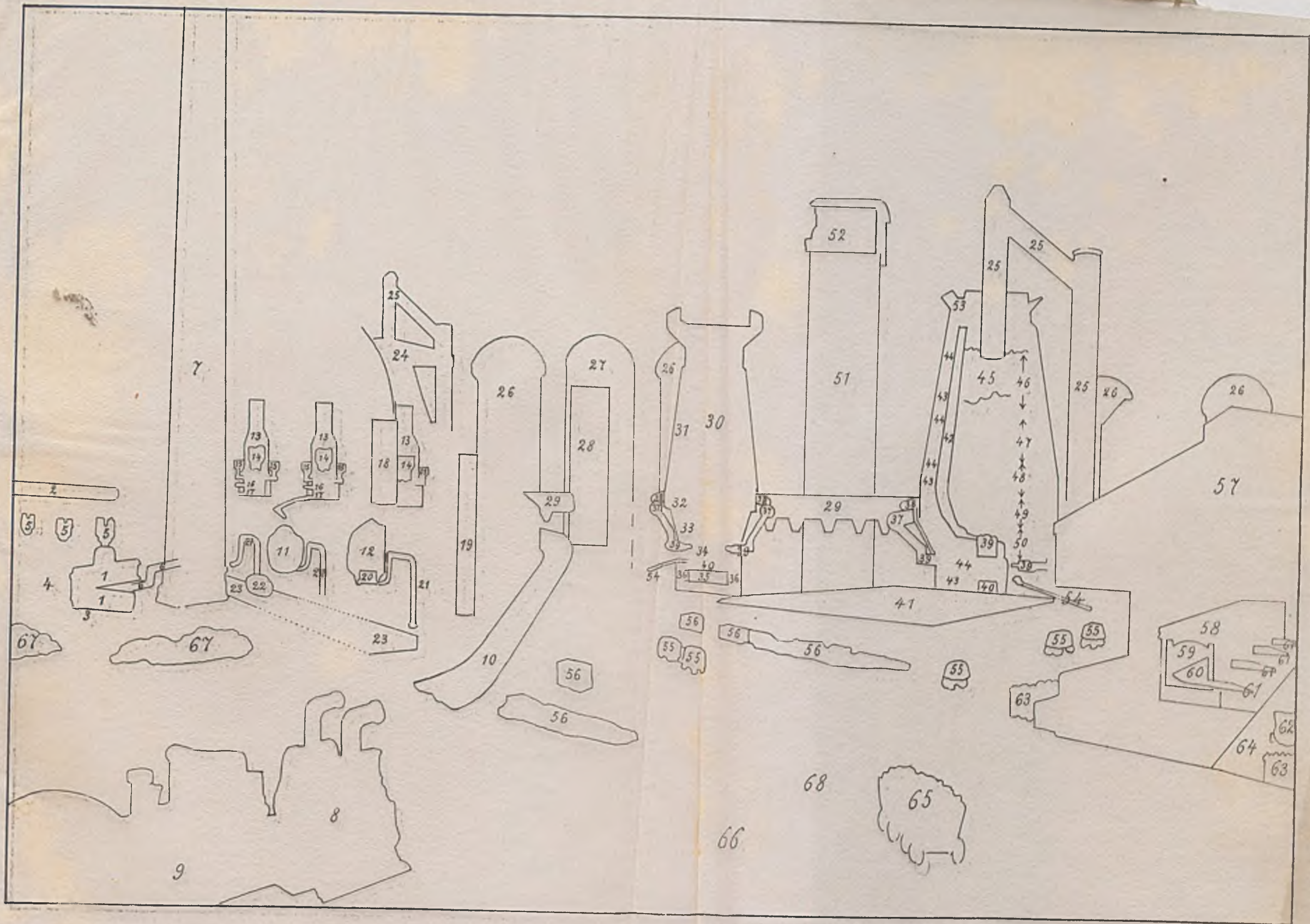
1. Kotłownia
2. Bessemernia
3. Pomieszczenie miechów
4. Rura prowadząca prąd powietrza

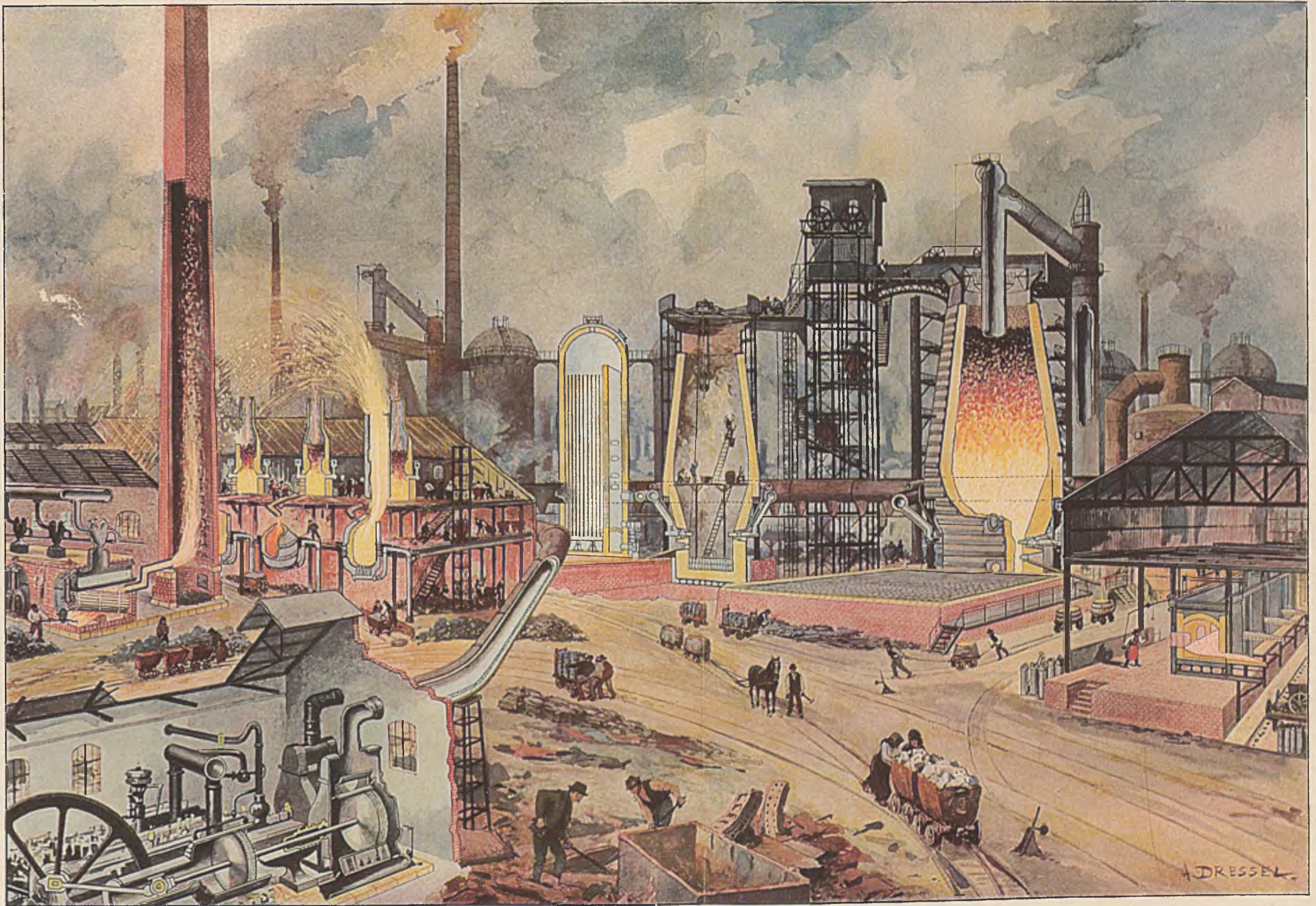
5. Ogrzewacz powietrza
6. Piec wielki nieczynny
7. Rura prowadząca gazy
8. Winda
9. Piec wielki w biegu

10. Wylot pieca (gichta)
11. Gazy wylotowe (płonące)
12. Zlewarnia
13. Upust surowca
14. Żelazo wytopione

15. Upust żuzli
16. Żuzle
17. Huta Martina
18. Piec Martina
19. Zlew żelaza wytopionego

20. Formy żelazne
21. Gęsi surowcowe ozięblone
22. Żuzle Thomasa
23. Stare żelaztwo do przetopienia





### Różne części huty żelaznej w przekroju.

Według akwareli A. Dressla.

1. Kocioł parowy
2. Rura prowadząca parę
3. Ognisko
4. Omurowanie kotła
5. Kłapy bezpieczeństwa
6. Rury odprowadzające gazy przy paleniu powstające
7. Komin
8. Miechy
9. Motor parowy do miechów
10. Rura prowadząca prąd powietrza

11. Gruszka Bessemera przy napełnianiu jej żelazem z pieca kupolowego
12. Gruszka Bessemera w biegu
13. Piec kupolowy
14. Namiar pieców kupolowych
15. Miechy
16. Upust dla żużli z pieca kupolowego
17. Upust dla żelaza z pieca kupolowego

18. Rura do zatrzymywania żużli
19. Winda do bessemerni
20. Dysze
21. Przewody miechów
22. Skrzynia do zlewu
23. Zlew
24. Piec wielki w biegu i piec zamknięty
25. Przewód gazów wylotowych
26. Ogrzewacz prądu powietrza (zamknięty)

27. Ogrzewacz prądu powietrza (otwarty)
28. Przewody ogrzewacza
29. Rura gazowa
30. Piec wielki w naprawie
31. Szyb szacht
32. Przestron (wydęcie)
33. Raszt (spadek)
34. Przystawa (stół)
35. Tygiel (skrzynia)
36. Kamień wałowy (tama)

37. Rury doprowadzające powietrze
38. Rury doprowadzające wodę
39. Dysze
40. Upust dla żelaza
41. Zlew żelaza
42. Omurowanie ogniotrwałe
43. Ściana zewnętrzna
44. Więzy żelazne
45. Namiar (ruda, węgiel i topniki)
46. Pas ciepła słabego
47. Pas odtleniania (redukcji)

48. Pas nawęglania
49. Pas topienia
50. Pas spalenia
51. Winda
52. Machiny windy
53. Most do wylotu
54. Odpyły żużli
55. Wozy z żużlami
56. Gęsi surowcowe, ozębione
57. Waga Martina
58. Piec Martina

59. Omurowanie ogniotrwałe pieca Martina
60. Żelazo ciekłe
61. Upust pieca Martina
62. Skrzynia do zlewu
63. Formy żelazne
64. Zlew
65. Wóz z wapnem
66. Stare żelaznictwo do przetopienia
67. Wągiel do opalania
68. Kolej huty

## Rozwój stosunków komunikacyjnych pod wpływem ujarzmiania sił przyrody.

Jeżeli pod słowem „komunikacja“ będziemy pojmować ogólną działalność gospodarczą, połączoną z wymianą towarów i chcielibyśmy oznaczyć kiedy ona powstała, to przekonalibyśmy się wkrótce, że początki stosunków komunikacyjnych pomiędzy ludźmi toną dla nas we mgłę pomroki dziejowej. A przemawia za tem jeszcze więcej ta okoliczność, że przyswoiwszy sobie ogólnie dziś wprowadzone i uznane określenie pojęcia „komunikacji“, musimy przy samym rozpoczęciu badania rozwoju stosunków komunikacyjnych wydzielić te pojedyncze i znane nam wędrówki całych narodów, jakie się odbywały w starożytności, ku czemu przykładem służyć może choćby pochod narodów indoeuropejskich.

Czy najdawniejszym środkiem do ułatwienia wzajemnych stosunków pomiędzy narodami były drogi suche, czy też wodne, rozstrzygnąć tego z zupełną pewnością nie można. Jeżeli nawet zależnie od właściwości i położenia topograficznego oddzielnych miejscowości danego kraju korzystano już to z drogi suchej, już też z rzeki, jako z głównych środków komunikacyjnych, to przyjmując pod uwagę rozmaite oznaki, musimy przyjść do przekonania, że drogi wodne w czasach najdawniejszych miały daleko większe znaczenie, aniżeli drogi suche. Wniosek powyższy jest już pod tym względem usprawiedliwiony, że do wybudowania drogi wymagana jest pewna suma odpowiednich wiadomości, pewien stopień kultury, gdy tymczasem rzeka może być zaraz do tego celu użytą bez żadnego poprzedniego przygotowania i z pomocą stosunkowo bardzo prostych przyrządów, jak np. złączonych z sobą pni drzewa, można po niej skutecznie przewozić bardzo znacznych ciężarów i prowadzić wymianę różnego rodzaju towarów. Zabytki życia kulturalnego, pozostałe po dawnych ludach potwierdzają w zupełności to nasze przypuszczenie. Jak u babilończyków, tak również i u egipcjan sposób komunikacji ograniczał się wyłącznie na rzekach; szczególnież ci ostatni dróg lądowych i gościńców prawie nie znali, te bowiem zastąpione były przez kanały wodne. Wreszcie czółno ten najważniejszy środek pomocniczy w żegludze rzecznej, które z biegiem czasu przemieniło się



w postać okrętu, było znane wszystkim ludom starożytnym, stojącym nawet na najniższym stopniu rozwoju i dzisiaj jeszcze dzicy, gdziekolwiek istnieją, posługują się zawsze czołnem najrozmaitszego kształtu. Ze względów powyższych możemy twierdzić napewno, że czołno jest obrazem najpierwszym poczynającej się kultury i że w rozmaitych miejscach ziemi, jakoteż u najrozmaitszych ludów i ras, zostało wynalezione samodzielnie. Wynalazek powyższy podsuwał się przed oczy każdego bardzo łatwo, gdyż każdy płynący pień drzewa mimowolnie kierował myśl do tego. W takich jednak chwilach, gdy jakiś naród korzystał już obszernie z posług, oddawanych mu przez czołno, nawiązanie stosunków komunikacyjnych z narodem sąsiednim przynosiło mu zawsze skutki niewątpliwe. Potrzeby zaś, wywołujące zawiązanie podobnych stosunków, oddziaływały na udoskonalenie kształtu czołna a rodzaj i sposób jego budowy, jakoteż jego wielkość i dokładność wykonania u niektórych narodów pozwalają nam sądzić o rozwoju ich stosunków komunikacyjnych.

Ten sposób komunikacji u ludów starożytnych, o których pod tym względem posiadamy pewne dane, u babilończyków i egipcjan, musiał być z pewnością niezmiernie rozwinięty, gdyż dochowane do naszych czasów rysunki ich okrętów świadczą wymownie o niezwykłej ich w tym kierunku zręczności. Najdawniejsze okręty Babilonji i Egiptu, o ile na podstawie podań i tradycji możemy uplastyczyć sobie ich wygląd, posiadały już wiosła i żagle, a także osobne wiosła do sterowania. Z początku nie puszczano się na morze, starożytni bowiem egipcjanie lękali się go nawet i wskutek tego wogóle żegluga rozpoczęła się dopiero w czasach późniejszych i rozwijała się nader powolnie.

Najstarsze podania chińskie przekonywają nas również, że tam żegluga rzeczna musiała znajdować się w stanie kwitnącym, wyprzedzając znacznie rozwój komunikacji po drogach lądowych, a badania prowadzone nad dziejami pierwotnymi innych ludów, potwierdzają także z małemi wyjątkami powyższe mniemanie. Nawet i w tych czasach, gdy już i drogi lądowe nabrały znaczenia jako środek komunikacyjny i na nich odbywała się ożywiona wymiana towarów, kwitł wszędzie tak samo, jak przedtem, najżywszy ruch na rzekach. Najlepiej przekonywa nas ta okoliczność, że w państwie rzymskiem, o którego olbrzymio rozwiniętej sieci dróg bitych będziemy mieli sposobność mówić jeszcze obszerniej, handel rzeczny był znakomitym czynnikiem w jego życiu ekonomicznem i na wszystkich rzekach tego państwa, szczególnie na Tybrze, Rodanie, Renie, Menie i Dunaju przybrał tak wielkie wymiary, że trzeba było tam przeprowadzić olbrzymie regulacje rzek i wybudować różne urządzenia portowe. Pod Moguncją, Koblencją i Kolonją znajdowały się warsztaty okrętowe, w których budowano okręty handlowe, służące także do komunikacji rzecznej.

Żegluga morska u ludów starożytnych nabrała stosunkowo daleko później znaczenia niż żegluga rzeczna. Najpierw zaprowadzona była u babilończyków, egipcjan, a przedewszystkiem u fenicjan. Babilończycy

żeglowali przeważnie po zatoce perskiej, to jest po małej stosunkowo części morza, przylegającej do ich kraju. Głównymi towarami, przez nich przywożonymi, były kamienie, a z powodu braku ich w kraju, babilończycy musieli sprowadzać je z krajów sąsiednich.

Z pośród wszystkich ludów starożytnych fenicjanie prowadzili najobszerniejszą żeglugę morską. Dogodne położenie ich kraju pomiędzy Babilonją i Egiptem, dozwalało im utrzymywać komunikację pomiędzy obu temi krajami. To też żeglarstwo morskie fenicjan było bardzo dawne i z biegiem czasu doszło do olbrzymiego rozwoju. Na całym pobrzeżu morza Śródziemnego powstawały stopniowo kolonie fenickie, najpierw w Azji Mniejszej, następnie w Grecji, Sycylii, w Afryce i w Hiszpanji. Z Brytanji przywozili fenicjanie cynę, z morza Bałtyckiego—bursztyn. Nie było w owym czasie takiego kraju, ani też narodu, z którymby nie podtrzymywali ożywionych stosunków komunikacyjnych i handlowych i we wszystkich portach ówczesnego świata znajdowały się ich okręty.

Z czasem ożywiło się także i w Grecji żeglarstwo morskie, które około 700 r. przed Chrystusem zaczęło poważnie współzawodniczyć z Fenicją, tem łatwiej, że Grecy byli doskonałymi majstrami okrętowymi. Okręty greckie, jak np. dziesięciowiosłowy Aleksandra Wielkiego, lub dwunastowiosłowy Ptolomeusza cieszyły się niemniejszą sławą w świecie ówczesnym, jak i wspaniałe i zbytkownie urządzone statki Hierona Syrakuzkańskiego, budowane przez Archimedesę, które posiadały po dwadzieścia rzędów wiosel i po trzy maszty. Zwyczajne okręty greckie miały po 2700 ton pojemności a okręt Hierona „Syracusia“ przewoził ładunek, zawierający: 60 000 miar zboża, 10 000 beczek mięsa solonego, 20 000 centnarów wełny, 20 000 centnarów innych towarów, znaczny zapas żywności dla załogi okrętowej, w liczbie którego znajdowało się 2 000 wiader wody słodkiej i sadz z rybami żywymi. Mówiąc o dziejach rozwoju fizyki, zwracaliśmy uwagę, że Archimedes, ten wielki ówczesny mechanik, wynalazł sposób, przy pomocy którego można było takie kolosy okrętowe spuszczać na morze.

Rzymianie nigdy nie byli narodem żeglarskim; zmuszeni okolicznościami utrzymywali w czasach późniejszych flotę wojenną, stojącą na kotwicy u przylądka Misenum, gdzie dziś jeszcze widzieć można zabytki ówczesnych zabudowań portowych, szczególnie zaś wspaniałego zbiornika wody słodkiej, tak zwanego „piscina mirabilis“, Rzym właściwie miał tylko jeden port handlowy, port Ostia przy ujściu Tybru. Miasto Rzym było głównym siedliskiem dla komunikacji morskiej i rzecznej, do brzegów jego przybijały zarówno okręty rzeczne, jak i morskie. Przy słabem zamiętowaniu rzymian do morza i żeglugi morskiej mogli pośredniczyć w tego rodzaju handlu i komunikacji tylko w sposób bardzo ograniczony. Daleko lepiej wykonywali to cudzoziemscy żeglarze, którzy, znajdując się w służbie u bogatych kupców rzymskich, prowadzili po różnych morzach ich okręty i zawiązywali stosunki handlowe z innymi narodami, prowadzącymi handel zmienny. Samo zaś miasto Rzym posiadało znakomite urządzenia portowe

a przy ujściu Tybru istniały wspaniałe groble i tamy, które sprawiały, iż rzeka ta nawet podczas najgorętszych i najwięcej suchych pór roku była zawsze dostępną dla okrętów.

Komunikacja morska była przedsięwzięciem bardzo kłopotliwym, głównie z tego powodu, że marynarze nie odważali się wypływać na pełne morze, lecz żeglowali głównie wzdłuż wybrzeży, przez co droga morska stawała się bardzo długą. Jedynie fenicjanie, kartagińczycy i niektóre plemiona greckie posiadali tę odwagę, że wypływali na pełne morze tak daleko, iż brzegi ziemi znikwały im z oczu. Zresztą wszyscy inni pływali po morzu tylko za dnia i tylko wzdłuż linii brzegowej. Wieczorem przybijali do lądu, okręty na brzeg wyciągali, zapalali ogień i tak całe noce spędzali na straży. Ponieważ okręty ówczesne nie posiadały żadnego pokrycia wierzchniego i były zupełnie otwarte i tym sposobem załoga była wystawiona na wszelkie nieprzyjemności zmian pogody, to zwykle dla żeglugi morskiej wybierano czas spokojny i ciepłe pory roku. Dopiero później zaczęto na statkach budować przykrycia czyli pokłady. Jak tylko zagrażały burze, przybijano do lądu i statek wciągano na brzeg. Do posuwania okrętu po wodzie służyły wiosła, które zależnie od jego wielkości były rozłożone w kilka rzędów. Najwięcej używane statki handlowe były trzyczędowe—triremy. Okręty posiadające więcej rzędów wiosel należały do statków zbyt kownych, lub też służyły do celów wojennych. Okręty przeważnie miały jeden maszt tylko, później dopiero pojawiają się dwu i trzy masztowe. Przy maszcie, jako reja, znajdowała się prosta poprzeczna belka, a na niej żagiel, mający taką formę, jaką ma dzisiaj jeszcze używany na morzu Śródziemnym, znany pod nazwą „żagla łacińskiego“. Najdawniejsze okręty nie posiadały steru, ten został urządzony znacznie później z drzewa, a dla nadania mu większej trwałości i zabezpieczenia od uszkodzeń, pokrywano go blachą miedzianą.

Jakkolwiek w starożytności żeglarze nie odważali się oddalać znacznie od brzegu i chociaż wobec grożącej burzy przybijali do lądu, to jednakże sama budowa okrętu i żegluga na nim przedstawiała poważne niebezpieczeństwa, tak, że nieszczęśliwe wypadki były na porządku dziennym. Dodać przytem należy, że ani w miejscach, niebezpiecznych dla żeglugi, ani w portach po większej części nie było ani latarni morskich, ani ksiąg podróżnych dokładnych, bo jakkolwiek istniała znaczna ich ilość, to albo zawierały przeważnie informacje niedokładne co do odległości pomiędzy portami lub też posiadały błędne wskazówki co do mielizn, głębin, miejsc niebezpiecznych i t. p. Wobec tylu niedogodności staje się jasnym, że komunikacja wodna, pomimo olbrzymiego wpływu, jaki wywarła na rozwój stosunków handlowych w starożytności, skazaną była na zagładę w państwie praktycznych rzymian, którzy musieli zwrócić główną swą uwagę na inny, więcej bezpieczny sposób komunikacji, mianowicie na całą sieć dróg lądowych.

Gdy więc stosunki handlowe ludów starożytnych prowadziły do rozwoju komunikacji wodnych za pomocą żeglugi rzecznej i morskiej, to przy



Karawana w pustyni Azji środkowej, przenosząca towary na wielbłądach.

Według zdjęcia fotograficznego, wykonanego przez Sven-Heddina.

urządzaniu dróg lądowych kierowano się przeważnie względami natury militarnej. Należy wszakże zaznaczyć, jako rzecz nieulegającą wątpliwości, że bardzo wcześnie, jeszcze przed urządzeniem gościńców państwowych, u wielu ludów starożytnych istniały ścieżki i boczne drogi, służące do komunikacji i do prowadzenia handlu zamiennego. Ta komunikacja jednakże do czasu zaprowadzenia prawidłowej budowy dróg lądowych musiała być bardzo ograniczoną, gdyż po wązkich ścieżkach i złych drogach można było tylko transportować nieznaczne ciężary, to jest takie, które nie przekraczały siły nośnej człowieka lub zwierzęcia. Gościńce dopiero ułatwiły przewóz towarów i dopomogły do rozwoju na wielką skalę stosunków handlowych. O pierwotnym początku zaprowadzenia dróg lądowych także nic nie wiemy, mamy tylko tutaj najrozmaitsze wskazówki w tym względzie, że u najstarszych ludów kulturalnych, mianowicie u babilończyków, asyryjczyków i chińczyków urządzone były pierwsze gościńce lądowe, które później zaprowadzili u siebie egipcjanie, fenicjanie i grecy. W Egipcie drogi lądowe rozwijały się bardzo słabo, gdyż one w tym kraju, tak obficie zaopatrzonym w wody, poprzerynianym we wszystkich kierunkach kanałami i corocznie prawie zupełnie zalany wodą, były co najmniej zbyteczne. Natomiast zdaje się, że chińczycy posiadali drogi publiczne największe i najlepsze; dziś jeszcze istnieją w Chinach trakty, pochodzące z bardzo odległej starożytności.

Dobre drogi lądowe mieli także indjanie, żydzi, fenicjanie i grecy i tu należy poszukiwać początków powstania kołodziejstwa i komunikacji kołowej. Drogi lądowe, a także sztucznie urządzone gościńce w Chinach w 206 roku przed Chrystusem, prowadzone przeważnie w celach strategicznych, znalazły szybko zastosowanie, jako bardzo dogodny środek komunikacyjny. Powstała nawet nowa gałąź techniki—budowa dróg lądowych—która szczególnie w Persji doszła do wysokiego stopnia doskonałości.

Właściwie jednak dopiero rzymianie urządzali drogi tak, że one przedstawiały najgłówniejszy i najlepszy środek komunikacyjny i doprowadzili je do tego znaczenia, jakie one miały następnie przez szereg całych stuleci. Od samego początku rozwoju dróg lądowych w państwie rzymskiem aż do pierwszych lat XIX stulecia, w którym droga żelazna stała się dla nich zwyciężką współzawodniczką, gościńce były jedynym prawie środkiem podtrzymującym handel i wszelką komunikację, w porównaniu z którym żegluga rzeczna i morska ustępują mu bardzo wiele.

Rzymianie, potrzebując dla uruchomienia swych armji wojskowych odpowiednich do tego dróg lądowych, a następnie nie chcąc pozwolić na to, aby w czasie dłuższego pokoju żołnierze przyzwyczajali się do próżnowania i wywoływania niezadowoleń, poczynali pierwotnie prowadzić drogi sztuczne przy pomocy żołnierzy, później zaś budowali je przy pomocy jeńców wojennych i niewolników.

Budowa całej sieci rzymskich traktów lądowych zabrała okrągło 800 lat czasu. Najstarsza z publicznych sztucznych dróg rzymskich, dziś jeszcze

istniejąca *via Appia*, łącząca Rzym z Kapuą, zbudowaną była przez cenzora *Appiusa Claudiusa* w czwartym wieku przed Chrystusem. Po jej ukończeniu nastąpiła budowa dalszych gościńców i dopiero wtedy, gdy cały półwysep otrzymał odpowiednią ilość dróg lądowych, zaczęto je budować w prowincjach. Gościńce rzymskie były z początku bardzo pierwotne i dopiero z biegiem czasu umiejętność ich budowy podniosła się do tego stopnia, że dała możność najtrudniejsze przejścia w Alpach zamienić na doskonałe drogi, wywołujące w nas dziś jeszcze podziw i uwielbienie. Takimi kunsztownymi pod względem budowy są np. drogi *Trajana* i *Tyberjusza*, ciągnące się wzdłuż Dunaju, którym, trzeba przyznać, że są to rzeczywiste arcydzieła sztuki inżynierskiej. Droga *Trajana* ukończoną została w 103 roku po narodzeniu Chrystusa. Całkowita długość sieci dróg rzymskich wynosi, podług *Bergera*, 10210 mil geograficznych, czyli równa się podwójnej długości równika ziemskiego. W całej tej sieci znajduje się pięć oddzielnych grup większych, z których pierwsza, poczynająca się w Rzymie kończy się w Afryce, druga zaś zawiera w sobie trakty azjatyckie, które dochodzą aż do zatoki Perskiej. Drogi grupy trzeciej ciągną się wzdłuż Dunaju i prowadzą do Bizancjum, do czwartej grupy należą drogi półwyspu iberyjskiego, piąta wreszcie grupa przeprowadzona była w Galji, Germanji i Brytanji. Dziesięć wielkich dróg rzymskich przechodziło przez Alpy, a mianowicie: przez *Wielki Saint Bernard*, *Simplon*, *Juljer*, *Septimer*, *Splügen*, *Mały Bernard*, *Brenner*, *Mont-Cenis*, *Mont-Genèvre* i wreszcie przez Alpy nadmorskie. Wszystkie te drogi były po większej części budowane nader kunsztownie, z nadzwyczajną śmiałością i rozmachem, czasami przerzucane wśród skał, czasami prowadzone w tunelach, czasami ciągnęły się wśród błot po groblach, wyłożonych balami drewnianymi, czasami zaś pną się w wężowych linjach na strome wyżyny górskie. Były one przeważnie doskonale brukowane i bruk niektórych dróg, jak np. na gościńcu *alpejskim*, biegnącym po przez *Septimer* i na drodze *Via Appia*, jest jeszcze dzisiaj w stanie doskonałym, nietknięty i zdalny do użytku. Stosownie więc do tego znaczenia, jakie miały drogi lądowe, będące najgłówniejszymi pośrednikami całej komunikacji ówczesnej w państwie rzymskim, wykonanie ich odznaczało nadzwyczajną starannością. Nie mówiąc już o doskonałym brukowaniu, zajmującym całą szerokość płótna drogowego, zaopatrzone były we wszelkie potrzeby i uzupełnienia, wymagane przez technikę postępową przy budowie dróg bitych. Poprowadzone były przy nich odpowiednie odpływy i przepływy dla wody deszczowej, kanały do zbierania mniejszych dopływów wody, mosty dla bezpiecznego przeprowadzenia drogi nad większemi zbiorowiskami wody; po bokach poprowadzone były chodniki dla pieszych, odgródzone od głównej drogi za pomocą dosyć wysokich kamieni.

Drogi rzymskie dostarczały korzyści przeważnie tylko władzcom Rzymu i bogatym kupcom rzymskim. W prowincjach zaś były one dla tuziemców tylko ciężarem, który ponosić musieli tak przy ich budowie i dalszem

utrzymywaniu ich w należytym porządku, jak również wskutek zobowiązań, jakimi ich obarczono przy przewozie transportów dla wojska i przejazdach urzędników państwowych. Nic więc dziwnego, że tam z biegiem czasu wytworzyła się nienawiść ogólna względem dróg rzymskich, która z chwilą rozpadnięcia się tego wielkiego państwa wybuchnęła wszędzie w sposób najstraszliwszy: drogi były częściowo poniszczone, wiadukty połamane, mosty podruzgotane, a gdzie tego człowiek nie mógł dokonać, to ząb czasu szerzył dalej dzieło zniszczenia, obracając w perzynę tak wspaniałe niegdyś gościńce rzymskie. Tym więc sposobem poczynająca się nowa epoka, nazwana wiekami średnimi, pozbawiona była wszelkich dróg zdalnych do użytku, a jej handel i komunikacyjne stosunki, o ile nie zanikły zupełnie, musiały sobie przebijać nowe zupełnie tory.

Wszystkie ludy starożytnej kultury nie posiadały i nie czuły potrzeby urządzenia prawidłowej komunikacji pocztowej. Listy i posyłki przesyłano przez specjalnych posłańców prywatnych lub też powierzano osobom, udającym się do danej miejscowości na wypływających okrętach. Jeżeli nawet niektórzy królowie i władcy państw wschodnich, szczególnie w Persji, utrzymywali odpowiednich urzędników go załatwiania swoich spraw pocztowych, to jednakże urządzenie prawidłowej, publicznej służby pocztowej, tak nazywanej „cursus publicus“ poczyna się dopiero w państwie rzymskim. Ten „cursus publicus“ był urządzony pierwotnie także li tylko dla celów państwowych i rządowych, następnie jednak, szczególnie w czasie cesarstwa rzymskiego oddany był także i na użytek publiczny. Cesarz August był pierwszym, który pocztę rzymską zorganizował doskonale i rozpowszechnił ją po całym państwie. Na wszystkich traktach państwowych urządzono stacje pocztowe i komunikacja była utrzymywana przez specjalnych kurjerów. Oprócz poczty listowej istniała również poczta osobowa a także do przesyłania towarów i pakunków wszelkiego rodzaju i te obsługiwane były, zależnie od kraju, przez które przechodziły, za pomocą koni, wołów, mułów lub osłów.

Po upadku olbrzymiego państwa rzymskiego ustał zarazem handel i komunikacja wzajemna, a czasy pełne niepokoju, jakie nastąpiły potem, czasy wędrówek narodów i poczynających się wieków średnich nie były przyjazne ani dla ożywienia handlu, ani dla rozwoju komunikacji. Po epoce rozkwitu nadeszła epoka niszczenia, w której nie odczuwano potrzeby wzajemnej wymiany towarów.

Dopóki obszerniejsza komunikacja nie mogła być zaprowadzona, zadowalniano się obcowaniem wewnętrznym w kraju i trzeba było dopiero najrozmaitszych pobudek zewnętrznych i postępu wiedzy, ażeby podnieść na nowo podupadły handel morski i doprowadzić go do stanu kwitnącego.

Jednakowoż nawet i w tych czasach, tak nieprzyjaznych dla rozwoju wszelkiej prawidłowej komunikacji zdarzali się władcy z jaśniejszym umysłem i silniejszą wolą, którzy pojmowali ważność urządzonych stosunków handlowych i używali różnych sposobów, aby je z powrotem podnieść

do dawnego stanu. Do takich należy przedewszystkiem zaliczyć Karola Wielkiego, który usiłował zaprowadzić w swem obszernem państwie komunikację prawidłową. W tym celu kazał ponaprawiać starożytne trakty rzymskie a także pobudować i nowe drogi. Próbował także ożywić i rozwinąć nanowo żeglugę rzeczną, stanowiącą bardzo ważną gałąź komunikacji i znane są jego zabiegi około połączenia drogą wodną Dunaju z Renem. Ta droga wodna, która miała biedz w kierunku dzisiejszego kanału (Ludwika-Menu i Dunaju), nie była wtedy ukończona, gdyż sztuka inżynierska z tego czasu nie mogła sprostać postawionemu jej zadaniu. Pozostałe zabytki tego kanału, tak nazywana „fossa Carolina“ istnieją jeszcze dzisiaj. Dążenia Karola Wielkiego do podniesienia komunikacji niedługo przetrwały. Handel zakwitł na pewien czas, dopóki był ochraniaany silną jego dłońią. Po śmierci Karola Wielkiego zginęło znowu wszystko, co ten potężny człowiek stworzył i przez stulecia całe stan dróg w jego państwie był rozpaczliwy. Pomimo to, że np. w Niemczech ówczesnych istniała księga praw średniowiecznych, tak zwane „zwierciadło szwabskie“, zawierająca dokładne przepisy budowy dróg lądowych, pomimo to, że niektórzy cesarze usiłowali utrzymywać je w lepszym stanie, nic to nie pomagało, wszystko powróciło do dawnego. Nikt nie chciał dróg naprawiać — przeciwnie wiele osad i miast niszczyło wiodące do nich gościńce, czyniąc je niedostępnymi dla wszelkiej komunikacji, aby się uwolnić od zetknięcia z wojskiem, z rycerzami, trudniącymi się rozbojem i ze wszelką zgrają łotrów i rabusiów. Większość dróg zimą tworzyła jakby morze bagniskowe i błotne, ściek dla wszystkich wód, z gór spływających, w lecie zaś przedstawiały się, jako zbiorowisko pełne wybojów, dziur i kamieni. Połamane koła, pogruchotane i porzucone w drodze wozy i pojazdy znaczyły ich ślady.

Z początkiem XVI wieku zaczyna się podnosić żegluga morska. Przyczyną tego były przedewszystkiem śmiałe wyprawy badaczów, opisane w poprzednich rozdziałach, które doprowadziły najpierw do odkrycia drogi morskiej do Indji wschodnich, a następnie do odkrycia Ameryki. Podróże te i wyprawy zachęciły do dalszych poszukiwań i odkryć głównie obietnicą znalezienia olbrzymich skarbów, znajdujących się według podań, w krajach nowo odkrytych, jednocześnie oddziaływały także na ożywienie i rozwój stosunków handlowych. Do tego dopomogło także znacznie ulepszenie narzędzi astronomicznych i żeglarskich, wprowadzenie do użytku bussoli, początek rozwoju naukowej astronomji, a także znaczne postępy w racjonalnej budowie okrętów — wszystko to razem zapewniło większą pewność i bezpieczeństwo przy odbywaniu żeglugi morskiej. Jako następstwo powyższych czynników zaczyna się od połowy XVI stulecia nowy rozkwit żeglugi morskiej i będącego pobudką dla niej handlu morskiego.

Ażeby mieć pojęcie, jak powolnie przed wprowadzeniem siły parowej jako motoru, w czasach dawnych odbywała się komunikacja lądowa, pozwólmy sobie przytoczyć kilka cyfr charakterystycznych pod tym względem, zaczerpniętych z czasów panowania cesarza Fryderyka Barbarossy:



podczas półrocznej podróży jego po Niemczech przebywano dziennie tylko 17 kilometrów, gdy tymczasem przechodząc przez wąwozy alpejskie do Włoch po drogach górskich, często bardzo dobrze utrzymanych, pomimo silnych wzniesień i spadków, jakie tam napotymano, robiono dziennie 20 do 28 kilometrów. O ile zyskano na doświadczeniu przy wykonywaniu powyższego pochodu przekonywamy się z tego, że w drodze powrotnej przebywano już 33 kilometry dziennie. We Włoszech, gdzie stosunki komunikacyjne były znacznie wygodniejsze, niż w Niemczech, Barbarossa podczas swych licznych pochodów mógł posuwać się o 20 — 30 kilometrów dziennie; Henryk VII luksemburski w czasie swej wyprawy do Rzymu odbywał również pochody z tą samą prędkością. Także i uczestnicy wypraw krzyżowych z powodu złych dróg posuwali się dziennie o 20 kilometrów najwyżej, zwykle zaś robili od 5 do 10 kilometrów. Cyfry powyższe są wymowne, pokazują bowiem wyraźnie stan komunikacji w wiekach średnich i dopiero wskutek zbiegu najróżnorodniejszych wypadków można było doprowadzić komunikację do dawnego lepszego stanu.

Podobnie jak rok 1495 powszechnego pokoju, lub rok 1492, w którym odkrytą była Ameryka, tworzą punkt zwrotny w dziejach komunikacji, tak samo rok 1776 rozpoczyna dla niej nowy okres, już to wskutek rozwoju Stanów Zjednoczonych Ameryki północnej, już też pod wpływem rozwoju techniki, biorącego swój początek od czasu wynalezienia maszyny parowej. Ogłoszenie niezależności Stanów Zjednoczonych Ameryki północnej wywarło także wpływ na rozwój komunikacji, który z początku był bardzo nieznaczny, lecz później stopniowo powiększał się stale; początkowy rozwój był dlatego tak słaby, że państwo to, jako nowo ukształtowane zajęte było z początku zaprowadzeniem urządzeń wewnętrznych. Wpływ ten jednak w ciągu 100 lat przybrał takie rozmiary, że komunikacja w Ameryce północnej zdobyła sobie wszechświatową palmę pierwszeństwa. Największą część handlu powszechnego koncentruje się obecnie w Ameryce i można być pewnym, że wzrost wpływu tego kraju na komunikację międzynarodową jeszcze długo stale rozwijać się będzie.

W ciągu tych stu lat, podczas których Ameryka potrafiła zdobyć dla siebie tak potężne stanowisko, inne państwa zamorskie zdołały także ożywić u siebie handel, rozwinąć komunikację a nawet wywalczyć wolność polityczną, niektóre zaś kolonie stały się państwami niezależnymi. Dodać tu jeszcze należy, nawet takie kraje, jak Chiny i Japonja, które oddawna były zamknięte i niedostępne dla stosunków zewnętrznych z innymi państwami, musiały również w przeciągu XIX stulecia poczynić pewne ustępstwa i albo zupełnie, albo pod pewnymi warunkami przyjąć czynny udział w ogólnych wszechświatowych stosunkach. Oprócz powyższych przyczyn poczynające się badanie i podbój Afryki wpłynął także pod wielu względami na rozwój komunikacji i handlu.

Jeżeli zastanowić się nad powyższymi przejawami, to niewątpliwie dostrzedz można, że w tych wszystkich zmianach, jakim w ciągu dziewiętnastego stulecia podlegał handel i komunikacja, ważny udział przyjmowała polityka. Udział ten jednakże zmniejszał się pod wpływem, jaki na ukształtowanie stosunków komunikacyjnych wywarł rozwój techniki. Ze zdobyczy techniki, które rozpatrywać należy, najważniejsze są: rozwój żeglugi parowej, dróg żelaznych, postępy wprowadzone przy budowie dróg lądowych i kanałów, urządzenie poczt i telegrafu a także będących z niemi w ścisłym związku telefonów.

Dzień 27 września 1825 r., w którym poraz pierwszy Stephenson przejechał na swej lokomotywie linię Stockton-Darlington, może być oznaczony



**Odeście pociągu na pierwszej, pobudowanej przez Stephensona drodze żelaznej pomiędzy Stocktonem a Darlingtonem.**

Według współczesnego rysunku angielskiego.

jako dzień narodzin kolejnictwa. Rzeczywisty rozwój dróg żelaznych poczyna się od tego czasu, gdy wprowadzony został tor, urządzony z szyn żelaznych a jako siłę poruszającą wozy, biegnące po szynach, zastosowano ruchomą maszynę parową w postaci lokomotywy czyli parowozu. Pierwotnie, w drugiej połowie XVIII stulecia układano przeważnie na drogach, łączących z sobą kopalnie, tory składające się z beleczek drewnianych podłużnych; po nich przesuwano wózki, mające koła tylne zaopatrzone w brzeg występujący ponad ich obwód, który, zachodząc poza kant wewnętrzny belek, zabezpieczał wagony od zsuwania się z toru. Później beleczki podłużne zastąpione były szynami z żelaza lanego a następnie z żelaza kutego i stali, forma ich zmieniała się stopniowo, aż doszła do typu wypracowanego i używanego dotąd powszechnie. Niezależnie od urządzenia toru kolejowego pracowano w tym czasie usilnie nad zastosowaniem siły pary do poruszania

wozów zwyczajnych. Wynalazek takiego wozu, dokonany w 1769 roku przez francuza Cugnotą, nie ziścił pokładanych w nim nadziei. Ważnym wynalazkiem był parowóz zbudowany przez Oliviera Evansa w Marylandzie, chociaż w zastosowaniu wykazał takie niedokładności, że wymagał nieodzownych przekształceń i ulepszeń, które mógł wykonać człowiek obdarzony znakomitemi zdolnościami. Człowiekiem tym był Jerzy Stephenson, on nadał parowozowi taką budowę, która ze względu na szybkość biegu, siłę pociągową i prostotę budowy, okazała się najwłaściwszą do eksploatacji dróg żelaznych. Pierwsza lokomotywa, którą zbudował w roku 1814, jakkolwiek pod względem wyników przewyższała wszystkie przedtem znane, nie zadowolniła jednak ani wynalazcy, ani wymagań praktycznych. Po wykonaniu rozmaitych ulepszeń, jak zastosowaniu dmuchawki do podsycaenia ciągu, działającej za pomocą pary zużytej, zbudował wreszcie taką lokomotywę, która ze Stocktonu do Darlingtonu ciągnęła 34 wagony częścią osobowe, częścią towarowe i biegła z szybkością 20 — 24 kilometrów na godzinę. Następny parowóz, przedstawiony przez Stephensona na konkurs wyznaczony w 1829 roku, ważył stosownie do warunków 4½ tonn i biegł z szybkością 24 kilometrów, odniósł tak świetne zwycięstwo, iż przeszedł nawet oczekiwania sędziów i wskutek tego zastosowany został do eksploatacji na drodze Liverpool - Manchester. Początkowo tak nieprzychylnie przyjęte urządzenie dróg żelaznych, z biegiem czasu zyskiwało coraz większe uznanie, tak, że dziś droga żelazna jest najgłówniejszym środkiem komunikacyjnym. Już w 1838 roku linja Paryż-Wersal przewiozła 24 000 osób; dziś zaś liczba osób korzystających z usług dróg żelaznych jest tak znaczna, że nawet w przybliżeniu określić jej nie można. Prócz tego, zaznaczyć należy ciągły postęp pod względem bezpieczeństwa i szybkości. Szybkość jazdy, która w 20 lat po zaprowadzeniu dróg żelaznych dochodziła zaledwie 50 kilometrów na godzinę, dzisiaj tak wzrosła, iż pociągi pośpieszne przebiegają w tym samym czasie 90—100 kilometrów, a niektóre lokomotywy przeznaczone do prowadzenia pociągów pośpiesznych, szczególnie angielskie osiągały podczas jazd próbnych średnią szybkość 140—150 kilometrów na godzinę. Niedawno przeprowadzone próby z pociągami kolei elektrycznej na nieznacznej stosunkowo długości pomiędzy Marienfelda i Zossen pod Berlinem wykazały, że za pomocą tego rodzaju komunikacji można osiągnąć szybkość jazdy dochodzącą do 210 kilometrów na godzinę. To pozwala mieć nadzieję, że w przyszłości niedalekiej rozwinie się nowa gałąź w technice lokomocji, mianowicie pośpieszne pociągi elektryczne, poprowadzone na znacznych odległościach.

W podobny sposób rozwijała się także komunikacja za pomocą statków parowych. Pierwszy parostatek, zbudowany w Ameryce przez Fultona w 1807 r. odbył drogę pomiędzy New-Yorkiem i Albany, wynoszącą około 300 kilometrów, w ciągu 32 godzin. Od tego czasu żegluga parowa w Ameryce czyni bardzo szybkie postępy i już w 1815 roku budują pierwsze parowce do użytku militarne, jako okręty wojenne. W Europie, gdzie

jeszcze przed Fultonem, Papin zbudował niewielką łódź parową, kursującą po rzece Fuldzie, zaprowadzono w 1812 r. pierwszą żeglugę parową na linii pomiędzy Greenock a Glasgowem, wkrótce zaś parostatki zaczęły kursować na wszystkich prawie główniejszych liniach Europy. W roku 1819 przebyto ocean pierwszy raz na parowcu „Savannah“, który odległość między Liverpoolem a New-Yorkiem odbył bez przerwy, nie nabierając nigdzie nawet węgla. Pierwsze parowce poruszane były za pomocą kół łożatkowych, lecz po wynalezieniu w 1819 roku przez Rüssela z Trjestu szruby okrętowej, zaczęto ją ogólnie od 1837 roku stosować do wszystkich okrętów parowych. Poczynając od połowy XIX stulecia zmniejsza się ilość okrętów żaglowych i przeważnie komunikację morską utrzymują statki parowe. Dopiero w czasach najnowszych, kiedy wskutek wzrastającej ciągle ceny węgla kamiennego, podrożała znacznie opłata za przejazd na parowcach, zaczęto znów budować olbrzymie okręty żaglowe, których bardzo znaczną ilość oddano na usługi komunikacji morskiej. Do jakich wymiarów dochodzi komunikacja morska przy pomocy parostatków, określić nadzwyczaj trudno; można jednak przyjąć, że na całej kuli ziemskiej istnieje 250 000 okrętów żaglowych i parowców i że na jednym tylko oceanie Atlantyckim dziennie żegluje około 2 000 okrętów, z których 350 — 400 służy wyłącznie do komunikacji osobowej. Z pośród wszystkich mórz ruch najwięcej ożywiony jest ocean Atlantycki, po nim pierwsze miejsce zajmuje ocean Indyjski; do najmniej uczęszczanych należy część północna oceanu Wielkiego. Znakoomite ułatwienie w rozwoju komunikacji morskiej przedstawiają wykonane już olbrzymie kanały, do liczby których należy przedewszystkiem kanał Suezki, mający 160 kilometrów długości, otwarty dla żeglugi 16 listopada 1869 roku, dzieło pod względem budowy znakomite, którego koszt wykonania wynosił przeszło 400 milionów franków. Przeprowadzenie kanału Suezkiego skróciło drogę morską pomiędzy Hamburgiem a Bombajem o 43 procent, pomiędzy Trjestem a Bombajem o 63%; z Konstantynopola do Zanzibaru o 43%. Następny zaprojektowany i dla komunikacji okrętowej bardzo pożądaný kanał panamski, znajduje się jeszcze w budowie. Ogólny koszt jego wykonania, pomijając sumy włożone w to przedsięwzięcie przez francuskie towarzystwo budowy kanału panamskiego, oznaczono na 800 milionów franków. Początkowa budowa odbywała się bardzo wolno wskutek przeszkód stawianych pracującym przez zabójcze warunki klimatyczne. Obecnie szkodliwe te wpływy usunięto przez odpowiednie urządzenia sanitarne, a przez zastosowanie olbrzymich maszyn i przyrządów, będących ostatnim wyrazem współczesnej techniki postęp w robocie znakomicie się powiększył. Znaczne skrócenie komunikacji pomiędzy morzem Bałtyckim a Północnem, która dawniej odbywała się przez burzliwy Skagerrak i Kategat daje nam kanał cesarza Wilhelma, otwarty 21 stycznia 1895 r. Oprócz powyższych kanałów wszystkie pozostałe nie mają wybitnego znaczenia dla żeglugi morskiej, inaczej za to przedstawia się sprawa z kanałami do żeglugi rzecznej, przeważnie bowiem w Europie a w szcze-

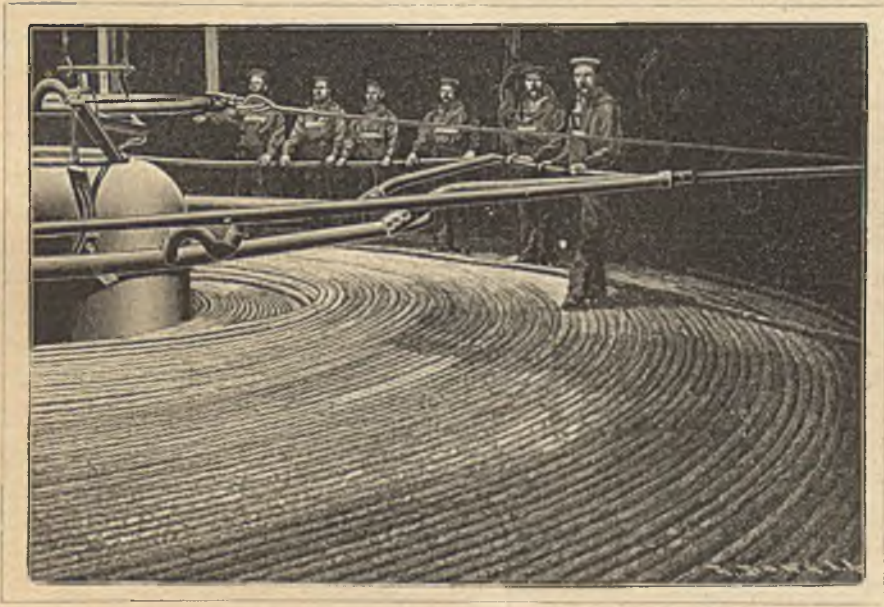
gólności we Francji i w Niemczech znajduje się liczna i bardzo rozgałęziona sieć kanałów rzecznych, których znaczenie dla żeglugi, komunikacji i handlu zostało należycie ocenione dopiero w ostatnich czasach. Prawie wszędzie pracują nad tą sprawą, wszędzie czynią się zabiegi ażeby sieć kanałów rzecznych rozszerzyć i uzupełnić a rzeki tak uregulować, aby one rzeczywiście stanowiły właściwą podporę do rozwoju komunikacji i handlu.

Z powyższego wypływa jasno, że wskutek tak znakomitego rozkwitu dróg żelaznych i komunikacji wodnej, znaczenie dróg lądowych spadło tak znacznie, że one jako środki komunikacyjne zajęły drugorzędne miejsce. Wskutek przekształcenia zupełnego sposobów komunikacji w drugiej połowie XIX stulecia, gościńce, które w pierwszej połowie tego wieku doznały tak wielkiego rozwoju, obecnie opustoszały zupełnie. Do znacznego ożywienia jednak i nadania większego znaczenia komunikacjom po drogach lądowych, jakiego one doznały w pierwszych dwóch dziesiątkach XIX wieku, przyczynił się głównie Napoleon I, który zwracał szczególną uwagę na budowę i rozwój traktów lądowych potrzebnych dla niego w celach wojskowych. Założył szkoły specjalne, poświęcone wyłącznie technice budowy dróg bitych i mostów, sam przeprowadził bardzo wiele dróg komunikacyjnych i strategicznych a zarazem zachęcał do urządzania podobnych w państwach, sprzymierzonych z nim książąt. W Anglii również wskutek doskonałego przeprowadzenia urządzeń pocztowych technika budowy dróg bitych, a także komunikacja po nich doszła do wysokiego stopnia rozkwitu; wprowadzenie jednak dróg żelaznych, przerwało ich rozwój prawie zupełnie. Początek wieku XX rokuje pewne nadzieje, że rozwój nowej gałęzi środków komunikacyjnych, wyrażającej się w budowie różnego rodzaju samojazdów, przyczyni się do podniesienia dróg lądowych, jakkolwiek wątpić należy aby one odzyskać mogły swoje dawniejsze, pierwszorzędne znaczenie.

\* \* \*

Urządzenia pocztowe, jedna z najważniejszych gałęzi obecnych sposobów komunikacyjnych, zaginęły i przestały istnieć zaraz po upadku wszechświatowego państwa rzymskiego i organizacja ich przez całe wieki średnie nie była wznowioną. Jedynie władcy niektórych państw, lub instytucje, posiadające środki odpowiednie, jak klasztory, uniwersytety, miasta i zakony rycerskie miały własne urządzenia pocztowe, obsługiwane przez posłańców specjalnych lub kurjerów. Najsławniejszymi i najznaczącymi były urządzenia pocztowe niektórych miast, jako to Kolonji i Sztrasburga, najobszerniejszą służbę pocztową posiadały miasta hanzeatyckie i zakon krzyżacki w Malborgu. Obok tych istniały także liczne prywatne urządzenia pocztowe, które spełniały swoją służbę mniej lub więcej dokładnie, nie przedstawiając prawie żadnej pod tym względem pewności. Gdy zaś w końcu XV stulecia podczas ogólnego pokoju nastąpiło potężne ożywienie wszelkiego rodzaju stosunków komunikacyjnych, nie wystarczały już wzrastającym potrzebom te pierwotne instytucje pocztowe, pełniące powierzone im obowiązki, ociążały i niedbały.

Położenie powyższe ocenił doskonale Francesco de Tassis z Bergamo zwany także Torrianim, człowiek bardzo zdolny i bystry, który za zgodą i pod protektoratem cesarza Maksymiljana I zaprowadził do przesyłania listów obszerną komunikację pocztową, obsługiwaną przez konnych posłańców. Istotna różnica w obowiązkach i prawach tych posłańców konnych od dotychczasowej służby pocztowej polegała głównie na tem, że wolno im było jeździć we wszystkich kierunkach, po całym państwie (początkowo po trasie pomiędzy Wiedniem a Bruksellą) bez opłaty myta, czynszów lub udzielania jakichś przywilejów dla tych książąt, przez których kraje, lub posiadłości przejeżdżali. Należy przytem dodać, że organizacja takich



**Kabel ułożony w odpowiednim pomieszczeniu okrętu specjalnego, użytego do zaprowadzenia podmorskiej liny atlantyckiej.**

Według zdjęcia fotograficznego.

posłańców pocztowych była doskonale urządzona, na każdej stacji znajdowały się na zmianę konie i odpowiedni posłańcy zapasowi, tak, że wszelkie polecenia załatwiane były pośpieszniej niż dotychczas. We Francji za Ludwika XI, kurjerów, rozwożących listy i posyłki nazywano „postes“ i miano to przeniesiono potem jako nazwę dla urzędów pocztowych. Panowie de Tassis rozszerzali coraz więcej swoje urządzenia pocztowe i doszli stopniowo do godności pocztmistrzów w różnych krajach, a 27 lipca 1616 roku przez cesarza Macieja obdarzeni zostali tytułem i urzędem dziedzicznego, generalnego pocztmistrzostwa w cesarstwie i Niderlandach hiszpańskich i przybrali nazwisko Thurn i Taxis. Urządzenia pocztowe, prowadzone przez rodzinę Thurn & Taxis zyskiwały coraz większe rozpowszechnienie, jakkolwiek niektórzy książęta nie zgadzali się na ich wprowadzenie i nie chcieli przy-

znać przywilejów, nadanych tej rodzinie, tak np. poczty tego rodzaju nie były wprowadzone w elektorstwie brandeburskiem. Upadek cesarstwa rzymsko-niemieckiego pociągnął za sobą stopniowo i upadek wprowadzonych przez Thurn i Taxis poczt, ponieważ stany państwowe zagarnęły pod swą wyłączną władzę urządzenia pocztowe, odbierając tej rodzinie za pewnem wynagrodzeniem udzielone jej przywileje i tym sposobem w wieku XIX powstały poczty, będące pod zarządem jednego państwa, lub też kilku państw, połączonych w jeden związek pocztowy, jak to miało miejsce w związku austriacko-niemieckim, utworzonym w 1850 roku, lub też w związku pocztowym północno-niemieckim wprowadzonym w 1868 roku.

Jednakowoż i te poczty związkowe wkrótce przestały istnieć wskutek utworzenia cesarstwa niemieckiego, w którym w 1871 roku powstała pod genialnym zarządem Stephana generalnego dyrektora poczty pruskiej, cesarsko niemiecka poczta, która rozszerzyła swą działalność na wszystkie państwa niemieckie z wyjątkiem Bawarii i Wirtembergji; te bowiem zastrzegły sobie wyłączność w sprawach pocztowych. W roku 1876 Stephan powołany na generalnego dyrektora poczt w cesarstwie niemieckim, ustanawia wszechświatowy związek pocztowy, do którego przystąpiły wszystkie narody cywilizowane i to właśnie stanowi najważniejszy moment w rozwoju stosunków komunikacyjnych.

Wskutek rozwoju techniki i udoskonalenia wynalazków przy urządzeniach pocztowych oprócz przesyłania listów i różnego rodzaju posyłek, powstały jeszcze inne działy, ułatwiające wzajemne porozumienia pomiędzy ludźmi, do których przedewszystkiem zaliczyć należy komunikacje za pośrednictwem telegrafu i telefonu. Już w wiekach starożytnych znanym był pewien rodzaj telegrafji za pomocą sygnałów ogniowych. W XVII stuleciu pojawiły się telegrafy optyczne, które głównie we Francji doprowadzone zostały do wysokiego stopnia doskonałości, a od 1789 roku, t. j. od czasu gdy Bracia Chappe wynaleźli bardzo praktyczny telegraf optyczny, cieszyły się przez długi przeciąg czasu bardzo wielkiem znaczeniem. Telegrafja według systemu Braci Chappe na początku XIX stulecia była wprowadzona we wszystkich krajach Europy i przesyłanie wiadomości za pomocą tych lub podobnych przyrządów odbywało się stosunkowo dosyć szybko. Można było np. z Berlina do Kolonji przesłać krótką depezę w ciągu 15 minut, naturalnie jeżeli warunki atmosferyczne nie stawiały przeszkód w postaci mgły, deszczu lub tym podobnych. Telegrafja elektryczna wprowadzona w 1833 roku przez fizyków Gausa i Webera wyparła wkrótce telegrafy optyczne; w 1853 działała jeszcze ostatnia linja takich przyrządów ciągnąca się między Kolonją i Koblencją.

Pierwsze telegrafy elektryczne, dostępne dla użytku publicznego, były urządzone w 1837 roku w Anglji i Niemczech; linje te jednak były krótkie, dopiero w 1843 roku poprowadzono je na większych odległościach najpierw w Ameryce między Waszyngtonem a Baltimore a potem w Niemczech

wzdłuż Renu. W tym samym roku wystąpił Wheatstone z projektem przeprowadzenia podmorskiego przewodnika telegraficznego; prace przygotowawcze trwały dziewięć lat, zanim w 1853 r. założono pierwszą podmorską linię telegraficzną pomiędzy Anglią a Irlandją. W 1857 roku rozpoczęto zakładanie w oceanie Atlantyckim pierwszej liny podmorskiej i jakkolwiek początkowe próby były niepomyślne, ukończono to zadanie wśród olbrzymich trudności w roku 1866. Pomimo to telegrafja zamorska nie mogła być zaraz wprowadzona, gdyż lina telegraficzna, działając jako elektryczny kondensator, wywoływała znaczne przeszkody przy przesyłaniu depesz, które to przeszkody trzeba było pokonywać za pośrednictwem specjalnie wykonanego przyrządu. Nawet dziś jeszcze przy pomocy przewodnika podmorskiego nie można przesyłać więcej niż 12 głosek na minutę. W ostatnich czasach założono bardzo wiele podmorskich lin telegraficznych, łączących wszystkie prawie części kuli ziemskiej, ostatnią poprowadzono 14 sierpnia 1902 r. przez ocean Indyjski; była to pierwsza lina, jaką założono w tym oceanie. W dniu 19 maja 1903 roku zaczęto prowadzić przez ocean Atlantycki przewodnik telegraficzny z Borkumu do Ameryki północnej i oddano go do użytku w dniu 1 stycznia 1905 roku. Dziedzina telegrafji elektrycznej w ostatnim dziesięcioleciu może się poszczycić zdumiewającymi zmianami, jakie w niej wprowadzono, z pomiędzy których przedewszystkiem zaznaczyć należy telegrafję bez drutu, jak również telegrafy pośpieszne i rozmaite urządzenia do przesyłania na odległość pisma własnoręcznego i rysunków. Rozwój tych urządzeń może wprowadzić w zakresie stosunków komunikacyjnych nadzwyczajne zmiany, obszar których dziś nawet w przybliżeniu nie da się ocenić. Jakie zaś znaczenie w stosunkach komunikacyjnych posiada sieć telegraficzna na ziemi, możemy sądzić z następującego zestawienia: w dniu 11 lipca 1903 roku podana przez gazetę „Temps“ depesza obiegała na około ziemi po linii, mającej przeszło 60 000 kilometrów w niecałe sześć godzin.

Jako dopełnienie telegrafu w zakresie stosunków komunikacyjnych możemy uważać wynaleziony przez Filipa Reisa telefon, który w bardzo krótkim czasie zyskał sobie nadzwyczajne rozpowszechnienie. W Niemczech np. przy końcu 1903 roku sieć telefoniczna posiadała 3303 stacji, działalność których obejmowała linię przewodników telefonicznych, mającą 254 124 kilometry długości; ilość zaś abonentów, korzystających dziennie z usług telefonów dochodzi do 283 757 osób. Najdłuższą z linii telefonicznych, mającą 1 186 kilometrów, jest Paryż-Berlin i korzystają z niej średnio 20 razy na dzień, druga linja Berlin - Budapeszt ma 980 kilometrów i używana jest średnio 26 razy dziennie. Czy wynalazki nowe w zakresie urządzeń telefonicznych, jak np. telegraphon Poulsena, będący połączeniem telefonu z fonografem będą mogły być wprowadzone i zastosowane w praktyce codziennej, czy możebym będzie każde wypowiedziane słowo zaznaczyć na wałku fonograficznym, aby je każdego czasu odtworzyć bez żadnej zmiany,



czy wreszcie różnego rodzaju telefony samopiszące zyskają uznanie, to tylko niedaleka przyszłość pokazać nam może.

To samo powiedzieć można o żegludze napowietrznej, zagadnieniu, którego rozwiązania dotąd napróżno oczekujemy, jakkolwiek próby prowadzone w tym kierunku przez Santos-Dumonta i innych zdają się zbliżać jego urzeczywistnienie. Według zdania specjalistów, kierowania balonami nie można już zaliczać do takich kwestji, które mogą być nierozstrzygnięte. Jeżeli więc genjusz człowieka zdoła i tutaj usunąć napotykaną przeszkodę, to wtedy w dziedzinie stosunków komunikacyjnych nastąpi nieznaną dotąd przewrót, nowa zupełnie epoka....





Szlifierz drogich kamieni, pracujący na tokarni pierwotnej.

## Zużytkowanie sił przyrody w domu i rodzinie.

Rozpatrując przebieg rozwoju człowieka od najniższego stopnia jego kultury aż do dzisiejszego położenia, znamiennego, wskutek opanowania sił przyrody, dochodzimy do przekonania, że wynajdywanie i rozumne użytkowanie znajdujących się w przyrodzie sił, stało się możliwem jedynie przez dokładne obserwowanie samej przyrody; i właściwie rozpoznanie i zastosowanie praw fizycznych i chemicznych wywiera wpływ na podniesienie kultury.

Jeżeli bowiem zwrócimy uwagę tylko na czynności i sprawy powtarzające się codziennie tak w domu, jak i w rodzinie, jako to: pokarmy, kuchnię, ogrzewanie, oświetlenie, mieszkanie, odzież, lekarstwa, przedmioty użytku codziennego i przedmioty zbytkowne, to zobaczymy, że właśnie wskutek ciągłych postępów na polu chemji i fizyki ulepszone zostały znakomicie warunki bytu człowieka, a zarazem powiększyły się nadzwyczajnie przyjemności jego życia codziennego.

## I. Sposób żywienia się człowieka, udoskonalenie palenisk domowych, kuchnia dzisiejsza i pokarmy.

Pokarm przedstawiał dla człowieka sprawę najważniejszą; zdaje się, że pierwsi ludzie instynktownie zwrócili uwagę na mięso, jako najważniejszy środek odżywczy. Jedno z podań buddyjskich głosi, że ludzie żywili się pierwotnie pokarmami roślinnymi. Prawdopodobnie jednak używanie mięsa za pokarm musi być znacznie dawniejsze od żywienia się materiałami pochodzenia roślinnego. Dzisiaj nawet wiele plemion dzikich, będących w pierwotnym stopniu kultury, karmi się przeważnie mięsem i pomimo całej obfitości owoców ludy te są tak mało wybredne przy wyborze pożywienia mięsnego, że pożerają wszelkiego rodzaju zwierzęta, jakie tylko mogą pochwycić przy pomocy swych pierwotnych sposobów i przyrządów.

Tak np. botokudy i buszmanie zjadają wszystkie małe zwierzęta — owady, robaki, poczwarki drzewniaków, mięczaki — wogóle takie, które łatwo mogą zdobyć; Indianie Ameryki południowej, zamieszkujący tameczne lasy dziewicze, pieką olbrzymie mrówki, drobne zaś wprowadzają wprost do ust za pomocą pręta wstawionego do mrowiska; murzyni z Guayany jedzą ropuchy surynamskie; mieszkańcy wyspy Madagaskar zjadają szarańczę afrykańską, którą łowią za pomocą przeciągania po łąkach wielkich chust wełnianych.

Widocznem więc jest, że pierwotnem pożywieniem było mięso, szczególnie w okolicach, gdzie była wielka obfitość zwierząt i pośród ludów zajmujących się polowaniem. Liczne gatunki odpowiednich do jedzenia i smacznych owoców uważane były jako urozmaicenie i przyjemna odmiana pokarmu.

Brak przypadkowy pożywienia mięsnego a zarazem zdobyte doświadczenie, że mięso tylko niektórych zwierząt jest szczególnie smaczne, doprowadziło do urządzania pewnej ochrony, opieki, osvajania a nawet do zaprowadzenia hodowli niektórych zwierząt; na podstawie spostrzeżenia, że różnaitość pokarmu zmienia smak mięsa u zwierząt, postarano się o wyszukanie i przygotowanie takich pastwisk, któreby dla zwierząt hodowanych dostarczały odpowiedniej żywności. Tu więc spotykamy się z prawdziwym postępm w tym kierunku, mianowicie z pragnieniem wytworzenia sobie możliwie przyjemnego pokarmu; a to prawdziwe spostrzeżenie własności przyrody wpływało na stopniową zamianę życia koczowniczego dzikich myśliwych na spokojniejszy byt pasterzy — do uczucia przyjemności w polowaniu i karmienia się zdobytym łupem, przybyło uczucie radości i dumy z posiadania pewnej własności; wzamian rozrzutności nieopatrznej pojawia się troska o zapas pożywienia na przyszłość i w ten sposób z pierwotnych stad powstają dzisiejsze zwierzęta domowe i pożytkowe.

Człowiek osiadły, posiadając takie stada i trzody, nauczył się wkrótce rolnictwa, które mu do dotychczasowych środków pożywienia dostarczało jeszcze chleba, wyrabianego z różnych gatunków zboża. Kolebką chleba—



Ognisko pierwotne do pieczenia zwierzyny, oprawianej za pomocą noży krzemiennych.  
Według obrazu Pawła Jamin'a.

według starych podań kaukaskich — miał być Kaukaz, lub też Azja Mniejsza, jednakże w okolicach górskich Meksyku znajdujemy dziko rosnące zboża, zupełnie zbliżone do europejskich.

Gdy człowiek posiadał już dostateczny wybór środków żywności, zjawiała się wkrótce u niego dążność uczynienia ich smaczniejszymi w jedzeniu, to jest instynktowna dążność do przygotowania w ten sposób potraw, ażeby cała praca ich przerobu, mająca na celu odnawianie i podtrzymywanie siły życiowej organizmu, nie spoczywała wyłącznie na działalności żołądka. Zauważył więc, że mięso surowe wskutek silnego uderzania staje się delikatniejszym i kruchojszym; zwyczaj zaś podkładania pod siodło jeźdźca mięsa, aby je uczynić miększym, zachował się bardzo długo u niektórych ludów stepowych, szczególnie u kirgizów i tatarów.

Największą jednak różnorodność sposobów przygotowania pokarmów wprowadziła dopiero umiejętność użytkowania najgłówniejszej siły przyrody, to jest ognia. Nie ulega żadnej wątpliwości, że ogień znany był człowiekowi od czasów najdawniejszych i używany do różnych celów. Węgla, znalezione w znacznych ilościach obok kości mamuta i szczątków członków ludzkich, wskazują że nie było na ziemi ludu, znajdującego się nawet na bardzo niskim stopniu kultury, któryby nie znał wartości ognia i nie używał go do przygotowania sobie pożywienia.

Pierwszy widok zapalonego wskutek uderzenia piorunu drzewa, lub też rozpalonej do czerwoności lawy, mógł wywoływać uczucie przestachu lub podziwu; lecz gdy pokonano obawę, poznano wkrótce dobroczynne działanie ognia i natychmiast je użytkowano, i właśnie początek kultury leży w tem dobrowolnem zastosowaniu i umyślnem niejako wydobywaniu i wywoływaniu ognia. Poznano również, że niektóre materiały ulegają przemianom pod działaniem ognia i wskutek tego stają się użyteczniejszymi dla pewnych celów; mięso nie ulegało tak prędko zepsuciu, jeżeli było wysuszone pod wpływem ognia, można je było dłużej przechowywać, jeżeli je przez dłuższy czas wędzono w dymie, założone zaś na rożen i upieczone na ogniu, pokrywało się chrupiącą skórką i nabierało przyjemnego smaku. Scytowie starożytni, podług Herodota, mieli piec całe zwierzęta bez zdejmowania z nich skóry, prócz tego wędzili mięso, pokrajane w pasy. Woda pod działaniem ognia mogła być doprowadzona do stanu wrzenia i zastosowana do przygotowania potraw; mięso pod wpływem wody gorącej staje się smaczniejszym i miększym, woda zaś, w której gotowało się mięso, nabiera pewnego smaku i w tej postaci służy także jako pożywienie. Ciasto, utworzone z potłuczonych ziarn zboża i wody, ulegało pod wpływem gorąca różnym zmianom. Poznano dalej, że pewnego rodzaju ziemia gliniasta staje się w ogniu bardzo twardą i tę jej własność spożytkowano do wyrobu naczyń. Tak więc w samym ogniu, w dymie i w ciepłe ognia, w wodzie i glinie znaleziono odpowiednie środki i materiały do przechowywania na czas dłuższy przypadkowego nadmiaru pożywienia na wypadek, gdyby wtedy mogło zabraknąć odpowiednich pokarmów; nauczono się przygotowywać

z gliny naczynia do gotowania, w tych właśnie pierwotnych próbach pieczenia i wędzenia, gotowania i smażenia szukać należy początków sztuki kucharskiej.

Dalszy rozwój sztuki przygotowywania pożywienia i postęp w sposobach odżywiania się ludzi zależnym jest od tej sprawności, jakiej nabyli przy zastosowaniu ognia; miarodajnym jest w tym razie stopniowe ulepszenie samego paleniska.

W czasach pierwotnych nie urządzano stałego paleniska; tam gdzie było drzewo, rozniecano ogień, który służył jednocześnie do oświetlenia i ogrzewania. Ta ciągła zmiana miejsca w życiu koczowniczym była w tym kierunku niedogodna, gdyż nie zawsze można było nanowo otrzymać ogień. Wskutek czego otrzymany przypadkowo ogień trzeba było umiejętnie podtrzymać na czas dłuższy i strzedz go pilnie, aby nie zgasł. Czczono go więc z uczuciem wdzięczności; z tego zaś powstały zwyczaje religijne, nakazujące podtrzymywanie świętego ognia, które istniały prawie u wszystkich ludów pierwotnych. W tych miejscach gdzie stale wydobywały się z pod powierzchni ziemi gazy palne, zakładano świątynie, jak np. w Baku, nad morzem Kaspijskim, gdzie dziś jeszcze pokazują „święty ogień“. Tam bowiem wydobywają się zaraz z piasku nadmorskiego gazy oleju skalnego, skoro tylko zagłębimy w ziemię długą łaskę zaostrzoną na końcu.

Trudności, napotykanne przy rozniecaniu ognia, zostały usunięte przez zaprowadzenie stałego paleniska, które ulegało pewnym zmianom przez stopniowe ulepszenie. Najpierw otaczano ognisko naokoło kamieniami, gdyż spostrzeżono, że w ten sposób drzewo lepiej się pali i rozgrzane kamienie lepiej i dłużej podtrzymują ciepło. Następne ulepszenie zaprowadzono przez wykopanie zagłębienia, które było wyłożone i przykryte gorącymi kamieniami. Potrawy umieszczone tam pozostawały przez czas dłuższy wystawione na szybkie działanie suchego gorąca bez dymu; taki sposób przygotowania mięsa używany jest bardzo chętnie przez wiele ludów pierwotnych, a także i ten jeszcze, przy którym mięso wkładają do gorącego popiołu. Dla zabezpieczenia paleniska od deszczu wznoszono z początku nad niem tylko górne pokrycie, później zaś urządzano osobne dla niego pomieszczenie. Dla uniknięcia zbyt dużego dymu urządzano przenośne kosze ogniowe, w których rozniecano ogień, i wnoszono je dopiero wtedy, gdy w nich pozostały tylko rozpalone węgle.



Pieczenie chleba w XIV wieku.

Według „Kroniki świata“ Rudolfa z Ems.

Następnie powzięto myśl, ażeby zaprowadzić takie urządzenie, w którym znajdowałyby się droga do usuwania dymu nazewnątrz. W dachu nad ogniskiem zrobiono szeroki otwór, który następnie zmniejszono, skoro spostrzeżono, że przez to powiększa się ciąg powietrza, oddziaływający dodatnio na ogień. Dla lepszego wyzyskania miejsca umieszczano zwykle palenisko przy ścianie bocznej, a dym wyprowadzano za pomocą kanału, idącego od ogniska na dach, czyli urządzano kanał dymowy, będący niejako początkiem dzisiejszego komina. Później dla paleniska wyrabiano w ścianie zagłębienie, nad którym przymocowywano półokrągły dach lejkowaty; to była tak nazywana „caminata“ ósmego stulecia.

Od tego czasu pod nazwą „kemenâte“ pojmoowało się komnatę ogrzewaną, a pod nazwą „camera“ rozumiano komorę, to jest miejsce nieogrzewane. Palenisko utrzymywało się przez długi przeciąg czasu w tem pierwotnem urządzeniu, zmieniano je tylko pod względem zewnętrznym stosownie do upodobania i nazywało się u nas kominem, w Anglii chimney, a we Francji cheminée. Dalsze zmiany polegały głównie na zaprowadzeniu w ścianie wyciągu dla dymu i urządzeniu odpowiedniego komina, — który był wynaleziony w początkach wieków średnich.

Dotąd na kominie palono drzewem, garnki zaś ustawiano nad ogniem na trójnogach, lub na prętach żelaznych, odpowiednio umocowanych w ściankach. Tymczasem wzrastała ciągle cena materiałów opałowch, zaczynało braknąć drzewa, jednocześnie rozwinął się przemysł żelazny. Lecz jeszcze w XVIII stuleciu wprost niechętnie używano węgla kamiennych do kuchni, dopóki nie zostało do tego celu odpowiednio urządzone palenisko kuchenne. Zaprowadzono wtedy nad ogniem płytę żelazną z otworami okrągłemi, przykrywanemi za pomocą odpowiednich pierścieni i denek żelaznych. Węgla nakładano na ruszta żelazne a gazy wytworzone podczas palenia i dym, krążyły po kanałach i wychodziły do komina. Było to palenisko ekonomiczne, z niego później powstały kuchnie angielskie obłożone kaflami, w których ognisko było otoczone ściankami z cegły.

Następnie spotykają się bardzo często piece żelazne, lub zrobione z blachy żelaznej, obłożone na zewnątrz dla ozdoby kaflami, lub płytkami szklanemi albo marmurowemi. W celu zabezpieczenia od zbytznego rozgrzewania ścianki zewnętrzne tych pieców były wyłożone wewnątrz cegłą; budowano także przenośne kuchenki o podwójnych ściankach z izolacyjną warstwą powietrza. Kuchenki takie używane są bardzo chętnie, szczególnie w tych miejscowościach, gdzie mieszkania nie posiadają stałej kuchni.

Kuchnie angielskie, mające szerokość większą niż  $\frac{3}{4}$  metra nie są bardzo wygodne, gdyż duże płyty żelazne łatwo pękają, a nadto przez szczeliny, jakie się tworzą przy licznych otworach płyty, napływa zawiele powietrza zimnego, działającego szkodliwie na ciąg komina.

W okolicach obfitujących w węgiel brunatny używają kuchen, w których zamiast rusztów urządzone są zagłębienia, zwane popielnikami. Węgla brunatne palą się tu łatwo, tlą się bardzo długo, wymagają małej obsługi

i uwagi i są odpowiednie do wytwarzania nieustannego, umiarkowanego gorąca. Wszystkie te jednak urządzenia zużywają korzystnie zaledwie 5—10% teoretycznej wartości opałowej węgla!

Wskutek tego w czasach obecnych bardzo często zamiast węgla kamiennych i koksu używają do opalania kuchen gazu oświetlającego, gdyż gotowanie na gazie jest daleko czystsze a przy zastosowaniu racjonalnem jest conajmniej również tanie, jak za pomocą węgla kamiennych. Mieszanka gazu i powietrza pali się bez zapachu i sadzy; obecność więc dymu wskutek zupełnego spalania gazu jest zupełnie usunięta; płomień gazu można bardzo łatwo regulować, robiąc go większym lub mniejszym stosownie do potrzeby. Jedyną niedogodność mają powyższe kuchnie gazowe podczas zimy, gdyż do ogrzewania pomieszczenia kuchennego należy używać węgla kamiennego, jeżeli niema naturalnie ogrzewania centralnego.

Bywają także kuchenki opalane za pomocą nafty lub spirytusu. Zasada dla obu jest jednakowa. Mają palniki z knotem lub bez niego; w nich płyny powyższe, ogrzane przez mały płomień, zamieniają się na gazy, które po zmieszaniu z powietrzem zapalają się i tym sposobem wyzyskuje się cała ich teoretyczna wartość cieplikowa: przy odpowiednim ustawieniu dają płomień również bez zapachu i sadzy. Kuchenki elektryczne, są to piecyki z opornikami, w których zastosowano własność prądu elektrycznego do silnego nagrzewania cienkich drutów. Pod względem czystości należy je postawić na pierwszym miejscu, mogą być także łatwo regulowane, lecz mało są używane, ponieważ wogóle są jeszcze za drogie; koszt gotowania za pomocą elektryczności jest 8—10 razy droższy, niż przy użyciu węgla kamiennego lub gazu oświetlającego, a 4—5 razy wyższy od opalania kuchenek naftą lub spirytusem.

Wobec postępów, mających na celu ulepszenie palenisk wogóle a kuchennych w szczególności, mogła się dalej rozwijać i sztuka przygotowania pokarmów. Już dawniej używano do potraw różnych materiałów, jak saletry, węglanu amonji, kamienia winnego i innych, nie znając wszakże przyczyn ich skuteczności; przygotowywanie potraw bowiem odbywało się wyłącznie według przepisów, a trafność ich zastosowania stwierdzało tylko codzienne użycie i nabyte doświadczenie. Dopiero w czasach najnowszych starają się zgłębić przemiany powstające przy gotowaniu i wogóle przy wszelkich czynnościach kuchennych a wyniki tych badań naukowych użytkować przy odżywianiu się ludzi. Wytwory nowe, jak ekstrakt mięsny, a także chemikalja czyste, jak kwas salicylowy, wprowadzono do kuchni, gdyż przekonano się, że przygotowanie potraw zyskuje przez zastosowanie powyższych środków.

Bardzo wiele ze starych doświadczeń, zdobytych drogą praktyczną, znalazło potwierdzenie naukowe, znane powszechnie fakty — ich objaśnienie. Dotyczy to przede wszystkim gotowania i pieczenia. Obie te czynności zależne są od temperatury: podczas gotowania w wodzie, przy użyciu nawet najsilniejszego ognia, w otwartem naczyniu można osiągnąć tylko temperaturę



wrzenia, t. j. 100° C.; przy pieczeniu zaś otrzymujemy znacznie wyższą, gdyż używane do tego tłuszcze wrą przy wyższej temperaturze.

Różnica, jaka zachodzi pomiędzy mięsem gotowanym a pieczonym polega na tem, że przy nalaniu na mięso wody zimnej, znajdujące się w niem białko, zanim zdąży się ściąć, rozpuszcza się w wodzie i przechodzi do niej; a gdy woda wreszcie zacznie wrzeć, to mięso już utraciło znaczną część swych materji pożywnych; woda zaś zawiera w sobie białko i sok mięsny i jako rosół stanowi potrawę smaczną i pożywną. Przy pieczeniu mięso kładzie się na wrzący przy wyższej temperaturze tłuszcz; białko ścina się natychmiast na powierzchni mięsa i nie dozwala aby substancje odżywcze wydostały się z niego nazewnątrz. Pod wpływem wysokiej temperatury płyny, znajdujące się w komórkach mięsnych zamieniają się na parę, która rozsadza ścianki komórek i czyni mięso pulchnem i miękiem. Na powierzchni mięsa tworzą się produkty suchej destylacji, które nie mogą się wytworzyć przy gotowaniu w wodzie; produkty powyższe nadają skórcie pieczeni ów smak charakterystyczny.

Bardzo wiele potraw może być przygotowanych, jeżeli przez czas dłuższy zastosujemy temperaturę niższą od 100° C. W tym celu urządzone są „aparaty kuchenne“, w których potrawa gotuje się nadanem jej raz ciepłem; składają się one ze zbiornika, ścianki którego są zabezpieczone za pomocą złych przewodników ciepła, jak puch, wełna drzewna, wata, lub pilśni. Do takiego zbiornika wstawia się garnek z wrzącą zawartością, gdzie w ciągu 4—5 godzin podtrzymuje się prawie bez spadku ta sama temperatura i potrawa zostaje ugotowana bez dalszego zużycia materiału opałowego.

Pieczenie chleba zasadza się na przemianie krochmalu na dekstrinę i cukier, który pod wpływem zaczynów fermentacyjnych (drożdże albo ciasto kwaśne) rozpada się na spirytus i gaz węglowy. Własność gąbczasta chleba i każdego innego pieczywa pochodzi od wywiązujących się w nim par wodnych i spirytusu, a także i od gazu węglowego i dlatego obecnie dodają do ciasta takie ciała, które pod wpływem gorąca, wytwarzanego w piecu piekarskim, rozkładają się i wydzielają gazy; przeważnie używają do tego celu węglanu amonu, lub araku, zawierającego w sobie dużo spirytusu.

Proszki, używane często przy pieczeniu ciasta, jak np. dwuwęglan amonu, zawierają przeważnie takie ciała, które pod wpływem gorąca ulegają rozkładowi i wydzielając gaz węglowy, pomagają do wzrostu ciasta.

Przechowywanie środków żywności doprowadzone zostało w ostatnich czasach do wysokiego stopnia doskonałości. Ażeby być niezależnym od pór roku, należy prawie wszystkie materiały żywnościowe przechowywać umiejętnie, gdyż inaczej pod wpływem powietrza wilgotnego lub też pod działaniem bakterji, przechodzą one przy temperaturze wyższej ponad 0° w stan fermentacji. Najlepszym środkiem konserwującym jest przechowywanie materiałów spożywczych w niskiej temperaturze, mającej od 3—4° zimna; ponieważ jednak taką temperaturę utrzymać można korzystnie tylko

w wielkich chłodniach, przeto do przechowywania zapasów domowych, jako środki konserwujące używane bywają: solenie, peklowanie, wędzenie, suszenie i oddziaływanie wreszcie za pomocą środków chemicznych. Przez peklowanie i solenie mięsa zostaje z powierzchni jego odciągnięta woda, sól zaś i saletra zapełniają pory mięsa, wskutek czego dostęp powietrza wilgotnego wewnątrz jest bardzo utrudniony. Jednakże materje odżywcze, znajdujące się w mięsie przy tym sposobie konserwacji tworzą z solami pewne związki, tak, że wartość odżywcza takiego mięsa staje się znacznie mniejszą. Wędzenie oprócz powyższych przymiotów ma jeszcze tę zaletę, że po większej części zabija bakterje chorobotwórcze. Przez suszenie mięsa,



**Pasteryzowanie mleka w centralnym zakładzie mleczarskim w Kopenhadze.**

Według rysunku W. Pape.

owoców i jarzyn osiągamy zupełne usunięcie zawartej w nich wody. Układanie jaj w wodzie i mleku wapiennem ma na celu zasklepienie por skorupy jajka, przez co dostęp powietrza jest zatamowany. Przechowywanie owoców w naczyniach hermetycznie zamkniętych ma to samo znaczenie, gdyż znajdujące się w takich puszkach bakterje zostają zabite przez ogrzanie zawartości do temperatury najmniej 100° C. a dostęp z zewnątrz powietrza wilgotnego jest zupełnie wstrzymany; dodatek cukru w znacznej ilości jest także bardzo użytecznym w tym względzie, gdyż roztwory skoncentrowane cukru nie ulegają fermentacji pod działaniem czynnika drożdżowego.

Bardzo wielkie znaczenie ma także dobre przechowywanie mleka. Fermentację mleka sprowadza lasecznik kwasu mlecznego, który przy temperaturze 20—30° C. zamienia cukier mleczny na kwas mleczny, następuje wydzielanie się sernika, mleko zaś kwaśniej i staje się trudniej strawnem. Dla zabicia lasecznika kwasu mlecznego, poddaje się mleko pasteryzacji, t. j. nagrzewa się je do 65 — 70° C. i następnie ochładza się szybko, ażeby pozostał w niem smak surowego mleka. Ponieważ pasteryzacja mleka wykonywa się w zakładach mleczarskich, więc mleko, przeznaczone na pokarm dla dzieci musi ulegać ponownej konserwacji, którą najlepiej wypełnia przyrząd Soxletha. W tym przyrządzie mleko w ciągu półgodziny do całej godziny nagrzewa się do 100° bez przystępu powietrza; jednokrotne bowiem zagotowanie — z obawy aby się nie przypaliło — nie jest nigdy wystarczającym.

Konserwację mleka można wykonać jeszcze innym sposobem, mianowicie przez zagęszczenie; przy tem postępowaniu usuwa się z mleka całą zawartość wody, wynoszącą około 88 procent, a resztę z dodatkiem cukru trzcinowego zagęszcza się przez nagrzewanie. Mleko zagęszczone przechowuje się doskonale bardzo długo i używa się po rozprowadzeniu pięciokrotną ilością wody jak świeże mleko.

Trudność, jaką przedstawia konserwowanie masła i zachowanie go przez czas dłuższy w stanie świeżym bez zmiany smaku a następnie stale wzrastająca cena na dobre masło, zwracała już oddawna uwagę i wskazywała na to, ażeby wyprodukować odpowiedni surogat, któryby przynajmniej w kuchni mógł zastąpić masło naturalne. Najlepszym w tym względzie środkiem zastępczym okazała się margaryna, przygotowana z tłuszczu wołowego i mleka w 1869 roku z inicjatywy Napoleona III, która jako środek odżywczy doznała znacznego rozpowszechnienia. Margaryna pochodząca z wielkich zakładów fabrycznych, przygotowana jest nadzwyczaj czysto i nie ma żadnej zasady, ażeby jej nie używać jako masła do potraw.

Zalecane są także chemiczne sposoby konserwacji i często je stosowano przez użycie kwasu siarkawego, boraksu, chloralhydratu, kwasu salicyłowego i karbolowego; środki powyższe ochraniają i zabezpieczają więcej lub mniej dobrze, posiadają jednak tę niedogodność, że w mięsie pozostaje ich smak i zapach.

W takim konserwowaniu środków żywnościowych widocznym jest wpływ chemji na kuchnię dzisiejszą; nie tylko powiększyła się ilość smacznych i zdrowych potraw, lecz przygotowanie dawniej już znanych zostało ulepszone i rozpowszechnione. Miód np. jest jednym z dawniejszych przyjemnych napojów; jako materiał zasadniczy dla jego wyrobu służy miód pszczelny, który z powodu znacznej zawartości cukru przechodzi proces fermentacji dopiero po dodaniu odpowiedniej ilości wody. Również dawnym napojem ludów kaukazkich jest kumys, wyrabiany z mleka kłaczy tamtejszych i kefir sporządzany przez tatarów z mleka krowiego, wprowadzonego w stan fermentacji za pomocą grzybków kefirowych.

Indianie południowej Ameryki przygotowują dziś jeszcze chikę z kukurydzy, a meksykanie tepachę z trzciny cukrowej i pulkę z soku liści agawy. W krajach gorących od czasów najdawniejszych znano uprawę latorośli winnej i przyrządzanie wina z winogron.

Wszystkie te napoje, wyżej wymienione zawierają w sobie, jako silnie oddziaływającą część składową, spirytus, który z materiałów pierwiastkowych, jak krochmal lub cukier, powstaje pod wpływem fermentacji. Upodobanie ogólne w tych napojach alkoholowych ze względu na ich orzeźwiający i podniecający działanie na nerwy, sięga w bardzo odległe czasy i było powodem do starań, mających na celu zbadanie przejawów przy tworzeniu się alkoholu i fermentacji. Poznano, że fermentacja — z małymi wyjątkami jak np. przy wyrobie moszczu winnego, gdzie fermentacja odbywa się swobodnie i nazwana jest naturalną — rozwija się w obecności drożdży, będących pewną formą w rozwoju grzybka drożdżowego, i próbowano także wyrabiać z innych owoców napoje spirytusowe. Tym sposobem otrzymano dziś tak bardzo rozpowszechnione wina owocowe, jak wina wyrabiane z porzeczek, agrestu, jabłek i t. p. Nawet egipcjanie starożytni wiedzieli, że z jęczmienia można było także wyrabiać napój upajający; pochodzenie więc piwa sięga czasów bardzo odległych. Gdy jęczmień zaczyna kiełkować, to krochmal znajdujący się w nim pod wpływem fermentu, zwanego „diastazą“ przechodzi w cukier. Na tym przejawie polega warzenie piwa, które posiadając pożywne ekstrakty słodowe, służy zarazem jako środek odżywczy. Różnica, zachodząca między drożdżami piwnymi i winnymi została spożytkowana do wyrobu wina Maltona, przy którym wyciąg słodowy poddany został fermentacji w obecności drożdży winnych.

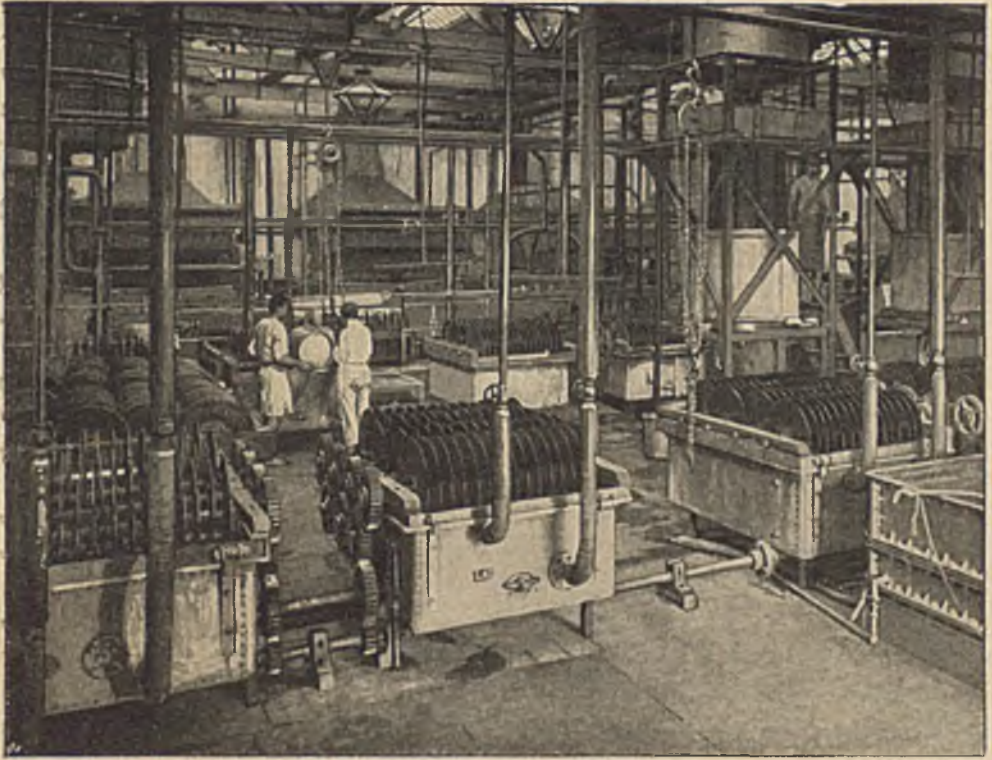
Wskutek zbadania własności spirytusu okazało się możliwym otrzymywać go w znacznych ilościach i oczyszczać za pomocą destylacji, co znów dozwoliło na rozwój fabrykacji likierów, wyrobu perfum i na zastosowanie spirytusu do palenia i oświetlenia.

Ilość napojów nie zawierających spirytusu zaczęła powoli także wzrastać; oprócz buljonu zaczęto używać herbaty i kawy, których podniecające działanie jest skutkiem znajdującej się w nich teiny. W 1520 roku przywieziono do Europy pierwsze ziarna kakao; dziś już drzewo kakaowe zaprowadzone jest prawie we wszystkich kolonjach podzwrotnikowych, gdyż zbadano, że ziarna kakao zawierają w sobie duże ilości tłuszczu, białka i krochmalu i uznano je jako nader cenny środek odżywczy. Działanie skuteczne na organizm ludzki przeróżnych wód mineralnych skłoniło chemików do zaprowadzenia wyrobu wód mineralnych sztucznych, w których znajdują się w takich samych stosunkach sole te same, jakie zawierają naturalne wody i działanie ich powinno też sprowadzać podobne skutki.

Na podstawie badań chemicznych wytworzono wiele takich produktów, jakie przedtem uważane były za wyłączny wytwór życia zwierzęcego i roślinnego; powzięto więc myśl, ażeby odżywianie człowieka mogło być uskutecznione za pomocą sztucznie otrzymanych preparatów odżywczych.

Do tego jednak należało naprzód zbadać sam proces odżywiania i skład chemiczny wszystkich materiałów spożywczych, czyli oznaczyć ich wartość odżywczą, gdyż tylko w ten sposób można było właściwie ocenić sam sposób odżywiania i następnie wprowadzić do niego odpowiednie reformy. Ciało człowieka składa się z kości, materji mięśniowej, krwi i tłuszczu; wskutek czynności fizycznej i umysłowej, wskutek wydzielin różnego rodzaju, a także wskutek niezbędnego podtrzymania określonej temperatury, traci ono pewną ilość materiałów, które wprowadzane są do organizmu przez odżywianie i oddychanie. Wszystkie pokarmy naturalne są mieszaniną różnych materji odżywczych: białka, tłuszczu, węglowodanów i niektórych soli mineralnych. Ciała białkowe pochodzenia zwierzęcego zawierają białko w postaci daleko dogodniejszej od roślinnych materiałów odżywczych, posiadających białko związane z masą komórkową; pokarmy mięsne mają w sobie największą zawartość białka, w roślinnych zaś, nawet najbogatszych w białko, jak bób, groch, soczewica, znajdują się przeważnie węglowodany. Tak np. mięso wołowe chude zawiera 89% białka, groch polny przeciwnie 27% białka a 67% węglowodanów. Najważniejszą częścią składową ciał białkowych jest azot, którego węglowodany i tłuszcze nie posiadają wcale. Obok ciał białkowych tłuszcze są najcenniejszymi pokarmami; w krajach zimnych i wobec wytężonej pracy fizycznej należy do organizmu wprowadzać znaczniejsze ilości tłuszczów; tem się objaśniają takie fakty, dlaczego eskimosi używają tak znacznych ilości tranu a mieszkańcy krajów podzwrotnikowych odżywiają się prawie wyłącznie węglowodanami t. j. owocami, ryżem, kartoflami i t. p. Węglowodany należą do ciał łatwo utleniających się, przyjmują tlen i pomagają do wytwarzania tłuszczów. Z soli mineralnych, szczególnie przy pokarmach roślinnych, najpotrzebniejszą dla organizmu jest sól kuchenna, gdyż musi się znajdować w sokach wytwarzanych podczas trawienia, a nadto pomaga do wyrabiania krwi i śliny. Fosforany wapna i węglany wapna są także konieczne do odnawiania kości i zębów. Organizm ludzki potrzebuje również pewnych ilości soli potasowych, magnezjowych i żelaznych; ilość potrzebnego dla organizmu żelaza jest wprawdzie bardzo mała, gdyż wynosi dziennie zaledwie kilka dziesiątych części milligrama, brak jednak i tej nieznaczonej ilości sprowadza blednicę. Jakie znaczenie dla organizmu ma czysta i dobra woda, widzimy z tego, że w ciele człowieka  $\frac{2}{3}$  wagi jego stanowi woda: mózg człowieka zawiera jej 81%, krew 68—70%, a kości 9%.

Człowiek zużywa dziennie 110—140 gramów białka, 50—100 gramów tłuszczu, 400—500 gramów węglowodanów, oprócz wody, soli i różnych przypraw. Wpływ na organizm ludzki przypraw i napojów wysokokowych polega na oddziaływaniu ich na nerwy, na podnieceniu zmysłów, nie pomaga jednak do powiększenia jego sił. O ile stałe i znaczne użycie alkoholu sprowadza pewne osłabienie i przytępienie sił organizmu, o tyle mniejsze jego ilości podnoszą działalność nerwów.



Przygotowywanie ekstraktu mięsnego: przyrządy do zagęszczania za pomocą pary w zakładach Towarzystwa Liebiga we Fray-Bentos.

Według zdjęcia fotograficznego.

Te więc pokarmy mają największą wartość odżywczą, które posiadają takie materiały, jakie są potrzebne do odżywiania organizmu ludzkiego, a oprócz tego posiadają je w takiej postaci, w jakiej wskutek zmian chemicznych najłatwiej mogą być użyte do wytworzenia części składowych ciała ludzkiego. Tym warunkom odpowiada najlepiej pod każdym względem mięso, a najwięcej się do nich zbliża chleb i mleko. Z tego też względu, pomimo wszelkich usiłowań stronników pokarmów jarskich, mięso pozostanie zawsze najodpowiedniejszym pokarmem dla człowieka. Bardzo pożywnymi są także ryby morskie, ponieważ większość ich zawiera więcej białka, jak mięso wołowe lub cielęce. Wartość odżywczą jaj nie jest znaczna, jak to zazwyczaj przypuszczano, gdyż dopiero 9—10 jaj pod względem zawartości tłuszczu i białka są równoznaczne z jednym funtem mięsa i 1½ litra mleka. W białych częściach jajka znajduje się dwa razy więcej białka niż w żółtku, które jednak zawiera więcej tłuszczu. W litrze mleka znajduje się 35 gramów części białkowych, 35 gramów tłuszczu, 45 gramów wodorów węgla w postaci cukru mlecznego i około 900 gramów wody, mleko więc jest doskonałym środkiem odżywczym, jak również i mąka, zawierająca w sobie białko roślinne, krochmal i różne fosforany. Owoce

strączkowe z powodu zawartości azotu są także bardzo pożywne, należy jednak dłużej je gotować, ażeby woda mogła przeniknąć ich skórkowatą powłokę, przyczem zauważyć trzeba, że do gotowania owoców strączkowych woda twarda jest zupełnie nieodpowiednia, należy przedtem dodać do niej dwuwęglanu sodu, ażeby rozpuszczone w wodzie twardej wapno wydzielić w postaci nierozpuszczalnego osadu węglanu wapna. Dodatek octu sprawia, że legumina, specjalny rodzaj białka roślinnego, staje się rozpuszczalną i wskutek tego łatwo strawną. Owoce i jarzyny posiadają wprawdzie wartość odżywczą mniejszą od mięsa dobrego, są jednak materiałami spożywczymi bardzo ważnymi w skutek tego, że zawierają względnie duże ilości soli, szczególnie soli potasowych i żelaznych.

Częste spożywanie cukru w dużych ilościach może do pewnego stopnia spowodować szkodę dla organizmu, gdyż usuwając niejako potrzebę spożywania pokarmów, obfitujących w sole potasu, wapnia i żelaza, a nie mając w swym składzie soli wapiennych niezbędnych do odnawiania materji zębowej, nie dostarcza organizmowi odpowiednich materiałów; mechaniczne zaś rozcieranie cukru lub powstające z niego związki kwaśne nie wywierają na zęby działania szkodliwego.

Jako następstwo dokładnego poznania czynności odżywiania i wartości odżywczej środków spożywczych, wyprodukowane zostały preparaty pokarmowe, poczęści takie, które są jedynie zagęszczeniem naturalnymi środkami spożywczymi, poczęści zaś są wytworzone sztucznie. Do pierwszych należy ekstrakt mięsny, mączka i konserwy mięsne, następnie idą takie preparaty, które pomagają do rozpuszczania białka, jak pepsyna, lub też zawierające białko w postaci łatwo rozpuszczalnej, jak pepton, pepton mięsny, albumoza, somatoza, zawierająca na 10 gramów 8 białka rozpuszczalnego i tropon przyrządzany z domieszką siodu i żelaza. Wzamin użycia węglowodanów zalecane bywają różne produkty, jak sucharki odżywcze, tak nazywana mączka dla dzieci i rozmaite ekstrakty siodowe. Sacharyna jest najczystszejszym produktem chemicznym, zastępującym cukier, gdyż jest 400 razy słodsza od cukru krystalicznego; nie ma żadnej wartości odżywczej, dla zdrowia jest nieszkodliwą zupełnie a zalecaną bywa w chorobie cukrowej.

Przy dalszym rozwoju chemji zaczęły coraz częściej występować fałszowania środków spożywczych. Surowe mięso zabarwiają karminem lub safraniną, albo też starają się w niem wywołać naturalny kolor za pomocą podsiarkonu potasu, co jest bardzo szkodliwe, gdyż wywiązujący się z tego kwas siarkawy oddziałuje na błony żołądkowe i spowoduje choroby. Mleko także podrabiają różnemi sposobami, zawsze jednak starają się doprowadzić je do tego stanu, ażeby ciężar właściwy takiego płynu był równy 1,029, t. j. ciężarowi właściwemu mleka naturalnego. Masło bywa także podrabiane już to przez niezupełne usunięcie z niego maślanki, już to przez domieszkę wody i zabarwienie orleanem. Kawę surową, jeżeli została zamoczona przez wodę morską, najpierw odbarwiają zupełnie za

pomocą wody wapiennej i następnie farbują barwnikami anilinowemi. Często także do kawy surowej dodają ziarna kawy sztucznie przygotowana z materiałów, nie mających nic wspólnego ze składnikami kawy naturalnej.

Chemji też stawiano zarzut, że przez swe wynalazki przyczynia się do wyrobu falsyfikatów. Zarzut to niesłuszny, bo każdy sposób na podrabianie pociąga za sobą zaraz metodę, dającą możność do jego rozpoznania.

Bardzo często trafiają się zatrucia wskutek użycia materiałów spożywczych zepsutych lub przygotowanych nieodpowiednio. Tutaj dla chemików otwiera się obszerne pole do badań w celu wynalezienia na każde zatrucie osobnego antydotu czyli odtrutki. Zasada odtrutek polega na tem, ażeby związki trujące zamienić przy pomocy odpowiedniej reakcji chemicznej na sole nierozpuszczalne, które w postaci osadów mogą być z organizmu usunięte, lub też na związki dla zdrowia nieszkodliwe.

## II. Ogrzewanie.

Urządzenia ogrzewalne zależne są od materiału opałowego. Wartość materiału opałowego t. j. jego wartość cieplikowa jest tem większa, im więcej zawiera on węgla, podlegającego zupełnemu spalaniu przy odpowiednim dopływie tlenu z powietrza, to jest każda cząsteczka węgla powinna się połączyć z możliwie największą dla niej ilością cząsteczek tlenu. Jeżeli bowiem jedna cząsteczka węgla połączy się tylko z jedną cząsteczką tlenu, powstaje gaz trujący, tlenek węgla, a wartość cieplikowa materiału opałowego wyzyskana będzie zaledwie w  $\frac{1}{2}$  części, gdyż traci się tym sposobem cała ilość ciepła, jaka się wywiązuje przy spalaniu tlenku węgla na dwutlenek węgla, czyli kwas węglowy, składający się z jednej cząstki węgla i dwóch cząstek tlenu. Każdy rodzaj ogrzewania i wogóle każde urządzenie paleniska, przeznaczone do wytwarzania ciepła, musi być tak wybudowane, ażeby doprowadzało do materiału opałowego odpowiednią ilość powietrza, zawierającą potrzebną do spalania ilość tlenu; nadmiar bowiem powietrza obniża temperaturę płomienia i zmniejsza czynność ogrzewania, wskutek tego w piecach nowszej konstrukcji do paleniska doprowadza się powietrze już podgrzane. Największa teoretycznie ilość ciepła, otrzymana przy zupełnem spalaniu czyli przy zupełnem połączeniu się z tlenem nazywa się „ciepłem spalania“ i mierzy się jednostką ciepła, ciepłostką lub kalorją. Jak metr jest jednostką miary długości, tak ciepłostka jest jednostką ilości ciepła, jaka jest potrzebną do podniesienia temperatury o  $1^{\circ}$  C. w jednym kilogramie wody.

Najważniejsze materiały opałowe są: drzewo, torf, węgiel brunatny, węgle kamienne i antracyt, ten ostatni jest najczystszy z materiałów opałowych naturalnych. Za pomocą suchej destylacji drzewa lub węgla kamiennego można z nich wydzielić część węgla i przerobić na inne



produkty, mające także duże znaczenie w przemyśle; wskutek tego do materiałów opałowych doliczyć należy węgle drzewne i koks, otrzymywany w czasach ostatnich z węgla kamiennych.

Drzewo było najdawniejszym materiałem opałowym; zawiera dużo wody i popiołu, składającego się przeważnie z soli potasowych; przy 12% zawartości wody wytwarza przy spaleniu jednego kilograma tylko 4 000—4 500 ciepłostek, najmniej wytwarza dąb, a coraz więcej stopniowo: buk, jesion, brzoza, najwięcej jodła i sosna; węgle drzewne dają już 7 000—8 000 ciepłostek. Torf, jako materiał opałowy, używa się przeważnie w tych miejscowościach, w których znajdują się duże jego pokłady. Ponieważ torf właściwie suszony na powietrzu zawiera jeszcze dosyć znaczny procent wody i zmienne ilości popiołu, to jego wartość cieplikowa dochodzi zaledwie 3 000—5 000 ciepłostek. W ostatnich czasach próbowano wyrabiać cegielki torfowe (brykiety) i używać je na opał, lecz stosunkowo do wartości cieplikowej dosyć znaczna ilość popiołu mineralnego dozwala używać cegiełek torfowych tylko w miejscowościach niezbyt odległych od miejsca ich wyrobu. To samo stosuje się i do węgla brunatnych, jakkolwiek ich wartość cieplikowa dochodzi do 6 000—7 300 ciepłostek. Zastosowanie węgla kamiennych do opału znane jest od dawnych czasów, obecnie są najwięcej rozpowszechnionym materiałem opałowym. Mają też różną wartość cieplikową; węgle kamienne, posiadające dużo popiołu, przy spaleniu jednego kilograma dają 6 000, lub nawet mniej; tak nazywane „tłuste węgle“ dają do 9 260 ciepłostek. Im tłusciejsze są węgle kamienne, tem więcej z nich można za pomocą koksowania, czyli suchej destylacji, wydzielić związków węglowodorowych, które są punktem wyjścia dla przemysłu smoły węgla kamiennego. Pozostały od tej fabrykacji koks, mający 7 000—8 000 jednostek ciepła, jest bardzo dobrym materiałem opałowym. Cegielki albo brykiety z węgla kamiennego lub brunatnego, wyrobione w prasach pod dużym ciśnieniem, są ulubionym materiałem opałowym dla użytku domowego, ponieważ oddzielają bardzo mało pyłu węglowego, posiadają prawidłowy kształt, wskutek czego ułatwiają kontrolę i wymagają do ułożenia mniejszej stosunkowo przestrzeni. Najlepszym materiałem opałowym jest antracyt, mający 94% zawartości węgla; spala się prawie bez dymu. Oprócz powyższych materiałów opałowych stałych, w czasach ostatnich zaczęto stosować do ogrzewania mieszkań przy pomocy specjalnych pieców także opał płynny, naftę i spirytus, a nawet gaz oświetlający.

Płomień palącego się drzewa był początkiem stosowania go do ogrzewania mieszkań ludzkich, służył on jednocześnie w owych czasach do oświetlania i przygotowania pokarmu. Urządzenia specjalnych palenisk do ogrzewania mieszkań ludzkich znane są także od bardzo dawnych czasów; domy niektórych znakomitszych rzymian posiadały ogrzewanie przy pomocy ciepłego powietrza, urządzenia owe przypominały dzisiejsze ogrzewanie centralne ciepłem powietrzem. Kadzie przenośne ogniowe i także same kosze napełniane gorejącymi węglami oddawna już były w użyciu. Istotne

jednak ogrzewanie mieszkań ludzkich w znaczeniu dzisiejszem mogło być zaprowadzone dopiero wówczas, kiedy nauczono się budować kominy wyciągowe i z ich pomocą usuwać dym z mieszkania; pierwotny więc kształt komina z wieków średnich jest zaczątkiem pieca pokojowego. Zauważono wkrótce, że takie duże i otwarte kominy pochłaniają bardzo znaczne ilości materiału opałowego, nie dając odpowiedniej korzyści i przystąpiono zaraz do urządzenia osobnego pieca, zamykanego, z którego dym był wyprowadzany za pomocą kanałów do komina. Wykonywano je albo z gliny, albo żelaza, którego przewodnictwo ciepła i warunki obróbki wpłynęły na rozwój kształtów, odznaczających się różnaitością i ozdobami. Budowanym z gliny piecom kafłowym musiano nadawać znaczne wymiary; piec żelazny wprowadzony dopiero w XIV wieku, był wykonywany w takiejże formie jak i kafłowe, dzisiaj jeszcze znajduje zastosowanie i znany jest pod nazwą pieca armatniego. Ponieważ żelazo przenosi pręcej swoje ciepło na powietrze otaczające, to piece żelazne najstarszej konstrukcji nie posiadały żadnych kanałów a wytworzony w nich z materiału opałowego dym uchodził wprost do komina rurą, stanowiącą niejako przedłużenie pieca. Piece kafłowe przeciwnie zaopatrywano już oddawna w kanały dla lepszego zużytkowania ciepła a nadto wykonywano je ozdobnie, jako sprzęty upiększające pokoje. Część górna pieca i gzyms, a także część dolna i podstawa pochodzą z czasów gotyku, w epoce odrodzenia naśladowano więcej starożytne wzory architektury. Do nagrzewania pieców kafłowych używano drzewo, do żelaznych zaś węgiel. Do koksu budowano specjalne piece; w ostatnich jednak czasach budowa pieców żelaznych rozwinęła się bardzo, szczególnie od tego czasu, jak zaczęto używać gazu oświetlającego do ich nagrzewania.

Piece gazowe pokojowe, a także służące do ogrzewania kąpeli znalazły bardzo prędko rozpowszechnienie, ponieważ wytwarzają szybko ciepło, dają się łatwo regulować i przynoszą wyniki znacznej pożyteczności, tak, że z 5300 ciepłostek, jakie wytwarza metr sześcienny gazu, zużywa się pożytecznie 5000 jednostek ciepła. Pod względem wielkości i kształtu bywają bardzo rozmaite a zewnętrzny ich wygląd odznacza się formą estetyczną. Ciągłe jednak ogrzewanie gazem jest znacznie droższem od opalania węglem.

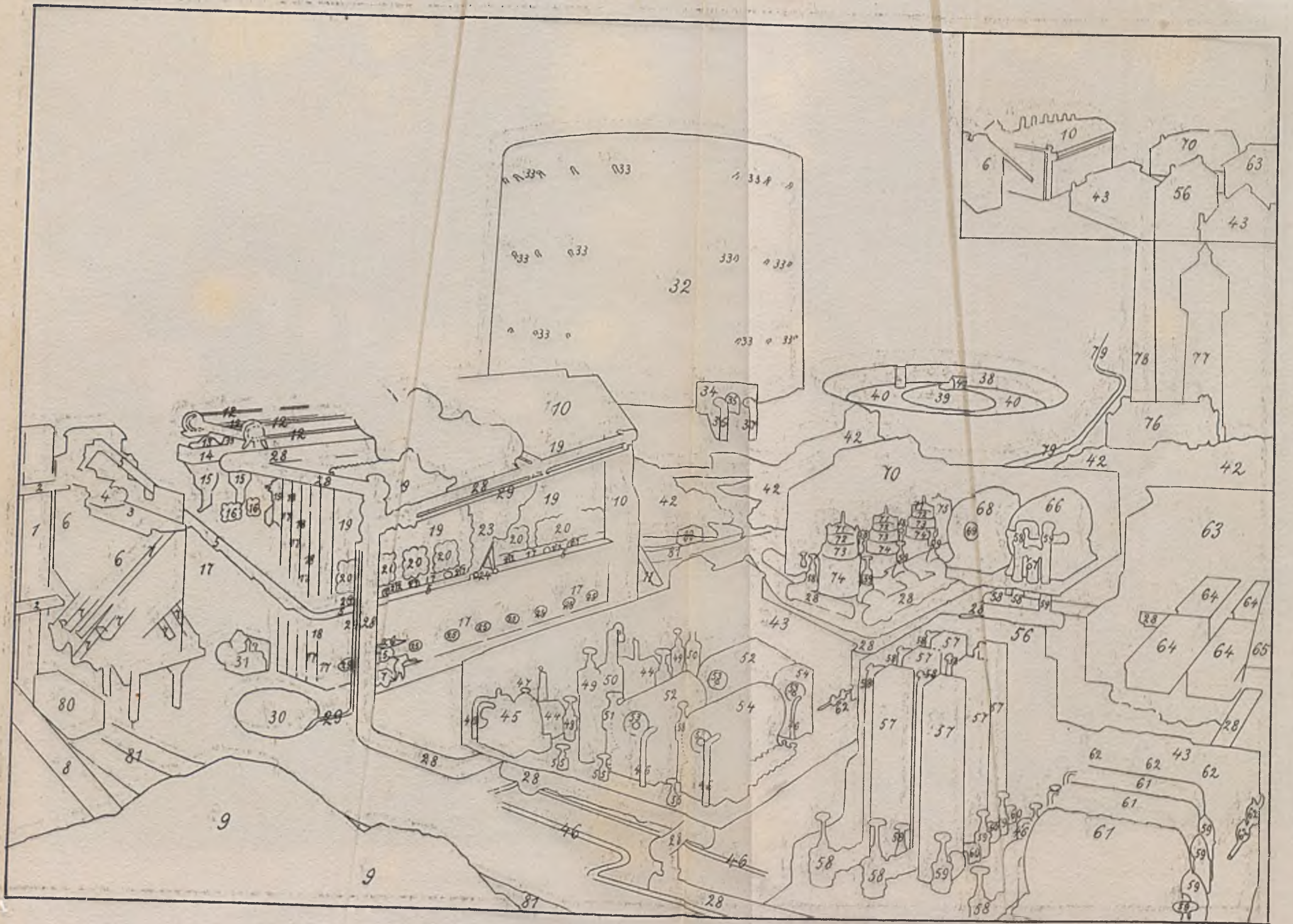
Obecnie nafta i spirytus zaczyna wchodzić w użycie jako materiał opałowy; piecyki do tego celu wyrabiane, są małe, łatwo przenośne i służą przeważnie do lepszego ogrzania takich pokojów, w których np. nie wykończono jeszcze urządzenia centralnego ogrzewania, lub ogrzewanie innym sposobem nie jest jeszcze dostateczne. Konstrukcja powyższych piecyków jest podobna do tej, jaką stosują przy kuchniach naftowych i spirytusowych. Elektryczne ogrzewanie mieszkań przy pomocy lampek żarowych lub oporników drutowych jest bardzo drogie i z tego powodu nie przedstawia dla ogółu żadnego znaczenia.

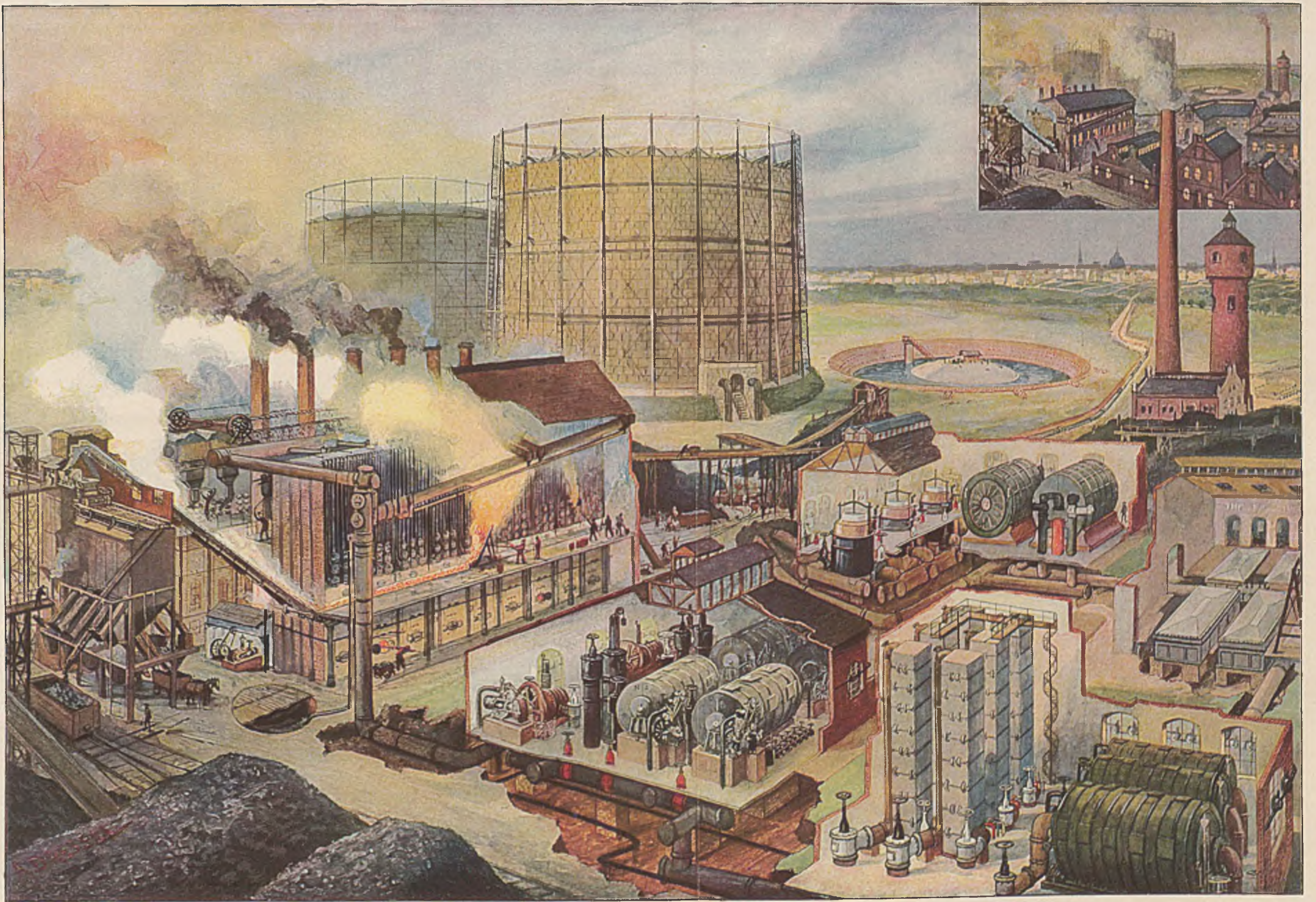
Bardzo wielkim postępem w ogrzewaniu mieszkań odznacza się wprowadzenie pieców ze stałe zasilanem paleniskiem. Posiadają bowiem palenisko z urządzonym zbiornikiem na węgle i osobne urządzenie do wprowadzenia powietrza, dostęp którego reguluje się w ten sposób, że można otrzymać ogrzewanie słabe, lub też odpowiednio mocniejsze. Powietrze dochodzi do materiału opałowego z pod spodu, wskutek czego powstaje bardzo energiczne spalanie. Jako materiał do budowy tych pieców służy przeważnie żelazo, powierzchnia zewnętrzna obłożona jest zwykle bardzo płaskimi kafłami; piece tego rodzaju opalają prawie wyłącznie antracytem, który raz na dzień bywa zasypywany do górnego zbiornika, z kąd stopniowo automatycznie spada na palenisko. Piece te wskutek racjonalnego spalania węgla posiadają bardzo znaczną moc ogrzewalną, nie wydzielają żadnego dymu, mogą być przystosowane do istniejących już pieców kafłowych i przedstawiają dotąd najdoskonalszy sposób ogrzewania mieszkań. Najwięcej rozpowszechnione systemy tych urządzeń są piece Cadégo, Lönholdta, Meidingera, jakoteż piece zenit i iris.

Z ogrzewań centralnych najdawniejszy jest sposób ogrzewania za pomocą ogrzanego powietrza; zasada tego systemu polega na tem, że powietrze zimne przechodzi około powierzchni gorących, które mu ciepło swe oddają i następnie wprowadza się do mieszkania. W ogrzewaniu centralnem wodnem przeprowadza się nagrzaną wodę do mieszkań za pomocą rur żelaznych, które dla powiększenia powierzchni ogrzewalnej zaopatrzone są powierzchniami talerzowemi o większej od rur średnicy (rury żebrowe). Ogrzewanie ciepłą wodą jest najlepsze pod względem zdrowotnym, gdyż przy stałej, nieulegającej raptownym zmianom temperaturze wody następuje także równomierne ogrzewanie powietrza pokojowego; przy ogrzewaniu za pomocą ogrzanego powietrza następują częste zmiany temperatury, które na zdrowie oddziałują szkodliwie. Prócz tego przy ogrzewaniu wodnem rury nie ulegają tak silnemu, jak przy innych systemach, nagrzewaniu, wskutek czego unika się spalania delikatnych cząstek pyłu i kurzu organicznego, zbierającego się na nich i wydającego nieprzyjemną woń, która prawie zawsze towarzyszy przy parowem ogrzewaniu, gdyż tam para w rurach ogrzana jest zwykle wyżej ponad 100° C.

Jakkolwiek ogrzewanie centralne parą lub gorącą wodą odznacza się czystością i jest bardzo dogodne, to ogrzewanie za pomocą pieców ma jednak nad nimi tę wyższość, że przez wprowadzanie do paleniska piecowego powietrza sprowadza nieustanny dopływ zzewnątrz świeżego wilgotniejszego powietrza. Wszystkie systemy ogrzewania centralnego nie mają takiej automatycznej wentylacji, której nie można zastąpić nawet przez odpowiednie urządzenia (parownice z wodą) do nawilżania powietrza pokojowego.

Wzrastające stale zużycie zapasów węgla, złożonych w łonie skorupy ziemskiej zniewala do odkrycia lub do wytworzenia nowych źródeł materiałow opałowych, tem więcej, że przy konstrukcji dzisiejszych pieców zużywamy pożytecznie w najlepszym wypadku tylko 25% wartości cieplikowej

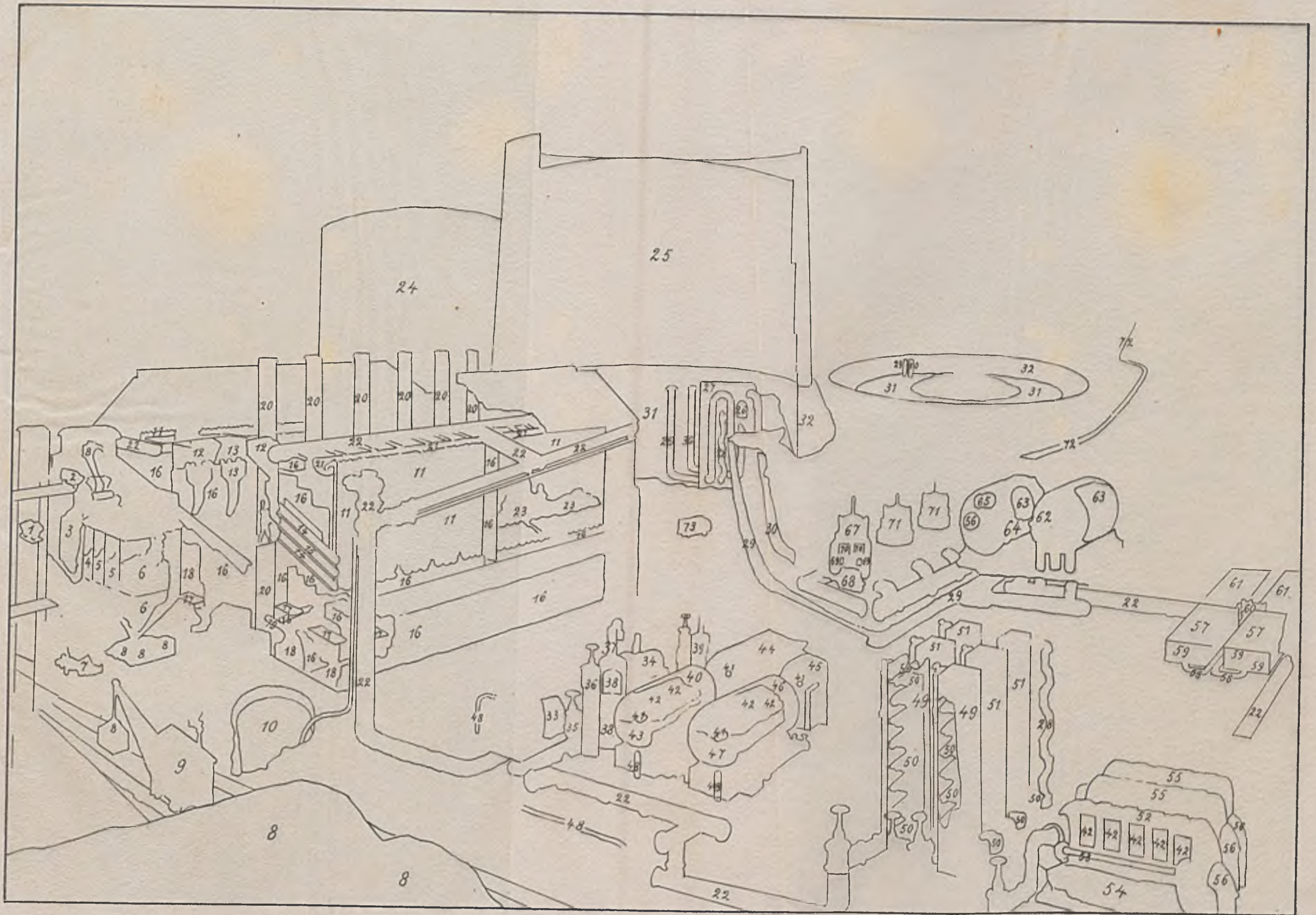


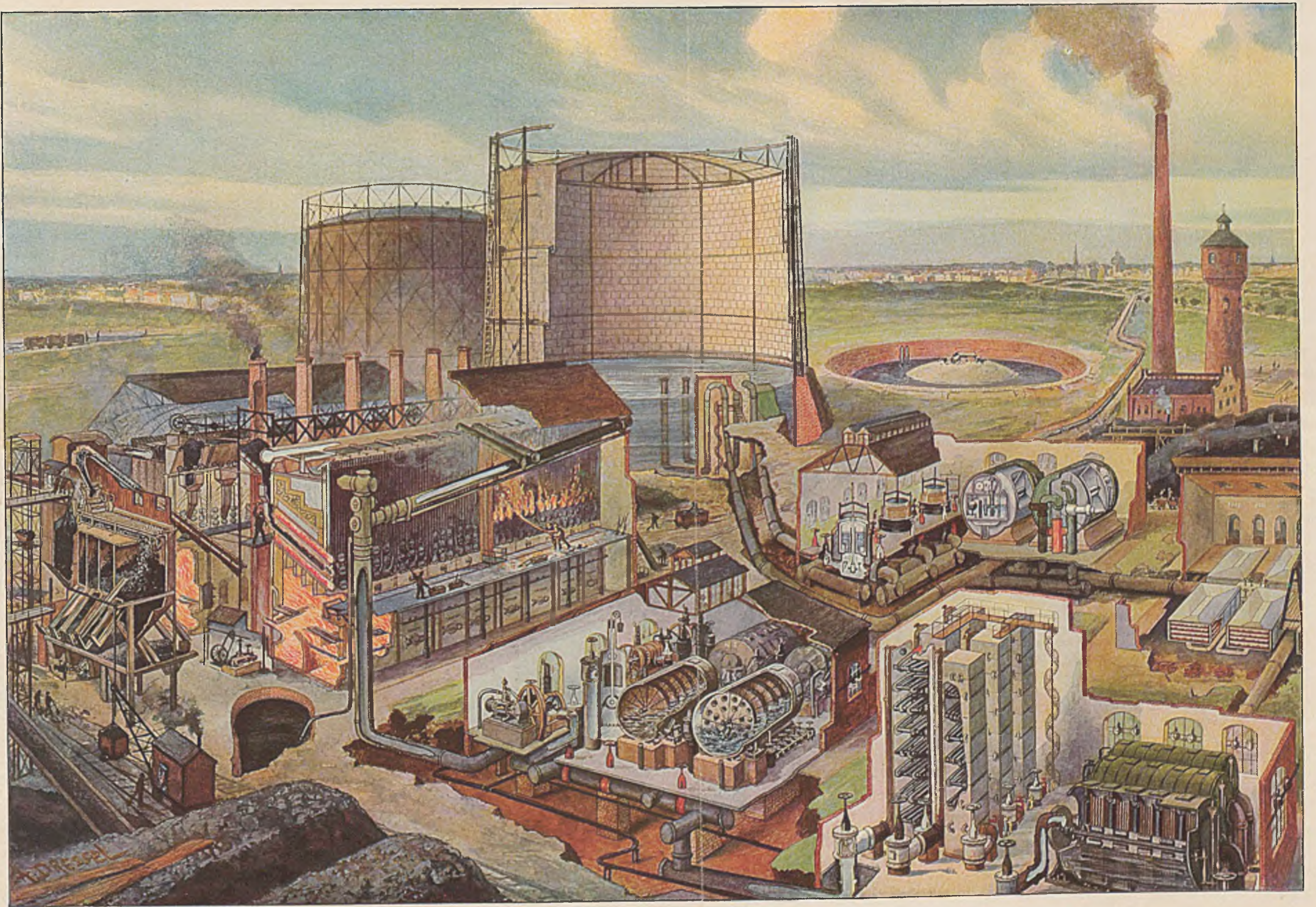


Widok ogólny oraz przecięcie głównych budynków zakładu gazowego. I.

Według akwareli A. Dressla.

- |                               |                             |                                    |                              |                                       |   |   |                                    |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---|---|------------------------------------|
| 1 Winda                       | 10 Budynek retort           | 22 Dysze wodne                     | 32 Zbiornik gazu teleskopowy | 41 Aspirator                          | 54 Plukacz cyanu  | 64 Czyszczałnik (epurator) zamknięty                      | 72 Dzwon obciążający               |
| 2 Kładka                      | 11 Elewator                 | 23 Wypróżnianie retort             | 33 Koła otaczające           | 42 Machina poruszająca                | 55 Wentyle pośrednie  | 65 Żoraw przenośny do podnoszenia pokrywy oczyszczalników | 73 Plywak                          |
| 3 Sito                        | 12 Pas do transportu węgla  | 24 Wózek do usuwania koksu         | 34 Izba rur                  | 43 Przewód pary                       | 56 Budynek ozięblalników  | 66 Gazemetr (od tyłu)                                     | 74 Basen                           |
| 4 Przyrząd do kruszenia koksu | 13 Węgla kamienne           | 25 Drzwiczki do oczyszczania pieca | 35 Wejście do izby rur       | 44 Wentyl dopływowy                   | 57 Ozięblalnik  | 67 Wentyl   | 75 Manometr do mierzenia ciśnienia |
| 5 Brouwera rynna koksowa      | 14 Zbiornik węgla           | 26 Drzwiczki otwarte               | 36 Rura dopływowa            | 45 Wentyl odpływowy                   | 58 Dopływ gazu  | 68 Gazemetr (od przodu)                                   | 76 Budynek kotłowy                 |
| 6 Zbiornik koksu              | 15 Zbiornik węgla z workiem | 27 Wózek do żuzli                  | 37 Rura odpływowa            | 46 Wentyl dopływowy do plukacza smoły | 59 Odpływ gazu  | 69 Tarcza gazemierza                                      | 77 Wieża wodna                     |
| 7 Lejek do opuszczania koksu  | 16 Głowy retort             | 28 Rura główna                     | 38 Zbiornik gazu w budowie   | 47 Plukacz smoły                      | 60 Rury wodne   | 70 Budynek regulatorów                                    | 78 Komin                           |
| 8 Kolej do przenoszenia koksu | 17 Omurowanie ogniotrwale   | 29 Rura odprowadzająca smołę       | 39 Cement                    | 48 Dopływ do plukacza naftaliny       | 61 Plukacz standard   | 71 Regulator ciśnienia mieszkowego                        | 79 Rura gazowa do miasta           |
| 9 Skład koksu                 | 18 Podpory żelazne          | 30 Cysterna smoły                  | 40 Woda                      | 49 Plukacz naftaliny                  | 62 Zewnętrzne oświetlenie gazowe budynków za pomocą reflektorów |   | 80 Wagon                           |
|                               | 19 Rury stojące             | 31 Machina poruszająca             | 41 Szopa                     | 50 Kolo ślimakowe                     | 63 Budynek oczyszczalników                                      |   | 81 Droga żelazna zakładu           |
|                               | 20 Dolne munsztuki retort   |                                    | 42 Skład węgla               |                                       |   |   |                                    |
|                               | 21 Ognisko dolne            |                                    | 43 Budynek przyrządów        |                                       |   |   |                                    |





Przecięcie głównych budynków zakładu gazowego. II.  
Według akwareli A. Dressla.

- 1 Wózek z koksem
- 2 Skrzynia ruchoma do przesypania koksu
- 3 Zbiornik koksu
- 4 Pyl koksowy
- 5 Koks średni
- 6 Koks grubo
- 7 Maszyna poruszająca aparat przesypania
- 8 Koks
- 9 Przenośny żóraw parowy
- 10 Dół do smoly

- 11 Bateria pieców
- 12 Zbiornik węgla (otwarty)
- 13 Zbiornik węgla (zamknięty)
- 14 Retorta w biegu (przecięcie)
- 15 Retorta przy ładowaniu węglem (przecięcie)
- 16 Omurowanie ogniotrwałe
- 17 Ruszt
- 18 Ognisko
- 19 Rura odprowadzająca do kominia

- 20 Komin
- 21 Odbieralnik z zamknięciem hydraulicznym
- 22 Rura główna
- 23 Oczyszczanie rur stojących
- 24 Zbiornik gazu (zamknięty)
- 25 Zbiornik gazu z blachy żelaznej (otwarty)
- 26 Wejście do izby rur
- 27 Izba rur
- 28 Schody kręcone

- 29 Rura dopływowa, prowadząca od gazomierza
- 30 Rura odpływowa, prowadząca do regulatora
- 31 Woda
- 32 Omurowanie
- 33 Aspirator (otwarty)
- 34 Aspirator (zamknięty)
- 35 Wentyl wypuszczający (przecięcie)
- 36 Wentyl odpuszczający do płukacza smoly (przec.)

- 37 Płukacz smoly (przecięty)
- 38 Dzwon
- 39 Płukacz smoly (zamknięty)
- 40 Płukacz nadtaliny (otwarty)
- 41 Wal
- 42 Przedziurawione sito drewniane
- 43 Olej kreozolowy
- 44 Płukacz nadtaliny (zamknięty)
- 45 Płukacz cyanu (zamknięty)

- 46 Płukacz cyanu (otwarty)
- 47 Roztwór wtrytoli żelaz.
- 48 Rura parowa
- 49 Oziębielnik (otwarty)
- 50 Rura wodna
- 51 Oziębielnik (zamknięty)
- 52 Płukacz standard (otwarty)
- 53 Wal do którego przycepi się sito
- 54 Woda
- 55 Płukacz standard (zamknięty)

- 56 Rura odpływowa gazu
- 57 Oczyszczalnik zamknięty
- 58 Dopływ gazu
- 59 Ruda żelazna do zatrzymywania związków siarki
- 60 Wentyl
- 61 Oczyszczalnik (zamknięty)
- 62 Gazomierz od tyłu (otwarty)
- 63 Bęben
- 64 Gazomierz od przodu (otwarty)

- 65 Urządzenie zegarowe
- 66 Pływak
- 67 Regulator (przecięcie)
- 68 Wentyl
- 69 Worek powietrzny
- 70 Woda
- 71 Regulator zamknięty
- 72 Rura od regulatorów do miasta
- 73 Wagon węglami napełniony

węgla; w paleniskach kuchennych procent ten spada do 10%. Z tego względu zastosowano do opalania i ogrzewania naftę, której zapasy w ziemi są tak znaczne, że przetrwać mogą dłużej od zapasów węgla, lecz naturalnie z czasem i one muszą ulec wyczerpaniu. To też sposób zwęglania torfu za pomocą prądu elektrycznego jest tylko nową próbą do zdobycia bardzo ważnego materiału opałowego, który jednakże w stosunku do czasu nie jest niewyczerpanym.

Przeciwnie spirytus jest właśnie takim środkiem, który ciągle może być wytwarzany z kartofli, dopóki będzie istnieć ziemia urodzajna i dobroczynne działanie ciepła słonecznego.

### III. Oświetlenie.

Płonące łuczywo było pierwotnym rodzajem oświetlenia, które przetrwało do wieków średnich, w niektórych zaś okolicach górskich utrzymało się aż do końca zeszłego wieku. Później przygotowywano z żywicy drzewnej lub smoły ziemnej pochodnie do oświetlania, a także używano do tego celu i tłuszcze zwierzęce, pomieszczane w płaskich naczyniach otwartych. W Egipcie były już w użyciu lampy olejne, które stąd były wprowadzone do Grecji i Rzymu. Liwiusz i Plinusz podają w swych pismach, że przy pogrzebach jako pochodnie używano niektórych gatunków trzciny, których rdzeń napajano oliwą; to zdaje się, naprowadziło na myśl wprowadzenia knotów do lamp olejnych i wyrobu świec. Materiałem, z którego wyrabiano świece był z początku воск, chociaż rzymianie już robili różnicę przy użyciu świec woskowych i łojowych i znane im były sposoby białenia wosku. Cesarz Konstantyn w czwartym wieku w wigilję Bożego Narodzenia kazał zwykle całe Bizancjum oświetlać lampami i świecami woskowymi. Wyrób świec w owym czasie odbywał się tym samym sposobem, w jaki przygotowywano je przed stu laty jeszcze i dopiero dzięki wynalazkowi Chevreul'a, chemika francuskiego w 1834 r. wprowadzono świece stearynowe, a w 1850 r. — parafinowe. Rzeczywistą niedogodnością wszystkich świec było uciążliwe obcinanie i oczyszczanie knota, który stojąc pionowo w płomieniu nie ulegał dość szybko spalaniu; zaradził temu dopiero Cambacérès, wprowadzając knot pleciony i napojony boraksami i fosforanem sodu, przez co popiół knota stapia się w perelkę i pomaga do przedszego spalania, odchylając koniec jego na bok płomienia.

W oświetleniu dawnem za pomocą lampy olejnej, w której płomień palił się swobodnie niczem niezastłony, wprowadzono ważne ulepszenie przez zastosowanie cylindra szklanego, gdyż tym sposobem zyskano większy dopływ powietrza do knota, usunięto kopcenie płomienia i wzmocniono znacznie jego siłę świetlną. W XVI wieku miał to zauważyć Leonardo da Vinci, nie wprowadził jednak tego ulepszenia, gdyż obawiał się, że podczas palenia trzeba będzie szkło ochładzać wodą; zastosował je do praktyki aptekarz francuzki Quinquet; później używany przez niego cylinder prosty



został zwięziony nad płomieniem, wskutek czego prąd przyptywającego powietrza skierowany został do zetknięcia się z płomieniem, aby dostarczyć mu potrzebną do spalenia ilość tlenu. Knot także ulepszony został przez nadanie mu formy płaskiej, wskutek czego wytworzyła się większa powierzchnia, ułatwiająca dostęp powietrza, względnie tlenu. Wprowadzony przez Arganda knot rurkowy sprawił jeszcze większe ulepszenie w tym względzie, gdyż tlen powietrza mógł dopływać do płomienia z obu stron t. j. z zewnętrznej i wewnętrznej jego strony.

Dalszy rozwój w oświetleniu nastąpił przez urządzenie lamp ze zbiornikami, które posiadały umocowane z boku skrzyńeczki napełnione olejem do wysokości poziomu knota, następnie używane były lampy przesuwane, zaopatrzone bardzo dowcipnem urządzeniem, które usuwało potrzebę zbyt częstego w poprzednich lampach napełniania zbiornika olejem, potem lampy tłoczkowe Carcela, w których olej podnoszony był do palnika za pomocą specjalnego tłoczka. Podobne urządzenie posiadały lampy z moderatorem Franchota, do których zastosowano także regulatory paryskie.

Około połowy przeszłego stulecia przekonano się, że z węgla brunatnych i łupków bitumicznych można wydestać różne oleje lotne, jak olej parafinowy, fotogen, olej solarowy; przez odkrycie znów ropy ziemnej w Pensylwanji, Galicji i na Kaukazie otrzymano naftę; wszystkie te oleje, jako płyny lekkie mają własność przylegania do włókien bawełnianych, wskutek czego podnoszą się w knocie do góry tak, że w zbiornikach lampowych nie potrzeba już żadnych urządzeń do wznoszenia i wprowadzania materiałów palnych do palnika. Na tej zasadzie zostały urządzone wkrótce najprostsze lampy naftowe. Niektóre zmiany, jakim ulegały powyższe lampy, miały na celu oprócz podwyższenia jasności płomienia uzyskanie zupełnego bezpieczeństwa przy ich użyciu, gdyż nafta źle oczyszczona w razie silniejszego rozgrzania się palnika mogła spowodować wybuch.

Daleko większe znaczenie dla oświetlenia domowego posiada wprowadzenie do użytku gazu oświetlającego, wydobywanego z węgla kamiennych. Dawno już było wiadomem, że z niektórych węgla kamiennych za pomocą suchej destylacji można było otrzymać gaz palny i chemik Becher był pierwszym z tych, którzy starali się gaz, wywiązujący się w pokładach węgla kamiennych, zastosować do oświetlania. W 1739 r. Clayton a w 1786 lord Dundonald zajmowali się badaniem własności powyższego gazu. W tym czasie kiedy Murdoch w Anglji i Le Bon we Francji wykazywali pożytek i możliwość zastosowania gazu z węgla kamiennych do powszechnego oświetlania, w Niemczech przyjmowano ich usiłowania z pewnem niedowierzaniem, nazywając tego rodzaju oświetlenie ironicznie „światłem filozoficznym“.

Pierwszy patent na wytwarzanie gazu oświetlającego z węgla kamiennych otrzymał w Anglji Winsor, w 1825 kompanja Winsorska w Londynie miała już kilka zakładów gazowych, a w 1832 roku długość rur do prowadzenia gazu wynosiła 120 mil angielskich.

Początkowo palniki, przez które gaz wypływał się, były wykonane z metalu, następnie z porcelany, w końcu zastąpione zostały palnikami ze steatytu; pierwotne palniki z otworem okrągłym ustąpiły miejsca innym rozmaicie urządzone, z pośród których najdłużej się utrzymały palniki płaskie i Arganda.

Od czasu, w którym wynalezione zostały elektryczne lampy żarowe nastąpił tak gwałtowny kontrast w porównaniu z natężeniem dawnego oświetlenia gazowego, że technicy, pracujący w tej gałęzi przemysłu, musieli użyć całej energii w połączeniu ze znajomością rzeczy, ażeby doprowadzić do skutku ulepszenie palnika gazowego. W 1885 roku Auer von Welsbach uzyskał patent a po długich badaniach i próbach znalazł w 1891 r. że mieszanina tlenku toru z 1% tlenku ceru w temperaturze, wywiązującej się podczas palenia gazu w palniku Bunsena, wytwarza światło białe bardzo jasne i nadzwyczaj przyjemne dla oka. Tą mieszaniną tlenków toru i ceru nasycają znane ogólnie dzisiaj koszulki żarowe.

Światło niedawno wynalezionej lampy acetylenowej pod względem swego składu zbliża się najwięcej do światła słonecznego i z pośród wszystkich źródeł światła, sztucznie otrzymywanych, najwłaściwsze i najwięcej odpowiednie jest przy odróżnianiu i ocenianiu barwników i kolorów. Z powodu nadzwyczajnej łatwości otrzymywania acetylenu z karbidu wapnia i wody, zbudowane zostały przez osoby niekompetentne liczne przyrządy, które często sprowadzały wybuchy i zaszkodziły chwilowo rozpowszechnieniu światła acetylenowego. Od czasu jednak, gdy specjaliści oznaczyli pewne określone normy dla przyrządów, wytwarzających acetylen i usunęli niebezpieczeństwo wybuchu, oświetlenie acetylenowe bardzo się rozpowszechniło i chętnie jest stosowane.

Jeżeli jednak obok światła gazowego z koszulkami żarzącymi, obok lampki elektrycznej żarowej i światła acetylenowego, lampa naftowa pomimo nieznacznej siły świetlnej jej płomienia, znajduje tak wszechstronne zastosowanie, to zawdzięcza ona głównie temu, że nie jest przytwierdzona stale do jednego miejsca, jest łatwo przenośną a nadto jest w użyciu taną. Te właśnie przymioty lampy naftowej z tem jednak dodatkiem, że otrzymuje się z nich przez zastosowanie koszulek żarowych wielką siłę świetlną, jednoczą się w lampie spirytusowej i to było pobudką do wytworzenia takiego rodzaju lampy naftowej, w którejby znalazła zastosowanie koszulka żarowa.



Dr. Auer Welsbach  
wynalazca światła żarowego.

Widzimy więc, że obecnie w samym urządzeniu oświetlenia zaszła bardzo ważna zmiana; kiedy dawniej w tym celu używano płomienia, powstającego z materiału palnego, obecnie doszliśmy do tego, że aby otrzymać odpowiednie oświetlenie, wytwarzamy ciepło o możliwie wysokiej temperaturze i w niem dopiero wywołujemy żarzenie nitki węglowej w lampce elektrycznej żarowej, lub też koszulki żarowej przy świetle gazowym lub spirytusowym.

Lampka elektryczna posiada tę przyjemną dogodność, że zapala się łatwo i szybko; dogodność tę próbowano wprowadzić i do oświetlenia gazowego za pomocą sposobów chemicznych przez samodzielne zapalanie się i za pomocą elektryczności przez wprowadzenie zapalaczy elektrycznych, działających z pewnej odległości.

Światło elektryczne zastosowano niedawno do oświetlenia pojedynczych pokoi, lecz tylko pod postacią lampki żarowej, gdyż lampy łukowe, posiadające bardzo wielką siłę świetlną, mogą być użyte jedynie do oświetlania większych przestrzeni; w ostatnich jednak czasach urządzone zostały małe lampy łukowe, tak nazywane liliputy, które pozwoliły na użycie tańszego światła łukowego do oświetlania mieszkań. Do tego samego celu zastosowano także lampki Nernsta, zasada urządzenia których polega na tem, że ciała niepalne doprowadzają się za pomocą prądu elektrycznego do wysokiego stopnia żarzenia. Ciekawy jest fakt, który zasługuje na zannotowanie, że konkurencja gazowego światła żarowego z elektryczną lampką żarową, stała się pobudką dla Auera do pracy w tym kierunku i wynikiem jej było urządzenie nowej lampki osmowej, zużywającej daleko mniej prądu do wytwarzania światła, niż zwykle lampki żarowe tantalowe, cyrkonowe i inne, dające bardzo jasne i przyjemne światło.

Wspomnieć tu jeszcze należy o lampie magnezjowej, dającej nadzwyczaj silne, oślepiające światło. Źródłem światła w tej lampie jest wstążka metaliczna magnezjowa, poruszana za pomocą przyrządu zegarowego, który automatycznie wysuwa na zewnątrz taki kawałek wstążki, ile jej potrzeba do utrzymania światła. Zastosować jej jednak ogólnie do oświetlenia nie można, ponieważ koszt światła magnezjowego na godzinę wynosi około 28 kopiejek.

Praca na polu oświetlenia wskazuje nam wyraźnie, że współzawodnictwo w tym kierunku stało się pobudką i zachętą dla wiedzy, ażeby wynaleźć nowe siły przyrody i zastosować je do właściwego użytku; pobudką także była wzrastająca ciągle potrzeba dobrego i zdrowego oświetlenia, dająca możność przedłużenia dnia pracy i uzyskania intensywniejszych zarobków

#### IV. Hygiena.

Zdrowe mieszkanie w czasach dzisiejszych uważane jest za najpierwszy i najważniejszy warunek higieny, a z porównania pierwotnego mieszkania człowieka ze stanem mieszkań dzisiejszych poznajemy dopiero, jak postęp

kultury i wyniki badań naukowych, zastosowanych do życia codziennego, oddziaływały bardzo zbawiennie na polepszenie warunków życia ludzkiego i podtrzymania jego zdrowia.

Pierwsze mieszkania człowieka wywołane zostały potrzebą obrony od wpływów atmosferycznych i od wszelkich niebezpieczeństw zewnętrznych a do urządzenia ich posłużyły naturalne wzory, spotykane w naturze, które naśladowano w sposób rozmaity zależnie od właściwości klimatycznych.

Zagłębienia w ziemi, wytworzone przez samą przyrodę a bardziej jeszcze głębokie jaskinie skaliste były prawdopodobnie pierwotnymi mieszkaniami, ponieważ w nich temperatura podczas skwarów letnich i mrozów zimy małym ulegała wahaniom, szczególnie w silnie zwietrzałych i poprzedzielanych rozpadlinami skał piaskowca; w bliskości np. Maastrichtu w Holandji, znajdujące się w piaskowcu pieczary, dzisiaj jeszcze są zamieszkałe przez uboższą ludność i dalej urządzone w tym celu, ponieważ piaskowiec tam daje się bardzo łatwo obrabiać. Na dalekiej północy eskimosi budują swe chaty śnieżne, wiedząc doskonale, że odpowiednio gruba warstwa śniegu zabezpiecza najlepiej od srogich mrozów. W miejscowościach błotnistych budowle na palach były jedyną ochroną przed wilgocią a zarazem także ucieczką przed drapieżnym i dzikim zwierzem, jak również i siedliska, urządzone na konarach drzew odwiecznych.

Mieszkańcy lasów dziewiczych łączyli z sobą korony blisko stojących drzew, wytwarzając tym sposobem osłonę, zabezpieczającą przed działaniem promieni słonecznych, a pokrywając te liściaste sklepienia długimi źdźbłami traw lub splecionymi z nich matami, otrzymywali doskonałą ochronę przed długotrwałymi deszczami. Dachy gontowe przypominają swym kształtem ówczesne ścisłe dachy liściaste, a strzechy słomiane podobne są do dachów z trawy, pokrywających chaty dawniejsze. Obecnie zamiast gontów używają dachówek, wypalanych z gliny, wzamian zaś grubych strzech słomianych stosują o wiele cieńszą tekturę smołowcową.

Z udoskonaleniem środków technicznych coraz więcej przy budowie domów mieszkalnych uwzględniane bywają wymagania higieny, dzisiaj też najgłówniejszym warunkiem mieszkania jest czyste powietrze i dobra woda, które do utrzymania zdrowia są ważniejsze nawet od środków żywności.

Powietrze normalnie czyste jest mieszaniną mechaniczną 78,4% azotu i 20,9% tlenu; resztę do 100% stanowi gaz argon, odkryty przez Ramsay'a, a według badań najnowszych powietrze zawiera jeszcze małe nadzwyczaj ilości gazów: helijum, neonu, kryptonu i ksenonu. Do oddychania potrzebny jest wyłącznie tlen; azot w powietrzu służy do rozcieńczania tlenu, dłuższe bowiem oddychanie czystym tlenem działałoby szkodliwie na organizm.

Powietrze jednak przeważnie jest zanieczyszczone głównie przez gaz węglowy, powstający wskutek oddychania ludzi, zwierząt i spalania materiałów, służących do oświetlania i ogrzewania; powietrze zdrowe nie powinno zawierać więcej, jak 0,03% dwutlenku węgla. Często do powietrza w mieszkaniach przedostaje się tlenek węgla, związek silnie trujący.

tak, że zawartość jego w powietrzu w ilości 0,03%, już jest dla zdrowia bardzo szkodliwa; wytwarzać się może wskutek niezupełnie spalającego się gazu, niedokładnie urządzonych lub nieumiejętnie eksploatowanych palenisk ogrzewalnych, za wysoko lub za nisko wysuniętego knota w palniku lampy naftowej, a także podczas prasowania bielizny za pomocą żelazek, ogrzewanych węglami. W powietrzu zdrowem powinien się znajdować pewien stopień wilgoci, gdyż zbyt suche powietrze osusza bardzo błony śluzowe dróg oddechowych, czyni je twardymi, co znów łatwo może spowodować przekrwienia tych organów i podrażnienia nerwowe. Dlatego też wielce korzystnym jest wogóle, a w mieszkaniach, mających urządzone ogrzewanie centralne koniecznym, szczególnie podczas zimy, odpowiednie zwilżanie powietrza; według badań najnowszych zwilżanie to powinno być tak urządzone, ażeby w każdym pokoju codziennie wyparować się mogło do 6—7 litrów wody na każdą osobę.

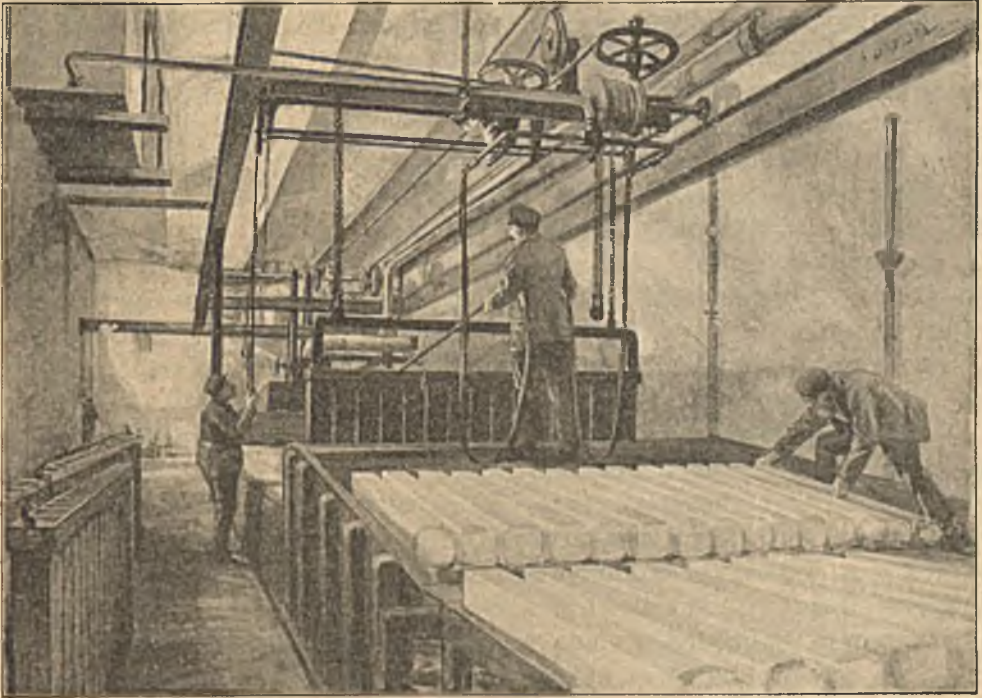
Przenikanie do pokoi mieszkalnych z kuchni lub innych działów gazów szkodliwych lub zapachów może być doskonale usunięte przy zastosowaniu najnowszych urządzeń budowlanych; wytworzone zaś w samym pokoju zanieczyszczenie powietrza, jak zapach stęchlizny, dym tytoniowy, zarazki powstałe wskutek chorób infekcyjnych mogą być zupełnie zniszczone przez przyrządy rozpylające i dezynfekujące, szczególnie nadającymi się do tego celu są przyrządy dezynfekcyjne za pomocą formaliny, gdyż spalający się w nich aldehyd mrówkowy jest ze wszystkich środków oczyszczających najprzyjemniejszy.

Lecz nawet przy zastosowaniu wszystkich powyżej wskazanych urządzeń stan powietrza pogarsza się przez oddychanie człowieka, który tą drogą wydziela z siebie tak znaczną ilość węgla, że waga wyprodukowanego w ten sposób gazu węglowego wynosi dziennie 280 gramów. Jeżeli teraz zwrócimy uwagę, że zaledwie trzecią część wdychanego tlenu absorbują nasze płuca a człowiek zużywa na godzinę 50 — 60 metrów sześciennych powietrza, to łatwo sobie wyobrazimy, jak znaczne ilości powietrza świeżego muszą być doprowadzone do mieszkań ludzkich. Pomieszczenia obszerne, w których zamieszkuje niewielka ilość osób mogą być łatwo przewietrzane przez otwieranie drzwi i okien, w zimie zaś przez ciąg powietrza, jaki wytwarza się w piecu podczas palenia; prócz tego do mieszkań wciska się ciągle powietrze zewnętrzne przez spojenia we drzwiach i oknach, a także przez ściany kamienne i drewniane. W wielu wszakże wypadkach sztuczna wentylacja okazuje się niezbędną. Przyrządy stosowane do tego celu działają w ten sposób, że wyprowadzają na zewnątrz zepsute powietrze z mieszkań albo za pomocą ciepła lub też odpowiednich urządzeń mechanicznych; powietrze świeże zaś wpływa przez otwory w tym celu urządzone.

W ostatnich czasach zaczynają używać powietrza płynnego do oczyszczania, a jednocześnie i do ochładzania powietrza pokojowego; otrzymane dotychczas wyniki pozwalają mniemać, że właśnie ten sposób w przyszłości będzie najwięcej używany.

W przyrządach specjalnych, pomiędzy którymi najlepsze są Hampsona, Raula Pictet'a i Karola Olszewskiego, powietrze atmosferyczne ściska się i zarazem ochładza tak silnie, że zamienia się na płyn bardzo przezroczysty, niebieskawo zabarwiony, mający temperaturę  $193^{\circ}$  poniżej zera i zawierający większy procent tlenu, niż powietrze w stanie gazowym. Jeżeli postawimy w pokoju w otwartych miseczkach trochę powietrza płynnego, to ono wskutek różnicy temperatury paruje bardzo szybko, tworząc z niewielkiej ilości płynnego znaczną objętość chłodnego i obfitego w tlen powietrza gazowego.

Pod względem higienicznym zdrowa woda jest również ważnym czynnikiem jak i zdrowe powietrze w mieszkaniu. Dlatego też w najnowszych



Maszyna do wytwarzania lodu sztucznego.

czasach zwraca się baczną uwagę na wybór wody i na jej czystość. Woda chemicznie czysta jest związkami chemicznymi tlenu z wodorem, w praktyce może być otrzymana przez odparowanie t. j. przez dystalację i nie tylko że ma smak nieprzyjemny, ale jest nawet dla zdrowia szkodliwą. Dopiero gdy zawiera w sobie pewną ilość niektórych soli mineralnych, które rozpuściła w sobie z otaczających ją warstw ziemi, staje się napojem zdrowym i smacznym. Szczególniej zawartość w niej gazu węglowego działa odświeżająco, a mniej przyjemny smak wody przegotowanej objaśnia się tem, że przez tę czynność gaz węglowy został z niej wydzielony.

Oprócz kwasu węglowego woda naturalna zawiera nieznaczne i zmienne ilości sodu, wapnia, magnezu i żelaza, połączonych z kwasem węglowym,

siarkowym i solnym. W wodach mineralnych pewna z tych soli występuje w ilości przeważającej; niektóre szczawy zawierają wiele dwuwęglanu sodu (Fachinger), inne oprócz tego posiadają chlorek sodu (Ems), albo siarkon sodu (Sprudel karlsbadzki) i zależnie od tych składników medycyna przepisuje odpowiednie stosowanie wód mineralnych. W źródłach żelazistych składnikiem działającym leczniczo jest węglan żelaza; wody gorzkie zawierają w sobie sole magnezjowe, w solankach zaś nieznaczne ilości soli jodowych. Inne znów wody, tak nazywane cieplice (termy) działają skutkiem podwyższonej ich temperatury (Gastein, Cieplice czeskie).

Najlepszą wodą do picia jest woda źródłana, pochodząca ze źródeł umieszczonych głęboko pod powierzchnią ziemi w okolicy, nie mającej żadnych ciał szkodliwych dla zdrowia; woda tych źródeł, opierająca się na podłożu gliniastem, powinna przechodzić przez warstwy piaskowe, poddając się filtracji naturalnej. Trudności napotymane przy zaopatrywaniu większych miast w doskonałą, źródlaną wodę do picia, skłoniły do zaprowadzenia urządzeń wodociągowych, w których woda zostaje oczyszczona przy pomocy filtrów piaskowo-żwirkowych lub węglowych. Daleko lepsze oczyszczanie wody osiąga się za pomocą ozonu. Wyższość sposobu oczyszczania wody przy pomocy ozonu nad filtrami piaskowymi polega na tem, że w małej stosunkowo przestrzeni następuje zupełne usunięcie z wody wszelkich bakterji chorobotwórczych, a powtóre, że całe urządzenie jest odrazu widoczne we wszystkich szczegółach, wskutek czego kontrola ciągła jest znacznie ułatwiona.

W użyciu wody przy gospodarstwie domowym pod względem higienicznym można zauważyć znakomite postępy w porównaniu z dawniejszymi poglądami, szczególnie ze względu, że coraz więcej uznawano dobroczynny wpływ na zdrowie człowieka częstych kąpiei. Dlatego też przy budowie nowych domów mieszkalnych nawet najmniejsze lokale zaopatrzone bywają w urządzenia kąpielowe.

Znaczenie, jakie lód posiada w gospodarstwie domowym, a także warunki jego stosowania, przy których często znajduje się w zetknięciu bezpośrednim z materiałami spożywczymi, a więc i wymagania higieny skłoniły do wyrobu lodu sztucznego z wody wolnej od wszelkich bakterji. To też nieuzasadnioną jest niechęć niektórych gospodyń domu do lodu sztucznego, gdyż brak przezroczystości—jedyny zarzut, jaki mu zrobić można—pochodzi jedynie od maleńkich pęcherzyków powietrza, zatrzymanych w wodzie podczas wyrobu lodu sztucznego. Do utworzenia mieszaniny oziębiającej z lodu i soli kuchennej, potrzebnej przy wyrobie chłodników i lodów, lód sztuczny nadaje się równie dobrze jak i naturalny,

Technika chemiczna przy pomocy techniki mechanicznej zaznaczyła swój wpływ na postępy, jakich dokonano przy wyrobie materiałów różnych, używanych na odzież, materiałów odpowiednich do wymagań higieny, jak np. tkanin według systemu Lahmanna, które wpływają na wywołanie silniejszej czynności skóry ludzkiej. W porównaniu z małym dawniej

wyborem materiałów, służących do przygotowania odzieży, obecnie posiadamy mnóstwo najrozmaitszych tkanin, które doskonale zaspokajają wszelkie potrzeby każdej pory roku i odpowiadają wszystkim wymaganiom. Znakomite obecnie metody obrabiania wełny, bawełny i lnu, fabrykacja jedwabiu sztucznego z celulozy, nasycanie materiałów, ażeby je uczynić nieprzemakalnymi i wiele innych zdobyczy doby dzisiejszej przyczynia się doskonale do podtrzymania i zachowania zdrowia organizmu człowieka.

Nader ważną sprawą dla gospodarstwa domowego, stwierdzającą zarazem dowodnie, zupełne opanowanie i zastowanie do użytku sił przyrody, są dzisiejsze środki lecznicze, wytworzone w ostatniem dziesięcioleciu na podstawie badań chemicznych i fizjologicznych. Działanie wielu z tych środków znane jest ogółowi, jako to: przeciwgorączkowe np. antifebryna, antipiryna, fenacetyna; przeciwmalaryczne — chinina; od bólu głowy — migrenina, przy bólu gardła — ałun i chloran potasu; przy katarze nosa — wata formanowa; przy skłonnościach kataralnych organizmu — mentol i chloroform mentolowy; przy tamowaniu krwotoku — wata napojona chlornikiem żelaza i wiele innych, które stosowane bywają nawet bez wskazań lekarskich i przynoszą ulgi w cierpieniach. Z drugiej znów strony zjawilo i zjawia się ciągle mnóstwo tak nazywanych środków leczniczych, zaopatrywanych zwykle w nazwy naukowe, kończące się na ol, al, olin, on, form, mające tem przypominać swe niby naukowe pochodzenie, a które z wiedzą nie mają nic wspólnego i jeżeli w najlepszym razie nie pomagają, to często są bardzo szkodliwe dla zdrowia. Są to po większej części preparaty, nasładowujące stare, dawno już przez naukę odrzucone a mające jeszcze tę złą stronę, że jakkolwiek przyrządzanie ich jest proste i tanie, to sprzedawane są przecież po bajecznie wysokiej cenie.

Do środków leczniczych, składających się z czysto chemicznych substancji, zaliczyć należy także niektóre materiały spożywcze i owoce, które zastosowane przy pewnych kuracjach, jak np. mlecznej, winogronowej, cytrynowej, dają wyniki doskonałe.

## V. Wpływ chemji na wytwórczość przedmiotów zbytkownych i użytku codziennego.

W gospodarstwie domowem spotykamy mnóstwo takich przedmiotów, których odpowiednie zastosowanie w życiu codziennem mogło być wykonane po właściwem użytkowaniu badań naukowych. Gospodyni domu wykonywa wiele takich czynności, których zasady naukowe są dla niej zupełnie obce, a których działanie skuteczne poznała dzięki długoletniemu doświadczeniu: zmiękcza ją wodę twardą przez dodanie sody, aby ją uczynić zdatną do prania bielizny; piorą z domieszką boraksu; podbielają bieliznę z pomocą chlorku wapna, co w gospodarstwie miejskiem ma zastępować bielienie łąkowe po wsiach używane, a następnie używają podsiarkonu sodu (anty-chloru) ażeby w porę powstrzymać szkodliwe działanie chloru na włókna

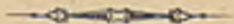


roślinne; używają ultramaryny do podbarwienia bielizny, a ochry do firanek; usuwają plamy przy pomocy benzyny, terpentyny, eteru, amonjaku i soli szczawikowej.

Z rozwojem i postępem techniki możliwem się stało zastosowanie do potrzeb codziennych różnych metali, dawniej nieużywanych. Do liczby będących oddawna w użyciu naczyń żelaznych, miedzianych i mosiężnych, weszły naczynia miedziane pobielane, a w czasach nowszych żelazne pokryte emalją, która początkowo z powodu zawartości soli ołowianych była nawet szkodliwą, co obecnie jest zupełnie usunięte. Wprowadzone bardzo do użytku naczynia niklowe nie są jak to przypuszczano, zupełnie bezpieczne, gdyż przy dłuższem użyciu działają szkodliwie, ponieważ gotująca się woda stopniowo rozpuszcza w sobie nikiel, który jest nieco trującym. Naczynia aluminiowe natomiast są nieszkodliwe i przyjemne w użyciu. Zamiast znanych jeszcze w odległej starożytności spiżów miedzianych i późniejszego tombaku powstały nowe stopy zbliżające się kolorem do srebra, jak argentan, alpakka, alfenida, brytanja i nowe srebro, z których przygotowuje się wiele przedmiotów zbytkownych, jak również służących do użytku codziennego.

Jako skutek dokładnego poznania i odpowiedniego użytkowania zasadniczych praw fizyki, wytworzone zostało mnóstwo przedmiotów i przyrządów drobnych, jak termometry, barometry zwykłe, barometry aneroidy, zegary normalne z wahadłem zrównoważonem i t. p., które życie codzienne domowe nadzwyczaj ułatwiają i uprzyjemniają.

Jedną z dogodności w miastach większych, posiadających wysokie domy mieszkalne, są dźwigi osobowe, które działają albo za pomocą ciśnienia hydraulicznego wody, lub też przez zastosowanie energii elektrycznej. Wogóle elektryczność i ogień są to siły przyrody, które w obecnych urządzeniach życiowych znajdują wielostronne zastosowania, a wskutek użytkowania energii elektrycznej wytworzone zostało wiele udogodnień przyjemnych, rozwiązano takie zagadnienia, które przed kilkudziesiątkami lat jeszcze mogły być uważane za wytwór bogatej w pomysły nieziszczalne fantazji.





Zdjęcie fotograficzne części drogi mlecznej.

Fotogr. E. E. Barnard.

## Trudności napotymane przy wykonywaniu dostrzeżeń naukowych.

Przy wszelkich dokładnych pomiarach astronomicznych, fizycznych lub innych, oprócz odpowiednich do wykonania obserwacji przyrządów, bardzo wielkie znaczenie ma sam dostrzegacz, czyli wrażliwość obserwacyjna zmysłów ludzkich. Najlepsze narzędzie, najdokładniejszy przyrząd może tylko wtedy dostarczyć ścisłych wyników pomiarowych zjawisk przyrody, jeżeli człowiek, korzystający z tych sztucznych środków pomocniczych, będzie znał dokładnie i krytycznie czułość dostrzeżeń swych własnych zmysłów i będzie nad nią umiejętnie panował. Z tego już za uważać można, że pomiędzy umiejętnością mierzenia naukowego wogóle i fizjologją medyczną specjalnie znajduje się taki obszar graniczny, który na podstawie najsubtelniejszych badań ostatnich czasów został wystudjowany i wyjaśniony.

Zanim jednak poddamy analizie główne podstawy fizjologiczne i psychologiczne teorii dostrzeżeń zmysłowych, musimy rzucić ogólny pogląd na ten, jeżeli można się tak wyrazić, zakres fizjologii astronomicznej i fizycznej. W tym ogólnym poglądzie muszą być wszakże uwzględnione

najważniejsze i najwięcej charakterystyczne pytania z zakresu obserwacji astronomicznych i fizycznych, muszą być przynajmniej naszkicowane zasadnicze kwestje, odnoszące się do miernictwa ścisłego i dokładnego. W ten sposób analiza i krytyka spostrzeżeń zmysłowych powinna obudzić powszechne zainteresowanie i zrozumienie tak ważnego zadania, które dotychczas było prawie dla ogółu niedostępne.

Wyrażenie potoczne „szybki jak myśl“ nie jest już zgodne z temi pojęciami, jakie wytworzyliśmy sobie obecnie o przebiegu wrażeń i myśli w ciele ludzkim. Według gruntownych badań Helmholtza i Du Bois-Reymonda szybkość z jaką przenosi się podrażnienie po nerwach normalnych człowieka, jest tak nieznaczną, że nie może być nawet porównywana z prędkością prądu elektryczności, wynosi bowiem dziesiątą część zaledwie prędkości dźwięku, czyli 35 metrów na sekundę. Ten wynik stosuje się tylko do nerwów ruchu, szybkość przenoszenia bowiem w nerwach czuciowych, jak to zobaczymy później, jest znacznie większa. Dostrzeganie różnicy w czasie i przestrzeni za pomocą naszych nerwów bez użycia środków sztucznych pomocniczych, zwiększających ich zdolność, nie odznacza się wielką subtelnością, zwłaszcza, jeżeli weźmiemy pod uwagę różnorodność włókien nerwowych. W najlepszym razie jako niższą granicę dla zdolności dostrzegania za pomocą nerwów różnicy w przestrzeni i czasie możemy oznaczyć zaledwie jedną dziesiątą część milimetra i dziesiątą część sekundy.

Jeżeli w polu naszego widzenia w tem samym miejscu błysnie dwa razy jedno i to samo zjawisko świetlne, to oko nasze widzi je wtedy tylko jako podwójne, jeżeli przerwa czasu pomiędzy nimi wynosi przynajmniej  $\frac{1}{10}$  sekundy; jeżeli wszakże ta różnica jest mniejsza, wtedy oba zjawiska łączą się w oku naszym w jedno, jak to się przekonać możemy na barwnym krążku, na którym pomieszczone są w odpowiednich stosunkach wszystkie siedm barw widma świetlnego. Przy wolnym obrocie powyższego krążka dostrzegamy dokładnie każdą poszczególną barwę tęczy, przy szybszym zaś jego obrocie wszystkie kolory zlewają się i dają w oku wrażenie światła białego. Tego samego doznajemy, jeżeli węgiel rozżarzony wprowadzimy w ruch kolisty: przy poruszaniu wolnem dostrzegamy każde poszczególne jego położenie w przestrzeni, obracając go zaś szybciej otrzymujemy wrażenie ognistego kręgu. Ta sama różnica czasu stanowi granicę niższą także i dla ucha, które wogóle może odróżniać szybko następujące po sobie tony lub uderzenia, jeżeli przerwy między nimi są większe od  $\frac{1}{10}$  sekundy.

Jeżeli pragniemy obserwować lub też ściśle wymierzać bardzo małe zmiany przestrzeni i czasu, to musimy w tym celu użyć pomocy sztucznych środków, zwiększających zdolność naszych zmysłów. W przypadku pierwszym użycie mikroskopu pozwala nam na wymierzenie dokładne długości dziesięciotysięcznej części milimetra (t. j. do  $\frac{1}{10}$  mikronu =  $0,1 \mu$  =  $0,0001$  milimetra). Wtedy dopiero dla oka ludzkiego otwarty został świat mikrokosmiczny, w granicach którego jako jednostka długości znajduje

zastosowanie mikron, czyli jedna tysięczna milimetra. Jeżeli teraz zastanowimy się nad tem, że, jak nam wskazują najnowsze badania biologiczne, wymiary najmniejszej istoty ożywionej nie przewyższają jednej setnej mikrona ( $0,01 \mu$ ), to możemy sobie przedstawić, na jak wielkie trudności natrafiamy przy badaniu świata nieskończenie małych tworów. A jednakże prawa ruchu tego świata mikrokosmicznego mogą być dokładnie porównywane z prawami całego wszechświata, który stał się dla nas dostępnym wskutek obserwacji, dokonanych przez nasze zmysły za pomocą dalekowszkie. Lecz ten mikrokosmos ze swemi siłami cząstkowemi i ruchami atomów przedstawia się dla umysłu ludzkiego daleko więcej złożonym, aniżeli świat kosmiczny, w którym dzięki badaniom astronomicznym odkryte zostało przez Newtona powszechne prawo przyciągania mas, działające w czasie i przestrzeni. Odkrycie takich praw przyrody, przenikających i czas i przestrzeń, niemającą granic, pozwalających na przeprowadzenie obliczeń czy to w przeszłości, czy też na daleką nawet przyszłość, stanowi cel ostateczny wszystkich ścisłych umiejętności przyrodniczych. I w mikrokosmicznym świecie cząsteczek i atomów zaczyna się już w tym kierunku rozjaśniać. Weźmy np. chemję; tam nie tak dawno jeszcze było zupełnie obojętnem, czy połączenie t. j. powstanie związku spełniało się w ciągu sekundy, minuty, czy też godziny nawet, a także nie zwracano uwagi na ugrupowanie atomów w przestrzeni. Rozwój chemji fizycznej wprowadził tutaj radykalne zmiany.

Dla wymierzania nieskończenie małego czasu, które pod tym względem osiągnęło daleko większą dokładność aniżeli mierzenie nieskończenie małych przestrzeni, wykonano doskonale obmyślane przyrządy. Zasada ich polega na tem, że różnice czasu zamienia się na różnice w przestrzeni za pomocą cylindra, zaopatrzonego znaczkami elektrycznemi i wykonywającego bardzo szybki ruch wirowy. Przyrządy takie zastosowane najpierw do mierzenia prędkości pocisku, wylatującego z działa, ulepszone następnie przez Wernera Siemens'a, pozwalają na oznaczenie jednej trzydziestotysięcznej sekundy t. j.  $0,000033$  s (albo  $0,03 \sigma$ , gdzie  $\sigma = 0,001$  sekundy, przyjmowanej tutaj jako najmniejsza jednostka czasu).

Posiadamy nawet takie metody prowadzenia badań w zakresie czasu i przestrzeni, które pozwalają na wykonanie tak nieskończenie małych oznaczeń, o ile pozwalają to przeprowadzić przyrodzone zmysły człowieka. Dlatego też obserwacje, wykonane za pomocą zmysłów i zdolność uświadamiania ich przez człowieka, należy zbadać gruntownie ze względu na mogące powstać omyłki, ażeby te mogły być wyznaczone przy określeniu niedokładności dostrzeżeń, niedokładności, których wpływ możnaby tym sposobem usunąć. Nad tem trudnem zadaniem w ciągu ostatnich lat czterdziestu, pracowały wspólnie, osiągając bogate wyniki, fizjologia, psychologia i astronomja z pomocą umiejętności fizycznych.

Przy wszelkich pomiarach ścisłych mają istotne znaczenie dostrzeżenia zmysłowe, dokonane za pomocą oka, ucha i dotyku. Takie są e znaczenie

ma zastosowanie w miernictwie fotografii, gdyż wtedy warunki obserwacji za pomocą zmysłów ludzkich są tylko znacznie ułatwione, lecz nie zniesione zupełnie, jak się o tem później przekonamy. Ażeby mieć możność analizowania i krytykowania spostrzeżeń zmysłowych, bardzo ważnem jest przede wszystkim określenie dla powyższych trzech zmysłów tak zwanego czasu fizjologicznego; każdy z tych zmysłów zawiera w sobie trzy elementy, które nadzwyczaj trudno wyosobnić, mianowicie: pierwszy stanowi przekazanie wrażenia do mózgu, drugi — uświadomienie w mózgu otrzymanego wrażenia i zamiana jego na akt woli; trzeci — przekazanie tego aktu woli nerwom ruchu, jako też wykonanie ruchu przy pomocy mięśni. Te osobliwe i bardzo ciekawe przejawy w narządach nerwowych i mięśniowych można uprzystępnąć sobie najłatwiej w sposób, podany przez Helmholtza: nici nerwowe możemy przyrównać do drutów telegrafu elektrycznego, które każdą wiadomość, otrzymaną z najwięcej oddalonych granic, przenoszą do głównego ośrodka (mózgu), a następnie jego wolę przekazują do wykonania najdrobniejszym cząstkom.

Na podstawie dokładnych badań zdołano określić ilościowo czas fizjologiczny, potrzebny do przebiegu po włóknach nerwowych w kierunku dośrodkowym i odśrodkowym. Doświadczenia, wykonane przy pomocy chronoskopu elektrycznego Hippa nad znaczną liczbą osób, określiły, że czas fizjologiczny dla wrażeń, przyjętych przez trzy powyższe zmysły, wynosi od  $\frac{1}{6}$  do  $\frac{1}{4}$  sekundy, przyczem prawidłowość i dokładność pracy oka i dotyku przewyższa nieznacznie pracę słuchu. Cyfry te, odpowiadające momentowi fizjologicznemu przy przebiegu do środka i odwrotnie, są zmienne nietylko u różnych osób, lecz nawet dla jednego i tego samego osobnika różnią się i to w bardzo szerokich granicach, zależnie od jego fizycznego lub duchowego nastroju.

Wogóle jednak będziemy mieli do czynienia z dwoma rodzajami błędów, spotykanych przy dostrzeżeniach zmysłowych, zasadniczo mało różniących się między sobą, które wszakże w praktyce mierniczej powinny być dokładnie oddzielone. Każdy bowiem obserwator musi posiadać jakąś bezwzględną niedokładność osobistą, wskutek której powstaje pewna różnica, zachodząca pomiędzy chwilą zjawienia się jakiegoś zjawiska a jego dostrzeżeniem. Ta niedokładność, ten błąd osobisty, nazywany także równaniem osobistem dostrzegacza, powinien dla ułatwienia wyznaczać korekturę osobistą każdego badacza. Zależnie od rasy, od budowy fizycznej i od duchowej zdolności przystosowywania się, korektura osobista dla każdego człowieka bywa niejednakowa. Nawet w świecie zwierzęcym znajdujemy bardzo ciekawe pod tym względem zmiany, zależne od wielkości ciała i jego fizycznych własności. Tak np. u słonia potrzeba kilku sekund czasu na przekazanie wrażenia zmysłowego od powierzchni skóry do mózgu, gdy tymczasem u mrówki odbywa się to samo w przeciągu czasu mniejszym niż  $\frac{1}{10}$  sekundy. Oprócz omówionej korektury czyli poprawki błędu osobistego należy także zwracać uwagę na równanie osobiste, to jest na te

różnice, jakie zachodzą pomiędzy różnymi dostrzegaczami, obserwującymi równocześnie jedno i to samo zjawisko. Te równania osobiste, służące do określenia błędów dostrzeżeń zmysłowych mają bardzo wielkie znaczenie przy wykonywaniu pomiarów astronomicznych, szczególnie, jeżeli zasadzają się na dostrzeganiu tego samego zjawiska przez wiele osób.

Ale „myśl“ nie jest, jak to widzieliśmy wyżej, nietylko „szybką“, często nie jest ona także i słuszną, to jest przedmiotową. Do dwóch więc wymienionych już niedokładności, jak korektura osobista i równanie osobiste dochodzi jeszcze trzecia, pokrewna im, przedstawiająca się jako subiektywne złudzenia, które obserwator doświadczony rozpozna bardzo łatwo, czasami jednak mogą być tak subtelne, że dopiero po wykonaniu dokładnego sprawdzenia można ocenić prawdziwy ich charakter. Zajmiemy się więc teraz tą grupą błędów w dostrzeżeniach zmysłowych, to jest złudzeniami subiektywnymi i przytoczymy niektóre przykłady, szczególnie wybitne z dziedziny geodezji astronomicznej i fizycznej.

Podczas obserwacji przedmiotów jasných na sklepieniu nieba powstają dosyć często szczególnie w dużych teleskopach obrazy odbite, które towarzyszą planetom w postaci satelitów, a gwiazdom stałym jako złudne punkta błyszczące. Dostrzegacz doświadczony może łatwo rozpoznać te odbicia obrazów, powstające albo od tylnej powierzchni soczewki szklanej lub też wytworzone w oku obrazy pozorne i uniknąć tym sposobem fatalnych omyłek. Podczas obserwowania systemu gwiazd podwójnych, z których jedna ma światło zabarwione, zdarza się często, że i druga wydaje się pozornie kolorową, kiedy rzeczywiście posiada światło białe. Zwykle wtedy druga gwiazda zdaje się być zabarwioną kolorem, który stanowi barwę dopełniającą kolor pierwszej gwiazdy, tak, że gdy ta jest czerwoną, to jej towarzyszka — zieloną, jeżeli zaś jest żółtą, to druga gwiazda ma barwę niebieską. W wypadkach podobnych o kolorze danej gwiazdy mogą decydować jedynie badania jej widma i fotografii. Oprócz powyższych, więcej wyraźnych złudzeń zmysłowych trafiają się omyłki nieznaczące, które nie tak łatwo dają się rozpoznać. Do takich należą omyłki powstające wskutek ekscentrycznego oświetlenia pola widzenia i nitek tak w teleskopie jak i w mikroskopie, które można nazwać bardzo wydatnymi omyłkami podczas wymierzania, a które także może popełnić przy wszystkich ostrożnościach nawet i normalne oko badacza. W najnowszej astronomii praktycznej pomagają sobie w tym wypadku, zakładając w środku soczewki przedmiotowej małe zwierciadło srebrne. Następnie pomiary wykonywane w teleskopie lub mikroskopie za pomocą szruby mikrometrycznej mogą sprowadzać dosyć znaczne omyłki, jeżeli oko spostrzegacza dotknięte jest astygmatyzmem. Astygmatyzm, jak wiadomo, jest to wada wzroku, polegająca na tem, że załamujące światło powierzchnie rogówki i soczewki nie są częściami kuli, zwykle w przecięciu pionowym mają krzywiznę większą niż w poziomie, wskutek czego promienie, wychodzące z jednego punktu po załamaniu się w oku zbierają się w kilku punktach i obraz przedmiotu tworzy

się niedokładnie. W zasadzie wada astygmatyzmu ocznego daje się usunąć przez zastosowanie odpowiednich szkieł cylindrycznych.

Niedawno tak złożone zjawisko, jakim jest właśnie powiększenie cienia ziemskiego podczas całkowitego zaćmienia księżyca, udało się znakomitemu astronomowi Seeligerowi, profesorowi w Monachjum, wyjaśnić, jako złudzenie fizjologiczno-optyczne. Wiedziano już dawno, że podczas zaćmienia słońca cień rzucony przez ziemię wydaje się znacznie większy od tego, jaki być powinien odpowiednio do wymiarów naszej planety. Rzeczywiste zaćmienie księżyca trwa znacznie dłużej, aniżeli powinno według czasu określonego za pomocą wyliczenia. W połowie XVIII stulecia astronom Tobiasz Mayer oznaczył wartość tak nazywanego współczynnika powiększenia cienia ziemi, który był wprowadzony jako poprawka do szerokości księżyca, ażeby uzgodnić czas trwania rzeczywistego zaćmienia księżyca z czasem wyznaczonym na to zjawisko za pomocą rachunku. Współczynnik powyższy był przez Hartmanna jeszcze dokładniej określony i wprowadzony do efemeryd astronomicznych, jako dane, służące do określenia naprzód czasu zaćmienia księżyca. Ponieważ wtedy nie można było znaleźć zadawalniającego wyjaśnienia powyższego zjawiska, przypisywano więc powiększenie cienia ziemi szczególnemu wpływowi atmosfery ziemskiej na załamywanie w niej światła. Dopiero Seeliger na podstawie hystrego spostrzeżenia i oryginalnego doświadczenia z wirującym krążkiem pomalowanym na czarno za wyjątkiem małego białego wycinka, oświetlił odpowiednio cały przebieg zaćmienia księżyca i wykazał, że zwiększenie rzucanego przez ziemię cienia jest skutkiem osobliwego złudzenia natury fizjologiczno-optycznej. Udało mu się nawet to zjawisko w stosunkowo zmniejszonych wymiarach wykonać w pracowni w taki sam sposób, w jaki ono odbywa się na sklepieniu nieba podczas zaćmienia księżyca.

Podczas obserwacji przejścia Wenus przed tarczą słoneczną, zjawiska uważanego do niedawna za najpewniejszy środek do wymierzenia odległości pomiędzy słońcem a ziemią, czyli do oznaczenia naszej miary planetarnej, astronomowie przeszłego stulecia zostali zaskoczeni znienacka nadzwyczaj dziwnym zjawiskiem optyczno-fizjologicznym. Wskazywało ono bowiem przy zewnętrznym zetknięciu planety Wenus z krajem tarczy słonecznej, że planeta zamiast formy okrągłej przybiera postać gruszkowatą i pomiędzy ciemnym brzegiem Wenus a jasnym krajem słońca, gdzie powinno nastąpić zetknięcie, tworzy się połączenie, tak nazywany „mostek ciemny“, który stanowi ważną przeszkodę do wymierzenia dokładnego momentu zetknięcia. Zjawisko powyższe jest skutkiem irradjacji czyli rozpromieniania światła, które powstaje szczególnie wtedy, jeżeli patrzymy na ciemną powierzchnię znajdującą się na tle jasnym. Podczas przejścia Wenus przed tarczą słoneczną w przeszłym stuleciu, a głównie



„Mostek ciemny“  
tworzący się  
podczas przejścia  
planety Wenus  
przed tarczą  
słoneczną.

podczas ostatniego, które miało miejsce w 1882 roku, starano się to szkodziwe zjawisko uczynić nieszkodliwem w ten sposób, że astronomowie wprawiali się na przyrządzie, wytwarzającym sztucznie „ciemny mostek“, ażeby względnie do swego układu ocznego mogli oznaczyć redukcję, któraby z momentu powstania „mostka ciemnego“ pozwalała dokładnie określić chwilę rzeczywistego zetknięcia tarczy Wenery ze słońcem.

Wreszcie bardzo być może, iż w przyszłości wiele dziwnych dla nas przejawów zjawisk astronomicznych, jak np. dostrzegane na powierzchni Marsa podłużne paski w rodzaju kanałów wodnych, mogą być zaliczone do dziedziny błędów naszych dostrzeżeń zmysłowych. Najnowsze prace badaczy angielskich Maundera i Ewansa zdają się przemawiać na korzyść powyższych zapatrywań.

Przejdźmy teraz do krótkiego, orientacyjnego przeglądu wyrównań osobistych podczas obserwacji astronomicznych, czyli tych dziwnych różnic, jakie powstają u różnych osobników przy dostrzeżeniach, wykonywanych nad jednym i tamsam zjawiskiem. W końcu XVIII wieku astronom angielski Maskelyne zauważył, że podczas dostrzegania przejścia gwiazdy przez nitki lunety południkowej w obserwatorium w Greenwich, asystent jego, który z początku zupełnie zgodnie z nim prowadził oznaczenia, następnie opóźniał się o 0,5, a w końcu o 0,8 sekundy. To dało powód Maskelynowi do rozstania się ze swym asystentem, ponieważ wydawało mu się, że wykonywa spostrzeżenia niedokładnie. Ta niewinna ofiara przejawu, usprawiedliwionego dzisiaj ogólnie, stała się 20 lat później główną pobudką dla Bessela do przeprowadzenia badań gruntownych nad wyrównaniem osobistem, objawiającem się przy obserwacjach przejścia gwiazd za pomocą dalekowszów.

Już w pierwszej połowie XVIII stulecia astronom Bradley wprowadził taki sposób obserwacji, w którym w chwili zjawienia się gwiazdy na nitkach siatki, umieszczonej w płaszczyźnie ogniskowej lunety południkowej, następowało oznaczenie jej położenia według uderzeń zegara wahadłowego. Obserwator chwyta uchem uderzenia wahadła zegarowego a jednocześnie patrzy na gwiazdę, znajdującą się w polu widzenia teleskopu przed nitkami i stara się zauważyć, jakie miejsce, podczas uderzenia zegara, zajmowała gwiazda przed nitkami siatki, a jakie przy następnem uderzeniu za nitkami. Tym sposobem można z dokładnością  $\frac{1}{10}$  sekundy oznaczyć czas, kiedy gwiazda przechodziła przez siatkę. Każdy pojedynczy dostrzegacz może wykonać cały szereg oznaczeń, które nie będą wykazywały większej różnicy nad  $\frac{1}{10}$  sekundy, często jednak dochodzi ona do jednej sekundy w porównaniu z oznaczeniami obserwatora drugiego. Te zjawiające się tutaj wyrównania osobiste dlatego są tak znaczne, ponieważ oznaczenia różnicy czasu muszą być uchwycone jednocześnie za pomocą dwóch organów zmysłowych oka i ucha.

Błędy tego rodzaju można wysledzić na drodze czysto astronomicznej, gdy dostrzegacz A oznacza przejście gwiazdy przez pierwszą, obserwator B

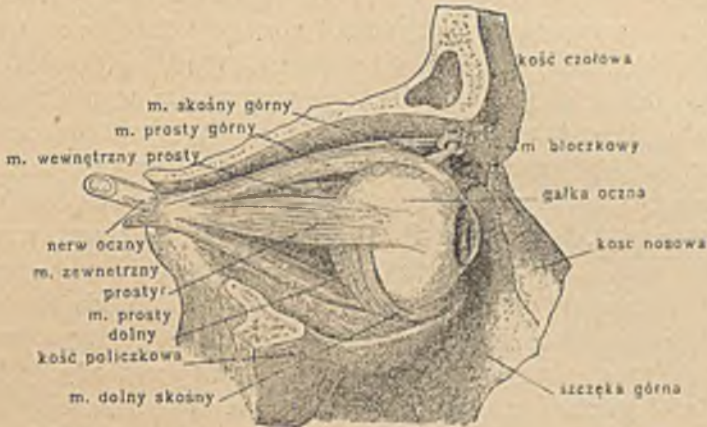


przez ostatnią nitkę dalekowidza i dla usunięcia błędu zależnego od odległości nitek między sobą, przy przechodzeniu gwiazdy następnej wykonana będzie poprzednia czynność powtórnie w porządku odwrotnym. Z bardzo licznych takich oznaczeń, wykonanych przez rozmaitych obserwatorów, wypada, że różnica oznaczeń A — B waha się między 0 i 1,25 sekundy a dla jednej i tej samej osobistości nie jest także stałą. Przy wszelkich czynnościach astronomicznych, które mają być wykonane jednocześnie za pomocą kilku osób, lub też jeżeli oznaczenia polegają na pomiarach, przeprowadzonych przez rozmaitych badaczy, za najważniejsze правило należy uważać wyznaczenie wyrównań osobistych. Wskutek zaprowadzonych zmian w metodach obserwacji podczas przejścia gwiazdy w teleskopie, mechanika astronomiczna zmniejszyła znaczenie wielkość błędów osobistych. W metodzie powyższej zamiast „oka i ucha“, gdzie okiem należało śledzić gwiazdę pojawiającą się w teleskopie, uchem zaś chwytać sekundowe uderzenia zegara, astronomowie amerykańscy przy obserwacji przejść gwiazd zastosowali sposoby registracji elektrycznej, które po wykonaniu niektórych ulepszeń zostały ogólnie wprowadzone przy wykonywaniu wszelkich tego rodzaju pomiarów dokładnych. Sekundy oznaczane przez zegar wahadłowy rysują się automatycznie na przyrządzie, mającym takie same urządzenie jak w telegrafie Morse'a; dostrzegacz zaś wykonywa na nim sygnały elektryczne przy zetknięciu się gwiazdy z nitkami. Tym sposobem usunięty zostaje błąd słuchu, ten błąd, który przy kombinacji jednocześnie wykonywanych wymierzeń dawał najznaczniejszą i najwięcej nieprawidłową ilość omyłek w dostrzeżeniach zmysłowych. Na dokładność spostrzeżeń ma wpływ teraz oko i zmysł dotyku, gdyż należy tylko ściśle wymierzyć zaznaczone na pasku papierowym różnice między znaczkami sekundowemi zegara i sygnałami podanemi przez astronoma; różnice te określane zwykle przy pomocy podziałki dochodzą do kilku setnych sekundy. Przy tym sposobie prowadzenia dostrzeżeń największa wartość osobistego wyrównania błędów, zachodząca między dwoma doświadczonymi astronomami spada do kilku dziesiątych części sekundy.

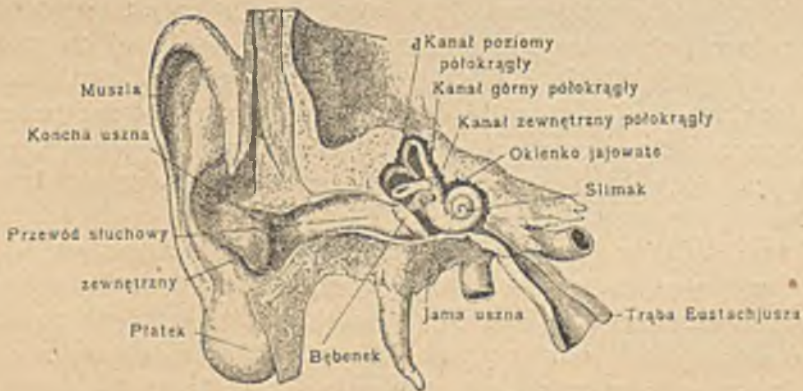
Ulepszenie ciągłe metod wykonywania obserwacji astronomicznych wykazują, że nietylko na dostrzeżenia przy przejściach gwiazd, lecz także na określenia ich wysokości a nawet prawie i na wszelkie wymierzenia mikrometryczne wpływają różne zewnętrzne warunki, wpośród których oko musi obserwować i przedmioty i nitki albo kreski w przyrządach mierniczych. Podług badań najnowszych W. Förstera tak nazywany osobisty błąd bisekcyjny oka przy wymierzeniach za pomocą mikrometru zależnym jest także od tego, ile elementów siatkówki zajmują porównywane powierzchnie. Błąd ten niknie zupełnie, skoro pokryty jest tylko jeden element, wzrasta zaś znacznie stosownie do ilości zaatakowanych końców nerwowych na siatkówce oka. Pod względem niedokładności, jakie spotykamy w oku możnaby się zgodzić ostatecznie na wypowiedziane energicznie zdanie jednego z największych i najdokładniejszych badaczy przyrody

(Helmholtz), który wyraził się, że jeśliby mechanik wykonał tak niedokładny przyrząd, jakim jest oko ludzkie, to napewno byłby mu zwrócony z powrotem, jako niezdatny do użytku. Lecz właśnie funkcje życiowe oka ludzkiego przy wykonywaniu dokładnego mierzenia przyjmują udział może najmniejszy.

Istnieją dwie grupy zjawisk, które w tej chwili zasługują na bliższe rozpatrzenie. Pierwsza z nich — to wpływ natężenia światła gwiazdy, czyli



**Budowa oka ludzkiego.**



**Budowa ucha ludzkiego.**

Według Meyersa.

jej blasku, druga — to wpływ położenia głowy dostrzegacza na wyniki pomiarów astronomicznych. Już od czasu Argelandera, znakomitego astronoma, to jest mniej więcej od 50 lat wiadomo, że oznaczenie prostego wzniesienia gwiazdy, a szczególnie przy wymierzaniu jej zboczenia zależne jest od blasku czyli klasy gwiazdy, gdyż dostrzegacz nastawia przyrząd dla gwiazd jasnych inaczej, niż dla ciemniejszych. Dla każdego więc dłuższego szeregu pomiarów astronomicznych musi być dokładnie oznaczone tak nazywane równanie jasności; zmienia się ono nie tylko dla każdej

osoby, lecz nie jest nawet stałem dla jednego i tego samego osobnika. Próbowano nawet trudność powyższą usunąć przy obserwacjach astronomicznych, wprowadzając do soczewki przedmiotowej w lunecie siatkę, zmniejszającą blask gwiazd jaśniejszych do jasności gwiazd piątej klasy.

Druga grupa zjawisk, przy których błąd wzrokowo fizjologiczny dostrzeżeń zmysłowych przekracza w znacznej mierze granice dokładności właściwych wyników pomiarowych, zbadany został dopiero w ostatniem dziesięcioleciu. Dostrzegacz, gdy mierzy przejście gwiazdy, albo jej wysokość, może te obserwacje wykonywać w pozycji leżącej przy dwóch różnych położeniach głowy, albo ma twarz zwróconą ku północy lub też odwrotnie, na południe. Zależnie od położenia głowy wyniki wypadają w ogóle rozmaite i często dają bardzo znaczne różnice. Ponieważ obserwacje gwiazd wykonywane przy rozmaitych wysokościach, na północ lub południe od zenitu, powinny być wzajemnie z sobą połączone, każdy z dostrzegaczy powinien zaznaczyć, jakie z pomiarów jego podczas obserwowania przejścia lub zboczenia gwiazdy w bliskości zenitu były wykonane przy położeniu jego głowy zwróconej do północy, a jakie — do południa. To specjalne równanie osobiste może być określone bardzo prosto przy zmianie położenia głowy podczas obserwacji jednej i tej samej gwiazdy. Objaśnienie na podstawie fizjologicznej może być następujące: Gwiazda przechodzi w lunecie pozornie z zachodu na wschód. Przy położeniu głowy dostrzegacza na południe, oko jego przy wykonywaniu pomiarów w polu widzenia posuwa się za gwiazdą od strony prawej na lewo, przy położeniu głowy odwrotnem t. j. na północ przeciwnie oko porusza się od strony lewej ku prawej. Przy poruszeniach przeciwległych oka wytworzenie obrazu na siatkówce odbywa się niejednakowo. Powyższy błąd osobisty możnaby usunąć przez zastosowanie pryzmatu odwracającego, gdyż wtedy przy obu położeniach twarzy obserwatora, oczy jego wykonywałyby ruchy w jednym i tym samym kierunku.

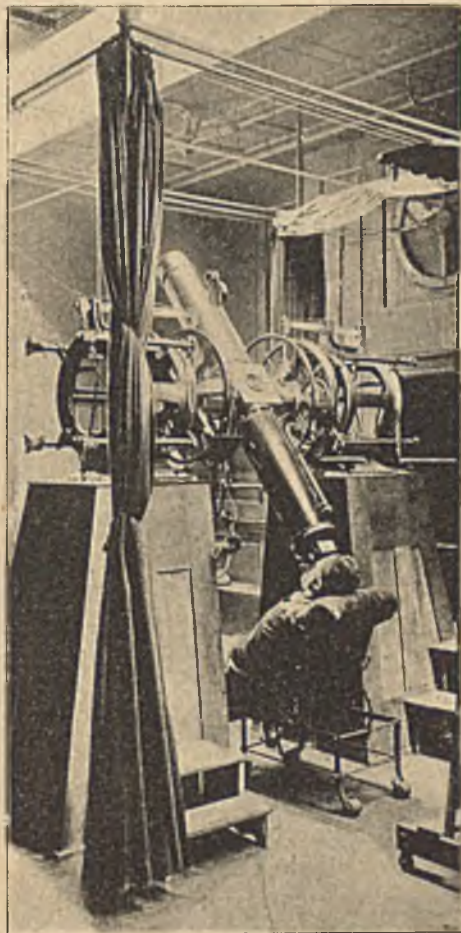
W tym krótkim przeglądzie przeszliśmy więc z zakresu błędów osobistych przy spostrzeżeniach zmysłowych, do działu osobistych korektur, czyli poprawek, czego można było oczekiwać ze względu na ścisłą zależność od siebie tych obu zjawisk. Poprawki osobiste powstają wskutek tego, że nasze organy zmysłowe przyjmują każde zjawisko, powstające tak w czasie, jak i w przestrzeni nieco inaczej, niż ono odbywa się w rzeczywistości. Jeżeli astronom dla dokładnego wykonania obserwacji określa niedokładności systematyczne swych ścisłych i delikatnych przyrządów, tak samo powinien oznaczyć błędy, popełniane przez jego aparat nerwowy, gdyż one właśnie przy pomiarach delikatnych i ścisłych mają znaczenie fundamentalne.

Jeszcze nam bardzo wiele brakuje do osiągnięcia tego idealnego, może być nawet niedościgniętego celu, przy którym przyrządy mogłyby być tak urządzone i tak zastosowane do rozmaitych metod obserwacji, ażeby gwiazdy

oznaczały automatycznie czas obserwacji i odległości w instrumencie. Wtedy to za pomocą prostego porównania możnaby w każdej chwili oznaczyć absolutną wartość błędu osobistego, jeżeli w ogóle sprawa ta w tych warunkach przedstawiałaby dla nas jakikolwiek interes. Usunięcie częściowe przynajmniej błędu osobistego przy pewnych spostrzeżeniach, wykonywanych za pomocą teleskopu, daje się przeprowadzić wskutek coraz obszerniejszego stosowania fotografii do pomiarów astronomicznych. Jakkolwiek i wtedy przy wymierzaniu otrzymanych danych na płycie fotograficznej błędy wrażeń zmysłowych mają bardzo wielkie znaczenie, to jednakże w pracowni przy względnym spokoju i uwadze mogą być łatwiej sprawdzone i dokładniej oznaczone, jak podczas bezpośrednich często bardzo szybko wykonywanych obserwacji sklepienia nieba.

Prawie wszystkie najważniejsze i najpotrzebniejsze pomiary astronomiczne, należące do działu obserwacji przejścia gwiazd za pomocą lunety południkowej lub przyrządu uniwersalnego, wykonywane są zawsze wprost przez samych dostrzegaczy. Osobiste więc poprawki ich niedokładności, przynajmniej podczas głównych pomiarów astronomicznych i geodezyjnych, muszą być możliwie dokładnie wysłędzone i oznaczone.

Jakimże sposobem określa się poprawka osobista podczas wykonywania dostrzeżeń przejść gwiazdowych? Oznaczenie tej poprawki odbywa się przez zastosowanie takiego przyrządu, który pozwala nam na obserwację w teleskopie przechodzenia w polu widzenia gwiazdy sztucznej, a zarazem, zmieniając prędkości jej ruchu, podaje nam rzeczywiste momenty przesuwania się gwiazdy sztucznej przez nitki lunety. Używanie podobnych przyrządów, które wprowadzone były już od kilku dziesiątków lat i wymagałyby wielu poprawek, dostarczyło bardzo bogatego materiału i podało następujące wyniki. Poprawki osobiste doświadczonego obserwatora nie wychodzą wogóle poza granicę mniejszą niż  $\frac{1}{10}$  sekundy; zwykle nie są jednak stałe i rosną wraz ze zwiększającą się szybkością gwiazdy.



Obserwacja za pomocą przyrządu południkowego wykonywana w położeniu leżącym.

W czasach nowszych wykonane za pomocą olbrzymich teleskopów dokładne pomiary gwiazd podwójnych i grup satelitów naszych głównych planet dostarczyły nam właściwych i ważnych wiadomości o działach osobnym poprawek osobistych, powód powstania których pochodzi ze źródła błędów natury fizjologiczno-wzrokowych. Błędy tego rodzaju, systematycznie pojawiające się i napewno dowiedzione, mają niesłychane znaczenie przy określaniu gwiazd podwójnych, ponieważ drogi, jakie opisują około siebie te nadzwyczaj ciekawe ciała niebieskie, należące do jednakowego ustroju fizycznego, przedstawiają się obserwatorowi tak małymi, że najmniejsza niedokładność pomiarowa oddziałują znacznie na wyznaczenie ich orbit. Położenie względem siebie gwiazd podwójnych określa się ich odległością wzajemną i kątem pozycyjnym; pierwszą wymierza się w jednostkach łukowych sekundy za pomocą przyrządu mikrometrycznego, posiadającego jedną nitkę ruchomą; druga zaś oblicza się w częściach stopnia, poczynając od kierunku północnego i odczytuje się na kole pozycyjnym po nastawieniu równoległym do kierunku obu gwiazd nitki, obracającej się około swego środkowego punktu. Błędy dostrzeżeń zmysłowych wpływają najwięcej na dokładność wymierzenia kąta pozycji, znacznie mniej przy określaniu wzajemnej odległości gwiazd. Zależy to głównie od tego czy pole widzenia w teleskopie jest jasno oświetlone, a nitki są ciemne, czy też przy jasno oświetlonych nitkach pole widzenia jest ciemne. Prócz tego nastawianie na nitki, to jest takie nastawianie, przy którym linja, łącząca obie gwiazdy zlewa się z nitką ruchomą, daje inne i daleko pewniejsze wyniki od nastawiania jej pomiędzy nitkami, gdzie równoległość kierunków ocenia się tylko na oko. Bardzo ważne znaczenie ma także położenie względem zenitu linii łączącej obie gwiazdy i odpowiednio do tego wypadku położenie głowy obserwatora. Wreszcie pewność oceny kąta pozycyjnego zależy od wzajemnej odległości każdej poszczególniej gwiazdy, wchodzącej do systemu gwiazd podwójnych: pewność ta się zmniejsza w miarę tego, o ile zmniejsza się powyższa odległość. W ogóle obserwacje gwiazd podwójnych, przy których zadaniem ostatecznym jest ustawienie na linii prostej kilku punktów, dają się przeprowadzić za pomocą ruchów oka, tak nazywanych ruchów kołowych oka. Takie zaś ruchy jednakże, jak to nam wskazuje nauka o dostrzeżeniach wzrokowych, są związane ze znacznymi błędami, pojawiającymi się systematycznie. Z czego wynika bardzo jasny wniosek, jak niezbędnym jest, przy obserwacjach nad gwiazdami podwójnymi, wykrycie i oznaczenie osobistych korektur dostrzegacza. Te najlepiej dają się wymierzyć za pomocą przyrządu, w którym obserwujemy utworzoną sztucznie gwiazdę podwójną z określoną wzajemną odległością gwiazd i ze zmieniającymi się dowolnie kątami pozycyjnymi. Badania tego rodzaju pokazały, że bywają tacy obserwatorzy, których korektura osobista wynosi zaledwie kilka minut kąta pozycyjnego, a bywają znów takie wypadki, jak to miało miejsce u Ottona Struvego, powagi w dziedzinie astronomji, że korektury osobiste dochodziły do 5 stopni.

Dla lepszego zrozumienia zkład powstają błędy w dostrzeżeniach zmysłowych podczas wykonywania wszelkiego rodzaju dokładnych pomiarów, musimy rozpatrzeć wogóle, jak się wytwarzają wyobrażenia zmysłowe (za pomocą zmysłów dotyku, słuchu i wzroku), a oprócz tego wyjaśnić sobie najważniejsze zjawiska z zakresu świadomości i przejawu wyobrażeń.

## Przegląd ogólny wyobrażeń zmysłowych.

Przedewszystkiem musimy sobie jasno określić pojęcie i główne formy wyobrażeń. Wyobrażenie pojmujemy jako wytworzony w naszym umyśle obraz jakiegoś przedmiotu, lub też jakiegoś przejawu ze świata zewnętrznego. Świadomość stawia przedewszystkiem te wyobrażenia na równi z przedmiotami świata zewnętrznego, a rozważanie następne zajmuje się pytaniem, o ile powstały w wyobrażeniu obraz jest rzeczywiście zgodny z przedmiotem, odnoszącym się do niego. Przedmiot, wywołujący wyobrażenie może być rzeczywistym, lub też zmyślnym. W pierwszym wypadku, kiedy wyobrażenie odnosi się do przedmiotu rzeczywistego nazywamy je dostrzeżeniem lub też pojęciem, zależnie od tego, czy główny nacisk kładziemy na stronę przedmiotową, to jest na działalność li tylko świadomości naszej. Jeżeli przeciwnie przedmiot nie jest rzeczywistym, tylko zmyślnym, to wtedy nazywamy je wspomnieniami lub wyobrażeniami urojonemi. Spostrzeżenia tworzą się przez zewnętrzne podniety naszych organów zmysłowych, podczas gdy wyobrażenia urojone polegają na podrażnieniach wewnętrznych powierzchni zmysłów. Pierwsze z nich wytwarzają właściwe przedmiotowe spostrzeżenia zmysłowe, z których formuje się całe nasze wyobrażenie zmysłowe o świecie, do drugiego zaś działu należą urojenia, fantazje, marzenia senne i wreszcie halucynacje.

Uczucia i wyobrażenia łączą się z sobą w sposób podwójny; raz w postaci następujących po sobie momentów, a więc w czasie, drugi raz w porządku przestrzennym. Wobec wszystkich wyobrażeń naszych czas ma znaczenie zasadnicze, a przeważające w wyobrażeniach słuchowych, które bez przesady można nazwać zmysłem czas budzącym, i z tego powodu przestrzenny porządek wrażeń słuchowych ogranicza się do więcej lub mniej niedokładnego ich umiejscowienia. Z wyobrażeniami wzrokowemi dzieje się zupełnie odwrotnie, gdyż one mają znaczenie wyjątkowe przy kształceniu pojęcia przestrzeni.

Podczas gdy oko obraca się przeważnie w przestrzeni, słuch zaś w czasie, to jest w tych dwóch formach, które odbijają w świadomości naszej świat zewnętrzny, trzecia grupa wyobrażeń, czyli zmysł dotyku łączy w sobie harmonijnie oba rodzaje, pojęcie przestrzeni i czasu. We wrażeniach

dotyku i ruchu kombinują się jednocześnie przemijające momenty czasu z przebieżonemi drogami i tworzą podstawę dla pozostałych wyobrażeń zmysłowych. Co w nich znajduje się jeszcze w uspieniu, to powołują do życia i prowadzą w różnych kierunkach dwa zmysły wyższego rodzaju, oko i ucho.

Dwa pozostałe zmysły, na podstawie których tworzą się nasze wrażenia smaku i zapachu, nie przedstawiają obecnie dla nas wielkiego interesu, raz że wrażenia zapachu są ściśle związane z wrażeniami dotyku i wzroku, powtóre, że nie mają żadnego znaczenia przy wykonywaniu dokładnych pomiarów. Łączność wrażeń smaku ze spostrzeżeniami dotyku i wzroku stwierdzić się daje za pomocą prostego doświadczenia, znanego nawet w kołach niespecjalistów, z którego wynika, że osoba, mająca związane oczy nie jest w stanie odróżnić smaku wina czerwonego od białego. Zmysł powonienia zupełnie jest nieużyteczny przy wykonywaniu dokładnych i delikatnych pomiarów we właściwym tego słowa znaczeniu, w wyjątkowych tylko razach, jak np. przy oznaczeniu nadzwyczaj drobnych i nieuchwytnych ilości gazu oświetlającego lub piżma, normalny organ powonienia jest najdelikatniejszym przyrządem mierniczym, przynajmniej w analizie ilościowej. Istnieje np. niedawno odkryty przez C. Fischera „Merkaptan“, którego jedną miljonową część miligramu, a więc ilość prawie nie dającą się wymierzyć, można oznaczyć za pomocą zmysłu powonienia.

a) Wyobrażenia otrzymane za pośrednictwem  
dotyku i ruchu.

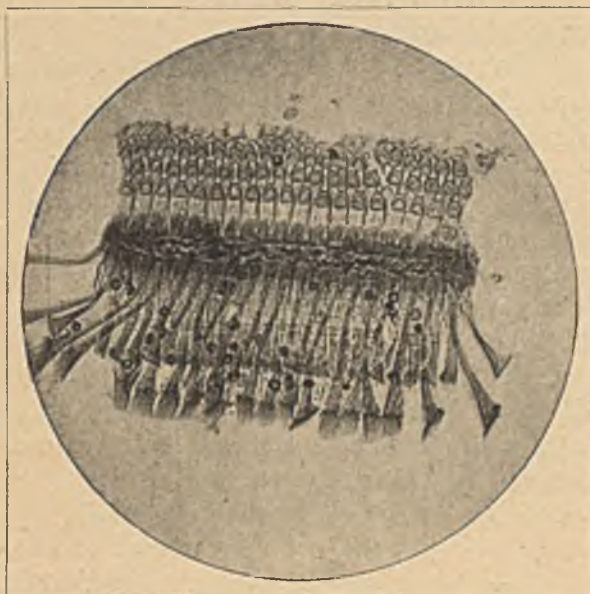
Wrażenie ucisku i temperatury, odczuwane przez naszą skórę odnosiemy wprost do tego miejsca, które było dotknięte podniętą, tak samo postępujemy ze zmysłem dotyku przy uczuciach pokrewnych części wewnętrznej. Zachodzi tu więc tak nazywana lokalizacja, dokładność której bywa nadzwyczaj różna, zależnie od położenia miejsca skóry poddanego działaniu. Ostrość tej lokalizacji, tego umiejscowienia, wogóle daje się określić najlepiej w ten sposób, jeżeli wykonamy jednocześnie dwa naciski, na dwóch sąsiednich miejscach skóry i oddalając lub zbliżając je, znajdziemy dla nich taką najmniejszą odległość, przy której naciski te będziemy jeszcze odczuwać, jako wykonywane na dwóch miejscach, rozdzielonych pewną przestrzenią. Przy wszelkich pomiarach wrażeń i wyobrażeń, granicę wartości dla najmniejszej odległości w przestrzeni lub czasie, w której dwa wrażenia można odczuć jeszcze, jako odosobnione, oznacza się zwykle jako próg podniety przestrzennej lub czasowej. Badanie przeprowadzone nad wielkością progu podniety zmysłu dotyku wykazały, że wielkość tej granicy zależną jest od miejsca na skórze i stosownie do tego waha się od 1 do 70 milimetrów prawie. Najmniejsza różnica (próg podniety przestrzennej = 1 mm.) znajduje się na końcu języka i na brzoścach palców (2 mm); daleko mniej wrażliwe są pozostałe miejsca skóry na ręce, twarzy (policzek 11 mm.) i palcach, a wrażliwość najmniejszą pod tym względem okazują

piersi i brzuch, ramię i udo, w których próg przestrzenny podniety docho-  
dzi do 68 mm.

Podane powyżej liczby są wartościami przeciętnymi dla progu podnie-  
ty przestrzennej zmysłu dotyku, które przez usilne i wytrwałe ćwiczenia  
mogą być do połowy lub nawet do jednej trzeciej zmniejszone. Dowodami  
przekonywającymi pod tym względem są niewidomi od urodzenia lub do-  
tknięci ślepotą w młodym wieku, u których pojęcia przestrzenne oparte są  
wyłącznie na wyobrażeniach dotykowych i ruchowych. Oczywiście, że od  
powyżej omawianej lokalizacji wrażeń dotyku zależną jest także zdolność  
tego organu do wytwarzania wyobrażeń przestrzennych kształtu, jaki po-  
siadają dotykane przedmioty. Delikatność zmysłu dotykowego nie jest bar-  
dzo znaczna; nie można jej także nieznacznie powiększyć, jeżeli nawet do-  
tykane części przedmiotu będą w ruch wprowadzone. Przy wykonywaniu  
jednak pomiarów dokładnych, jak np. przy oznaczaniu nierówności płaszczy-  
zny należy uciec się do pomocy sztucznych przyrządów jak sferometru lub  
drażków czułych, czyli mierzyć za pośrednictwem dotykania mikrome-  
trycznego.

#### b) Wyobrażenia słuchowe.

Wrażenia w organie słuchu wywoływane są wyłącznie za pomocą to-  
nów i różnego natężenia szmerów; inne podniety zmysłowe albo wcale nań  
nie oddziałują, lub też w sposób drugorzędny. Jakkolwiek wyobrażenia  
słuchowe są ograniczone pod  
względem ilościowym, posiada-  
ją za to różnaitość pod wzglę-  
dem jakościowym, najpierw  
przez przystosowanie się do  
zmian czasowych zewnętrznej  
podniety, a następnie ze wzglę-  
du na możność analizy dźwię-  
ków pojedynczych jak i współ-  
dźwięków a także układania  
ich w całe szeregi tonów cią-  
głych. Ta zdolność w wynaj-  
dywaniu pokrewieństwa dźwię-  
ków odnosi się jednakowo do  
form tonów i szmerów natu-  
ralnych, jak sztucznie wywoła-  
nych. Do rzędu pierwszych na-  
leży huk gromu, świst wiatru,  
szum wody płynącej, gło-  
sy zwierząt, brzęczenie owa-  
dów, śpiew ptaków a przede-  
wszystkiem głos mowy ludzkiej. Podług Helmholtza samogłoski tworzą się  
sposobem czysto akustycznym, spółgłoski zaś nie są już czystymi dźwiękami



**Organ Cortiego w uchu człowieka.**

Według zdjęcia fotograficznego wykonanego przez Dr. Neuhauaa.



i należą do rzędu szmerów. Formy tonów i szmerów, wywołane sztucznie są pokrewne z dźwiękami muzycznymi, w których odpowiednio do liczby drgań wytwarzają się interwale, tony górne, współgłosy, harmonja a także i dysonansy. Przy zamianie dźwięków na wyobrażenia słuchowe, znaczenie rzeczywiste posiada kolejne następstwo wrażeń. Przez wzmożenie lub zmniejszenie dźwięków, przez ich ilościową zmianę, przez rytmy i pauzy powstaje melodja, w której nie bacząc już na uczucia estetyczne, sama charakterystyczna miara czasu ma wielkie znaczenie dla wyobrażeń słuchowych.

Zjawisko słyszane polega bezwątpienia na drganiach podłużnych, gdyż fale powietrzne wchodzą przez ucho do błony bębenkowej i wywołują w niej odpowiednie drgania, które wprawiają w ruch drgający powietrze „ucha środkowego“, a następnie za pośrednictwem kostek słuchowych przenosi je do błony, oznaczonej nazwą „okienka owalnego“ i prowadzi wreszcie do ucha wewnętrznego. Ucho wewnętrzne posiada budowę bardzo złożoną; zawiera ono między innymi trzy przewody półokrągłe i ślimak, do którego wnikają prawdopodobnie fale dźwiękowe. W ślimaku znajduje się ciecz limfatyczna, do której wchodzi nerw słuchowy i rozszerza się w organie Cortiego, przypominającym bardzo swem urządzeniem harfę. Skoro fale dźwiękowe dosięgną cieczy, spotykają organ Cortiego, który przez tę podnieję wywołuje wrażenie słuchu. Wrażenie to jest zupełnie niezawisłe od rodzaju podniety, gdyż jak w oku wszystko staje się światłem, tak w uchu—dźwiękiem lub tonem niezależnie od tego jaka podnieta może natrafić na nerwy słuchu lub wzroku. Ma się tu bowiem do czynienia ze specyficznymi wrażeniami zmysłowemi.

Wyobrażenia słuchowe u człowieka są do pewnego stopnia ograniczone. TONY najniższe, które możemy jeszcze rozpoznawać, wykonywają 30 drgań na sekundę, czyli ich fale w powietrzu są długie 11 metrów: najwyższe tony, które ucho może odróżnić, dochodzą do 40 000 drgań na sekundę, a długość ich fal powietrznych wynosi około 8 milimetrów. W muzyce używa się wszakże tylko 7 oktaw, to jest tonów, których ilość drgań na sekundę zawiera się między 30 i 4000; ucho człowieka jednak może odróżniać tony 11 oktaw. Jeżeli teraz porównamy, że oko zdolne jest odróżniać barwy świetlne tylko w granicach  $2\frac{1}{2}$  oktawy; to przekonywamy się, iż ucho panuje nad znacznie większym obszarem, niż organ widzenia. To też i budowa narządu słuchowego jest daleko więcej zawiła, niż oka, a niektóre funkcje słuchu nie są jeszcze dziś dokładnie wyjaśnione pod względem fizjologicznym.

### c) Wyobrażenia wzrokowe.

Dla lepszego zrozumienia fizjologii wyobrażeń wzrokowych musimy w krótkich słowach naszkicować przyrząd optyczny oka. Oko jest kulą, tak zwaną gałką oczną, utworzoną z grubej błony, twardówki, z przodu przezroczystej błony rogowej (cornea), zwanej rogówką. Po za rogówką, stanowiącą część przednią oka, znajduje się przedział, dochodzący do

tęczówki (iris), napełniony cieczą wodnistą (humor aqueus). Tęczówka tworzy pierścień z otworem okrągłym, zwanym źrenicą, za którą znajduje się ciało, ograniczone dwiema powierzchniami kulistemi, zwane soczewką (lens, albo cristallinum). Potem następuje ciało szkliste, galaretowate, wypełniające oko. Wewnątrz organ wzrokowy pokryty jest różnemi błonami, ułożonemi współśrodkowo, z pośród których najważniejsza jest siatkówka (retina), wyposażona obficie delikatną siatką nerwów. Kończące się w siatkówce włókna nerwowe tworzą pewnego rodzaju ustrój, złożony z pręcików, leżących na przodzie i słupków, rozrzuconych między pręcikami. Na siatkówce znajduje się także purpura wzrokowa; jest to substancja, która na podobieństwo płytki fotograficznej bardzo silnie reaguje na światło; funkcje jej jednak dotąd nie zostały dokładnie wyjaśnione. Nerwy siatkówki zbierają się w tyle oka w gruby pęczek, nazwany nerwem wzrokowym (nervus opticus), który przenika przez gałkę oczną i dochodzi do mózgu. Oko może się poruszać we wszystkie strony za pomocą mięśni, umocowanych do powierzchni jego zewnętrznej i dochodzących do otaczających gałkę oczną kości.

Oba oczy człowieka utworzone są w sposób zupełnie jednakowy; ich pęczki nerwowe krzyżują się wzajemnie, tak, że lewy nerw wzrokowy dochodzi do mózgu z prawej, prawy zaś z lewej strony. Wszystko w oku, począwszy od rogówki aż do siatkówki

jest przezroczyste i ograniczone powierzchniami kulistemi. Stosunki załamania światła w rogówce, w cieczy wodnistej, w soczewce i



Przekrój oka ludzkiego.

ciężkie szkliste są tak urządzone, że promienie świetlne, wysyłane przez przedmioty ze świata zewnętrznego przenikają do oka i łączą się w niem w punktach, które w połączeniu wytwarzają obrazy tych przedmiotów.

Nastawianie oka dla zobaczenia jakiegoś przedmiotu odbywa się albo za pomocą ruchu samego oka, lub też obrotu głowy; najczęściej jednak przez skombinowanie obu powyższych ruchów i to w ten sposób, że wchodzące do obu oczu promienie świetlne padają prostopadłe na źrenicę i przechodzą przez nią w kierunku osi ocznych. Prócz tego kształt gałki ocznej za pomocą ruchów pewnych mięśni przystosowuje się do odległości przedmiotów w ten sposób, że obrazy ich w obu oczach wypadają równo w oznaczonym miejscu na samej siatkówce, mianowicie na plamce żółtej, niedaleko od wejścia nerwu wzrokowego. Zauważyć przytem należy ten rys charakterystyczny, że to miejsce, w którym nerw wzrokowy wchodzi do oka, jest nieczułe na promienie świetlne i nazwane jest z tego powodu miejscem ślepe. Skoro jednak obraz danego przedmiotu padnie na plamkę żółtą,

zostaje zaraz dostrzeżony, gdyż pobudzone nerwy siatkówki przenoszą tę podniecię za pomocą nerwu wzrokowego (*nervus opticus*) aż do mózgu.

Rzecz prosta, że oko, jak i każdy organ może uleść znużeniu; to występuje tem szybciej, im częściej będziemy używali tego narządu, szczególnie przy rozpatrywaniu jasno oświetlonych przedmiotów. Oko bywa wtedy olśnione i widzi negatyw przedmiotu, który zjawia się często w zamkniętem oku i może świecić różnemi barwami. Są to tak nazywane powidoki, obrazy zaś śródoczne bywają wywoływane przez krążenie krwi i nacisk mięśni na oko, przez podniećty, które przy oku zamkniętem nawet wywołują wrażenie zawieszonych mas świetlnych, przedstawiających w pewnym względzie uwarunkowane przez podrażnienie nerwu wzrokowego światło własne oka. Pod pewnym względem pokrewne z poprzedniem jest zjawisko irradjacji—rozpromieniania, zjawisko niezmiernie ważne przy ocenianiu dostrzeżeń wzrokowych, wskutek którego przedmioty jasne wydają się większemi od takiejże samej wielkości przedmiotów ciemnych; zjawisko to powstaje na tej zasadzie, że podrażnione elementy nerwowe pociągają za sobą do współdziałania i te elementy sąsiednie, na które podniećta nie podziałała. Obrazy na siatkówce, jak to widać z rysunku, są odwrócone i w stosunku do wymiarów przedmiotów bardzo małe. Zamiana tych obrazów na proste ich powiększenie i przesłanie do świata zewnętrznego jest sprawą duchową naszej świadomości; obraz jest podniećta, wrażenie staje się widzeniem i skutkiem tego tworzy się wyobrażenie przedmiotu.

Mówiliśmy już przedtem o akomodacji, czyli zdolności oka do przystosowywania się; przystosowywanie to, które ma na celu widzenie dokładne przedmiotu niedostatecznie ostro uwydatnionego, połączone jest zawsze z pewnym wysiłkiem. Odległość przedmiotów, które możemy widzieć wyraźnie i bez wysiłku wynosi 25 centymetrów i nazywa się odległością wzrokową normalną, albo naturalną. Przy niezmiennem kształcie oka (bez akomodacji) obrazy przedmiotów więcej oddalonych od oka, tworzą się przed siatkówką — przedmiotów zaś mniej odległych — po za siatkówką. Każdy punkt danego przedmiotu wysyła stożkowy pęczek promieni, które, załamując się w oku, dają odwrotny stożek, wierzchołek którego wyznacza obraz tego punktu danego przedmiotu. Jeżeli wierzchołek stożka znajdzie się przed lub za siatkówką, to na niej zamiast punktów obrazu danego przedmiotu otrzymujemy świetlne krążki, tak nazywane krążki rozproszonego światła, które zachodząc na siebie, dają na siatkówce obraz niewyraźny i zamglony. Tu musi przyjść z pomocą własność przystosowania oka, której działanie w tym kierunku zasada się na tem, że wszystkie stożki promieni świetlnych powinny być w ten sposób załamane, ażeby wierzchołki ich, stanowiące punkty obrazu, legły dokładnie na samej siatkówce. Z pomocą mięśni przystosowalnych soczewka oka może być ściśnięta w kierunku poziomym lub pionowym. Granice dla własności akomodacyjnej zależą od odległości przedmiotu i od specjalnych właściwości oka. Wogóle oko przystosowuje się lepiej do widzenia przedmiotów, leżących w większej

odległości od naturalnej dali wzrokowej, niż do przedmiotów, będących bliżej; a w wielu oczach, mających nieprawidłową krzywiznę soczewki, akomodacja do ułożenia obrazu na siatkówce nie wystarcza zupełnie,

Jeżeli obrazy tworzą się przed siatkówką, to wzrok taki nazywamy krótkim; wzrok zaś daleki albo nadmiarowy jest wtedy, gdy obrazy otrzymują się za siatkówką. Tym brakiem, spotykanym niestety bardzo często u ludzi cywilizowanych, zapobiegają okulary, których szkła zależnie od stanu oka mają takie krzywizny powierzchni, ażeby obrazy przedmiotów tworzyły się w odległości odpowiedniej do granic przystosowywania ocznego. Okulary więc zaopatrują do pewnego stopnia oczy anormalne jeszcze w jedno ciało, załamujące światło i tem uzupełnieniem tworzą z niego czynny przyrząd optyczny.

Od odległości przedmiotu zależnym jest także kąt widzenia, to jest kąt, pod jakim przecinają się w źrenicy oka dwa promienie świetlne, wychodzące od dwóch skrajnych punktów tego przedmiotu. Kąt widzenia bywa tem mniejszy, im mniej znaczną jest odległość dwu powyższych punktów i im więcej są one oddalone od oka. Doświadczenie poucza nas, że oko zdolne jest odróżniać i oddzielać tylko takie promienie, jeżeli kąt widzenia nie przechodzi poza pewną granicę, t. j. nie jest mniejszy od 1 sekundy łukowej; poniżej tej granicy oko promienie takie przyjmuje jako równoległe i nie może odczuć ich punktów zetknięcia. Ponieważ jednakże przez odróżnienie następuje także rozpoznanie przedmiotu, dlatego też ciało którego budowę mamy rozpatrzeć, musi być do oka możliwie blisko przysunięte. Wobec ograniczonej zdolności akomodacyjnej naszego przyrządu optycznego, przedmiot rozpatrywany możemy doń przybliżyć tylko do pewnej granicy, w przeciwnym bowiem razie otrzymamy obraz jego zamglony i niewyraźny. Prócz tego nie wszystkie przedmioty świata zewnętrznego dają się ująć i przybliżyć; wreszcie znajdują się tak maleńkie utwory kosmiczne, że nawet największe zbliżenie ich do oka nie wystarcza, ażeby można było odróżnić oddzielne punkty, wytworzone przez promienie świetlne wysyłane przez te utwory. W tym kierunku okazują pomoc sztuczne przyrządy optyczne, lupy, lunety i drobnowidze, których urządzenie i działanie znane jest ogólnie.

Skończywszy ze wskazówkami orientacyjnymi względnie do organu wzrokowego, przejdźmy teraz do wyjaśnienia wyobrażeń wzrokowych. Powstawanie i istnienie obrazu różnych przedmiotów na siatkówce stanowi warunek zasadniczy dla oka, dostarczającego nam pojęcia przestrzennego o świecie zewnętrznym. Każdy punkt siatkówki odczuwa siłę i długość fal dochodzących doń drgań świetlnych, stosownie do znanych praw optyki, jako napięcie światła i jego ilość. Rozmieszczenie w przestrzeni tych wrażeń odbywa się przy wszelkich podnięciach siatkówki, zarówno przy zjawiskach



### Półksiężyc.

Sierp jasny wydaje się jakby był opisany promieniem koła większym od promienia ciemnej powierzchni księżycy.

śródocznych, jakoteż i przy powidokach; w obu razach zarówno obrazy siatkówki odnosimy do otaczającej nas przestrzeni zewnętrznej. Jeżeli chcemy dokładnie zbadać obrazy naszych wyobrażeń wzrokowych, z pomocą których odtworzony zostaje świat zewnętrzny, musimy dla lepszego wyjaśnienia poddać analizie trzy oddzielne momenty: pierwszy, obraz na siatkówce i wyobrażenie wzrokowe, otrzymane, gdy jedno oko znajduje się w stanie spokoju; drugi, gdy te same zjawiska dostrzegamy w tym czasie, kiedy oko jest w ruchu, a więc pod wpływem ruchów ocznych; trzeci wreszcie, takie wrażenia wzrokowe, przy których oba organy wzrokowe, będące w ruchu, działają wspólnie i zgodnie.

W pierwszym przypadku, gdy oko znajduje się w położeniu nieruchomem, obraz wywołany na siatkówce, może uleść zmianom, albo wskutek tego, że przedmiot sam porusza się, albo też, jeżeli obserwowany jeden dotychczas przedmiot, zostaje zasłonięty przez drugi, który go przykrywa zupełnie lub tylko częściowo. Położenie i wielkość obrazu na siatkówce określają, przeprowadzone w myśli przez punkt węzłowy oka aż do samej siatkówki promienie od wszystkich punktów przedmiotu, które tam wyznaczają odpowiednie punkty samego obrazu. Jeżeli jeden jaki punkt świecący danego przedmiotu porusza się w przestrzeni, to porusza się jednocześnie w kierunku odwrotnym odpowiedni punkt obrazu na siatkówce. Ponieważ jednak wrażliwość oka na światło, poczynając od środka siatkówki, t. j. od tak zwanej plamki żółtej, słabnie, czyli zmniejsza się, w kierunku jego części bocznych, to wskutek tego zmienia się także zdolność wrażeniowa i ostrość pojmowania przestrzeni. Z tego też względu przedmioty, których obrazy odtwarzają się na plamce żółtej, oznaczają się jako widziane wprost, wszystkie zaś obrazy ułożone na bocznych stronach nazywają się obrazami pośrednimi; linja prosta poprowadzona przez punkt środkowy oka i przez środek plamki żółtej nazywa się linią wzrokową.

Zdolność oka do odróżniania przy patrzeniu wprost i ukośnym jest bardzo różna. Dla oka wyćwiczonego dwie linje, biegnące w odstępach jednego milimetra zlewają się w jedną już przy 3 metrowej odległości od oka, co odpowiada kątowni, jaki tworzą główne promienie (kątowni widzenia) 75 sekund, albo też wielkości obrazu, wynoszący  $5\mu = 0,005$  milimetra. Przy patrzeniu skośnym wzajemna odległość obrazów, dających się odróżnić musi być znacznie większa, wzrasta ona jednocześnie w miarę tego, jak obrazy odsuwają się od środka siatkówki, co wskazuje następujące zestawienie:

Odchylenia kątowe od środka siatkówki:	2,5°	3,5°	5°	7°	8,5°
Odległość między obrazami w minutach.	3,5'	7'	17'	34,5'	69'

Zdolność odróżniania obrazów na siatkówce zmniejsza się daleko szybciej, jeżeli obrazy przesuwają się do zewnętrznych części oka, tak np. przy patrzeniu prostem siła wzroku maleje do  $\frac{1}{100}$ , jeżeli obraz zjawia się na odległości 35° od środka plamki żółtej. Godzi się tu zaznaczyć, że zdolność powyższa do odróżnienia nie jest także jednakowa na różnych południkach



### Smok, obserwowany pod różnemi kątami widzenia.

Według miedziorytu z dzieła Zahna „Oculus artificialis telediopticus“ z 1702 roku.

ocznych, jakie myślowo możemy przeprowadzić przez środek siatkówki, a nawet różni się ona w obu organach wzrokowych jednego i tego samego obserwatora. Zdaje się w ogóle, że południk siatkówki poziomy posiada większą zdolność do rozdzielania obrazów niż pionowy; jest to bardzo ważny szczegół, na który zwrócić należy uwagę, przy wykonywaniu najdelikatniejszych pomiarów w lunecie lub mikroskopie. Możliwem jest także, że różnicowanie bystrzejsze w południku poziomym zależnem jest od wprawy, jakiej nabiera oko przy czytaniu i pisaniu w kierunku poziomym. Pożądanem byłoby zbadanie w tym kierunku ócz chińczyków lub japończyków, którzy prawdopodobnie pionowy południk siatkówki mają więcej uzdolniony do odróżniania obrazów, jak poziomy.

Prawdopodobniejszem jednak, zdaje się być to przypuszczenie, że różnice, zachodzące przy dostrzeganiu obrazów w różnych miejscach siatkówki

zależne są od jej budowy niejednolitej. Blisko środka siatkówki t. j. plamki żółtej odbywa się percepcja na ściśle skupionych czopkach nerwowych, podczas gdy w dalszych okolicach siatkówki ilość czopków się zmniejsza, a wzamian występują pręciki, między którymi rozpościera się tkanka, niezawierająca nerwów. Z każdego czopka wychodzi po kilka włókien nerwowych, pręciki zaś wypuszczają po jednym włókienu. Ponieważ jednak według dokładnych pomiarów średnica w przekroju poprzecznym takiego czopka wynosi  $1\frac{1}{2}$  do  $2\frac{1}{2}$   $\mu$ , ( $1 \mu = 0,001$  mm), a oko ludzkie przy pomocy najdokładniejszych i najdelikatniejszych przyrządów może dostrzedz różnicę w wielkości obrazu, dochodzącą do  $0,7 \mu$ , czyli odpowiadającą zaledwie  $\frac{1}{3}$  średnicy czopka, to na powierzchni nawet jednego czopka siatkówki znajduje się dosyć miejsca dla uwydatnienia różnicy przestrzennej.

Gdy więc na siatkówce, poczynając od plamki żółtej wyrazistość pojmowania zmniejsza się w kierunkach bocznych oka, to w punkcie ślepym oka znajduje się przerwa zupełna w polu widzenia, mająca  $1\frac{1}{2}$  mm. średnicy, w której brak całkowicie czopków i pręcików nerwowych a przechodzą tam tylko włókna nerwu wzrokowego. Miejsce to odchyłone jest na wewnątrz na  $15^\circ$  od środka plamki żółtej, a ponieważ obrazy na siatkówce układają się odwrotnie, to przedmioty znajdujące się w odpowiednim odchyleniu na zewnątrz, nie mogą być widziane, skoro obrazy ich wypadną w zakresie punktu ślepego.

Omawiane dotychczas własności oka, pozostającego w spokoju, zawierają istotne elementy wyobrażeń zmysłowych, ale same w sobie nie są dostateczne, ażeby je załatwić. Otrzymany bowiem obraz na siatkówce (gdyż tak oznaczać należy tę mozaikę wrażeń świetlnych, powstającą przez podniecie jedyne go pobudliwego elementu siatkówki) jest zupełnie różny od obrazu przedmiotu przeniesionego przez naszą wyobraźnię w przestrzeń zewnętrzną. Wyobrażenia bowiem zapełnia przerwy w otrzymanym obrazie i wygładza wszelkie nierówności, powstałe w obwodowych częściach siatkówki; tu wyobrażenia nasza wymaga szczególnych środków pomocniczych, które przedewszystkiem znajdują się w poruszeniach oka.

Ruchy oka wogóle, w normalnych warunkach, składają się z obrotów około jednego punktu stałego, znajdującego się w oczodole. Ten punkt obrotu oka leży w odległości około  $13\frac{1}{2}$  mm. od wierzchołka rogówki, a wszystkie obroty są wykonywane przy pomocy sześciu par mięśni, a mianowicie: mięsień prosty zewnętrzny i wewnętrzny, mięsień prosty górny i dolny i taki sam mięsień skośny, górny i dolny. Ruch pierwszej pary mięśni (mięsień prosty zewnętrzny i wewnętrzny) obraca gałkę oczną na zewnątrz lub wewnątrz, przyczem jednocześnie poziom siatkówki (jeden z południków przeprowadzonych przez siatkówkę poziomo) utrzymuje stale swój kierunek poziomy. Skutkiem poruszeń drugiej pary mięśni (mięsień prosty górny i dolny) z pomocą których poziom siatkówki odchyła się o  $30^\circ$  prawie od płaszczyzny poziomej, występuje tak nazywany obrót kolisty oka, przyczem linja wzrokowa utrzymuje się jako oś stała. Przez ruch mięśni

trzeciej pary (mięsień skośny górny i dolny) następuje podnoszenie i opuszczanie gałki ocznej przy odpowiedniem odchyleniu poziomym siatkówki. Wspólne działanie powyższych mięśni przy ruchach oka, o ile jest głęboko obmyślane, o tyle jest zarazem bardzo złożone. Przy pomocy ruchów oka osiągamy cel najważniejszy, to jest poruszanie osi patrzenia, który punkt naosny łączy z miejscem najwyraźniejszego widzenia; w ten sposób uwarunkowane są tak dowolne jak i mimowolne ruchy gałki ocznej i to przez siły centralne, znajdujące się w naszej świadomości.

Szczególniejsze znaczenie mają poruszenia oka przy wymierzaniu pola widzenia, które wogóle wydaje się nam jako powierzchnia wewnętrzna kuli. I taką też przedstawia się nam przestrzeń nieba, to sklepienie kuliste, które jako takie uważaliśmy jeszcze w naszych latach dzieciennych. Wygląd kulisty pola widzenia pochodzi wskutek ruchów oka, przy których punkt obserwowany opisuje ciągle okręgi kół wielkich, należące do pustej powierzchni kulistej, których środkiem jest punkt obrotu oka.

Jednak nietylko forma ogólna pola widzenia, ale i rozgląd w niem przedmiotu, czyli wszelkie przestrzenne wyobrażenia wzrokowe są pochodne od ruchów oka. Stwierdzić to można dokładnie za pomocą patologicznych objawów, czyli porażen pojedynczych mięśni oka. Można także wykazać ogólnie, że pojęcie nasze o położeniu przedmiotów w przestrzeni wyrabia się istotnie za pomocą czucia nerwowego, które towarzyszy przy każdym popędzie do ruchu. Na tej samej zasadzie można wreszcie wyjaśnić te liczne przejawy normalnych złudzeń zmysłowych, które należą przeważnie do złudzeń geometryczno-optycznych. Wogóle mamy dwie grupy przejawów, które tu chcemy rozpatrzeć, mianowicie, różnice powstające przy wymierzaniu odległości prostoliniowej, przyczem należy wziąć pod uwagę zależność od kierunku, powtórę złudzenia miary ocznej, zależne od sposobu wypełnienia pola widzenia. Co się tyczy pierwszej grupy przejawów, to możemy dokładnie porównywać odległości w polu widzenia tylko wtedy, jeżeli one mają jednakowy kierunek i pochodzą od przedmiotów, znajdujących się w równej od oka odległości. Jeżelibyśmy na zasadzie tych założeń chcieli oznaczyć ostrość miary ocznej, to należałoby zastosować te metody pomiarów, jakie używane są ogólnie w psychofizyce. Najpierw można wysledzić takie różnice w odstępach pomiędzy dwiema linjami lub punktami, przy których daje się zauważyć wielkość tej różnicy; powtórę należy postarać się, ażeby można było jeden odstęp zrównać z drugim i z większej ilości takich doświadczeń oznaczyć błąd przeciętny; potrzecie, można wreszcie wybrać takie odległości, pomiędzy którymi nie można już rozpoznać różnicy i z całego szeregu takich doświadczeń należy określić liczbę wypadków prawdziwych i błędnych.

Z doświadczeń tego rodzaju, przeprowadzonych przez Volkmana i Fechnera wypada, że względna granica odróżnień dla miary ocznej, według naszej oceny, ma wartość stałą tylko przy średnich, częściej spotykanych odległościach; przy odległościach mniejszych i większych od



średnich wzrasta bardzo znacznie. Ta charakterystyczna okoliczność jest w związku z ruchami oka i należy zauważyć, że musiała być wprowadzona przy wykonywaniu pomiarów astronomicznych kierunków podwójnej gwiazdy czyli kąta pozycyjnego. Tu należą także szczególne złudzenia, jakie zjawiają się przy ocenie jednym okiem kierunku odległości pionowej. Jeżeli na linii poziomej wyprowadzimy prostopadłą do niej, to patrząc na nią jednym okiem, wydawać się nam będzie niezupełnie pionową, lecz, przy patrzeniu okiem prawem koniec jej górny odchyła się na lewo, oko zaś lewe widzi koniec jej odchylony na prawo. Ta zewnętrzna i wewnętrzna ocena kąta waha się dla oka normalnego od 1 do 3 stopni kątowych.

Druga klasa złudzeń miary ocznej polega na rodzaju wypełnienia pola widzenia. Z doświadczeń wynika, że odstęp, jakie oko podczas swego ruchu zdolne jest wymierzać przy jednoczesnem ich rozpatrywaniu, wydają się większe od tak nazywanych pustych odległości. Najprostszy objaw tego rodzaju jest następujący: kreśli się linię prostą pewnej oznaczonej długości a postawiwszy w tym samym kierunku linii prostej punkt, który ma odległość równą dokładnie długości linii, zobaczymy, że ta odległość wydaje się nam krótszą od długości poprowadzonej, czyli pełnej linii.

Przy wymierzaniu odległości chodzi nie tylko o to, ażeby oko miało punkta stałe, do których się zwraca, lecz także sam ich układ nabiera dużego znaczenia i wywiera wpływ istotny. Najlepiej wyjaśnia to doświadczenie następujące: jeżeli powierzchnię jednego kwadratu zakreskujemy linjami pionowymi, a powierzchnię drugiego kwadratu takiej samej wielkości — linjami poziomymi, to w pierwszym wypadku wymiar pionowy kwadratu wydawać się nam będzie większym, w drugim zaś wypadku — wymiar poziomy; jeżeli na powierzchni kwadratu poprowadzimy linię pochylą prostą, to w punktach jej przecięcia z bokami kwadratu wydaje się nam ona, jakby była nieco załamana.

Oprócz powyższych jest jeszcze bardzo wiele innych złudzeń optycznych. Przy wszystkich jednak złudzeniach należy mieć w pamięci, ażeby zależność miary ocznej od zapełnionych odstępów z punktami stałymi i linjami mogła być zarazem odniesiona do wrażeń ruchowych oka.

Dotąd rozpatrywaliśmy przedmioty, jako będące w stanie spokoju, obecnie zajmiemy się, w jaki sposób tworzą się wyobrażenia wzrokowe przedmiotów, znajdujących się w ruchu. Wtedy występują naturalnie nowe zawiąkania przy wytwarzaniu się wyobrażenia, ponieważ oko śledzi stale przedmioty ruchome. Jeżeli i oko i widziany przedmiot posuwają się jednocześnie, to ruch zewnętrzny może być tylko wtedy pojęty prawidłowo, gdy nam ciągle będzie znana prędkość ruchu naszego oka. W przeciwnym razie zjawiają się złudzenia, które, jak wiadomo, mają miejsce najczęściej podczas ruchów biernych ciała. Gdyż, jeżeli przy ruchu całego ciała porusza się i oko, bez żadnego jednak w tem udziału któregośkolwiek z mięśni ocznych, to następuje przesunięcie obrazu na siatkówce, które

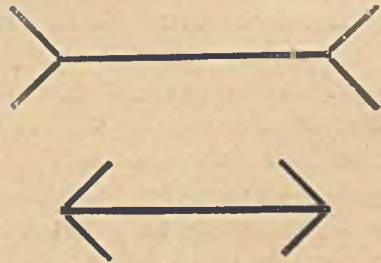
może być przeniesione na ruch prawdziwy przedmiotów zewnętrznych. Ilość tych ruchów pozornych jest niezliczona, wszystkie one należą i polegają na względnych wyobrażeniach ruchu. Dosyć jest wspomnieć złudzenia, jakie powstają podczas jazdy w pociągu drogi żelaznej, lub też gdy stojąc nad brzegiem rzeki, przypatrujemy się ruchom fal; lub gdy przed tarczą księżycy przesuwają się obłoki i t. p. złudzenia.

Z tych wszystkich przejawów przekonywamy się, że ruch oka jest miarą w wysokim stopniu niepewną przy ocenie ruchów przedmiotów zewnętrznych; przeciwnie zaś, gdy przedmioty powyższe znajdują się w stanie spokoju, to ruchy oka przy wymierzaniu pola widzenia i pojmowaniu stosunków przestrzennych mają bardzo duże znaczenie. Jeżeli ruch naszego oka ma rzeczywiście określać ruch przedmiotu, to albo dane być muszą punkty orientacyjne, lub też przejawy ruchu przedmiotowego muszą występować tak szybko, ażeby je następne poruszenia wzrokowe mogły dokładnie odróżnić od zwyczajnych niestałych poruszeń oka przy rozpatrywaniu przedmiotu nieruchomego.

Prócz tego w pojmowaniu ruchów zewnętrznych nabiera dużego znaczenia wzbudzenie i działanie następne podrażnień siatkówki (tak nazywane powidoki). Jeżeli przedmiot porusza się od  $a$  do  $b$  i mamy ten ruch pojmować jako stały, to trzeba, ażeby powstało takie wyobrażenie, że przestrzeń między  $a$  i  $b$  była rzeczywiście przebieżoną. Przy ruchu zbyt szybkim, nie mogą być dokładnie uchwycone jego pojedyncze okresy; gdy zaś ruch odbywa się zbyt powolnie, to pojedyncze okresy mogą być zatarte przez zmieszanie nowych wrażeń z poprzednio powstałymi działaniami następowymi. O wpływie tych wszystkich warunków przekonać się możemy na krążku czarodziejskim.

Oprócz wyżej wymienionych przyczyn, mających swe uzasadnienie w warunkach obwodowych wzroku, mogą wpływy centralne także oddziaływać na wyobrażenia ruchome w granicach zmysłu wzrokowego. To są tak nazywane zawroty wzrokowe, z ich odmianami, zawrotami obrotowymi i dotykowymi. Przy tych wszystkich przejawach patologicznych odnoszących się do zakresu złudzeń zmysłowych, występują ruchy pozorne, które objaśniają się za pomocą bezwiednie wykonywanych ruchów ocznych.

Dotąd przejawy wzrokowe rozpatrywaliśmy w dwóch wypadkach, to jest, gdy oko znajdowało się w stanie spokoju a następnie podczas ruchu,



Obie linje mają rzeczywiście długość jednakową.



Linja dolna rzeczywiście jest przedłużeniem linii a.

### Złudzenia wzrokowe.

przyczem uwzględnialiśmy tylko jedno oko. Faktycznie jednak oba oczy są z sobą pod względem fizjologicznym ściśle związane i przyrządy ich do wykonywania ruchów mają połączenie wspólnie działające. Dla uzupełnienia więc naszych badań nad wyobrażeniami wzrokowemi, okazuje się niezbędnem także rozpatrzenie ruchów ocznych i wrażeń wzrokowych przy uwzględnieniu obu oczu. Jeżeli rozpatrujemy działanie obu oczu, to możemy natrafić na trojakiemu rodzaju ruchy łączne, polegające na jednoczesnem, centralnem unerwieniu obu narządów wzrokowych: ruch oczu w górę i na dół, poruszenie na prawo i na lewo i zwroty wewnętrzne i zewnętrzne. Przy dwóch ostatnich ruchach może występować częściowe przeciwdziałanie, przy pierwszym jednak oba oczy wykonywają ten ruch jednocześnie i są jednakowo zwrócone. To jest niezbędne, gdyż przy dwu oczach obie linje wzrokowe muszą być jednocześnie nastawione na jeden punkt. Nadto ruchliwość wzroku, jak wiadomo, jest nadzwyczaj szybka i osiąga się przy tak nieznacznych wysiłkach woli, że one prawie nie dochodzą do naszej świadomości. Wejrzenie obu oczu przemierza w polu widzenia ze szczególnem upodobaniem kontury i linje, jeżeli oba oczy znajdują się w jednakowym stanie akomodacyjnym.

Jeżeli teraz na podstawie ruchów wzrokowych i wrażeń nerwowych wytworzone w naszym wyobrażeniu pole widzenia, nazwiemy podług Wundta polem widzenia podmiotowem, a dla odróżnienia polem przedmiotowem widzenia oznaczmy istotny wygląd zwróconej do nas powierzchni przedmiotu, to dla dostrzeżeń wzrokowych, wykonanych z pomocą obu oczu otrzymamy następujące bardzo ważne prawo:

Przedmiot widzimy pojedynczo, jeżeli pole widzenia podmiotowe i przedmiotowe są zupełnie zgodne; przeciwnie te punkty pola widzenia przedmiotowego zjawiają się jako podwójne, których niema w podmiotowem polu widzenia. Na tej zasadzie polega także przedstawienie przedmiotu w perspektywie i pogład na bryłowatość ciał. Oba te momenty przy dwuocznem patrzeniu są wzmocnione i utrwalone przy pomocy stereoskopu i innych środków pomocniczych, uwydatniających nam pojęcie głębokości, jak to bieg linji granicznych, kierunek podania cieniów, kąt widzenia, które wogóle mają znaczenie jako tak nazywane elementy perspektywiczne.

W stereoskopie są do pewnego stopnia zachowane warunki naturalne do uwydatnienia we wzroku bryłowatości przedmiotów tam, gdzie obraz tego wymaga, ażeby przedmiot w obu oczach odtworzył się jako ciało przestrzenne; a nawet więcej, gdyż dozwala, aby stosunki, odnoszące się przy patrzeniu naturalnem tylko do przedmiotów położonych blisko oka, mogły być przeniesione i na przedmioty odległe. Można nawet powiedzieć, że obraz stereoskopowy nie przedstawia przedmiotu rzeczywistego, lecz odpowiada raczej jego wzorowi, rozpatrywanemu zblizka. Ażeby więc przy rozpatrywaniu krajobrazu rzeczywistego można było osiągnąć skutek stereoskopowy, Helmholtz urządził swój telestereoskop, w którym za pomocą dwóch zwierciadeł, nachylonych ku sobie, można rozpatrywać obydwoma oczami

wyobrażenia krajobrazu. Niedawno Pulfrich w Jenie wynalazł i zastosował do celów mierniczych tak nazywany stereokomparator, zasadzający się także na efektach stereoskopowych; jest to jeden z najznakomitszych przyrządów, który w miernictwie astronomicznem i fizykalnem powinien znaleźć szerokie zastosowanie. Wszystkie przytoczone tu w skróceniu doświadczenia nad spostrzeżeniami wzrokowemi przy udziale obu oczu, mogą najlepiej wyjaśnić znaczenie patrzenia dwoma oczami, jeżeli wyobrazimy sobie że oba oczy są to dwaj dostrzegacze, którzy na świat zewnętrzny patrzą z dwóch różnych stanowisk i każdy z nich osobno podaje zebrane wiadomości.

W końcu tych badań nad wyobrażeniami wzrokowemi, mającemi wybitne znaczenie przy pomiarach precyzyjnych, opowiemy w niewielu słowach o rozwoju psychologicznym wyobrażeń wzrokowych, jako sprawie niezmiernie ważnej przy ocenie krytycznej spostrzeżeń zmysłowych. Jak wiadomo walczą z sobą dwa poglądy, dążące do wyjaśnienia, w jaki sposób tworzą się wyobrażenia wzrokowe, dwie teorie, jedna z nich, tak nazywana teoria wrodzona, której przedstawicielami są Locke i Kant, druga zaś teoria genetyczna, głównymi wyznawcami której są Berkeley i Stuart Mill. Podług poglądu teorii pierwszej porządek przestrzenny wyobrażeń wzrokowych jak np. ocena odległości i wielkości uważany jest jako wrodzony, podczas gdy teoria genetyczna utrzymuje, że wszystkie te pojęcia nabyte są przez doświadczenie. Istota rzeczy jednak, odpowiadająca faktom rzeczywistym, jak to się często zdarza w podobnych wypadkach, znajduje się najprawdopodobniej pośrodku, między obu poglądami.

Już poprzednio rozpatrywaliśmy funkcje i znaczenie naszych zmysłów o tyle, o ile należało je uwzględniać podczas wykonywania delikatnych i dokładnych pomiarów. Podobnie jak narzędzia, które można uważać za sztuczne wydłużenia naszych członków, tak samo instrumenty dokładne podług Herberta Spencera służą do sztucznego rozszerzenia granic naszych zmysłów. Oko naturalne, mogące objąć zaledwie dwie oktawy świetlne, rozszerza sobie te ograniczenia przez sztuczne przyrządy pomocnicze, jak teleskop, mikroskop, stereoskop, przyrząd fotograficzny i t. p. Zmysłowi słuchu, który może objąć prawie 11 oktaw, przychodzi z pomocą telefon i przyrządy mikrofoniczne. Zmysł dotyku, który stosunkowo rozwinięty jest tak słabo, że przy ocenie np. wagi za pomocą ręki, jeżeli ona podnosi ciężar 1000 gramów, zdolna jest wtedy odczuć różnicę ciężaru dopiero przy zmniejszeniu o 200 gramów, otrzymuje pomoc w dokładnej wadze chemicznej, która przy wykończeniu najdoskonalszem, może, wobec obciążenia jej ciężarem jednego kilograma, wykazać różnicę wagi, dochodzącą do 0,02 miligramu. To są godne podziwu sztuczne rozszerzenia granic naszych zmysłów, jakiemi ludzkość szczycić się może.

Gdzie są jednak granice dla naszej świadomości? Pod tym względem umysł ludzki spotyka przeszkody niezwykłe, nie posiadamy bowiem żadnych sposobów do powiększenia naszej świadomości, a granice jej są zależne jedynie od genialnych zdolności, któremi bywają wyposażone pojedyncze zaledwie osobistości.

## Świadomość i przebieg wyobrażeń.

Co pojmujemy pod świadomością, właściwie określić nie można, możemy jedynie zdawać sobie sprawę z warunków, przy jakich się ona przejawia, a nadto w jakich granicach staje się jasną. Warunki, od których jest zależną świadomość, są poczęści natury duchowej, poczęści zaś fizycznej, albo, jak to się zwykle wyraża, są przynależne doświadczeniu wewnętrznemu lub zewnętrznemu. Pomędzy przejawami duchowemi, stanowiącemi część świadomości, wydatne miejsce zajmują: tworzenie się wyobrażeń i wrażeń zmysłowych, jakoteż pojawienie się i znikanie wyobrażeń.

Odnosnie do organizacji psychicznej znajdują się także pewne stosunki, z któremi połączone są czucia i związek wyobrażeń. Wrażenie zmysłowe jest również do pewnego stopnia związane ze świadomością. Można to zauważyć np. na organizmach niższych ze świata zwierzęcego, gdzie często wystarczają bardzo proste połączenia pierwotnych części nerwowych, ażeby stał się możliwym objaw świadomości.

To prowadzi także do granic świadomości, gdyż ściśle biorąc, musimy zakres jej rozszerzyć tak daleko, na ile pozwala na to wogóle system nerwowy, będący środowiskiem przyrządów zmysłowych i ruchowych. U ludzi, a prawdopodobnie i u wszystkich zwierząt kręgowych kora mózgowa jest wyłącznym organem świadomości, przyczem pamiętać należy, że wszystkie części systemu nerwowego znajdują się w ogólnej, wzajemnej zależności. Wspomniane już wyżej duchowe i fizyczne warunki świadomości wskazują, że zakres życia świadomego może się rozciągać na najrozmaitsze stopnie. Nietylko u ludzi, lecz także i u innych istot wyższej organizacji, zdolność kojarzenia wyobrażeń może służyć jako miara do oznaczenia stopnia świadomości.

Dwie czynności wewnętrzne zaznaczają się wyraźnie w zakresie świadomości, mianowicie uwaga i wola, obie mają znaczenie wydatne przy wykonywaniu dokładnych pomiarów. Uwagę, która tem się wyróżnia, że świadomość zwraca się do pewnych wyobrażeń w wyższym daleko stopniu niż do innych, porównywano celowo z polem widzenia oka, przyczem świadomość oznaczano, jako wzrok wewnętrzny. Jeżeli np. pewne wyobrażenie znajdowało się podczas danej chwili w polu widzenia świadomości, to tę jej część, która stanowi przynależność uwagi, można bardzo dobrze oznaczyć jako wewnętrzny punkt widzenia. W związku z powyższem należy podług Wundta oznaczać, jako percepcję, zjawienie się wyobrażenia w polu widzenia wewnętrznego, a wejście wyobrażenia do wewnętrznego punktu widzenia — jako apercepcję. Doświadczenie wskazuje, że uwaga przystosowuje się do wrażenia i to zależy zarówno od ilości jak i od napięcia podniety. Od dokładności tego przystosowania się zawisła bystrość apercepcji. Prócz tego apercepcja, jak to widać, schodzi się z inną funkcją świadomości, która ze względu na czynność zewnętrzną, oznacza się jako

wola. Wola, jak wiadomo, oddziaływa na przebieg naszych wyobrażeń i to nie ulega żadnej wątpliwości, że osoby uzdolnione szczególnie do przeprowadzenia najsubtelniejszych pomiarów, rozwijają i w tym względzie znakomitą siłę woli.

Z doświadczenia wiadomo, że wola wogóle wywiera wpływ bardzo głęboki na wyobrażenie czy też wyobraźnię. Wiemy również, że przez natężenie dowolne można wywołać obrazy pamięci lub wyobraźni, które następnie można znacznie wzmocnić za pomocą ześrodkowania uwagi. Zdolność ta jest czysto indywidualna i u niektórych osób dochodzi do tak wysokiego stopnia, że obrazy wyobraźni nabierają żywości widma urojonego. Bez wątpienia bowiem zwrócenie uwagi na wrażenia i obrazy pamięci polega głównie na pewnym unerwieniu, pochodzącem od woli; wskutek czego pobudzony zostaje mięsień, należący do pewnego obwodu zmysłowego i ten (mięsień) wyzwala odpowiednie wrażenie zmysłowe.

Dokładna znajomość tego zakresu, jaki obejmuje świadomość tych wahań, jakie natrafiamy w natężeniu uwagi, ma bardzo ważne znaczenie przy ocenie krytycznej subtelnych pomiarów. Zadanie, któreby określiło, jaka może być największa ilość wyobrażeń, które mogą być objęte jednocześnie przez naszą świadomość, nie daje się rozstrzygnąć przez doświadczenia wewnętrzne, lecz jedynie przy pomocy badań eksperymentalnych. Wiadomości dokładniejsze w tym względzie można otrzymać w dwojaki sposób: pierwszy, jeżeli wywołamy jednocześnie i możliwie nagle większą ilość rozmaitych wrażeń, a przytem stwierdzimy dokładnie, ile z nich zostało pojętych; drugi, jeżeli wzbudzimy cały szereg podnieć zmysłowych, następujących kolejno po sobie i wyśledzimy, ile jeszcze wrażeń może się przyłączyć do pierwszego, ażeby ono wreszcie było przez nie usunięte ze świadomości.

Pierwszy z tych sposobów pozwala tylko na wykrycie obszaru nie samej świadomości jednak, lecz apercpcji; gdyż przy jego pomocy możemy oznaczyć, ile w przybliżeniu wrażeń postrzeżonych zostało w jednej chwili, lecz nie wiemy wcale, ile ich znajdowało się poza punktem widzenia świadomości. Doświadczenia tego rodzaju wykazują nam, że jednocześnie może być postrzeżone np. 4 — 5 wrażeń wzrokowych, odosobnionych i niezwiązanych z sobą. Jeżeli zaś chcemy otrzymać wyjaśnienie co do zakresu świadomości, to musimy zwrócić się do zastosowania wrażeń następczych i wyśledzić zarazem, które z całego szeregu poprzedzających wyobrażeń weszło w granice świadomości w tej właśnie chwili, kiedy postrzeżone zostało nowe wyobrażenie. Przy tych doświadczeniach, wykonywanych podług Wundta, najlepiej i najwłaściwiej posilkować się uderzeniami wahadła zegarowego, do których można włączyć także inne wrażenia dźwiękowe, np. uderzenie dzwonka. Z doświadczeń powyższych wynika, że udaje się przeciętnie złączyć z sobą wrażeń świadomych 16 pojedynczych, lub 8 podwójnych.

Zwróćmy się teraz do apercepcji i przebiegu wyobrażeń. Najpierw należy uchwycić oddziaływanie zwykle (reakcję) na wrażenia zmysłowe w oku, które wtedy jest dane, jeżeli oczekujemy, iż wrażenie ma być wzniesione do wyobrażenia i jeżeli znamy jego własności, to jest powstaje wskutek podniety świetlnej, dźwiękowej lub dotykowej, których ilość i siła jest nam doskonale znana. W tym wypadku chwila czasu między percepcją i apercepcją oznacza się zwykle trwaniem apercepcji. Metoda najodpowiedniejsza, pozwalająca wymierzyć ten okres czasu polega na tem, że przyrząd do mierzenia czasu przy pomocy przejawu zewnętrznego podaje chwilę, w której powstaje wrażenie zmysłowe, a następnie na tym samym przyrządzie zostaje zaznaczona chwila postrzeżenia powyższego wrażenia. Ten okres czasu pomiędzy percepcją i apercepcją był nazywany czasem fizjologicznem przez astronomów, którzy ze względu na znaczenie jego przy obiektywnych określeniach najpierw pracowali nad tym przedmiotem; lepiej jest jednak i krócej nazywać tę chwilę czasem reakcji, lub też dla odróżnienia od przejawów więcej zawiłych, o jakich później będziemy mówić — nazwiemy ją czasem prostym reakcji.

Przebieg, odpowiadający czasowi prostemu reakcji, składa się z następujących pięciu przejawów:

- 1) Przeniesienie od narządów zmysłowych do mózgu
- 2) Wejście w pole widzenia świadomości, czyli percepcja
- 3) wejście na punkt widzenia uwagi, czyli apercepcja
- 4) Pobudzanie woli, która wyzwala zaznaczony w mózgu ruch i wreszcie
- 5) Przeniesienie wytworzonej w ten sposób pobudki motorycznej do mięśni wykonawczych.

Pierwszy z tych przejawów i piąty (przeniesienie za pomocą nerwów do ośrodka i odwrotnie) mają charakter czysto fizjologiczny; dla każdego z nich potrzeba stosunkowo krótszego czasu na przeniesienie wrażenia za pomocą nerwów obwodowych i prawdopodobnie nieco dłuższego na przeniesienie do organu środkowego (mózgu). Pozostałe zaś przejawy (percepcja, apercepcja i pobudzenie woli) muszą być oznaczone jako przejawy psychofizyczne, ponieważ czynność ich jest zarazem i duchowa i fizjologiczna.

Jak już niedawno zaznaczyliśmy, zakres nadzwyczaj ciekawych psychofizycznych pomiarów czasu powstał na podstawie metody zaznaczającej spostrzeżenia, wykonane przez astronomów i przyrządy, użyte do tego celu, były przeważnie w głównym zarysie naśladownictwem astronomicznych instrumentów rejestrujących; przyrządy jednak przeznaczone do badań psychofizycznych muszą posiadać takie urządzenie, któreby zarówno oznaczać mogło chwilę rzeczywistego wrażenia zmysłowego jak i czas reakcji. Chronoskop Hippa, jakkolwiek jest jednym z najstarszych mechanizmów tego rodzaju, używa się do tego celu dzisiaj jeszcze i przeważnie z tego powodu, że za pomocą jego można prędko wykonać pomiary czasu.

Chronoskop Hippa przedstawia specjalnie urządzony mechanizm zegarowy z dwiema tarczami, poruszany za pomocą ciężaru; tarcze mają takie podziałości, że można odczytywać odstępów czasu do  $1\sigma$ , to jest do  $\frac{1}{1000}$  sekundy. Koło zębate, które porusza skazówki na tarczach może być w jednej chwili zatrzymane za pomocą kotwicy elektromagnesu, jak również za pomocą połączenia i rozłączenia prądu elektrycznego może być znowu raptownie w ruch puszczony.

Rozkład przyrządu dla określenia np. czasu fizjologicznego przy wrażeniach dźwiękowych jest następujący. Obok chronoskopu znajduje się przyrząd do mierzenia spadku ciał, a także element galwaniczny, opornik i przerywacz prądu z łącznikiem. Jak tylko w przyrządzie do mierzenia spadku ciał po usunięciu działania sprężyny spadnie kulka i uderzy o deskę, znajdującą się na dole, prąd zostaje przerwany a wskazówki na tarczach automatycznie zaczynają się posuwać. W tej chwili gdy dostrzegacz zauważy wrażenie dźwięku, naciska na znajdujący się w jego ręku łącznik i zatrzymuje wskazówki w chronoskopie przez połączenie prądu. Kąt odchylenia wskazówek na tarczach zaznaczony podaje nam wartość czasu fizjologicznego, t. j. czasu jaki upłynął od chwili powstania zjawiska do momentu jego uchwycenia. Dla usunięcia wpływów osobistych, należy powyższe doświadczenie tak urządzić, ażeby badacz, obserwujący chronoskop był oddzielony ścianką od osoby poddanej badaniu i kierującej młotkiem przerywacza.

Zaprojektowany przez Wundta a wykonany przez Krilla „chronograf“ do mierzenia nadzwyczaj małych odstępów czasu jest już przyrządem bardzo ulepszonym i nadzwyczaj czułym; wrażenia zaznaczone bywają w nim na wirującym wałeczku cylindrycznym. Aparat piszący chronografu składa się z bardzo delikatnego kamertonu, który nastawiony jest dokładnie na 500 drgań podwójnych w jednej sekundzie.

Chronoskop Wundta-Krilla przy pomocy osobnego, bardzo umiejętnie pomyślanego przyrządu kontrolującego, daje wyniki pomiarowe prawie dziesięćkroć dokładniejsze od tych, jakie otrzymujemy na instrumencie Hippa. Błąd najprawdopodobniejszy w wynikach z doświadczenia, wykonanego za pomocą nowego przyrządu wynosi tylko  $\pm$  albo  $-$   $0,11\sigma$  (gdzie  $\sigma = 0,001$  sekundy), czyli  $0,00011$  sekundy.

Wszystkie doświadczenia z tym aparatem, skierowane do wyznaczenia czasu reakcji, które przyniosły nam podane już przedtem dane liczbowe dla różnorodnych dostrzeżeń zmysłowych, zasadzają się na bardzo skomplikowanych prawach.

Przenoszenie po nerwach czułych i motorycznych przedstawia już przejaw bardzo złożony. Podług badań najnowszych każda droga nerwowa składa się z dwóch rozdzielonych dróg pojedynczych, będących z sobą w związku za pomocą zetknięcia. Takie przerwy w obwodowych pasmach nerwowych znajdują się w tak nazywanych rogówkach rdzenia kręgowego; dla nerwów wzrokowych występują one w warstwach wewnętrznych



i zewnętrznych siatkówki, a wreszcie dla nerwów słuchowych — w błonie organu Cortiego. Przy ocenie czasów reakcji należy, oprócz zwykłego czasu fizjologicznego, uwzględnić nadto przenoszenia, spowodowane przerwami w przewodnictwie, jak to się wyraża analogicznie do przejawów elektrycznych. Oprócz tych trafiają się jeszcze opóźnienia innego rodzaju; dla oka i ucha np. moment odruchu, tak niezbędny dla przystosowania się tych organów. Według badań najnowszych nie ulega już żadnej wątpliwości, że wskutek działania światła na oko następuje zmiana barwy w tak nazywanej purpurze wzrokowej, rozsianej w czopkach i pręcikach i zmiana ta jest w ścisłym związku z poczuciem światła. Jasnym jest także wreszcie że mięsień unerwiony (t. j. pobudzony) nie oddziaływa natychmiast, lecz po upływie pewnego, wprawdzie bardzo krótkiego okresu, nazywanego momentem utajonym (podobnie jak w elektromagnesie)

Naturalnie, wszystkie te wymienione wyżej opóźnienia czasu reakcji są wogóle bardzo krótkie, jeżeli zastanowimy się, że np. chyżość przewodnictwa w nerwach ruchowych wynosi 35 metrów na sekundę, w nerwach zaś czuciowych jest przeszło dwa razy większą. Przy stanach patologicznych jednak opóźnienia w apercpcji mogą się trafiać daleko znaczniejsze. Tak np. u chorych na wiađ rdzenia pacierzowego, opóźnienia tego rodzaju dochodzą do 10 s., a podczas stanu przygnębienia duchowego, wydłużenie czasu reakcji jest jeszcze znaczniejsze.

Zrozumiałem jest również, że czasy reakcji, których średnie wartości wynoszą dla dźwięku około 0,14 s. do 0,17 s., dla dotyku od 0,13 do 0,20 s. i dla światła od 0,15 do 0,22 s., podlegają znacznym wahaniom indywidualnym wskutek oddziaływań wewnętrznych i zewnętrznych. Czas reakcji ulega więc zwiększeniu wskutek zmęczenia, jest to przejaw, który dostrzega się przy pomiarach astronomicznych nawet u najbieglejszych obserwatorów. Chyżość przewodnictwa w nerwach zmniejsza się także pod wpływem zimna.

Bardzo ciekawem jest wreszcie oddziaływanie, jakie wywierają na czas reakcji ciała trujące. Stosownie do badań najnowszych działania te można podzielić na cztery grupy:

- 1) Działania takie, które czas reakcji z początku skracają, a następnie wydłużają (wyskok i morfina w małych dawkach);
- 2) Działania takie, które z początku wydłużają a następnie skracają czas reakcji (eter i chloroform w dawkach większych);
- 3) Działania, wywołujące przedłużenie stałe (wyskok, eter i chloroform, w dawkach bardzo znacznych);
- 4) Działania, skracające stałe czas reakcji (herbata i kawa).

Z powyższego zestawienia wypływają bardzo ciekawe wnioski o zachowaniu się dostrzegaczów przy wykonywaniu subtelných pomiarów. Widzimy więc, że po użyciu wyskoku, działającego z początku wzmacniająco, czas reakcji ulega zmianie w ciągu przebiegu następujących po

sobie obserwacji i zauważymy również, że użycie kawy lub herbaty podczas wykonywania pomiarów nie pozostaje bez wpływu na ich przebieg. Ale nie bacząc nawet na takie wpływy przemijające i pomijając wspomniane wyżej stany patologiczne nerwów, jakoteż i rozmaite braki fizyczne, znajdujemy bardzo znaczne wahania w czasie reakcji nawet u osób zupełnie normalnych, a istnienie tych wahań ma bardzo ważne znaczenie przy ocenie pomiarów subtelnych. W wysokim stopniu jest ciekawe także przypadkowe zjawianie się tak nazywanego negatywnego czasu reakcji, przyczem zjawisko bywa dostrzeżonem prędzej od jego istotnego pojawienia się. To wydarza się wskutek podnieć mięśniowych przy zjawiskach nagle występujących; podczas obserwacji zetknięć w czasie zjawisk przy specjalnych warunkach zaćmień, jak np. podczas przejścia Wenery przed tarczą słoneczną, fakty takie mają niesłychane znaczenie.

W taki sam sposób, w jaki przeprowadzono naszkicowane wyżej studia nad czasem reakcji, wykonano również badania nad ogólnymi sprawami reakcji. Te ostatnie podczas subtelnych i dokładnych pomiarów mają właśnie bardzo wybitne znaczenie, gdyż prawie zawsze ma się tu do czynienia z powikłaniami między różnorodnymi czynnościami nerwowymi. Nie wchodząc tu bliżej w rozpatrzenie tak zawitych przejawów w czynnościach naszych zmysłów i funkcji naszego przyrządu myślowego, nie można przy zakończeniu naszych rozważań nie zaznaczyć tej myśli, która wysuwa się nam mimowolnie i z biegiem czasu coraz silniej będzie ciążyć na sumieniu ludzkości. Dokąd ma doprowadzić człowieka to nagłe i z każdym nowym postępowaniem wiedzy czy techniki coraz dalej sięgające rozszerzenie granic naszych zmysłów, które nawet, jak to nam wskazują rozmaite rodzaje nowo odkrytych promieni świetlnych, przenikają do zakresu spraw niewidzialnych, dokąd wreszcie zaprowadzą zjawiające się w postaci wybuchowej nowe odkrycia w systemacie nerwowym i w granicach świadomości ludzkiej? Rozpatrując to wszystko z punktu widzenia biologji, zauważyć należy, że wskutek stale wzrastających wymagań od systemu nerwowego, wytwarza się coraz większy dobór istot o silnych nerwach.

\* \* \*

Na tem kończymy nasze uwagi ogólne nad błędami dostrzeżeń zmysłowych, występujących przy wykonywaniu pomiarów precyzyjnych. Znakomity postęp na tem polu uwidocznili się szczególnie w ostatnim dziesięcioleciu.

Wybitny astronom królewiecki, Bessel, poruszając poraz pierwszy przed 75 latami w sposób naukowy całą tę sprawę, mógł się wyrazić w sposób następujący: „byłoby bardzo pożądanem, ażeby można było znaleźć sposoby do przeprowadzenia wyczerpujących badań nad tym zagadkowym przejawem, jaki przedstawiają osobiste błędy ludzkiego pojmowania; osobiście uważam, że wykonać tego nie podobna, ponieważ czynności, od których

zależne są osobiste różnice w pojmowaniu, odbywają się bez naszej świadomości“.

Obecnie można powiedzieć, że wspomniane powyżej zjawiska, dzięki ogólnym postępom w fizjologii i astronomji, jakieśmy to już zaznaczyli poprzednio, pozbawione zostały swego charakteru zagadkowego. Dla wiedzy granice absolutne nie istnieją, są tylko względne; niema już znaczenia rozpaczliwy i beznadziejny pogląd pod godłem „ignorabimus“, lecz za to nabiera coraz większej wartości stanowisko „ignoramus“ dodające stałej otuchy. Genjusz ludzki odnosi ciągle zwycięstwa w walce ze sfinksem wszechświata a czyniąc nowe postępy rozsuwa coraz więcej granice swej świadomości.

---



Praca składa hold wiedzy.

Podług obrazu Hugona Vogla.

## Zakończenie.

Sledzić pochód zwycięski ludzkości, cofając się myślą wstecz przez ciąg tysiącoleci, miało być zadaniem naszym, gdyśmy to dzieło oddawali dla użytku ludzi, pragnących wiedzy. Droga tak stroma a cel tak wysoko postawiony, że niejednen z tych, których poprowadziliśmy ze sobą, mógł zwątpić, czy osiągniemy cel zamierzony. Przecież chodziło tu nietylko o zebranie prawie że niezmiernego ogromu materiału, rozproszonego na wsze strony i zapoznanie z nim ogółu, lecz także o wynalezienie pomiędzy migającym błędnymi ognikami drogi właściwej, dla dojścia bezpiecznie, krok za krokiem, do wyżyny, wznoszącej się hen! po nad szaremi zajęciami dnia powszedniego, gdzie stoi silna budowa naszej kultury, opartej na podstawie nauk przyrodniczych

Zwycięzki pochód ludzkości? Czyż tu nizało się rzeczywiście tryumfy na kształt pereł pełnych blasku, czy też potrzeba było raczej nieskończonego trudu, ciężkich ofiar, pracy fizycznej i umysłowej, ażeby osiągać tylko, raz po razie, często zaledwie bardzo drobne korzyści dla wiedzy? I czy w rzeczy samej ludzkość wycęzała całą swą moc zjednoczoną dla opanowania sił przyrody, lub też była to może tylko garstka przodowników wiedzy, wyższych nad otoczenie, która prowadzić musiała podwójną walkę, z groźną i nieubłaganą przyrodą i — co często trudniejsze — z przesądami mas i krótkowidzącą nienawiścią potężnych nieraz wrogów.

Dzieje badań, odkryć i zużytkowania praw przyrody, takie dzieje, jakie staraliśmy się skreślić w poprzednich rozdziałach, oddzielone po raz pierwszy od historii państw i ludów, obfitują w odwołania i przymusowe cofania swych poglądów przez szermierzy wiedzy. Pokazują nam one, że rezultaty genialnej działalności badaczy nie dadzą się unicestwić, że, jak wszystkie istoty żywe, tak i człowiek rozwija się bezustannie. Nauczyliśmy się z nich także, że pojedyncze stopnie drogi, wiodącej w górę, nieoddzielone są od siebie na odległość jednego życia ludzkiego, lecz na tysiące i setki tysięcy lat słonecznych. Rzadko mogliśmy zestawić ze sobą bez przerw dowody pewnych poglądów, ukryte przez niezmierną liczbę lat w łonie ziemi, ale tuszemy sobie, że udało się nam przecież odłączyć plewę hipotez od ziaren prawd niewzruszonych, tak, że przyszłe pokolenia będą mogły budować dalej na podstawach, któreśmy im, na zasadzie lata całe trwających prac, położyli. To wszystko, co znajduje się w pięciu tomach naszego dzieła ma za cel okazanie tak współczesnym, jakoteż i potomnym, w jakim stopniu na progu dwudziestego stulecia poznaliśmy się z historją kultury i o ile możemy sądzić, że „wiemy“ o przebiegu rozwoju wszechświata, ziemi i jej mieszkańców...

\* \* \*

Pierwsze zawiązki kultury ludzkiej gubią się w najgłębszych, nigdy niezbadanych mrokach. Wydaje się to naturalnem każdemu, kto, nie będąc nawet zwolennikiem nauki o pochodzeniu gatunków, wierzy przecież w powolne wznoszenie się człowieka nad najwyżej nawet stojące zwierzęta ssące. Myślenie o sobie nie podnosi jeszcze człowieka ponad zwierzęta, a myśl najniższych ras ludzkich bywa przeważnie skierowaną, tak jak u zwierząt, na zaspokojenie głodu, potrzeb płciowych i na obronę przed silniejszymi. Działalność myślowa pierwotnych ludzi skupiała się jedynie około troski o własne istnienie, znała, tak jak dzieci, tylko dzisiaj, nie bacząc na wczoraj, ani na jutro. I dlaczegóżby człowiek pierwotny miał się zastanawiać nad pochodzeniem tego, co go otaczało? Wszystko, co widział na niebie i ziemi miało o tyle dla niego znaczenie, o ile w zastosowaniu zaspakajało małe jego potrzeby. Człowiek, będący na niskim stopniu kultury — dziś, jak i przed dziesiątkami tysięcy lat — zaspakajał głód najpierw

tem, co mógł uchwycić bezpośrednio rękami i co mogły rozmiążyć jego zęby. Różnicy pomiędzy pokarmem zwierzęcym a roślinnym nie robił żadnej, jadł wszystko w stanie surowym, bez wszelkich przygotowań, jak inne zwierzęta, różniąc się od nich jedynie tem, że podczas chodu utrzymywał swą postać pionowo.

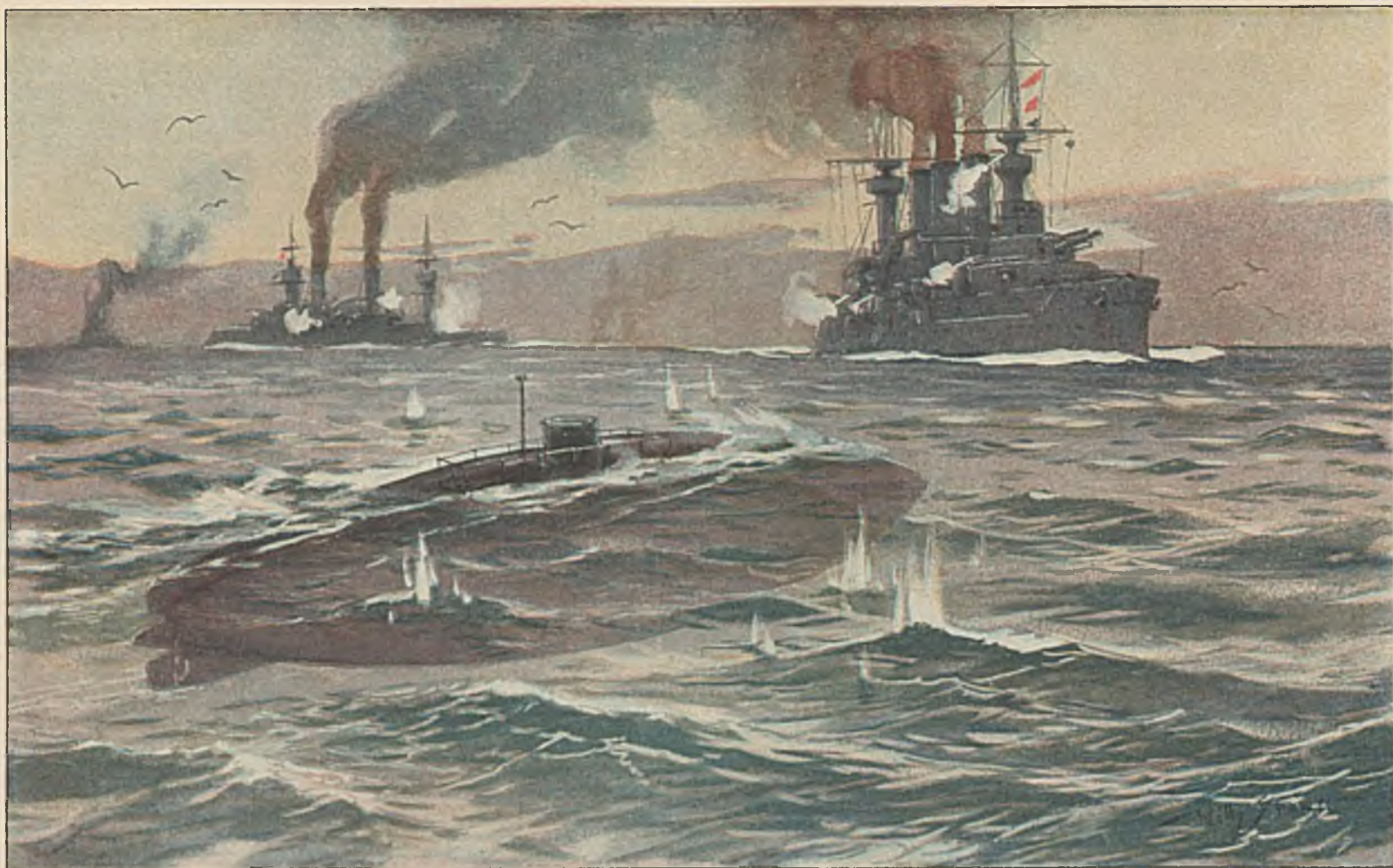
Nie uważał bynajmniej za właściwe, z darów hojnie mu przez matkę przyrodę ofiarowanych, odkładać coś na czas późniejszy; również mało zastanawiał się nad pochodzeniem środków żywności, dających mu utrzymanie bez troski. Ze wzrostem rodziny wszakże, a tem samem przy gęstszym zaludnieniu, obraz ulegał zmianie: najbliższe otoczenie nie dawało już dostatecznego utrzymania dla członków powiększonego plemienia; szybko spożyli to, co się dało uchwycić rękoma; teraz więc należało wybierać, albo wędrować dalej do innych okolic, albo sporządzić sobie narzędzia, któremi można byłoby zabić uciekającą zwierzynę, czy lotnego ptaka, a mięso tej zdobyczy, prawie zawsze grubą skórą okryte, uczynić dogodnym do spożycia.

W tym celu zaczął używać kawałków drzewa i kamienia z początku w takim stanie, w jakim je znajdował, następnie obciosanych i przystosowanych do wymagań polowania i od tej chwili dopiero zaczyna dostarczać materiału do opisu jego historii, utworzonej na podstawie pozostałych po nim zabytków. Pierwsze przyrządy krzemienne są właśnie pierwotnymi dokumentami kultury i wyróżniają człowieka od zwierzęcia nawet wtedy, gdy nie znał jeszcze swego wiernego sprzymierzeńca, lub też używać go nie potrafił. Tam, gdzie dziesiątki tysięcy lat przejść musiało, zanim człowiek powiadomił, idące za nim pokolenia, o swoim istnieniu, pozostawiając rysunki zwierząt z jego otoczenia, rysunki pozbawione zresztą wszelkiej sztuki — na długo przed wynalezieniem pisma — przekazał nam w kawałkach krzemienia, w resztkach spalonych i potłuczonych kości nieomyślne ślady budzącej się kultury.

Duch sięgający świadomie po za granice powszedniości, biedzący się myślami rozum, drzemał jeszcze całe tysiące lat, aż do progu naszych czasów, nazywanych przez nas historycznymi. I kto mógłby zaprzeczyć, że to obudzenie się ludzkości nie ma bezpośredniego związku z ujawnieniem sił przyrody? Tak więc, raz jeszcze powtarzamy, wytworzenie narzędzi i zastosowanie ognia, oto, co wyróżniało człowieka od zwierzęcia w stopniu daleko wyższym, aniżeli jego chód pionowy. Dopiero po uzyskaniu na swój użytek narzędzi i ognia, mózg ludzki mógł rozwinąć siły, drzemiące w jego tysiącznych tajemniczych splotach — od siekiery kamiennej do olbrzymiego młota parowego prowadzi długa wprawdzie ale nieprzerwana ścieżka rozwoju kultury!

Przyjęto tu i owdzie za pewnik, że człowiek zastosował najpierw ogień, jedynie tylko jako ochronę przed zimnem, rozpościerającym się na wielkich przestrzeniach ziemi od wielkich mas lodowych. Twierdzenie to wszakże

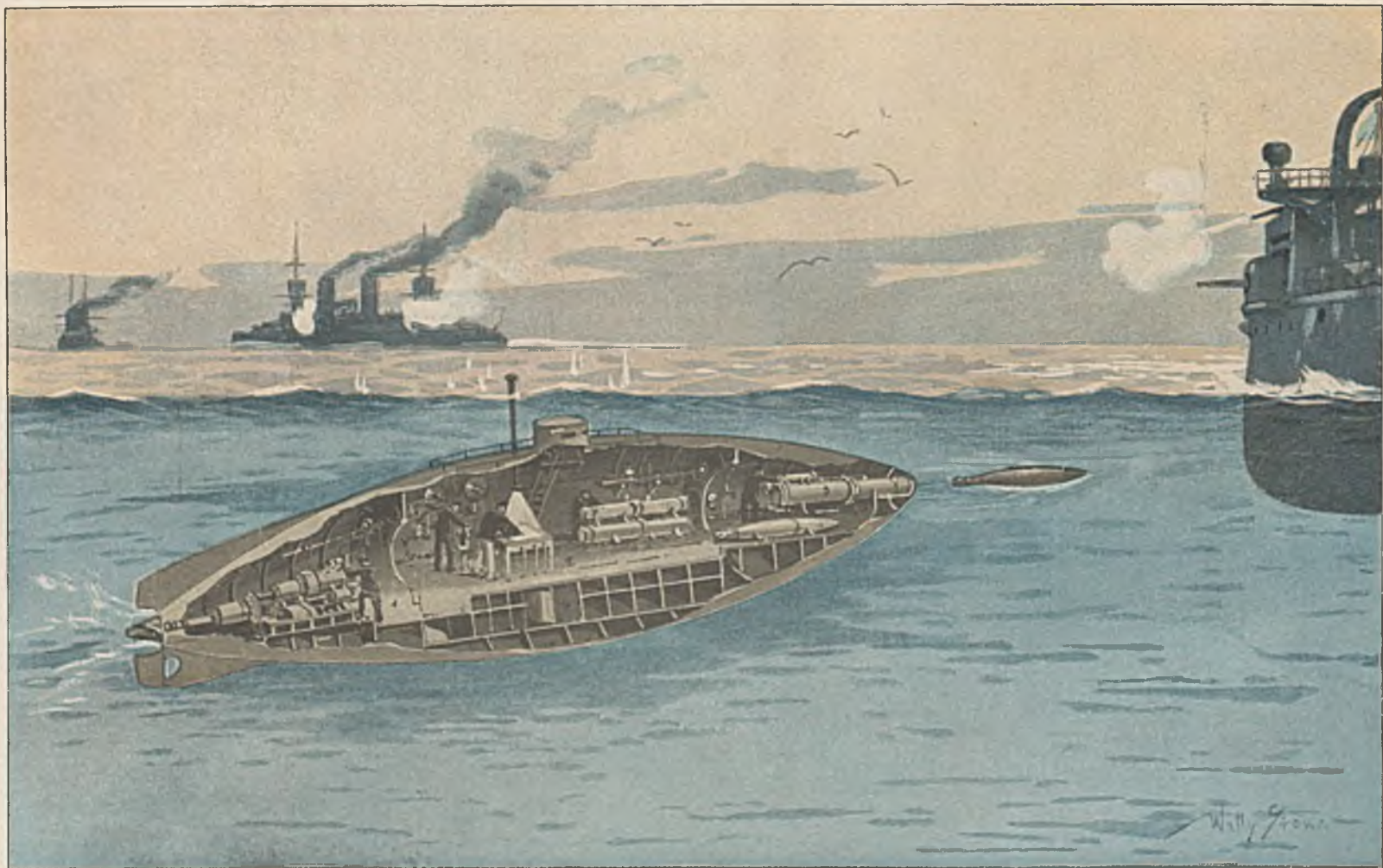




Statek podwodny, zagłębiający się w morze dla uderzenia na pancernik.

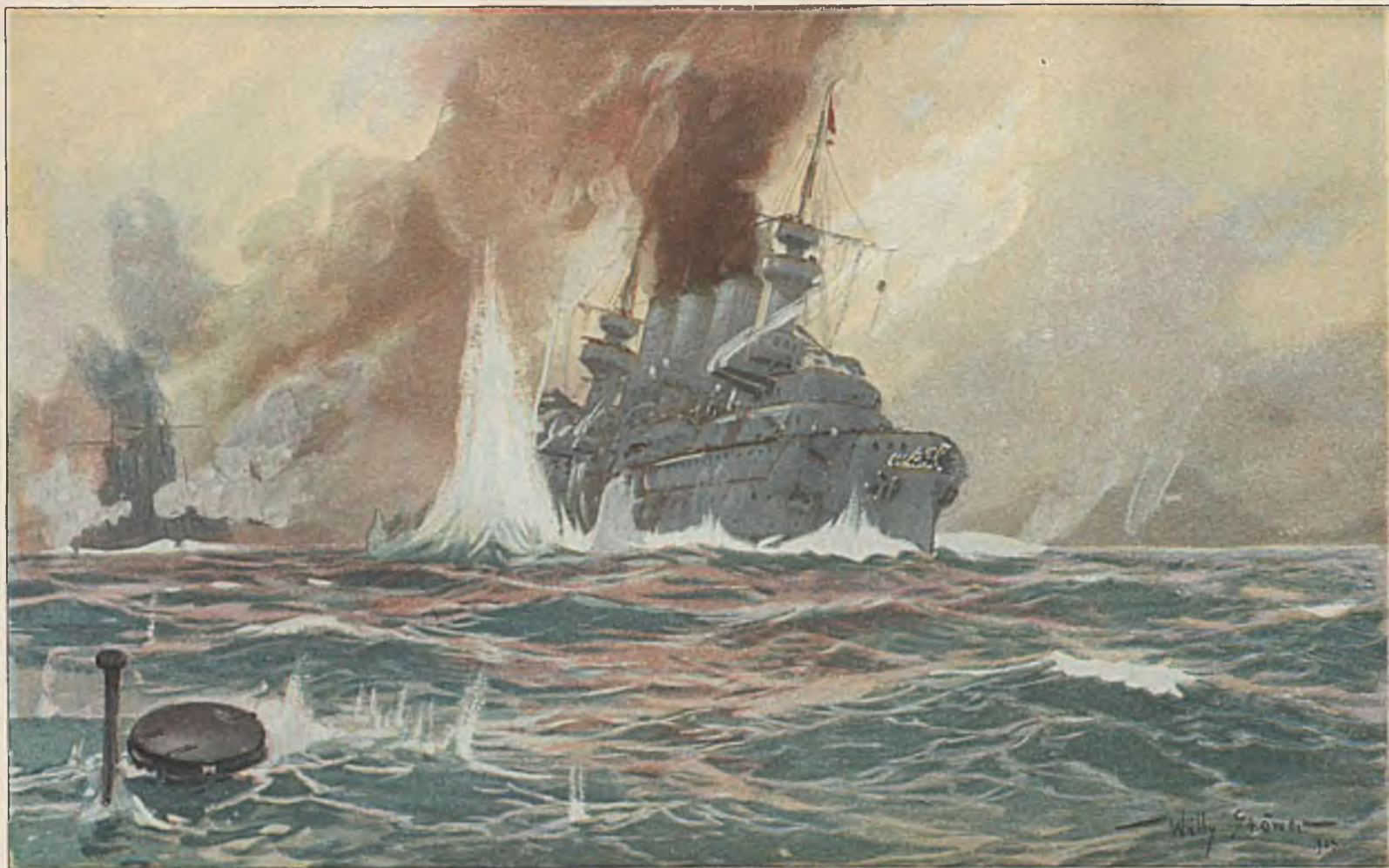
Według akwareli W. Stöwera.





Przecięcie statku podwodnego, zajętego wyrzucaniem torpedy na pancernik.

Według akwareli W. Stöwera.



Cofanie się statku podwodnego po pomyślnem wyrzuceniu torpedy na pancernik.

Według akwareli W. Stöwera.

uważała czynów powszednich życia codziennego, zmieniających się mało i powoli, jako godnych zaznaczenia piśmiennego; głównym jej celem było przekazanie czynów wodzów lub przewodników moralnych ludów, których pamięć wiecznie żyć była powinna, zmarłym na chwałę, następcom na wzór. Aż do czasów najnowszych uznawano rzadko za potrzebne przechowanie obrazu ówczesnego stanu kultury; to, co dotyczyło wewnętrznego życia ludów schodzić musiało na drugi plan, wobec kreślenia dziejów państw, obrazów wojny, opisów zwycięstw i zapasów orężnych. Dzisiaj trudniej jest iść śladem duchowego rozwoju nawet cywilizowanych ludów zachodu, jak ułożyć najdokładniejszą genealogję władców asyryjskich czy babilońskich. Często najgorliwszy badacz nie jest w stanie wskazać przyczyn szybkiego wznoszenia się, lub też upadku danego narodu. Ale za to tenże badacz przytacza nam przykłady, że wynalazki, dokonane przed laty tysiącami i wielokrotnie stosowane, popadły w takie zapomnienie, że w epoce historycznej mogły być na nowo „wynalezione”. Niektóre działy techniczne znajdowały się w pełnym rozwoju u najstarszych ludów kultury wschodniej w tym czasie, gdy Europa zachodnia stała jeszcze na niskim stopniu okresu kamiennego; przejście zaś jakiejś grupy ludów z epoki kamiennej do epoki żelaznej, a z epoki żelaznej do okresu żelaznego trwało dłużej, aniżeli czas naznaczony przez biblię na istnienie całej ludzkości.

Jakże więc nieskończenie długim był każdy krok kultury! A jak ciasno ograniczone byłyby obszary ziemskie, na których kultura byłaby wymierzana miarą współczesną, dopiero od chwili Narodzenia Chrystusa, lub panowania Karola Wielkiego! Z przyczyn, nieznanych nam jeszcze, mimo usilnego badania wielu uczonych w ostatnim latu dziesiątku, życie duchowe ludów nie rozwijało się jednostajnie, z jednego jakiegoś ośrodka, z jakiejś praojczyzny kultury; dzisiaj wiemy już o kilku takich punktach zawiązkowych, w których kultura kiełkowała, wytwarzała się samodzielnie i rozwijała się niezależnie. Środowiska te jakkolwiek nie miały z sobą żadnej styczności, to jednak prawie wszędzie owe ślady pierwszej myśli ludzkiej są do siebie podobne i są sobie nawet równe; podobne do siebie być muszą, ponieważ właśnie budzący się duch ludzki przybierał wszędzie prawie ten sam kierunek rozwoju, gdyż wszędzie przyroda dała jednakowy materiał surowy.

Wpływ popędu do zmieniania miejsca, obudzony przedewszystkiem koniecznością wyszukania nowych środków pożywienia dla siebie i oswojonych zwierząt, nie mógł być bardzo znaczny, gdyż człowiek pierwotny nie posiadał żadnych środków do przewiezienia siebie i swoich z jednego miejsca na drugie; mógł liczyć tylko na szybkość, siłę i wytrzymałość swych członków. Już średnio szeroka rzeka, trochę wyższa góra, niezarośnięte drzewami step, lub niewielka pustynia, nakazywały zatrzymać się tym, którzy, posuwając się dalej, mogliby nadać niżej od nich stojącym sąsiadom pewne początki kultury. Tu, jedynie ujarzmienie sił przyrody mogłoby zmienić postępowanie

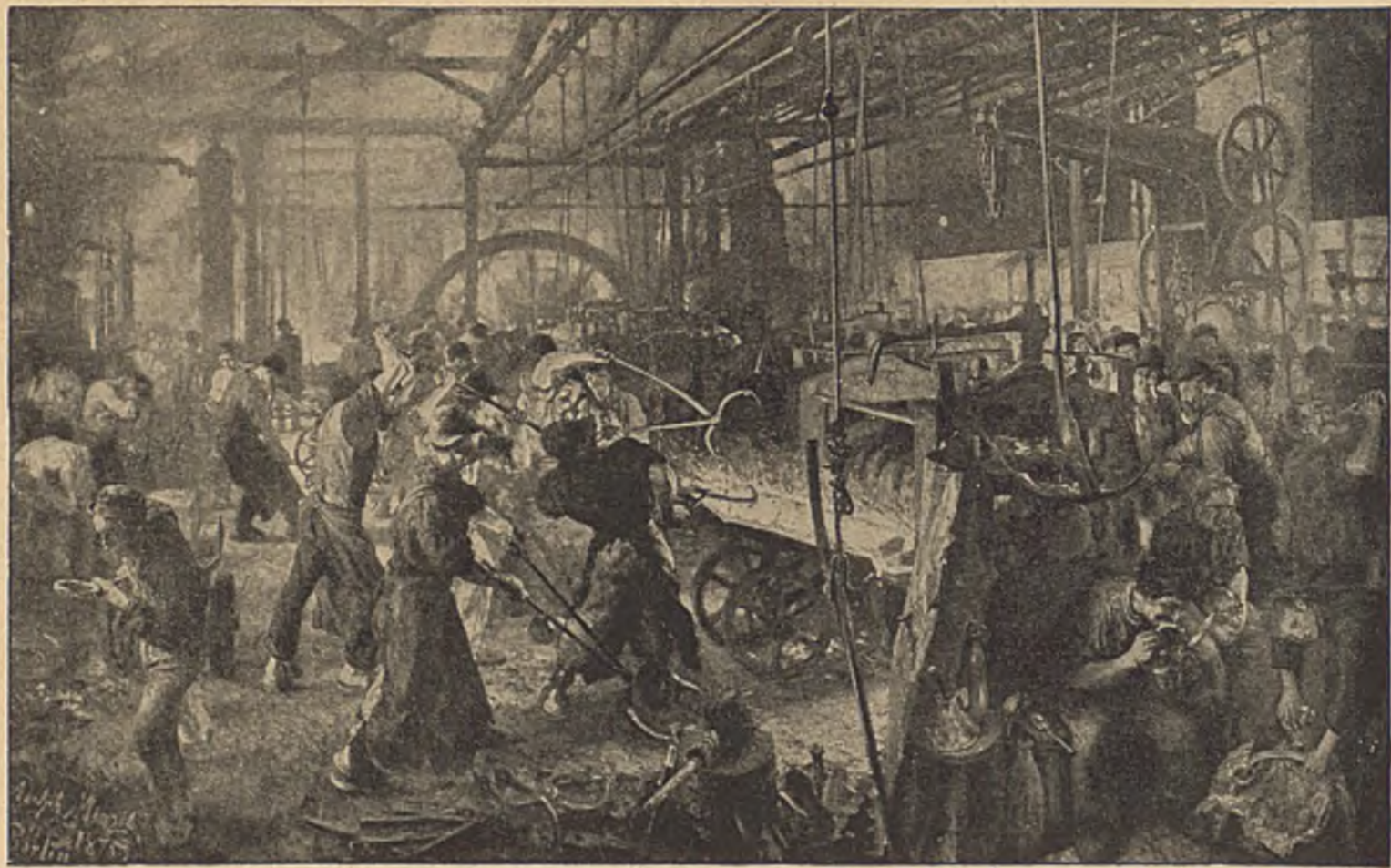
człowieka; musiał on przedewszystkiem opanować ogień i wodę, zanim zaczął myśleć o przebieganiu większych przestrzeni ziemi, ażeby u innych pokoleń i ras nauczyć się czegoś i nawzajem zostać ich nauczycielem.

Jakże inaczej dzieje się dzisiaj! Dzieje rozwoju techniki i komunikacji pokazały nam, jak szybko dokonaliśmy postępów w jednym, jedynym stuleciu, po żółwiem posuwaniu się przez całe lat tysiące. Obecnie para i elektryczność prowadzą nas w jednym dniu dalej, jak ongi dostać się mogliśmy po roku zaledwie, a nowe zdobycze ducha ludzkiego obiegają świat cywilizowany na szybkich jak błyskawica skrzydłach iskry elektrycznej w tyleż minut, ile niegdyś potrzeba im było stuleci. Ale w tym czasie, kiedy my, dzieci wysoko rozwiniętej kultury, uważamy się za panów tak przestrzeni, jako też i czasu, znajdują się wielkie szmaty ziemi, zamieszkałe przez miliony ludzi, dźwigających się zaledwie z najpierwotniejszego stanu kultury.

Wszechświat i ziemia rozwijają się stale z dokładnością, przepisana im przez wiecznie niezmiennie prawa natury; kultura tymczasem zjawia się tu i tam, cofając się i idąc naprzód, bez żadnej określonej kolei, bez widocznego celu, daje przebogate dary jednym, każąc innym zaś łaknąć całe lat tysiące; przynosi pożytek i szkodę, buduje i burzy, niezmeńczona, ale także i nieubłagana.

\*            \*            \*

Nieubłagana... Jeżeli pojęcie „kultury“ obejmuje wyniki dążenia ducha ludzkiego naprzód, wtedy nie powinno nas dziwić, jeżeli obok światła promienistych ludzkiej inteligencji, istnieją w niej i głębokie mroki, które przejawiają się jako nigdy niewygasłe, niskie popędy mieszkańców ziemi. My, ludzie, potrafilismy zaprządz w swój rydwan zwycięski i zamienić w niewolników ziemię i wszystko, co ją zaludnia, przyrodę i jej najlepsze najcenniejsze siły, ale natomiast nie zdołaliśmy uwolnić siebie samych od cechujących nas pozostałości zwierzęcego pochodzenia; prawo mocniejszego, siła pięści, oto nasze godło, które wywieszamy, gdzie się tylko potemu nadarzy odpowiednia sposobność, każdą zaś kwestję sporną ludów i narodów rozstrzyga mord masowy, wojną nazywaną, a stosowane w niej środki są coraz potężniejsze dzięki środkom, jakie nam ofiarowała ujarzmiona przyroda. Któż może zaprzeczyć, że dzisiaj zużywamy daleko więcej inteligencji i sprawności technicznej na wytworzenie coraz to straszniejszych sposobów wojowania, jak na poprawienie, dajmy na to, komunikacji, służącej celom spokojnej pracy nad poprawą bytu? Jeden wynajduje narzędzia zniszczenia, drugi skuteczne środki obrony przeciw nim — błędne koło bez wyjścia, zabierające narodowi najlepsze siły i wstrzymujące postęp kultury. Od prochu strzelniczego, do dynamitu i oksylikitu, od rzymskich machin



**Wielki przemysł: Walcownia żelaza.**

Według obrazu Adolfa Menzel'a.

wojennych, do broni z magazynami; od latarni morskich, wskazujących pewną drogę do portu, powracającym okrętom wojennym, do łodzi podmerskiej, rybę swym kształtem przypominającej, te prawdziwe muzea arcydzieł technicznych, rezultaty badań sił przyrody, zawsze i wszędzie musiały przedewszystkiem płacić daninę przyrządom, służącym do celów wojennych. Wzamian zaś za to, wrzawa bitew i jęki mordowanych cofały wstecz kulturę na całe setki lat.

\*  
\*  
\*

Najbliżej pola walki wojennej leży pole pracy... Ujarzmienie sił przyrody zmieniło do gruntu całą naszą wytwórczość. Poruszana parą maszyna jednym obrotem jej kół spełnia pracę, wykonywaną kiedyś przez dziesiątki ludzi, lub też dostarcza dla setki pracowitych rąk robotniczych na wpół wykonaną robotę, pozostawiając im tylko jej wykończenie. Zmuszało to do gromadzenia siły w olbrzymich budowlach fabrycznych, których wyniosłe i pocernione sadzą kominy stały się dla niektórych miast tak samo znamiennymi, jak niegdyś smukłe wieże kościołów ich i zamków. Równiny zostały wyludnione; do obrabiania wyjałowionych pól, potrzebujących sztucznego wzbogacenia pozostały siły tylko najniezbędniejsze; wszystko, co było mniej potrzebne, opuściło glebę wieśniaczą, dając się porwać w ramiona olbrzymiego wciąż rosnącego polipa, nazwanego przemysłem. Patryarchalną pracę przy warsztatach pozostawiono drobnym rękodzielnikom i ci jedynie poznać musieli wszystkie szczegóły swego zawodu, podczas gdy robotnik współczesny całą swą, często niestety niedocenioną i wyzyskaną działalność tak duchową, jak cielesną, musi poświęcić wyłącznie jednej, bardzo niekiedy ograniczonej, specjalnej gałęzi swego zawodu. Tym sposobem nabiera najwyższej biegłości, a robota jego najdoskonalszego wykończenia.

W pracy, podobnie jak w wiedzy i badaniu, materiał naukowy tak się rozrósł olbrzymio, że rzadko wystarcza umysł jednego człowieka na objęcie całej wiedzy swego czasu, jak to się zdarzało uniwersalnym genjuszom epok ubiegłych. Nawet i badania naukowe prowadzą się dzisiaj podług systemu podziału pracy, który zaleca każdemu, aby poświęcił się badaniu tylko jednego działu, co wydaje zresztą najlepsze dla całości wyniki — siła uczonych polega obecnie nie na ilości wiedzy, lecz na gruntownem zgłębieniu jednego jej działu. Wszelako w następujących po sobie pokoleniach zmiana zawodu chroni stanowczo od jednostronnego rozwoju umysłu i ośrodków nerwowych. Mózg nasz może się rozwijać i przyswajać sobie coraz to nowe wiadomości, nie powiększając nawet swej objętości; przecież dzisiaj dziecko uczy się już w szkole więcej, niż niegdyś umiał w końcu swego życia siwowłosy uczoney. A że przytem nauki przyrodnicze wybijają się na plan pierwszy, zyskując tym sposobem należne sobie stanowisko naczelne, podejmując przewodnią rolę nie tylko w publicznym,

lecz także i w duchowym życiu narodów, wydaje nam się to nabytkiem wielkiego znaczenia, jednym z najpoważniejszych w XIX stuleciu.

\* \* \*

Jeżeli w niektórych, wielkich krajach Europy, takich jak Francja i Niemcy, na pierwszym miejscu, szczególnie w zakresie techniki, postawione są sprawy wojskowe, to najmłodsze, a jednak już potężne państwo, Stany Zjednoczone Ameryki północnej, pokazały jasno nam, obywatelom świata starego, że tylko współzawodnictwo pokojowe, wyzyskanie energiczne wynalazków, opartych na opanowaniu sił przyrody, pozwala na zdobycie przodującego stanowiska z pozostawieniem innych narodów daleko poza sobą. Ameryka może się tem szczycić, że posiada nie tylko najwyższą ale zupełnie współczesną kulturę, na gruncie której niema miejsca na błękitny kwiat romantyzmu, gdyż każdy cal tej ziemi służyć musi pracy na chleb. Jesteśmy dalecy jednakże, aby łączyć głos nasz z okrzykami chępliwych tryumfów, rozlegających się często z za oceanu, „z państwa, dla którego nie istnieją rzeczy niemożliwe“. Ameryka jest ziemią, na której mogły się najswobodniej rozwinąć śmiałe pomysły inżynierów, to prawda, lecz nowości zdumiewające, o których wieść rozchodziła się z kraju dolarów, aby odbyć pochód zwycięski po przez świat cały, były pochwycone wielokrotnie ze starej Europy, od tutejszych badaczy, strząśnięto z nich tylko pył pracowni uczonego i wprowadzano je do życia praktycznego. My, w starym świecie, kierujemy łódką swego życia nie gorzej, jak ludzie, nad których głowami powiewa godło gwiazdziste, idziemy krokiem powolnym i równym, prowadzącym wprawdzie powolniej, ale pewniej do wskazanego celu. Przypatrzmy się na przykład tylko choćby rozwojowi środków komunikacyjnych: pierwsza droga żelazna z lokomotywą parową została zbudowaną w Anglii, inne kraje Europy poszły wprawdzie w jej ślady, ale na razie prześcignęła je szybko Ameryka i to nie tylko przez budowę najdłuższych linii, przez wprowadzenie najdogodniejszych wagonów, ale także przez nadanie im znacznej szybkości, tak, że pociągi ich mogły być uważane za najszybsze; dzisiaj jednakże pociągi pośpieszne na drogach żelaznych we Francji, Anglii i Niemczech biegną znacznie prędzej od amerykańskich, a kolej elektryczna w Niemczech, poruszana za pomocą prądu o wysokim napięciu osiągnęła szybkość 200 kilometrów na godzinę; podobne fakty notuje historia budowy statków, techniki oświetlania miast i t. p.

Przyczyny tego łatwo dają się wskazać: ewangelja najnowszej kultury, głoszona na świat cały, brzmi: pracuj, aby być bogatym! Nigdy taniec około złotego cielca nie był dzikszym, jak teraz, w epoce wydoskonalenia techniki! Zbadanie i udoskonalenie sił przyrody służyło i zapewne długo jeszcze służyć będzie wyłącznie temu jednemu celowi, którym jest nagromadzenie milionów i miliardów. Stara kultura europejska nie umie

przecież zrywać z celami idealnymi, prac uczonych nie mierzy się tu górami złota, które zebrać można przy ich pomocy, lecz cenę się każdego, kto pracuje na polu naukowym, chociażby odkrycia jego w pierwszej chwili posiadały tylko znaczenie czysto teoretyczne.

Przyszłe pokolenia ludzkości, dążącej naprzód, podlegają niebezpieczeństwu poważnemu przejmowania się nazbyt materializmem i za wiele poświęcić mogą molochowi życia praktycznego, opartego wyłącznie na zyskach. Do tych więc, którzy po nas przychodzą, do młodzieży, mającej poświęcić się takiej działalności, jaką uprawiali ludzie wspomnani w dziele naszym, zwracamy wyrazy przestrogi, niechaj nam wierzą, że

**Badać, to walczyć — Wiedza to potęga!**







Wydawnictwo

Wydawnictwo



Wydawnictwo

Wydawnictwo

BG Politechniki Śląskiej  
nr inw.: 102 - 137915



Dyr.1 137915

