

Mgr ZDZISŁAW GAJEWSKI

# JEDNOSTKA CIEPŁA

СОДЕРЖАНИЕ

З. Гаевски: Единица количества теплоты

CONTENTS

Z. Gajewski : The heat unit.



W A R S Z A W A 1 9 5 2

P A Ń S T W O W E W Y D A W N I C T W A T E C H N I C Z N E

Mgr ZDZISŁAW GAJEWSKI

# JEDNOSTKA CIEPŁA

## STRESZCZENIE

Zreferowano krytycznie prace Międzynarodowego Komitetu Miar i jego Doradczego Komitetu Termometrycznego i Kalorymetrycznego związane z ustaleniem joula jako jednostki energii cieplnej. Zestawiono wartości różnych kalorii opierając się na współczesnych danych przede wszystkim na tablicy 1950 ciepła właściwego wody. Omówiono sprawę wymiaru ciepła właściwego.

IX Konferencja Generalna Miar w 1948 r. przyjęła poniższą uchwałę<sup>1)</sup>:

*„Jednostką ilości ciepła jest joule<sup>2)</sup>.”*

U w a g a. Zaleca się, by wyniki pomiarów kalorymetrycznych były, o ile tylko to jest możliwe, wyrażone w joulach. Jeżeli pomiary były wykonane jako porównawcze w odniesieniu do wody (i gdy z jakichkolwiek innych względów nie można uniknąć stosowania kalorii), to powinny być podane wszelkie informacje potrzebne do przeliczenia wyników tych pomiarów na joule.

Powierza się Międzynarodowemu Komitetowi Miar ustalenie, po zasięgnięciu opinii Doradczego Komitetu Termometrycznego i Kalorymetrycznego, tablicy najdokładniejszych, według dotychczasowych wyników pomiarów, wartości ciepła właściwego wody wyrażonych w joulach na stopień“.

### Kaloria jako jednostka ilości ciepła

Tekst ten jest wynikiem interesującej dyskusji, która od 1937 r. toczyła się na terenie Międzynarodowego Komitetu Miar i jego Doradczego Komitetu Termometrycznego i Kalorymetrycznego. Dyskusja ta na konkretnym przykładzie kalorii wszechstronnie oświetliła zagadnienie jednostki miary i wykazała różnorodność treści metrologicznej, którą współcześnie nadaje się tej popularnej jednostce jaką jest kaloria.

Pojęcie kalorii, jako jednostki swoistej podówczas jakości fizycznej — ciepła, powstało w końcu XVIII względnie na początku XIX wieku. Choć wyraźnie

nieokreślona, jednak jako wielkość występuje już w pomiarach *Blacka* ciepła parowania wody. *Carnot* mówi o „ilości (ciepła) koniecznej do podniesienia o 1 stopień 1 kilograma wody“. W pracy *Favra* i *Silbermana* (1852 r.) mamy już wyraźne sformułowanie: „..... jednostką ciepła przyjętą zarówno przez nas jak i większość fizyków jest ilość ciepła konieczna do podwyższenia temperatury jednego grama wody o jeden stopień i którą nazywa się jednostką ciepła albo kalorią“.

Określenie powyższe jest typowe dla tzw. *jednostki naturalnej* (tj. jednostki określonej przez wzorzec materialny)<sup>3)</sup> i jest najczęściej spotykane w literaturze podręcznikowej. Rozwój techniki pomiarowej wymagał wprawdzie w powyższej definicji ściślejszego sprecyzowania niektórych warunków, a mianowicie: odstepu temperatury i skali termometrycznej; podania, że ogrzewanie zachodzi pod stałym ciśnieniem (równym 1 Atm, tj. 760 mm Hg) — dokładnego określenia właściwości wody, które zresztą sprowadza się do stwierdzenia, że woda (chemicznie czysta) nie może zawierać rozpuszczonego powietrza.

Przykładem takiego sprecyzowania może być definicja kalorii proponowana w 1934 r. przez Komisję Jednostek Międzynarodowej Unii Fizyki Czystej i Stosowanej:

*„..... jako kalorię gramową<sup>4)</sup> rozumie się ilość ciepła konieczną do ogrzania pod ciśnieniem jednej atmosfery normalnej jednego grama wody odpowietrzony od 14,5 do 15,5° według międzynarodowej skali temperatur“.*

Wielkość, określoną tą definicją, nazywa się *kalorią piętnastostopniową* (skrót — cal<sub>15</sub>).

W przypadku naturalnych jednostek miar, przede wszystkim nasuwa się kapitalne, z punktu widzenia metrologii, zagadnienie ich relacji do *jednostek absolutnych*, tj. *jednostek głównych* układów spójnych jednostek miar. W przypadku ciepła należy oczywiście

<sup>1)</sup> Podaję oryginalny tekst wg Comptes Rendus des Séances 1948, s. 63:

„L'unité de quantité de chaleur est le joule.

REMARQUE — „Il est demandé que les résultats d'expériences calorimétriques soient autant que possible exprimés en joules. Si les expériences ont été faites par comparaison avec un échauffement d'eau (et que pour une raison quelconque on ne puisse éviter l'usage de la calorie) tous les renseignements nécessaires pour la conversion en joules doivent être fournis.“

„Il est laissé aux soins du Comité International après avis du Comité Consultatif de Thermométrie et Calorimétrie, d'établir une Table qui présentera les valeurs les plus précises que l'on peut tirer des expériences faites sur la chaleur spécifique de l'eau en joules par degré.“

<sup>2)</sup> Pisownia spolszczona „dzul“ jest również poprawna jak stosowana powyżej. Komisja Słownictwa Technicznego PKN zaleca raczej pisownię „joule“, natomiast Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego ob staje przy pisowni spolszczonej.

<sup>3)</sup> Niestety nie ma dobrego terminu dla tak rozumianej jednostki. Inne w tym sensie używane terminy, jak: jedn. fizyczna (w literaturze angielskiej), jedn. praktyczna techniki itd. również wzbudzają szereg zastrzeżeń podobnych do tych, jakie można podać krytykując użyty w tekście termin.

<sup>4)</sup> Termin obecnie uznany (IX Konferencja Generalna Miar) za niewłaściwy. Terminy i skróty stosowane:

kaloria (cal) zamiast — kaloria gramowa, kaloria mała kilokaloria (kcal) zamiast — kaloria kilogramowa, kaloria duża.

cie ustalić relację kalorii do joula<sup>1)</sup>, jednostki głównej energii w układzie MKS (względnie w kalorymetrii elektrycznej można by mówić o *układzie Giorgiego*). Oczywiście jest, że relację tę można wyznaczyć tylko doświadczalnie, a więc zależnie od dokładności metod pomiarowych i samych pomiarów. Postępy metrologii powodują pewne zmiany tej relacji. Przykładem takich zmian mogą być „wahania” wartości kalorii dwudziestostopniowej ( $cal_{20}$ ) w okresie ostatniego dwudziestolecia (patrz tablica 1):

Tablica 1

**Wartość kalorii dwudziestostopniowej w joulach**

Rok		J
1933	OST/WKS 6259	4,182
1935	Lipin (Trudy WIMS Nr 130)	4,1812
1939	Lipin (referat dla Kom. Międz. Miar)	4,1807
1948	„ „ „ „ „ „	4,1812
1950	wg Kom. Międz. Miar Tablica 1950	4,1816

Drugą niedogodność jednostek naturalnych stanowi ich niespójność z układami jednostek miar. Z reguły, o ile jednostka naturalna nie jest jednostką podstawową danego układu jednostek<sup>2)</sup>, to jest ona jednostką o relacji (w odniesieniu do jednostki głównej danego układu) wyrażającej się wielocyfrową liczbą i co gorzej, jak to powyżej stwierdziliśmy, liczba ta ulega zmianom w miarę postępu techniki pomiarowej. Z tego punktu widzenia teoretycy mają skłonność do rugowania jednostek naturalnych, które są jednak zwykle gorąco bronione przez praktyków. W obronie kalorii wysuwano następujące argumenty:

1. znaczenie kalorii w nauczaniu, zwłaszcza w układzie pierwszej zasady termodynamiki,
2. łatwość jej stosowania w obliczeniach przybliżonych,
3. wreszcie okoliczność, że ciepło jako specyficzna postać energii (gdyż tylko do ciepła stosuje się drugie prawo termodynamiki) wymaga odrębnej jednostki miary.

W niektórych ujęciach widać nawet jakby dążność do stworzenia specjalnych, ciepłych układów jednostek miar, w których:

kaloria odpowiadałaby układowi CGS kilokaloria „ „ MKS megakaloria, czyli termia „ „ MTS

Oczywiście próby takie są zupełnie niewłaściwe, gdyż w układach tych mamy już ustalone zupełnie inne jednostki energii (erg, joule i kilojoule).

W obecnym etapie rozwoju metrologii jesteśmy świadkami momentu rugowania szeregu jednostek określonych przez ich wzorce: do historii już przeszedł międzynarodowy praktyczny układ jednostek elektrycznych, również rozpoczął się „proces” przeciwko torrowi (milimetrowi słupa rtęci) i związanej z nim atmosferze normalnej. Atakowany jest również przez teoretyków techniczny układ jednostek miar (MKpS). Nic więc dziwnego, że los ten spotkał i kalorie.

Wreszcie należy zaznaczyć i dalsze niedogodności jednostek tego typu. Łatwość zmiany określenia jest powodem dostosowań określeń do warunków pomiarów. Również możliwe są próby definicyjnego ustalenia relacji kalorii do joula. Są to dwie przyczyny istnienia wielu kalorii (wyróżnianych zwykle odpowiednimi przymiotnikami), o wartościach zbliżonych. Jest zaś regułą, że takie współistnienie podobnych jednostek (wielkością i nazwą), jest źródłem wielu nieporozumień i błędów, stwarzając nieraz nawet trudności nie do pokonania przy korzystaniu z danych literatury z całą możliwą dokładnością.

**Kalorie „wodne”**

Zestawmy teraz poszczególne kalorie określone jako jednostki naturalne:

<sup>1)</sup> Joule (skrót J) określa się jako ilość pracy, którą wykonuje siła 1 newtona ( $10^5$  dyn) przy przesunięciu na drodze 1 metra.

<sup>2)</sup> Kilogram, metr są niewątpliwie w tym rozumieniu jednostkami naturalnymi, będąc zrealizowanymi przez wzorce szczególnego znaczenia — prototypy.

*Kaloria piętnastostopniowa* ( $cal_{15}$ ). Określenie jej podaliśmy powyżej. Komisja Jednostek określenie to uzupełniła uwagą, że najprawdopodobniejsza wartość tak określonej kalorii wynosi (1934 r.):

$$cal_{15} = 4,186 J_{int}$$

a więc praktycznie równa wartości  $cal_{int}$  (patrz str. 5) przyjętej przez Międzynarodową Konferencję Tablic Pary w 1929 r. Zagadnienie relacji ( $cal_{15}$ ! J) było zagadnieniem podstawowym przy opracowaniu tablicy pojemności cieplnej wody 1950. Analizę pomiarów i ich zestawienie według *de Haasa* (patrz str. 8) i tablica IV. Międzynarodowy Komitet Miar na sesji 1950 r. przyjął:

$$cal_{15} = 4,1855 J$$

i jest to wartość obecnie obowiązująca.

*Kaloria dwudziestostopniowa* ( $cal_{20}$ ) jest przyjęta w normie radzieckiej OST/WKS 6259 i określona jako „praktycznie (z dokładnością do 0,02%) równa ilości ciepła potrzebnej do ogrzania pod ciśnieniem jednej atmosfery normalnej jednego grama wody od 19,5 do 20,5°C” (przy czym zgodnie z treścią normy rozumie się, że temperatury te są wyrażone w stopniach międzynarodowej skali temperatur — przyp. autora).

Chciałbym tu również zaznaczyć, że omawiana norma równocześnie podając obowiązującą drugą definicję kalorii dwudziestostopniowej:

$$1 cal_{20} = 4,182 J$$

obok powyżej podanej definicji przez wzorec określa kalorie przez relację (patrz str. 6). Ponieważ jednak Wszeczwiązkowy Instytut Metrologii referując na terenie Międzynarodowego Komitetu Miar sprawę  $cal_{20}$  jako propagowanej przez niego jednostki cieplnej kilkakrotnie zmieniał wartość tej relacji (patrz tabl. 1), to wnioskuję, że raczej kalorie tę rozumiał jako określoną przez wzorec.

Griffiths na podstawie tablicy pojemności cieplnej wody (1950) przyjmuje

$$cal_{20} = 4,1816 J$$

*Kaloria średnia* ( $cal_{sr}$ ) również zwana *kalorią Bunseana* — określona jest jako setna część ilości ciepła potrzebnej do ogrzania jednego grama wody od temperatury jej topnienia do temperatury wrzenia pod stałym ciśnieniem jednej atmosfery normalnej. Według *Osborna, Stimsona* i *Ginningsa* można podać relację tej kalorii (dla wody odpowietrzonej) do joula. Wynosi ona

$$cal_{sr} = 4,1899 J$$

Wartość tę nadto określały uprzednio badania: *Reynoldsa* i *Moorby'ego* (1897); *Callendara* (1902) oraz *Barnesa* (1902, 1904 i 1909) dając różnicę rzędu milijoula. Wyników tych badań nie podając, jako znacznie ustępujących pod względem dokładności pomiarom współczesnym.

Według wzoru interpolacyjnego przyjętego jako podstawa tablicy 1950 dla tej kalorii otrzymujemy

$$cal_{sr} = 4,1897 J$$

*Kaloria zerowa* ( $cal_0$ ) również zwana *kalorią Renaulta* określona jako ilość ciepła potrzebna do ogrzania jednego grama wody od temperatury 0°C do 1°C. Kaloria ta była stosowana bardzo rzadko wobec trudności, jakie nastęrcza możliwości istnienia fazy stałej — lodu — w temperaturze 0°C.

*Kaloria czterostopniowa* ( $cal_4$ ). Ustalona przez normę brytyjską BS 350 : 1940 jako ilość ciepła potrzebna do ogrzania jednego grama wody od temperatury 4°C (temp. maksymalnej gęstości) o jeden stopień Celsjusza (*Maximum Density of Water Calorie*). Wg tablicy 1950

$$cal_4 = 4,2045 J$$

Analogicznie do powyższych kalorii mamy określone tzw. *brytyjskie jednostki ciepła* (*British Thermal Unit* — skrót wg norm brytyjskich B. Th. U., na kontynencie jest bardziej rozpowszechniony skrót BTU). Jednostki te są ściśle związane z odpowiednimi kaloriami przez zależność:

$$1 lb. av. = 453,592 428 g$$

$$t_F = 32 + 1,8 t_C$$

W praktyce są stosowane poniższe brytyjskie jednostki ciepła:

B. Th. U. <sub>60</sub> — określona przez normę BS 205:1926 jako ilość ciepła potrzebna do ogrzania jednego funta wody od temperatury 60° do 61°F. Ponieważ średnia temperatura 60,5°F jest równa 15,833°C, to (patrz tabl. 4)

$$\text{cal}_{15,83} : \text{cal}_{15} = 0,999\ 82$$

a zatem

$$\text{B.Th. U.}_{60} \text{ F} = 0,999\ 82 \cdot 453,592\ 428 \cdot \frac{5}{9} \text{ cal}_{15}$$

Ostatecznie

$$\text{B.Th. U.}_{60} = 1\ 054,54\ \text{J}$$

B. Th. U. <sub>mean</sub> — określona w normie BS 205 : 1926 jako jedna stoosiemdziesiąta część ilości ciepła potrzebnego do ogrzania jednego funta wody od jej temperatury topnienia (32°F) do temperatury wrzenia pod ciśnieniem jednej atmosfery normalnej (212°F). Wartość jej w joulach po obliczeniu podobnym jak wyżej wynosi

$$\text{B.Th. U.}_{\text{mean}} = 1055,79\ \text{J}$$

Wreszcie w normie BS 350 : 1944 określono rzadko używaną jednostkę tzw. *Maximum Density of Water British Thermal Unit* jako ilość ciepła potrzebną do ogrzania jednego funta wody o maksymalnej gęstości o jeden stopień *Fahrenheit*.

Zestawienie powyższych jednostek i ich wartości w joulach mamy w tabelicy 2.

### Kaloria a joule

Stosowanie w obliczeniach jednostki określonej jak powyżej obok innych jednostek o wartościach teoretycznie stałych stwarzało pewne niedogodności. Wartość kalorii w końcu XIX wieku zależała według ówczesnych poglądów:

od wartości równoważnika mechanicznego ciepła <sup>1)</sup>,  
od wartości stopnia skali termometrycznej,  
a więc od dwóch wielkości niezbyt dokładnie wówczas znanych. Biorąc to pod uwagę na wniosek E. H. Griffithsa Komitet wzorców elektrycznych zrzeszenia brytyjskiego wysunął propozycję uznania joula jako jednostki ilości ciepła. Od tego czasu datuje się okres jakby przewagi jednostki teoretycznej, za jaką po dziś dzień uważa się joula nad jednostką praktyczną — kalorią. Zastanówmy się nad źródłem tej „przewagi“.

Przypomnę, że pojęcie kalorii ukształtowało w okresie, gdy ciepło uważano za odrębną jakość fizyczną. Określenie kalorii precyzowało się zaś w okresie, gdy metody pomiarów kalorymetrycznych zapewniały znacznie większą dokładność niż metody pomiaru tzw. mechanicznego równoważnika ciepła. Jeżeli jednak zdamy sobie w pełni sprawę, że

$$j = \text{cal} : \text{J}$$

gdzie *j* jest równoważnikiem mechanicznym ciepła <sup>2)</sup>, to zrozumiemy, że *j* jest niczym innym, jak relacją pomiędzy dwiema jednostkami tej samej wielkości fizycznej, energii. Zagadnienie — *kaloria czy joule*, nie różni się merytorycznie od zagadnienia — *metr czy jard*.

Wprawdzie tradycyjny już dzisiaj wykład fizyki pozostawia w nas jakby osad szczególnego rozumienia pewnej odrębności energii cieplnej i mechanicznej, jakiejś ważniejszej roli mechanicznego równoważnika ciepła, niż zwykłej relacji pomiędzy dwoma jednostkami miar. Trudno zaprzeczyć, że w nauczaniu naturalne jednostki miar (przypominam, że pod tym terminem rozumiem jednostki określone przez ich wzorce) są łatwiejsze do zrozumienia przez młodzież. Należałoby jednak dokładnie przeanalizować metodę wykładu, aby w pewnym momencie dać pierwszeństwo joulowi, jako jednostce ciepła. Zwrócę uwagę, że przed tymi samymi trudnościami stanie metoda fizyki w wykładzie jednostek miar elektrycz-

nych, na skutek wyrugowania od 1. 1. 1948 naturalnych jednostek miar, jakimi były jednostki międzynarodowe.

Wspomniałem o analogii w rozumieniu stosunków:

$$\text{cal} : \text{J} \text{ i } \text{m} : \text{yd}$$

Analogia ta sięga dalej. Przypomnę, że jard jest określony dwojako: *jard brytyjski* przez wzorzec materialny — *Imperial Standard Yard* i jego stosunek do metra jest zależny od aktualnego stanu dokładności pomiarów i *Yard USA* (*jard Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej*), który jest legalnie określony jako długość

$$\begin{array}{l} 3600 \\ \text{—metra} \\ 3937 \end{array}$$

a więc przez prototyp międzynarodowy metra i dzięki temu określeniu jego relacja do metra jest niezależna od wyników jakichkolwiek porównań. Podobną koncepcję mamy w próbie związania definicyjnego kalorii z innymi niż woda wzorcami, oczywiście w momencie sformułowania definicji przez stosunek możliwie zgodny ze stosunkiem ówczesnie obowiązującym dla kalorii (wodnej). I tu możemy wyodrębnić dwie możliwości: związanie definicyjne z wzorcami jednostek elektrycznych, albo też z jednostką teoretyczną energii — z joulom.

### Kalorie „elektryczne“

Związanie z elektrycznymi jednostkami miar miało mieć ten sens fizyczny, że wobec dużej dokładności elektrycznych metod w kalorymetrii i w ślad za tym coraz większego ich rozpowszechnienia, wydawało się najbardziej racjonalne związanie kalorii z jednostkami przez metodę. Do tego typu kalorii musimy zaliczyć:

*Kalorie międzynarodową* (cal<sub>int</sub> bądź I.T. cal) przyjętą przez Międzynarodową Konferencję Tablic Pary, (Londyn 1929 r.; uchwała potwierdzona na sesji w Waszyngtonie w 1934 r.<sup>3)</sup>). Kalorie tę określono za pomocą równania:

$$\text{cal}_{\text{int}} = \frac{1}{860} W \cdot h_{\text{int}} = \frac{3600}{860} J_{\text{int}} = 4,186\ 05 J_{\text{int}}$$

W motywach przyjęcia tej definicji kalorii podkreślono niezależność kalorii międzynarodowej od równoważnika mechanicznego ciepła, od zmian ciepła właściwego wody w zależności od temperatury i wreszcie od wartości przyspieszenia siły ciężkości. W tym ostatnim warunku mamy odbicie poglądu niektórych techników, że poprawna definicja kalorii jest odniesiona do jednostki ciężaru, tj. do 1 ponda (grama siły) wody, a nie do jednostki masy.

Kaloria zdefiniowana jw. przez wzorce elektryczne, nie różniła się znacznie od kalorii piętnastostopniowej, jednakże w konsekwencji powyższego określenia powstała nowa jednostka wyraźnie bazująca się na innych wzorcach, niż dotychczas wymienione kalorie.

Przyjmując obecnie obowiązującą relację pomiędzy joulom (absolutnym) a joulom międzynarodowym:

$$1 J_{\text{int}} = 1,000\ 19\ \text{J}$$

jako średnią z porównań wzorców państwowych jednostek elektrycznych (wartość sankcjonowana przez Międzynarodowy Komitet Miar) otrzymamy:

$$\text{cal}_{\text{int}} = 4,186\ 05 J_{\text{int}} = 4,1868\ \text{J}$$

przy czym do przeliczeń technicznych wystarczy dokładność

$$\text{cal}_{\text{int}} = 4,187\ \text{J}$$

*Kaloria termochemiczna* (cal<sub>Th</sub>) jednostka stosunkowo szeroko stosowana, bowiem wprowadzona została przez redakcję *International Critical Tables* w roku 1926. W tomie pierwszym Tablic przyjęto trzy kalorie <sup>4)</sup>, uważając jednak podaną w tych ta-

<sup>1)</sup> Zaznaczam, że referuję tu ówczesne poglądy, gdyż moim zdaniem wartość kalorii w joulach jest niczym innym jak mechanicznym równoważnikiem ciepła (porównaj str. 8).

<sup>2)</sup> Wobec zbiegu dwóch znormalizowanych skrótów: joula — *J* i równoważnika mechanicznego energii — *J*, stosuje dla tego ostatniego skrót *j*.

<sup>3)</sup> III Konferencja Tablic Pary ustaliła nazwę — *international steam table calorie* oraz podany skrót: I. T. cal.

<sup>4)</sup> Są to:  
cal<sub>90</sub> = 4,181 J  
cal<sub>15</sub> = 4,185 J  
cal<sub>∞</sub> = 4,186 J

blicach kalorię piętnastostopniową jako podstawową.

Relacje tych kalorii do joula początkowo były włączone do tablic czynników przeliczeniowych, jednakże po krytycznym rozpatrzeniu zagadnienia wartości tych relacji uznano jako niezależne od innych wielkości (a w szczególności od równoważnika mechanicznego ciepła) i podano je w tablicy stałych ustalonych (Defined)<sup>1)</sup>. Relacja więc w Int. Critical Tables

$$\text{cal}_{15} = 4,185 \text{ J}$$

występuje jako wartość *dokładna* we wszystkich dalszych przeliczeniach. Jednostka ta przyjęła się w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej.

Rossini opracowując w 1931 r. dla *National Bureau of Standards* międzynarodowy układ jednostek miar określił tę kalorię jako

$$\text{cal}_{\text{Th}} = 4,1833 \text{ J}_{\text{int}}$$

przy czym w obliczeniach przyjął relację

$$1 \text{ J}_{\text{int}} = 1,0004 \text{ J}$$

Z kolei w roku 1934 w wyniku prac w *National Bureau of Standards* przyjęto

$$1 \text{ J}_{\text{int N.B.S.}} = 1,000 165 \text{ J}$$

co oczywiście pociągnęło za sobą

$$\text{cal}_{\text{Th}} = 4,1840 \text{ J}$$

Wobec wahań i niepewności<sup>2)</sup> relacji  $\text{J}_{\text{int}} : \text{J}$  wytwarza się więc stosunkowo paradoksalna sytuacja. Jednostka w stosunku do innej wielkości tego samego rodzaju, wielkości niezmiennej, posiada zmienną relację, bowiem w ciągu określającym ją:

$$\text{cal} \rightarrow (\text{A}, \text{V}, \text{Q})_{\text{int}} \rightarrow \text{J}_{\text{int}} \rightarrow \text{J}_{\text{abs}}$$

relacja

$$\text{J}_{\text{int}} : \text{J}$$

zależy każdorazowo od aktualnego stanu wyników pomiarów, a więc i zmienną będzie relacja

$$\text{cal} : \text{J}$$

Powstaje taka sytuacja, że w roku 1939 E. R. Smith stwierdza, że relację kalorii termochemicznej stosowanej w USA określić tylko można nierównością:

$$4,1837 \leq \text{cal}_{\text{Th}} \leq 4,1846$$

Listę jednostek ciepła związanych z międzynarodowymi wzorcami elektrycznymi uzupełnia:

międzynarodowa brytyjska<sup>3)</sup> jednostka ciepła (*Steam Tables British Thermal Unit — B.Th.U.<sub>I.T.</sub>*) którą określa się jako:

$$1 \text{ B.Th.U.}_{\text{I.T.}} = 251,966 \text{ cal}_{\text{int}}$$

gdzie relację do kalorii stosunkowo sztucznie (w tym przypadku) oparto na relacjach

$$1 \text{ lb} : \text{kg} \text{ i } \text{ stop. C} : \text{ stop. F}$$

Mając określoną powyższą relację z łatwością oblicza się, że wg wartości  $\text{J}_{\text{int}}$  i  $\text{J}$  obecnie przyjętej

$$1 \text{ B.Th.U.}_{\text{I.T.}} = 1055,06 \text{ J}$$

### Kaloria absolutna

Szukając możliwych wyjść z sytuacji „zmiennej“ jednostki miary można było:

a) wyrugować zmienną jednostkę miary stosując zamiast niej inną już istniejącą, względnie ustalając nową jednostkę o wartości stałej, bliskiej wartościom jednostek dotychczas stosowanych,

b) wyraźnie zastosować metodę pomiarów porównawczych stosując wodę (bądź inne ciało), jako substancję wzorcową i wyraźnie wskazując wszystkie dane konieczne do wyrażenia wyniku danego pomiaru porównawczego w jednostkach absolutnych (umożliwiają również ewentualne późniejsze skorygowanie wyników na podstawie całości podanych informacji).

<sup>1)</sup> Stąd też używana w niektórych pracach amerykańskich nazwa „defined calorie“, której synonimem jest „thermochemical calorie“.

<sup>2)</sup> Niepewność odbija się zwłaszcza w tym, czy należy przyjmować relację  $\text{J}_{\text{int}} : \text{J}$  jako średnią porównań międzynarodowych, czy też jako wynik badań wzorców państwowych.

<sup>3)</sup> Zastosowałem ten sprzeczny w sobie termin tylko dlatego, by wyraźnie podkreślić związek B.Th.U. I.T. z  $\text{cal}_{\text{int}}$ .

Przypomnę, że ustalenie wartości kalorii w oderwaniu od niezbyt sprecyzowanego wzorca było intencją zarówno projektodawców kalorii międzynarodowej jak i termochemicznej. Podobną drogę obrał początkowo *Komitet Międzynarodowy Miar*, kiedy na wniosek *Starka* zajął się sprawą kalorii. *Keesom* postawił wniosek (1939 r.) — by kalorię określić jako wielkość równą

$$\text{cal}_{\text{abs}} = \frac{3600}{860} \text{ J} = 4,186 05 \text{ J}$$

a więc w odróżnieniu od kalorii międzynarodowej określoną w odniesieniu do joula absolutnego, pozbywając się w ten sposób niedogodności związanych z ówczesnie już znanymi drobnymi zresztą „nieokreślonościami“ międzynarodowych wzorców jednostek elektrycznych. Przy czym *Doradczy Komitet Termometryczny* zaznaczał:

„Uwaga 1. — Kilojoule ma wartość bardzo bliską wartości brytyjskiej jednostki ciepła

$$1 \text{ B.Th.U.} = 1,055 \text{ kJ}$$

Uwaga 2. — Kaloria (określona jw.) jest praktycznie równa dawnej kalorii piętnastostopniowej“<sup>4)</sup>.

Wprowadzając nową *kalorię absolutną (bezwzględna)* ( $\text{cal}_{\text{abs}}$ ) wniosek ten miał na celu:

ustalenie wartości kalorii możliwie bliskiej dotychczasowym jednostkom ilości ciepła (porównaj uwagę 2);

związanie definicyjnie kalorii ze stałą jednostką energii — joulem (absolutnym);

wyrugowanie kalorii międzynarodowej, która traciła podstawy wobec projektowanego rugowania międzynarodowych jednostek elektrycznych (wskutek wojny wyrugowanie to nastąpiło dopiero 1. 1. 1948).

Jeżeli zaś chodzi o związanie z dotychczas stosowanymi kaloriami (określonymi przez wzorec — wodę), to wg oceny Międzynarodowego Komitetu Miar przyjęcie przybliżonej relacji

$$\text{cal}_{\text{abs}} \approx 4,187 \text{ J}$$

czy<sup>5)</sup> też

$$\text{cal}_{\text{abs}} \approx 4,186 \text{ J}$$

nie wymaga zmian w Międzynarodowych Tablicach Pary dla większości potrzeb praktyki.

W tej propozycji mamy zwycięstwo nowoczesnego poglądu, że definicja jednostki miary może być całkowicie niezależna od metody realizacji wzorca jednostki miary. Dlatego też proponowany już w 1895 przez *Griffithsa* joule jako jednostka miary ciepła, pomimo początkowo dużej niepopularności, zaczął powoli być uznawany w sferach naukowych. Wytworzyła się paradoksalna sytuacja. Na wszelkich kongresach, na których poruszano sprawę jednostki ciepła „teoretyczny“ joule zwyciężał, systematycznie uznawany za główną jednostkę ciepła, lecz w praktyce i nauczaniu wszechwładnie panowała kaloria. Paradoksalność tej sytuacji powiększał fakt, że współistniało kilka różnych kalorii bardzo bliskich wartościami. Na ogół jest tendencją teoretyków zredukowanie ilości jednostek miar, podczas gdy praktycy chcą nawet powiększyć ich ilość, by otrzymać możliwie szeroki wachlarz jednostek najdogodniejszych dla poszczególnych dziedzin pomiarów. Trudno się spierać, które stanowisko jest słuszne, jednak liczne błędy, bałamuctwa i trudności w wykorzystaniu publikowanych danych są dowodem niedogodności takiego stanu.

Tablica 2 ustalając stan najważniejszych jednostek objętych wspólną nazwą kaloria (oraz brytyjska jednostka ciepła) jest wymowną ilustracją zbytniego przerostu ilości jednostek. Należy jeszcze zaznaczyć, że opierając się (przeważnie) na tablicy 4 wprowadzono pewien porządek ustalając ściślej wartości stosunków  $\text{cal}_x : \text{J}$ .

<sup>4)</sup> Wg ówczesnej oceny *Keesoma*  
 $1 \text{ cal}_{\text{abs}} = 1,0003 \pm 0,0003 \text{ cal}_{15}$

N a z w a	Skrót	W a r t o ś ć w		
		J	cal <sub>100</sub>	cal <sub>int</sub>
joule	J	1	0,238 9 <sub>2</sub>	0,238 8
kaloria absolutna	cal <sub>abs</sub>	4,186 05	1,000 1	0,999 8
kaloria międzynarodowa	cal <sub>int</sub>	4,186 8	1,000 3 <sub>1</sub>	1
kaloria termochemiczna	cal <sub>Th</sub>	4,184 0	0,999 6	0,999 3
bryt. jedn. ciepła międz. <sup>1)</sup>	B. Th. U. I. T.	1055,0	252,07	251,99
kaloria piętnastostopniowa	cal <sub>15</sub>	4,185 5	1	0,999 6
kaloria dwudziestostopniowa	cal <sub>20</sub>	4,181 6	0,999 07	0,998 7
kaloria OST WKS 6259 (20)	(cal <sub>20</sub> )	4,182	0,999 2	0,998
kaloria średnia	cal <sub>sr</sub>	4,189 7	1,001	1,000
kaloria czterostopniowa	cal <sub>4</sub>	4,204 5	1,004	1,004
kaloria zerowa	cal <sub>0</sub>	4,217 4	1,007	1,007
bryt. jedn. ciepła 60° F	B. Th. U. 60 <sub>F</sub>	1054,5	251,95	251,87
bryt. jedn. ciepła średnia	B. Th. U. mean	1055,7	252,24	252,17
bryt. jedn. ciepła czterostop.	B. Th. U. max	1059,5	253,14	253,06

**Kaloria jako jednostka innych wielkości cieplnych**

Tablica 2 zamyka jeden okres „życia i rozwoju” kalorii. Od realnego wzorca, jako jednostki odrębnej początkowo wielkości fizycznej, użyjmy celowo przestarzałego terminu „ciepłika”, poprzez równoważnik mechaniczny ciepła stała się jednostką energii, jednostką ciepła. Związana z kolei z innymi wzorcami, wzorcami międzynarodowych jednostek elektrycznych, została oderwana od pierwotnego wzorca. Kolejne związanie jej przez joula (absolutnego) z prototypami metra i kilograma, logicznie w dobie dążenia do układów spójnych, pociąga za sobą dalszy krok — zagubienie kalorii przez ustalenie faworyzowanej jednostki energii — joula.

A równocześnie na marginesie tej ewolucji w kołach świadomych niedogodności kalorii jako jednostki ilości energii (ciepła) zaczyna się zmieniać jej sens. I tak, np. *Abraham* stwierdza w dyskusji na forum *Komitetu Międzynarodowego Miar*, że właściwie kaloria jest współczynnikiem przejścia z pomiarów wykonywanych przedawnionymi już dzisiaj metodami do współczesnych metod wysokiej dokładności.

Dyskusja w Komitecie Międzynarodowym Miar i w jego Doradczym Komitecie Termometrycznym i Kalorymetrycznym ujawniła jeszcze inne rozumienie kalorii. Współczesne metody kalorymetrii, gdy odnosi się pomiary do dobrze sprecyzowanych wzorców (wody, kwasu benzoowego, wodoru) zapewniają daleko większą dokładność niż dokładność, z jaką na ogół można zmierzyć równoważnik mechaniczny ciepła. Dlatego też w wodzie należy widzieć wzorzec pierwszego rzędu pojemności cieplnej, z którym porównuje się pojemność cieplną innych substancji. W pomiarach kalorymetrycznych prawie zawsze stosuje się metodę pomiarów porównawczych, przy czym od wielu lat większość pomiarów odnoszona jest do wody. Wyraźne rozróżnienie metodyki pomiarów porównawczych i bezwzględnych zawdzięczamy *prof. Świętosławskiemu*. Stanowisko podobne zajął *E.R. Smith* podkreślając, że kaloria jest rozumiana przez wielu badaczy jako pojemność cieplna wody.

W tej sytuacji wprowadzenie nowej kalorii, kalorii absolutnej, zamiast porządkować jedynie komplikowałoby sprawę. Sens kalorii zmienił się. Termin kaloria bowiem stał się rozumiany jako dogodna nazwa *jednostki pojemności cieplnej wody względnie ciepła właściwego wody*.

Poglądy powyższe znalazły potwierdzenie w uchwałach *Komisji Symboli, Jednostek i Nomenklatury Międzynarodowej Unii Fizycznej*. Ostatecznie ich sformułowanie mieliśmy w przytoczonej na wstępie uchwałę IX Konferencji Generalnej Miar.

<sup>1)</sup> Patrz uwaga w odsyłaczu 2 na str. 5.

Pozostaje jeszcze jedno wyjaśnienie. Na ogół kaloria jest rozumiana dotychczas jako jednostka ilości ciepła — specjaliści rozumieją ją jako miarę pojemności cieplnej. Jeżeli oznaczymy  $Q$  wymiar energii (cieplnej),  $\Theta$  — odstepu temperatury,  $M$  — masy, to według dotychczasowych przyjętych określeń (porównaj np. OST/WKS 6259) mieliśmy:

ilość ciepła	$Q$	cal	J
ciepło właściwe	$\frac{Q}{M \cdot \Theta}$	$\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{stop C}}$	$\frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{stop C}}$
pojemność cieplna	$\frac{Q}{\Theta}$	$\frac{\text{cal}}{\text{stop C}}$	$\frac{\text{J}}{\text{stop C}}$

Obecnie przyjmując, że kaloria jest jednostką *pojemności cieplnej*, mielibyśmy (wyróżniając ją kursywą od poprzedniego znaczenia)

ilość ciepła	cal stop C	J
ciepło właściwe	$\frac{\text{cal}}{\text{g}}$	$\frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{stop C}}$
pojemność cieplna	cal	$\frac{\text{J}}{\text{stop C}}$

Względnie, przyjmując drugie możliwe rozumienie, że kaloria jest jednostką *ciepła właściwego*, mielibyśmy (wyróżniając w tym przypadku kalorię tak rozumianą drukiem półtłustym):

ilość ciepła	cal . g . stop C	J
ciepło właściwe	cal	$\frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{stop C}}$
pojemność cieplna	$\frac{\text{cal}}{\text{g}}$	$\frac{\text{J}}{\text{stop C}}$

We wszystkich tych przypadkach rozumie się, że wymiary wymienionych wielkości, zgodnie z dotychczas przyjętymi ich określeniami, będą:

ilości ciepła czyli energii	$L^3 \cdot M \cdot T^{-2}$
ciepła właściwego	$L^2 \cdot T^{-2} \cdot \Theta^{-1}$
pojemności cieplnej	$L^3 \cdot M \cdot T^{-2} \cdot \Theta^{-1}$

gdzie:  $L$  — wymiar długości;  $M$  — masy;  $T$  — czasu i  $\Theta$  — temperatury.

W żadnym więc przypadku ciepło właściwe nie może być wyrażone w joulach na stopień (jak podawał tekst uchwały IX Konferencji Generalnej Miar); powinno być ono wyrażone w joulach na gram na stopień.

*W. J. de Haas* opracowując tablicę ciepła właściwego wody zmuszony był przyjąć określenie:

„Ciepło właściwe wzięte pod uwagę jest ciepłem właściwym czystej wody (jednego grama) pod ciśnieniem atmosfery. Jest ono równe pochodnej

cząstkowej względem temperatury, entalpii  $H = E - pv$  dla grama (wody) pod stałym ciśnieniem jednej atmosfery

$$C_p = \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_{p=p}$$

To wtrącenie grama ratowało mu miano, bowiem oczywiście

$$\frac{J}{\text{stop C}} \text{ dla jednego grama}$$

$$\text{jest równoważne mianu } \frac{J}{\text{g} \cdot \text{stop C}}$$

### Tablica ciepła właściwego wody 1950

By wykonać uchwałę Konferencji Generalnej Miar, pozostało wykonać zadanie ustalenia tablic wartości ciepła właściwego (czy też można również powiedzieć — pojemności cieplnej) wody. Pracę tę wykonał *de Haas* ustalając tablicę 1950 ciepła właściwego wody w zakresie od 0° do 100°C.

Podstawą tej tablicy jest porównanie wyników prac: *Callendar* i *Barnesa* (1902, 1904, 1909 i 1905) *Jaeger* i *von Steinwehr* (1921) *Laby* i *Hercusa* (1927, 1935) *Osborna*, *Stimsona* i *Ginningsa* (1939)

Zestawienie wyników mamy w tablicy 3.

Tablica 3

Wartości  $\frac{C_{aq} \cdot t}{C_{aq} \cdot 15}$

Temp. °C	Callendar, Barnes (1902, 1909)	Callendar (1912)	Jaeger i Steinwehr (1921)	Osborne, Stimson i Ginnings (1939)
0	—	—	—	1,007 62
10	1,002 01	1,001 88	1,001 46	1,001 53
15	1,000 00	1,000 00	1,000 00	1,000 00
20	0,998 64	0,998 78	0,999 11	0,998 06
30	0,997 25	0,997 55	0,998 42	0,998 25
40	0,997 08	0,997 34	0,998 56	0,998 27
50	0,997 68	0,997 79	0,999 19	0,998 79
60	0,998 81	0,998 72	—	0,999 67
70	1,000 08	1,000 03	—	1,000 91
80	1,001 42	1,001 66	—	1,002 54
90	1,002 76	1,003 57	—	1,004 62

Ostatecznie oparto się na przebiegu krzywej ciepła właściwego wody w zależności od temperatury przyjmując wzór według pracy *Osborna*, *Stimsona* i *Ginningsa*.

$$\frac{C_{pt}}{C_{p15}} = 0,99618_5 + 0,0002874 \left( \frac{t+100}{100} \right)^{5,26} + 0,001160 \cdot 10^{-0,036t}$$

W celu ustalenia wartości  $C_{p15}$  wzięto pod uwagę poniższe dane:

<i>Callendar</i> i <i>Barnes</i> (1902)	$C_{p15} = 4,1895 J$
<i>Barnes</i> (1909)	4,1842
<i>Jaeger</i> i <i>von Steinwehr</i> (1921)	4,1850
wg <i>Birge'a</i> (1929)	4,1841
wg <i>Os. St. i G.</i> (1939)	4,1840
<i>Laby</i> i <i>Hercusa</i> (1927)	4,1857
wg <i>Birge'a</i> (1929)	4,1852
<i>Osborne</i> , <i>Stimson</i> i <i>Ginnings</i> (1939)	4,1858
średnia	4,1854

Tablica 1950. Ciepło właściwe wody w J/stop C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	4,2174	4,2138	4,2104	4,2074	4,2045	4,2019	4,1996	4,1974	4,1954	4,1936
10	1919	1904	1890	1877	1866	1855	1846	1837	1829	1822
20	1816	1810	1805	1801	1797	1793	1790	1787	1785	1783
30	1782	1781	1780	1780	1779	1779	1780	1780	1781	1782
40	1783	1784	1786	1788	1789	1792	1794	1796	1799	1801
50	1804	1807	1811	1814	1817	1821	1825	1829	1833	1837
60	1841	1846	1850	1855	1860	1865	1871	1876	1882	1887
70	1893	1899	1905	1912	1918	1925	1932	1939	1946	1954
80	1961	1969	1977	1985	1994	2002	2011	2020	2029	2039
90	2048	2058	2068	2078	2089	2100	2111	2122	2133	2145
100	2156									

Wartości podawane przez innych:

Handbuch der Physik (1926)	4,1850
International Critical Tables	4,185
<i>Lipin</i> (1933)	4,1861
<i>Birge</i> (1941)	4,1855

Biorąc te dane pod uwagę *de Haas* zaproponował ustalić:

$$C_{p,15} = 4,1855 J/\text{stop C}$$

Podstawiając tę wartość do powyżej podanego równania *Osborna*, *Stimsona* i *Ginningsa* ostatecznie otrzymuje się tablicę 4 ciepła właściwego wody w joulach na stopień (dla 1 g wody).

**Wnioski:** IX Konferencja Generalna Miar uznała jako jednostkę energii cieplnej joula. Na zlecenie tej Konferencji Międzynarodowej Komitet Miar ustalił:

Wartość ciepła właściwego wody w temperaturze 15°C równą 4,1855 J/stop C.

Tablicę 1950 ciepła właściwego wody w zależności od temperatury w zakresie 0 ÷ 100°C.

Uchwały i wartości powyższe stanowią podstawę porównawczych pomiarów kalorymetrycznych. Zgodnie z zaleceniami autorzy prac kalorymetrycznych powinni opierać się na powyższych danych, informując nadto o zmierzonych odstępach temperatur podczas poszczególnych pomiarów kalorymetrycznych.

Wyniki pomiarów kalorymetrycznych powinny być wyrażane w joulach.

Sprawa kalorii ostatecznie nie została wyraźnie rozstrzygnięta. Zdaniem moim, zamęt pojęć i różnorodnych określeń powinien doprowadzić do jednego tylko wniosku: wprowadzić w pełni uchwałę Konferencji Generalnej Miar, używając wyłącznie joula jako jednostki ilości ciepła.

W uchwale IX Konferencji Generalnej Miar pozostaje do sprostowania nieporozumienie w związku z mianem ciepła właściwego. Ciepło właściwe określone równaniem definicyjnym

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$$

powinno mieć miano

joule na gram na stopień,

a nie joule na stopień.

**Uzupełnienie 1.** Wobec prawdopodobnie jeszcze długiego okresu stosowania w praktyce kalorii jako jednostki ilości ciepła obliczono na podstawie tablicy 4 poniższą tablicę 5 ciepła właściwego wody wyrażonego w dawnych kaloriach piętnastostopniowych.

**Uzupełnienie 2.** Równoważnik mechaniczny ciepła jest równy wartości kalorii piętnastostopniowej wyrażonej w jednostkach mechanicznych (joulach). Określa się go jako różnicę wartości entalpii jednego grama wody w temperaturach 15,5°C i 14,5°C.

Ścisłe różnica ta wynosi:

$$j_{15} = C_{p15} + \frac{1}{24} \left( \frac{d^2 C}{dT^2} \right)_{p15} + \dots$$

Przybliżenie

$$j_{15} \approx C_{p15}$$

jest całkowicie wystarczające, bowiem poprawka wynosi zaledwie 0,000 004 i oczywiście, że może być zaniechana.

Tablica 4

Ciepło właściwe wody w kaloriach piętnastostopniowych

T a b l i c a 5

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,007 62	1,006 76	1,005 95	1,005 23	1,004 54	1,003 92	1,003 37	1,002 84	1,002 36	1,001 94
10	1,001 53	1,001 17	1,000 84	1,000 53	1,000 26	1,000 00	0,999 79	0,999 57	0,999 38	0,999 21
20	0,999 07	0,998 92	0,998 81	0,998 71	0,998 61	0,998 52	0,998 45	0,998 38	0,998 33	0,998 28
30	0,998 26	0,998 23	0,998 21	0,998 21	0,998 18	0,998 18	0,998 21	0,998 21	0,998 23	0,998 26
40	0,998 28	0,998 30	0,998 35	0,998 40	0,998 42	0,998 49	0,998 54	0,998 59	0,998 66	0,998 71
50	0,998 78	0,998 85	0,998 85	0,999 02	0,999 09	0,999 19	0,999 28	0,999 38	0,999 47	0,999 57
60	0,999 67	0,999 79	0,999 88	1,000 00	1,000 12	1,000 24	1,000 38	1,000 50	1,000 65	1,000 76
70	1,000 91	1,001 05	1,001 19	1,001 36	1,001 51	1,001 67	1,001 84	1,002 01	1,002 17	1,002 37
80	1,002 53	1,002 72	1,002 91	1,003 11	1,003 32	1,003 51	1,003 72	1,003 94	1,004 16	1,004 40
90	1,004 61	1,004 85	1,005 09	1,005 33	1,005 59	1,005 85	1,006 12	1,006 38	1,006 64	1,006 93
100	1,007 19									

## WYKAZ PIŚMIENNICTWA

- Comité Consultatif de Thermométrie. Session de 1939. Procès-Verbaux des séances. Paris. Gauthier-Villars, 1939.
- Comité International des Poids et Mesures. Procès-Verbaux des séances. 2 seria — t. XXI. Session de 1948. Paris. Gauthier-Villars, 1948.
- Comité International des Poids et Mesures. Procès-Verbaux des séances. 2 seria — t. XXII. Paris. Gauthier-Villars, 1950.
- H. L. Callendar, Phil. Trans. Roy. Soc., London, A 199, 1902, p. 55.
- H. T. Barnes, Proc. Roy. Soc., A 82, 1909, p. 390.
- H. L. Callendar, Phil. Trans. Roy. Soc., London, A. 212, 1912, p. 1.
- W. J. Jaeger i v. Steinwehr, Ann. der Phys., 369, 1921, p. 305.
- T. H. Laby, Proc. Roy. Soc., London, 38, 1926, p. 169.
- T. H. Laby i Hercus, Phil. Trans. Roy. Soc., London, A 227, 1927, p. 63.
- R. T. Birge, Rev. of Mod. Physics, 1, 1929, p. 30
- S. Lipin, Trudy WIMS nr 130, 1933.
- N. S. Osborne, H. F. Stimson i D. C. Ginnings, J. of Research NBS, 23, 1939, p. 197.
- B. T. Birge, Rev. of Mod. Physics, 13, 1941, p. 233.
- B. T. Birge, Progress in Physics, 1941, p. 90.
- W. Świętosławski, Comptes Rendus de la reprise de contact, Union International de Chimie, Paris, 1946.

## СОДЕРЖАНИЕ

Рассматриваются труды Международного Комитета по делам Мер и Весов и Вспомогательного Термо- и Калориметрического Комитета, относящиеся к установлению джауля в качестве единицы тепловой энергии. Сопоставляются значения различных

калорий на основании современных данных, главным образом таблицы 1950 удельной теплоёмкости воды. Оговаривается размерность удельной теплоёмкости.

## SUMMARY

This is a critical discussion of the research work of the International Committee of Weights and Measures and its Thermometric and Calorimetric Advisory Committee connected with the determination of the joule as a unit of heat energy.

Some values of various calories have been set up, with regard to the recent data, principally to the table 1950, for determining the specific heat of water. The dimension of the specific heat has been discussed.

Komitet redakcyjny: Redaktor Naczelny mgr Ludwik Zajdler  
Redaktorzy działowi: mgr Z. Gajewski, inż. E. Schultz  
Adres Redakcji: Główny Urząd Miar, Warszawa, Elektoralna 2

## WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Redaktor techniczny J. Mazurek

Korektor K. Haze

Format A4

Ark. druk. 1

Nakład 600 egz.

Symbol PWT 80021/IB

Rękopis otrzym. 8.III.1952

Pap. druk. sat. kl. V, 70g, 610x860

Druk ukończ. 30. V. 1952

Drukarnia Dzielowo-Akcydensowa, Przedsiębiorstwo Państwowe, Wrocław

Zam. 600

F-3-11094

Cena zł 5.—