

Prof. dr inż. Stanisław Fryze

Członek PAN

Zakład Elektrotechniki

Racjonalizacja fizykalnych równań elektromagnetycznych i układów dymensyjnych

Streszczenie: Przegląd historyczny zagadnienia racjonalizacji. Racjonalizacja Heaviside'a, Lorentza, Giorgiego i Dellingera. Tabele porównawcze jednostek elektrycznych i równań w układach klasycznych i zracjonalizowanych.

W klasycznej nauce o elektryczności i magnetyzmie, twórcy tej nauki (Coulomb, Gauss, Weber, Maxwell) wprowadzili tak zwane *klasyczne równania elektromagnetyczne* oraz przynależne do nich klasyczne *3-jednostkowe układy dymensyjne* jednostek systemu CGS (centymetr, gram, sekunda) a mianowicie:

CGS — Gaussa o stałych próżni: $\epsilon_0=1$, $\mu_0=1$,
i dwa maxwellowskie:

elektrostatyczny ES—CGS o stałych próżni: $\epsilon_0=1$, $\mu_0=\frac{1}{c^2}$

elektromagnetyczny EM—CGS o stałych próżni: $\epsilon_0=\frac{1}{c^2}$, $\mu_0=1$.

Najprostszy z nich układ CGS—Gaussa, o symetrycznej budowie, stanowi w fizyce *układ podstawowy*. Układ elektromagnetyczny EM—CGS przyjęto w elektrotechnice za *układ macierzysty praktycznych jednostek absolutnych*: kulomb C, amper A, wolt V, om Ω , henr H, farad F, dżul J, wat W, makswel Mx, gaus Gs, ersted Oe, gilbert Gb itd.

Powyzsze układy klasyczne powstały w czasie od 1833 do 1890 roku i zostały zastosowane w fundamentalnym dziele klasycznej nauki o elektryczności i magnetyzmie Maxwella *Treatise on Electricity and Magnetism* (1873). Dzieło to utrwaliło klasyczną formę równań elektromagnetycznych i powyższe trzy klasyczne układy tak silnie, że przetrwały one aż do naszych czasów. Według uchwały Międzynarodowej Unii Fizyki (Union Internationale de Physique pure et appliquée) z r. 1948 mają być w fizyce zachowane także po wprowadzeniu układu MKS—Giorgiego, który w 1948 r. został zalecony do użytku międzynarodowego.

Tak zwana „racjonalizacja“ pojawiła się w nauce o elektryczności i magnetyzmie w kilkadziesiąt lat po opublikowaniu dzieła Maxwella. Obejmuje ona racjonalizację klasycznych równań elektromagnetycznych i związaną z nią racjonalizację przynależnych do nich układów dymensyjnych.

Racjonalizacją równań elektromagnetycznych nazywamy przekształcenie klasycznej formy tych równań na formę racjonalną przez odpowiednie umiejscowienie w nich mnożnika 4π .

Racjonalizacją układów dymensyjnych nazywamy przystosowanie tych układów do racjonalnej formy równań elektromagnetycznych.

Inicjatorem racjonalizacji równań elektromagnetycznych był Oliver Heaviside (1850—1925), wybitny elektryk angielski, autor licznych, wartościowych rozpraw naukowych, zebranych w 3-tomowym dziele *Electromagnetic Theory* (1893—1912).

W serii artykułów, opublikowanych pierwotnie w periodyku angielskim „The Electrician“ w latach 1882—83, a następnie w pierwszym tomie wymienionego dzieła (1893), wystąpił Heaviside z krytyką klasycznych równań i wzorów elektromagnetycznych, dotyczącą umiejscowienia w nich mnożnika 4π . Umiejscowienie to uznał za nieracjonalne i podał, jak powinny być ukształtowane racjonalne równania i wzory elektromagnetyczne z racjonalnie umiejscowionym mnożnikiem 4π .

Heaviside zapoczątkował w ten sposób akcję o charakterze reformatorskim, mającą na celu wyrugowanie z nauki o elektryczności i magnetyzmie klasycznych równań z klasycznie umiejscowionym mnożnikiem 4π i wprowadzenie na ich miejsce racjonalnych równań z racjonalnie umiejscowionym mnożnikiem 4π .

W pisowni powszechnie używanej bez indeksów, wzory klasyczne i racjonalne zawierają Z e s t a w i e n i a Ia, Ib, Ic (tabl. 5, 6, 7). Okazują one, że jeśli obierzemy za punkt wyjścia klasyczną formę praw Coulomba w postaci:

$$(1) \quad F = \frac{Q \cdot Q'}{\epsilon\epsilon_0 \cdot r^2} \qquad F = \frac{m \cdot m'}{\mu\mu_0 \cdot r^2} \qquad (2)$$

to otrzymamy klasyczne wzory z klasycznym umiejscowieniem mnożnika 4π . Jeśli zaś za punkt wyjścia obierzemy racjonalną formę praw Coulomba z mnożnikiem 4π w mianownikach:

$$(3) \quad F = \frac{Q \cdot Q'}{4\pi \cdot \epsilon\epsilon_0 \cdot r^2} \qquad F = \frac{m \cdot m'}{4\pi \cdot \mu\mu_0 \cdot r^2} \qquad (4)$$

otrzymamy racjonalne wzory Heaviside'a z racjonalnie umiejscowionym mnożnikiem 4π .

Przegląd Z e s t a w i e ń wzorów Ia, Ib, Ic ujawnia, że racjonalna pisownia wzorów wprowadza bardzo duże zmiany w umiejscowieniu

mnożnika 4π . Liczne wzory jak np. prawa Gaussa, wzory określające energię pola elektromagnetycznego, wzory dotyczące polaryzacji elektrycznej i magnetycznej itd., są w racjonalnej formie uwolnione od mnożnika 4π , co oczywiście jest korzystne teoretycznie i praktycznie.

Natomiast prawa Coulomba, Laplace'a, Biot-Savarta i Ampère'a są w racjonalnej formie obarczone mnożnikiem 4π , którego w klasycznej formie nie zawierają. Formalnie zmiana ta jest niekorzystna, niemniej jednak da się uzasadnić fizykalnie tzw. *symetrią sferyczną pól elektrycznych i magnetycznych*, jak to w odniesieniu do zracjonalizowanych wzorów (3) i (4) okazał Heaviside.

Najważniejsze znaczenie racjonalizacji polega na uwolnieniu od 4π praw Gaussa, podstawowych elektromagnetycznych równań różniczkowych i całkowych Maxwella, wektora Poyntinga określającego moc promieniowania elektromagnetycznego na jednostkę powierzchni, wzorów określających energię pól elektromagnetycznych oraz wzorów dotyczących polaryzacji elektrycznej i magnetycznej.

Przejście z klasycznych wzorów Coulomba (1) i (2) na racjonalne wzory Coulomba (3) i (4) przy niezmiennych stałych próżni ϵ_0 i μ_0 , powoduje zmianę racjonalizacyjną określeń naboju elektrycznego Q i masy magnetycznej m , co prowadzi do zmiany racjonalizacyjnej wszystkich na ogół wielkości elektrycznych i magnetycznych.

Zmiany te uwidacznia I Zestawienie (tablica 8) klasycznych wzorów Maxwella i racjonalnych wzorów Heaviside'a, w którym klasyczne wielkości oznaczone są symbolami literowymi bez indeksów, a wielkości racjonalne takimi samymi symbolami z indeksem r . (Jest to znakowanie wprowadzone przez autora dla racjonalizacji Heaviside'a. Heaviside oznaczył klasyczne wielkości indeksem „i” (irrational), a racjonalne podał bez indeksu, co prowadzi do nieporozumień.

Według I Zestawienia (tablica 8) prawa Coulomba przybierają w racjonalizacji Heaviside'a następującą postać:

$$(5) \quad F = \frac{Q_r \cdot Q'_r}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^2} \quad F = \frac{m_r \cdot m'_r}{4\pi \cdot \mu_0 \cdot r^2} \quad (6)$$

Wprowadzone w tych wzorach indeksy r wskazują, iż wielkości racjonalne Q_r i m_r , przynależne naboju elektrycznemu i masie magnetycznej, są różne od wielkości klasycznych Q i m , figurujących we wzorach klasycznych (1) i (2).

Przy zachowaniu niezmiennych stałych próżni ϵ_0 i μ_0 , co stanowi charakterystyczną cechę racjonalizacji Heaviside'a, jest:

$$(7) \quad \frac{Q}{Q_r} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \quad i \quad \frac{m}{m_r} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \quad (8)$$

Przy pomocy I Zestawienia (tablica 8) sporządzona jest I Metryka (tabl. 1) racjonalizacji Heaviside'a, zawierająca analogiczne relacje porównawcze dla ważniejszych wielkości elektrycznych i magnetycznych. Relacje te obowiązują w zasadzie dla wielkości liczbowych, są jednak ważne także dla wielkości wymiarowych, utworzonych przy pomocy tych wielkości liczbowych i jednostek wymiarowych formy ogólnej $cm^{\alpha} g^{\beta} sek^{\gamma}$ w układach CGS i analogicznych form w innych układach dymensyjnych. *Jednostki wymiarowe są bowiem niezmiennikami racjonalizacyjnymi.*

Jednostki znamionowe ulegają zmianie racjonalizacyjnej w stosunku odwrotnym do zmian odnośnych wielkości liczbowych:

$$(9) \quad \frac{Q}{Q_r} = \frac{(Q)_r}{(Q)} \qquad \frac{m}{m_r} = \frac{(m)_r}{(m)} \qquad (10)$$

zgodnie z tym stanem rzeczy, że *wielkości znamionowe utworzone z wielkości liczbowych i jednostek znamionowych są niezmiennikami racjonalizacyjnymi:*

$$(11) \quad Q = Q(Q) = Q_r(Q), \qquad m = m(m) = m_r(m), \qquad (12)$$

Dla jednostek znamionowych obowiązują więc relacje porównawcze:

$$(13) \quad \frac{(Q)_r}{(Q)} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \qquad \frac{(m)_r}{(m)} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \qquad (14)$$

Symbole (Q) i (m) oznaczają *klasyczne jednostki znamionowe*, symbole $(Q)_r$ i $(m)_r$ oznaczają *racjonalne jednostki znamionowe*.

Metryka I (tabl. 1) wskazuje, że w racjonalizacji Heaviside'a ulegają zmianie racjonalizacyjnej na ogół wszystkie jednostki znamionowe elektryczne i magnetyczne. Stanowiło to od początku główną trudność we wprowadzeniu racjonalizacji do fizyki, gdzie klasyczne układy jednostek systemu CGS były już utrwalone, a unię rozdzieliło zupełnie wprowadzenie racjonalizacji Heaviside'a do elektrotechniki.

Fizycy ustosunkowali się na ogół pozytywnie do racjonalizacji równań fizycznych Heaviside'a. Wyrazili jednak zapatrywanie, że związana z nią zmiana wszystkich jednostek elektrycznych i magnetycznych systemu CGS jest niemożliwa do przeprowadzenia, gdyż zmusiłaby bądź do zrationalizowania wszystkich klasycznych układów dymensyjnych: CGS — Gaussa, ES—CGS i EM—CGS, bądź też do porzucenia wszystkich tych układów i wprowadzenia nowego racjonalnego układu dymensyjnego, przystosowanego do racjonalnych równań Heaviside'a.

Heaviside wystąpił wobec tego z propozycją, aby w celu umożliwienia wprowadzenia równań i wzorów racjonalnych zrationalizować praktyczne jednostki elektryczne i magnetyczne według relacyj:

$$\text{new volt} = \sqrt{4\pi} \text{ old volt},$$

$$\text{new amper} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \text{ old amper},$$

$$\text{new ohm} = 4\pi \text{ old ohm itd.}$$

(new — nowy, old — stary, pisownia jednostek Heaviside'a).

Przeciwko tej propozycji wystąpili jednak elektrycy, orzekając, że zmiana taka wszystkich praktycznych jednostek elektrycznych i magnetycznych jest niedopuszczalna bez względu na korzyści, jakie daje racjonalizacja.

Zapoczątkowana przez Heaviside'a akcja reformatorska została w ten sposób zahamowana. Fizycy bowiem pozostali przy swych klasycznych jednostkach elektrostatycznych i elektromagnetycznych, a tym samym przy klasycznych równaniach i wzorach elektromagnetycznych. Elektrycy zaś pozostali przy swych praktycznych jednostkach elektrotechnicznych V, A, Ω itd., które od konferencji paryskiej w 1881 r. traktowane były dymensyjnie jako wielokrotności jednostek elektromagnetycznych, co sprawiło, że klasyczny układ EM—CGS stał się *macierzystym układem dymensyjnym* tzw. *absolutnych jednostek praktycznych*, a tym samym głównym układem dymensyjnym w elektrotechnice.

Po kilkunastu latach zastoju w akcji racjonalizacyjnej wystąpił sławny twórca teorii elektronowej, fizyk holenderski H. A. Lorentz (1853—1918), z nową propozycją o charakterze kompromisowym. Lorentz zaproponował mianowicie, aby nie naruszając klasycznych układów CGS—Gausa, ES—CGS, EM—CGS wprowadzić nowy (czwarty) *układ racjonalny* 3-jednostkowy systemu CGS, o stałych $\epsilon_0 = 1$ i $\mu_0 = 1$, umożliwiającą wprowadzenie do fizyki racjonalnych równań Heaviside'a. Propozycja ta została przyjęta i w ten sposób około 1900 r. wszedł do fizyki pierwszy układ racjonalny, któremu nadano nazwę „układ CGS—Lorentza“, a z nim racjonalne równania i wzory Heaviside'a.

Lorentz przyjął za punkt wyjścia prawa Coulomba w racjonalnej pisowni Heaviside'a, tj. z mnożnikiem 4π w mianownikach, co przy zachowaniu stałych próżni $\epsilon_0 = 1$ i $\mu_0 = 1$ umożliwiło wprowadzenie racjonalnych równań Heaviside'a, a zarazem utrzymanie bez zmian wszystkich jednostek wymiarowych $\text{cm}^a \text{g}^b \text{sek}^c$ układu CGS—Gausa. Racjonalizacja nie zmienia bowiem wymiarów (dymensyj) wielkości fizykalnych, a tym samym nie zmienia jednostek wymiarowych.

Powstało stąd błędne mniemanie, że Lorentz zmodyfikował racjonalizację Heaviside'a w tym sensie, iż umożliwił zachowanie w stanie niezmiennym wszystkich jednostek elektrycznych i magnetycznych układu CGS—Gausa.

Faktyczny stan rzeczy jest jednak taki, że układ CGS—Lorentza jest to zrationalizowany według metody Heaviside'a układ CGS—Gausa, przy zachowaniu najprostszycy określeń stałych próżni $\epsilon_0 = 1$, $\mu_0 = 1$, jak to okazuje Metryka L. 1 racjonalizacji Heaviside'a—Lorentza (tabl. 4). Metryka ta nie różni się niczym od I Metryki racjonalizacji Heaviside'a (tabl. 1). Zamiast indeksu r wprowadzony jest tylko dla racjonalnych wielkości i racjonalnych jednostek znamionowych indeks L w celu uzgodnienia znakowania ze znakowaniem wprowadzonym w fizyce.

Niewątpliwą zasługą Lorentza było to, że opracował on pierwszy racjonalny układ fizyczny i wykazał, iż racjonalizacja układu klasycznego (CGS—Gausa) na układ racjonalny (CGS—Lorentza) nie zmienia *jednostek wymiarowych* formy $\text{cm}^\alpha \text{g}^\beta \text{sek}^\gamma$, co uszło uwagi Heaviside'a. Nie narusza to jednak ustalonego przez Heaviside'a stanu rzeczy, który polega na tym, że racjonalizacja zmienia *jednostki znamionowe*, co także w układzie CGS—Lorentza wyraźnie się uwydatnia, gdy obok jednostek wymiarowych uwzględnimy także jednostki znamionowe, jak to zostało dokonane w załączonej T a b l i c y L. 2 (tabl. 11), opracowanej przez autora według wytycznych podanych w rozprawie: S. Fryze, *Jednostki fizyczne i techniczne*, „Przegląd Elektrotechniczny“ 1933.

T a b l i c a L. 2 (tabl. 11) zawierająca (w celu porównania) układ klasyczny CGS—Gausa i układ racjonalny CGS—Lorentza, wskazuje np., że jednostką wymiarową naboju elektrycznego w obu tych układach dymensyjnych jest wskaźnik wymiarowy $\text{cm}^{3/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$ zgodnie z tym, iż w obu tych układach obowiązuje dla naboju elektrycznego formuła wymiarowa

$$\dim Q = L^{3/2} M^{1/2} T^{-1}$$

Jednostką znamionową naboju elektrycznego w układzie CGS—Gausa jest (według nomenklatury autora) elektrokulomb eC , a w układzie CGS — Lorentza lorentzkulomb lC . Jednostki te są różne, jak to wskazują następujące definicje tych jednostek znamionowych:

Elektrokulomb jest to nabój elektryczny, który drugi taki sam nabój elektryczny, oddalony o 1 centymetr, odpycha w próżni z siłą równą 1 dynie *).

Lorentzkulomb jest to nabój elektryczny, który drugi taki sam nabój elektryczny, oddalony o 1 centymetr, odpycha w próżni z siłą równą

$$\frac{1}{4\pi} \text{ dyn **).$$

*) **) Przy założeniu, że według prawa Coulomba oba naboje traktowane są teoretycznie jako tzw. naboje punktowe.

Oдноśnie do obu tych jednostek znamionowych obowiązuje relacja

$$\text{lorentzkuomb} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \text{elektrokuomb}$$

lub w symbolice autora

$${}_{L}C = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} {}_{E}C$$

Analogicznie przedstawia się rzecz w odniesieniu do wszystkich jednostek elektrycznych i magnetycznych. Na ogół wszystkie znamionowe jednostki elektryczne i magnetyczne układu CGS—Lorentza są różne od znamionowych jednostek w układzie CGS—Gausa, przy czym także w tych układach obowiązuje ogólna zasada, iż *wielkości fizykalne znamionowe są niezmiennikami racjonalizacyjnymi*. Oдноśnie do naboju elektrycznego jest np.

$$Q = Q_G {}_{E}C = Q_L {}_{L}C$$

gdzie

Q — wielkość fizykalna znamionowa, symbolizuje nabój elektryczny (niezmiennik racjonalizacyjny),

Q_G — wartość liczbowa naboju w układzie CGS—Gausa,

Q_L — wartość liczbowa naboju w układzie CGS—Lorentza,

${}_{E}C$ — elektrokuomb = jednostka elektrostatyczna naboju elektrycznego,

${}_{L}C$ — lorentzkuomb = jednostka lorentzowska naboju elektrycznego.

Wprowadzenie do fizyki układu racjonalnego CGS—Lorentza zakończyło pierwszą fazę akcji reformatorskiej, mającej na celu wprowadzenie do nauki o elektryczności i magnetyzmie racjonalnych równań i wzorów elektromagnetycznych.

W odniesieniu do tej pierwszej fazy mówi się o *racjonalizacji Heaviside'a—Lorentza* w celu zaznaczenia, że równania racjonalne mają postać opracowaną przez Heaviside'a, a obowiązujący dla tych równań układ dymensyjny CGS—Lorentza jest opracowany przez Lorentza.

Główne równania i wzory klasyczne, obowiązujące dla układu CGS—Gausa (G), i racjonalne, obowiązujące dla układu CGS—Lorentza (L), zestawione są w *Tablicy L. 3* (tabl. 12).

Co do innych wzorów obowiązują *Tablice Ia, Ib i Ic* (tabl. 5, 6, 7) z dopisanymi odpowiednio indeksami „G” i „L”.

Jednostki znamionowe i wymiarowe w układach CGS—Gausa i CGS—Lorentza podane są w *Tablicy L. 2* (tabl. 11).

Wprowadzenie racjonalnego układu CGS—Lorentza, przy zachowaniu klasycznych układów CGS—Gausa, ES—CGS i EM—CGS, doprowadziło do tego, że panujący w nauce zamęt pojęciowy i nomenklaturalno-symbo-

liczny, który powoduje tzw. *dwoistość dymensyjna* układów ES—CGS i EM—CGS, został wzmożony przez tzw. *dwoistość racjonalizacyjną* układów CGS—Gaussa i CGS—Lorentza.

Pierwsza z tych dwoistości prowadzi mianowicie do wzorów tego rodzaju, jak np.:

$$\frac{Q_{ES}}{Q_{EM}} = c \quad \frac{m_{ES}}{m_{EM}} = \frac{1}{c} \quad c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sek}$$

Druga zaś prowadzi do wzorów tego rodzaju, jak np.:

$$\frac{Q_G}{Q_L} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \quad \frac{m_G}{m_L} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}}$$

We wzorach tych figurują wielkości wymiarowe:

$$\begin{aligned} Q_{ES} &= Q_{ES} \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1} & Q_{EM} &= Q_{EM} \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{1/2} \\ m_{ES} &= m_{ES} \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{1/2} & m_{EM} &= m_{EM} \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1} \\ Q_G &= Q_{ES} & m_G &= m_{EM} \\ Q_L &= Q_L \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1} & m_L &= m_L \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1} \end{aligned}$$

Przestarzała systematyka wielkości i jednostek fizykalnych, nie odróżniająca *jednostek znamionowych* od *jednostek wymiarowych*, a tym samym nie odróżniająca *wielkości fizykalnych znamionowych* (utworzonych z wielkości liczbowych i jednostek znamionowych), od *wielkości wymiarowych* (utworzonych z tych samych wielkości liczbowych i jednostek wymiarowych), nie zdołała opanować ani dwoistości dymensyjnej, ani dwoistości racjonalizacyjnej.

Stąd pochodzi, iż w następnej fazie akcji reformatorskiej, którą w latach 1901—04 zapoczątkował Giovanni Giorgi przez wprowadzenie swego zracjonalizowanego układu MKSΩ, celem tej akcji było już nie tylko zracjonalizowanie równań fizykalnych, lecz także wyrugowanie z nauki wszystkich układów systemu CGS, nie wyłączając nowowprowadzonego racjonalnego układu CGS—Lorentza.

Giovanni Giorgi (1871—1950) zaproponował wprowadzenie do nauki o elektryczności i magnetyzmie następujących trzech zmian:

1) Przejście z systemu jednostek CGS (centymetr, gram, sekunda) na system MKS (metr, kilogram, sekunda).

2) Przejście z podstawowego w fizyce układu LMT na układ o czterech wielkościach podstawowych LMTR.

3) Wprowadzenie nowej racjonalizacji, zwanej *alej racjonalizacją Giorgiego*, która umożliwi zachowanie bez zmian na ogół wszystkich wielkości elektrycznych i ich jednostek, a mimo to prowadzi do takiej samej formy równań i wzorów racjonalnych, jaką podał Heaviside.

Jako konkretne opracowanie, odpowiadające powyższym propozycjom, przedstawił Giorgi w latach 1901—1904 czterojednostkowy, zrationalizowany układ MKS Ω z intomem (int Ω) jako czwartą jednostką, opartą na etalonie rtęciowym międzynarodowego oma.

Był to pierwszy czterojednostkowy układ dymensyjny, obejmujący praktyczne jednostki elektrotechniczne: kulomb C, amper A, wolt V, om Ω , henr H, farad F, dżul J i wat W. Wszystkie magnetyczne jednostki praktyczne uległy w tym układzie zmianie na inne, przystosowane do układu MKS Ω (Patrz tablice 13, 14, 15).

W rozprawie opublikowanej pierwotnie w 1901 r. w periodyku włoskim „Atti Ass. Elettrotecnica Italiana“ (t. 5, str. 402—418), a następnie w innych czasopismach Giorgi wykazał, że zaproponowana przez niego racjonalizacja nie zmienia podanych powyżej praktycznych jednostek elektrycznych, co w owych czasach stanowiło sensację naukową z uwagi na twierdzenie Heaviside'a, iż racjonalizacja zmusza do zmiany na ogół wszystkich jednostek elektrycznych i magnetycznych.

Racjonalizacja Giorgiego różni się od racjonalizacji Heaviside'a zasadniczo tym, że Giorgi zrationalizował stałe próżni według (niesymetrycznych) wzorów:

$$(15) \quad \varepsilon_0^R = \frac{1}{4\pi} \varepsilon_0 \qquad \mu_0^R = 4\pi \mu_0 \qquad (16)$$

podczas gdy Heaviside zachował niezmiennione stałe próżni ε_0 i μ_0 obowiązujące dla układu niezrationalizowanego.

Niesymetryczność powyższych wzorów Giorgiego jest konieczna dla zachowania podstawowego wzoru Maxwella:

$$\varepsilon_0^R \mu_0^R = \varepsilon_0 \mu_0 = \frac{1}{c^2} \qquad (17)$$

W układzie zrationalizowanym według metody Giorgiego obowiązują prawa Coulomba w formie racjonalnej, tj. z mnożnikiem 4π w mianownikach:

$$(18) \quad F = \frac{Q \cdot Q'}{4\pi \cdot \varepsilon \varepsilon_0^R \cdot r^2} \qquad F = \frac{m_R \cdot m'_R}{4\pi \cdot \mu \mu_0^R \cdot r^2} \qquad (19)$$

Wzór (18) wskazuje, że w elektrycznym prawie Coulomba wielkość Q przynależna nabożowi elektrycznemu nie ulega żadnej zmianie racjonalizacyjnej, jak to okazuje następujące przeliczenie wzoru klasycznego:

$$F = \frac{Q \cdot Q'}{\varepsilon \varepsilon_0 \cdot r^2} = \frac{Q \cdot Q'}{4\pi \cdot \varepsilon \frac{1}{4\pi} \varepsilon_0 \cdot r^2} = \frac{Q \cdot Q'}{4\pi \cdot \varepsilon \varepsilon_0^R \cdot r^2}$$

Ten stan rzeczy umożliwia właśnie zachowanie bez zmian prawie wszystkich wielkości elektrycznych, a tym samym także ich jednostek znamionowych. (Porównaj tablice 14 i 15).

Z wzoru (19) widać, że w magnetycznym prawie Coulomba wielkość m_R , przynależna masie magnetycznej, uległa zmianie racjonalizacyjnej według relacji

$$m_R = 4 \pi m$$

Okazuje to następujące przeliczenie wzoru klasycznego:

$$F = \frac{m \cdot m'}{\mu \mu_0 \cdot r^2} = \frac{4 \pi m \cdot 4 \pi m'}{4 \pi \cdot \mu \cdot 4 \pi \mu_0 \cdot r^2} = \frac{m_R \cdot m'_R}{4 \pi \cdot \mu \mu_0^R \cdot r^2}$$

Wprowadzenie zracjonalizowanej wielkości m_R powoduje w racjonalizacji Giorgiego zmianę racjonalizacyjną na ogół wszystkich wielkości magnetycznych (z wyjątkiem B i Φ), a tym samym także zmianę racjonalizacyjną na ogół wszystkich znamionowych jednostek magnetycznych (z wyjątkiem jednostek wielkości B i Φ).

Racjonalizację Giorgiego charakteryzuje II Metryka (tabl. 2), opracowana przez autora. Wskazuje ona wyraźnie niesymetryczność części elektrycznej i magnetycznej, spowodowaną niesymetrycznością wzorów Giorgiego (15) i (16), określających racjonalizację stałych próżni.

Giorgi nie wprowadził indeksu R, umożliwiającego odróżnienie wielkości racjonalnych Giorgiego (z indeksem R) od wielkości klasycznych (bez indeksu), a także od wielkości racjonalnych Heaviside'a (z indeksem r).

Różne indeksy r i R są jednakże konieczne dla wskazania, iż ta sama wielkość klasyczna N (bez indeksu) ulega w racjonalizacji Heaviside'a zmianie racjonalizacyjnej na N_r , a w racjonalizacji Giorgiego innej zmianie racjonalizacyjnej na N_R , jak to okazują Metryki I i II (tabl. 1 i 2) tych dwóch różnych racjonalizacji.

Przykład

W racjonalizacji Heaviside'a wielkość klasyczna m , przynależna masie magnetycznej, ulega zmianie racjonalizacyjnej na wielkość racjonalną m_r według relacji:

$$\frac{m}{m_r} = \frac{1}{\sqrt{4 \pi}}$$

W racjonalizacji zaś Giorgiego ta sama wielkość klasyczna m ulega zmianie racjonalizacyjnej na m_R według relacji:

$$\frac{m}{m_R} = \frac{1}{4 \pi}$$

Jest więc

$$m = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} m_r = \frac{1}{4\pi} m_R$$

skąd wynika, że racjonalna wielkość Giorgiego m_R jest $\sqrt{4\pi}$ razy większa od racjonalnej wielkości Heaviside'a m_r ,

$$m_R = 4\pi m = \sqrt{4\pi} \cdot m_r$$

Racjonalne wzory Giorgiego podane są w II Zestawieniu (tabl. 9) wzorów, które w celu porównania zawiera także wzory klasyczne. Zestawienie to okazuje, że w racjonalizacji Giorgiego jest zachowana racjonalna forma wzorów Heaviside'a. Porównanie I Zestawienia (tabl. 8) wzorów obowiązujących dla racjonalizacji Heaviside'a z II Zestawieniem (tabl. 9) wzorów obowiązujących dla racjonalizacji Giorgiego ujawnia jednakże, że w skład wzorów racjonalnych Heaviside'a wchodzi wielkości racjonalne Heaviside'a z indeksem r , a w skład wzorów racjonalnych Giorgiego wchodzi wielkości racjonalne Giorgiego z indeksem R .

Przykład

Racjonalne prawa Gaussa mają postać:

a) w racjonalizacji Heaviside'a

$$\Psi_r = Q_r \qquad \Phi_r = m_r$$

przy czym według I Metryki (tabl. 1) jest

$$\begin{aligned} \Psi_r &= \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \Psi & \Phi_r &= \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \Phi \\ Q_r &= \sqrt{4\pi} Q & m_r &= \sqrt{4\pi} m \end{aligned}$$

b) w racjonalizacji Giorgiego

$$\Psi_R = Q \qquad \Phi = m_R$$

przy czym według II Metryki (tabl. 2) jest

$$\Psi_R = \frac{1}{4\pi} \Psi \qquad \Phi \text{ wielkość zachowana}$$

$$Q \text{ wielkość zachowana} \qquad m_R = 4\pi m$$

Opuszczając indeksy r i R otrzymamy w obu racjonalizacjach, Heaviside'a i Giorgiego, jednakową postać wzorów racjonalnych

$$\Psi = Q \qquad \Phi = m$$

Brak indeksów r bądź R uniemożliwia tu jednakże rozpoznanie, że Heaviside uzyskał te racjonalne wzory praw Gaussa przez zrationalizowanie wszystkich czterech wielkości klasycznych: Q , m , Ψ , Φ , gdy tym-



czasem Giorgi uzyskał te racjonalne wzory przez zracjonalizowanie tylko dwóch wielkości klasycznych: Ψ i m . Wielkości klasyczne Q i Φ pozostają w racjonalizacji Giorgiego zachowane bez żadnych zmian racjonalizacyjnych.

Ustalenie, które z wielkości elektrycznych i magnetycznych ulegają zmianie racjonalizacyjnej i jak ta zmiana jest określona, ma także w racjonalizacji Giorgiego ważne znaczenie, gdyż wskazuje, jakim zmianom racjonalizacyjnym ulegają jednostki znamionowe w tej racjonalizacji. Obowiązuje tu przy tym ta sama reguła co w racjonalizacji Heaviside'a, a mianowicie, że jednostki znamionowe ulegają zmianie racjonalizacyjnej w stosunku odwrotnym do zmiany racjonalizacyjnej wielkości liczbowych odpowiedniej wielkości fizycznej. Także bowiem w racjonalizacji Giorgiego wielkości fizyczne (znamionowe) są niezmiennikami racjonalizacyjnymi.

Przykład

W odniesieniu do masy magnetycznej obowiązuje w racjonalizacji Giorgiego relacja ogólna:

$$\mathbf{m} = m(m) = m_R(m)_R$$

gdzie

- \mathbf{m} — wielkość fizyczna znamionowa masy magnetycznej (niezmiennik racjonalizacyjny),
- m — wielkość liczbową masy magnetycznej,
- m_R — wielkość liczbową racjonalną masy magnetycznej,
- (m) — jednostka znamionowa klasyczna masy magnetycznej,
- $(m)_R$ — jednostka znamionowa racjonalna masy magnetycznej.

Jednostki wymiarowe są oczywiście niezmiennikami racjonalizacyjnymi także w racjonalizacji Giorgiego, gdyż także racjonalizacja Giorgiego nie zmienia wymiarów wielkości fizycznych, jakie im przynależą w układzie Giorgiego MKS Ω .

Przykład

W układzie MKS Ω wymiar masy magnetycznej określa formuła wymiarowa

$$\dim m = LM^{1/2} T^{-1/2} R^{1/2}$$

Jednostką wymiarową masy magnetycznej jest więc w układzie MKS Ω wskaźnik wymiarowy $m \text{ kg}^{1/2} \text{ sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$, niezależnie od racjonalizacji tego układu.

Giorgi sądził, że za pomocą zracjonalizowanego czterojednostkowego układu MKS Ω będzie można wyrugować wszystkie klasyczne układy systemu CGS, jako rzekomo niepoprawne, bo trójjednostkowe. Rozwinął

też w tym kierunku intensywną propagandę pod hasłem: „Poprawny układ elektromagnetyczny powinien być czterojednostkowy i zrationalizowany“.

Lecz ani fizycy, ani elektrotechnicy nie kwapili się z wprowadzeniem układu MKS Ω , który zrywał łączność z podstawowym układem elektromagnetycznym Maxwella LMT μ oraz systemem CGS.

Po roku 1908, w którym konferencja londyńska ustaliła definitywnie, że praktyczne jednostki absolutne V, A, Ω itd. mają być ściśle określonymi wielokrotnościami jednostek klasycznego (niezrationalizowanego) układu EM—CGS, zrationalizowany układ MKS Ω — Giorgiego stracił w ogóle swe znaczenie. Odzyskał je dopiero w 1935 r., w którym zapadła uchwała Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (CEI) zalecająca do użytku międzynarodowego układ MKS — Giorgiego. Była to niewątpliwie uchwała przedczesna, gdyż CEI zastrzegła w niej, że wybór czwartej jednostki i racjonalizacja układu MKS — Giorgiego stanowią „sprawy otwarte“ do dyskusji. Dyskusje te trwają już 15 lat (z przerwą kilkuletnią wywołaną drugą wojną światową) i dotychczas nie doprowadziły do zgodnych opinii ani co do wyboru czwartej jednostki podstawowej, ani też w sprawie racjonalizacji układu MKS — Giorgiego.

Fizycy zaproponowali jako czwartą jednostkę wprowadzenie *kulomba*, ze względu na podstawowe znaczenie naboju elektrycznego w nauce o elektryczności. Elektrycy — ampera, ze względu na podstawowe znaczenie zjawiska prądu w elektrotechnice oraz ze względów pomiarowych.

W ZSRR zaopiniowano, że ze względów naukowych czwartą jednostką układu MKS — Giorgiego powinna być jednostka przenikalności magnetycznej, co umożliwiałoby uzgodnienie z układem Maxwella LMT μ .

W odniesieniu do racjonalizacji Francuski Komitet Elektrotechniczny zaproponował w 1948 r., aby układ MKS — Giorgiego zrationalizować według metody racjonalizacyjnej Dellingera z 1916 r., wznowionej w 1927 r. przez M. Darieux i uznanej przez ten Komitet za doskonalszą od metody racjonalizacyjnej Giorgiego, zastosowanej w układzie MKS Ω

Racjonalizacja Dellingera opublikowana została po raz pierwszy w 1916 r. w periodyku amerykańskim „Electrical World“ (t. 68, str. 810—812).

Jest to trzecia z rzędu racjonalizacja, którą od racjonalizacji Giorgiego odróżniają następujące cechy:

a) Powrót do niezrationalizowanych stałych próżni ϵ_0 μ_0 .

b) Powrót do klasycznej niezrationalizowanej formy obu praw Coulomba (1) i (2).

c) Zmiana klasycznych wzorów

$$D = \varepsilon \varepsilon_0 K \qquad B = \mu \mu_0 H$$

obowiązujących dla ośrodków jednorodnych i izotropowych, na nowe (asymetryczne) wzory Dellingera

$$(20) \qquad D_R = \frac{1}{4\pi} \varepsilon \varepsilon_0 K \qquad B = 4\pi \mu \mu_0 H_R \qquad (21)$$

Powyższe charakterystyczne cechy racjonalizacji Dellingera uwidacznia III Zestawienie (tabl. 10) wzorów, zawierające równania klasyczne i zrationalizowane, przystosowane do układu MKS. W zestawieniu tym indeks R oznacza wielkości zrationalizowane tak samo jak w metodzie Giorgiego, a indeks D — zrationalizowane według metody Dellingera.

Racjonalizację Dellingera charakteryzuje III Metryka (tabl. 3), opracowana przez autora. Metryka ta wskazuje, że racjonalizacja Dellingera stanowi w gruncie rzeczy modyfikację metody racjonalizacyjnej Giorgiego, polegającą na wprowadzeniu do racjonalnych wzorów Giorgiego relacji:

$$\varepsilon_0^R = \frac{1}{4\pi} \varepsilon_0 \qquad \mu_0^R = 4\pi \mu_0$$

Jeśli mianowicie podstawimy te relacje we wzory Giorgiego

$$D_R = \varepsilon \varepsilon_0^R K \qquad B = \mu \mu_0^R H_R$$

otrzymamy podane powyżej wzory Dellingera

$$D_R = \frac{1}{4\pi} \varepsilon \varepsilon_0 K \qquad B = 4\pi \mu \mu_0 H_R$$

z niezrationalizowanymi stałymi próżni ε_0 i μ_0 .

Jeśli zaś dokonamy powyższych podstawień za ε_0^R i μ_0^R we wzorach racjonalnych Coulomba, otrzymamy obowiązujące w racjonalizacji Dellingera wzory formy klasycznej:

$$F = \frac{Q \cdot Q'}{4\pi \cdot \varepsilon_0^R \cdot r^2} = \frac{Q \cdot Q'}{4\pi \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{4\pi} \varepsilon_0 \cdot r^2} = \frac{Q \cdot Q'}{\varepsilon \varepsilon_0 \cdot r^2}$$

$$F = \frac{m_R \cdot m_R'}{4\pi \cdot \mu \mu_0^R \cdot r^2} = \frac{4\pi m \cdot 4\pi m'}{4\pi \cdot \mu \cdot 4\pi \mu_0 \cdot r^2} = \frac{m \cdot m'}{\mu \mu_0 \cdot r^2}$$

Zachowanie w racjonalizacji Dellingera klasycznych praw Coulomba (1) i (2) oraz niezrationalizowanych stałych próżni ε_0 i μ_0 stanowiło swego czasu (1916 r.) pewnego rodzaju „rewelację racjonalizacyjną“. Heaviside twierdził bowiem, że racjonalizacja zmusza do przejścia z klasycznych

praw Coulomba (1) i (2) na racjonalne (3) i (4) z mnożnikiem 4π w mianownikach, Giorgi zaś twierdził, że zachowanie w racjonalizacji w stanie niezmiennym praktycznych jednostek.

$$C, A, V, \Omega, H, F, J, W,$$

zmusza do wprowadzenia zrationalizowanych stałych próżni ϵ_0^R, μ_0^R , według wzorów (15) i (16).

Otóż Dellinger obalił oba te twierdzenia. Wykazał bowiem, że racjonalizację głównych równań elektromagnetycznych Maxwella można przeprowadzić przy zachowaniu klasycznej formy praw Coulomba oraz przy zachowaniu niezrationalizowanych stałych próżni ϵ_0 i μ_0 . Dellinger, a później Darieux wykazali przy tym, że racjonalizacja Dellingera umożliwia zachowanie bez zmian racjonalizacyjnych nie tylko powyższych praktycznych jednostek znamionowych elektrycznych, lecz także pewnych jednostek znamionowych magnetycznych, jak to uwidacznia III Metryka (tabl. 3).

Racjonalizacja Dellingera nie przyjęła się; nie wprowadzono jej dotychczas w żadnym z używanych układów dymensyjnych. Wszystkie układy czterojednostkowe, które dotychczas opracowano (VA cm sek, VA m sek, m sek C Wb itd.), są zrationalizowane według metody Giorgiego, a nie Dellingera.

Od racjonalizacji Dellingera odstręczała konieczność przejścia na asymetryczne wzory dellingerowskie:

$$\begin{aligned} K &= \frac{F}{Q} & H_R &= \frac{1}{4\pi} \frac{F}{m} \\ D_R &= \frac{1}{4\pi} \epsilon \epsilon_0 K & B &= 4\pi \cdot \mu \mu_0 \cdot H_R \\ \Psi_R &= \iint_s \bar{D}_R \cdot \bar{d}s = Q & \Phi &= \iint_s \bar{B} \cdot \bar{d}s = 4\pi m \end{aligned}$$

itd., jak wykazuje III Zestawienie (tabl. 10) wzorów przystosowanych do racjonalizacji Dellingera.

Wzory giorgiowskie podane w II Zestawieniu (tabl. 9) są prostsze i symetryczne:

$$\begin{aligned} K &= \frac{F}{Q} & H_R &= \frac{F}{m_R} \\ D_R &= \epsilon \epsilon_0^R K & B &= \mu \mu_0^R H_R \\ \Psi_R &= \iint_s \bar{D}_R \cdot \bar{d}s = Q & \Phi &= \iint_s \bar{B} \cdot \bar{d}s = m_R \end{aligned}$$

Giorgi uzyskał symetryczność tych wzorów przez „ukrycie“ czynnika 4π w stałych próżni i masie magnetycznej:

$$\epsilon_0^R = \frac{1}{4\pi} \epsilon_0 \quad \mu_0^R = 4\pi \mu_0 \quad m_R = 4\pi m$$

Dellinger wydobyl czynnik 4π z tych „kryjówek“, pozbawil jednakże uzyskane w ten sposób wzory symetrii oraz tej formy, którą Heaviside ustalil, a Giorgi zachował w swych wzorach racjonalnych. To właśnie spowodowało, że racjonalizacja Dellingera nie została dotychczas zastosowana w żadnym zrationalizowanym układzie dymensyjnym.

Wniosek francuski, aby układ MKSA zrationalizować według metody Dellingera, nie uzyskał dotychczas poparcia ani w organizacjach międzynarodowych (CEI i UIP), ani też w komitetach krajowych.

Na ogół zdecydowanie przeważa pogląd, że w układzie MKSA, który odpowiada francuskiemu projektowi wyboru czwartej jednostki układu MKS—Giorgiego, należy zachować racjonalizację według metody Giorgiego, tj. tej samej, którą Giorgi zastosował w swym pierwotnym układzie MKS Ω .

Brak zgodności co do wyboru czwartej jednostki i racjonalizacji układu MKS—Giorgiego spowodował, że układ ten nie uzyskał dotychczas aprobaty Generalnej Konferencji Miar. W celu uzgodnienia spornych kwestyj IX Generalna Konferencja Miar w 1948 r. zleciła rozpisanie międzynarodowej ankiety zarówno w sprawie wyboru czwartej jednostki, jak i racjonalizacji układu MKS—Giorgiego ustalając termin nadsyłania odpowiedzi do 31 grudnia 1951 r.

Wyniki tej ankiety będą miały decydujące znaczenie dla prowadzonej od kilkudziesięciu lat akcji racjonalizacyjnej, którą w 1882 r. zapoczątkował O. Heaviside i którą kontynuowali następnie: H. A. Lorentz, G. Giorgi i J. H. Dellinger. W związku z ankietą rozważa się mianowicie następującą kwestię zasadniczego znaczenia dla tej akcji:

czy układ MKS—Giorgiego ma być wprowadzony do użytku międzynarodowego w formie *zrationalizowanej* w celu wprowadzenia równań fizykalnych w formie racjonalnej, która od czasów Heaviside'a jest uważana za wartościowszą od formy klasycznej (tabl. 15),

czy układ MKS—Giorgiego ma być wprowadzony do użytku międzynarodowego w formie *niezrationalizowanej* (tabl. 14) w celu utrzymania łączności z klasycznymi (niezrationalizowanymi) układami systemu CGS, które według uchwały Międzynarodowej Unii Fizyki (UIP) będą w fizyce zachowane.

Powyższa kwestia będzie rozpatrzona w następnej rozprawie pt. *Układ MKS*, wymaga bowiem obszernych rozważań teoretycznych i praktycznych oraz omówienia tablic układu MKS. Obecnie brak jest nazw wielu jednostek znamionowych, jak to okazuje tablica 13.

W niniejszej pracy chodziło głównie o przegląd historyczny i naukowy dotyczący rozwoju racjonalizacji. Przegląd ten ujawnia, że obecnie istnieją trzy racjonalizacje, a mianowicie:

1) *Racjonalizacja Heaviside'a* (z 1882 r.), którą charakteryzuje I *Metryka* (tabl. 1) i I *Zestawienie* (tabl. 8) wzorów racjonalnych.

2) *Racjonalizacja Giorgiego* (z 1901 r.), którą charakteryzuje II *Metryka* (tabl. 2) i II *Zestawienie* (tabl. 9) wzorów racjonalnych.

3) *Racjonalizacja Dellingera* (z 1916 r.), którą charakteryzuje III *Metryka* (tabl. 3) i III *Zestawienie* (tabl. 10) wzorów racjonalnych.

Racjonalizacja Heaviside'a jest metodą pierwotną, najwartościowszą naukowo, lecz niepraktyczną, gdyż zmusza do zmiany racjonalizacyjnej na ogół wszystkich znamionowych jednostek elektrycznych i magnetycznych. Dlatego też racjonalizację tę zastosowano tylko w jednym jedy-nym układzie racjonalnym CGS—Lorentza. Układy ES—CGS i EM—CGS pozostawiono dotychczas w formie klasycznej (niezracjonalizowanej), aby dwoistości dymensyjnej tych układów nie komplikować dwoistością racjonalizacyjną.

Racjonalizacja Giorgiego stanowi modyfikację racjonalizacji Heaviside'a, polegającą na wprowadzeniu zracjonalizowanych (niesymetrycznie) stałych próżni ϵ_0 i μ_0 , co przy utrzymaniu heaviside'owskiej formy równań racjonalnych umożliwia zachowanie bez zmian na ogół wszystkich elektrycznych jednostek znamionowych. Magnetyczne jednostki znamionowe ulegają w tej racjonalizacji zmianie racjonalizacyjnej, na ogół różnej od tej, jakiej ulegają w racjonalizacji Heaviside'a. Racjonalizację Giorgiego zastosowano we wszystkich czterojednostkowych układach dymensyjnych (VA cm sek, VA m sek, m sek C Wb itd.).

Racjonalizacja Dellingera przedstawia modyfikację racjonalizacji Giorgiego, umożliwiającą zachowanie nie tylko tych znamionowych jednostek, które zachowuje racjonalizacja Giorgiego, lecz także innych jednostek magnetycznych, jak to okazuje porównanie *Metryk* II i III (tabl. 2 i 3). Wadę tej racjonalizacji stanowi wprowadzenie nowych dellingerowskich wzorów, co prowadzi do mieszaniny wzorów klasycznych i racjonalnych, pozbawionej wartości naukowej. Racjonalizacji Dellingera nie zastosowano dotychczas w żadnym z używanych układów dymensyjnych.

Teoretycznie każdy układ klasyczny może być poddany racjonalizacji według każdej z powyższych trzech różnych racjonalizacji. Prowadzi to jednakże do trzech różnych form racjonalnych tego układu, co właśnie zmusza do odróżnienia powyższych trzech racjonalizacji: Heaviside'a, Giorgiego i Dellingera, mimo że pierwsze dwie prowadzą do tej samej heaviside'owskiej formy równań racjonalnych.

Na przykład podstawowy układ klasyczny CGS—Gaussa można zracjonalizować:

a) Według metody Heaviside'a przy zachowaniu stałych próżni $\epsilon_0=1$ i $\mu_0=1$, co zrealizował H. A. Lorentz. Układ CGS—Lorentza jest to bowiem zrationalizowany według metody Heaviside'a układ CGS—Gaussa.

b) Według metody Giorgiego, co jednakże zmusiłoby do wprowadzenia niesymetrycznych stałych próżni $\epsilon_0^R = \frac{1}{4\pi}$, $\mu_0^R = 4\pi$, pozbawiając tę racjonalną formę układu CGS—Gaussa cennej symetrii części elektrycznej i magnetycznej.

c) Według metody Dellingera, co umożliwiłoby zachowanie stałych próżni $\epsilon_0=1$, $\mu_0=1$, lecz zmusiłoby do wprowadzenia asymetrycznych wzorów Dellingera

$$D_R = \frac{1}{4\pi} \epsilon_{\epsilon_0} K \qquad B = 4\pi \mu_{\mu_0} H_R$$

i innych asymetrycznych wzorów podanych poprzednio.

Ten stan rzeczy, w którym istnieją trzy różne racjonalizacje, wskazuje, iż racjonalizacja nie jest zabiegiem jednoznacznym. Może być w zasadzie przeprowadzona w trojaki sposób, według trzech różnych *Metryk* I, II, III (tabl. 1, 2, 3), co prowadzi do trzech różnych zespołów równań racjonalnych, podanych w *Zestawieniach* I, II, III (tabl. 8, 9, 10), mimo że za punkt wyjścia służą te same klasyczne równania fizyczne, podane w tych zestawieniach.

Także czterojednostkowy układ MKS, podany w formie normalnej w tabl. 13, mógłby być w zasadzie zrationalizowany w trojaki sposób, tj. według *Metryk* I, II, III (tabl. 1, 2, 3). *Metryka* I (tabl. 1) Heaviside'a wskazuje jednak, że w racjonalizacji Heaviside'a uległyby zmianie wszystkie praktyczne jednostki elektryczne V, A, Ω itd. na jednostki heaviside'owskie:

$$\text{new V} = \sqrt{4\pi} V \qquad \text{new A} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} A \qquad \text{new } \Omega = 4\pi \Omega$$

Zmiana taka jest oczywiście legislacyjnie niedopuszczalna i dlatego w odniesieniu do układu MKS racjonalizacja Heaviside'a nie wchodzi w ogóle w rachubę, choć teoretycznie jest możliwa, tak samo jak racjonalizacja Giorgiego według *Metryki* II (tabl. 2) i racjonalizacja Dellingera według *Metryki* III (tabl. 3).

Która z dwóch racjonalizacji: Giorgiego czy Dellingera jest odpowiedniejsza dla układu MKS—Giorgiego, nie trudno jest rozstrzygnąć. Zdaniem autora dla układu MKS—Giorgiego może wchodzić w grę tylko racjonalizacja Giorgiego, dlatego że prowadzi do takiej samej formy równań racjonalnych jak racjonalizacja Heaviside'a oraz dlatego że używany w elektrotechnice układ V A cm sek jest zrationalizowany według tej metody.

Sprawą pierwszorzędnej wagi w racjonalizacji wszystkich trzech rodzajów (Heaviside'a, Giorgiego i Dellingera) jest systematyka wielkości i jednostek fizykalnych.

Racjonalizacja zmusza mianowicie do odróżnienia jednostek wymiarowych, które są niezmiennikami racjonalizacyjnymi, od jednostek znamionowych, które ulegają zmianom racjonalizacyjnym odwrotnie proporcjonalnym do zmian racjonalnych odnośnych wielkości liczbowych.

Racjonalizacja zmusza również do odróżnienia wielkości wymiarowych, które ulegają takim samym zmianom racjonalizacyjnym jak zawarte w nich wielkości liczbowe, od wielkości fizykalnych (znamionowych), które są niezmiennikami racjonalizacyjnymi.

Stara systematyka, nie odróżniająca jednostek znamionowych od jednostek wymiarowych, a nawet utożsamiająca niepoprawnie jedno z drugimi, nie nadaje się wcale do naukowych rozważań o racjonalizacji.

Zdając sobie sprawę z tego stanu rzeczy autor opracował w 1933 r. nową systematykę, która odróżnia jednostki znamionowe od jednostek wymiarowych, a tym samym wielkości znamionowe od wielkości wymiarowych. Systematykę tę opublikowaną w rozprawie pt. *Jednostki fizykalne i techniczne*, „Przegląd Elektrotechniczny“ w 1933 r., autor zastosował w niniejszej pracy. Dzięki temu praca przybrała charakter rozprawy naukowej, w której po raz pierwszy racjonalizacja została usystematyzowana przez ścisłe odróżnienie trzech różnych jej form: Heaviside'a, Giorgiego i Dellingera, sporządzenie dla nich trzech *M e t r y k* I, II, III (tabl. 1, 2, 3), umożliwiających formalne przejście z wzorów klasycznych na racjonalne, oraz wprowadzenie indeksów „r“ i „R“ zarówno w metrykach, jak i fizykalnych wzorach racjonalnych.

Z pomocą nowej systematyki autor ustalił bardzo ważną tezę, że *wszystkie wielkości fizykalne (znamionowe) są niezmiennikami racjonalizacyjnymi we wszystkich trzech racjonalizacjach: Heaviside'a, Giorgiego i Dellingera.*

Teza ta prowadzi do wniosku, że *racjonalizacja jest zabiegiem formalnym, a nie fizykalnym.* Nie zmienia bowiem wielkości fizykalnych (znamionowych), powoduje tylko zmianę racjonalizacyjną ich wartości liczbowych, skompensowaną odpowiednio zmianą jednostek znamionowych.

Wniosek ten jest zgodny z tym przyrodniczym stanem rzeczy, że przejście z układów klasycznych na racjonalne nie powoduje żadnych zmian przyrodniczych.

Elektron jest taki sam we wszystkich układach klasycznych i we wszystkich układach zracjonalizowanych.

Wielkości wymiarowe ulegają takiej samej zmianie jak wielkości liczbowe, gdyż jednostki wymiarowe są niezmiennikami racjonalizacyjnymi.

Powyższy skomplikowany stan rzeczy ilustruje następujący przykład dotyczący elektronu.

Przykład

W układach CGS—Gaussa i CGS—Lorentza obowiązują według symboliki autora następujące określenia naboju elektronu:

a) *znamionowe*

$$e = 4,803 \cdot 10^{-10} \text{ EC} = \sqrt{4\pi} \cdot 4,803 \cdot 10^{-10} \text{ LC}$$

b) *wymiarowe*

$$e_{\text{ES}} = 4,803 \cdot 10^{-10} \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1}$$

$$e_{\text{L}} = \sqrt{4\pi} \cdot 4,803 \cdot 10^{-10} \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1}$$

Znamionowa wielkość e symbolizuje nabój elektronu, czyli elementarną ilość elektryczności ujemnej; wielkość ta jest tylko jedna i jest *niezmiennikiem racjonalizacyjnym*.

Jednostki znamionowe naboju elektrycznego są w powyższych układach Gaussa i Lorentza *dwie różne*:

EC elektrokulomb \equiv jednostka elektrostatyczna naboju,

LC lorentzkulomb \equiv jednostka lorentzowska naboju.

Jest przy tym

$$\text{LC} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \text{EC}$$

Wymiarowe wielkości e_{ES} i e_{L} są w powyższych dwóch układach Gaussa i Lorentza *dwie różne*. Zawierają jednakże tę samą *jednostkę wymiarową*

$$\langle Q \rangle = \text{cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1}$$

Jest ona *niezmiennikiem racjonalizacyjnym* zgodnie z tym, że wymiar naboju jest w obu układach jednakowy:

$$\dim Q = L^{3/2} M^{1/2} T^{-1}$$

Porównanie wielkości wymiarowych e_{ES} i e_{L} daje

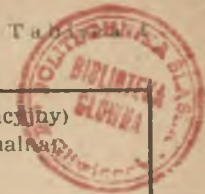
$$\frac{e_{\text{ES}}}{e_{\text{L}}} = \frac{e_{\text{ES}} \langle Q \rangle}{e_{\text{L}} \langle Q \rangle} = \frac{e_{\text{ES}}}{e_{\text{L}}} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}}$$

zgodnie z *Metrykami I i L. 1*. Symbole e_{ES} i e_{L} oznaczają wartości liczbowe naboju elektronu w układach CGS—Gaussa i CGS—Lorentza:

$$e_{\text{ES}} = 4,803 \cdot 10^{-10} \quad e_{\text{L}} = \sqrt{4\pi} \cdot 4,803 \cdot 10^{-10}$$

Jak widać wprowadzenie do fizyki zracjonalizowanego układu CGS—Lorentza wniosło znaczne komplikacje, co spowodowało, że układ ten nie jest obecnie używany.

I. Metryka racjonalizacji Heaviside'a



$\mathbf{N} = N(N) = N_r(N)_r$ wielkość fizykalna (niezmiennik racjonalizacyjny)
 $N = N \langle N \rangle, N_r = N_r \langle N \rangle$ wielkości wymiarowe (normalna i racjonalna)
 $(N), (N)_r$ jednostki znamionowe (normalna i racjonalna)
 $\langle N \rangle$ jednostka wymiarowa (niezmiennik racjonalizacyjny)
 Indeks r oznacza wielkość, względnie jednostkę heaviside'owską

Wielkości mechaniczne nie podlegają racjonalizacji

Nazwy i symbole wielkości fizykalnych (znamionowych)		Wielkości liczbowe		Relacje porównawcze	
		nor- malne	racjo- nalne	wielkości liczbowych	jednostek znamionowych
I	Stała dielektryczna próżni	ϵ_0	ϵ_r	Zachowanie bez zmiany stałych próżni stanowi zasadnicze założenie	
II	Przenikalność magn. próżni	μ_0	μ_r		
1	Nabój elektryczny	Q	Q, Q_r	$Q/Q_r = 1/\sqrt{4\pi}$	$(Q)_r/(Q) = 1/\sqrt{4\pi}$
2	Natężenie prądu	I	I, I_r	$I/I_r = 1/\sqrt{4\pi}$	$(I)_r/(I) = 1/\sqrt{4\pi}$
3	Napięcie elektryczne	U	U, U_r	$U/U_r = \sqrt{4\pi}$	$(U)_r/(U) = \sqrt{4\pi}$
4	Opór omowy	R	R, R_r	$R/R_r = 4\pi$	$(R)_r/(R) = 4\pi$
5	Indukcyjność	L	L, L_r	$L/L_r = 4\pi$	$(L)_r/(L) = 4\pi$
6	Pojemność elektryczna	C	C, C_r	$C/C_r = 1/4\pi$	$(C)_r/(C) = 1/4\pi$
7	Strumień elektryczny	Ψ	Ψ, Ψ_r	$\Psi/\Psi_r = \sqrt{4\pi}$	$(\Psi)_r/(\Psi) = \sqrt{4\pi}$
8	Indukcja elektryczna	D	D, D_r	$D/D_r = \sqrt{4\pi}$	$(D)_r/(D) = \sqrt{4\pi}$
9	Natężenie pola elektr.	K	K, K_r	$K/K_r = \sqrt{4\pi}$	$(K)_r/(K) = \sqrt{4\pi}$
10	Elektryzacja	P	P, P_r	$P/P_r = 1/\sqrt{4\pi}$	$(P)_r/(P) = 1/\sqrt{4\pi}$
11	Masa magnetyczna	m	m, m_r	$m/m_r = 1/\sqrt{4\pi}$	$(m)_r/(m) = 1/\sqrt{4\pi}$
12	Strumień magnetyczny	Φ	Φ, Φ_r	$\Phi/\Phi_r = \sqrt{4\pi}$	$(\Phi)_r/(\Phi) = \sqrt{4\pi}$
13	Indukcja magnetyczna	B	B, B_r	$B/B_r = \sqrt{4\pi}$	$(B)_r/(B) = \sqrt{4\pi}$
14	Natężenie pola magn.	H	H, H_r	$H/H_r = \sqrt{4\pi}$	$(H)_r/(H) = \sqrt{4\pi}$
15	Magnetyzacja	J	J, J_r	$J/J_r = 1/\sqrt{4\pi}$	$(J)_r/(J) = 1/\sqrt{4\pi}$
16	Siła magnetomotoryczna	N	N, N_r	$N/N_r = \sqrt{4\pi}$	$(N)_r/(N) = \sqrt{4\pi}$
17	Opór magnetyczny	S	S	Nie ulegają zmianie racjonalizacyjnej	$(S)_r = (S)$
18	Opór dielektryczny	S_d	S_d		$(S_d)_r = (S_d)$
19	Podatność elektryczna	κ	κ, κ_r	$\kappa/\kappa_r = 1/4\pi$	$(\kappa)_r/(\kappa) = 1/4\pi$
20	Podatność magnetyczna	χ	χ, χ_r	$\chi/\chi_r = 1/4\pi$	$(\chi)_r/(\chi) = 1/4\pi$

II. Metryka racjonalizacji Giorgiego



$N = N(N) = N_R(N)_R$ wielkość fizykalna (niezmiennik racjonalizacyjny)
 $N = N(N)$, $N_R = N_R(N)$ wielkości wymiarowe (normalna i racjonalna)
 (N) , $(N)_R$ jednostki znamionowe (normalna i racjonalna)
 (N) jednostka wymiarowa (niezmiennik racjonalizacyjny)
 Indeks R oznacza wielkość, względnie jednostkę racjonalną

Wielkości mechaniczne nie podlegają racjonalizacji

	Nazwy i symbole wielkości fizykalnych (znamionowych)	Wielkości liczbowe		Relacje porównawcze		
		normalne	racjonalne	wielkości liczbowych	jednostek znamionowych	
I	Stała dielektryczna próżni	ϵ_0	ϵ_0^R	$\epsilon_0/\epsilon_0^R = 4\pi$	$(\epsilon_0)_R/(\epsilon_0) = 4\pi$	
II	Przenikalność magn. próżni	μ_0	μ_0^R	$\mu_0/\mu_0^R = 1/4\pi$	$(\mu_0)_R/(\mu_0) = 1/4\pi$	
1	Nabój elektryczny	Q	Q	Nie ulegają zmianie racjonalizacyjnej	$(Q)_R = (Q)$	
2	Natężenie prądu	I	I		$(I)_R = (I)$	
3	Napięcie elektryczne	U	U		$(U)_R = (U)$	
4	Opór omowy	R	R		$(R)_R = (R)$	
5	Indukcyjność	L	L		$(L)_R = (L)$	
6	Pojemność elektryczna	C	C		$(C)_R = (C)$	
7	Strumień elektryczny	Ψ	Ψ	Ψ_R	$\Psi/\Psi_R = 4\pi$	$(\Psi)_R/(\Psi) = 4\pi$
8	Indukcja elektryczna	D	D	D_R	$D/D_R = 4\pi$	$(D)_R/(D) = 4\pi$
9	Natężenie pola elektr.	K	K	Nie ulegają zmianie racjonalizacyjnej	$(K)_R = (K)$	
10	Elektryzacja	P	P		$(P)_R = (P)$	
11	Masa magnetyczna	m	m	m_R	$m/m_R = 1/4\pi$	$(m)_R/(m) = 1/4\pi$
12	Strumień magnetyczny	Φ	Φ	Nie ulegają zmianie racjonalizacyjnej	$(\Phi)_R = (\Phi)$	
13	Indukcja magnetyczna	B	B		$(B)_R = (B)$	
14	Natężenie pola magn.	H	H	H_R	$H/H_R = 4\pi$	$(H)_R/(H) = 4\pi$
15	Magnetyzacja	J	J	J_R	$J/J_R = 1/4\pi$	$(J)_R/(J) = 1/4\pi$
16	Siła magnetomotoryczna	N	N	N_R	$N/N_R = 4\pi$	$(N)_R/(N) = 4\pi$
17	Opór magnetyczny	S	S	S_R	$S/S_R = 4\pi$	$(S)_R/(S) = 4\pi$
18	Opór dielektryczny	S_d	S_d	S_{dR}	$S_d/S_{dR} = 1/4\pi$	$(S_d)_R/(S_d) = 1/4\pi$
19	Podatność elektryczna	χ	χ	Nie ulega zmianie racjonalizacyjnej	$(\chi)_R = (\chi)$	
20	Podatność magnetyczna	χ	χ		χ_R	$\chi/\chi_R = 1/(4\pi)^2$

III. Metryka racjonalizacji Dellingera

$N = N(N) = N_R(N)_R$ wielkość fizykalna (niezmiennik racjonalizacyjny)
 $N = N(N)$, $N_R = N_R(N)$ wielkości wymiarowe (normalna i racjonalna)
 (N) , $(N)_R$ jednostki znamionowe (normalna i racjonalna)
 $\langle N \rangle$ jednostka wymiarowa (niezmiennik racjonalizacyjny)
 Indeks R oznacza wielkość, względnie jednostkę racjonalną

Wielkości mechaniczne nie podlegają racjonalizacji

Nazwy i symbole wielkości fizykalnych (znamionowych)		Wielkości liczbowe		Relacje porównawcze	
		nor-	racjo-	wielkości	jednostek
		malne	nalne	liczbowych	znamionowych
I	Stała dielektryczna próżni	ϵ_0	ϵ_0	Stałe próżni są zachowane bez zmiany racjonalizacyjnej	
II	Przenikalność magn. próżni	μ_0	μ_0		
1	Nabój elektryczny	Q	Q	Nie ulegają zmianie racjonalizacyjnej	$(Q)_R = (Q)$
2	Natężenie prądu	I	I		$(I)_R = (I)$
3	Napięcie elektryczne	U	U		$(U)_R = (U)$
4	Opór omowy	R	R		$(R)_R = (R)$
5	Indukcyjność	L	L		$(L)_R = (L)$
6	Pojemność elektryczna	C	C		$(C)_R = (C)$
7	Strumień elektryczny	Ψ	Ψ Ψ_R	$\Psi/\Psi_R = 4\pi$	$(\Psi)_R/(\Psi) = 4\pi$
8	Indukcja elektryczna	D	D D_R	$D/D_R = 4\pi$	$(D)_R/(D) = 4\pi$
9	Natężenie pola elektr.	K	K	Nie ulegają zmianie racjonalizacyjnej	$(K)_R = (K)$
10	Elektryzacja	P	P		$(P)_R = (P)$
11	Masa magnetyczna	m	m	Nie ulegają zmianie racjonalizacyjnej	$(m)_R = (m)$
12	Strumień magnetyczny	Φ	Φ		$(\Phi)_R = (\Phi)$
13	Indukcja magnetyczna	B	B		$(B)_R = (B)$
14	Natężenie pola magn.	H	H H_R	$H/H_R = 4\pi$	$(H)_R/(H) = 4\pi$
15	Magnetyzacja	J	J	Nie ulega zmianie racjonalizacyjnej	$(J)_R = (J)$
16	Siła magnetomotoryczna	N	N N_R	$N/N_R = 4\pi$	$(N)_R/(N) = 4\pi$
17	Opór magnetyczny	S	S S_R	$S/S_R = 4\pi$	$(S)_R/(S) = 4\pi$
18	Opór dielektryczny	S_d	S_d S_d^R	$S_d/S_d^R = 1/4\pi$	$(S_d)_R/(S_d) = 1/4\pi$
19	Podatność elektryczna	χ	χ	Nie ulega zmianie racjonalizacyjnej	$(\chi)_R = (\chi)$
20	Podatność magnetyczna	χ	χ χ_D	$\chi/\chi_D = 1/4\pi$	$(\chi)_D/(\chi) = 1/4\pi$

L. I. Metryka racjonalizacji Heaviside'a — Lorentza

$N = N(N) = N_L(N)_L$ wielkość fizykalna (niezmiennik racjonalizacyjny) $N = N \langle N \rangle$, $N_L = N_L \langle N \rangle$ wielkości wymiarowe (normalna i racjonalna) (N) , $(N)_L$ jednostki znamionowe (normalna i racjonalna) $\langle N \rangle$ jednostka wymiarowa (niezmiennik racjonalizacyjny) Indeks L oznacza wielkość, względnie jednostkę lorentzowską					
Wielkości mechaniczne nie podlegają racjonalizacji					
Nazwy i symbole wielkości fizykalnych (znamionowych)		Wielkości liczbowe		Relacje porównawcze	
		normalne	racjonalne	wielkości liczbowych	jednostek znamionowych
I	Stała dielektryczna próżni	ϵ_0	ϵ_0	Zachowanie bez zmiany stałych próżni stanowi zasadnicze założenie	
II	Przenikalność magn. próżni	μ_0	μ_0		
1	Nabój elektryczny	Q	Q Q_L	$Q/Q_L = 1/\sqrt{4\pi}$	$(Q)_L/(Q) = 1/\sqrt{4\pi}$
2	Natężenie prądu	I	I I_L	$I/I_L = 1/\sqrt{4\pi}$	$(I)_L/(I) = 1/\sqrt{4\pi}$
3	Napięcie elektryczne	U	U U_L	$U/U_L = \sqrt{4\pi}$	$(U)_L/(U) = \sqrt{4\pi}$
4	Opór omowy	R	R R_L	$R/R_L = 4\pi$	$(R)_L/(R) = 4\pi$
5	Indukcyjność	L	L L_L	$L/L_L = 4\pi$	$(L)_L/(L) = 4\pi$
6	Pojemność elektryczna	C	C C_L	$C/C_L = 1/4\pi$	$(C)_L/(C) = 1/4\pi$
7	Strumień elektryczny	Ψ	Ψ Ψ_L	$\Psi/\Psi_L = \sqrt{4\pi}$	$(\Psi)_L/(\Psi) = \sqrt{4\pi}$
8	Indukcja elektryczna	D	D D_L	$D/D_L = \sqrt{4\pi}$	$(D)_L/(D) = \sqrt{4\pi}$
9	Natężenie pola elektr.	K	K K_L	$K/K_L = \sqrt{4\pi}$	$(K)_L/(K) = \sqrt{4\pi}$
10	Elektryzacja	P	P P_L	$P/P_L = 1/\sqrt{4\pi}$	$(P)_L/(P) = 1/\sqrt{4\pi}$
11	Masa magnetyczna	m	m m_L	$m/m_L = 1/\sqrt{4\pi}$	$(m)_L/(m) = 1/\sqrt{4\pi}$
12	Strumień magnetyczny	Φ	Φ Φ_L	$\Phi/\Phi_L = \sqrt{4\pi}$	$(\Phi)_L/(\Phi) = \sqrt{4\pi}$
13	Indukcja magnetyczna	B	B B_L	$B/B_L = \sqrt{4\pi}$	$(B)_L/(B) = \sqrt{4\pi}$
14	Natężenie pola magn.	H	H H_L	$H/H_L = \sqrt{4\pi}$	$(H)_L/(H) = \sqrt{4\pi}$
15	Magnetyzacja	J	J J_L	$J/J_L = 1/\sqrt{4\pi}$	$(J)_L/(J) = 1/\sqrt{4\pi}$
16	Siła magnetomotoryczna	N	N N_L	$N/N_L = \sqrt{4\pi}$	$(N)_L/(N) = \sqrt{4\pi}$
17	Opór magnetyczny	S	S	Nie ulegają zmianie racjonalizacyjnej	$(S)_L = (S)$
18	Opór dielektryczny	S_d	S_d		$(S_d)_L = (S_d)$
19	Podatność elektryczna	κ	κ κ_L	$\kappa/\kappa_L = 1/4\pi$	$(\kappa)_L/(\kappa) = 1/4\pi$
20	Podatność magnetyczna	χ	χ χ_L	$\chi/\chi_L = 1/4\pi$	$(\chi)_L/(\chi) = 1/4\pi$

I a. Zestawienie wzorów klasycznych i racjonalnych

I. Elektrostatyka			C. Indukcja elektrostatyczna		
Objaśnienia	Wzory klasyczne	Wzory racjonalne	Objaśnienia	Wzory klasyczne	Wzory racjonalne
A. Dynamiczne działania naboju elektrycznych					
1	Prawo Coulomba, elektryczne $F = \frac{Q \cdot Q'}{\epsilon \epsilon_0 r^2}$	$F = \frac{Q \cdot Q'}{4 \pi \epsilon \epsilon_0 r^2}$	19	Nabój elektryczny jako źródło strumienia elektrycznego $\Psi = 4 \pi Q$	$\Psi = Q$
2	Określenie naboju elektrycznego $Q = \epsilon_0^{1/2} r \cdot F^{1/2}$	$Q = (4 \pi \epsilon_0)^{1/2} \cdot r \cdot F^{1/2}$	20	Definicja indukcji elektrycznej $D = \frac{d\Psi}{ds} = 4 \pi \frac{dQ}{ds}$	$D = \frac{d\Psi}{ds} = \frac{dQ}{ds}$
3	Definicja natężenia pola elektrycznego $K = \frac{F}{Q}$	←	21	Związek D i K w ośrodku izotropowym $D = \epsilon \epsilon_0 K$	←
4	Natężenie pola elektr. układu naboju punkt. $K = \frac{1}{\epsilon \epsilon_0} \sum \frac{Q}{r^2}$	$K = \frac{1}{4 \pi \epsilon \epsilon_0} \sum \frac{Q}{r^2}$	22	Indukcja elektr. w polu naboju punktowych $D = \sum \frac{Q}{r^2}$	$D = \frac{1}{4 \pi} \sum \frac{Q}{r^2}$
5	Potencjał elektryczny $V_a = \frac{A \alpha \infty}{q} = \int_{\alpha}^{\infty} K \cdot dl$	←	23	Indukcja elektr. przy powierzchni naelektryzowanego przewodnika $D = 4 \pi \sigma$	$D = \sigma$
6	Potencjał elektryczny układu naboju punkt. $V = \frac{1}{\epsilon \epsilon_0} \sum \frac{Q}{r}$	$V = \frac{1}{4 \pi \epsilon \epsilon_0} \sum \frac{Q}{r}$	24	Definicyjny wzór strumienia elektrycznego $\Psi = \iint_s D \cdot d\bar{s}$	←
7	Napięcie elektryczne $U_{12} = \int_1^2 K \cdot dl = V_1 - V_2$	←	25	Prawo Gaussa, elektryczne $\Psi = 4 \pi \sum Q$	$\Psi = \sum Q$
8	Związek K i V $K = - \frac{\partial V}{\partial n}$	←	26	Opór dielektryczny $Sd = \frac{U}{\Psi} = \int_1^2 \frac{dl}{\epsilon \epsilon_0 s}$	←
9	Natężenie pola elektr. przy powierzchni naelektryzowanego przewodnika $K = \frac{4 \pi \sigma}{\epsilon \epsilon_0}$	$K = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0}$	27	Opór dielektryczny kabla jednożyłowego $Sd = \frac{\ln r_1/r_2}{2 \pi \epsilon \epsilon_0} \cdot \frac{1}{l}$	←
10	Natężenie pola elektr. w odległości (a) od przewodu $K = \frac{2 \sigma}{\epsilon \epsilon_0 a}$	$K = \frac{\sigma}{2 \pi \epsilon \epsilon_0 a}$	28	Pojemność elektryczna $C = \frac{Q}{U}$	←
11	Cisnienie elektrostatyczne $p = \frac{K}{2} \sigma = \frac{2 \pi \sigma^2}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{KD}{8 \pi}$	$p = \frac{K}{2} \sigma = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{1}{2} KD$	29	Związek pojemności elektr. z oporem dielektrycznym $C = \frac{1}{4 \pi Sd}$	$C = \frac{1}{Sd}$
12	Energia naelektryzowanych przewodników $W = \frac{1}{2} \sum V Q$	←	30	Pojemność kondensatora płaskiego $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 s}{4 \pi d}$	$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 s}{d}$
13	Energia pola elektrycznego $dW = \frac{1}{8 \pi} \bar{K} \cdot \bar{D} \cdot dv$	$dW = \frac{1}{2} \bar{K} \cdot \bar{D} \cdot dv$	31	Pojemność kuli $C = \epsilon \epsilon_0 r$	$C = 4 \pi \epsilon \epsilon_0 r$
B. Polaryzacja elektryczna					
14	Moment elektryczny dipola dielektrycznego $dM_e = dQ_p \cdot \lambda$	←	32	Pojemność kondensatora kulistego $C = \epsilon \epsilon_0 \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}$	$C = 4 \pi \epsilon \epsilon_0 \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}$
15	Elektryzacja $P = \frac{dM_e}{dv} = \frac{dQ_p \cdot \lambda}{dv} = \sigma_p$	←	33	Pojemność kondensatora walcowego $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 l}{2 \ln r_1/r_2}$	$C = \frac{2 \pi \epsilon \epsilon_0 l}{\ln r_1/r_2}$
16	Podatność elektryczna $\kappa = \frac{P}{K}$	←	34	Pojemność elektryczna 2 prostoliniowych równoległych przewodów $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 l}{4 \ln b/r}$	$C = \frac{\pi \epsilon \epsilon_0 l}{\ln b/r}$
17	Związek wielkości D, K i P $\bar{D} = \epsilon_0 \bar{K} + 4 \pi \bar{P}$	$\bar{D} = \epsilon_0 \bar{K} + \bar{P}$	35	Pojemność względem ziemi przewodnika na wysokości h $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 l}{2 \ln 2h/r}$	$C = \frac{2 \pi \epsilon \epsilon_0 l}{\ln 2h/r}$
18	Związek κ i ϵ $\kappa = \epsilon_0 \frac{\epsilon - 1}{4 \pi}$	$\kappa = \epsilon_0 (\epsilon - 1)$	36	Energia kondensatora $W = \frac{1}{2} CU^2$	←

I b. Zestawienie wzorów klasycznych i racjonalnych

Objaśnienia		Wzory klasyczne	Wzory racjonalne	Objaśnienia	Wzory klasyczne	Wzory racjonalne														
II. Magnetostatyka				C. Indukcja magnetyczna																
A. Dynamiczne działania magnesów																				
1	Prawo Coulomba magnetyczne	$F = \frac{m \cdot m'}{\mu \mu_0 r^2}$	$F = \frac{m \cdot m'}{4 \pi \mu \mu_0 r^2}$	17	Masa magnetyczna jako źródło strumienia magnetycznego	$\Phi = 4 \pi m$ $\Phi = m$														
2	Określenie masy magnetycznej	$m = \mu_0^{1/2} \cdot r \cdot F^{1/2}$	$m = (4 \pi \mu_0)^{1/2} r \cdot F^{1/2}$	18	Definicja indukcji magnetycznej	$B = \frac{d\Phi}{ds}$														
3	Definicja natężenia pola magnetycznego	$H = \frac{F}{m}$	←	19	Związek między B i H w ośrodku izotropowym	$B = \mu \mu_n H$														
4	Natężenie pola magnet. układu mas magnet. punktowych	$H = \frac{1}{\mu \mu_0} \sum \frac{m}{r^2}$	$H = \frac{1}{4 \pi \mu \mu_0} \sum \frac{m}{r^2}$	20	Definicja strumienia magnetycznego	$\Phi = \iint_s \vec{B} \cdot \vec{ds}$														
5	Potencjał magnetyczny	$V_a^m = \frac{A \alpha \infty}{m} = \int_a^\infty H \cdot dl$	←	21	Prawo Gaussa, magnetyczne	$\Phi = 4 \pi \sum m$ $\Phi = \sum m$														
6	Potencjał magnetyczny układu mas magnet. punktowych	$V_a^m = \frac{1}{\mu \mu_0} \sum \frac{m}{r}$	$V_a^m = \frac{1}{4 \pi \mu \mu_0} \sum \frac{m}{r}$	III. Elektromagnetyzm																
7	Napięcie magnetyczne	$U_{12}^m = \int_1^2 \vec{H} \cdot \vec{dl} = V_{m1} - V_{m2}$	←	1	Prawo Biot-Savarta	$dH = k I \frac{dl \sin \alpha}{r^2}$ $dH = \frac{k}{4 \pi} I \frac{dl \sin \alpha}{r^2}$														
8	Związek H i V _m	$\vec{H} = - \frac{\partial V_m}{\partial n}$	←	2	Prawo Maxwella	$\oint \vec{H} \vec{dl} = k 4 \pi I z$ $\oint \vec{H} \vec{dl} = k I z$														
9	Ciśnienie magnetostaticzne	$p_m = \frac{H B}{8 \pi}$	$p_m = \frac{1}{2} H B$	3	Substytucja Ampere'a	$N = J l = k I z \mu_0$														
10	Udźwig magnesu	$F = \frac{H B s}{8 \pi} = \frac{B^2 \cdot s}{8 \pi \cdot \mu_0}$	$F = \frac{H B s}{2} = \frac{B^2 \cdot s}{2 \mu_0}$	4	Natężenie pola magnet. w środku kołowej strugi prądu	$H = k \frac{2 \pi I}{r}$ $H = k \frac{I}{2 r}$														
11	Energia pola magnetycznego	$dW = \frac{1}{8 \pi} \vec{H} \cdot \vec{B} \cdot dv$	$dW = \frac{1}{2} \vec{H} \cdot \vec{B} \cdot dv$	5	Natężenie pola magnet. w odległości (a) od przewodu	$H = k \frac{2 I}{a}$ $H = k \frac{I}{2 \pi a}$														
B. Polaryzacja magnetyczna				6	Natężenie pola magnet. wewnątrz toroidu	$H = k \frac{4 \pi I z}{2 \pi \cdot r}$ $H = k \frac{I z}{2 \pi \cdot r}$														
12	Moment magnetyczny magnesu	$dM_m = dm \cdot l$	←	7	Natężenie pola magnet. solenoidu bardzo długiego	$H = k \frac{4 \pi I z}{l}$ $H = k \frac{I z}{l}$														
13	Magnetyzacja	$J = \frac{dM_m}{dv}$	←	8	Siła magnetomotoryczna	$SMM = k 4 \pi I z$ $SMM = k I z$														
14	Podatność magnetyczna	$\chi = \frac{J}{H}$	←	9	Opór magnetyczny	$S_m = \int_1^2 \frac{dl}{\mu \mu_0 s}$														
15	Związek B, H, J	$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + 4 \pi \vec{J}$	$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \vec{J}$	10	Magnetyczne prawo Ohma	$\Phi = k \frac{4 \pi I z}{\sum S_m}$ $\Phi = k \frac{I z}{\sum S_m}$														
16	Związek χ i μ	$\chi = \mu_0 \frac{\mu - 1}{4 \pi}$	$\chi = \mu_0 (\mu - 1)$	11	Amperozwoje Az	$I z = 0.8 \sum H_{ersted} l_{cm}$ $I z = \sum H_{Az/cm} l_{cm}$														
				<table border="1"> <tr> <td>Określenia współczynnika k</td> <td>Układ →</td> <td>Gausa</td> <td>Lorentza</td> <td>ES i EM</td> <td>P</td> <td>MKS</td> </tr> <tr> <td></td> <td>k →</td> <td>1/c₀</td> <td>1/c₀</td> <td>1</td> <td>1/10</td> <td>1</td> </tr> </table>			Określenia współczynnika k	Układ →	Gausa	Lorentza	ES i EM	P	MKS		k →	1/c ₀	1/c ₀	1	1/10	1
Określenia współczynnika k	Układ →	Gausa	Lorentza	ES i EM	P	MKS														
	k →	1/c ₀	1/c ₀	1	1/10	1														

*) Wzór obowiązuje tylko w układzie praktycznym P

I c. Zestawienie wzorów klasycznych i racjonalnych

Objaśnienia		Wzory klasyczne	Wzory racjonalne	Objaśnienia	Wzory klasyczne	Wzory racjonalne						
IV. Prawa i wzory obwodów prądu stałego				VI. Działania prądów stałych								
1	Definicja natężenia prądu	$I = \frac{Q}{t}, i = \frac{dQ}{dt}$	←	I	Prawo Laplace'a I	$dF = k m I \frac{dl \sin \alpha}{r^2}$	$dF = k \frac{1}{4\pi} m I \frac{dl \sin \alpha}{r^2}$					
2	Nabój elektryczny przemieszczony przez prąd elektryczny	$Q = \int_0^t i \cdot dt$	←	II	Prawo Laplace'a II	$dF = k B I dl \sin \alpha$	←					
3	1-sze Prawo Ohma	$I = \frac{\sum E}{\sum R}$	←	III	Prawo Biot-Savarta	$dH = k I \frac{dl \sin \alpha}{r^2}$	$dH = k \frac{1}{4\pi} I \frac{dl \sin \alpha}{r^2}$					
4	2-gie prawo Ohma	$U = I \cdot R$	←	IV	Prawo Ampère'a w zastosowaniu do dwóch równoległych i prostoliniowych przewodów	$\frac{dF}{dl} = k^2 \mu \mu_0 \frac{2 I_1 I_2}{r}$	$\frac{dF}{dl} = k^2 \mu \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r}$					
5	Opór elektryczny (omowy)	$R = \int_1^2 \frac{dl}{\gamma \cdot s}$	←	Określenie współczynników k			Układ →	Gausa	Lorentza	ES i EM	P	MKS
6	Przewodność elektryczna	$G = 1/R$	←				$k \rightarrow$	$1/c_0$	$1/c_0$	1	$1/10$	1
7	1-sze Prawo Kirchhoffa	$\sum I = 0$	←	VII. Indukcja elektromagnetyczna								
8	2-gie Prawo Kirchhoffa	$\sum IR = \sum E$	←	V	Prawo Faradaya	$dE = k' B v dl$	←					
9	Moc elektryczna prądu stałego	$P = U \cdot I$	←	VI	Prawo Maxwella	$e = -k' \frac{d\Phi}{dt} z$	←					
10	Energia elektryczna prądu stałego	$W = U \cdot I \cdot t$	←	22	Indukcja własna	$e = -L \frac{di}{dt}$	←					
11	Energia cewki indukcyjnej	$W = \frac{1}{2} L \cdot I^2$	←	23	Indukcja wzajemna	$e = - \left[L \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_2}{dt} \right]$	←					
12	Energia kondensatora	$W = \frac{1}{2} C \cdot U^2$	←	24	Indukcyjność własna	$L = k'' \frac{4\pi z^2}{S}$	$L = k'' \frac{z^2}{S}$					
V. Pole przepływowe prądu stałego				25	Indukcyjność wzajemna	$M = k'' \frac{4\pi z_1 z_2}{S_{12}}$	$M = k'' \frac{z_1 z_2}{S_{12}}$					
13	Gęstość prądu	$j = \frac{di}{ds}$	←	Określenia współczynników k' i k''			Układ →	Gausa	Lorentza	ES i EM	P	MKS
14	Natężenie prądu przepływowego	$I = \iint_S \vec{j} \cdot \vec{ds}$	←				$k' \rightarrow$	$1/c_0$	$1/c_0$	1	10^{-9}	1
15	Natężenie pola przepływowego	$K_t = -\frac{\partial V}{\partial n} = j \cdot \rho$	←	$k'' \rightarrow$	$1/c_0^2$	$1/c_0^2$	1	10^{-9}	1			
16	Napięcie elektryczne pola przepływowego	$U_{12} = \int^2_1 \vec{K} \cdot d\vec{l}$	←									
17	Opór elektryczny w polu przepływowym	$R = \frac{U}{I} = \int_1^2 \frac{dl}{\gamma \cdot s}$	←									
18	Opór elektrody kulistej	$R = \frac{\rho}{4\pi \cdot r}$	←									
19	Opór elektrody walcowej	$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{r_2}{r_1}$	←									
20	Opór elektrody krążkowej (jednostronny)	$R = \frac{\rho}{4r}$	←									
21	Moc elektryczna w polu przepływowym	$dP = j^2 \rho \cdot dv$	←									

I. ZESTAWIENIE klasycznych wzorów Maxwella i racjonalnych wzorów Heaviside'a w układach dymensyjnych CGS

Wielkości klasyczne są bez indeksów			Wielkości racjonalne Heaviside'a posiadają indeksy r		
Wzory klasyczne	Relacje porównawcze	Wzory racjonalne	Wzory klasyczne	Relacje porównawcze	Wzory racjonalne
1. Podstawowe prawa Coulomba			6. Polaryzacja elektryczna		
$F = \frac{Q \cdot Q'}{\varepsilon \varepsilon_0 \cdot r^2}$	ε_0 i ε zachowane	$F = \frac{Q_r \cdot Q'_r}{4 \pi \varepsilon \varepsilon_0 \cdot r^2}$	$\bar{D} = \varepsilon_0 \bar{K} + 4 \pi \bar{P}$	Wektory \bar{D} , \bar{K} , \bar{P} zgodnie skierowane	$\bar{D}_r = \varepsilon_0 \bar{K}_r + \bar{P}_r$
$F = \frac{m \cdot m'}{\mu \mu_0 \cdot r^2}$	μ_0 i μ zachowane	$F = \frac{m_r \cdot m'_r}{4 \pi \mu \mu_0 \cdot r^2}$	$\bar{P} = \frac{dM_e}{dv}$	$\bar{P}/\bar{P}_r = 1/\sqrt{4\pi}$	$\bar{P}_r = \frac{dM_e^r}{dv}$
2. Prawa Gaussa			$\varepsilon \varepsilon_0 = \varepsilon_0 + 4 \pi \kappa$	ε_0 i ε zachowane	$\varepsilon \varepsilon_0 = \varepsilon_0 + \kappa_r$
$\Psi = 4 \pi Q$	$\Psi/\Psi_r = \sqrt{4\pi}$	$\Psi_r = Q_r$	$\kappa = \frac{P}{K} = \varepsilon_0 \frac{\varepsilon - 1}{4\pi}$	$\kappa/\kappa_r = 1/4\pi$	$\kappa_r = \frac{P_r}{K_r} = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1)$
$\Phi = 4 \pi m$	$\Phi/\Phi_r = \sqrt{4\pi}$	$\Phi_r = m_r$	7. Polaryzacja magnetyczna		
3. Główne wzory definicyjne			$\bar{B} = \mu_0 \bar{H} + 4 \pi \bar{J}$	Wektory \bar{B} , \bar{H} , \bar{J} zgodnie skierowane	$\bar{B}_r = \mu_0 \bar{H}_r + \bar{J}_r$
$Q = \varepsilon_0^{1/2} \cdot r \cdot F^{1/2}$	$Q/Q_r = 1/\sqrt{4\pi}$	$Q_r = (4 \pi \varepsilon_0)^{1/2} \cdot r \cdot F^{1/2}$	$\bar{J} = \frac{dM_m}{dv}$	$\bar{J}/\bar{J}_r = 1/\sqrt{4\pi}$	$\bar{J}_r = \frac{dM_m^r}{dv}$
$m = \mu_0^{1/2} \cdot r \cdot F^{1/2}$	$m/m_r = 1/\sqrt{4\pi}$	$m_r = (4 \pi \mu_0)^{1/2} \cdot r \cdot F^{1/2}$	$\mu \mu_0 = \mu_0 + 4 \pi \chi$	μ_0 i μ zachowane	$\mu \mu_0 = \mu_0 + \chi_r$
$K = F/Q$	$K/K_r = \sqrt{4\pi}$	$K_r = F/Q_r$	$\chi = \frac{J}{H} = \mu_0 \frac{\mu - 1}{4\pi}$	$\chi/\chi_r = 1/4\pi$	$\chi_r = \frac{J_r}{H_r} = \mu_0 (\mu - 1)$
$H = F/m$	$H/H_r = \sqrt{4\pi}$	$H_r = F/m_r$	8. Równania różniczkowe Maxwella		
$D = \frac{d\Psi}{ds} = 4 \pi \frac{dQ}{ds}$	$D/D_r = \sqrt{4\pi}$	$D_r = \frac{d\Psi_r}{ds} = \frac{dQ_r}{ds}$	$\text{rot } \bar{H} = k \left(4 \pi \bar{j} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} \right)$	$\text{rot } \bar{H}/\text{rot } \bar{H}_r = \sqrt{4\pi}$	$\text{rot } \bar{H}_r = k \left(\bar{j}_r + \frac{\partial \bar{D}_r}{\partial t} \right)$
$B = \frac{d\Phi}{ds}$	$B/B_r = \sqrt{4\pi}$	$B_r = \frac{d\Phi_r}{ds}$	$\text{rot } \bar{K} = -k \frac{\partial \bar{B}}{\partial t}$	$\text{rot } \bar{K}/\text{rot } \bar{K}_r = \sqrt{4\pi}$	$\text{rot } \bar{K}_r = -k \frac{\partial \bar{B}_r}{\partial t}$
4. Związki wektorów pól elektrycznych i magnetycznych w ośrodkach izotropowych			$\text{div } \bar{D} = 4 \pi \rho$	$\text{div } \bar{D}/\text{div } \bar{D}_r = \sqrt{4\pi}$	$\text{div } \bar{D}_r = \rho_r$
$\bar{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \bar{K}$	Wektory \bar{D} i \bar{K} zgodnie skierowane	$\bar{D}_r = \varepsilon \varepsilon_0 \bar{K}_r$	$\text{div } \bar{B} = 0$	$\text{div } \bar{B}/\text{div } \bar{B}_r = \sqrt{4\pi}$	$\text{div } \bar{B}_r = 0$
$\bar{B} = \mu \mu_0 \bar{H}$	Wektory \bar{B} i \bar{H} zgodnie skierowane	$\bar{B}_r = \mu \mu_0 \bar{H}_r$	9. Równania całkowe Maxwella		
5. Energia pola elektromagnetycznego			$\oint \bar{H} \cdot d\bar{l} = k 4 \pi I_z$	$4 \pi I_z/I_z = 4 \pi$	$\oint \bar{H}_r \cdot d\bar{l} = k I_r z$
$dW = \frac{1}{8\pi} \cdot (\bar{K} \cdot \bar{D} + \bar{H} \cdot \bar{B}) dv$	W w ergach	$dW = \frac{1}{2} (\bar{K}_r \cdot \bar{D}_r + \bar{H}_r \cdot \bar{B}_r) dv$	$\oint \bar{K} \cdot d\bar{l} = -k \frac{d\Phi}{dt}$	$K/K_r = \sqrt{4\pi}$	$\oint \bar{K}_r \cdot d\bar{l} = -k \frac{d\Phi_r}{dt}$
10. Wektor Poyntinga			10. Wektor Poyntinga		
			$\bar{S} = \frac{1}{k 4 \pi} \bar{K} \times \bar{H}$	\bar{S} w $\frac{\text{ergach/sek}}{\text{cm}^2}$	$\bar{S} = \frac{1}{k} \bar{K}_r \times \bar{H}_r$
W układach Gaussa i Lorentza $k = \frac{1}{c}$, w układach ES i EM $k = 1$					

II. Zestawienie niezracjonalizowanych i zracjonalizowanych wzorów w układzie MKS—Giorgiego według racjonalizacji Giorgiego

Wielkości klasyczne są bez indeksów			Wielkości racjonalne Giorgiego posiadają indeksy R		
Wzory klasyczne	Relacje porównawcze	Wzory racjonalne	Wzory klasyczne	Relacje porównawcze	Wzory racjonalne
1. Podstawowe prawa Coulomba			6. Polaryzacja elektryczna		
$F = \frac{Q \cdot Q'}{\epsilon \epsilon_0 \cdot r^2}$	$\epsilon_0^R = \frac{1}{4\pi} \epsilon_0$	$F = \frac{Q \cdot Q'}{4\pi \epsilon \epsilon_0^R r^2}$	$\bar{D} = \epsilon_0 \bar{K} + 4\pi \bar{P}$	Wektory \bar{D} , \bar{K} , \bar{P} zgodnie skierowane	$\bar{D}_R = \epsilon_0^R \bar{K} + \bar{P}$
$F = \frac{m \cdot m'}{\mu \mu_0 r^2}$	$\mu_0^R = 4\pi \mu_0$	$F = \frac{m_R \cdot m'_R}{4\pi \mu \mu_0^R r^2}$	$\bar{P} = \frac{dMe}{dv}$	P zachowane	$\bar{P} = \frac{dMe}{dv}$
2. Prawa Gaussa			$\epsilon \epsilon_0 = \epsilon_0 + 4\pi \kappa$	$\epsilon_0 / \epsilon_0^R = 4\pi$	$\epsilon \epsilon_0^R = \epsilon_0^R + \kappa$
$\Psi = 4\pi Q$	$\Psi / \Psi_R = 4\pi$	$\Psi_R = Q$	$\kappa = \frac{P}{K} = \epsilon_0 \frac{\epsilon - 1}{4\pi}$	κ zachowane	$\kappa = \frac{P}{K} = \epsilon_0^R (\epsilon - 1)$
$\Phi = 4\pi m$	Φ zachowane	$\Phi = m_R$	7. Polaryzacja magnetyczna		
3. Główne wzory definicyjne			$\bar{B} = \mu_0 \bar{H} + 4\pi \bar{J}$	Wektory \bar{B} , \bar{H} , \bar{J} zgodnie skierowane	$\bar{B} = \mu_0^R \bar{H}_R + \bar{J}_R$
$Q = \epsilon_0^{1/2} \cdot r \cdot F^{1/2}$	Q zachowane	$Q = (4\pi \epsilon_0^R)^{1/2} \cdot r \cdot F^{1/2}$	$\bar{J} = \frac{dMm}{dv} = \frac{dm\lambda}{dv}$	$J/J_R = 1/4\pi$	$\bar{J}_R = \frac{dMm^R}{dv} = \frac{dm_R \cdot \lambda}{dv}$
$m = \mu_0^{1/2} \cdot r \cdot F^{1/2}$	$m/m_R = 1/4\pi$	$m_R = (4\pi \mu_0^R)^{1/2} \cdot r \cdot F^{1/2}$	$\mu \mu_0 = \mu_0 + 4\pi \chi$	$\mu_0 / \mu_0^R = 1/4\pi$	$\mu \mu_0^R = \mu_0^R + \chi_R$
$K = F/Q$	K zachowane	$K = F/Q$	$\chi = \frac{J}{H} = \mu_0 \frac{\mu - 1}{4\pi}$	$\chi/\chi_R = 1/(4\pi)^2$	$\chi_R = \frac{J_R}{H_R} = \mu_0^R (\mu - 1)$
$H = F/m$	$H/H_R = 4\pi$	$H_R = F/m_R$	8. Równania różniczkowe Maxwella		
$D = \frac{d\Psi}{ds} = 4\pi \frac{dQ}{ds}$	$D/D_R = 4\pi$	$D_R = \frac{d\Psi_R}{ds} = \frac{dQ}{ds}$	$\text{rot } \bar{H} = 4\pi j + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t}$	$\text{rot } \bar{H}/\text{rot } H_R = 4\pi$	$\text{rot } \bar{H}_R = j + \frac{\partial \bar{D}_R}{\partial t}$
$B = \frac{d\Phi}{ds}$	B zachowane	$B = \frac{d\Phi}{ds}$	$\text{rot } \bar{K} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}$	$\text{rot } \bar{K}$ zachowany	$\text{rot } \bar{K} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}$
4. Związki wektorów pól elektrycznych i magnetycznych w ośrodkach izotropowych			$\text{div } \bar{D} = 4\pi \rho$	$\text{div } \bar{D}/\text{div } D_R = 4\pi$	$\text{div } \bar{D}_R = \rho$
$\bar{D} = \epsilon \epsilon_0 \bar{K}$	Wektory \bar{D} i \bar{K} zgodnie skierowane	$\bar{D}_R = \epsilon \epsilon_0^R \bar{K}$	$\text{div } \bar{B} = 0$	$\text{div } \bar{B}$ zachowana	$\text{div } \bar{B} = 0$
$\bar{B} = \mu \mu_0 \bar{H}$	Wektory \bar{B} i \bar{H} zgodnie skierowane	$\bar{B} = \mu \mu_0^R \bar{H}_R$	9. Równania całkowe Maxwella		
5. Energia pola elektromagnetycznego			$\oint \bar{H} \cdot d\bar{l} = 4\pi I_z$	$4\pi I_z/I_z = 4\pi$	$\oint \bar{H}_R \cdot d\bar{l} = I_z$
$dW = \frac{1}{8\pi} \cdot (\bar{K} \cdot \bar{D} + \bar{H} \cdot \bar{B}) dv$	W w dżulach	$dW = \frac{1}{2} (\bar{K} \cdot \bar{D}_R + \bar{H}_R \cdot \bar{B}) dv$	$\oint \bar{K} \cdot d\bar{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$	K zachowane	$\oint \bar{K} \cdot d\bar{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$
10. Wektor Poyntinga			10. Wektor Poyntinga		
			$\bar{S} = \frac{1}{4\pi} \bar{K} \times \bar{H}$	\bar{S} w watach $\frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$	$\bar{S} = \bar{K} \times \bar{H}_R$

III. Zestawienie nie zracjonalizowanych i zracjonalizowanych wzorów w układzie MKS według racjonalizacji Dellingera

Wielkości klasyczne są bez indeksów			Wielkości zracjonalizowane posiadają indeksy R względnie D		
Wzory klasyczne	Relacje porównawcze	Wzory racjonalne	Wzory klasyczne	Relacje porównawcze	Wzory racjonalne
1. Podstawowe prawa Coulomba			6. Polaryzacja elektryczna		
$F = \frac{Q \cdot Q'}{\epsilon \epsilon_0 \cdot r^2}$	ϵ_0 zachowane	$F = \frac{Q \cdot Q'}{\epsilon \epsilon_0 \cdot r^2}$	$\bar{D} = \epsilon_0 \bar{K} + 4\pi \bar{P}$	Wektory \bar{D} , \bar{K} , \bar{P} zgodnie skierowane	$\bar{D}_R = \frac{1}{4\pi} \epsilon_0 \bar{K} + \bar{P}$
$F = \frac{m \cdot m'}{\mu \mu_0 \cdot r^2}$	μ_0 zachowane	$F = \frac{m \cdot m'}{\mu \mu_0 \cdot r^2}$	$\bar{P} = \frac{dM_e}{dv} = \frac{dQ \cdot \bar{\lambda}}{dv}$	P zachowane	$\bar{P} = \frac{d\bar{M}_e}{dv} = \frac{dQ \cdot \bar{\lambda}}{dv}$
2. Prawa Gaussa			$\epsilon \epsilon_0 = \epsilon_0 + 4\pi \kappa$	ϵ_0 zachowane	$\epsilon \epsilon_0 = \epsilon_0 + 4\pi \kappa$
$\Psi = 4\pi Q$	$\Psi/\Psi_R = 4\pi$	$\Psi_R = Q$	$\kappa = \frac{P}{K} = \epsilon_0 \frac{\epsilon - 1}{4\pi}$	κ zachowane	$\kappa = \frac{P}{K} = \epsilon_0 \frac{\epsilon - 1}{4\pi}$
$\Phi = 4\pi m$	Φ zachowane	$\Phi = 4\pi \cdot m$	7. Polaryzacja magnetyczna		
3. Główne wzory definicyjne			$\bar{B} = \mu_0 \bar{H} + 4\pi \bar{J}$	Wektory B, H, J zgodnie skierowane	$\bar{B} = 4\pi (\mu_0 H_R + \bar{J})$
$Q = \epsilon_0^{1/2} \cdot \tau \cdot F^{1/2}$	Q zachowane	$Q = \epsilon_0^{1/2} \cdot \tau \cdot F^{1/2}$	$\bar{J} = \frac{d\bar{M}_m}{dv} = \frac{dm \cdot \bar{\lambda}}{dv}$	J zachowane	$\bar{J} = \frac{dM_m}{dv} = \frac{dm \cdot \bar{\lambda}}{dv}$
$m = \mu_0^{1/2} \cdot \tau \cdot F^{1/2}$	m zachowane	$m = \mu_0^{1/2} \cdot \tau \cdot F^{1/2}$	$\mu \mu_0 = \mu_0 + 4\pi \chi$	μ_0 zachowane	$\mu \mu_0 = \mu_0 + \chi_D$
$K = F/Q$	K zachowane	$K = F/Q$	$\chi = \frac{J}{H} = \mu_0 \frac{\mu - 1}{4\pi}$	$\chi/\chi_D = 1/4\pi$	$\chi_D = \frac{J}{H_R} = \mu_0 (\mu - 1)$
$H = F/m$	$H/H_R = 4\pi$	$H_R = \frac{1}{4\pi} \frac{F}{m}$	8. Równania różniczkowe Maxwella		
$D = \frac{d\Psi}{ds} = 4\pi \frac{dQ}{ds}$	$D/D_R = 4\pi$	$D_R = \frac{d\Psi_R}{ds} = \frac{dQ}{ds}$	$\text{rot } \bar{H} = 4\pi \bar{j} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t}$	$\text{rot } \bar{H}/\text{rot } H_R = 4\pi$	$\text{rot } \bar{H}_R = \bar{j} + \frac{\partial D_R}{\partial t}$
$B = \frac{d\Phi}{ds}$	B zachowane	$B = \frac{d\Phi}{ds}$	$\text{rot } \bar{K} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}$	rot \bar{K} zachowana	$\text{rot } K = -\frac{\partial B}{\partial t}$
4. Związki wektorów pól elektrycznych i magnetycznych w ośrodkach izotropowych			$\text{div } \bar{D} = 4\pi \rho$	$\text{div } \bar{D}/\text{div } D_R = 4\pi$	$\text{div } D_R = \rho$
$\bar{D} = \epsilon \epsilon_0 \bar{K}$	Wektory \bar{D} i \bar{K} zgodnie skierowane	$\bar{D}_R = \frac{1}{4\pi} \epsilon \epsilon_0 \bar{K}$	$\text{div } \bar{B} = 0$	div \bar{B} zachowana	$\text{div } B = 0$
$\bar{B} = \mu \mu_0 \bar{H}$	Wektory \bar{B} i \bar{H} zgodnie skierowane	$\bar{B} = 4\pi \mu \mu_0 \bar{H}_R$	9. Równania całkowe Maxwella		
5. Energia pola elektromagnetycznego			$\oint \bar{H} \cdot d\bar{l} = 4\pi I_z$	$4\pi I_z/I_z = 4\pi$	$\oint \bar{H}_R \cdot d\bar{l} = I_z$
$dW = \frac{1}{8\pi} (\bar{K} \cdot \bar{D} + \bar{H} \cdot \bar{B}) dv$	W w dżulach	$dW = \frac{1}{2} (\bar{K} \cdot \bar{D}_R + \bar{H}_R \cdot \bar{B}) dv$	$\oint \bar{K} \cdot d\bar{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$	K zachowane	$\oint \bar{K} \cdot d\bar{l} = -\frac{d\phi}{dt}$
10. Wektor Poyntinga			10. Wektor Poyntinga		
			$\bar{S} = \frac{1}{4\pi} \bar{K} \times \bar{H}$	S w watach m ²	$\bar{S} = \bar{K} \times \bar{H}_R$

L. 2. Tablica. Jednostki znamionowe i wymiarowe w układach CGS—Gausa (G) i CGS—Lorentza (L)

Nazwy i znaki wielkości fizycznych		Układ CGS—Gausa centymetr, gram, sekunda			Układ CGS—Lorentza centymetr, gram, sekunda			Relacje porównawcze			
Stała dielektryczna próżni		$\epsilon_0 = 1$ (ϵ) = 1, (ϵ) = 1			$\epsilon_0 = 1$ (ϵ) = 1, (ϵ) = 1			wielkości wymiarowych i liczbowych	jednostek znamionowych		
Przenikalność magnetyczna próżni		$\mu_0 = 1$ (μ) = 1, (μ) = 1			$\mu_0 = 1$ (μ) = 1, (μ) = 1						
$\epsilon_0 \mu_0 C_0^2 = C_0^2$ $C_0 = (2,99796 \pm 0,00004) \cdot 10^{10}$ cm/sek		Nazwy i znaki jednostek znamionowych		Jednostki wymiarowe	Nazwy i znaki jednostek znamionowych		Jednostki wymiarowe	w układach G i L			
1	Nabój elektryczny	Q	elektrokulomb	EC	cm ^{3/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	1	lorentzkulomb	LC	cm ^{3/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$Q_G/Q_L = 1/\sqrt{4\pi}$	$EC/LC = \sqrt{4\pi}$
2	Natężenie prądu	I	elektroamper	EA	cm ^{3/2} g ^{1/2} sek ⁻²	2	lorentzamper	LA	cm ^{3/2} g ^{1/2} sek ⁻²	$I_G/I_L = 1/\sqrt{4\pi}$	$EA/LA = \sqrt{4\pi}$
3	Napięcie elektryczne	U	elektrowolt	EV	cm ^{1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	3	lorentzwolt	LV	cm ^{1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$U_G/U_L = \sqrt{4\pi}$	$EV/LV = 1/\sqrt{4\pi}$
4	Opór omowy	R	elektroom	EΩ	cm ⁻¹ sek	4	lorentzom	LΩ	cm ⁻¹ sek	$R_G/R_L = 4\pi$	$EΩ/LΩ = 1/4\pi$
5	Indukcyjność	L	elektrohenr	EH	cm ⁻¹ sek ²	5	lorentzhenr	LH	cm ⁻¹ sek ²	$L_G/L_L = 4\pi$	$EH/LH = 1/4\pi$
6	Pojemność elektryczna	C	elektrofarad	EF	cm	6	lorentzfarad	LF	cm	$C_G/C_L = 1/4\pi$	$EF/LF = 4\pi$
7	Strumień elektryczny	Ψ	*) elektrothomson	ETh	cm ^{3/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	7	*) lorentzthomson	LTh	cm ^{3/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$Ψ_G/Ψ_L = \sqrt{4\pi}$	$ETh/LTh = 1/\sqrt{4\pi}$
8	Indukcja elektryczna	D	*) elektrofranklin	EFr	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	8	*) lorentzfranklin	LFr	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$D_G/D_L = \sqrt{4\pi}$	$EFr/LFr = 1/\sqrt{4\pi}$
9	Natężenie pola elektr.	K	*) elektropriestley	EPr	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	9	*) lorentzpriestley	LPr	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$K_G/K_L = \sqrt{4\pi}$	$EPr/LPr = 1/\sqrt{4\pi}$
10	Elektryzacja	P	*) elektrorowland	ERd	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	10	*) lorentzrowland	LRd	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$P_G/P_L = 1/\sqrt{4\pi}$	$ERd/LRd = \sqrt{4\pi}$
11	Masa magnetyczna	m	magnetomagn	MMg	cm ^{3/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	11	lorentzmagn	LMg	cm ^{3/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$m_G/m_L = 1/\sqrt{4\pi}$	$MMg/LMg = \sqrt{4\pi}$
12	Strumień magnetyczny	Φ	makswel	Mx	cm ^{3/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	12	lorentzmakswel	LMx	cm ^{3/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$Φ_G/Φ_L = \sqrt{4\pi}$	$Mx/LMx = 1/\sqrt{4\pi}$
13	Indukcja magnetyczna	B	gaus	Gs	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	13	lorentzgaus	LGs	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$B_G/B_L = \sqrt{4\pi}$	$Gs/LGs = 1/\sqrt{4\pi}$
14	Natężenie pola magnet.	H	ersted	Oe	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	14	lorentzersted	LOe	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$H_G/H_L = \sqrt{4\pi}$	$Oe/LOe = 1/\sqrt{4\pi}$
15	Magnetyzacja	J	*) ker	Kr	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	15	*) lorentzker	LKr	cm ^{-1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$J_G/J_L = 1/\sqrt{4\pi}$	$Kr/LKr = \sqrt{4\pi}$
16	Siła magnetomotoryczna	N	gilbert	Gb	cm ^{1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	16	lorentzgilbert	LGb	cm ^{1/2} g ^{1/2} sek ⁻¹	$N_G/N_L = \sqrt{4\pi}$	$Gb/LGb = 1/\sqrt{4\pi}$
17	Opór magnetyczny	S	*) ewing	Ew	cm ⁻¹	17	*) ewing	Ew	cm ⁻¹	$S_G/S_L = 1$	$Ew/Ew = 1$
18	Energia	W	erg = 10 ⁻⁷ dżul		cm ² g sek ⁻²	18	erg = 10 ⁻⁷ dżul		cm ² g sek ⁻²	$W_G/W_L = 1$	$erg/erg = 1$

*) Jednostki znamionowe wg propozycji autora.

L. 3. Zestawienie podstawowych wzorów klasycznych i racjonalnych w układach Gaussa i Lorentza

Wzory klasyczne	Wzory racjonalne	Wzory klasyczne	Wzory racjonalne
1. Równania różniczkowe Maxwella		6. Polaryzacja elektryczna	
$\text{rot } \bar{H}_G = \frac{4\pi}{c} \bar{j}_G + \frac{1}{c} \frac{\partial \bar{D}_G}{\partial t}$	$\text{rot } \bar{H}_L = \frac{1}{c} \bar{j}_L + \frac{1}{c} \frac{\partial \bar{D}_L}{\partial t}$	$\bar{D}_G = \epsilon_0 \bar{K}_G + 4\pi \bar{P}_G$	$\bar{D}_L = \epsilon_0 \bar{K}_L + \bar{P}_L$
$\text{rot } \bar{K}_G = -\frac{1}{c} \frac{\partial \bar{B}_G}{\partial t}$	$\text{rot } \bar{K}_L = -\frac{1}{c} \frac{\partial \bar{B}_L}{\partial t}$	$\bar{K}_G = \frac{\bar{F}}{Q_G}$	$\bar{K}_L = \frac{\bar{F}}{Q_L}$
$\text{div } \bar{D}_G = 4\pi \rho_G$	$\text{div } \bar{D}_L = \rho_L$	$\bar{P}_G = \frac{d\bar{M}_e^G}{dv}$	$\bar{P}_L = \frac{d\bar{M}_e^L}{dv}$
$\text{div } \bar{B}_G = 0$	$\text{div } \bar{B}_L = 0$	$\epsilon\epsilon_0 = \epsilon_0 + 4\pi \chi_G$	$\epsilon\epsilon_0 = \epsilon_0 + \chi_L$
2. Równania całkowe Maxwella		$\chi_G = \frac{P_G}{K_G} = \epsilon_0 \frac{\epsilon - 1}{4\pi}$	$\chi_L = \frac{P_L}{K_L} = \epsilon_0 (\epsilon - 1)$
$\oint \bar{H}_G d\bar{l} = \frac{4\pi}{c} I_G + \frac{1}{c} \frac{d\Psi_G}{dt}$	$\oint \bar{H}_L d\bar{l} = \frac{1}{c} I_L + \frac{1}{c} \frac{d\Psi_L}{dt}$	$\chi_G / \chi_L = \frac{1}{4\pi}$	
$\oint \bar{K}_G d\bar{l} = -\frac{1}{c} \frac{d\Phi_G}{dt}$	$\oint \bar{K}_L d\bar{l} = -\frac{1}{c} \frac{d\Phi_L}{dt}$	7. Polaryzacja magnetyczna	
3. Prawa Gaussa		$\bar{B}_G = \mu_0 \bar{H}_G + 4\pi \bar{J}_G$	$\bar{B}_L = \mu_0 \bar{H}_L + \bar{J}_L$
$\Psi_G = 4\pi Q_G$	$\Psi_L = Q_L$	$\bar{H}_G = \frac{\bar{F}}{m_G}$	$\bar{H}_L = \frac{\bar{F}}{m_L}$
$\Phi_G = 4\pi m_G$	$\Phi_L = m_L$	$\bar{J}_G = \frac{d\bar{M}_m^G}{dv}$	$\bar{J}_L = \frac{d\bar{M}_m^L}{dv}$
4. Energia pola elektrycznego i magnetycznego		$\mu\mu_0 = \mu_0 + 4\pi \chi_G$	$\mu\mu_0 = \mu_0 + \chi_L$
$dW_e = \frac{1}{8\pi} \bar{K}_G \cdot \bar{D}_G \cdot dv$	$dW_e = \frac{1}{2} \bar{K}_L \cdot \bar{D}_L \cdot dv$	$\chi_G = \frac{J_G}{H_G} = \mu_0 \frac{\mu - 1}{4\pi}$	$\chi_L = \frac{J_L}{H_L} = \mu_0 (\mu - 1)$
$dW_m = \frac{1}{8\pi} \bar{H}_G \cdot \bar{B}_G \cdot dv$	$dW_m = \frac{1}{2} \bar{H}_L \cdot \bar{B}_L \cdot dv$	$\chi_G / \chi_L = \frac{1}{4\pi}$	
5. Wektor Poyntinga		W układach CGS—Gaussa i CGS—Lorentza jest wymiarowo zgodnie z założeniami Maxwella:	
$\bar{S} = \frac{c}{4\pi} \bar{K}_G \times \bar{H}_G$	$\bar{S} = c \bar{K}_L \times \bar{H}_L$	$\epsilon_0 = 1 \langle \epsilon \rangle = 1$, czyli $\langle \epsilon \rangle = 1$ $\mu_0 = 1 \langle \mu \rangle = 1$, czyli $\langle \mu \rangle = 1$	
S w $\frac{\text{ergach/sek}}{\text{cm}^2}$		$\langle \epsilon \rangle$ jednostka wymiarowa stałej dielektrycznej, $\langle \mu \rangle$ jednostka wymiarowa przenikalności magnetycznej, ϵ względna stała dielektryczna, μ względna przenikalność magnetyczna ośrodka izotropowego. $c = (2,99796 \pm 0,00004) \cdot 10^{10}$ w cm/sek.	

A. Tablica jednostek normalnego, tj. niezracjonalizowanego układu MKS—Giorgiego

Nazwy wielkości	Nazwy i znaki jednostek znamionowych	Relacje porównawcze jednostek układu normalnego MKS w odniesieniu do układu normalnego EM—CGS	Określenia wymiarowe jednostek elektrotechnicznych w układach normalnych 4-ro jednostkowych MKS				
			MKS (μ)	MKSA	MKS Ω	VA m sek	
			m, kg, sek, $\langle \mu \rangle$	m, kg, sek, A	m, kg, sek, Ω	V, A, m, sek	
Stała przenikalności magnetycznej próżni		$\mu_0 = 10^{-7}$ <jednostek>	$\mu_0 = 10^{-7} \langle \mu \rangle$	$\mu_0 = 10^{-7} \frac{\text{m kg}}{\text{A}^2 \text{ sek}^2}$	$\mu_0 = 10^{-7} \frac{\Omega \text{ sek}}{\text{m}}$	$\mu_0 = 10^{-7} \frac{\text{V sek}}{\text{A m}}$	
Stała dielektryczna próżni		$\epsilon_0 = \frac{10^7}{c_0^2}$ <jednostek>	$\epsilon_0 = \frac{10^7}{c_0^2} \text{m}^{-2} \text{sek}^2 \langle \mu \rangle^{-1}$	$\epsilon_0 = \frac{10^7 \text{ sek}^4 \text{ A}^2}{c_0^2 \text{ m}^3 \text{ kg}}$	$\epsilon_0 = \frac{10^7 \text{ sek}}{c_0^2 \Omega \text{ m}}$	$\epsilon_0 = \frac{10^7 \text{ A sek}}{c_0^2 \text{ V m}}$	
$\epsilon_0 \mu_0 c_0^2 = 1$		$c_0 = (2,99796 \pm 0,00004) 10^8 \text{ w } \frac{\text{m}}{\text{sek}}$	$\langle \mu \rangle = 10^7$	$\frac{\text{A}}{\text{m}^{1/2} \text{ kg}^{1/2} \text{ sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{-1/2}}$	$\Omega \cong \text{m sek}^{-1} \langle \mu \rangle$	V i A jak w MKS (μ)	
1 Nabój elektryczny	kulomb	C	$C = \frac{1}{10} \text{MC} \cong \frac{1}{10} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	A sek	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek
2 Natężenie prądu	amper	A	$A = \frac{1}{10} \text{MA} \cong \frac{1}{10} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	A	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{-1/2}$	A
3 Napięcie elektryczne	wolt	V	$V = 10^8 \text{MV} \cong 10^8 \text{cm}^{3/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-2}$	$\text{m}^{3/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-2} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-3} \text{A}^{-1}$	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{1/2}$	V
4 Opór omowy	om	Ω	$\Omega = 10^9 \text{M}\Omega \cong 10^9 \text{cm sek}^{-1}$	$\text{m sek}^{-1} \langle \mu \rangle$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-3} \text{A}^{-2}$	Ω	V A ⁻¹
5 Indukcyjność	henr	H	$H = 10^9 \text{MH} \cong 10^9 \text{cm}$	$\text{m} \langle \mu \rangle$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-2}$	$\Omega \text{ sek}$	V A ⁻¹ sek
6 Pojemność elektryczna	farad	F	$F = 10^{-9} \text{MF} \cong 10^{-9} \text{cm}^{-1} \text{sek}^2$	$\text{m}^{-1} \text{sek}^2 \langle \mu \rangle^{-1}$	$\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{sek}^4 \text{A}^2$	$\Omega^{-1} \text{sek}$	V ⁻¹ A sek
7 Strumień elektryczny	*) thomson	Th	$\text{Th} = \frac{1}{10} \text{MTh} \cong \frac{1}{10} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	A sek	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek
8 Indukcja elektryczna	*) franklin	Fr	$\text{Fr} = 10^{-5} \text{MFr} \cong 10^{-5} \text{cm}^{-3/2} \text{g}^{1/2}$	$\text{m}^{-3/2} \text{kg}^{1/2} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	$\text{m}^{-2} \text{A sek}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek m ⁻²
9 Natężenie pola elektrycznego	*) priestley	Pr	$\text{Pr} = 10^6 \text{MPr} \cong 10^6 \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-2}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-2} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{m kg sek}^{-3} \text{A}^{-1}$	$\text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{1/2}$	V m ⁻¹
10 Elektryzacja	*) rowland	Rd	$\text{Rd} = 10^{-5} \text{MRd} \cong 10^{-5} \text{cm}^{-3/2} \text{g}^{1/2}$	$\text{m}^{-3/2} \text{kg}^{1/2} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	$\text{m}^{-2} \text{A sek}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek m ⁻²
11 Masa magnetyczna	magn	Mg	$\text{Mg} = 10^8 \text{MMg} \cong 10^8 \text{cm}^{3/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{3/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek
12 Strumień magnetyczny	weber	Wb	$\text{Wb} = 10^8 \text{Mx} \cong 10^8 \text{cm}^{3/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{3/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek
13 Indukcja magnetyczna	miriagaus	maGs	$\text{maGs} = 10^4 \text{Gs} \cong 10^4 \text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek m ⁻²
14 Natężenie pola magnetycznego	miliersted	mOe	$\text{mOe} = 10^{-3} \text{Oe} \cong 10^{-3} \text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{m}^{-1} \text{A}$	$\text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{-1/2}$	A m ⁻¹
15 Magnetyzacja	*) miriakerr	maKr	$\text{maKr} = 10^4 \text{Kr} \cong 10^4 \text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek m ⁻²
16 Siła magneto-motoryczna	decygilbert	dcGb	$\text{dcGb} = \frac{1}{10} \text{Gb} \cong \frac{1}{10} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	A	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{-1/2}$	A
17 Opór magnetyczny	*) nanoewing	nEw	$\text{nEw} = 10^{-9} \text{Ew} \cong 10^{-9} \text{cm}^{-1}$	$\text{m}^{-1} \langle \mu \rangle^{-1}$	$\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{sek}^2 \text{A}^2$	$\text{sek}^{-1} \Omega^{-1}$	V ⁻¹ A sek ⁻¹

*) Nazwy jednostek znamionowych według propozycji autora (w pisowni oryginalnej według nazwisk).

B. Tablica jednostek zracjonalizowanego układu MKS—Giorgiego

Nazwy wielkości	Nazwy i znaki jednostek znamionowych	Relacje porównawcze jednostek w odniesieniu do układu normalnego MKS i układu normalnego EM—CGS	Określenia wymiarowe jednostek elektrotechnicznych w układach 4-ro jednostkowych zracjonalizowanych MKS **)				
			MKS (μ)	MKSA	MKS Ω	VA m sek	
			m, kg, sek, (μ)	m, kg, sek, A	m, kg, sek, Ω	V, A, m, sek	
Zracjonalizowana stała przenikalności magnetycznej próżni		$\mu_0^R = 4\pi \mu_0, \mu_0 = 10^{-7}$ (jednostek)	$\mu_0^R = 4\pi 10^{-7} (\mu)$	$\mu_0^R = 4\pi 10^{-7} \frac{\text{m kg}}{\text{A}^2 \text{sek}^2}$	$\mu_0^R = 4\pi 10^{-7} \frac{\Omega \text{sek}}{\text{m}}$	$\mu_0^R = 4\pi 10^{-7} \frac{\text{V sek}}{\text{A m}}$	
Zracjonalizowana stała dielektryczna próżni		$\epsilon_0^R = \frac{1}{4\pi} \epsilon_0, \epsilon_0 = \frac{10^7}{c_0^2}$ (jednostek)	$\epsilon_0^R = \frac{10^7}{4\pi c_0^2} \text{m}^{-2} \text{sek}^2 (\mu)^{-1}$	$\epsilon_0^R = \frac{10^7 \text{sek}^4 \text{A}^2}{4\pi c_0^2 \text{m}^3 \text{kg}}$	$\epsilon_0^R = \frac{10^7 \text{sek}}{4\pi c_0^2 \Omega \text{m}}$	$\epsilon_0^R = \frac{10^7 \text{A sek}}{4\pi c_0^2 \text{V m}}$	
$\epsilon_0^R \mu_0^R c_0^2 = 1$		$c_0 = (2,99796 \pm 0.00004) 10^8 \text{ w } \frac{\text{m}}{\text{sek}}$	$(\mu) = 10^7$	$\frac{\text{A}}{\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} (\mu)^{-1/2}}$	$\frac{\Omega}{\text{m sek}^{-1} (\mu)}$	$\frac{\text{V i A}}{\text{jak w MKS } (\mu)}$	
1 Nabój elektryczny	kulomb	C	$C = \frac{1}{10} \text{MC} \cong \frac{1}{10} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} (\mu)^{-1/2}$	A sek	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek
2 Natężenie prądu	amper	A	$A = \frac{1}{10} \text{MA} \cong \frac{1}{10} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} (\mu)^{-1/2}$	A	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{-1/2}$	A
3 Napięcie elektryczne	wolt	V	$V = 10^8 \text{MV} \cong 10^8 \text{cm}^{3/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-2}$	$\text{m}^{3/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-2} (\mu)^{1/2}$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-3} \text{A}^{-1}$	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{1/2}$	V
4 Opór omowy	om	Ω	$\Omega = 10^9 \text{M}\Omega \cong 10^9 \text{cm sek}^{-1}$	$\text{m sek}^{-1} (\mu)$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-3} \text{A}^{-2}$	Ω	V A^{-1}
5 Indukcyjność	henr	H	$H = 10^9 \text{MH} \cong 10^9 \text{cm}$	$\text{m } (\mu)$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-2}$	Ωsek	$\text{V A}^{-1} \text{sek}$
6 Pojemność elektryczna	farad	F	$F = 10^{-9} \text{MF} \cong 10^{-9} \text{cm}^{-1} \text{sek}^2$	$\text{m}^{-1} \text{sek}^2 (\mu)^{-1}$	$\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{sek}^4 \text{A}^2$	$\Omega^{-1} \text{sek}$	$\text{V}^{-1} \text{A sek}$
7 Strumień elektryczny	*) ratthomson	RTh	$= 4\pi \text{Th} = 4\pi \frac{1}{10} \text{MTh} \cong 4\pi \frac{1}{10} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} (\mu)^{-1/2}$	A sek	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek
8 Indukcja elektryczna	*) ratfranklin	RFr	$= 4\pi \text{Fr} = 4\pi 10^{-5} \text{MFr} \cong 4\pi 10^{-5} \text{cm}^{-3/2} \text{g}^{1/2}$	$\text{m}^{-3/2} \text{kg}^{1/2} (\mu)^{-1/2}$	$\text{m}^{-2} \text{A sek}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek m^{-2}
9 Natężenie pola elektrycznego	*) priestley	Pr	$\text{Pr} = 10^6 \text{MPr} \cong 10^6 \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-2}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-2} (\mu)^{1/2}$	$\text{m kg sek}^{-3} \text{A}^{-1}$	$\text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{1/2}$	V m^{-1}
10 Elektryzacja	*) rowland	Rd	$\text{Rd} = 10^{-5} \text{MRd} \cong 10^{-5} \text{cm}^{-3/2} \text{g}^{1/2}$	$\text{m}^{-3/2} \text{kg}^{1/2} (\mu)^{-1/2}$	$\text{m}^{-2} \text{A sek}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek m^{-2}
11 Masa magnetyczna	*) ratmagn	RMg	$= \frac{1}{4\pi} \text{Mg} = \frac{1}{4\pi} 10^8 \text{MMg} \cong \frac{1}{4\pi} 10^8 \text{cm}^{3/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{3/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} (\mu)^{1/2}$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek
12 Strumień magnetyczny	weber	Wb	$\text{Wb} = 10^8 \text{Mx} \cong 10^8 \text{cm}^{3/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{3/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} (\mu)^{1/2}$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek
13 Indukcja magnetyczna	miriagaus	maGs	$\text{maGs} = 10^4 \text{Gs} \cong 10^4 \text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} (\mu)^{1/2}$	$\text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek m^{-2}
14 Natężenie pola magnetycznego	*) ratmiliersted	RmOe	$= 4\pi \text{mOe} = 4\pi 10^{-2} \text{Oe} \cong 4\pi 10^{-3} \text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} (\mu)^{-1/2}$	$\text{m}^{-1} \text{A}$	$\text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{-1/2}$	A m^{-1}
15 Magnetyzacja	*) ratmiriakerr	RmaKr	$= \frac{1}{4\pi} \text{maKr} = \frac{1}{4\pi} 10^4 \text{Kr} \cong \frac{1}{4\pi} 10^4 \text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} (\mu)^{1/2}$	$\text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek m^{-2}
16 Siła magneto-motoryczna	*) ratdecygilbert	RdcGb	$= 4\pi \text{dcGb} = \frac{4\pi}{10} \text{Gb} \cong \frac{4\pi}{10} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} (\mu)^{-1/2}$	A	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{-1/2}$	A
17 Opór magnetyczny	*) ratnanoewing	RnEw	$= 4\pi \text{nEw} = 4\pi 10^{-9} \text{Ew} \cong 4\pi 10^{-9} \text{cm}^{-1}$	$\text{m}^{-1} (\mu)^{-1}$	$\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{sek}^2 \text{A}^2$	$\text{sek}^{-1} \Omega^{-1}$	$\text{V}^{-1} \text{A sek}^{-1}$

*) Jednostki znamionowe zracjonalizowane wg propozycji autora (w pisowni oryginalnej według nazwisk).

**) Jednostki wymiarowe są takie same jak w niezracjonalizowanym układzie MKS

Tablica główna. Określenie wymiarowe jednostek elektrotechnicznych absolutnych układu MKS skojarzonego z układem EM

Nazwy wielkości	Nazwy i znaki jednostek znamionowych		Określenia wymiarowe w układach normalnych 3-jednostkowych EM		Określenia wymiarowe jednostek elektrotechnicznych w układach normalnych 4-ro jednostkowych MKS			
			EM—CGS	EM—MKS	MKS $\langle \mu \rangle$	MKSA	MKS Ω	VA m sek
			cm, g, sek	m, kg, sek	m, kg, sek, $\langle \mu \rangle$	m, kg, sek, A	m, kg, sek, Ω	V, A, m, sek
Stała przenikalności magnetycznej próżni			$\mu_0 = 1$	$\mu_0 = 10^{-7} (10^7)$	$\mu_0 = 10^{-7} \langle \mu \rangle$	$\mu_0 = 10^{-7} \frac{\text{m kg}}{\text{A}^2 \text{sek}^2}$	$\mu_0 = 10^{-7} \frac{\Omega \text{sek}}{\text{m}}$	$\mu_0 = 10^{-7} \frac{\text{V sek}}{\text{A m}}$
Stała dielektryczna próżni			$\epsilon_0 = \frac{1}{c_0^2} \text{cm}^{-2} \text{sek}^2$	$\epsilon_0 = \frac{10^{11}}{c_0^2} (10^{11} \text{m}^{-1} \text{sek}^2)$	$\epsilon_0 = \frac{10^{11}}{c_0^2} \text{m}^{-2} \text{sek}^2 \langle \mu \rangle^{-1}$	$\epsilon_0 = \frac{10^{11} \text{sek}^4 \text{A}^2}{c_0^2 \text{m}^3 \text{kg}}$	$\epsilon_0 = \frac{10^{11} \text{sek}}{c_0^2 \Omega \text{m}}$	$\epsilon_0 = \frac{10^{11} \text{A sek}}{c_0^2 \text{V m}}$
$\epsilon_0 \mu_0 c_0^2 = 1$			$c_0 = (2,99796 \pm 0,00004) 10^{10} \text{ w } \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$		$\langle \mu \rangle = 10^7$	$\text{A} = \text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	$\Omega = \text{m sek}^{-1} \langle \mu \rangle$	V i A jak w MKS $\langle \mu \rangle$
1	Nabój elektryczny	kulomb	C	$10^{-1} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} = (10^7)^{-1/2} \text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	A sek	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek
2	Natężenie prądu	amper	A	$10^{-1} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1} = (10^7)^{-1/2} \text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	A	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{-1/2}$	A
3	Napięcie elektryczne	wołt	V	$10^8 \text{cm}^{3/2} \text{g}^{3/2} \text{sek}^{-2} = (10^7)^{1/2} \text{m}^{3/2} \text{kg}^{3/2} \text{sek}^{-2}$	$\text{m}^{3/2} \text{kg}^{3/2} \text{sek}^{-2} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-3} \text{A}^{-1}$	$\text{m kg}^{3/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{1/2}$	V
4	Opór omowy	om	Ω	$10^9 \text{cm sek}^{-1} = (10^7) \text{m sek}^{-1}$	$\text{m sek}^{-1} \langle \mu \rangle$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-3} \text{A}^{-2}$	Ω	V A^{-1}
5	Indukcyjność	henr	H	$10^9 \text{cm} = (10^7) \text{m}$	$\text{m} \langle \mu \rangle$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-2}$	Ωsek	$\text{V A}^{-1} \text{sek}$
6	Pojemność elektryczna	farad	F	$10^{-9} \text{cm}^{-1} \text{sek}^2 = (10^7)^{-1} \text{m}^{-1} \text{sek}^2$	$\text{m}^{-1} \text{sek}^2 \langle \mu \rangle^{-1}$	$\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{sek}^4 \text{A}^2$	$\Omega^{-1} \text{sek}$	$\text{V}^{-1} \text{A sek}$
7	Strumień elektryczny			$10^{-1} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} = (10^7)^{-1/2} \text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	A sek	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek
8	Indukcja elektryczna			$10^{-5} \text{cm}^{-3/2} \text{g}^{3/2} = (10^7)^{-1/2} \text{m}^{-3/2} \text{kg}^{3/2}$	$\text{m}^{-3/2} \text{kg}^{3/2} \langle \mu \rangle^{-3/2}$	$\text{m}^{-2} \text{A sek}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{3/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek m^{-2}
9	Natężenie pola elektrycznego			$10^6 \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-2} = (10^7)^{1/2} \text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-2}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-2} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{m kg sek}^{-3} \text{A}^{-1}$	$\text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{1/2}$	V m^{-1}
10	Elektryzacja			$10^{-5} \text{cm}^{-3/2} \text{g}^{3/2} = (10^7)^{-1/2} \text{m}^{-3/2} \text{kg}^{3/2}$	$\text{m}^{-3/2} \text{kg}^{3/2} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	$\text{m}^{-2} \text{A sek}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{3/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{-1/2}$	A sek m^{-2}
11	Masa magnetyczna			$10^8 \text{cm}^{3/2} \text{g}^{3/2} \text{sek}^{-1} = (10^7)^{1/2} \text{m}^{3/2} \text{kg}^{3/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{3/2} \text{kg}^{3/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m kg}^{3/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek
12	Strumień magnetyczny	*) weber	Wb	$10^8 \text{cm}^{3/2} \text{g}^{3/2} \text{sek}^{-1} = (10^7)^{1/2} \text{m}^{3/2} \text{kg}^{3/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{3/2} \text{kg}^{3/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{m}^2 \text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m kg}^{3/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek
13	Indukcja magnetyczna	*) miriagaus	maGs	$10^4 \text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1} = (10^7)^{1/2} \text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{3/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek m^{-2}
14	Natężenie pola magnetycznego	*) miliersted	mOe	$10^{-3} \text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1} = (10^7)^{-1/2} \text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	$\text{m}^{-1} \text{A}$	$\text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{-1/2}$	A m^{-1}
15	Magnetyzacja			$10^4 \text{cm}^{-1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1} = (10^7)^{1/2} \text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{1/2}$	$\text{kg sek}^{-2} \text{A}^{-1}$	$\text{m}^{-1} \text{kg}^{3/2} \text{sek}^{-1/2} \Omega^{1/2}$	V sek m^{-2}
16	Sila magneto-motoryczna	*) decygilbert	dcGb	$10^{-1} \text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{sek}^{-1} = (10^7)^{-1/2} \text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1}$	$\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{sek}^{-1} \langle \mu \rangle^{-1/2}$	A	$\text{m kg}^{1/2} \text{sek}^{-3/2} \Omega^{-1/2}$	A
17	Opór magnetyczny			$10^{-9} \text{cm}^{-1} = (10^7)^{-1} \text{m}^{-1}$	$\text{m}^{-1} \langle \mu \rangle^{-1}$	$\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{sek}^2 \text{A}^2$	$\text{sek}^{-1} \Omega^{-1}$	$\text{V}^{-1} \text{A sek}^{-1}$

*) Według projektu francuskiego z 1948 r. (pisownia polska). Puste miejsca oznaczają brak nazw i znaków jednostek znamionowych.