

curven 3-er bis 4-er Ordnung in synthetischer Behandlung“, Lipsk, 1896 (sprawozdawca prof. K. A. Andrejew w Moskwie). Sprawozdawcom Fr. Engelowi i K. A. Andrejewowi przyznano za ich prace medale złote.

Stowarzyszenie międzynarodowe uprawy nauki kwaternionów i innych związanych z niemi systemów matematyki. Ze sprawozdania (marzec, 1901) dowiadujemy się, że prezydentem Stowarzyszenia był Charles Jasper Joly, profesor astronomii w Dublinie, sekretarzem generalnym i skarbnikiem Aleks. Macfarlane, prof. fizyki matematycznej w Lehigh, Univ. Sout Bethlehem (w Pensylwanii). Australia, Francya, Niemcy, Wielka Brytania z Irlandyą, Holandya, Włochy, Japonia, Rosya, Szwajcarya i Stany Zjednoczone mają po jednym sekretarzu narodowym. Towarzystwo liczy członków 68. Stowarzyszenie (zapoczątkowane w r. 1895) dotąd jeszcze nie wyszło z fazy organizacyjnej: niema właściwie stałej siedziby i zgromadzeń nie zwołuje. Wybory prezydium i sekretarzy, porozumiewanie się prezydium z członkami następuje drogą korespondencyj. Sekretarz generalny, prof. Macfarlane, opracowuje obecnie bibliografię prac, których treść dotyczy przedmiotów, wchodzących do programu zadań Stowarzyszenia. Będzie to pierwsza publikacya Stowarzyszenia.



K O R E S P O N D E N C Y A .

W sprawie jednostek elektrycznych i magnetycznych.

Szanowny Panie Redaktorze,

Mało jest zapewne kwestyj w nauce, które zasadniczo już nie dopuszczają zarzutów, których rzetelność jest wielkością tego rzędu, co rzetelność zasady energii lub zasady entropii. Wszystkie pozostałe, w ogromnej większości, nie mają charakteru prawd, tak dokładnie i wielokrotnie sprawdzonych; przeciwnie, jak nas uczy historia wiedzy, budzą one częstokroć wątpliwości i są przedmiotem zarzutów, które zresztą niekiedy mogą być tylko pozorne.

W szczególności takie pole do zarzutów przedstawia, zdaniem naszym, dalszejsza teoria wymiarów w fizyce, na co też w niniejszej korespondencji chcielibyśmy zwrócić uwagę; czynimy to w tej nadziei, że może kwestya ta pobudzi kogoś do zabrania głosu w tej sprawie lub przyczyni się do ewentualnego rozproszenia wyszczególnionych poniżej zarzutów.

Jak wiadomo, dla ściśłego, naukowego przedstawiania wielkości fizycznych, potrzebnem jest określenie pewnych zasadniczych, a wzajem od siebie niezależnych jednostek. W mechanice okazało się, że przyjęcie trzech zasadniczych jednostek: długości (L), masy (M) i czasu (T), jakkolwiek nie nie-

zbędne, jest jednakowoż wystarczającym i przez nie można wyrazić jednoznacznie każdą pochodną wielkość mechaniczną.

Dla bliższego wyrażenia tej zależności mówi się o wymiarach jednostek pochodnych. Przyjęto mianowicie, że jeżeli jakakolwiek wielkość pochodna zmienia się proporcjonalnie do p -tej potęgi jednostki długości, q -tej potęgi jednostki masy i r -tej jednostki czasu, to uważana wielkość posiada wymiary: p, q i r względem rozważanych jednostek zasadniczych. Wiadomo przytem, że wyrażanie jednostek wielkości pochodnych w funkcji niezależnych uskutecznia się zazwyczaj, czyniąc współczynniki proporcjonalności równymi jedności. Wymiar każdej wielkości fizycznej powinien spełniać dwa warunki kardynalne, a mianowicie:

- 1) powinien być ściśle jednoznacznie określony;
- 2) powinien w pełnej mierze wyczerpywać zależność danej wielkości od wszystkich innych, z którymi znajduje się w związku.

Stąd po pierwsze wypływa, że przy rozpatrywaniu wielkości fizycznych winniśmy zwracać uwagę nie tylko na zależności od jednostek długości (L), masy (M) i czasu (T), lecz musimy uwzględniać też wszelkie inne wielkości niezależne, które charakteryzują rozważane jednostki pochodne i z którymi one znajdują się w związku. Po drugie zaś, nie mogą istnieć dwa różne wymiary jednej i tej samej wielkości, jeżeli w obu przypadkach posługujemy się jednymi i temi samymi jednostkami zasadniczymi.

Otóż dwa te warunki nie są pospolicie zachowywane w panujących układach miar. Pierwszy przykład daje nam w tym względzie teoria ciepła. W niej wyrażono wymiary wszystkich pochodnych jednostek w funkcji tylko wielkości L, M, T , pomijając wymiar temperatury, t. j. pojęcia, szczególnie charakterystycznego w tej dziedzinie. Tak np. Everett w swej książce „Units and physical Constants“ podaje dla przewodnictwa cieplnego k następujące równanie wymiarowe:

$$[k] = ML^{-1}T^{-1}.$$

Równanie to nie spełnia warunku 2), gdyż nie wyczerpuje zależności wielkości k od wszystkich wielkości zasadniczych. Wychodząc z wzoru

$$Q = cks t \frac{T_1 - T_2}{d}$$

(Q —ilość ciepła, s —powierzchnia każdej ze ścian, t —czas, T_1 i T_2 temperatura, d —grubość) i oznaczając przez θ wymiar temperatury, otrzymujemy na k :

$$[k] = M L T^{-3} \theta^{-1}.$$

Analogicznie otrzymalibyśmy dla ciepła właściwego $[c] = L^2 T^{-2} \theta^{-1}$, dla entropii ¹⁾ $[s] = M L^2 T^{-2} \theta^{-1}$ i t. d.

¹⁾ Taki wymiar entropii podany jest we „Wstępie do fizyki teoretycznej“ Wł. Natanson'a (str. 196). Warszawa 1890.

Przechodzimy do nauki o elektryczności i magnetyzmie, która co do panujących układów miar daje pole do dalej jeszcze sięgających zarzutów. Przewszystkiem chociaż teoria i doświadczenie uczą od dość dawna o wpływie dielektryków na zjawiska elektryczne i magnetyczne, a więc dowodzą ich zależności od odpowiednich zdolności indukcyjnych—elektrycznej (K) lub magnetycznej (μ), te ostatnie jednak nie biorą się w rachubę przy tworzeniu wymiarów i przedstawianie zależności ogranicza się tylko do jednostek długości, czasu i masy. Niektórzy starają się to w ten sposób wytłumaczyć, że wybrawszy zupełnie dowolnie i niezależnie zdolność indukcyjną eteru za jednostkę, otrzymujemy dla powietrza (K) lub dla większości ciał w ogóle (μ) liczby bliskie jedności.

Takie tłumaczenie samo przez się niczego nie dowodzi, a jest przy tem w sprzeczności z samem określeniem wymiarów wielkości fizycznych, które żąda, aby zależność danej wielkości od innych ją charakteryzujących, była nie tylko jednoznaczna, lecz i zupełnie wyczerpująca. Z tego też punktu widzenia przyjmując, jako wymiar zdolności indukcyjnej elektrycznej np. K , a magnetycznej μ , i wychodząc z wzoru Coulomba

$$F = C \frac{1}{K} \frac{ee'}{r^2},$$

otrzymujemy równanie wymiarowe:

$$[e] = M^{1/2} L^{3/2} T^{-1} K^{1/2},$$

dla jednostki bieguna elektrycznego. Analogicznie otrzymamy dla jednostki bieguna magnetycznego

$$[m] = M^{1/2} L^{3/2} T^{-1} \mu^{1/2}.$$

Dla jednostek np. natężenia elektrycznego f_e lub magnetycznego f_m można niezależnie znaleźć równanie wymiarowe, posiłkując się np. znanymi wzorami na energię elektryczną W lub magnetyczną W' :

$$W = \frac{1}{8\pi} \iiint K f_e^2 dx dy dz$$

$$W' = \frac{1}{8\pi} \iiint \mu f_m^2 dx dy dz,$$

a mianowicie:

$$[f_e] = M^{1/2} L^{-1/2} T^{-1} K^{-1/2}, \quad [f_m] = M^{1/2} L^{-1/2} T^{-1} \mu^{-1/2} \text{ i t.d.}$$

Często spotkać się można ze zdaniem, że K lub μ są to liczby oderwane, a uzasadnia się to zdanie w ten sposób, że wyrażają one stosunek, ile razy np. energia w jednym dielektryku jest ceteris paribus większa lub mniejsza od energii w drugim dielektryku (np. w powietrzu). Tłumaczenie to jednak nie

jest słuszne. Bez wątpienia możemy wprowadzić nową wielkość pochodną — nazwijmy ją stałą dielektryczną — która będzie wyrażała stosunek zdolności indukcyjnych danego dielektryka do pewnego innego, w którym przyjmujemy go równym jedności (np. w eterze), podobnie jak od pojęcia o gęstości (wymiar ML^{-3}) przechodzimy do gęstości względnej, wielkości bez wymiarów, przedstawiającej liczbę oderwaną; nie upoważnia to jednak bynajmniej do wniosku jakoby K było liczbą oderwaną, której w równaniach wymiarowych uwzględniać nie mamy potrzeby.

Z naszego punktu widzenia należy w równania wymiarowe wielkości elektrycznych i magnetycznych wprowadzać, obok L, M, T , i zależności od odpowiednich zdolności indukcyjnych, które, podobnie jak temperatura w nauce o cieple, charakteryzują w danej dziedzinie całą grupę zjawisk odnośnych.

W ten sposób otrzymamy:

$$(I) \quad \begin{aligned} [\varepsilon] &= L^{1/2} M^{1/2} T^{-1} K^{1/2}, & [m] &= L^{3/2} M^{1/2} T^{-1} \mu^{1/2} \\ [V_s] &= L^{1/2} M^{3/2} T^{-1} K^{1/2}, & [V_m] &= L^{1/2} M^{1/2} T^{-1} \mu^{1/2} \\ [R] &= L^{-1} T K^{-1} \\ [\dot{\varepsilon}] &= L^{1/2} M^{1/2} T^{-2} K^{1/2}, & [f_m] &= L^{-1/2} M^{1/2} T^{-1} \mu^{-1/2} \text{ i t. d.} \end{aligned}$$

(V -potencyał, R -opór, $\dot{\varepsilon}$ -prąd).

Można się jednak ograniczyć na jednym tylko układzie, wprowadzając np. tylko K . Związek między K i μ otrzymujemy, biorąc np. znany wzór Laplace'a:

$$dF = \frac{im \sin \alpha \cdot dl}{r^2}$$

skąd

$$[\mu] = L^{-2} T^2 K^{-1}.$$

Podstawiając to we wzory (I), otrzymujemy następujący układ miar:

$$\begin{aligned} [\varepsilon] &= L^{1/2} M^{1/2} T^{-1} K^{1/2}, \\ [m] &= L^{3/2} M^{1/2} K^{-\frac{1}{2}}, \\ [V_s] &= L^{1/2} M^{3/2} T^{-1} K^{1/2}, \\ [V_m] &= L^{-\frac{1}{2}} M^{1/2} K^{-1/2}, \\ [\dot{\varepsilon}] &= L^{1/2} M^{1/2} T^{-2} K^{1/2} \text{ i t. d.} \end{aligned}$$

Układ ten możnaby nazwać krótko układem magnetoelektrycznym.

Przyjmowanym obecnie układom można uczynić jeszcze drugi ważny zarzut. Zwykle przytaczanym bywa wymiar jednej i tej samej wielkości elektrycznej

lub magnetycznej w dwóch układach miar; mówią np. o wymiarze magnetycznego bieguna w układzie elektrostatycznym lub też pojemności elektrycznej w mierze magnetycznej. Otóż mimo, że porównywanie wymiarów jednostek, wyrażonych w obu układach, odegrało **ważną** rolę w historycznym rozwoju nauki, jest ono jednak zasadniczo niedopuszczalne. Sprzeciwia się ono samemu określeniu pojęcia wymiaru, które żąda jego jednoznaczności, a przytem ukrywa w sobie sprzeczność logiczną, bo już a priori można twierdzić, że żadna wielkość fizyczna nie może się zmieniać w jednym razie proporcjonalnie, np. do potęgi $\frac{3}{2}$, a w drugim do potęgi $\frac{1}{2}$, np. jednostki długości, gdy przy tem wszystkie jednostki pozostają bez zmiany.

Powyższy zarzut nie jest bynajmniej tak odosobniony, jak by się to mogło wydawać: w mniej lub więcej jawnej formie daje się on wyśledzić w literaturze ostatnich lat dwudziestu. Pierwszy bodaj już **Clausius**¹⁾ nie mógł się pogodzić z panującymi układami jednostek elektromagnetycznych i elektrostatycznych; proponował on na to miejsce nowy układ, który jednakowoż opierał się na tych samych jednostkach *L, M, T*.

Wystąpienie **Clausiusa** wywołało żywą dyskusję w świecie naukowym, która toczyła się głównie na szpaltach „*Annalów*“ **Wiedemanna** i „*Philosophical Magazine*“ i zwłaszcza w r. 1883 nader ożywiony miała charakter. Brali w niej udział najwybitniejsi uczeni, że wspomnimy tylko **Helmholtza** i **Hertza**; nie doprowadziła ona do żadnych pozytywnych rezultatów.

Tem nie mniej pytanie, w jaki sposób jedna i ta sama wielkość posiadać może owojakie wymiary, niepokoiło wielu i widocznie musiano je zadawać uczonym, skoro ci ostatni występowali z objaśnieniami tej kwestyi. Najlepszym tego świadectwem może być znane wystąpienie **Jouberta**, który w r. 1882 w „*Journal de Physique*“ (str. 277) następującem porównaniem próbował obalić zarzuty. Przytaczamy jego własne słowa:

„Quelques personnes éprouvent une certaine difficulté à comprendre que deux unités, relatives à une même quantité peuvent être de dimensions et par suite d'espèces différentes. Qu'on me permette, à leur usage, une comparaison très simple. Quand, à la campagne, vous demandez la distance d'un point déterminé, si le cartonnier vous répond 8-km, le paysan vous dit deux heures, le premier employant comme unité une longueur, et le second, un temps: la relation qui lie les deux unités est la même que celle qui unit l'unité d'électricité électrostatique à l'unité électromagnétique, la vitesse du piéton dans le premier cas joue le même rôle que la vitesse de la lumière dans le second“.

Tłómaczenie powyższe, jakkolwiek zręczne, w rzeczywistości jednak niczego nie dowodzi i do naszego pytania weale się nie stosuje. Gdyby wy-

¹⁾ **Clausius** Ueber die verschiedenen Maas-systeme zur Messung electrischer und magnetischer Grössen. Verhandl. des naturhist. Vereins der preuss. Rheinland und Westfal. Bd. XXXIX, marzec 1882.

miary wielkości elektrycznych i magnetycznych wyrażone były każdorazowo w funkcji innych, a nie tych samych jednostek L , M , T , to rzecz naturalna, że i wymiary byłyby różne (tak np. przyjmując za zasadnicze jednostki L , M , T mamy dla siły $[f] = MLT^{-2}$, gdy dla jednostek L , T i E (energia) mielibyśmy $[f] = EL^{-1}$ i t. d.). Ponieważ zaś w fizyce obecnie posługujemy się tylko jednostkami L , M , T , więc i rozgłośnie porównanie Jouberta ma tylko pozory słuszności i w rzeczywistości opiera się na nieporozumieniu.

Bardziej określone wystąpienia przeciwko rozdwarzaniu wymiarów podaje literatura fizyczna ostatniego dziesięciolecia. Tak w r. 1896 ogłosił p. Joubin w „Journal de Physique“ (Tom V, str. 398—401) rozprawę p. t.: „Sur les dimensions des grandeurs électriques et magnétiques“. W początku swej pracy Joubin otwarcie wypowiada zdanie, że „rien n'indique a priori que les grandeurs électriques et magnétiques puissent s'exprimer exclusivement au moyen des unités mécaniques, c'est-à-dire que ces phénomènes soient des manifestations des propriétés purement mécaniques d'un milieu“. Pomimo tego wychodzi p. Joubin w dalszym ciągu swej rozprawy z założenia, że jednakowoż wymiary powyższych wielkości dają się w końcu wyrazić tylko w funkcji od L , M , T , do czego należy tylko znaleźć wymiar w funkcji tych jednostek zdolności indukcyjnych K i μ ; w ogóle dalsze rozumowania Joubina nie są przekonujące i rezultaty bardzo wątpliwe, chociaż zostaje przy nim ta ważna zasługa, że wskazuje on jawnie konieczność wprowadzania w równania wymiarowe, obok L , M , T , jeszcze K i μ .

W ostatnim czasie ogłosił F. Kertler dziełko p. t.: „Die Unität des absoluten Maas-Systems in Bezug auf magnetische und elektrische Größen“ (Leipzig 1899), zawierające krytykę dotychczasowych układów miar. W przeciwieństwie jednak do Joubina, który protestował przeciw wprowadzaniu do wymiarów wielkości K i μ , lecz tolerował rozdwarzanie wymiarów, Kertler wcale nie podnosi pierwszego pytania, lecz głównie zwraca się przeciw niewłaściwości drugiego. Taka jednostronność nie jest naturalnie bez wpływu na rezultaty pracy, która zawiera w ogólności parę myśli zdrowych, chociaż całości wiele zarzucić by można.

Nie mieliśmy tu ani możności, ani miejsca szczegółowego omówienia wszystkich konsekwencji, jakieby z przyjęcia powyższego układu magneto-elektrycznego wynikały; zauważymy tylko, co zresztą jest samo przez się jasne, że równania wymiarowe nie mają znowuż w fizyce tak istotnego znaczenia, aby pewne zmiany w ich przedstawianiu miały za sobą pociągać jakąś głębszą reformę. Tem niemniej dążenie do ich ulepszenia przez usuwanie ewentualnych braków jest sprawą godną uwagi i pilną do rozstrzygnięcia.

Proszę przyjąć i t. d.

Warszawa, we wrześniu 1901 r.

Wł. Gorczyński.

