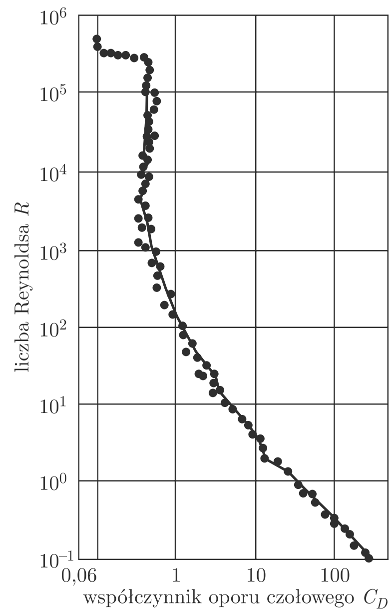


Współczynnik oporu czołowego dla ruchu kulki w zależności od liczby Reynoldsa. Dane układają się na jednej krzywej.

Na rysunku przedstawione są wyniki pomiarów dla kul o różnych średnicach poruszających się w różnych cieczach.

Dane rzeczywiście układają się na jednej krzywej dla R zmieniającego się o 7 rzędów wielkości. Tego typu krzywa nosi nazwę krzywej skalowania. Znamy ją z wyników pomiarów. Zauważmy, że znalezione prawo skalowania $(*)$ pozwala wyciągnąć wnioski o ruchu wielkich statków ($l \to \infty$) z zachowania się małych statków poruszających się z dużymi prędkościami ($v \to \infty$), gdyż oba graniczne przypadki opisane są tą samą funkcją $f(R)$. Ściśle mówiąc, nie jest to prawda, gdyż dla bardzo dużych prędkości statków należy uwzględnić nowe parametry, na przykład prędkość dźwięku w cieczy, zjawiska termiczne spowodowane tarciem itp. Powyższa obserwacja jest podstawą teorii modelowania, tak ważnej przy projektowaniu statków, samolotów, dużych budowli itp. z użyciem tuneli aerodynamicznych.

Zauważmy, że z przedstawionego przez nas prawa skalowania wynika, że stosunek siły oporu do masy statku maleje ze wzrostem jego rozmiarów liniowych, gdyż

$$\frac{F}{m} \sim \frac{1}{l}.$$

W XIX wieku była to bardzo ważna obserwacja pokazująca, że opłacało się budować duże statki parowe do przewozu towarów.

Użycie starannie dobranych zmiennych pozwala więc na przedstawienie wyników doświadczeń w sposób wskazujący bezpośrednio na fizykę badanych zjawisk. Odkrycie prawa skalowania jest często punktem wyjścia do budowy nowej teorii fizycznej. Pod koniec lat sześćdziesiątych J.D. Bjorken wysunął hipotezę, że w rozpraszaniu elektronów na nukleonach odpowiednio zdefiniowane wielkości, zwane funkcjami struktury nukleonu, powinny zależeć jedynie od jednej bezwymiarowej kombinacji dwóch zmiennych wymiarowych (tak zwana hipoteza skalowania Bjorkena).

Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych hipoteza skalowania została potwierdzona doświadczalnie. Można by zapytać znowu: i co z tego? Otóż, można teoretycznie wyprowadzić skalowanie Bjorkena jedynie wówczas, jeśli założy się, że nukleony składają się z punktowych, swobodnych składników – kwarków! W ten sposób hipoteza skalowania przyczyniła się do ugruntowania roli kwarków (wprowadzonych wcześniej jako hipotetyczne obiekty tłumaczące niektóre właściwości cząstek elementarnych) jako rzeczywistych składników materii. W tym sensie kwarki zostały zaobserwowane doświadczalnie.

Analiza wymiarowa i skalowanie jest integralną częścią fizyki od ponad stu lat. Zastosowanie jej metod czterdzieści lat temu w fizyce jądrowej i fizyce cząstek elementarnych spowodowało radykalne zmiany w naszym rozumieniu podstawowych składników materii i przyczyniło się do przyjęcia kwantowej teorii pól jako podstawy do budowy teorii oddziaływań fundamentalnych. Sprawdzajcie więc wymiary!

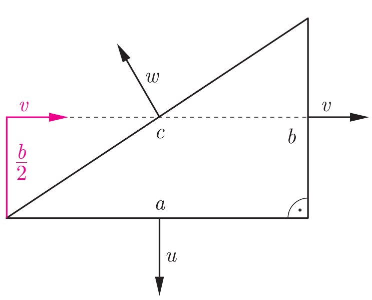
Jest to skrót artykułu Jana KALINOWSKIEGO, który ukazał się w Delcie 1/1992. Pełny tekst można znaleźć w książce „O kwantach i smokach. Fizyka według Delty" wydanej w listopadzie 2016.

Od Pascala do Pitagorasa i dalej

Twierdzenie Pascala o równomiernym ciśnieniu gazu na ścianki naczynia pociąga za sobą twierdzenie Pitagorasa i jego uogólnienie, czyli twierdzenie kosinusów.

Wyobraźmy sobie pudełko w kształcie trójkąta prostokątnego i o głębokości λ. Pudełko to jest położone poziomo i przymocowane w jednym z wierzchołków doskonałym łożyskiem do pionowej osi. Pudełko wypełniamy gazem, który prze na każdą ściankę. Parcie na górną i dolną jest jednakowe, więc one się znoszą. Jednak znosić się muszą i parcia na ścianki boczne. Przyjrzyjmy się im. Zgodnie z prawem Pascala mamy (rys. 1)

$$|u| = a\lambda p,\ |v| = b\lambda p,\ |w| = c\lambda p, \quad \text{gdzie } p \text{ to ciśnienie gazu.}$$



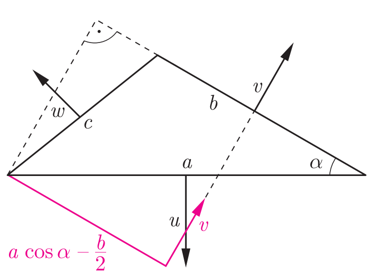
Rys. 1

Równość momentów tych sił to $\frac{a}{2}a\lambda p + \frac{b}{2}b\lambda p = \frac{c}{2}c\lambda p$, czyli $a^2 + b^2 = c^2$.

Dla trójkąta nieprostokątnego otrzymujemy (rys. 2)

$$\tfrac{a}{2}a\lambda p = \left(a\cos\alpha - \tfrac{b}{2}\right)b\lambda p + \tfrac{c}{2}c\lambda p, \quad \text{czyli } a^2 + b^2 - 2ab\cos\alpha = c^2,$$

a więc twierdzenie kosinusów.



Rys. 2

Na tym przykładzie widać przewagę fizyki nad matematyką, bo z twierdzenia Pitagorasa, a nawet kosinusów, twierdzenia Pascala wyprowadzić się raczej nie da.

Marek KORDOS