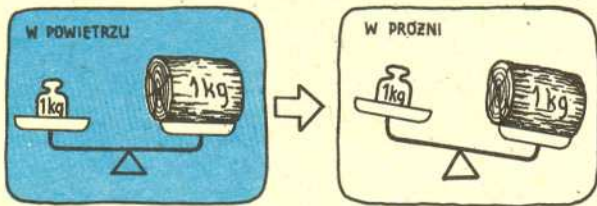


Mała delta

Ważenie – czynność prosta!

Ważenie to jedna z tych zwyczajnych czynności, z którymi spotykamy się na co dzień. Na żartobliwe pytanie z czasów dzieciństwa, co jest cięższe: 1 kg drewna czy 1 kg żelaza, nie damy się nabrać i wszyscy chórem, choć czasem bez głębszego zastanowienia, odpowiemy: 1 kg to 1 kg, więc waży tyle samo. Czy rzeczywiście?



Każde ciało zanurzone w powietrzu doznaje parcia, tj. siły wyporu, skierowanego ku górze i równego ciężarowi wypartego przez to ciało powietrza. Innymi słowy, każde ciało w powietrzu traci pozornie na ciężarze tyle, ile wynosi ciężar powietrza zajmującego taką objętość jak to ciało. Jest to treść prawa Archimedesesa, które stosuje się zarówno do cieczy, jak i do gazów.

Weźmy teraz wagę szalkową i na jednej szalce ustawmy jednokilogramowy żelazny odważnik, a na drugiej – drewno w takiej ilości, aby waga znalazła się w równowadze. Powiemy, że odważyliśmy w ten sposób 1 kg drewna. Oczywiście jest więc, iż 1 kg drewna waży tyle samo co 1 kg żelaza. Oczywiście, ale niedokładne. Na lewą szalkę działa siła ciężaru odważnika równa $m \cdot g$ (m – masa odważnika, g – przyspieszenie grawitacyjne) pomniejszona o siłę wyporu powietrza skierowaną przeciwnie i równą $V \cdot d \cdot g$ (V – objętość odważnika, d – gęstość powietrza). Siłę wyporu trzeba również uwzględnić dla drewna na prawej szalce. Z równości sił działających na obie szalki wagi znajdującej się w równowadze, wynika, że:

$$m_d \cdot g - V_d \cdot d \cdot g = m_z \cdot g - V_z \cdot d \cdot g,$$

gdzie indeksy d , z oznaczają odpowiednio drewno i żelazo.

Stąd otrzymujemy, że

$$\frac{m_d}{m_z} = \frac{1 - d/d_z}{1 - d/d_d}.$$

Podstawiając dane liczbowe:

gęstość żelaza	$d_z = 7,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$,
gęstość drewna	
(suszone sosnowe)	$d_d \approx 0,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$,
gęstość powietrza	$d \approx 1,3 \text{ kg/m}^3$,

otrzymujemy

$$m_d/m_z \approx 1,0024.$$

Wynika stąd, iż rzeczywisty (czyli wyznaczony w próżni) ciężar 1 kg drewna (w powietrzu) jest większy niż rzeczywisty (czyli w próżni) ciężar 1 kg żelaza (w powietrzu) o około 2,5 g. Drewno ma mniejszą od żelaza gęstość, więc ta sama masa drewna zajmuje większą objętość, a więc i wypiera więcej powietrza, waży więc w powietrzu mniej. Aby te materiały w powietrzu ważyły tyle samo (waga znajduje się w równowadze), masa drewna musi być większa. Paradoksalna teza, że 1 kg drewna jest cięższy od 1 kg żelaza jest, o dziwo!, prawdziwa.

Poprawka na ważenie w powietrzu jest tym większa, im gęstość ważonego towaru jest bliższa gęstości powietrza, przy założeniu, że masy towarów porównujemy z masą odważników mosiężnych czy żelaznych (albo też używamy wagi sprężynowej). Gdy kupujemy 1 kg cukru, to w rzeczywistości dostajemy go o około 1,5 g więcej, ale nie ma to większego znaczenia, gdyż dokładność ważenia w sklepie wynosi w najlepszym przypadku 5 g.

Koniecznym natomiast trzeba uwzględnić poprawkę na wypór powietrza wtedy, gdy pomiaru dokonujemy z dokładnością do mg (10^{-3} g) lub dziesiątej części mg, a taką dokładność można uzyskać posługując się np. wagą analityczną.

Małą Deltę przygotowała Lidia GOETTIG