



O ciężarze ciała¹

Waldemar Reńda

Olkusz

Przeglądając podręczniki fizyki zauważyłem, że występują tam różne definicje ciężaru, przy czym nie wszystkie są prawidłowe.

Współczesne encyklopedie² definiują ciężar ciała jako wypadkową działających na to ciało sił grawitacji oraz – wynikających z ruchu Ziemi – sił bezwładności. Stwierdzają też, że ciężar oblicza się ze wzoru: $Q = m \cdot g$, gdzie g jest *przyspieszeniem ziemskim* w miejscu, w którym znajduje się ciało.

Z powyższej definicji wynika, że ciężar obliczamy dla ciała spoczywającego względem Ziemi³. Jest to konieczne założenie, gdyż na ciężar ciała nie mogą mieć wpływu siły bezwładności wynikające z ruchu ciała względem Ziemi.

Ponieważ ciężar jest siłą, a więc wielkością wektorową, dlatego też, chcąc określić tę wielkość, należy podać jej wartość, kierunek, zwrot oraz punkt przyłożenia.

Zacznijmy od punktu przyłożenia wektora siły ciężkości⁴.

Ciężar ciała jest ściśle związany z działającą na nie siłą grawitacji, a tę zaczepiamy w środku masy (ciężkości) ciała. Podobnie jest i z siłą odśrodkową⁵. Zatem siłę ciężkości należy przyłożyć w tym samym punkcie, co wyżej wymienione siły.

A teraz kierunek i zwrot.

Aby ustalić te cechy, należy wrócić do definicji ciężaru.

Mowa jest w niej o tym, że siła ciężkości jest wypadkową sił grawitacji i bezwładności związanych z ruchem ciała wraz z Ziemią. Można przyjąć, że w tym przypadku dominującą jest siła grawitacji pochodząca od Ziemi⁶, oraz że siła bezwładności związana z ruchem obiegowym Ziemi jest znacznie mniejsza od siły bezwładności związanej z jej ruchem obrotowym. W tej sytuacji możemy przyjąć, że siła ciężkości jest wypadkową pochodzącej od Ziemi siły grawitacji i działającej na ciało siły odśrodkowej, wynikającej z ruchu obrotowego Ziemi.

Wykonując odpowiedni rysunek można łatwo stwierdzić, że poza biegunami i równikiem, siła ciężkości nie ma tego samego kierunku co – zwrócona ku środkowi Ziemi – siła grawitacji. I tak np. na 45° szerokości geograficznej siła ciężkości jest odchylna od promienia Ziemi o 6 minut kątowych ku równikowi. Dodam, że

¹ Temat był już poruszany w *Fotonie* 36 (1995).

² Np. sześciotomowa *Nowa encyklopedia powszechna*, PWN.

³ Por. *Ilustrowana encyklopedia dla wszystkich. Fizyka*, WN-T, Warszawa, 1987.

⁴ *Ciężar* i *siła ciężkości* uważane są na ogół za synonimy.

⁵ Ciało na powierzchni Ziemi jest w układzie nieinercyjnym.

⁶ Warto sprawdzić, że siły grawitacyjne związane z oddziaływaniem Słońca i Księżycy są tu pomijalnie małe.

kierunek siły ciężkości⁷ wskazuje ciężarek zawieszony swobodnie na nici, a więc pion.

A teraz o wartości siły ciężkości⁸.

W definicji stwierdza się, że oblicza się ją ze wzoru $Q = m \cdot g$, gdzie g jest przyspieszeniem ziemskim w punkcie, w którym chcemy ustalić wartość ciężaru.

Czym jest to przyspieszenie?

Na ogół uważa się, że jest to – mierzone względem Ziemi – przyspieszenie swobodnie spadającego (w próżni) ciała w punkcie, w którym chcemy je określić. W rzeczywistości przyspieszenie ciała w swobodnym spadku na Ziemię jest przyspieszeniem wywołanym wypadkową sił grawitacyjnych, odśrodkowych i Coriolisa.

Niestety, takie przyspieszenie nie może służyć do obliczania ciężaru ciała, gdyż wówczas uzyskalibyśmy niewłaściwą jego wartość, zaś kierunek siły ciężkości mógłby nie pokrywać się z pionem. Dlatego też przyspieszenie ziemskie jest przyspieszeniem wywołanym jedynie przez siły grawitacyjne oraz siły odśrodkowe wywołane ruchem Ziemi i jest przyspieszeniem swobodnie spadającego ciała w chwili $t = 0$.

Wartość tak określonego przyspieszenia ziemskiego można wyznaczyć z dużą dokładnością. Do tego celu służą grawimetry⁹, w których mierzy się okres drgań wahadła fizycznego, a stąd oblicza wartość przyspieszenia ziemskiego.

I jeszcze problem nazw: *ciężar* i *siła ciężkości*. Autorzy najnowszych encyklopedii traktują je jako synonimy, ale są podręczniki, w których nazwę *siła ciężkości* uważa się za synonim nazwy *siła grawitacji*. Wprawdzie słowo *grawitacja* pochodzi od łacińskiego *gravis* = *ciężki*, ale polskim odpowiednikiem nazwy *grawitacja* jest *ciężenie*, a nie *ciężkość*. Aby więc nie mylić tych pojęć proponuję, by w opisie oddziaływania grawitacyjnego stosować wyłącznie nazwę *siła grawitacji* – tak jak używa się wyłącznie nazwy *przyspieszenie grawitacyjne*.

Na koniec pozwolę sobie przytoczyć kilka wartości przyspieszenia ziemskiego i grawitacyjnego na poziomie morza z niepewnością mniejszą od 0,5 ostatniej cyfry znaczącej.

Na równiku: $g = 9,7805 \text{ m/s}^2$, $a_{\text{graw}} = 9,8144 \text{ m/s}^2$ oraz $a_{\text{dośr}} = 0,0339 \text{ m/s}^2$;

Na biegunie: $a_{\text{graw}} = g = 9,8322 \text{ m/s}^2$;

Na 45^o szer. geogr.: $a_{\text{graw}} = 9,8236 \text{ m/s}^2$, $g = g_0 = 9,80665 \text{ m/s}^2$ (wartość standardowa – nie określa się niepewności) oraz $a_{\text{dośr}} = 0,0238 \text{ m/s}^2$.

Dodam, że przyspieszenie dośrodkowe ruchu orbitalnego Ziemi ma wartość $a_d = 0,059 \text{ m/s}^2$.

⁷ Służy do wyznaczania szerokości geograficznej.

⁸ Wartość tę zmierzy siłomierz, jeżeli swobodnie zawiesimy na nim ciało, przy czym pomiar dokonamy w próżni i w układzie spoczywającym względem Ziemi.

⁹ One też powinny znajdować się w próżni, choć w tym przypadku siła wyporu działająca na umieszczone w nich wahadło fizyczne jest pomijalnie mała.