

Nieszczęściem nauczania fizyki jest kult obliczeń. Tylko to, co da się obliczyć, nadaje się do nauczania – to zdanie niemal wszystkich decydujących o dydaktyce fizyki. Przynajmniej, jeśli sędzić po ogromnej większości podręczników i informatorze maturalnym. Jednak bez użycia wzorów można powiedzieć bardzo, bardzo wiele interesujących rzeczy o naszym cudownym Wszechświecie. Rozważmy przykład sił pływowych. Są za trudne, by je objąć liczbowo w naszych szkołach, ale to wcale nie jest konieczne, by zrozumieć naprawdę wiele.

Przyjrzyjmy się na przykład najbliższej nam sytuacji – układowi Ziemia-Księżyc. Popatrzmy na rysunek.

Ruch obrotowy obu globów jest zaznaczony kolorem fioletowym (tak mi się przynajmniej wydaje). Ponieważ Ziemia obraca się wokół osi o wiele szybciej (chodzi o prędkość kątową) niż Księżyc wokół niej – wybrzuszenia spowodowane siłami pływowymi Księżyca „wyprzedzają” odcinek łączący środki obu ciał jak na rysunku.

Przedstawmy teraz siły ciężenia, jakimi te wybrzuszenia oddziałują z naszym naturalnym satelitą. Nie trzeba wcale znać dynamiki bryły sztywnej, by wysnuć pierwszy ważny wniosek. Jest on tak intuicyjny, że uczniowie sami do niego dojdą po delikatnej wskazówce. Od razu widać, że siła  $F_1$  spowalnia obrót Ziemi, a siła  $F_2$  go przyspiesza. Jednak  $F_1 > F_2$ . Sformułujmy zatem wniosek.

### **Ziemia zwalnia swój ruch obrotowy czyli doba wydłuża się.**

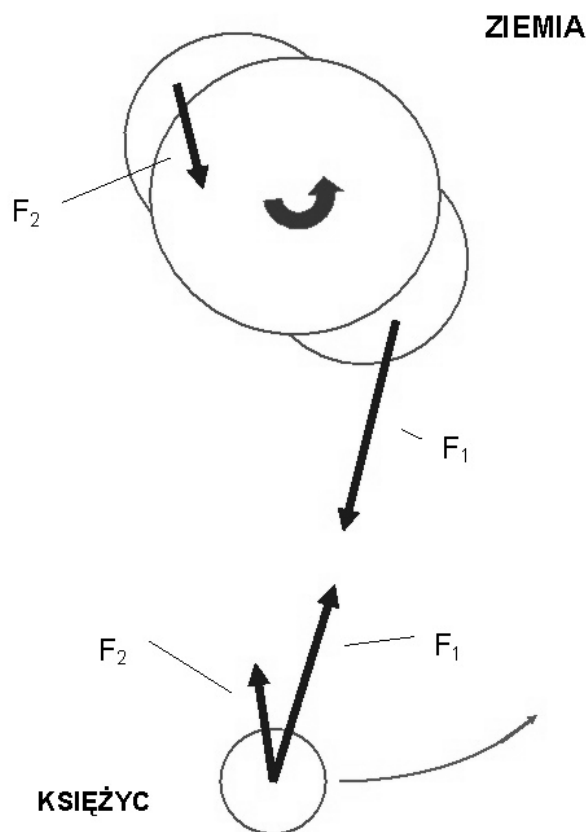
Faktycznie tak jest! Zostało to dobrze potwierdzone w różny sposób. Nasza doba wydłuża się o.. 0,0016 s na stulecie. To nie brzmi imponująco, ale wystarczy, by zrozumieć, że doba na młodziutkiej Ziemi musiała być dużo, dużo krótsza niż dzisiaj. Niestety, nie potrafimy – jak dotąd – rzetelnie jej pierwotnej długości ustalić czy też obliczyć.

Popatrzmy teraz na dwie siły działające na Księżyc. Jasne jest, że składowa siły  $F_1$  równoległa do prędkości liniowej Księżyca jest większa od podobnej składowej siły  $F_2$ . Zatem prędkość naszej pięknej Luny rośnie w czasie! Czyli musi się ona oddalać od matki Ziemi! Zatem mamy nasz drugi ważny wniosek.

### **Księżyc ciągle oddala się od Ziemi.**

To też jest obserwacyjnie potwierdzone. Niewdzięczny Księżyc ucieka od nas 3-4 cm rocznie! Jak długo zatem będziemy mogli podziwiać całkowite zaćmienia Słońca? To bardzo miłe zadanie na szóstkę dla zainteresowanych uczniów.

Z naszych dwóch wniosków można łatwo wysnuć kolejne. Np z pierwszego wniosku wynika, że końcowym stanem Ziemi powinno być zrównanie okresu wirowego ruchu Ziemi z okresem obiegu Księżyca wokół niej. Jednak z drugiego wniosku wynika, że oddziaływanie Księżyca na Ziemię słabnie. Czy zdąży on „ustawić” naszą planetę, tak by pokazywała mu tylko jedną stronę? To kolejne fascynujące zadanie. Nie wiem, na ile trudne, bo jeszcze go nie próbowałem :) Może ktoś z Szanownych Czytelników by przysłał



swoje oszacowanie? Przynajmniej nie ma wątpliwości, że Ziemia zdołała podobnie „ustawić” Księżyc. Wystarczy spojrzeć na wciąż tę samą twarz boskiej Selene! Ponieważ Księżyc był na samym początku czyli jakieś 4 miliardy lat temu zdecydowanie bliżej Ziemi niż dziś, więc siły pływowe na młodziutkiej Ziemi musiały być ogromne! No i doba znacznie krótsza. Jaki to miało wpływ na powstające wtedy życie? To już zadanie nie na szóstkę. Raczej na nagrodę Nobla.

Rzecz jasna siły pływowe działają w każdym układzie dwóch ciał. Co by było, gdyby pewien księżyc miał większą prędkość kątową swojego ruchu orbitalnego od prędkości kątowej planety w obrocie wokół własnej osi? Wybrzuszenia planety w takim przypadku będą „odstawać” od linii planeta-księżyc. Niechaj uważny Czytelnik sam sporządzi odpowiedni rysunek. Teraz nasze wnioski się „odwracają”. Doba na planecie wydłuża się, za to księżyc nieuchronnie zbliża się do niej! Koniec może być tylko jeden – księżyc spadnie na swoją planetę!

Takiego spektaklu jeszcze nie obserwowaliśmy. Jednak wystarczy poczekać jakiś miliard lat, by ujrzeć jak Phobos roztrzaskuje się o powierzchnię Marsa. No chyba, że siły pływowe Marsa rozerwą go wcześniej na kawałki. To też fascynujący aspekt sił pływowych, godny osobnego odcinka.

Ludwik Lehman