O (nie)ważkim problemie inaczej

Grzegorz Karwasz

1 Stan nieważkości, opisany w numerze 2/2016 przez W. Reńdę [1], po angielsku nazywa się jeszcze gorzej: *absence of gravity*. Ile wynosi siła grawitacji na wysokości 400 km, gdzie lata Międzynarodowa Stacja Kosmiczna[1]? Niby wysoko, ale jednak niewiele wobec 6370 km promienia Ziemi! A siła grawitacji, zależąca od kwadratu odległości, będzie mniejsza niż na powierzchni Ziemi o jakieś 3–4%, prawda? Skąd więc ta nieważkość, którą jako pierwszy poczuł Jurij Gagarin (fot. 1)?

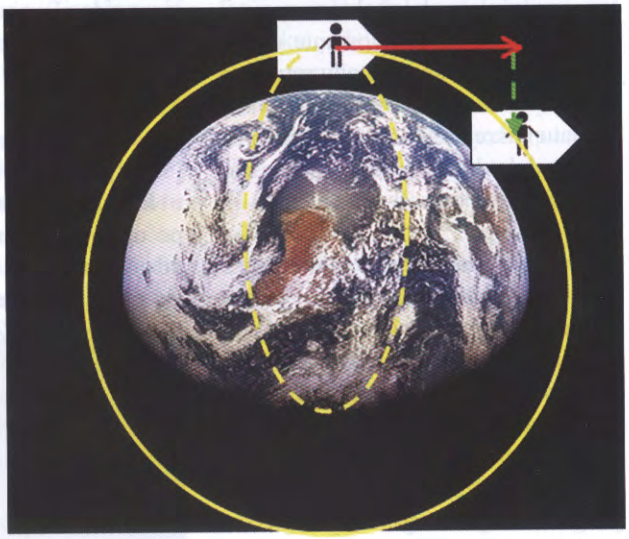
2 Nieważkość bez wątpienia występuje w spadającej swobodnie windzie: nasze nogi nie naciskają na podłogę windy, a ta **nie odpowiada**, w myśl III zasady Newtona, naciskiem na nasze stopy. Podobnie płuca nie naciskają na wątrobę, wątroba na nerki, a serce, mimo że pompuje krew do głowy, nie czuje, że jest „pod górkę", gdyż przyspieszenie ziemskie g w układzie odniesienia windy (i serca) zniknęło, a więc nie ma energii potencjalnej $E_p = mgh$. W spadającej windzie mamy pełną nieważkość. A w statku kosmicznym?

3 Rozważmy najpierw, co się dzieje, gdy z katapulty wystrzelimy statek poziomo nad ziemią, jak w rzucie poziomym. W myśl składania ruchów w kierunku poziomym ruch jest jednostajny, a w kierunku pionowym jest to swobodne spadanie: w statku wystrzelonym poziomo (bez skrzydeł, bez napędu) pasażer jest w stanie nieważkości. Tylko że statek taki spadnie na ziemię i się rozbije. No chyba że ziemia ucieknie w dół – zakrzywi się.

4 Czy ruch na orbicie, bez napędu, jest spadkiem swobodnym? No tak! Statek leci przed siebie, ale po chwili trochę zbacza w dół. Innymi słowy – spada, jak na załączonym zdjęciu (fot. 2) z wykładów autora dla dzieci. Ale dlaczego nie spada na Ziemię? Bo akurat Ziemia też się odpowiednio zakrzywiła w dół. Innymi słowy – wydaje się, że statek spada w dół, ale tak naprawdę leci dookoła Ziemi (zob. fot. 2).

Wniosek: **stan nieważkości w stacji kosmicznej to stan bezustannego spadania**: spadania po okręgu, który – podobnie jak elipsa i parabola – dla jednorazowej komety jest krzywą stożkową rozwiązania zagadnienia Keplera dotyczącego swobodnego ruchu ciała w radialnie skierowanym polu grawitacyjnym.

Fot. 1. Już kilka minut po starcie Gagarin znalazł się w stanie nieważkości: ołówek wypadł mu z ręki (film fabularny [2])



Fot. 2. Stan nieważkości: statek kosmiczny miał lecieć „na wprost", ale przyciąganie Ziemi spowodowało, że spadł (swobodnie, tzn. z przyspieszeniem g). Jeśli jego wysokość jest „jak trzeba" i jego prędkość też, to statek leci po okręgu, dookoła Ziemi. Jeśli jego prędkość jest większa, niż powinna być, to statek poleci dalej, po elipsie; jeśli za mała, spadnie na Ziemię (również po elipsie, zgodnie z I prawem Keplera). O ile nie nada się statkowi momentu obrotowego, spada on z zachowaniem kierunku lotu. Zdjęcie pochodzi ze statku Apollo 17, który był od Ziemi na tyle daleko, że zmieściła się ona w obiektywie aparatu [3]. Ziemia widziana z powierzchni Księżyca wisi nad nim nieruchomo, ale się kręci raz na 23 h 56 min (i pokazuje fazy: nów, pół-Ziemię, pełną Ziemię)

Co tu można pomylić?

1 Oj, dużo. Przede wszystkim od czasu I prawa Newtona pokutuje pobożne życzenie układu inercjalnego, czyli takiego, w którym gdy na ciało nie działają żadne siły, to pozostaje ono w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym. Gdyby taki idealizowany i wyizolowany układ istniał, to można by go wybrać jako absolutny

[1] Stacja okrąża Ziemię (dane z 2015/2016 roku) na średniej wysokości 400 km. Wskutek tarcia o resztki atmosfery wysokość powoli się zmniejsza. Okresowo więc, co kilka tygodni, stacja musi być ponownie przyspieszana: http://www.heavens-above.com/IssHeight.aspx.

FIZYKA
w Szkole z Astronomią

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

348 (LXII) indeks 35810X **Nr 1 styczeń/luty 2017** CENA 27,50 zł (w tym 5% VAT)

OPTYKA ŚNIEGU

O stanie nieważkości
DYDAKTYCZNIE I SERIO

METAN NA MARSIE

Wpływ fal dźwiękowych
NA PRZYSWAJALNOŚĆ LEKÓW

KSIĘŻYC
– najciekawsze zjawiska w 2016 roku

Jak działa GPS?

ISSN 0426-3383