

Granica Roche'a to taka krytyczna odległość od planety, poniżej której ciekły satelita obiegający tę planetę nie może istnieć, ponieważ siły pływowe przeważałyby nad jego własną grawitacją – satelita zostałby rozerwany skutkiem pływowego działania swojej macierzystej planety. Gdy gęstości planety i satelity są jednakowe, to granica Roche'a znajduje się w odległości około 2,5 promieni planety od jej środka. Tymczasem wiadomo z wielu źródeł i nawet widzieliśmy w telewizji, że astronauta w statku na orbicie okołoziemskiej wypuszczali do kabiny kule wody, które, co prawda, nieco drgały i falowały, ale nie miały żadnej tendencji do rozrywania się – a przecież rzecz działa się dużo poniżej granicy Roche'a. Obserwacjom nie można przeczyć, pozostaje więc znaleźć przyczynę tej niespodziewanej spójności kuli wodnej w niedozwolonym dla niej obszarze przestrzeni. Jest nią napięcie powierzchniowe wody, które dla tak małych porcji wody decydująco wpływa na ich kształt. Gdyby te kule wodne miały kilometrowe rozmiary, to co innego...

\*

Księżyc odległy jest od Słońca (o masie  $2 \cdot 10^{30}$  kg) o  $1,5 \cdot 10^{11}$  m, a od Ziemi (o masie  $6 \cdot 10^{24}$  kg) o  $3,84 \cdot 10^8$  m. Stosunek jego przyspieszenia ze strony Słońca do przyspieszenia ze strony Ziemi wynosi więc

$$\frac{2 \cdot 10^{30}}{6 \cdot 10^{24}} \left( \frac{3,84 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{11}} \right)^2 \approx 2,$$

czyli Słońce przyciąga Księżyc dwa razy silniej niż Ziemia. A jednak obiega on Ziemię, co każdy przecież widzi. Sprzeczności nie będzie, jeżeli wziąć pod uwagę, że gdyby układ Ziemia-Księżyc znajdował się w jednorodnym polu grawitacyjnym, to mogłoby ono być dowolnie silne, a Księżyc spokojnie obiegałby Ziemię. Oba te ciała „spadałyby” bowiem w tym polu z **jednakowym** przyspieszeniem. W rzeczywistości Ziemia i Księżyc znajdują się w niemal jednorodnym polu grawitacyjnym Słońca (bo Słońce jest dość daleko) i dlatego samo bezwzględne jego natężenie nie jest istotne. W rezultacie geocentryczny ruch Księżyca jest w dobrym przybliżeniu keplerowski i jedynie perturbowany przez oddziaływanie Słońca.

\*

Każdy chyba rozumie, że skoro Księżyc przyciąga grawitacyjnie wodę ziemskich oceanów, to woda ta, mając możliwość swobodnego przelewania się po powierzchni Ziemi, musi spiętrzyć się w punkcie podksiężycowym, musi tam nastąpić przyływ. No to dlaczego woda spiętrza się również w punkcie Ziemi przeciwnym do Księżyca? Są wszak dwa przypyły i dwa odpływy w ciągu doby! Pozorny paradoks tkwi w zbyt uproszczonym tłumaczeniu przyczyny przypyłów. Księżyc wprawdzie przyciąga wodę, no ale samą Ziemię też. Woda po stronie Księżyca dlatego się podnosi, że jest przyciągana silniej niż Ziemia, a to z kolei dlatego, że jest nieco bliżej Księżyca. Po stronie przeciwnej sama Ziemia jest przyciągana silniej niż woda, więc znowu pojawia się różnica przyspieszeń grawitacyjnych powodująca podnoszenie się wody. Tak więc, przyływy to skutek nie samych oddziaływań ze strony Księżyca, lecz różnicy oddziaływań (por. *Delta* 11/1991).

\*

Zastosujmy rozumowanie dotyczące pływów do Księżyca, którego ruch geocentryczny (niech to będzie w płaszczyźnie ekliptyki) jest perturbowany obecnością Słońca. W nowiu Księżyc jest silniej przyciągany przez Słońce niż Ziemia (bo bliżej Słońca), a w pełni słabiej (bo dalej). Wobec tego jego orbita powinna zostać rozciągnięta w kierunku na Słońce i przeciwnym – tymczasem tak nie jest! Tłumaczy to fakt, że orbita Księżyca nie jest tworem materialnym. W nowiu i w pełni przyspieszenie Księżyca ze strony Ziemi jest osłabiane przez pływowe działanie Słońca, zatem jego orbita musi mieć tam krzywiznę mniejszą od średniej. W pobliżu kwadr – przeciwnie – działanie pływowe Słońca pozornie zwiększa ziemską grawitację, a więc tu orbita musi mieć krzywiznę większą. W rezultacie orbita Księżyca jest spłaszczona w kierunku na Słońce i przeciwnym.



## Zadania

Redaguje Michał WOJCIECHOWSKI

**M 628.** Udowodnić, że

$$\sum_{i=2}^{n^k} \frac{1}{i} \geq k \sum_{i=2}^n \frac{1}{i}.$$

Rozwiązanie na str. 13

**M 629.** Czy istnieje wielościan, którego każdy przekrój jest trójkątem?

Rozwiązanie na str. 12

**M 630.** Czy liczba naturalna  $A$ , co najmniej trzycyfrowa, której tylko pierwsza i ostatnia cyfra są różne od zera, może być kwadratem liczby naturalnej?

Rozwiązanie na str. 12

Redaguje Jarosław KULPA

**F 331.** Oszacuj, ile średnio piorunów uderza w Ziemię w ciągu sekundy, jeżeli wiadomo, że ładunek piorunu wynosi około  $q = -15$  C. Dane dotyczące Ziemi: powierzchnia Ziemi naładowana jest ładunkiem  $Q = -580\,000$  C, opór właściwy atmosfery wynosi  $\rho = 4 \cdot 10^{13}$   $\Omega$ -m.

Rozwiązanie na str. 12

**F 332.** Magnes zawieszony na cienkiej nici południowym biegunem do dołu został ogrzany powyżej temperatury Curie (jest to temperatura, w której zanika namagnesowanie). W którą stronę zaczął się obracać?

Rozwiązanie na str. 12