

### XIX OLIMPIADA FIZYCZNA (1969/1970). Stopień I – zadanie teoretyczne – T2-E.

**Źródło:** Olimpiady fizyczne XIX i XX  
**Autor:** Waldemar Gorzkowski  
**Nazwa zadania:** Rakieta lecąca na Księżyc.  
**Działy:** Astrofizyka  
**Słowa kluczowe:** rakieta, Księżyc, stan nieważkości

#### Zadanie teoretyczne – T2-E, zawody I stopnia, XIX OF.

Wybierz i krótko uzasadnij właściwą odpowiedź.

Z Ziemi wystartowała rakieta i leci ku Księżycowi. Opory w ruchu tej rakiety zaniedbujemy. Stan nieważkości pojawi się w rakiecie

- w punkcie zrównania się przyciągania Ziemi z przyciąganiem Księżyca,
- w chwili osiągnięcia pierwszej prędkości kosmicznej,
- w chwili osiągnięcia drugiej prędkości kosmicznej,
- z chwilą ustania pracy silników.

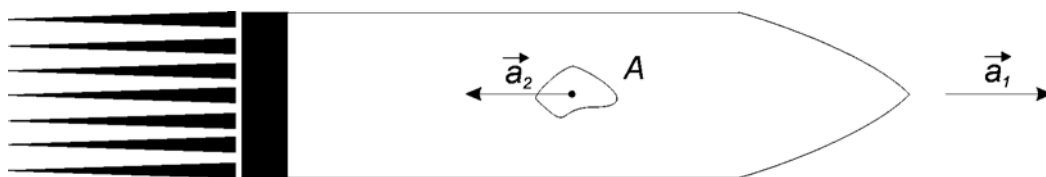
#### Rozwiązanie

Prawidłową odpowiedź zawiera punkt d.

Co to znaczy, że w rakiecie pojawi się stan nieważkości? Odpowiedź można sformułować różnie. Tutaj wybierzemy sformułowanie najbardziej pogładowe. Otóż w stanie nieważkości przedmiot znajdujący się w kabinie, mający w pewnej chwili prędkość względem ścian rakiety równą zero i nie oddziałujący (ani przez dotyk, ani na odległość) z innymi przedmiotami powinien cały czas mieć prędkość względem ścian rakiety równą zero. Innymi słowy, przyspieszenie przedmiotu względem rakiety musi być cały czas równe zero.

W stosunku do odległości astronomicznych rozmiary rakiety są bardzo małe. W związku z tym możemy przyjąć, że wypadkowe pole grawitacyjne Ziemi i Księżyca w pobliżu rakiety, niezależnie od tego, gdzie się ona znajduje i jaką ma prędkość, jest polem jednorodnym. Jak wiadomo, pole to nadaje każdemu punktowi rakiety oraz wszystkim przedmiotom, które się w nim znajdują, jednakowe przyspieszenie  $\vec{a}$ . (Na powierzchni ziemi fakt ten objawia się tym, że przyspieszenie dowolnego ciała spadającego swobodnie w polu ziemskim jest takie samo i równa się  $g = 9,81 \text{ cm/s}^2$ .) Tak więc, jeżeli rakieta porusza się z wyłączonym silnikiem, tj. tylko pod wpływem pola grawitacyjnego Ziemi i Księżyca, to przyspieszenie każdego przedmiotu w rakiecie względem rakiety równa się zero i mamy stan nieważkości.

A teraz zastanówmy się, co zmieni się, jeżeli włączymy silnik rakiety. Na rysunku 1 schematycznie pokazano raketę oraz przedmiot, który nie styka się z innymi przedmiotami.



Rys. 1

W układzie inercyjnym silniki nadają rakiecie przyspieszenie  $\vec{a}_1$ . Na przedmiot A silniki nie działają. Przyspieszenie tego przedmiotu w układzie inercyjnym, o ile przedmiot ten nie oddziałuje z innymi przedmiotami, jest równe zero. W układzie związanym z rakieta na przedmiot A działa przyspieszenie  $\vec{a}_2$  równe co do wartości  $\vec{a}_1$ , lecz przeciwnie skierowane. Tak więc podczas pracy silników w rakiecie nie może być stanu nieważkości: obserwator nieruchomy względem rakiety zauważy, że przedmiot będzie spadał w kierunku danym wektorem  $\vec{a}_2$ .

Ciekawe, że wielu ludzi uważa, że stan nieważkości w rakiecie pojawia się tylko w punkcie, w którym przyciąganie Ziemi równoważy przyciąganie Księżyca. Widzimy, że nie jest to prawdą. O tym, czy w rakiecie jest stan nieważkości, decyduje to czy ruch rakiety jest ruchem swobodnym, czyli czy silniki są włączone. Wspomniany błąd popełnił m.in. Jules Verne w swej książce „Podróż na księżyc”. No, ale Verne nie żył w dobie astronautyki, możemy więc mu ten błąd wybaczyć.