



LXXIV OLIMPIADA FIZYCZNA

ZAWODY III STOPNIA

CZĘŚĆ TEORETYCZNA, 13.04.2025

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

Zadanie 1

Stacja kosmiczna krąży wokół pewnej kulistej planety karłowatej o masie M po eliptycznej orbicie o perycentrum r_p i apocentrum r_a . Stacja składa się z dwóch modułów: 1 (o masie m_1) oraz 2 (o masie m_2), przy czym astronauta przebywają w module 1 (ich masa jest wliczona do masy tego modułu). Załoga stacji zbuntowała się i jej celem jest wyrzut modułu 2 w taki sposób, żeby zajmowany przez nich moduł 1 oddalił się od planety poza praktyczny zasięg jej pola grawitacyjnego (formalnie – na nieskończenie dużą odległość, oczywiście w perspektywie bardzo długiego czasu). Rozłączenie modułów następuje w wyniku wybuchu znajdujących się między nimi ładunków. Energia wybuchu wynosi E_w i połowa tej energii jest zamieniana na energię kinetyczną modułów.

Wyznacz minimalną wartość energii E_w umożliwiającą wykonanie opisanego manewru. Przyjmij, że kierunek wyrzutu modułu 2 można dowolnie kontrolować, a ponadto wyrzut może nastąpić w dowolnym punkcie orbity. Czas wyrzutu modułu jest na tyle mały, że można w trakcie tego wyrzutu zaniedbać wpływ grawitacji planety, ale na tyle duży, żeby astronautom nie stała się krzywda w wyniku działania dużego przeciążenia. Należy pominąć wzajemne oddziaływanie grawitacyjne modułów i pole grawitacyjne wytwarzane przez inne ciała niebieskie. Pomiń masę ładunków wybuchowych w porównaniu z masami modułów. Ani stacja jako całość, ani moduły po rozłączeniu nie obracają się.

Podaj wynik liczbowy gdy tą planetą karłowatą jest Ceres o masie $M = 9,4 \cdot 10^{20}$ kg, natomiast $m_1 = 1,0 \cdot 10^5$ kg, $m_2 = 4,0 \cdot 10^5$ kg, $r_p = 1,0 \cdot 10^6$ m, $r_a = 5,0 \cdot 10^6$ m. Stała grawitacji wynosi $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N $\cdot$ m²/kg².

Zadanie 2

Kierowca jechał w nocy samochodem po prostej drodze. W pewnym momencie usłyszał krótki sygnał dźwiękowy

o częstotliwości f , dochodzący z kierunku tworzącego z kierunkiem jazdy kąt α . Kierowca natychmiast wytężył wzrok i zobaczył na wprost (wzdłuż drogi) światła lokomotywy przejeżdżającej przez przejazd kolejowy. Kierowca wie, że w tej okolicy tor kolejowy jest prostopadły do drogi, pociągi jeżdżą tutaj ze stałą prędkością, a lokomotywy emitują sygnał dźwiękowy o częstotliwości f_0 . Wie też, że prędkość dźwięku w powietrzu wynosi v_d .

Kierowca natychmiast zaczął hamować, przy czym poruszał się ruchem opóźnionym ze stałym przyspieszeniem o wartości a , w wyniku czego zatrzymał się tuż przed torami.

Wyznacz odległość lokomotywy od samochodu w chwili jego zatrzymania.

Podaj wynik liczbowy dla $\alpha = 10^\circ$, $f_0 = 400$ Hz, $f = 460$ Hz, $v_d = 340$ m/s, $a = 5$ m/s².

Pomiń liniowe rozmiary lokomotywy oraz samochodu. Dzień był bezwietrzny, a okolica płaska.

Zadanie 3

Bardzo długa (tzn. o długości znacznie większej od promienia), jednorodna, sztywna, pusta w środku rura o cienkich ścianach i promieniu R leży na poziomym podłożu. Rura jest przecięta poziomą płaszczyzną równoległą do płaszczyzny podłoża, znajdującą się w takiej odległości od niego, że powierzchnia górnej części rury stanowi ułamek x całej powierzchni rury. Przez górną część rury, wzdłuż jej osi, płynie jednorodny prąd o całkowitym natężeniu I , a przez dolną – jednorodny prąd o całkowitym natężeniu $-I$. Masa rury na jednostkę długości wynosi λ . Wyznacz minimalne natężenie prądu $I_{\min}$, powyżej którego górna część rury uniesie się nad dolną.

Pomiń siły związane z przewodami podłączeniowymi. Przyspieszenie ziemskie wynosi g , natomiast przenikalność magnetyczna próżni jest równa μ_0 .