

LXXI OLIMPIADA FIZYCZNA

ZADANIA ZAWODÓW I STOPNIA

CZEŚĆ I

ZADANIA CZEŚCI I (termin wysyłania rozwiązań — 15 października 2021 r.)

Przy rozwiązywaniu wszystkich zadań możesz korzystać z Internetu, pamiętaj jednak, że nie wszystkie znalezione tam informacje są prawdziwe.

CZEŚĆ TESTOWA

Zadanie W1.

Dragstery to pojazdy zbudowane tak, by osiągać jak największe przyspieszenia. Zbudowano innowacyjny model dragstera, posiadający masywne przednie koła, napędzane niezależnie od kół tylnych.

Niestety przy okazji podniesiono środek ciężkości pojazdu, tak, że głównym czynnikiem ograniczającym przyspieszenie nie jest tarcie ani moc silnika, a to żeby pojazd nie przewrócił się do tyłu.

Jak powinny być napędzane przednie koła w chwilę po ruszeniu pojazdu, aby pojazd osiągał jak największe przyspieszenie bez podnoszenia środka ciężkości:

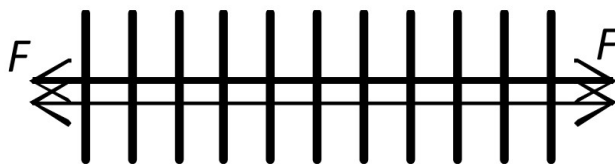
- A. z całą mocą tak, by obracały się do przodu
- B. z całą mocą tak, by obracały się do tyłu
- C. to jak będą napędzane przednie koła (i czy w ogóle będą) nie ma znaczenia.

Stwierdzenie „w chwilę po ruszeniu pojazdu” oznacza, że ruch dzielimy na dwie fazy: pierwszą bardzo krótką, ale z maksymalnym możliwym przyspieszeniem i następująca po niej drugą („w chwilę po ruszeniu pojazdu”) trwająca aż do zakończenia przyspieszania.

Zadanie W2.

Rozważmy trzy współśrodkowe sfery o promieniach $R_1 = r$, $R_2 = 2r$, $R_3 = 3r$. Sfery są naładowane jednorodnie niezerowymi ładunkami Q_1 , Q_2 , Q_3 . W którym przypadku siły elektrostatyczne pochodzące od rozpatrywanych ładunków działające na środkową sferę (o promieniu R_2) nie będą dążyć do zmiany jej promienia:

- A. $Q_2 = -Q_1$, $Q_3 = Q_1$
- B. $Q_2 = Q_1$, $Q_3 = -2Q_1$
- C. $Q_2 = -2Q_1$, $Q_3 = -Q_1$
- D. $Q_2 = -4Q_1$, $Q_3 = Q_1$
- E. można dobrać takie niezerowe Q_1 , Q_2 , Q_3 , a nie odpowiada to żadnemu z pozostałych wymienionych przypadków.

Zadanie W3.

Do dwóch równoległych nitok przymocowano w równych odstępach jednakowe i jednorodne poprzeczne pręty (rys.). Napięto nitki pewną jednakową siłą F i wzbudzo fale polegającą na skręceniu kolejnych prętów w płaszczyźnie prostopadłej do nitok. Jak zmieni się prędkość tej fali, gdy:

- zwiększymy siłę napinającą nitki,
- zwiększymy masę prętów bez zmiany ich długości,
- zwiększymy długość prętów bez zmiany ich masy,
- zwiększymy odległość między prętami,
- zwiększymy odległość między nitkami?

Przy każdym z punktów a-e wybierz W (wzrośnie), Z (zmaleje) lub N (nie zmieni się).

Zadanie W4.

Wiadomo, że masa cząsteczki wody nie jest dokładnie równa sumie mas atomu tlenu i dwóch atomów wodoru.

- Większa jest suma mas wymienionych atomów, co ma związek z ciepłem spalania wodoru.
- Większa jest suma mas wymienionych atomów, co ma związek ze ściśliwością gazów i cieczy.
- Większa jest masa cząsteczki wody, co ma związek z ciepłem właściwym gazów i cieczy.
- Większa jest masa cząsteczki wody, co ma związek z gęstością wody i gazów.

Zadanie W5.

Jacek zaobserwował na gwiazdzistym niebie szereg (więcej niż 20) świecących punktów (wyglądających jak poruszające się gwiazdy). Punkty znajdowały się w jednej linii i przesuwały względem gwiazd stałych jeden za drugim z taką samą, znaczną prędkością – czas przelotu każdego z nich przez widoczną część nieba wynosił kilka minut. Kilka dni później zaobserwował podobne zjawisko. Wybierz najbardziej prawdopodobne wyjaśnienie tego zjawiska:

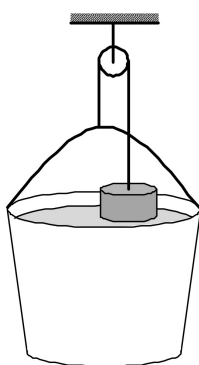
- to zapewne było przygotowanie do inwazji przez Obcych;
- to były prawdopodobnie spalające się w atmosferze szczątki I stopnia chińskiej rakiety „Długi Marsz”, której pozostała część spadła kilka tygodni wcześniej do oceanu;
- to były planety, bo jak wiadomo planety poruszają się względem gwiazd stałych i wszystkie poruszają się w przybliżeniu w tej samej płaszczyźnie;
- to były wystrzelone przez jedną rakietę, przelatujące się na wysokości kilkuset kilometrów nad Ziemią minisatelity systemu, który ma zapewnić dostęp do Internetu ze wszystkich punktów powierzchni Ziemi;
- to były satelity geostacjonarne – jak wiadomo orbita geostacjonarna jest tylko jedna, a satelitów znajdujących się na tej orbicie jest dużo, zatem przy sprzyjających warunkach można zaobserwować opisany efekt.

CZĘŚĆ NUMERYCZNA

Zadanie N1.

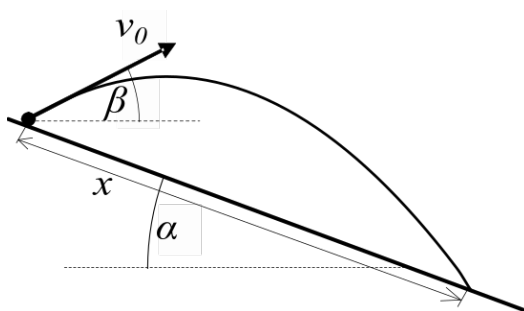
Wiązka światła laserowego o długości fali w próżni λ pada na siatkę dyfrakcyjną o stałej siatki d znajdującą się na granicy ośrodków o współczynnikach załamania n_1 i n_2 . Kierunek padania wiązki jest prostopadły do szczelin siatki, ale nie jest prostopadły do płaszczyzny siatki – kąt między tymi dwoma kierunkami (kąt padania) jest równy α . Na ekranie znajdującym się w odległości od granicy ośrodków znacznie większej niż d zaobserwowano, że maksimum prążka dyfrakcyjnego sąsiadującego z prążkiem zerowym (czyli o numerze $+1$ lub -1) znajduje się dokładnie na przedłużeniu początkowego kierunku biegu promienia. Wyznacz kąt α .

Zadanie N2.



Wiadro z wodą wisi na linii przerzuconej przez bloczek. Masa samego wiadra jest równa m kg. Na drugim końcu linii jest zawieszony jednorodny, metalowy walec o objętości V i gęstości ρ . Walec jest zanurzony w wodzie, przy czym zanurzona jest część p całkowitej objętości walca i nie dotyka on dna wiadra. Układ jest w równowadze. Wyznacz objętość wody w wiadrze. Gęstość wody wynosi ρ_w .

Zadanie N3.



Z równi pochyłej o kącie nachylenia α wyrzucono małe ciało z prędkością początkową v_0 , patrz rysunek. Jaki powinien być kąt β nachylenia tej prędkości do poziomu, aby zasięg rzutu x był maksymalny? Pomiń opór powietrza.

Zadanie N4.

Marek zainstalował na swoim dachu kolektor słoneczny ciepła (woda jest ogrzewana promieniami słońca), natomiast Paweł zainstalował na swoim dachu baterie fotowoltaiczne o takiej samej powierzchni i ustawione tak samo jak kolektor Marka. Marek planuje używać swojego kolektora do

podgrzewania wody o temperaturze otoczenia $t_1 = 13,1\text{ }^\circ\text{C}$ do temperatury $t_2 = 43,4\text{ }^\circ\text{C}$. Paweł również zamierza podgrzewać wodę o temperaturze otoczenia t_1 do temperatury t_2 , ale chce do tego użyć pompy ciepła (działającej w odwrotnym cyklu Carnota - informacje na temat cyklu Carnota wyszukaj w dostępnych Ci źródłach) wykorzystującej energię elektryczną pochodzącą z baterii fotowoltaicznych.

Ustal, ile razy więcej wody może podgrzać Paweł zakładając, że sprawność baterii fotowoltaicznych jest równa 15%, a w kolektorze do podgrzania wody jest wykorzystywane 50% energii światła słonecznego. Dla uproszczenia przyjmij, że pompa ciepła działa między temperaturą otoczenia t_1 a oczekiwaną końcową temperaturą wody t_2 ; jej sprawność jest równa maksymalnej sprawności teoretycznej.

Zadanie N5.

Ustalono, że w stanie nieważkości pewna rakieta po czasie t_1 od włączenia silników zwiększy prędkość o v_0 , przy czym w każdym momencie jej przyspieszenie będzie większe od 2 m/s^2 . Jaką prędkość osiągnie po tym samym czasie ta rakieta startując pionowo z powierzchni Księżyca? Pomiń oddziaływanie gazów wylotowych z powierzchnią Księżyca.

Informacje, które mogą być przydatne:

przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni Księżyca $g_K = 1.62\text{ m/s}^2$,

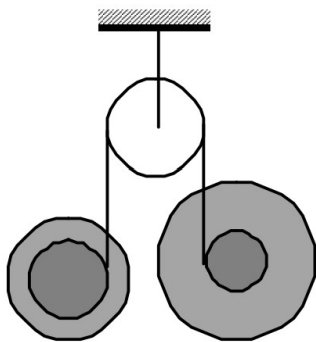
prędkość wylotowa gazów $v_g = 2000\text{ m/s}$.

Dla rakiety w próżni i stanie nieważkości obowiązuje wzór Ciołkowskiego

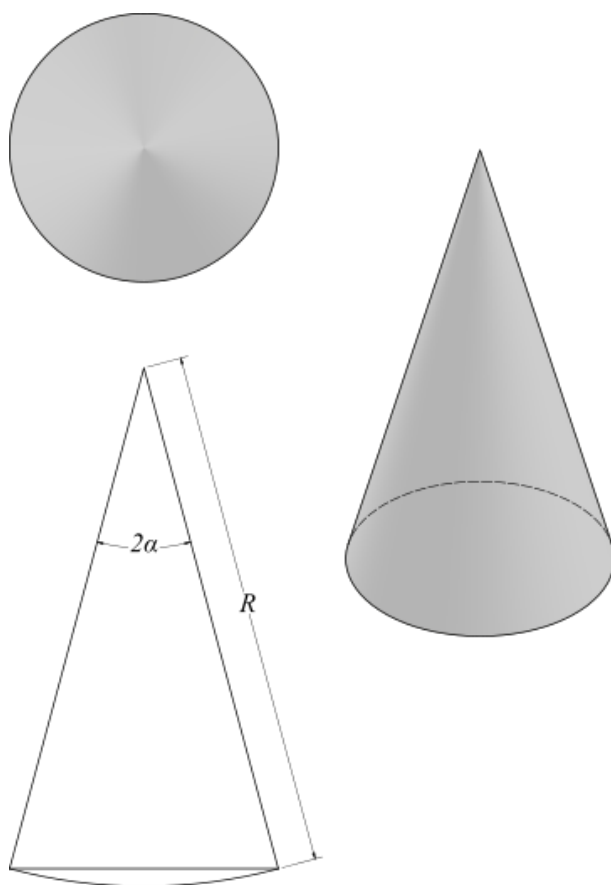
$$v = v_g \ln \frac{m_p}{m_k},$$

gdzie \ln jest logarytmem naturalnym, tzn. logarytmem, którego podstawą jest liczba $e \approx 2,718$

Zadanie N6.



Zabawka „jo-jo” składa się z dwóch walców o promieniu R_1 i łącznej masie m_{11} połączonych trzecim, mniejszym walcem o promieniu r_1 i masie m_{12} . Walce są jednorodne i mają wspólną oś. Dla drugiej takiej zabawki analogiczne parametry to R_2 , m_{21} , r_{21} i m_{22} . Na mniejszych walcach nawinięto końce długiej nici, którą przełożono przez blok (rys.), po czym oba „joja” puszczone. Masę bloku, tarcie w jego osi, oraz opór powietrza można pominąć. Nici nie ślizga się po walcach, na które jest nawinięta. Przyjmij, że proste odcinki nici są stale pionowe. Podaj wartość stosunku przyspieszenia pierwszej zabawki do przyspieszenia drugiej.

Zadanie N7.

Pewna cywilizacja świętuje 333 333 rocznicę kolonizacji swojej galaktyki wysyłając w przestrzeń kosmiczną jednorodne, spiczaste monolity o masie m , będące wycinkami kuli o promieniu R m i kącie rozwarcia 2α (powierzchnia boczna jest powierzchnią boczną stożka o tworzącej R i małym kącie rozwarcia 2α , a podstawa jest wycinkiem sfery). Wyznacz przyspieszenie grawitacyjne na wierzchołku monolitu wywołane przez ten monolit.

Zadanie N8.

Kolistą pętlą o promieniu r z przewodnika o oporze elektrycznym na jednostkę długości λ znajduje się w jednorodnym polu magnetycznym, którego indukcja zmienia się zgodnie ze wzorem

$$B = B_0 \cos \omega t.$$

gdzie $B_0 = \text{const}$.

Pętla obraca się wokół jednej ze swoich średnic z prędkością kątową ω , przy czym w chwili $t = 0$ pole \vec{B} jest prostopadłe jej płaszczyzny. Wyznacz średnią szybkość wydzielania ciepła w tej pętli.

Zadanie N9.

Napięcie przyspieszające elektrony w pewnym mikroskopie elektronowym pozwalającym obejrzeć koronawirusa SARS Cov-2 wynosi U . Zakładając, że elektrony początkowo spoczywały, wyznacz ich prędkość po przebyciu obszaru przyspieszającego.

Dane, które mogą być przydatne: masa elektronu $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg = $511 \cdot 10^3$ eV/ c^2 , wartość bezwzględna ładunku elektronu $q_e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C.

Zadanie N10.

Armia amerykańska rozważa wprowadzenie na swoje wyposażenie plecaków odrzutowych. Oszacuj minimalną moc silników takiego plecaka w następujący sposób:

- przyjmij, że masa plecaka wraz z żołnierzem wynosi $m = 120-160$ kg. Rozważamy, sytuację, gdy plecak z żołnierzem „wiszą” nieruchomo na ustalonej wysokości h .
- z dyszy silników wylatuje powietrze, ze stałą prędkością, taką samą dla każdego silnika i dyszy. łączna powierzchnia przekroju poprzecznego strumienia powietrza tuż za dyszą (gdzie jego ciśnienie jest równe ciśnieniu atmosferycznemu) jest równa S .
- moc plecaka to minimalna moc potrzebna do przyspieszenia powietrza od prędkości 0 m/s, do prędkości zapewniającej utrzymanie zwisu. Przyjmujemy, że powietrze nie zmienia swojej temperatury, a jego gęstość jest równa d .
- pomiń wszelkie efekty aerodynamiczne (np. ruch otaczającego powietrza).

Przyspieszenie grawitacyjne jest równe g .