

LXXII OLIMPIADA FIZYCZNA

ZADANIA ZAWODÓW I STOPNIA

CZEŚĆ I

ZADANIA CZEŚCI I (termin wysyłania rozwiązań — 14 października 2022 r.)

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

CZEŚĆ TESTOWA

Zadanie W1.

Teleskop kosmiczny Jamesa Webba ma wykonywać obserwacje w podczerwieni.

Jednym z powodów, dla którego te obserwacje będą prowadzone w podczerwieni jest:

- A. Dzięki temu można wykonywać obserwacje również w nocy, gdy jest ciemno
- B. Zdjęcia wykonane w zakresie widzialnym nie mogą już nic wnieść do naszej wiedzy o Kosmosie
- C. Promieniowanie podczerwone łatwiej niż widzialne przenika przez międzygwiazdne obłoki gazu i pyłu
- D. Fotony promieniowania podczerwonego mają niższą energię niż fotony światła widzialnego, zatem wykorzystanie podczerwieni jest bardziej ekologiczne niż wykorzystanie światła widzialnego.

Zadanie W2.

Cząstka o masie m i ładunku q wpada w prędkością v w obszar stałego pola magnetycznego o indukcji B . Podczas ruchu cząstki w tym obszarze działa na nią stała co do wartości siła oporu skierowana przeciwnie do wektora prędkości. Tor cząstki (aż do zatrzymania) dla pewnych wartości parametrów jest przedstawiony poniżej





A.



B.



C.



D.

Zadanie W3.

Gdy pewną długą zwojnicę o liczbie zwojów n podłączono do baterii o napięciu U , to po krótkim czasie T (na tyle krótkim, że opór zwojownicy oraz opór wewnętrzny baterii można pominąć) indukcja pola magnetycznego wewnątrz zwojownicy wyniosła B . Następnie zwojnicę odłączono od napięcia i nawinięto na nią dodatkowo drut, tak, że całkowita liczba zwojów wzrosła do $2n$ bez istotnych zmian jej rozmiarów. Po ponownym podłączeniu jej do baterii o napięciu U , po takim samym jak poprzednio czasie T , indukcja pola magnetycznego wewnątrz zwojownicy wyniesie:

- A. $2B$
- B. $4B$
- C. B
- D. $B/2$
- E. $B/4$

F. żadna z pozostałych wartości

Zadanie W4.

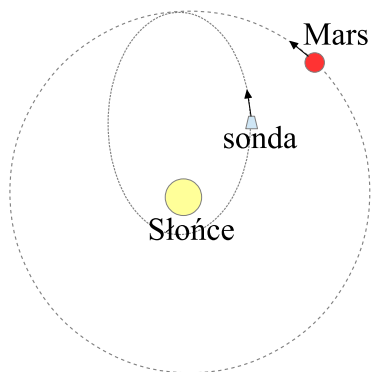
Amerykańscy naukowcy opracowali (niemal) idealnie białą farbę, odbijającą prawie całe promieniowanie z zakresu promieniowania widzialnego i pochłaniającą prawie całe promieniowanie z pozostałego zakresu (tzn. zachowującą się jak ciało doskonale czarne w pozostałym zakresie). Zgodnie z zapowiedziami, pomalowanie dachu domu taką farbą może wyeliminować konieczność stosowania klimatyzacji do chłodzenia wnętrza domu – lub przynajmniej ograniczyć jej moc. Wybierz najbardziej adekwatny komentarz:

- takie działanie byłoby sprzeczne z II zasadą termodynamiki
- taka farba rzeczywiście może obniżyć temperaturę wewnątrz budynku, głównie w słoneczne, bezchmurne dni
- taka farba rzeczywiście może obniżyć temperaturę wewnątrz budynku, głównie w dni o całkowitym zachmurzeniu, ale o wysokiej temperaturze
- efektywność działania takiej farby w celu obniżania temperatury nie jest wyższa, niż efektywność farby srebrnej/aluminiowej, odbijającej niezależnie od zakresu długości fali (niemal) całe promieniowanie,
- taka farba obniża temperaturę wewnątrz budynku, pod (trudnym do spełnienia) warunkiem, że prawie całe niebo jest zachmurzone, ale chmury nie zasłaniają słońca

Przez „obniżanie temperatury” rozumiemy powyżej, że rozpatrywanej sytuacji temperatura wewnątrz domu w przypadku, gdy dach jest pomalowany rozważaną farbą jest niższa, niż gdyby był pomalowany farbą o innych właściwościach („zwykłą” farbą).

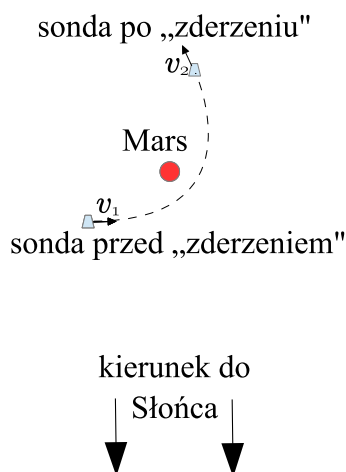
Zadanie W5.

„Katapulta” („proca”, „asysta”) grawitacyjna polega na wykorzystaniu oddziaływania grawitacyjnego jednej z planet do wysłania sondy w dalsze regiony Układu Słonecznego. Rozważmy sondę, której orbita w jednym punkcie zbliża się do orbity Marsa (patrz Rys. 5.1). Aby sonda mogła jak najbardziej oddalić się od Słońca, powinna się znaleźć w okolicy tego punktu jednocześnie z Marsiem.



Rys. 5.1. Wokółsłoneczne orbity sondy oraz Marsa. Oddziaływanie sondy z Marsiem nie jest uwzględnione.

Na Rys. 5.2 przedstawiono – w układzie odniesienia Marsa – przelot sondy w pobliżu Marsa (nazwany tu „zderzeniem”), wraz zaznaczonymi wektorami prędkości sondy względem Marsa: przed „zderzeniem” (\vec{v}_1), oraz po „zderzeniu” (\vec{v}_2).



Rys. 5.2. Schematycznie przedstawiony w układzie Marsa przelot sondy w pobliżu Marsa.

Przez α oznaczymy kąt między tymi wektorami, przy czym dodatnia wartość α odpowiada prędkości \vec{v}_2 skierowanej „od Słońca” (jak na rysunku). W jednym i tylko w jednym przypadku spośród poniższych po oddziaływaniu z Marsiem sonda wydestanie się poza Układ Słoneczny. W którym?

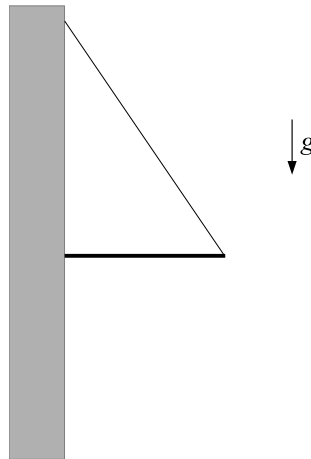
- a) $\alpha = 90^\circ$
- b) $\alpha = 30^\circ$
- c) $\alpha = -40^\circ$
- d) $\alpha = 160^\circ$
- e) $\alpha = -170^\circ$

Przyjmij, że atmosfera Marsa i jego niezerowy promień nie mają wpływu na ruch sondy (tzn. że „zderzenie” jest sprężyste). Pomiń oddziaływanie innych ciał niż Słońce, Mars i sonda. Przyjmujemy, że sonda może przebywać w dwóch obszarach: takim, w którym oddziałuje ona tylko ze Słońcem, i drugim, znacznie mniejszym, w którym w układzie Marsa można zaniedbać oddziaływanie Słońca.

CZEŚĆ NUMERYCZNA

Zadanie N1.

Poziomy, jednorodny pręt o długości l jest zawieszony za jeden koniec na nieważkiej, wiotkiej linie, a drugi jego koniec opiera się o ścianę.



Odległość między punktem zawieszenia a punktem oparcia pręta jest równa h . Wyznacz minimalny współczynnik tarcia pręta o ścianę, przy którym taka sytuacja jest możliwa.

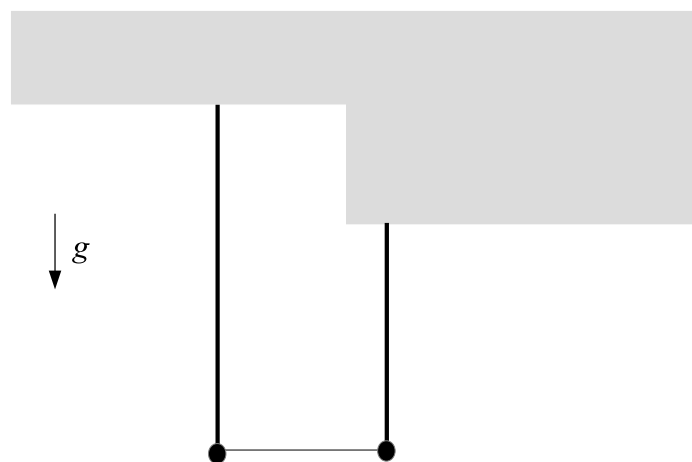
Zadanie N2.

Zgodnie z prawem o ruchu drogowym wyrażony w metrach odstęp od poprzedzającego pojazdu powinien być równy co najmniej połowie prędkości samochodu wyrażonej w km/h. Zakładając czas reakcji T oraz prędkość obu pojazdów v , wyznacz, jaki musiały być minimalny współczynnik tarcia opon o podłoże, aby w hipotetycznym przypadku, w którym poprzedzający pojazd zatrzymuje się w miejscu (np. zderza się z nieruchomą przeszkodą), samochód mógł się zatrzymać unikając zderzenia.

Pomiń opór powietrza i siły aerodynamiczne. Droga jest pozioma. Przyspieszenie ziemskie $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Zadanie N3.

Dwa wahadła matematyczne o masach m_1 i m_2 oraz długościach l_1 i l_2 są zawieszane na różnych wysokościach. Masy są połączone nieważkim, sztywnym prętem, tak, że w stanie równowagi wahadła są pionowe, a pręt jest poziomy.



Wyznacz częstotliwość drgań układu w płaszczyźnie wyznaczonej przez równowagowe położenia wahadeł i pręta przy małych odchyleniach od położenia równowagi (takich, że można przyjąć $\sin \alpha = \alpha$, gdzie α jest kątem odchylenia wahadła od pionu).

Przyjmij, że przyspieszenie grawitacyjne g jest równe $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Zadanie N4.

Ściany czworościanu foremnego o boku a są utrzymywane w stałej temperaturze, odpowiednio T_1, T_2, T_3, T_4 . Wewnątrz czworościanu jest kulka o promieniu r . Środek kulki pokrywa się ze środkiem geometrycznym czworościanu. Między kulką a ścianami jest próżnia. Przyjmując, że zarówno kulka, jak i ściany są ciałami doskonale czarnymi, wyznacz temperaturę T_k kulki, jaka ustali się po długim czasie.

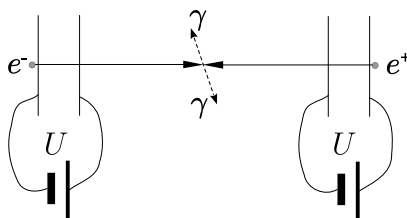
Wyszukaj w dostępnych Ci źródłach jak promieniuje i jak absorbuje promieniowanie ciało doskonale czarne.

Zadanie N5.

Pewnemu pacjentowi wstrzyknięto małą ilość roztworu zawierającego radioaktywny izotop sodu o całkowitej aktywności a rozpadów na minutę. Po 30 godzinach stwierdzono, że aktywność 1 cm^3 krwi tego pacjenta jest o a_2 rozpadów na minutę większa, niż przed wstrzyknięciem izotopu. Wiedząc, że czas połowicznego rozpadu rozważanego izotopu sodu wynosi 15 godzin i przyjmując, że sód nie jest usuwany z krwioobiegu, wyznacz objętość krwi w krwioobiegu pacjenta.

Zadanie N6.

Elektron (e^-) oraz pozyton (e^+) są przyspieszane za pomocą różnicy potencjałów U , a następnie zderzają ze sobą i anihilują, w wyniku czego powstaje para fotonów (2γ), patrz rysunek.



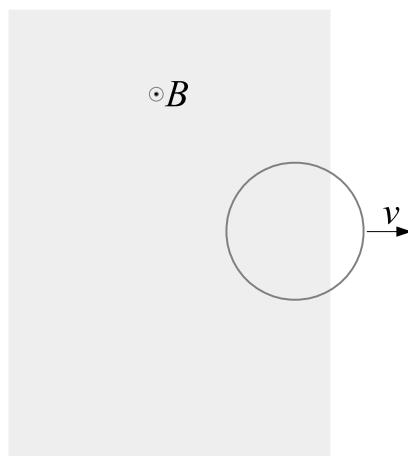
Rys. 6.1: Schematyczny rysunek przedstawiający opisaną w zadaniu sytuację.

Wyznacz długość fali tych fotonów. Przyjmij, że początkowa energia kinetyczna obu rozważanych cząstek jest zanedbywalna w porównaniu z energią uzyskaną w wyniku tego przyspieszenia.

Masa elektronu (oraz pozytonu) jest równa $m_e = 511 \text{ keV}/c^2$, gdzie $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ jest prędkością światła, stała Planck'a $h = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$. $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Zadanie N7.

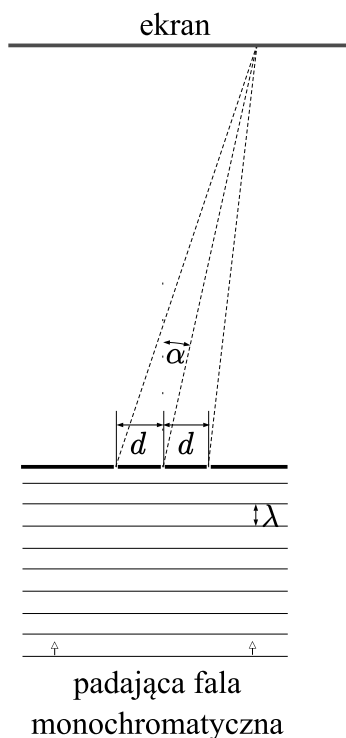
Sztywna ramka w kształcie okręgu o promieniu r , wykonana z drutu o oporze całkowitym R jest wyciągana ze stałą prędkością v z obszaru (półprzestrzeni) o stałym, jednorodnym polu magnetycznym o indukcji B , prostopadłym do tej ramki. Pole magnetyczne wytwarzane przez płynący w niej prąd można zanedbać.



Wyznacz maksymalną wartość siły przeciwstawiającej się wyciąganiu tej ramki.

Zadanie N8.

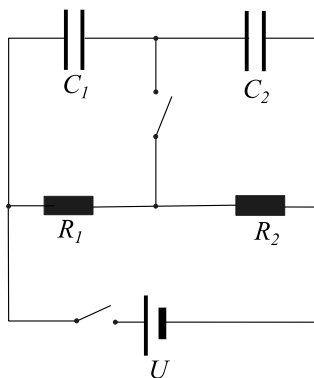
W płaskiej przegrodzie znajdują się trzy równoodległe, cienkie szczeliny o identycznej szerokości i grubości. Odległość między sąsiednimi szczelinami wynosi d . Na przegrodę pada prostopadłe monochromatyczna fala o długości fali λ . Na ekranie znajdującym się w odległości znacznie większej od d można zaobserwować prążki interferencyjne.



Wyznacz kąt odchylenia α odpowiadający pierwszemu minimum interferencyjnemu.

Zadanie N9.

Rozważmy układ dwóch oporników o oporach R_1 , R_2 , dwóch kondensatorów o pojemnościach C_1 , C_2 i baterii o napięciu U oraz zaniedbywalnym oporze wewnętrznym – patrz rysunek.

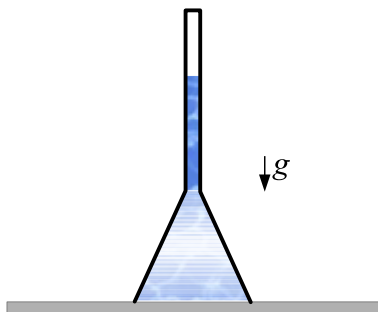


Początkowo oba klucze były zamknięte – układ był podłączony do baterii przez czas pozwalający na ustabilizowanie się napięć i ładunków na elementach układu. W pewnej chwili oba klucze zostały jednocześnie otwarte. Wyznacz napięcie U_1 na kondensatorze C_1 po długim czasie (tzn. takim, że zmiany tego napięcia są pomijalne).

Przyjmij ładunek zgromadzony na nich nie zmienia się w czasie, jeśli nie są podłączone do zewnętrznego oporu (tzn. że tzw. upływność kondensatorów jest pomijalna).

Zadanie N10.

Stożkowy lejek o masie m , maksymalnym promieniu R , minimalnym promieniu znacznie mniejszym od R , wysokości części lejkowej h , jest zakończony bardzo długą, cienką rurką. Lejek postawiono szerszym końcem na gładkim, poziomym stole.



Do jakiej maksymalnej wysokości H , mierzonej od stołu, można nalać wodę do lejka, aby nie wyciekła ona na stół? Granica lejek – stół jest szczelna, ale lejek nie przykleja się do stołu.

Wiadomo, że $H \geq h$. Napięcie powierzchniowe jest pomijalne. Gęstość wody jest równa $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$.