

LXX OLIMPIADA FIZYCZNA

ZADANIA ZAWODÓW I STOPNIA

CZEŚĆ I

ZADANIA CZEŚCI I (termin wysyłania rozwiązań — 16 października 2020 r.)

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

CZEŚĆ TESTOWA

Zadanie W1.



Struna napięta siłą F jest pobudzana na swoim lewym końcu do drgań harmoniczných (rys.). Przy pewnej wartości siły F struna drgała z większą amplitudą niż amplituda dla wartości nieco mniejszych niż F oraz nieco większych od F .

- Czy przy ustalonej częstotliwości pobudzania opisana większa amplituda drgań struny wystąpi tylko dla jednej (J) wartości F , czy dla kilku (K) różnych wartości?
- Gdy nieco zwiększono częstotliwość pobudzania, utrzymanie opisanej większej amplitudy drgań przedstawionych na rysunku wymaga zwiększenia (W), czy zmniejszenia (M) wartości F ?

- A. a) J, b) W
B. a) J, b) M
C. a) K, b) W
D. a) K, b) M

Zadanie W2.

Gdy patrzymy przez bardzo wąską szczelinę, obraz ulega rozmyciu. Przyjmijmy, że szczelina jest pozioma, a obraz obserwujemy w świetle czerwonym. Oglądamy obraz składający się z poziomych oraz pionowych linii.

- A. Bardziej rozmywają się linie poziome, a w świetle zielonym rozmycie byłoby jeszcze większe.
B. Bardziej rozmywają się linie poziome, a w świetle zielonym rozmycie byłoby mniejsze.
C. Bardziej rozmywają się linie pionowe, a w świetle zielonym rozmycie byłoby jeszcze większe.
D. Bardziej rozmywają się linie pionowe, a w świetle zielonym rozmycie byłoby mniejsze.

Zadanie W3.

Mikroskop elektronowy pozwala dostrzegać mniejsze obiekty, niż mikroskop optyczny, gdyż

- A. soczewki magnetyczne mogą być wykonane z większą precyzją, niż szklane.
- B. elektrony mają rozmiary mniejsze od kwantów światła.
- C. elektrony nie ulegają dyfrakcji, która pogarsza rozdzielczość mikroskopów optycznych.
- D. w mikroskopach elektronowych nie występuje aberracja chromatyczna (rozszczerzenie wiązki światła podczas załamania).
- E. długość fali elektronów może być znacznie mniejsza od długości fali światła.

Zadanie W4.

Spośród następujących sposobów oddziaływania na niepromieniotwórczą próbkę materiału:

- a) zanurzenie próbki w kwasie siarkowym,
- b) oziębienie jej do temperatury 1 K,
- c) podgrzanie jej do temperatury 10000 K,
- d) podgrzanie jej do temperatury 15 mln K,
- e) podziaływanie na nią mikrofalami we wnęce rezonansowej,
- f) oświetlenie jej wiązką promieni nadfioletowych,
- g) podziaływanie na nią wiązką promieni γ ,
- h) podziaływanie na nią wiązką powolnych neutronów (o energii kinetycznej 0,03 eV),
- i) podziaływanie na nią wiązką protonów o energii kinetycznej 30 eV,
- j) podziaływanie na nią wiązką protonów o energii kinetycznej 500 keV,

mogą wywołać promieniotwórczość próbki tylko:

- A. a), c), d), f)
- B. e), f), i), j)
- C. d), g), h), j)
- D. b), c), i), j)
- E. a), e), g), h).

Zadanie W5.

Między okładki powietrznego kondensatora płaskiego naładowanego ładunkiem Q wstawiamy sztywny dielektryk, w taki sposób, że między dielektrykiem a okładką jest bardzo mały odstęp. Określ jak zmieni się siła działająca na jedną z okładek w następujących przypadkach:

- a) Gdy kondensator jest odłączony od obwodu elektrycznego (okładki są izolowane).
 - A. Wzrośnie
 - B. Zmaleje
 - C. Nie zmieni się
 - D. Potrzebne są dodatkowe dane
- b) Gdy kondensator jest podłączony jest podłączony do źródła stałego napięcia.
 - A. Wzrośnie
 - B. Zmaleje

- C. Nie zmienia się
D. Potrzebne są dodatkowe dane

CZĘŚĆ NUMERYCZNA

Zadanie N1.

W powietrzu wydobywającym się z płuc podczas np. kaszlu czy kichnięcia znajdują się małe kropelki wody (potencjalnie mogące zawierać koronawirusa). Przyjmując, że rozmiar jednej z tych kropelek wynosi $r = (5 - 15)\mu\text{m}$, wyznacz czas, po jakim, w nieruchomym powietrzu, taka kropelka spadnie z wysokości $h = (1,0 - 1,5)\text{m}$ na ziemię.

Przyjmij, że siła oporu powietrza R działająca na taką kropelkę poruszającą się w nim z prędkością v jest określona prawem Stokesa

$$R = 6\pi r\mu v,$$

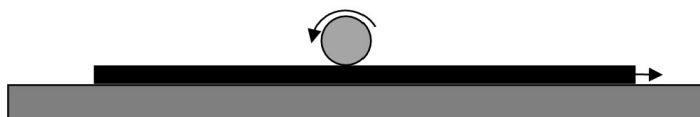
gdzie: μ jest współczynnikiem lepkości dynamicznej,
 $\mu = 18,1\mu\text{Pas}$ dla powietrza o temperaturze 20°C .

Pomiń parowanie wody z kropelki pomimo tego, że w typowych warunkach czas całkowitego odparowania rozważanych kropelek wynosi kilkanaście sekund.

Zadanie N2.

Na długą równię pochyłą, nachyloną do poziomu pod kątem $\alpha = (10 - 120)^\circ$ spada pionowo mała kulka z punktu położonego na wysokości $h = (4 - 12)\text{cm}$ ponad powierzchnią równi i odbija się sprężysto od niej. Wyznacz odległość między pierwszym a $(4 - 6)$ -tym punktem odbicia. Przyjmij, że przyspieszenie ziemskie $g = 9,81\text{m/s}^2$. Pomiń opór powietrza oraz przyjmij, że nie występuje tarcie kulki o równię, czyli że przy odbiciu kulka nie zaczyna się obracać.

Zadanie N3.



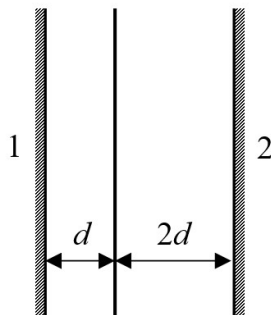
Na poziomym podłożu znajduje się płaska płyta o masie M , a na płycie – walec o masie m i promieniu r . Początkowo płyta przesuwa się względem podłoża z prędkością v , a walec toczy się po niej z prędkością kątową taką, że jego oś nie przemieszcza się względem podłoża. Pomiędzy płytą a podłożem występuje tarcie powodujące, że po pewnym czasie płyta się zatrzymuje. Wyznacz wartość prędkości osi walca v_k po zatrzymaniu się płyty, zakładając, że walec toczy się bez poślizgu i do zatrzymania nie spadnie z płyty. Pomiń opór związany z toczeniem oraz opór powietrza.

Zadanie N4.

Informacja. Moc promieniowania elektromagnetycznego P emitowanego przez ciało doskonale czarne o temperaturze T wyraża się wzorem Stefana-Boltzmann'a:

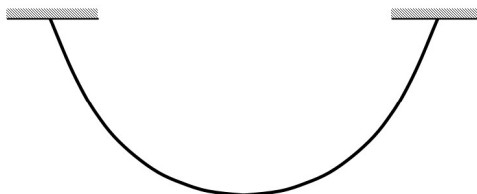
$$\frac{P}{S} = \sigma T^4$$

gdzie $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ jest stałą Stefana-Boltzmann, S – wielkością powierzchni ciała emitującej promieniowanie. Ciało doskonale czarne pochłania całe padające na nie promieniowanie.



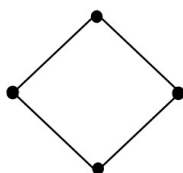
Dwie powierzchnie ciał doskonale czarnych są płaskie, równoległe i odległe od siebie o $3d$, a ich temperatury wynoszą T_1 i T_2 . Między nimi, w odległości d od pierwszej powierzchni a $2d$ od drugiej, znajduje się cienka płyta metalowa (zob. rysunek), którą też można traktować jako ciało doskonale czarne. Po obu stronach płyty jest próżnia. Rozmiary powierzchni i płyty są znacznie większe od d . Oblicz ustaloną po długim czasie temperaturę T tej płyty.

Zadanie N5.



Jednorodna, cienka, wiotka lina jest przewieszona między dwoma, znajdującymi się na takiej samej wysokości punktami odległymi o d , patrz rysunek. Naprężenie liny w jej najniższym punkcie wynosi N . Wyznacz ciężar liny. Potrzebne dodatkowe dane wyznacz z rysunku.

Zadanie N6.



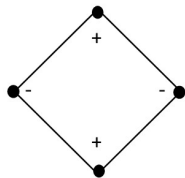
Cztery identyczne, cienkie, metalowe pręty są ze sobą połączone przegubowo, a chwili początkowej tworzyły kwadrat o boku a – patrz rysunek. Pręty pozostawały stale w płaszczyźnie prostopadłej do stałego pola magnetycznego o indukcji B . Opór elektryczny każdego pręta jest równy R , a przeguby idealnie przewodzą prąd. Zaczynając od chwili początkowej, a kończąc na chwili, gdy wszystkie pręty są do siebie równoległe, dwa przeciwległe przeguby zbliżały się do

siebie ze stałą prędkością v .

Wyznacz wartość całkowitego ładunku elektrycznego, jaki przepłynął przez pręty.

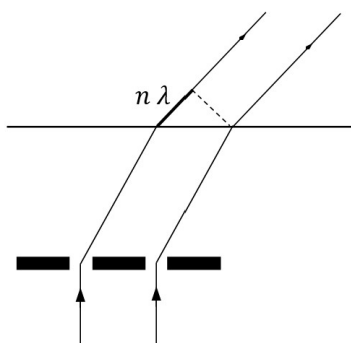
Pomiń pole magnetyczne wytwarzane przez prąd płynący przez pręty.

Zadanie N7.



Cztery cząstki: dwie o ładunku dodatnim $+|e|$ i masie tak dużej, że można przyjąć, że są nieruchome, oraz dwie o ładunku ujemnym $-|e|$ i masie m każda spoczywają początkowo w wierzchołkach kwadratu o boku a – patrz rysunek. Wyznacz odległość między ujemnymi ładunkami w chwili, gdy ich prędkość będzie maksymalna.

Zadanie N8.



Na dnie akwarium leży siatka dyfrakcyjna o stałej siatki d . Na siatkę, prostopadle do jej powierzchni, pada z zewnątrz (od dołu) wiązka światła laserowego o długości fali w powietrzu λ . Powierzchnia wody znajduje się w odległości h od siatki, a ekran w odległości $l > h$ od niej. h jest znacznie większe od λ , a l jest znacznie większe od h .

Wyznacz odległość x_1 między środkami zerowego i pierwszego prążka interferencyjnego na ekranie.

Uwzględnij, że ta odległość jest znacznie mniejsza od l . Współczynnik załamania światła dla wody wynosi $n = 1,33$.

Zadanie N9.

W idealnie sztywnym, szczelnym zbiorniku w kształcie walca o promieniu r i wysokości h znajduje się woda o temperaturze 4°C . oraz mały balonik wypełniony powietrzem – również o temperaturze 4°C . Balonik jest przyczepiony do wieczka walca, a oś walca jest pionowa. Początkowo balonik znajdował się w najwyższym punkcie zbiornika, objętość powietrza w jego wnętrzu wynosiła V_1 , a ciśnienie p_1 . Walec obrócono wokół osi poziomej o 180° , w wyniku czego balonik znalazł się na dnie. Wyznacz ciśnienie powietrza we wnętrzu balonika. Wynik podaj z dokładnością 5%. Pomiń energię i grubość powierzchni balonika oraz napięcie powierzchniowe wody. Jeśli potrzebne są dodatkowe dane, wyszukaj je w dostępnych Ci źródłach.

Zadanie N10.

Metoda datowania radiowęglowego polega na porównaniu stosunku liczby atomów nietrwałego izotopu węgla ^{14}C do liczby atomów izotopów trwałych ^{12}C oraz ^{13}C w danej próbce organicznej. W czasie, gdy powstawała tkanka, z której pobrano próbkę (np. wyrosło drzewo), ten stosunek był taki, jak w danym okresie w powietrzu (bo rośliny pobierają węgiel z CO_2 z powietrza). Potem izotop ^{14}C ulega rozpadowi na azot, elektron i antyneutrino w reakcji $^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + e^- + \bar{\nu}_e$ z czasem połowicznego rozpadu $T_{1/2} = 5740$ lat.

Przyjmując, że stosunek liczby atomów nietrwałego izotopu węgla ^{14}C do liczby atomów izotopów trwałych ^{12}C oraz ^{13}C w powietrzu wynosi x_0 , ustal wiek próbki, w której taki stosunek jest równy x .

Uwaga: tak wyznaczony wiek jest tylko grubym przybliżeniem. W rzeczywistości należy uwzględnić, to że w różnych okresach czasu stosunek ilości ^{14}C do ilości ^{12}C oraz ^{13}C w powietrzu był różny. Służą do tego tzw. krzywe kalibracji, pochodzące z badania próbek organicznych o znanym wieku.