

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Ogólnopolska Olimpiada „O Diamentowy Indeks AGH” 2024/2025
Fizyka – Etap 1

Uwaga: za każde poprawnie rozwiązane zadanie uczestnik może uzyskać maksymalnie 20 punktów.

Zadanie 1. Do cylindrycznej szklanki o promieniu podstawy $R=2$ cm, wypełnionej częściowo wodą, wrzucono sześcienną kostkę lodu o długości krawędzi $a=1$ cm. Kostka pływa w szklance tak, że jedna z jej ścian jest równoległa do dna szklanki. O ile podniesie się poziom wody w szklance, jeżeli stosunek gęstości lodu do gęstości wody wynosi $\rho_L/\rho_w=0,9$? Pomiń efekty związane z lepkością i napięciem powierzchniowym. Oblicz wypadkową siłę, F , działającą na kostkę lodu zanurzoną w wodzie, w funkcji wielkości zanurzenia x , mierzonej względem ścianek szklanki. Zależność $F(x)$ przedstaw na stosownym wykresie. Rozważ cały możliwy zakres x . Przyjmij $g=10$ m/s², $\rho_w=1$ g/cm³.

Zadanie 2. Dwa ciała o masach m_1 i m_2 , połączone nieważką i nierozciągliwą liną, zwisają z dwóch stron nieważkiego krążka podwieszonego do sufitu. Zapisz równania ruchu dla obu ciał i wyznacz z nich w funkcji mas ciał: siłę naciągu N liny przerzuconej przez krążek, siłę P podwieszenia osi krążka do sufitu oraz przyspieszenie a , z jakim poruszają się ciała. Przedstaw te wielkości na wykresach dla pięciu stosunków mas $m_2/m_1 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$, zakładając, że $m_1=1$ kg. Oblicz wartość stosunku siły P do przyspieszenia grawitacyjnego g , $\mu=P/g$, który nazywany jest masą zredukowaną rozpatrywanego układu, dla stosunków mas podanych powyżej. Przyjmij $g=10$ m/s².

Zadanie 3. Jedną z przemian gazu doskonałego jest przemiana politropowa o ogólnym równaniu $pV^m = \text{const.}$, gdzie m jest dowolną liczbą rzeczywistą (jest to tzw. wykładnik politropy). Dla przemiany politropowej znany jest związek ciepła molowego, C_m , z wykładnikiem politropy: $m=(C_m-C_p)/(C_m-C_v)$, gdzie C_p i C_v to ciepła molowe przy stałym ciśnieniu i stałej objętości. Na podstawie pierwszej zasady termodynamiki wyprowadź zależność pracy dla n moli gazu w procesie politropowym, w którym zmiana temperatury wyniosła ΔT , w funkcji dowolnego m (ciepło wymienione z otoczeniem wynosi $Q_m=n \cdot C_m \cdot \Delta T$). Znana jest stała gazowa R . Następnie uzasadnij, dla jakich m przemiana politropowa staje się przemianą izobaryczną, izochoryczną lub adiabatyczną i sprawdź, czy dla tych przemian spełniony jest powyższy związek ciepła molowego z wykładnikiem politropy, i czy ogólny wzór na pracę gazu w przemianie politropowej redukuje się do postaci znanej dla wymienionych przemian podstawowych.

Zadanie 4. Rozważ dwa nieskończenie długie, prostoliniowe przewodniki, ustawione równolegle w odległości r od siebie. Przez każdy z nich płynie prąd o natężeniu I . Wyprowadź wzór na siłę wzajemnego oddziaływania przewodników, liczoną na długość l każdego z nich. Wykorzystaj wzór na indukcję pola magnetycznego od prostoliniowego, nieskończenie długiego przewodnika z prądem.

Następnie rozważ przewód z prądem zwinięty tak, że jego dwa (prawie) prostoliniowe fragmenty dotykają się, ale nie są dociskane zewnętrzną siłą. Pomiaru wielkości natężenia prądu w przewodzie chcemy dokonać, wykonując następujący eksperyment. Między dotykające się prostoliniowe fragmenty przewodu ułożone obok siebie w poziomie w polu grawitacyjnym wkładamy ustawioną pionowo kartkę o długości $l=30$ cm, obciążoną odważnikami. Przewody są izolowane, a izolacja nie zmienia rozkładu pola magnetycznego wokół przewodników. Między izolacją a kartką występuje tarcie o współczynniku $f=1,0$, a sama kartka waży $m_0=5$ g. Przyjmij, że grubość przewodu (żyły wraz z izolacją) to $d=10$ mm. Okazało się, że dopiero przy obciążeniu odważnikiem 20-gramowym kartka wysunęła się pomiędzy przewodów. Jakie jest natężenie prądu płynącego w przewodzie? Potrzebne stałe fizyczne znajdź w tablicach.

Zadanie 5. Rozważ model Bohra budowy atomu wodoropodobnego (o Z protonach w jądrze i tylko 1 elektronie). Wychodząc z postulatów: ruch elektronu po orbicie kołowej wokół nieruchomego jądra oraz kwantowanie momentu pędu ($L=n \cdot h/2\pi$, gdzie numer orbity $n=1,2,3,\dots$; h – stała Plancka), wyprowadź wzór na energię całkowitą E_n elektronu w atomie wodoropodobnym i przedstaw kwantowanie energii na diagramie poziomów energetycznych $E_n(n)$ dla 4 pierwszych orbit. Podaj wzór na długość fali promieniowania wyemitowanego przy przejściu elektronu z m -tej na k -tą orbitę. W jakim atomie ($Z=?$) długość fali przy przejściu z 3. na 2. orbitę wynosiłaby $\lambda=3,88$ nm (jest to zakres promieniowania X)? Przyjmij oznaczenia: m – masa elektronu; e – ładunek elementarny; ϵ_0 – przenikalność elektryczna próżni; c – prędkość światła w próżni; h – stała Plancka. Przyjmij dane liczbowe: energia na 1. orbicie w atomie wodoru ($Z=1$) $E_1=-13,6$ eV; stała $h \cdot c=1240$ eV·nm.