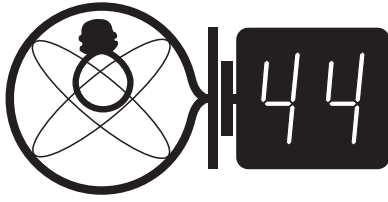
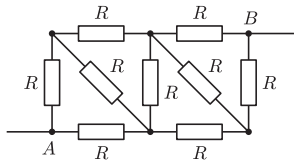


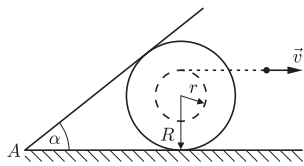
Klub 44



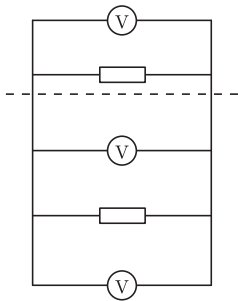
Termin nadsyłania rozwiązań: 31 V 2012



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

Zadania z fizyki nr 534, 535

Redaguje Ewa CZUCHRY

534. Jaki jest opór między punktami A i B układu pokazanego na rysunku 1?

535. Szpulka nici toczy się bez poślizgu po poziomej powierzchni. Prędkość końca nitki jest skierowana poziomo i ma wartość v_0 , wewnętrzny i zewnętrzny promień szpulki to r i R odpowiednio. Na szpulce opiera się deseczka zaczepiona zawiasem w punkcie A (rys. 2). Znaleźć prędkość kątową ω deseczki w zależności od kąta α .

Jak widać, Jerzy B. Brojan, po ponad 21 latach sterowania nawą Ligi Fizycznej, przekazuje dowództwo Ewie Czuchry. W imieniu redakcji składam dotychczasowemu Redaktorowi serdeczne podziękowania i jednocześnie zapewniam, iż dołożymy wszelkich starań, by Liga utrzymała swą dotychczasową rangę.

Marek Kordos

Rozwiązania zadań z numeru 11/2011

Redaguje Jerzy B. BROJAN

Przypominamy treść zadań:

526. Poniżej linii przerywanej (p. rys. 3) występuje jednorodne, prostopadłe do płaszczyzny rysunku i zmienne w czasie pole magnetyczne, a powyżej tej linii pola nie ma ($B = 0$). Oporności oporników są jednakowe, jednakowe są także trzy pola powierzchni objęte oczkami obwodu: między linią przerywaną a środkowym woltomierzem, między środkowym woltomierzem a dolnym opornikiem oraz między dolnym opornikiem a dolnym woltomierzem. Jeśli dolny woltomierz wskazuje 1 V, to jakie jest wskazanie pozostałych woltomierzy?

527. Lodówka pobiera ciepło od ciała A o temperaturze $T_1 = -5^\circ\text{C}$ i oddaje ciepło otoczeniu o temperaturze $T_0 = 20^\circ\text{C}$, działając na następującej zasadzie. Naczynie o stałej objętości początkowo zawiera powietrze atmosferyczne o temperaturze T_0 i ciśnieniu $p_0 = 10^5$ Pa, następnie przy zachowaniu doskonałej izolacji termicznej pompa próżniowa obniża ciśnienie w naczyniu do osiągnięcia temperatury T_1 . Dalej odpompowuje się powietrze aż do stanu bliskiego próżni, przy czym temperatura pozostaje równa T_1 wskutek pobierania ciepła od A. Następnie naczynie jest ponownie napełniane powietrzem atmosferycznym i cykl się powtarza. Ile wynosi minimalna wartość pracy pompy niezbędnej do odprowadzenia 1 J ciepła od A?

Pompa zawiera niewielki cylinder pozostający stale w temperaturze T_0 i tłok. Otwarcie zaworu łączącego cylinder z naczyniem następuje w chwili dojścia tłoka „do końca” (objętość cylindra równa zero), po osiągnięciu przez tłok położenia przeciwnego następuje zamknięcie tego zaworu, a po cofnięciu tłoka do położenia, w którym powietrze pobrane z naczynia zostanie sprężone do ciśnienia p_0 , następuje otwarcie zaworu umożliwiającego odprowadzenie na zewnątrz sprężonej partii gazu. Ten zawór zostaje zamknięty tuż przed otwarciem pierwszego. Na każdy cykl przemian w naczyniu próżniowym przypada wiele cykli pracy pompy. Powietrze należy uważać za gaz doskonały o ciepłe molowym C_V równym $(5/2)R$.

526. Oznaczmy siłę elektromotoryczną indukcji w każdym oczku jako \mathcal{E} i przyjmijmy, że ma ona zwrot prawoskrętny – oczywiście wtedy prąd płynie przez oba oporniki prawoskrętnie. Napięcia na woltomierzach (U_1, U_2 i U_3) niech będą dodatnie, gdy plus jest po prawej stronie. Dla kolejnych oczek obowiązują równania

$$0 = -U_1 - IR,$$

$$\mathcal{E} = U_2 + IR, \quad \mathcal{E} = -U_2 + IR, \quad \mathcal{E} = U_3 - IR.$$

Widzimy, że $U_2 = 0, U_1 = -\frac{1}{2}U_3 = -0,5$ V.

527. Oznaczmy symbolami n_0 i n_1 początkową liczbę moli powietrza w naczyniu oraz liczbę moli w chwili osiągnięcia temperatury T_1 . Z równania adiabaty w zmiennych $p-T$

$$pT^{\gamma/(1-\gamma)} = \text{const},$$

gdzie $\gamma = C_p/C_V = 1,4$, po przekształceniach znajdujemy n_1 :

$$n_1 = n_0 \left(\frac{T_1}{T_0} \right)^{1/(\gamma-1)}.$$

Wyznamy teraz pracę pompy próżniowej przy odpompowaniu niewielkiej ilości powietrza dn , przy założeniu, że ciśnienie w naczyniu pozostaje w przybliżeniu stałe i równe p . Jeśli objętość cylindra pompy jest równa V_c (zgodnie z podanym założeniem V_c jest znacznie mniejsze od objętości naczynia), to wejdzie do niego $dn = pV_c/RT_0$

moli powietrza, a praca przeciw sile parcia z zewnątrz wyniesie $W_1 = (p_0 - p)V_c$. Sprężanie powietrza w cylindrze zachodzi izotermicznie, zatem praca

$$W_2 = \int_{V_c} (p_0 - p') dV = \int_{V_c} \left(p_0 - \frac{pV_c}{V} \right) dV,$$

gdzie dolna granica całki odpowiada zerowaniu się wyrażenia podcałkowego. Praca całkowita jest różnicą $W_1 - W_2$ i okazuje się równa

$$dW = W_1 - W_2 = RT_0 \ln(p_0/p) \cdot dn.$$

Podczas odpompowania adiabatycznego ciśnienie p zależy od liczby moli n pozostałej w naczyniu wg równania $p = p_0(n/n_0)^\gamma$ i w wyniku całkowania otrzymujemy

$$\begin{aligned} W_{\text{ad}} &= RT_0 \int_{n_1}^{n_0} \ln \left(\frac{p_0}{p} \right) dn = \\ &= RT_0 \gamma \left(n_0 - n_1 \left(1 + \frac{1}{\gamma-1} \ln \left(\frac{T_0}{T_1} \right) \right) \right). \end{aligned}$$

Dla odpompowania izotermicznego zależność $p(n)$ ma postać $p = n \cdot p_0 T_1 / n_0 T_0$ i całkowanie daje wynik

$$W_{\text{izot}} = RT_0 n_1 \left(1 + \frac{\gamma}{\gamma-1} \ln \left(\frac{T_0}{T_1} \right) \right).$$

Pozostaje obliczenie ciepła pobranego podczas odpompowania izotermicznego. W „zwykłej” przemianie

izotermicznej (tzn. gdy $n = \text{const}$, V jest zmienną) ciepło to jest równe

$$dQ = -dW = p dV.$$

Tutaj zamiast zmiany objętości należy wprowadzić zmianę liczby moli dn , która jest równoważna dV , o ile $dV/V = -dn/n$. Dlatego $dQ = -RT_1 dn$, a jeśli stanem końcowym jest próżnia, to $Q = RT_1 n_1$. Szukany iloraz

$$\eta = \frac{W_{\text{ad}} + W_{\text{izot}}}{Q} = \frac{T_0(\gamma n_0 - \gamma n_1 + n_1)}{T_1 n_1}$$

dla danych T_0 , T_1 i γ przyjmuje wartość 1,48, co można porównać z

$$\frac{T_0}{T_1} - 1 = 0,093$$

dla cyklu Carnota. Głównym powodem tej dużej rozbieżności jest nieodwracalność wpuszczenia powietrza atmosferycznego do opróżnionego naczynia – gdyby wykorzystać pracę ciśnienia atmosferycznego w tej fazie (odjąć ją od $W_{\text{ad}} + W_{\text{izot}}$), to wartość η zmalałaby do 0,109.

Marzec

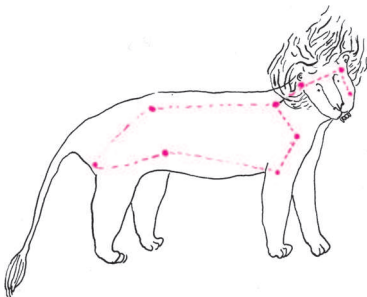
Marcowe noce są jeszcze dosyć długie, a że już coraz cieplejsze, zachęcają do obserwacji. Nisko, nad południowo-zachodnim horyzontem, na pograniczu Barana, Wieloryba i Ryb, wschodzić będzie Jowisz ($-2,2$ mag). Choć możemy podziwiać go przez cały miesiąc, to jednak z każdym dniem będzie zachodził coraz wcześniej, w pierwszej połowie nocy. Podobnie też wyjątkowo jasną Wenus ($-4,2$ mag), pojawiającą się w Rybach nad zachodnim horyzontem, obserwować można będzie przez cały miesiąc, ale jedynie wieczorem. Tuż po zachodzie Słońca, na wschodzie, w gwiazdozbiorze Lwa, ujrzymy Marsa ($-1,2$ mag) – do końca miesiąca widoczny on będzie przez całą noc. Późnym wieczorem w Pannie wschodzi nieco ciemniejszy Saturn ($+0,4$ mag).

Neptun, podobnie jak Merkury i Uran, pojawia się nad horyzontem w blasku wschodzącego Słońca. Najwcześniej wschodzi Uran, ale ze względu na swą niewielką jasność ($+5,9$ mag) i wschodzące Słońce raczej nie będzie się nadawał do obserwacji.

W marcowe noce warto spojrzeć na gwiazdozbiór Lwa. Łatwo go odnaleźć, bowiem leży tuż pod górującą niemal w zenicie Wielką Niedźwiedzicą. Jest to dosyć rozległa i bogata w gwiazdy konstelacja – przy dobrej pogodzie nawet nieuzbrojonym okiem możemy dostrzec 70 gwiazd. Najjaśniejszą gwiazdą i sercem Lwa jest Regulus (α Leo). Nazwę tę, oznaczającą „Małego Króla”, nadał mu Mikołaj Kopernik. Z jasnością $+1,35$ mag jest Regulus jedną z najjaśniejszych gwiazd naszego nieba, ale nie to czyni go ciekawym obiektem. Już za pomocą niewielkiej lornetki dostrzeżemy, że jest to gwiazda podwójna. Składnik główny jest karłem typu widmowego B7 i jasności 150 razy większej niż Słońce. Natomiast składnik wtórny w niewielkim teleskopie sam okazuje się układem dwóch karłów (Regulus B i C) o typach widmowych K2 i M4 oraz jasnościach, odpowiednio, $+8,1$ mag i $+13,5$ mag. Separacja tych składników wynosi 100 jednostek astronomicznych, a okres orbitalny 2000 lat. Układ Regulus B i C jest oddalony od składnika A o 4200 jednostek astronomicznych. Zupełnie niedawno, bo w 2008 roku, odkryto, że Regulus A ma jeszcze jednego, słabego towarzysza. Jest nim biały karzeł o masie około $0,3 M_{\odot}$, obiegający składnik główny z okresem 40,11 dnia w odległości prawdopodobnie 0,35 jednostki astronomicznej. Układ ten (Regulus A i biały karzeł) jest szczególnie ciekawy ze względu na większą gwiazdę. Regulus A, przy promieniu kilka razy większym niż promień Słońca, obraca się wokół swojej osi z okresem 15,9 godziny. Dla porównania okres rotacji Słońca wynosi, w zależności od szerokości heliograficznej, od 25 dni na równiku do 31 dni na biegunach. Prędkość rotacji Regulusa A jest bliska wartości, przy której siła odśrodkowa staje się większa niż grawitacja i gwiazda może ulec zniszczeniu. Przy tak krótkim okresie obrotu gwiazda jest mocno spłaszczona, promień biegunowy wynosi 3,15 promienia Słońca ($3,15 R_{\odot}$), równikowy zaś aż $4,16 R_{\odot}$. Nie jest jasne, czy orbita białego karła, krążącego wokół tak zdeformowanej gwiazdy, jest stabilna, a zatem jaka będzie przyszłość tego skomplikowanego układu.

Pełnia Księżyca przypada 8 III, a now 22 III. Wiosna rozpoczyna się 20 III. W marcu można będzie obserwować szereg koniunkcji: 13 III Antaresa z Księżycem (kiedy to odległość między nimi wynosić będzie $4^{\circ}44'$), 14 III Wenus i Jowisza ($3^{\circ}01'$), 25 III Księżyca i Jowisza ($3^{\circ}01'$) oraz 26 III Księżyca i Wenus ($1^{\circ}50'$). Tylko trzy roje meteorów o średniej aktywności będą miały swoje maksima w marcu: 13 III Gamma Normidy, z przewidywanymi 8 zjawiskami na godzinę, Virginidy (obecnie Antyhelion), kilka maksimów w okresie od 15 III do 15 IV z 5 zjawiskami na godzinę, oraz 30 III Delta Pavidy, również z 5 zjawiskami na godzinę. Zatem czystego nieba!

Agnieszka MAJCZYNA



Czołówka ligi zadaniowej **Klub 44 F** po uwzględnieniu ocen rozwiązań zadań 522 ($WT = 2,10$) i 523 ($WT = 2,00$) z numeru 9/2011

Tomasz Wietecha	Tarnów	45,71
Jacek Piotrowski	Rzeszów	38,72
Michał Koźlik	Gliwice	30,22

Ósmy raz przebiegł Pan Tomasz metę 44 punktów w Klubie 44 F!



Rozwiązanie zadania M 1344.

Dla każdej pary uczniów popatrzmy na zbiór zadań, których żaden z dwójki nie rozwiązał. Tych zbiorów jest $\binom{100}{2}$. Chcemy pokazać, że przynajmniej jeden z nich jest pusty. Zauważmy, że dla każdego zadania istnieje co najwyżej 44 uczniowie, którzy go nie rozwiązyali. Zatem każde zadanie należy do co najwyżej $\binom{44}{2}$ spośród naszych zbiorów. Niepustych zbiorów jest więc co najwyżej $5 \cdot \binom{44}{2} = 4730 < 4950 = \binom{100}{2}$. Zatem istnieje para uczniów, dla której zbiór zadań, których żaden z uczniów z pary nie rozwiązał, jest pusty.