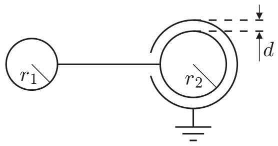
Klub 44

Termin nadsyłania rozwiązań:
30 XI 2015

Zadania z fizyki nr 602, 603

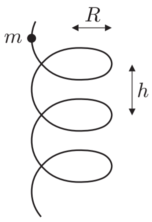
Redaguje Elżbieta ZAWISTOWSKA

602. Dwie przewodzące kule o promieniach r_1 i r_2, połączone przewodzącym drutem, znajdują się w dużej odległości od siebie. Kula o promieniu r_2 otoczona jest uziemioną sferą przewodzącą z małym otworkiem (rys. 1). Odległość sfery od kuli wynosi d i jest dużo mniejsza od promienia kuli. Kule naładowano ładunkiem Q. Wyznacz rozmieszczenie ładunku na kulach.



Rys. 1

603. Po ustawionej pionowo sztywnej spirali zsuwa się z zerową prędkością początkową mały koralik o masie m. Promień spirali wynosi R, skok spirali (odległość między sąsiednimi zwojami) wynosi h (rys. 2). Znaleźć wartość przyspieszenia koralika na końcu n-tego zwoju. Tarcie zaniedbać.



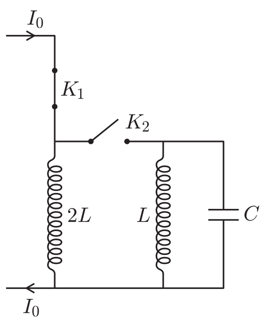
Rys. 2

Rozwiązania zadań z fizyki z numeru 5/2015

Przypominamy treść zadań:

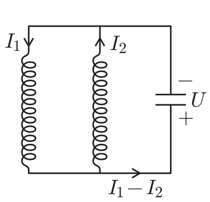
598. Przez cewkę o współczynniku samoindukcji $2L$ płynie prąd stały o natężeniu I_0 z zewnętrznego źródła (rys. 3). Po zamknięciu klucza K_2 do cewki podłączamy równolegle cewkę o współczynniku samoindukcji L oraz kondensator o pojemności C. Następnie otwieramy klucz K_1. Znaleźć maksymalne napięcie na kondensatorze i maksymalne natężenie prądu płynącego w cewce o współczynniku samoindukcji L. Elementy obwodu uważamy za idealne.

599. Koło, którego cała masa rozłożona jest równomiernie na obwodzie, może obracać się bez tarcia wokół swojej osi skierowanej poziomo. Wewnątrz koła, wzdłuż jego obwodu biegnie wiewiórka. Współczynnik tarcia między kołem a wiewiórką wynosi μ. Stosunek masy koła do masy wiewiórki równy jest n. Jakie maksymalne, stałe przyspieszenie liniowe może nadać kołu wiewiórka?



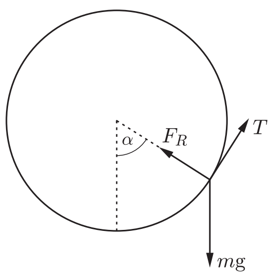
Rys. 3

598. Po zamknięciu klucza K_2 kondensator nie ładuje się, bo napięcie między końcami cewki o współczynniku samoindukcji $2L$ wynosi 0, a przez cewkę o współczynniku samoindukcji L nie płynie prąd, gdyż zmiana natężenia prądu indukowałaby siłę elektromotoryczną na bezoporowej cewce. Po otwarciu obwodu zewnętrznego, oznaczając natężenia prądów jak na rysunku 4, mamy dla lewego oczka: $2L\frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}t} + L\frac{\mathrm{d}I_2}{\mathrm{d}t} = 0$, z warunkami początkowymi $I_1(0) = I_0$, $I_2(0) = 0$. Stąd $2(I_0 - I_1) = I_2$. Ponieważ elementy obwodu uważamy za idealne, w obwodzie nie ma strat energii: $2L\frac{I_0^2}{2} = 2L\frac{I_1^2}{2} + L\frac{I_2^2}{2} + C\frac{U^2}{2}$. Gdy natężenia prądów w cewkach mają te same wartości $I_1 = I_2 = 2\frac{I_0}{3}$, kondensator nie ładuje się ani nie rozładowuje i napięcie na nim jest maksymalne. Stąd $U_{\max} = I_0\frac{2L}{3C}$. Natężenia prądów w cewkach są maksymalne, gdy ich pochodne, a tym samym siły elektromotoryczne samoindukcji są równe zeru. W tym momencie znika również napięcie na kondensatorze połączonym równolegle z cewkami i cała energia skupiona jest w cewkach: $2L\frac{I_0^2}{2} = 2L\frac{I_{1\max}^2}{2} + L\frac{I_{2\max}^2}{2}$. Stąd $I_{2\max} = \frac{4I_0}{3}$.



Rys. 4

599. Rysunek 5 przedstawia siły działające na wiewiórkę. Są to: siła ciężkości mg, siła reakcji F_R i siła tarcia T. Zgodnie z trzecią zasadą dynamiki na koło działa stycznie siła o wartości T, która nadaje mu przyspieszenie $a = \frac{T}{M}$, gdzie M jest masą koła. Przyspieszenie koła ma być stałe, zatem T również musi być stałe. Ponieważ przyspieszenie koła ma mieć maksymalną wartość, to $T = \mu F_R$ oraz F_R też jest stałe. W układzie odniesienia związanym z Ziemią wiewiórka porusza się po okręgu: $\frac{mv^2}{R} = F_R - mg\cos\alpha$, gdzie m jest masą wiewiórki, v jej prędkością, a R promieniem okręgu. Siła reakcji F_R może być stała w dwóch przypadkach: albo wiewiórka biegnie po okręgu tak, że jej kwadrat prędkości jest sumą funkcji proporcjonalnej do $(-\cos\alpha)$ i funkcji stałej, albo jest nieruchoma i $F_R = mg\cos\alpha$. W pierwszym przypadku dla $\alpha = 0$ i $\alpha = \pi$ kwadrat prędkości osiąga odpowiednio najmniejszą i największą wartość. Wtedy składowa przyspieszenia wiewiórki styczna do okręgu wynosi 0, a zatem i siła tarcia T równa jest zeru (siła ciężkości jest w tych położeniach skierowana wzdłuż promienia). Przypadek pierwszy należy więc odrzucić. Gdy wiewiórka nie porusza się względem Ziemi, zachodzi związek: $T = mg\sin\alpha = \mu mg\cos\alpha$, zatem $\operatorname{tg}\alpha = \mu$. Stąd mamy $T = \frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}}$. Szukane przyspieszenie jest równe $a = \frac{\mu g}{n\sqrt{1+\mu^2}}$.



Rys. 5