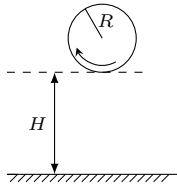


Klub 44 F



Termin nadsyłania rozwiązań: 31 III 2023

Regulamin Ligi znajduje się na naszej stronie: deltami.edu.pl



Rys. 1

Zadania z fizyki nr 750, 751

Redaguje Elżbieta ZAWISTOWSKA

750. Koło rowerowe spada swobodnie z wysokości H (rys. 1) i po odbiciu podskakuje na wysokość h . Koło to rozkręcono do prędkości kątowej ω_0 i puszczono swobodnie z tej samej wysokości. Pod jakim kątem od pionu odbije się ono od podłoża? Współczynnik tarcia między kołem a podłożem wynosi μ , promień koła R . Zakładamy, że cała masa koła skupiona jest na jego obwodzie.

751. Kondensator płaski naładowany ładunkiem Q wypełnia płytka z dielektryka o stałej dielektrycznej ε . Powierzchnia okładek wynosi S , odległość między okładkami jest równa d . Znaleźć energię zgromadzoną w dielektryku w wyniku jego polaryzacji. Przyjąć, że dielektryk jest niepolarny.

Rozwiązania zadań z numeru 9/2022

Przypominamy treść zadań:

742. Mała drewniana kulka przymocowana jest za pomocą nierozciągliwej nici o długości $l = 30$ cm do dna cylindrycznego naczynia z wodą. Odległość środka dna do punktu zaczepienia nici $r = 20$ cm. Naczynie rozkręcono wokół osi pionowej przechodzącej przez środek dna. Przy jakiej prędkości kątowej nić odchyła się od pionu o kąt $\alpha = \pi/6$?

743. W obwodzie przedstawionym na rysunku 3 ze źródłem o sile elektromotorycznej U_0 i zaniedbywalnym oporze wewnętrznym połączone są szeregowo kondensatory o pojemnościach C i $3C$. Po zamknięciu klucza K równoległe do kondensatora o pojemności $3C$ dołączamy połączone szeregowo cewkę o indukcyjności L oraz idealną diodę. a) Znaleźć maksymalną wartość natężenia prądu płynącego przez cewkę. b) Jakie będzie napięcie na kondensatorze o pojemności C , gdy prąd przestanie płynąć przez cewkę? c) Ile czasu prąd będzie płynął przez cewkę?

742. Na kulkę działa siła naprężenia nici N , siła ciężkości $F_g = mg = V\rho g$, gdzie V jest objętością kulki, a ρ jej gęstością, oraz siła Archimedesesa F_A , czyli siła spowodowana ciśnieniem otaczającej wody (rys. 2). Gdy zastąpimy kulkę na nitce elementem wody, siła Archimedesesa nie zmienia się, a wypadkowa tej siły i ciężaru elementu wody będzie siłą dośrodkową

$$\vec{F}_A = V\rho_w(\vec{a}_d - \vec{g}),$$

gdzie ρ_w jest gęstością wody, \vec{a}_d przyspieszeniem dośrodkowym. Składowe siły Archimedesesa w kierunku poziomym i pionowym wynoszą odpowiednio:

$$(1) \quad F_{A1} = V\rho_w\omega^2(r - l \sin \alpha), \quad F_{A2} = V\rho_w g.$$

Równanie ruchu obrotowego drewnianej kulki na nitce ma postać:

$$(2) \quad \rho V \omega^2 (r - l \sin \alpha) = F_{A1} - N \sin \alpha,$$

a warunek równowagi sił w kierunku pionowym:

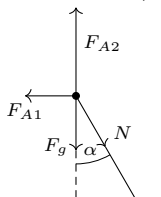
$$(3) \quad \rho V g = F_{A2} - N \cos \alpha.$$

Rozwiązując układ równań (1) – (3), otrzymujemy

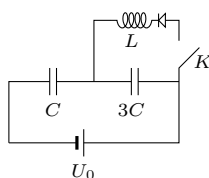
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_{A1}}{F_{A2}} = \frac{\omega^2 (r - l \sin \alpha)}{g}.$$

Wypadkowa siła Archimedesesa działa więc w kierunku zgodnym z kierunkiem nici, a szukana prędkość kątowa

$$\omega = \sqrt{\frac{g \operatorname{tg} \alpha}{(r - l \sin \alpha)}} = \frac{10,6}{s}.$$



Rys. 2



Rys. 3

743. Przed zamknięciem klucza ładunki na obu kondensatorach są jednakowe i wynoszą $q_0 = \frac{3CU_0}{4}$.

(a) Po zamknięciu klucza, gdy prąd płynący przez cewkę osiąga maksymalną wartość, napięcie na cewce i na kondensatorze o pojemności $3C$ staje się równe

zeru, a ładunek na kondensatorze o pojemności C osiąga w tym momencie wartość CU_0 . Przez źródło przepłynął ładunek $CU_0 - q_0 = \frac{CU_0}{4}$. Zgodnie z zasadą zachowania energii

$$-\frac{3CU_0^2}{8} + \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_{\max}^2}{2} = U_0 \frac{CU_0}{4}.$$

Stąd maksymalne natężenie prądu płynącego przez cewkę wynosi

$$I_{\max} = \frac{U_0}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}.$$

(b) Oznaczmy przez U napięcie na kondensatorze o pojemności C , gdy prąd przez cewkę już nie płynie. Napięcie na drugim kondensatorze wynosi wtedy $U_0 - U$. Bilans energetyczny dla procesu od chwili zamknięcia klucza do chwili, gdy prąd przestaje płynąć przez cewkę, ma postać:

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{3C(U_0 - U)^2}{2} - \frac{3CU_0^2}{8} = U_0 \left(CU - \frac{3CU_0}{4} \right),$$

stąd $U = U_0 \pm \frac{U_0}{4}$. Ponieważ $U > U_0$ (napięcie na kondensatorze o pojemności $3C$ jest ujemne), końcowe napięcie na kondensatorze o pojemności C wynosi

$$U = \frac{5U_0}{4}.$$

(c) Oznaczmy ładunki na kondensatorach o pojemnościach $3C$ i C w pewnej chwili badanego procesu odpowiednio przez q_1 i q_2 . Suma napięć na kondensatorach jest stała, zatem $\frac{\delta q_1}{3C} + \frac{\delta q_2}{C} = 0$. Gdy z kondensatora $3C$ odpłynie ładunek δq_1 , na kondensator C dopłynie ładunek $\delta q_2 = \frac{\delta q_1}{3}$, a przez cewkę przepłynie ładunek $\delta q = \frac{4\delta q_1}{3}$. Drugie prawo Kirchhoffa dla górnego oczka obwodu ma postać:

$$\frac{q_1}{3C} = -\frac{LdI}{dt} = -\frac{Ld^2q}{dt^2} = -\frac{4L}{3} \cdot \frac{d^2q_1}{dt^2}.$$

Ładunek q_1 spełnia równanie oscylatora harmonicznego:

$$\frac{d^2q_1}{dt^2} + \frac{q_1}{4CL} = 0.$$

Okres drgań wynosi $T = 4\pi\sqrt{LC}$, a szukany czas procesu $t = \frac{T}{2} = 2\pi\sqrt{LC}$.