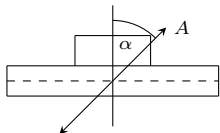


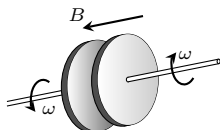
Klub 44 F



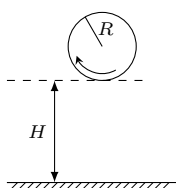
Termin nadsyłania rozwiązań: 31 VII 2023



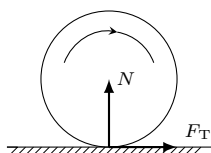
Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

Zadania z fizyki nr 758, 759

Redaguje Elżbieta ZAWISTOWSKA

758. Pozioma podstawka, na której leży klocek, drga harmonicznie z częstotliwością $f = 10$ Hz w kierunku tworzącym kąt $\alpha = \pi/4$ z pionem (rys. 1). Współczynnik tarcia klocka o podstawkę: $\mu = 0,5$. Jakie warunki musi spełniać amplituda drgań, aby klocek zaczął pełznąć po podstawce, ale nie podskakiwał?

759. Dwie jednakowe okrągłe, płaskie, metalowe płytki umieszczone tak, jak pokazano na rysunku 2, obracają się z prędkością kątową ω w przeciwnie strony w polu magnetycznym prostopadłym do powierzchni płytek. Indukcja pola magnetycznego wynosi B , a odległość między płytkami d . Osie płytek połączono przewodnikiem. Znaleźć napięcie między punktami płytek, które znajdują się naprzeciw siebie, a ich odległość od środka płytki wynosi r .

Rozwiązania zadań z numeru 1/2023

Przypominamy treść zadań:

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 do 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.

750. Podczas zderzenia na koło działa w kierunku pionowym zmienna w czasie siła reakcji $N(t)$ (rys. 4). Oznaczając czas zderzenia koła z podłożem przez T , prędkość koła w kierunku pionowym tuż przed zderzeniem przez v , a zaraz po odbiciu przez u , możemy napisać:

$$(1) \quad M(v + u) = \int_0^T N(t) dt, \text{ gdzie } M \text{ jest masą koła, } v = \sqrt{2gH}, \quad u = \sqrt{2gh}.$$

Ponieważ zderzenie trwa bardzo krótko, średnia wartość siły reakcji znacznie przewyższa wartość siły grawitacji, której nie będziemy uwzględniać. Dopóki występuje poślizg, na koło działa w kierunku poziomym siła tarcia $F_T = \mu N$, która nadaje przyspieszenie w ruchu postępowym i hamuje ruch obrotowy. Załóżmy, że

czas poślizgu τ jest nie większy niż czas zderzenia, i oznaczymy przez $V(t)$ prędkość w kierunku poziomym, a przez $\omega(t)$ prędkość kątową. Spełnione są równania:

$$(2) \quad MV(\tau) = \mu \int_0^\tau N(t) dt,$$

$$(3) \quad I[\omega(\tau) - \omega_0] = -\mu R \int_0^\tau N(t) dt, \text{ gdzie } I = MR^2,$$

$$(4) \quad V(\tau) = R\omega(\tau), \text{ stąd:}$$

$$(5) \quad \int_0^\tau N(t) dt = (M\omega_0 R)/2\mu \leq \int_0^T N(t) dt.$$

Z równań (1) i (5) otrzymujemy:

$$v + u \geq \omega_0 R/2\mu, \quad \omega_0 \leq 2\mu(v + u)/R = \omega_{kr}.$$

Otrzymaliśmy krytyczną wartość prędkości kątowej ω_{kr} , dla której poślizg kończy się dokładnie w tej samej chwili, kiedy kończy się odbicie. Gdy $\omega_0 \leq \omega_{kr}$, po zakończeniu poślizgu siła tarcia znika, prędkość ruchu w kierunku poziomym pozostaje stała i zgodnie z (2) i (5) wynosi $V(\tau) = \omega_0 R/2$. Szukany kąt odbicia określa wzór:

$$\text{tg } \alpha_1 = \omega_0 R/2u = \omega_0 R/2\sqrt{2gh}.$$

Gdy $\omega_0 > \omega_{kr}$, zgodnie z (1) $V = V(T) = \mu(v + u)$, $\text{tg } \alpha_2 = \mu(v + u)/u = \mu(\sqrt{H/h} + 1)$.

751. Dielektryk w naładowanym kondensatorze ulega polaryzacji – rozsuwają się ładunki w jego cząsteczkach, w wyniku tego na powierzchniach stykających się z okładkami kondensatora powstają ładunki indukowane.

Można je znaleźć, wyrażając natężenie pola E wewnątrz kondensatora na dwa sposoby – za pomocą ładunków indukowanych Q_1 lub za pomocą stałej dielektrycznej: $E = (Q - Q_1)/(\epsilon_0 S) = Q/(\epsilon_0 \epsilon S)$, gdzie ϵ_0 jest przenikalnością elektryczną próżni. Stąd

$$(6) \quad Q_1 = Q(\epsilon - 1)/\epsilon.$$

Energia dielektryka W_d jest to praca, jaką trzeba wykonać, aby go spolaryzować. Załóżmy, że umieściliśmy dielektryk w nienaładowanym kondensatorze, w jakiś sposób go spolaryzowaliśmy, wykonując pracę W_d (np. rozsuwając ładunki rękami), i na jego powierzchniach powstały ładunki $\mp Q_1$. Następnie ładujemy kondensator, przenosząc ładunki z jednej okładki na drugą, cały czas trzymając ładunki w dielektryku. Wykonujemy przy tym pracę

$$(7) \quad L = \int_0^Q \left(\frac{q}{c_0} - \frac{Q_1}{c_0} \right) dq = \frac{Q^2}{2c_0} - \frac{Q_1 Q}{c_0},$$

gdzie $c_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$.

Po naładowaniu przestajemy trzymać ładunki w dielektryku, bo trzyma je siła elektryczna. Energia naładowanego kondensatora wypełnionego dielektrykiem wynosi $W = Q^2/2\epsilon c_0$. W kolejnym kroku rozładujemy kondensator, przenosząc ładunki w drugą stronę. Wydzielili się przy tym ciepło W . Bilans energii ma postać $W_d + L = W$, stąd:

$$(8) \quad W_d = W - W_0 + Q_1 Q/c_0, \text{ gdzie } W_0 = Q^2/2c_0.$$

Podstawiając (6) do (8), otrzymujemy szukaną energię dielektryka: $W_d = Q^2(\epsilon - 1)d/2\epsilon_0 \epsilon S$.