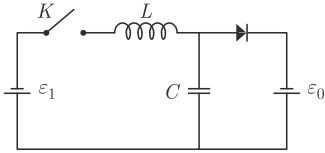


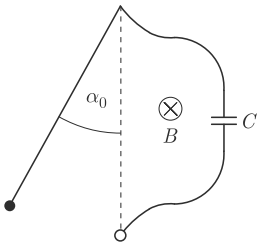
Rozwiązania zadań z fizyki z numeru 4/2016

Redaguje Elżbieta ZAWISTOWSKA

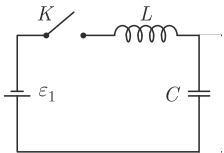
Przypominamy treść zadań:



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

636. W obwodzie przedstawionym na rysunku 1 mamy $\varepsilon_0 > \varepsilon_1$. Jaki ładunek przepłynie przez źródło o sile elektromotorycznej ε_0 po zamknięciu klucza K ? Zakładamy, że opór omowy cewki i opory wewnętrzne źródeł są równe zero. Dioda jest idealna, czyli jej opór w kierunku przewodzenia wynosi zero, a w kierunku przeciwnym jest nieskończenie wielki. Przed zamknięciem klucza kondensator był nienaładowany.

637. Mała metalowa kulka o masie m , zawieszona na nieważkiej przewodzącej nici o długości l , wykonuje małe drgania z amplitudą kątową α_0 w płaszczyźnie pionowej, w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji B (rys. 2). Linie pola magnetycznego są prostopadłe do płaszczyzny drgań wahadła. Gdy wahadło przechodzi przez położenie równowagi, podłączony zostaje do niego za pomocą cienkich, wiotkich przewodów kondensator o pojemności C . Czas kontaktu jest bardzo krótki i można przyjąć, że w tym czasie kondensator zostaje całkowicie naładowany. Znaleźć nową amplitudę kątową drgań wahadła.

636. Rozważmy najpierw obwód przedstawiony na rysunku 3. Po zamknięciu klucza w chwili $t = 0$ natężenie prądu płynącego przez cewkę i ładunek na kondensatorze są równe zero. Spełnione są równania

$$\varepsilon_1 - L \frac{dI}{dt} - \frac{Q}{C} = 0 \quad \text{oraz} \quad \frac{d^2 I}{dt^2} + \omega^2 I = 0,$$

gdzie $\omega = 1/\sqrt{LC}$. W obwodzie zachodzą drgania harmoniczne. Natężenie prądu płynącego przez cewkę osiąga maksymalną wartość, gdy znika jego pochodna po czasie, napięcie na kondensatorze równe jest wtedy sile elektromotorycznej źródła ε_1 . Kondensator ładuje się dalej kosztem energii pola magnetycznego w cewce. Gdy natężenie prądu $I = dQ/dt$ spada do zera, ładunek na kondensatorze osiąga maksymalną wartość Q_{\max} . Zgodnie z zasadą zachowania energii mamy $\varepsilon_1 Q_{\max} = Q_{\max}^2 / (2C)$, czyli maksymalne napięcie na kondensatorze wynosi $2\varepsilon_1$.

W obwodzie przedstawionym na rysunku 1 dioda zaczyna przewodzić prąd, gdy napięcie na kondensatorze jest większe niż ε_0 . Gdy $\varepsilon_0 \geq 2\varepsilon_1$, przez źródło o sile elektromotorycznej ε_0 nie przepłynie żaden ładunek.

Niech $\varepsilon_1 < \varepsilon_0 < 2\varepsilon_1$. Gdy napięcie na kondensatorze osiąga wartość ε_0 , prąd płynie przez diodę kosztem energii pola magnetycznego w cewce zgodnie z równaniem $\varepsilon_1 - \varepsilon_0 = LdI/dt$, czyli natężenie prądu maleje liniowo w czasie. Do chwili, gdy jego wartość spadnie do zera, napięcie na kondensatorze nie zmienia się. Oznaczmy przez q szukany ładunek przepływający przez źródło o sile elektromotorycznej ε_0 . Od chwili zamknięcia klucza do chwili, kiedy przez diodę przestaje płynąć prąd, przez źródło ε_1 przepływa ładunek $\varepsilon_0 C + q$. Bilans energetyczny dla całego procesu ma postać $\varepsilon_1(\varepsilon_0 C + q) = C\varepsilon_0^2/2 + q\varepsilon_0$. Stąd

$$q = \frac{C\varepsilon_0(2\varepsilon_1 - \varepsilon_0)}{2(\varepsilon_0 - \varepsilon_1)}.$$

w postaci ciepła Q :

$$(3) \quad \frac{m\omega_0^2 l^2}{2} - \frac{m\omega_1^2 l^2}{2} = \frac{CU^2}{2} + Q.$$

Prędkość kątowa wahadła maleje do wartości ω_1 . Czas kontaktu kulki z kondensatorem jest bardzo krótki, możemy więc przyjąć, że napięcie U nie zmienia się podczas ładowania kondensatora. Źródło tego napięcia wykonuje zatem pracę qU , gdzie $q = CU$ jest ładunkiem, do jakiego naładował się kondensator. Stąd

$$(4) \quad \frac{CU^2}{2} + Q = CU^2 = \frac{C\omega_0^2 l^4 B^2}{4}.$$

Nową amplitudę kątową α_1 wahadła znajdujemy z równania $mgl\alpha_1^2/2 = m\omega_1^2 l^2/2$. Uwzględniając (2), (3) i (4), dostajemy

$$\alpha_1 = \alpha_0 \sqrt{1 - \frac{Cl^2 B^2}{2m}}.$$

Czołówka ligi zadaniowej **Klub 44 F** po uwzględnieniu ocen rozwiązań zadań 630 ($WT = 2,85$), 631 ($WT = 3,5$), 632 ($WT = 2,45$), 633 ($WT = 3,55$) z numerów 1/2017 i 2/2017

Tomasz Więtecha	Tarnów	44+2,6 (12)
Michał Koźlik	Poznań	44+2,22 (4)
Marian Łupieżowiec	Gliwice	38,33
Tomasz Rudny	Gliwice	37,68
Jan Zambrzycki	Białystok	37,23
Jacek Konieczny	Poznań	29,8
Ryszard Woźniak	Kraków	28,77

637. Kondensator ładuje się podczas kontaktu z kulką, bo między końcami przewodzącej nici poruszającej się w polu magnetycznym powstaje różnica potencjałów. Zgodnie z prawem Faradaya, gdy wahadło przechodzi przez położenie równowagi, napięcie między końcami nici wynosi

$$(1) \quad U = \frac{1}{2} Bl^2 \frac{d\alpha}{dt} = \frac{\omega_0 Bl^2}{2},$$

gdzie ω_0 jest prędkością kątową wahadła w najniższym położeniu. Otrzymujemy ją z zasady zachowania energii, stosując przybliżenie małych kątów

$$(2) \quad \frac{m\omega_0^2 l^2}{2} = mgl(1 - \cos \alpha_0) \approx \frac{mgl\alpha_0^2}{2}.$$

Podczas ładowania kondensatora część energii kinetycznej wahadła zamienia się na energię pola elektrycznego w kondensatorze oraz wydzielą się