

ZESTAW 11

ELEKTROMAGNETYZM I OPTYKA FHS-FT-1 S2

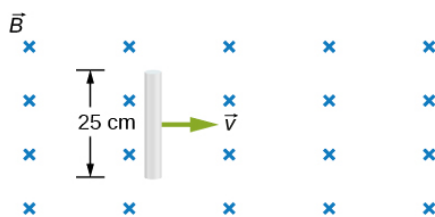
Kontakt: Radosław Strzałka, pok. 315/D10, mail: strzalka@fis.agh.edu.pl

Zestawy dostępne pod adresem: http://galaxy.agh.edu.pl/~strzalka/#dydaktyka#eio_ft

Tematyka: indukcja elektromagnetyczna, prawo Faradaya, wyindukowane pole E ; indukcyjność wzajemna i własna; obwody RL, LC; prąd przemienny.

- [openstax.pl 13.31] Prostokątna ramka z drutu o bokach a i b rozpięta jest przez osie układu xy . Wnętrze ramki przenika zależne od czasu pole magnetyczne o indukcji $\vec{B}(t) = C(x \cos(\omega t)\hat{i} + y \sin(\omega t)\hat{k})$ (w teslach, C, ω - stałe). Określ wartość siły elektromotorycznej indukowanej w pętli w funkcji czasu.
- [por. openstax.pl 13.86] Jaka SEM będzie się indukować w ramce kwadratowej o boku $a = 4$ cm umieszczonej w polu magnetycznym wytwarzanym przez nieskończone długie, prostoliniowy przewodnik z prądem zmiennym w czasie jak $I(t) = I_0 \sin(\omega t)$. Bliższy z boków ramki znajduje się w odległości $d = 2$ cm od przewodnika i jest do niego równoległy. Przyjąć $I_0 = 10$ A oraz $\omega = 100\pi$ rad/s. Podaj wartość wyindukowanej SEM w chwilach $t = 0$ s oraz $t = 2$ ms.
- [openstax.pl 13.43] Pręt o długości $l = 25$ cm porusza się z prędkością $v = 5$ m/s w płaszczyźnie prostopadłej do pola magnetycznego o indukcji $B = 0,25$ T. Pręt, wektor prędkości oraz wektor indukcji magnetycznej są do siebie wzajemnie prostopadłe, co przedstawiono rys. 1a. Oblicz:
 - wartość siły magnetycznej oddziałującej na elektron w pręcie;
 - różnicę potencjałów między końcami pręta;
 - natężenie pola elektrycznego w pręcie;Gdyby tym „prętem” było skrzydło samolotu (np. Boeinga 747) przelatującego nad biegunem, to jakie w przybliżeniu napięcie wyindukuje się między początkiem i końcem skrzydła?
- Dany jest układ dwóch równoległych szyn metalowych, rozstawionych na odległość d i zwartych na jednym z końców nieruchomym opornikiem R . W całym obszarze panuje pole magnetyczne o indukcji B skierowane prostopadłe do płaszczyzny szyn. Na szynach, prostopadłe do nich, położono metalową poprzeczkę o oporze R_1 (rozważ 2 przypadki $R_1 = 0$ lub $R_1 = R$), której nadano prędkość początkową v_0 równoległą do szyn. Jakie będzie równanie dynamiki tej poprzeczki w dowolnej chwili t i jego rozwiązanie?
- Jak zmieni się równanie ruchu poprzeczki o oporze $R_1 = R$ z zad. 4, jeśli nieruchomy opornik zastąpimy drugą ruchomą poprzeczką o takich samych parametrach jak pierwsza (tzn. $R_2 = R$)?
- [Hennel IV.46] Pierścień z przewodnika w kształcie okręgu o promieniu r obraca się wokół swojej średnicy w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji $\vec{B}$ prostopadłej do prędkości kątowej pierścienia. Znaleźć siłę elektromotoryczną indukującą się w pierścieniu.
- [por. Irodow 3.97] Cienki metalowy pręt o długości $2l$ obraca się w jednorodnym polu magnetycznym wokół osi prostopadłej do pręta i przechodzącej przez jego środek, wykonując n obrotów na minutę. Wektor indukcji magnetycznej jest równoległy do osi obrotu i ma wartość B . Znaleźć różnicę potencjałów między dowolnymi punktami na pręcie po dwóch stronach osi obrotu, odległymi od osi obrotu o l_1 i l_2 , odpowiednio.
- Jednorodne pole magnetyczne jest równoległe do osi x i w punkcie odległym od osi o r , w danej chwili czasu, równe B w przypadku $r < R$ oraz 0, gdy $r > R$. Pole zmienia się w czasie w tempie $\frac{dB}{dt}$. Jaka jest wielkość wyindukowanego pola elektrycznego w płaszczyźnie yz w zależności od r ?
- [openstax.pl 14.30] Indukcyjność wzajemna dwóch położonych w pobliżu siebie cewek wynosi $L_{12} = 32$ mH. Jeśli natężenie prądu płynącego w jednej zanika zgodnie z równaniem $I(t) = I_0 e^{-\alpha t}$, gdzie $I_0 = 5$ A a $\alpha = 2 \cdot 10^3$ 1/s, to jaka SEM indukowana jest na drugiej natychmiast po rozpoczęciu zanikania prądu, a jaka po czasie $t = 10^{-3}$ s?
- Indukcyjność własna i wzajemna solenoidu.
 - Wyprowadzić wzór na indukcyjność własną długiego solenoidu o długości l i przekroju kołowym o promieniu R ($R \ll l$), na którym nawinięte jest N_1 zwojów.

- (b) Do środka solenoidu z zad. 10a wsunięto koncentrycznie drugi solenoid o takiej samej długości, lecz promieniu $r < R$ i liczbie zwojów N_2 . Jaki będzie współczynnik indukcyjności wzajemnej $L_{12} = L_{21}$ dla tych solenoidów?
- (c) Oblicz tzw. współczynnik sprzężenia $k = \frac{L_{12}}{\sqrt{L_1 L_2}}$.
11. Znaleźć indukcyjność własną odcinka kabla koncentrycznego o długości $l = 5$ cm, promieniu przewodu centralnego $r = 1$ mm i promieniu ekranu $R = 3$ mm, zwartego na jednym z końców.
12. Rozważyć obwód prądu stałego ze źródłem napięcia U , do którego wpięto szeregowo połączoną cewkę L i opornik R . Znaleźć zależność od czasu prądu płynącego w obwodzie oraz energię pola magnetycznego zgromadzonego w cewce po długim czasie, gdy ustali się równowaga w obwodzie. *Wskazówka. Scalkuj po czasie ciepło Joule'a wydzielone na oporniku w dowolnej chwili t .*
13. Kondensator o pojemności $C = 2 \mu\text{C}$ został naładowany do napięcia $U_0 = 20$ V, a następnie połączony z cewką o indukcyjności $L = 6 \mu\text{H}$. Jaka będzie częstość oscylacji ładunku w takim obwodzie LC? Jaka będzie maksymalna wartość płynącego prądu? *Wskazówka. Zadanie można rozwiązać albo z użyciem praw Kirchhoffa, albo wykorzystując zachowanie energii - patrz: np. openstax.pl R.14.5.*
14. Do obwodu złożonego z równolegle połączonych opornika R i cewki o indukcyjności L podłączono źródło napięcia przemiennego $U(t) = U_0 \sin(\omega t)$. Jaki będzie całkowity prąd (skuteczny) płynący w obwodzie, a jakie będą prądy płynące przez każdy z elementów. Rozwiąż na 2 sposoby: (i) zapisując równania Kirchhoffa i rozwiązując równanie różniczkowe; (ii) wykorzystując notację zespoloną i pojęcia impedancji.
15. Dany jest transformator o N_1 zwojach w uzwojeniu pierwotnym i N_2 zwojach w uzwojeniu wtórnym, którego końce zwarto opornikiem R . zakładamy, że transformator jest bezstratny, tzn. pomijamy oporności uzwojeń i straty w rdzeniu magnetycznym. Proszę napisać ogólny układ równań różniczkowych, jakim będą podlegać prądy w uzwojeniach pierwotnym i wtórnym, jeżeli na wejście uzwojenia pierwotnego podamy dowolny sygnał napięciowy $U(t)$. Rozwiązać ten układ równań dla $U(t) = U_0 \sin(\omega t)$.



(a) zad. 3.

Rysunek 1