

# Elektromagnetyzm

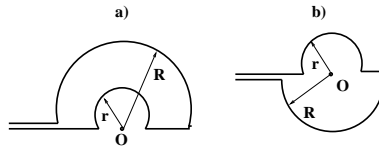
## Siła Lorentza i ruch ładunku

1. Elektron został przyspieszony napięciem  $10^3$  V, a następnie wleciał w jednorodne pole magnetyczne o indukcji  $5 \cdot 10^{-3}$  T skierowanej prostopadle do jego prędkości. Oblicz promień okręgu, po którym porusza się elektron w tym polu.
2. Elektron o energii kinetycznej  $E_k$  wbiega w obszar pola płaskiego kondensatora próżniowego, równoległe do okładek. Natężenie pola wynosi  $E$ . Pod jakim kątem do początkowego kierunku ruchu wybiegnie elektron z kondensatora, jeżeli długość okładek w kierunku ruchu elektronu wynosi  $l$ ?
3. Elektron o masie  $m_e$  i ładunku  $e$  poruszający się wzdłuż osi  $z$  wpada w przestrzeń, gdzie działają na niego dwa wzajemnie prostopadłe pola magnetyczne o indukcjach  $\vec{B}_1 = B_1 \hat{x}$  i  $\vec{B}_2 = B_2 \hat{y}$ . Początkowa prędkość elektronu wynosi  $\vec{v} = v_0 \hat{z}$ . Znajdź tor ruchu elektronu.
4. Obliczyć skok linii śrubowej, po której porusza się proton, wlatujący w stałe i jednorodne pole magnetyczne o indukcji  $\vec{B}$  z prędkością  $\vec{v}$  skierowaną pod kątem  $\alpha$  do linii pola.
5. Przewodnik, przez który płynie prąd 5 A umieszczony w polu magnetycznym 10 T. Kąt między kierunkiem prądu i polem wynosi  $60^\circ$ . Znaleźć długość przewodnika, jeżeli wiadomo, że pole działa na niego siłą 20 N.
6. Jaką siłą przyciągana jest ramka kwadratowa o boku  $a$  do nieskończenie długiego przewodnika, jeżeli w ramce płynie prąd o natężeniu  $I_1$ , a w przewodniku prąd o natężeniu  $I_2$ ? Ramka leży w płaszczyźnie przewodnika w odległości  $b$  od niego.
7. Pręt o długości  $l$  i masie  $m$  położono na dwóch szynach nachylonych pod kątem  $\theta$  do poziomu. Szyny znajdują się w jednorodnym polu magnetycznym  $\vec{B}$  skierowanym pionowo w dół i są zasilane na końcu źródłem stałego prądu o natężeniu  $I$ . Jakie musi być pole  $B$ , aby pręt nie ślizgał się po szynach?
8. Przewodnik prostoliniowy o długości 40 cm i ciężarze 0.049 N zawieszono poziomo na dwóch lekkich niciach w jednorodnym polu magnetycznym, którego wektor natężenia ma kierunek poziomy i jest prostopadły do przewodnika. O jakim natężeniu należy przepuścić prąd przez przewodnik, aby jedna z nici się rozerwała. Natężenie pola wynosi  $9 \cdot 10^4$  A/m. Każda z nici rozrywa się przy obciążeniu większym niż 0.05 N.
9. O jaki kąt wychyli się pręt o masie 100 g i długości 20 cm zawieszony poziomo na dwóch nieważkich równoległych i jednakowej długości drutach? Pręt umieszczony jest w pionowym polu o indukcji 0.2 T i płynie przez niego prąd 5 A.
10. W dwóch długich równoległych przewodach płyną prądy. W pierwszym przewodzie natężenie jest dwukrotnie większe niż w drugim, odległość między przewodami wynosi  $a$ . Obliczyć odległość  $x$  od pierwszego przewodu, w której indukcja pola magnetycznego jest równa zero.
11. Jaką pracę wykonuje jednorodne pole magnetyczne o indukcji 1.5 T przy przesunięciu przewodnika o długości 20 cm o odcinek 25 cm? Kierunek przesunięcia przewodnika jest prostopadły do kierunku pola i kierunku prądu. Przewodnik, w którym płynie prąd 10 A tworzy kąt  $30^\circ$  z kierunkiem pola magnetycznego.
12. Obliczyć pracę, jaką musimy wykonać obracając o  $180^\circ$  ramkę prostokątną o bokach  $a$  i  $b$ , znajdującą się w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji  $B$ , jeżeli w czasie obracania płynie w niej prąd o natężeniu  $I$ . Pole w chwili początkowej jest prostopadłe do płaszczyzny ramki.

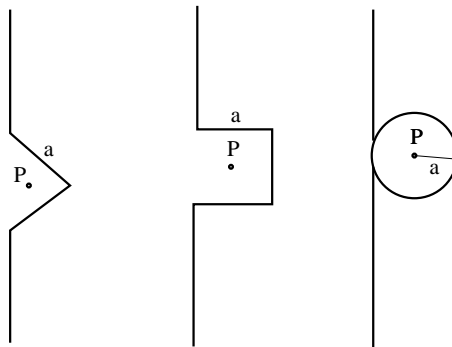
13. Trzy równoległe przewody tworzą piorunochron. Przyjmij, że w czasie uderzenia pioruna przez każdy przewód płynie prąd o natężeniu 5000 A. Wyznacz wartość i kierunek siły wypadkowej działającej na każdy z przewodów ze strony dwóch pozostałych, jeżeli są one oddalone od siebie o 5 mm i mają długość 4 m.

### Prawo Ampera i Biota Savarte'a

1. Oblicz wartość indukcji magnetycznej w środku pętli o promieniu 10 cm, wykonanej na długim przewodniku prostoliniowym, w którym płynie prąd o natężeniu 5 A.
2. Przez wierzchołki trójkąta równobocznego o boku  $a=10$  cm przechodzą trzy cienkie nieskończenie długie przewody prostopadle do płaszczyzny trójkąta. Znajdź natężenie pola magnetycznego na osi równoległej do przewodników i przechodzącej przez środek trójkąta. Natężenia prądów wynoszą  $I=5$  A
3. Przez obwód o całkowitej długości  $L$  płynie prąd o natężeniu  $I$ . Oblicz indukcję pola magnetycznego w środku obwodu, gdy ma on kształt: a) kwadratu, b) trójkąta równobocznego, c) okręgu.
4. Znaleźć indukcję pola magnetycznego wewnątrz i na zewnątrz nieskończenie długiego przewodnika o promieniu  $R$ , w którym płynie prąd o natężeniu  $I$ , jako funkcję odległości  $r$  od środka przewodnika.
5. Przewód, przez który płynie prąd o natężeniu  $I$ , został zgięty w dwa półkola o promieniach  $R$  i  $r$  w płaszczyznach wzajemnie prostopadłych. Znaleźć indukcję magnetyczną w środku półkoli.
6. W płaszczyźnie poziomej leży przewód wygięty w dwa półkola o promieniach  $r$  i  $R$  jak na rysunkach a) i b). Wyznaczyć indukcję magnetyczną w punkcie  $O$  (wartość i kierunek), jeżeli w przewodzie płynie prąd o natężeniu  $I$ .

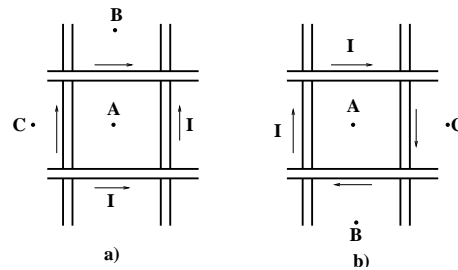


7. Wyznaczyć wartość natężenia pola magnetycznego w punkcie  $P$ , jeżeli nieskończenie długi przewód jest wygięty jak na rysunku, a przez niego prąd o natężeniu  $I$ .

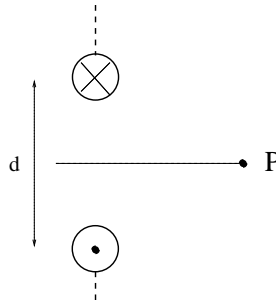


8. Przez nieskończoną płytę umieszczoną w płaszczyźnie  $XOY$  płynie prąd o stałej gęstości liniowej  $J$  ( $J = dI/dx$ ) w kierunku osi  $OY$ . Znaleźć indukcję pola magnetycznego (wartość i kierunek), które powstaje na skutek przepływu prądu.
9. Oblicz wartość indukcji magnetycznej w dowolnym punkcie znajdującym się na linii łączącej dwa długie, równoległe przewody z prądem, oddalone od siebie o 10 cm. W przewodnikach płynie prąd o natężeniu 10 A. Rozważ przypadki zgodnego i przeciwnego kierunku płynięcia prądów w przewodnikach.

10. Wyznaczyć indukcję magnetyczną (wartość oraz kierunek) w punktach  $A$  (środek kwadratu o boku  $a$ ) oraz  $B$  i  $C$  (punkty odległe od przewodników o  $a/2$ , utworzonego przez cztery nieskończenie długie, prostoliniowe i równoległe przewodniki, w których płyną prądy o natężeniu  $I$ , jak na rysunku.



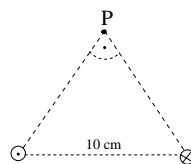
11. Wyznaczyć natężenie pola magnetycznego wytwarzanego przez prąd o natężeniu  $I$  płynący przez nieskończenie długi kabel koncentryczny o promieniu  $R_1$  wewnętrznego przewodu i promieniach  $R_2$  i  $R_3$  zewnętrznej powłoki.
12. Znajdź natężenie pola magnetycznego w środku solenoidu i strumień magnetyczny przenikający jego zwoje. Przez zwoje płynie prąd o natężeniu  $2\text{ A}$ , długość solenoidu wynosi  $20\text{ cm}$ , średnica  $2\text{ cm}$ . Solenoid posiada  $400$  zwojów.
13. Z jednorodnego drutu uformowano kwadratową ramkę. Znaleźć natężenie pola magnetycznego w geometrycznym środku kwadratu w przypadku, gdy źródło prądu jest dołączone do: a) przeciwległych wierzchołków kwadratu, b) sąsiednich wierzchołków kwadratu.
14. Dwa długie, proste druty znajdujące się w odległości  $d=10\text{ cm}$  od siebie przewodzą prądy  $i=10\text{ A}$ . Rysunek pokazuje przekrój poprzeczny układu. Punkt  $P$  leży na symetralnej odcinka  $d$ . Znaleźć wartość i kierunek pola magnetycznego w  $P$ , gdy: a) prądy płyną w tym samym kierunku, b) w przeciwnych kierunkach.



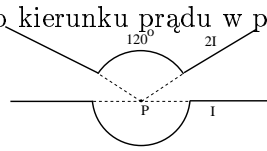
15. Bardzo długi drut zgięto jak na rys. i przepuszczono przez niego prąd o natężeniu  $10\text{ A}$ . Wyznacz wartość i kierunek wektor  $B$  w punktach  $a$  oraz  $b$ . Punkty te leżą w połowie odległości prostych odcinków drutów. Przyjmij  $R=5\text{ mm}$ , a odległość między punktami  $a$  i  $b$  za znacznie większą niż  $R$  (tzn. proste odcinki są nieskończone).



16. Dwa długie prostoliniowe przewody są do siebie równoległe, a ich odległość wynosi  $10\text{ cm}$ . W każdym przewodzie płynie prąd o natężeniu  $10\text{ A}$ . Rysunek pokazuje przekrój poprzeczny układu. Wyznacz wartość i kierunek indukcji magnetycznej pola w punkcie  $P$  leżącym na symetralnej odcinka łączącego przewody. Rozpatrz przypadki zgodnego i przeciwnego kierunku prądu w przewodach.



17. Na rysunku przedstawiono dwa przewody z prądem zawierające w środkowej części łuki okręgów o wspólnym środku  $P$ . Wyznacz indukcję magnetyczną w punkcie  $P$ , wiedząc, że  $I=0.5$  A w przypadku zgodnego i przeciwnego kierunku prądu w przewodach.

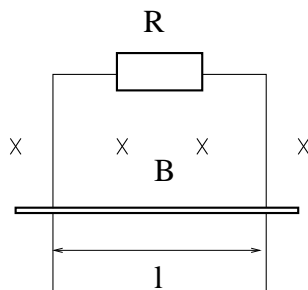


18. Obliczyć siłę oddziaływania pomiędzy dwiema jednakowymi ramkami kwadratowymi, leżącymi w płaszczyznach równoległych w odległości  $h=2$  cm od siebie. Boki kwadratów mają długość  $a=11$  cm, prądy w ramkach są jednakowe  $I=10$  A.

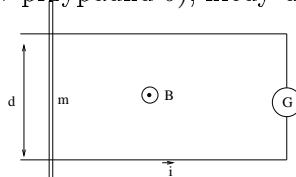
#### Prawo Faradaya

1. W długim solenoidzie zawierającym 200 zwojów/cm o średnicy 3 cm płynie prąd o natężeniu 1.5 A. Wewnątrz umieszczamy ściśle nawiniętą cewkę o 100 zwojach i średnicy 2 cm. Cewka jest tak ustawiona, że linie indukcji  $\mathbf{B}$  w środku solenoidu są równoległe do jej osi. Prąd płynący w zwojnicy w ciągu 0.05 s najpierw w sposób jednostajny spada do zera, a następnie płynie w przeciwnym kierunku i osiąga natężenie 1.5 A. Jaka duża  $SEM$  indukuje się w cewce w czasie zmian prądu?
2. Długi solenoid ma promień 25 mm i 100 zwojów na centymetr długości. Na ten solenoid nałożono pojedynczy zwój przewodu o promieniu 5 cm tak, że osie zwoju i solenoidu pokrywają się. W czasie 10 ms natężenie prądu w solenoidzie zmniejszono ze stałą szybkością z 1 A do 0.5 A. Wyznacz  $SEM$  indukcji zwoju.
3. Ramka o polu powierzchni  $400$  cm<sup>2</sup> obraca się w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji  $10^{-2}$  T z częstotliwością 50 Hz. Oblicz maksymalną  $SEM$  indukowaną w tej ramce.
4. Pręt miedziany o długości  $L$  wiruje w płaszczyźnie prostopadłej do  $\mathbf{B}$  z prędkością kątową  $\omega$ . Wyznaczyć  $SEM$  pojawiającą się między końcami pręta.
5. Mały obwód o powierzchni  $A$  znajduje się wewnątrz długiego solenoidu o  $n$  zwojach na jednostkę długości, przez który płynie prąd  $i = i_0 \sin \omega t$ . Oś obwodu ma ten sam kierunek, co oś solenoidu. Znaleźć  $SEM$  w obwodzie.
6. Ramka prostokątna o bokach  $a$  i  $b$  porusza się jednostajnie z prędkością  $v$  w kierunku prostopadłym do nieskończonego długiego przewodnika leżącego w płaszczyźnie ramki równoległe do boku  $a$ . W przewodniku płynie prąd o natężeniu  $I$ . Wskazać kierunek prądu indukowanego w ramce oraz wyznaczyć jego zależność od odległości ramki od przewodnika. Oporność ramki wynosi  $R$ .
7. Prosty przewód o długości 40 cm porusza się w jednorodnym polu magnetycznym z szybkością 5 m/s prostopadle do linii indukcji.  $SEM$  indukcji między końcami przewodnika równa się 0.6 V. Znaleźć indukcję pola magnetycznego.
8. Po dwóch równoległych, poziomych szynach, oddalonych od siebie o 1 m i połączonych oporem 100  $\Omega$ , ślizga się z prędkością 10 m/s metalowa poprzeczka. Oblicz natężenie prądu płynącego w układzie, jeżeli jest on umieszczony w polu magnetycznym o indukcji  $10^{-3}$  T
9. W jednorodnym polu magnetycznym znajduje się płaski zwój o powierzchni 10 cm<sup>2</sup>, umieszczony prostopadle do linii sił. O jakim natężeniu prąd przepłynie przez zwój, jeżeli pole zmniejsza się ze stałą prędkością  $10^{-8}$  T na sekundę? Opór zwoju wynosi 1  $\Omega$ .
10. W jednorodnym polu magnetycznym o indukcji  $8 \cdot 10^{-2}$  znajduje się płaski zwój o powierzchni  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>. Zwój umieszczamy prostopadle do linii sił. Opór zwoju wynosi 1  $\Omega$ . Jaki ładunek przepłynie przez zwój, jeżeli pole zaniknie ze stałą szybkością?
11. Zamknięty obwód kołowy o promieniu 10 cm znajduje się w jednorodnym polu magnetycznym w płaszczyźnie prostopadłej do linii sił pola. Obliczyć natężenia pola w obwodzie, jeżeli pole magnetyczne zmienia się według funkcji  $B = k t$ , gdzie  $k = 0.2 \cdot 10^3$  T/s.

12. Kołową ramkę przewodzącą o promieniu 12 cm umieszczono w polu magnetycznym, którego wektor indukcji tworzy kąt  $30^\circ$  z normalną do powierzchni ramki. Wartość indukcji magnetycznej wzrasta ze stałą szybkością od 30 mT do 60 mT w czasie 15 ms. Przyjmij, że opór ramki wynosi  $5 \Omega$  i oblicz natężenie prądu indukowanego w ramce, gdy indukcja magnetyczna wynosi 50 mT.
13. W stałym polu magnetycznym o natężeniu  $4 \cdot 10^4$  A/m umieszczono płaski sztywny obwód o powierzchni  $15 \text{ cm}^2$ . Kierunek pola jest prostopadły do płaszczyzny obwodu. Opór elektryczny obwodu wynosi  $3 \Omega$ . Podczas zanikania pola magnetycznego w obwodzie płynie prąd  $5 \cdot 10^{-6}$  A. Oblicz czas zanikania pola magnetycznego.
14. Przewodnik o długości 15 cm znajduje się w polu magnetycznym o indukcji 2 T. Końce przewodnika zamknięte są sprężystym przewodem znajdującym się na zewnątrz pola. Opór całego obwodu wynosi  $0.5 \Omega$ . Jaka moc musimy zużyć, aby poruszyć przewodnik prostopadłe do linii pola z prędkością 10 m/s?
15. Przez cewkę o promieniu 2 cm, składającą się z 500 zwojów, przepływa stały prąd o natężeniu 5 A. Znajdź indukcyjność cewki, jeżeli w jej środku powstaje pole magnetyczne o natężeniu  $10^4$  A/m.
16. Natężenie prądu płynącego w zwojnicy zwiększyło się o 10 A w ciągu 0.2 s. Oblicz indukcyjność zwojnicy jeżeli wzbudzona siła elektromotoryczna indukcji ma wartość 5 V.
17. Dwie pionowe, bardzo długie szyny znajdujące się w odległości  $l$ , połączone są na końcu oporem  $R$ . Szyny umieszczone są w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji  $B$ , prostopadłym do płaszczyzny szyn. Po szynach zsuwa się bez tarcia pręt o masie  $m$ . Opisz ruch pręta, pomijając opór elektryczny szyn. Wykorzystaj stwierdzenia:
  - a) pręt porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym z  $a=g$ ,
  - b) pręt porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym z  $a > g$ ,
  - c) najpierw pręt porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym, a potem jednostajnym,
  - d) najpierw pręt porusza się ruchem niejednostajnie przyspieszonym, a potem jednostajnym,

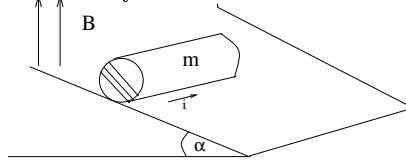


18. Drut metalowy o masie  $m$  ślizga się bez tarcia po dwóch szynach położonych w odległości  $d$  od siebie (rys). Całość umieszczona jest w pionowym jednorodnym polu o indukcji  $B$ .
  - a) Prąd stały o natężeniu  $i$  płynie z generatora  $G$ . Znaleźć prędkość (wartość i kierunek) jako funkcję czasu, przyjmując, że w chwili początkowej drut jest w spoczynku.
  - b) Zamiast generatora włączamy baterię o stałej sile elektromotorycznej  $\epsilon$ . Prędkość drutu osiąga pewną stałą wartość graniczną. Jaka?
  - c) Jaki prąd będzie przepływał w przypadku b), kiedy drut osiągnie prędkość graniczną?



19. Na dwóch równoległych poziomych szynach położono pręt o oporze  $R$ , długości  $l$  i masie  $m$ . Szyny połączone są ze źródłem napięcia  $U$  i znajdują się na całej długości w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji  $B$ , prostopadłym do płaszczyzny szyn. Współczynnik tarcia pręta o szyny wynosi  $\mu$ . Jaka maksymalna prędkość osiągnie pręt?

20. Na dwóch równoległych poziomych szynach oddległych od siebie o 30 cm, położono pręt o znikomym oporze. Szyny połączone są oporem  $R=5\ \Omega$ . Układ jest w polu magnetycznym prostopadłym do płaszczyzny szyn. W początkowej chwili  $t = 0$  wartość indukcji wynosi 200 mT, a następnie rośnie ze stałą szybkością 50 mT/s. W chwili  $t = 0$  pręt zaczyna poruszać się. Wyznacz natężenie prądu płynącego w obwodzie i jego kierunek w chwili  $t=1$  s.
21. Pręt o długości  $l$  i masie  $m$  położono na dwóch równoległych szynach nachylonych pod kątem  $\alpha=30^\circ$  do poziomu. Szyny znajdują się w polu magnetycznym  $B$  o liniach prostopadłych do poziomu. Obliczyć maksymalną prędkość, jaką może uzyskać pręt, gdy szyny nie są połączone oraz, gdy szyny są zwarte na końcu oporem  $R$ . Przyjąć, że pręt może ślizgać się bez tarcia oraz, że opór pręta i szyn można pominąć.
22. Na rysunku przedstawiono drewniany walec o masie  $m=0.25$  kg, promieniu  $R$  i długości  $l=0.1$  m. Na walcu nawinięte jest  $N=10$  zwojów drutu w ten sposób, że oś walca leży w płaszczyźnie zwojów. Jaki najmniejszy prąd musi płynąć przez obwód, aby walec nie toczył się w dół, jeżeli umieścimy go na pochyłej płaszczyźnie tworzącej z poziomem kąt  $\theta$ , w skierowanym pionowo do góry polu magnetycznym o indukcji 0.5 T. Zakładamy, że płaszczyzna zwojów jest równoległa do płaszczyzny, na której umieszczamy walec.



23. Obliczyć maksymalną wartość strumienia przenikającego cewkę zawierającą  $z=100$  zwojów, jeśli po odłączeniu jej od źródła o napięciu  $U_0=110$  V i zwarcie jej końcówek natężenie prądu płynącego przez cewkę zmalało  $e$ -krotnie po czasie  $\tau=0.3$  s.
24. Sformułować i przedyskutować równania Maxwella.  
Jakie prawa fizyczne one wyrażają?  
Jakie wnioski dotyczące tych pól wynikają z otrzymanych równań, gdy:  
a) pola elektryczne i magnetyczne nie zależą od czasu,  
b) nie ma w przestrzeni prądów ani ładunków elektrycznych?
25. Indukcja magnetyczna wewnątrz nieskończenie długiego pręta stalowego o promieniu  $R=2$  cm wzrasta ze stałą szybkością  $dB/dt=2$  T/s. Obliczyć natężenie pola elektrycznego powstającego w odległości  $r=5$  cm od osi przewodu, przyjmując, że pola magnetycznego na zewnątrz pręta nie ma. Obliczyć rotację  $E$  w tym punkcie oraz w punkcie znajdującym się wewnątrz przewodu przy założeniu, że pole magnetyczne wewnątrz pręta jest jednorodne.
26. Kondensator płaski o kołowych okładkach ładowany jest ze stałą szybkością  $dE/dt$ . Podać wyrażenie na indukowane pole magnetyczne dla różnych odległości  $r$ . Obliczyć prąd przesunięcia. (patrz - Resnick, Halliday, t.2 rozdz.40)

## Układy drgające

1. Kondensator o pojemności  $C$  naładowany jest do napięcia  $50\text{ V}$ . W pewnej chwili baterię ładującą odłączamy, a zamiast niej równolegle dołączamy do kondensatora cewkę o indukcyjności  $10\text{ mH}$ . W tak utworzonym obwodzie pojawia się drgania. Oblicz maksymalny prąd w cewce.
2. Znaleźć wyrażenia na  $q(t)$  w obwodzie LRC. Po jakim czasie nastąpi zmniejszenie amplitudy oscylacji do połowy, jeżeli  $L=1\text{mH}$ ,  $C=1\mu\text{F}$ ,  $r=0.1\Omega$ .

## Układy prądu przemiennego

1. Wartość chwilowa siły elektromotorycznej prądu sinusoidalnego dla fazy  $\pi/6$  wynosi  $120\text{ V}$ . Jaka jest amplituda i wartość skuteczna SEM?
2. Cewkę indukcyjną i opornik o oporze  $110\ \Omega$  podłączono równolegle do sieci sinusoidalnego prądu przemiennego o częstotliwości  $50\text{ Hz}$ . Znaleźć indukcyjność cewki, jeżeli płynie w niej prąd o natężeniu  $0.5\text{ A}$ , a natężenie prądu w oporze wynosi  $2\text{ A}$ .
3. Transformator podwyższa napięcie  $220\text{ V}$  do wartości  $1500\text{ V}$ . W uzwojeniu wtórnym płynie prąd o natężeniu  $0.2\text{ A}$ . Obliczyć natężenie prądu płynącego w uzwojeniu pierwotnym, jeżeli sprawność transformatora wynosi  $96\%$ .
4. Do transmisji programu radiowego stosuje się transformator obniżający napięcie z  $480\text{ V}$  do  $30\text{ V}$ . Wyznaczyć moc pobierana przez transformator, jeżeli jego współczynnik sprawności wynosi  $95\%$  i przyłączonych jest do niego  $100$  głośników, a przez każdy z nich płynie prąd o natężeniu  $8\text{ mA}$ .
5. Znaleźć opór wtórnego uzwojenia transformatora o przekładni  $k=10$ , jeżeli po włączeniu pierwotnego uzwojenia do sieci o napięciu  $120\text{ V}$ , w uzwojeniu wtórnym płynie prąd o natężeniu  $5\text{ A}$ , a napięcie na uzwojeniu wtórnym wynosi  $6\text{ V}$ . Staty energii w uzwojeniu pierwotnym zaniedbać.
6. Obwód drgający składa się z kondensatora o pojemności  $1\text{ pF}$  oraz cewki o współczynniku samoindukcji  $1\ \mu\text{H}$ . Jaki jest okres, częstotliwość i częstość oscylacji w obwodzie? Jaka jest długość fali elektromagnetycznej wypromieniowanej przez ten układ i z jakiego pasma pochodzi?
7. Obwód składa się z połączonych szeregowo: oporu  $10\ \Omega$ , cewki o współczynniku samoindukcji  $1\text{ H}$  i kondensatora o pojemności  $10\ \mu\text{F}$ . Przy jakiej częstości napięcia zasilającego wystąpi rezonans, a przy jakiej prąd w obwodzie wyniesie połowę wartości maksymalnej?
8. Gdy obwód drgający o pojemności  $C_1=10^{-6}\text{ F}$  jest pobudzany z częstotliwością  $\nu_1=500\text{ Hz}$  występuje w nim rezonans. Obliczyć pojemność, jaką trzeba włączyć do obwodu, aby rezonans występował przy częstotliwości  $\nu_2=100\text{ Hz}$ .
9. Obwód odbiornika jest zbudowany z cewki o indukcyjności  $L=0.025\text{ mH}$  i kondensatora o zmiennej pojemności. Jaką pojemność należy dobrać, aby odebrać fale radiowe o długości  $\lambda=300\text{ m}$ .
10. W obwodzie  $LC$  natężenie prądu  $I$  i ładunek  $Q$  zmieniają się harmonicznie w czasie z tą samą częstotliwością, równą częstotliwości rezonansowej obwodu. Obliczyć względne przesunięcie fazowe  $\phi$ , natężenie prądu  $I$  oraz napięcie  $U$  na okładkach kondensatora.
11. Przy jakiej częstotliwości napięcia harmonicznego o amplitudzie  $U_0=2\text{ V}$  pobudzającego drgania w obwodzie złożonym z kondensatora  $C=10\text{ nF}$ , cewki  $L=0.1\text{ mH}$  amplitudy napięć na kondensatorze i cewce osiągną wartości największe? Obliczyć wartości tych amplitud.
12. Natężenie pola elektrycznego płaskiej, harmonicznego fali elektromagnetycznej rozchodzącej się w próżni, dane jest wzorami:

$$E_x = 10^2 \sin \left[ 3 \cdot 10^6 \pi (z - 3 \cdot 10^8 t) \right] \text{ [V/m]},$$

$$E_y = E_z = 0.$$

- a) Obliczyć dla tej fali: prędkość fazową, długość, częstotliwość, okres i amplitudę oraz określić jej polaryzację,
- b) Znaleźć postać natężenia pola magnetycznego tej fali.