

ZESTAW 10

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: siła Lorentza, siła elektrodynamiczna, oddziaływanie pola B na przewodniki; moment sił w polu B ; energia oddziaływania magnetycznego; efekt Halla

1. Cząstka o masie m i ładunku $+q$ poruszająca się w płaszczyźnie xy wpada do kwadratowego obszaru o boku a , w którym panuje pole magnetyczne o indukcji B , równoległe do osi z . Cząstka wlatuje przez środek boku kwadratu z prędkością początkowo prostopadłą do tego boku. Podaj warunki na prędkość cząstki, aby uderzyła ona w przeciwny bok kwadratu lub w ten, przez który wleciała. Jakich napięć trzeba by użyć, aby przyspieszyć cząstkę do tych prędkości (przyjmij, że cząstką jest proton, bok $a = 10$ cm, pole $B = 1$ T).
2. Elektron wpada w obszar pola magnetycznego o indukcji $B = 0,5$ T, poruszając się z prędkością $v = 0,1 c$, której wektor tworzy kąt $\alpha = 30^\circ$ z liniami pola. Oblicz promień oraz skok linii śrubowej (helisy), po której będzie poruszał się elektron.
3. W cyklotronie o promieniu duantów $R = 50$ cm, w którym panuje pole magnetyczne $B = 15$ kG ($1 \text{ Gaus [G]} = 10^{-4} \text{ T}$), przyspieszamy protony. Jaka jest częstość cyklotronowa? Do jakiej energii i prędkości przyspieszane mogą być protony?
4. Dwa długie i prostoliniowe przewodniki z prądami I_1 i I_2 ustawione są równoległe w odległości d od siebie. Oblicz siłę ich wzajemnego oddziaływania, liczoną na jednostkę długości, w przypadku (i) zgodnych i (ii) przeciwnych zwrotów prądu.
5. [openstax.pl 11.109] Długi i sztywny drut rozłożony wzdłuż osi x przewodzi prąd $I = 0,4$ A w kierunku dodatnim osi x . Drut znajduje się w obszarze działania pola magnetycznego o indukcji $\vec{B} = 2\hat{i} + 5x^2\hat{j}$, gdzie x wyrażone jest w metrach, a B w militeslach. Oblicz wypadkową siłę magnetycznych działających na drut pomiędzy $x = 2$ m a $x = 4$ m.
6. [por. Hennel IV.33] Jaka siła będzie działać na ramkę kwadratową o boku $a = 2$ cm przewodzącą prąd $I_1 = 2$ A w polu magnetycznym wytwarzanym przez nieskończenie długi, prostoliniowy przewodnik z prądem $I_2 = 10$ A, ustawiony równoległe do jednego z boków tej ramki w jej płaszczyźnie, w odległości $b = 5$ cm.
7. [openstax.pl 11.110] Okrągła pętla drutu obejmująca powierzchnię $S = 10 \text{ cm}^2$ przewodzi prąd o natężeniu $I = 25$ A. W pewnej chwili pętla znajduje się w płaszczyźnie xy i zostaje poddana działaniu pola magnetycznego o indukcji $\vec{B} = (2\hat{i} + 6\hat{j} + 8\hat{k}) \cdot 10^{-3} \text{ T}$. Patrząc z góry na płaszczyznę xy , prąd płynie w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu wskazówek zegara.
 - (a) Jaki magnetyczny moment dipolowy ma pętla z prądem?
 - (b) Ile wynosi moment sił działający na pętlę w tej chwili?
8. Kwadratowa ramka zawieszona jest w polu grawitacyjnym Ziemi na osi przechodzącej przez jeden z jej poziomych boków. Całość znajduje się w polu magnetycznym o indukcji $B = 1$ T i kierunku zgodnym z kierunkiem pola grawitacyjnego. Każdy z boków ramki ma masę $m = 0,2$ kg. O jaki kąt odchyli się od pionu ta ramka, jeśli zaczniemy przez nią przepuszczać prąd o natężeniu $I = 10$ A?
9. Obliczyć pracę wykonaną przy powolnym obracaniu ramki prostokątnej z prądem $I = 0,5$ A w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji $B = 0,2$ T wokół osi przechodzącej przez środki jej krótszych boków o kąt $\alpha_1 = 60^\circ$. Ramka ma wymiary $a = 5$ cm, $b = 2$ cm i zawiera $N = 10$ zwojów. Początkowo płaszczyzna ramki tworzyła z kierunkiem pola magnetycznego kąt $\alpha_0 = 30^\circ$. Jak zmieni się wynik przy obrocie wokół osi przechodzącej przez jej dłuższy bok? A jaki będzie wynik dla obrotu ramki kołowej wykonanej z drutu o tej samej długości, co ramka kwadratowa?
10. [Hennel IV.36 i IV.37] Znaleźć energię momentu magnetycznego $\vec{\mu}$ (dipola magnetycznego) znajdującego się w zewnętrznym polu magnetycznym o indukcji $\vec{B}$. Przedyskutować warunki równowagi w polu magnetycznym.
11. (i) Na nieprzewodzącym cienkim dysku o promieniu R znajduje się jednorodnie rozłożony ładunek o gęstości powierzchniowej σ . Dysk obraca się ze stałą częstością ω wokół osi prostopadłej do niego i przechodzącej przez jego środek. Proszę znaleźć moment magnetyczny dysku. (ii) Ile wynosi moment magnetyczny sfery o promieniu R i gęstości powierzchniowej ładunku σ , obracającej się wokół osi symetrii z częstością ω ?

12. Przez srebrną płytkę o grubości $d = 1$ mm i szerokości $s = 15$ mm płynie prąd elektryczny o natężeniu $I = 2,5$ A. Po przyłożeniu skierowanego prostopadle do płytki pola magnetycznego o indukcji $B = 12,5$ kG na płytce powstało napięcie $U_H = 0,334 \mu\text{V}$ (tzw. napięcie Halla).
- (a) Ile wynosi koncentracja nośników ładunku w płytce (liczba elektronów na cm^3)?
- (b) Proszę porównać koncentrację nośników z koncentracją atomów w srebrze (dla srebra przyjąć gęstość $\rho = 10,5 \text{ g/cm}^3$ i masę molową $M_{\text{mol}} = 107,9 \text{ g/mol}$).
- *13. Przewodnik prostoliniowy umieszczony wzdłuż osi x składa się z dodatnio naładowanych rdzeni atomowych o gęstości liniowej λ_+ oraz ujemnych nośników ładunku o gęstości λ_- . W układzie LAB, gdzie przewodnik spoczywa, jest on oczywiście obojętny elektrycznie, tzn. $\lambda_+ = -\lambda_-$, czyli $|\lambda_+| = |\lambda_-| = \lambda$. (i) Pokaż, że natężenie prądu w przewodniku jest dane $I = \lambda v$, gdzie v to prędkość nośników ładunku w przewodniku. (ii) Ładunek próbny $+q$ porusza się wzdłuż osi x także z prędkością v w tym samym kierunku, co elektrony w przewodniku, w stałej odległości r od przewodnika. Znaleźć siłę działającą na ten ładunek ze strony przewodnika. *Wskazówka. Wykorzystaj transformację Lorentza dla gęstości ładunku do układu odniesienia, w którym ładunek próbny spoczywa.*
- * 14. [por. Griffiths R.5.1.3] Pokaż, że siła magnetyczna (ze strony pola magnetycznego) działająca na prąd objętościowy (płynący w objętości przewodnika) jest dana wzorem:

$$\vec{F}_{\text{mag}} = \iiint_V (\vec{j} \times \vec{B}) dV$$

Na tej podstawie oblicz, jaką siłą pole $\vec{B} = kz\hat{x}$ (k - stała) działa na przewodnik w kształcie prostopadłościanu o wymiarach a, b, c zaczepionego w początku układu x, y, z , przez który płynie prąd o gęstości $\vec{j} = \alpha(x^2 + y^2)\hat{z}$ (α - stała).