

ZESTAW 9

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: pole magnetyczne: wektor indukcji pola, prawo Biota-Savarta, prawo Ampere'a, solenoid.

1. Wyznacz zależność indukcji pola magnetycznego wytwarzanego przez nieskończenie długi przewód z prądem I w odległości r od niego, za pomocą (i) prawa Ampere'a, (ii) prawa Biota-Savarta.
2. Proszę znaleźć pole magnetyczne w środku kwadratowej pętli o boku $a = 50$ cm, przez którą płynie prąd o natężeniu $I = 1,5$ A.
3. Proszę obliczyć wektor indukcji pola magnetycznego wytwarzanego przez pętlę kołową o promieniu R z prądem o natężeniu I w punkcie na osi pętli w odległości z od jej środka. Jaki prąd musiałby płynąć przez hipotetyczny, pojedynczy kabel owijający równik Ziemi, aby indukcja pola magnetycznego wytwarzanego przez ten kabel na biegunach była porównywalna z indukcją naturalnego pola Ziemi (ok. $100 \mu\text{T}$)?
4. Nieskończenie długi i prosty drut został na pewnym odcinku zakrzywiony w pętlę (rys. 1a). Jaka musi być odległość r , aby pole magnetyczne w środku okręgu (o promieniu R) było równe 0?
5. [openstax.pl 12.65] Trzy długie, prostoliniowe, równoległe przewody zostały rozmieszczone jak na rys. 2. W każdym z przewodów płynie prąd o natężeniu 20 A. Oblicz wartość indukcji pola magnetycznego w punkcie P.
6. Przez długi przewód w kształcie walca o promieniu R płynie prąd elektryczny, przy czym jego rozkład na przekroju poprzecznym walca:
 - (a) jest stały i wynosi I ;
 - (b) dany jest gęstością zależną od odległości od osi walca jak $j(r) = j_0 \cdot r$ (j_0 - stała);
 - (c) dany jest zależnością natężenia od odległości: $I(r) = I_0 (1 - e^{-\frac{r}{R}})$.W każdym przypadku, korzystając z prawa Ampere'a, wyznaczyć natężenie pola magnetycznego w funkcji odległości r od osi walca. Dodatkowo pokazać, jak sformułować prawo Biota-Savarta dla przestrzennych rozkładów prądu (grubych przewodników) i powtórzyć obliczenia dla podpunktu 6b lub 6c.
7. [por. openstax.pl 12.89] Płaski długi pasek miedziany o szerokości a i zaniedbywalnej grubości przewodzi prąd o natężeniu I . Proszę znaleźć pole B w odległości R od środka paska (i) w kierunku prostopadłym do niego (nad osią symetrii paska) oraz (ii) w płaszczyźnie paska (przy $R > a/2$). *Skorzystaj z prawa Biota-Savarta.*
8. [openstax.pl 12.68] Proszę wyznaczyć indukcję pola magnetycznego wytworzonego przez prąd o gęstości liniowej j płynący w nieskończonej płaszczyźnie. Policz: (i) korzystając z prawa Ampere'a oraz (ii) bezpośrednio całkując przyczynki od odpowiednich obszarów płaszczyzny.
9. [por. openstax.pl 12.81 i 86, Hannel IV.23] Przez bardzo długi, prostoliniowy przewód o kołowym przekroju poprzecznym o promieniu R_1 płynie stały prąd o natężeniu I . Wewnątrz przewodu znajduje się cylindryczne wydrążenie (dziura) o promieniu R_2 , której środek znajduje się w odległości a od środka przewodu, przy czym $a > R_2$ oraz $(R_2 + a) < R_1$, patrz: rys.1b. Proszę znaleźć wektor indukcji pola magnetycznego w dowolnym punkcie poza przewodem ($r > R_1$), a także wielkość pola magnetycznego w wydrążeniu.
10. [por. openstax.pl R.12] Proszę obliczyć wartość indukcji pola magnetycznego wytwarzanego przez:
 - (a) nieskończony solenoid o promieniu R oraz liczbie zwojów na jednostkę długości n , przez który płynie prąd I ;
 - (b) skończony solenoid w punkcie leżącym na jego osi, jeżeli końce solenoidu widać z tego punktu pod kątami odpowiednio α i β , promień solenoidu wynosi R , liczba zwojów na jednostkę długości jest równa n , a przez solenoid płynie prąd I . Przedyskutować przypadki szczególne i asymptotyczne.
 - (c) Jaki błąd popełnia się, wyznaczając indukcję pola w środku skończonego solenoidu o długości k (np. $k = 20$) razy większej od jego średnicy, korzystając ze wzoru dla nieskończonego solenoidu?
11. Proszę wyznaczyć indukcję pola magnetycznego w wierzchołku ściętego stożka o promieniach R_1 i R_2 ($R_1 < R_2$), na powierzchni bocznej którego nawinięto ciasno N zwojów. Wysokość stożka jest równa h , a prąd płynący przez uzwojenie ma natężenie I . Płaszczyzny zwojów są równoległe do podstawy stożka.

12. Sfera o promieniu R naładowana powierzchniowo ładunkiem o gęstości σ obraca się ze stałą prędkością kątową ω wokół swojej średnicy. Znaleźć wielkość wyindukowanego pola magnetycznego w geometrycznym środku sfery.
13. [openstax.pl 12.75] Oblicz wartość indukcji pola magnetycznego w dowolnym punkcie na osi z układu cewek Helmholtza. Jest to układ dwóch równoległych kołowych zwojnic o wspólnej osi przechodzącej przez ich środki. Cewki połączone są tak, że płyną w nich prądy o takim samym natężeniu I . Każda z cewek o promieniu R składa się z N zwojów, przy czym R jest także odległością między tymi cewkami (rys. 1c). Następnie oceń jednorodność pola w środku układu, tzn. zbadać pierwszą i drugą pochodną funkcji $B(z)$ w punkcie $z = 0$.
14. [openstax.pl 12.77] Cienki, nieprzewodzący dysk o promieniu R może się swobodnie obracać wokół osi przechodzącej przez jego środek i prostopadłej do płaszczyzny dysku. Dysk naładowany jest jednorodnie ładunkiem o całkowitej wartości równej q . Przyjmując, że dysk obraca się ze stałą prędkością kątową ω , oblicz wartość indukcji pola magnetycznego w jego środku.
15. Pokazać, że pole magnetyczne, dla którego potencjał wektorowy dany jest równaniem:

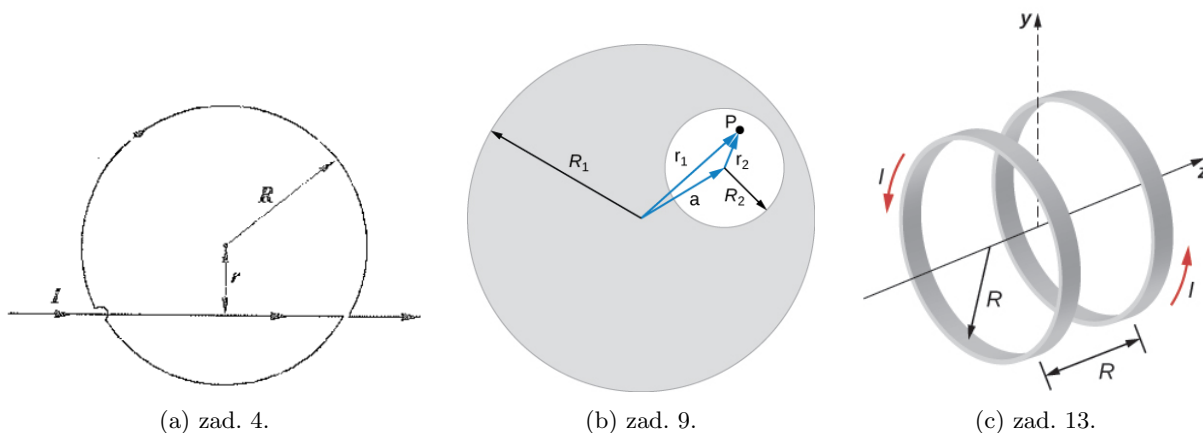
$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l}'}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$$

spełnia prawo Biota-Savarta dla oddalonego o $\vec{r}$ od źródła pola umieszczonego w $\vec{r}'$.

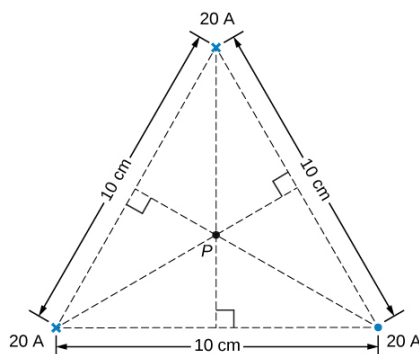
- *16. [Hennel IV.26] Igła magnetyczna o momencie dipolowym magnetycznym $\vec{\mu}$ wytwarza pole magnetyczne o natężeniu

$$\vec{H}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{3(\vec{\mu} \cdot \hat{r})\hat{r} - \vec{\mu}}{r^3}$$

Znaleźć potencjały skalarny i wektorowy pola dipola magnetycznego. *Komentarz. Wzór ten jest analogią wzoru na natężenie pola elektrycznego od dipola elektrycznego.*



Rysunek 1



Rysunek 2: zad. 5.