

Posledná aktualizácia: 23. marca 2012. Čo bolo aktualizované (oproti predošlej verzii z 8. novembra 2010): Dodané dva nové príklady. Rozšírené zadania niektorých ďalších príkladov. Úprava poradia niektorých príkladov. Nový spôsob zobrazovania obtiažností.

ELEKTROMAGNETICKÁ INDUKCIA

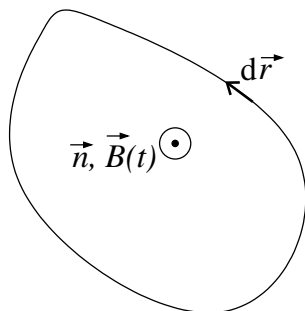
PRÍKLAD 13.1

☆☆★★ (C)

Nevodivý rovinný závit s plochou S sa nachádza v homogénnom magnetickom poli, ktorého vektor magnetickej indukcie má smer kolmý na rovinu závitov a orientáciu von z roviny nákrese (pozri obrázok). Veľkosť magnetickej indukcie rovnomerne narastá za čas Δt z hodnoty B_1 na hodnotu B_2 . Určte:

- Hodnotu indukovaného elektromotorického napätia na závite,
- Ak by bol závit vodivý, ktorým smerom by tiekol indukovaný prúd?

Po všeobecnom vyriešení výsledok vyčíslíte pre hodnoty $S = 350 \text{ cm}^2$, $B_1 = 0,3 \text{ mT}$, $B_2 = 1 \text{ mT}$, $\Delta t = 0,01 \text{ s}$.



$$\left[\text{a) } U_i = -S \frac{B_2 - B_1}{\Delta t} = -2,45 \text{ mV}; \quad \text{b) v smere hodinových ručičiek} \right]$$

PRÍKLAD 13.2

☆☆★★ (C)

V predošlom príklade určte smer toku prúdu (ak by sme závit spravili vodivým) priamo pomocou Faradayovho zákona.

[]

PRÍKLAD 13.3

☆☆★★ (C)

Magnetické pole indukcie $B = 0,8 \text{ T}$ je orientované kolmo na rovinu kruhového závitov, majúceho polomer $r = 10 \text{ cm}$. Bližšie nešpecifikovaným mechanizmom sa polomer závitov začne znižovať rýchlosťou $\alpha = 80 \text{ cm/s}$.

a) Aké veľké elektromotorické napätie sa indukuje v záвите v tom okamihu? Plošné vektory $d\vec{S}$ uvažujte orientované súhlasne s osou z .

b) Ak si zvolíme súradnicovú sústavu tak, aby os z bola súhlasne rovnobežná s vektorom magnetickej indukcie a pozrieme sa na taký obrázok „zhora“, t.j. z polroviny $z > 0$, určte, ktorým smerom by tiekol indukovaný prúd (ak by bol závit vodivý).

$$[\text{ a) } |U_i| = 2\pi r \alpha B = 0,4 \text{ V}; \quad \text{ b) } \text{ V kladnom smere, t.j. proti smeru hodinových ručičiek. }]$$

PRÍKLAD 13.4

☆☆★★ (C)

Majme valcovú cievku polomeru $R = 35 \text{ mm}$ s $N = 75$ závitmi. Je vložená do homogénneho magnetického poľa tak, že jej os je rovnobežná so smerom indukcie. Veľkosť indukcie B sa rovnomerne mení z hodnoty $B_1 = 18 \text{ mT}$ na $B_2 = 43 \text{ mT}$ za čas $\Delta t = 240 \text{ ms}$. Určte:

a) Hodnotu indukovaného elektromotorického napätia u_i v cievke počas daného časového intervalu.

b) Ak si magnetickú indukciu zakreslíme ako súhlasne rovnobežnú s osou z a na obrázok sa pozrieme „zhora“, teda z polpriestoru $z > 0$, ktorým smerom by tiekli elektróny indukovaného prúdu vo vodiči cievky, ak by konce jej vodiča boli vodivo prepojené?

$$\left[U_i = \pi N R^2 \frac{B_2 - B_1}{\Delta t} = -30,1 \text{ mV} \right]$$

PRÍKLAD 13.5

☆☆☆☆ (D)

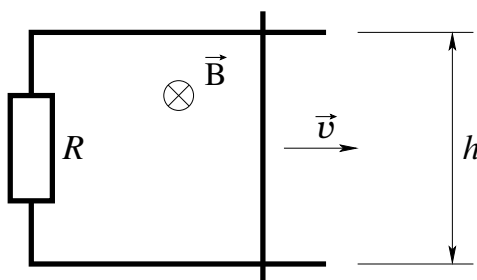
Indukčný tok cez závit závisí od času podľa vzťahu $\Phi = at^2 + bt$, kde $a = 6 \text{ mWb} \cdot \text{s}^{-2}$ a $b = 7 \text{ mWb} \cdot \text{s}^{-1}$. Aké veľké je indukované elektromotorické napätie na záвите v čase $t = 2 \text{ s}$?

$$[|U_i| = 2at + b = 31 \text{ mV}]$$

PRÍKLAD 13.6

☆☆★★ (C)

Kovová tyč sa posúva konštantnou rýchlosťou $v = 0,55 \text{ m/s}$ pozdĺž dvoch rovnobežných kovových koľajníc, ktoré sú na jednom konci spojené rezistorom s elektrickým odporom $R = 18 \Omega$. Indukcia homogénneho magnetického poľa, kolmého na rovinu koľajníc a tyče (pozri obrázok), má veľkosť $B = 0,35 \text{ T}$, vzdialenosť medzi koľajnicami je $h = 0,25 \text{ m}$. Ako veľký je prúd, tečúci obvodom, ak odpor koľajníc a tyče možno zanedbať? Ktorým smerom tečie indukovaný prúd?

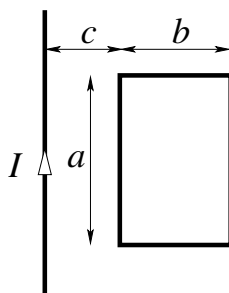


$$[I = hvB/R = 2,67 \text{ mA}]$$

PRÍKLAD 13.7

☆☆★★ (C)

Dlhým priamym vodičom ležiacim v rovine obdĺžnikového závitu prechádza prúd I . Určte magnetický indukčný tok Φ cez plochu tohto závit. Jeho strany majú dĺžky a a b . Strany dĺžky a sú rovnobežné s priamym vodičom a bližšia má vzdialenosť c od priameho vodiča. Určte aj koeficient vzájomnej indukcie M oboch vodičov.



$$\left[\Phi = \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln\left(\frac{b+c}{c}\right) ; \quad M = \frac{\mu_0 a}{2\pi} \ln\left(\frac{b+c}{c}\right) \right]$$

PRÍKLAD 13.8

☆☆★★ (C)

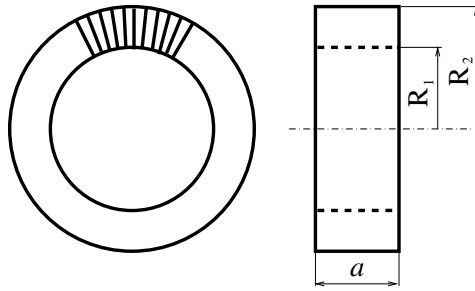
Dva kruhové závit, ležia v jednej rovine a majú spoločný stred. Pre ich polomery platí $R_1 \gg R_2$. Vypočítajte koeficient vzájomnej indukcie M týchto závitov.

$$\left[M = \frac{1}{2} \mu_0 \pi R_2^2 / R_1 \right]$$

PRÍKLAD 13.9

★★★★ (A)

Vypočítajte koeficient vlastnej indukcie L toroidu so vzduchovým jadrom, majúcim obdĺžnikový prierez. Vnútorňý polomer toroidu je $R_1 = 10$ cm, vonkajší $R_2 = 20$ cm, šírka je $a = 5$ cm a počet závitov $N = 400$.



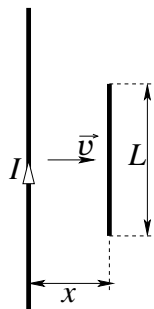
$$\left[L = \frac{\mu_0}{2\pi} a N^2 \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) = 1,11 \text{ mH} \right]$$

PRÍKLAD 13.10

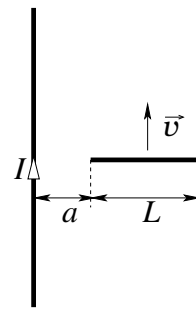
☆☆☆☆ (B)

Priamym nekonečne dlhým vodičom tečie prúd I . Aké elektromotorické napätie u_i sa indukuje vo vodiči dĺžky L :

- rovnoobežnom s dlhým vodičom, ktorý sa od neho vzdďaľuje rýchlosťou v , keď je vzdialenosť oboch vodičov x ,
- kolmom na dlhý vodič, vzdialenom od neho o x , keď sa pohybuje rýchlosťou v rovnobežne s dlhým vodičom.



a)



b)

$$\left[\text{a) } u_i = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} Lv; \quad \text{b) } u_i = \frac{\mu_0 I}{2\pi} v \ln\left(1 + \frac{L}{x}\right) \right]$$

PRÍKLAD 13.11

☆☆☆☆ (B)

Aké stredné elektromotorické napätie \bar{u}_i sa indukuje za pol otáčky v obdĺžnikovom závíte, ktorý sa otáča frekvenciou $f = 30 \text{ s}^{-1}$ okolo strany a kolmej na magnetické pole s intenzitou veľkosti $H = 4 \cdot 10^5 \text{ A/m}$. Závit má dĺžky strán $a = 30 \text{ cm}$, $b = 20 \text{ cm}$.

$$\left[\bar{u}_i = 4\mu_0 f abH = 3,6 \text{ V} \right]$$

PRÍKLAD 13.12

☆☆☆☆ (B)

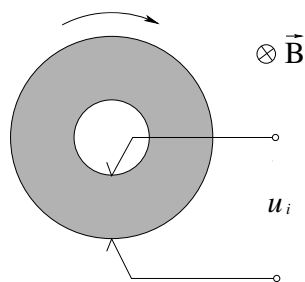
Štvorcový rám z medeneho drôtu sa nachádza v magnetickom poli s indukciou veľkosti $B = 0,2\text{ T}$ a smerom kolmým na rovinu rámu. Prierez drôtu je $S_d = 2\text{ mm}^2$ a jeho rezistivita je $\rho = 0,017 \cdot 10^{-6}\ \Omega\text{m}$. Plošný obsah rámu je $S_r = 25\text{ cm}^2$. Aký náboj Q prejde vodičom pri vypnutí poľa?

$$\left[Q = \frac{1}{4\rho} B S_d \sqrt{S_r} = 0,294\text{ C} \right]$$

PRÍKLAD 13.13

☆☆☆☆ (B)

Vypočítajte aké elektromotorické napätie u_i sa indukuje vo Forbesovom stroji (na Faradayovom kotúči), čo je kovový kotúč tvaru medzikružia, ktorý sa otáča s frekvenciou $f = 2000\text{ min}^{-1}$ v homogénnom magnetickom poli kolmom na rovinu kotúča, s veľkosťou indukcie $B = 1\text{ T}$. Napätie meriame medzi vnútorným a vonkajším polomerom kotúča ($R_1 = 5\text{ cm}$, $R_2 = 15\text{ cm}$).



$$\left[u_i = \pi(R_2^2 - R_1^2)Bf = 2,094\text{ V} \right]$$

PRÍKLAD 13.14

☆☆☆☆ (C)

V homogénnom magnetickom poli indukcie $B = 2\text{ T}$ sa rýchlosťou $v = 10\text{ m/s}$ pohybuje vodič s odporom $R_i = 0,1\ \Omega$ a dĺžkou $L = 30\text{ cm}$. Smer vodiča, vektor rýchlosti a vektor indukcie sú navzájom kolmé. Konce vodiča sú pripojené na záťaž s odporom $R = 0,4\ \Omega$. Vypočítajte, aký výkon je potrebný na pohyb vodiča.

$$\left[P = (BLv)^2 / (R + R_i) = 72\text{ W} \right]$$

PRÍKLAD 13.15

☆☆☆☆ (B)

V homogénnom magnetickom poli s indukciou $B = 0,2\text{ T}$ sa v rovine kolmej na vektor \vec{B} rovnomerne otáča vodivá tyč dĺžky $L = 10\text{ cm}$. Os otáčania prechádza koncom tyče. Vypočítajte frekvenciu otáčania tyče, keď sa na nej indukuje napätie $u_i = 0,658\text{ V}$.

$$\left[f = \frac{u_i}{\pi BL^2} = 100\text{ s}^{-1} \right]$$

PRÍKLAD 13.16

☆☆☆☆ (B)

Vodič hmotnosti m sa kĺže bez trenia po dvoch rovnobežných koľajničkách, ktoré sú uložené vodorovne. Vzďialenosť koľajničiek je d , vodič je na ne kolmý. Prítomné magnetické pole má vertikálny smer indukcie.

a) Na koľajničky je pripojený zdroj prúdu I , ktorý sa uzatvára cez vodič. Určte rýchlosť \vec{v} vodiča ako funkciu času za predpokladu, že na začiatku bol v pokoji.

b) Zdroj konštantného prúdu nahradíme zdrojom konštantného napätia U . Vodič sa pri tom pohybuje konštantnou rýchlosťou v_k . Určte túto rýchlosť.

(Magnetické pole vytvorené prúdom v obvode zanedbajte).

$$\left[\text{a) } v = \frac{BI d}{m} t; \quad \text{b) } v_k = \frac{U}{Bd} \right]$$

PRÍKLAD 13.17

☆☆☆☆ (B)

Cez kruhový závit s polomerom a tečie prúd I . Druhý závit tých istých rozmerov leží na osi prvého závitu vo vzdialenosti $r \gg a$ a ich roviny sú rovnobežné. Druhý závit začneme otáčať uhlovou rýchlosťou ω okolo ľubovoľnej osi, ktorá prechádza jeho stredom a leží v rovine závitu. Aké elektromotorické napätie u_i sa indukuje v druhom závite?

$$\left[u_i = \frac{\pi \mu_0 I a^4 \omega \sin \omega t}{2r^3} \right]$$