

Projekt **ŠABLONY NA GVM**

registrační číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0948

III-2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

**3. Elektromagnetismus**

**3. 9. Magnetické pole 2**

**Autor:**  Aleš Trojánek

**Jazyk:** čeština

**Datum vyhotovení:** květen 2013

**Cílová skupina:**  žáci gymnázia: 3. ročník čtyřletého studia a 7. ročník

 osmiletého studia + maturitní ročník, věk 16-19 let

**Druh učebního materiálu:** podpora a doplnění výuky fyziky, materiál je určen i pro samostatnou práci žáků

**Očekávaný výstup:** žáci si osvojí řešení typických fyzikálních úloh z elektromagnetismu

**Anotace:** Učební materiál obsahuje vzorové příklady a úlohy z části – magnetické pole. Může sloužit při výkladu, procvičování i pro samostatnou práci žáků. Velmi vhodný je pro přípravu k maturitní zkoušce z fyziky.

**3. 9. Magnetické pole 2**

**Příklad 1 (pohyb nabité částice po kružnici)**

(Jedná se o úlohu 19 C z [2], s. 767.)

Elektron je urychlován z klidu napětím 350 V. Poté vletí do homogenního magnetického pole o indukci 200 mT kolmo k vektoru magnetické indukce. Vypočtěte: (a) velikost rychlosti elektronu a (b) poloměr jeho dráhy v magnetickém poli. Hmotnost elektronu je $ m\_{e}=$ 9,11·10-31 kg.

***Řešení:***

(a) Elektrické pole při urychlování elektronu vykoná práci $W$, která se projeví změnou kinetické energie elektronu$ ∆E\_{k}$:

 $W=∆E\_{k}$,

 $eU= \frac{1}{2}m\_{e}v^{2}-0,$

 $v=\sqrt{\frac{2eU}{m\_{e}}}=$ … = 1,11·107 m·s-1.

(b) Elektron vlétá v rovině obr. 1 do oblasti homogenního magnetického pole o indukci $\vec{B}$, která je kolmá k rovině obr. a má směr od nás. Výsledkem je, že magnetická síla $\vec{ F\_{m}}= -e(\vec{v}×\vec{B})$ stále vychyluje elektron, a protože vektory$ \vec{v}$ a $\vec{B}$ jsou na sebe stále kolmé, bude se elektron pohybovat po kružnici. Viz obr. 1, 2.



 Obr. 1 Obr. 2

Jestliže se elektron pohybuje rovnoměrným pohybem po kružnici rychlostí o velikosti $v$, je magnetická síla silou dostředivou a zároveň silou výslednou:

 $\vec{F\_{m}}=\vec{F\_{d}}=\vec{F\_{v}}$.

Pro velikosti sil platí:

 $evB= m\_{e}a=m\_{e}\frac{v^{2}}{r}$

 $r=\frac{vm\_{e}}{Be}=$ … = 0,316 mm.

**Úloha 1**

(Jedná se o úlohu 23C z [2], s. 767.)

Elektron má kinetickou energii 1,20 keV a pohybuje se po kružnici v rovině kolmé k vektoru magnetické indukce$ \vec{B}$. Poloměr této kružnice je 25,0 cm. Určete: (a) velikost rychlosti elektronu, (b) velikost magnetické indukce, (c) frekvenci otáčení a (d) periodu otáčení.

[Výsledky: (a) $v=$ 2,05·107m·s-1, (b) $B=$ 467 µT, (c) $f=$ 13,1 MHz, (d) $T=$ 76,3 ns.]

**Úloha 2**

(Jedná se o upravenou úlohu 5 z [3], s. 273.)

V homogenním magnetickém poli o indukci $\vec{B}$, která má svislý směr a orientaci nahoru, je na dvou vláknech zavěšen vodič délky 20 cm o hmotnosti 40 g. Konce vodiče jsou připojeny ke zdroji proudu pomocí ohebných přívodů, které jsou vně pole. Vodičem prochází proud 20 A a magnetická indukce má velikost 0,1 T. Určete úhel, o jaký se vychýlí závěs ze svislého směru.

[Návod na řešení a výsledek: Situaci si vhodně nakreslete, určete a do obr. zakreslete všechny síly, které na vodič působí, určete ve vychýlené poloze jejich výslednici …, $ α=$ 45$°.]$

**Magnetické pole dlouhého přímého vodiče**

**Velmi dlouhý (teoreticky nekonečný), velmi tenký přímý vodič,** jímž prochází stálý elektrický proud $I$, budí ve vakuu magnetické pole, jehož indukce $\vec{B}$ má v bodě$ P$ ve vzdálenosti $d$ od vodiče velikost

 $B=\frac{μ\_{0}I}{2πd}$ (1)

a směr kolmý na rovinu danou vodičem a bodem $P.$ Orientace vektoru $\vec{B}$ je určena pravidlem pravotočivého šroubu.[[1]](#footnote-1)

Magnetické indukční čáry jsou kružnice se středy ležícími ve vodiči, viz obr. 3. Konstanta $μ\_{0}$ se nazývá permeabilita vakua. Její hodnota je $μ\_{0}=$ 4$π$·10-7 H·m-1. Viz obr. 3.

****

Obr. 3

**Dva rovnoběžné vodiče[[2]](#footnote-2)**

Dva rovnoběžné vodiče, jimiž protéká elektrický proud, na sebe navzájem silově působí. Určíme tyto síly pro dlouhé tenké vodiče z obr. 4$;$ jejich vzdálenost je $d$ a protékají jimi proudy $I\_{a}$ a$ I\_{b}$.



Obr. 4

Nejprve vyjádříme sílu, kterou působí vodič $a$ na úsek délky $l$ vodiče $b$. Elektrický proud, který protéká vodičem $a$, vytváří kolem něj magnetické pole o indukci $\vec{B\_{a}}$. Toto magnetické pole působí silou na vodič $b.$ Abychom tuto sílu mohli vyjádřit, potřebujeme znát velikost a směr magnetické indukce $\vec{B\_{a}}$ v místě, kde je vodič $b$. Velikost indukce $\vec{B\_{a}}$ v každém bodě vodiče $b$ je podle rov. (1) rovna

 $ B=\frac{μ\_{0}I\_{a}}{2πd}. $ (2)

Pravidlo pravé ruky ukazuje, že vektor $\vec{B\_{a}}$ v místě vodiče $b$ míří dozadu. Viz obr. 4.

Nyní, když známe velikost magnetické indukce, můžeme nalézt sílu, kterou působí toto pole na úsek délky $l $vodiče $b$. Vyjdeme ze vztahu pro Ampérovu sílu $\vec{F\_{ba}}$ , kterou působí magnetické pole $\vec{B\_{a}}$ na úsek vodiče $b$ délky $l$:

 $\vec{F\_{ba}}=I\_{b}\vec{l}×\vec{B\_{a}}$.

Na obr. 4 jsou vektory $\vec{l}$ a $\vec{B\_{a}}$ na sebe kolmé. Použitím rovnice (2) dostaneme:

$ F\_{ba}=I\_{b}lB\_{a}\sin(90°)=\frac{μ\_{0}lI\_{a}I\_{b}}{2πd}$ .

Směr vektoru $\vec{F\_{ba}}$ je dán vektorovým součinem $\vec{l}×\vec{B\_{a}}$ : síla$ \vec{F\_{ba}}$ míří k vodiči $a$.

Podobně bychom postupovali při výpočtu síly, kterou působí vodič $b$ na úsek vodiče $a$ délky $l$. Zjistili bychom, že síla míří k vodiči $b$. Odtud plyne, **že dva rovnoběžné vodiče, jimiž protékají souhlasně protékané proudy, se navzájem přitahují.** Naopak v případě, že **proudy ve vodičích jsou orientovány nesouhlasně, se vodiče odpuzují.**

Síla působící mezi rovnoběžnými vodiči s proudy je základem pro definici ampéru, který je jednou ze sedmi základních jednotek soustavy SI.

**Úloha 3**

(Jedná se o upravenou úlohu 7 z [3], s. 273.)

Dva dlouhé rovnoběžné vodiče jsou ve vzduchu ve vzdálenosti 20 cm od sebe. Prochází jimi proudy 24 A a 16 A. Určete body, v nichž je magnetická indukce nulová. Řešte pro případ (a) souhlasných, (b)nesouhlasných směrů proudů.

[Výsledky: Body leží na přímce, která je rovnoběžná s vodiči a leží ve stejné rovině jako vodiče: (a) mezi vodiči, 8 cm od vodiče s menším proudem, (b) vně vodičů, 40 cm od vodiče s menším proudem.]

**Literatura:**

[1] ŠANTAVÝ, I., TROJÁNEK, A.: *Fyzika. Příprava k přijímacím zkouškám na vysoké školy.*

 Praha, Prometheus, 2000. ISBN 80-7196-138-8.

[2] Halliday, D., Resnick, J., Walker, J.: *Fyzika*. *(Vysokoškolská učebnice obecné fyziky.)*

 VUT v Brně - nakladatelství VUTIUM a Prometheus, Brno 2001. Dotisk 2003.

 ISBN 80-214-1868-0.

[3] LEPIL, O., ŠEDIVÝ, P.: *Fyzika pro gymnázia. Elektřina a magnetismus.* Dotisk 5. vydání.

 Prometheus, Praha 2000.

**Zdroje obrázků:**

Obr. 1- 4 kreslil Aleš Trojánek a jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení.

1. Vztah (1) se odvodí z Biotova-Savartova zákona, který se však ve středoškolské fyzice neuvádí. [↑](#footnote-ref-1)
2. Následující text je zpracován podle [2], s. 778. [↑](#footnote-ref-2)