

## DUM č. 15 v sadě

### 11. Fy-2 Učební materiály do fyziky pro 3. ročník gymnázia

Autor: Vojtěch Beneš

Datum: 17.03.2014

Ročník: 2A, 2C

Anotace DUMu: Stacionární magnetické pole.

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 3. ročník Stacionární magnetické pole – písemná práce

#### Zkoušené učivo

- magnetické pole vytvořené permanentním magnetem
- magnetické pole solenoidu a přímého vodiče
- znázornění magnetického pole
- vodič s proudem v magnetickém poli
- Lorenzova síla
- pohyb nabitě částice v homogenním magnetickém poli
- základy kinematiky a dynamiky

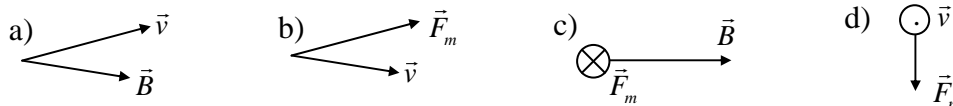
#### Metodické poznámky

- čas na vypracování = 1 vyučovací hodina (reálně max. 40 minut)
- obtížnost skupin srovnatelná
- zadání obsahuje jak teoretické otázky, tak příklady
- obtížnost písemky je záměrně nižší než u příkladů k procvičení – při řešení příkladů doma má žák k dispozici poznámky, učebnici, internetové zdroje a hlavně dostatek času
- elementární náboj záměrně není zadán, tuto konstantu by měli znát všichni
- poslední příklad není zaměřen úzce jen na magnetismus, ale vyžaduje základní znalosti z kinematiky a dynamiky 1. ročníku. Zařazen byl záměrně, aby studenti nepraktikovali jen „průplachové“ učení, tj. našprtám se na písemku a hned zapomenu.

Všechna schémata byla vytvořena autorem.

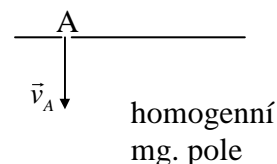
### 3. ročník      Stacionární magnetické pole      A

- 1) Znázorněte magnetické pole vytvořené permanentním magnetem ve tvaru U. Vysvětlete, co je to magnetická indukční čára. Vyjmenujte tři způsoby, jak zjistit přítomnost magnetického pole.
- 2) Solenoid o 600 závitů, délce 20 cm a průměru 3 cm vytváří ve svém středu magnetické pole o indukci 20 mT. Vypočítejte intenzitu proudu, který jím protéká. ( $\mu = \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ )
- 3) Následující schémata překreslete do svého řešení a doplňte do nich chybějící vektor ( $\vec{v}$ ,  $\vec{B}$ , nebo  $\vec{F}_m$ ). Náboj částice je kladný.



- 4) Přímý vodič má odpor  $2 \Omega$  a je připojen ke stabilizovanému zdroji napětí 6 V. Zasahuje svou částí o délce 7,5 cm do magnetického pole o indukci 5 mT, přičemž směr proudu svírá úhel  $40^\circ$  se směrem pole. Situaci znázorněte (vektory  $\vec{l}$ ,  $\vec{B}$  a  $\vec{F}_m$ ) a vypočítejte velikost magnetické síly.

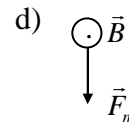
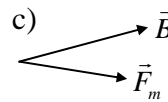
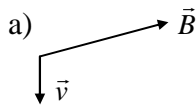
- 5) Ion  ${}_{80}^{200}\text{Hg}^{2+}$  vletí v bodě A do homogenního magnetického pole o indukci  $B = 0,2 \text{ T}$ . Jeho rychlost je  $v_A = 2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ , přičemž  $\vec{v}_A \perp \vec{B}$  (viz obrázek). Ion je vychýlen z našeho pohledu doprava. Hmotnost iontu činí  $m = 3,34 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ . Elementární náboj znáte.



- a) Obrázek překreslete a doplňte trajektorii, magnetickou sílu  $\vec{F}_m$ , vektor magnetické indukce  $\vec{B}$  a vektor zrychlení iontu  $\vec{a}$ .
- b) Vypočítejte magnetickou sílu  $F_m$  a zrychlení iontu  $a$ .
- c) Vypočítejte poloměr  $r$  jeho trajektorie.
- d) Určete napětí  $U$ , kterým byl iont urychlen na rychlost  $v_A$ . Předpokládáme, že rychlost iontu před urychlováním byla zanedbatelná.

### 3. ročník      Stacionární magnetické pole      B

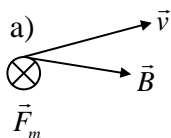
- 1) Znázorněte magnetické pole vytvořené solenoidem. Vysvětlete, jak poznáme, kde leží jeho severní pól. Do třech různých míst v poli solenoidu zakreslete magnetickou stříčku (její severní pól vybarvit).
- 2) Příčný vodič vedení vysokého napětí o délce 40 m vytváří ve vzdálenosti 20 cm od svého středu magnetické pole o indukci 8  $\mu\text{T}$ . Vypočítejte velikost proudu ve vodiči. ( $\mu = \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ )
- 3) Následující schémata překreslete do svého řešení a doplňte do nich chybějící vektor ( $\vec{v}$ ,  $\vec{B}$ , nebo  $\vec{F}_m$ ). Náboj částice je kladný.



- 4) Příčný vodič je připojen ke stabilizovanému zdroji napětí 6 V. Zasahuje svou částí o délce 6 cm do magnetického pole o indukci 15 mT, přičemž směr proudu svírá úhel 70° se směrem pole a působící magnetická síla má velikost 3,38 mN. Situaci znázorněte (vektory  $\vec{l}$ ,  $\vec{B}$  a  $\vec{F}_m$ ) a vypočítejte odpor vodiče.
- 5) Iont  ${}_{80}^{200}\text{Hg}^{3+}$  vletí v bodě C do homogenního magnetického pole o indukci  $B = 0,3 \text{ T}$ . Jeho rychlost je  $v_C = 3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ , přičemž  $\vec{v}_C \perp \vec{B}$  (viz obrázek). Iont je vychýlen z našeho pohledu doleva. Hmotnost iontu činí  $m = 3,34 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ . Elementární náboj znáte.
 
  - a) Obrázek překreslete a doplňte trajektorii, magnetickou sílu  $\vec{F}_m$ , vektor magnetické indukce  $\vec{B}$  a vektor zrychlení iontu  $\vec{a}$ .
  - b) Vypočítejte magnetickou sílu  $F_m$  a zrychlení iontu  $a$ .
  - c) Vypočítejte poloměr  $r$  jeho trajektorie.
  - d) Určete napětí  $U$ , kterým byl iont urychlen na rychlost  $v_C$ . Předpokládáme, že rychlost iontu před urychlováním byla zanedbatelná.

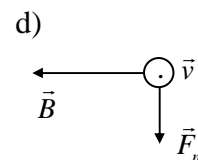
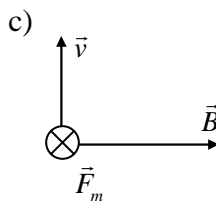
## Řešení skupiny A

- 1) Magnet musí mít označen severní pól, indukční čáry vycházejí ze severního pólu a vstupují do jižního pólu, jsou to uzavřené křivky. V prostoru mezi rameny je pole homogenní a indukční čáry rovnoběžné. Indukční čára je pomyslná uzavřená křivka, která znázorňuje magnetické pole. Je tečnou k vektoru  $\vec{B}$  v každém bodě, je to uzavřená křivka vystupující z magnetu severním pólem. Detekce: pomocí železných pilin, magnetické střelky, či teslametrem.
- 2) Pro pole uvnitř solenoidu platí  $B = \mu \cdot \frac{N}{l} \cdot I$ , takže  $I = 5,3$  A. (Údaj o poloměru má význam v tom, že si vzorně připravený student uvědomí, že skutečně jde o solenoid a výše uvedený vzorec lze použít.)



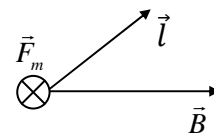
b)

Tento případ nikdy nenastane, Lorenzova síla je vždy kolmá k rychlosti = chyták



3)

- 4) Z Ohmova zákona pro kovový vodič  $U = RI$  vypočítáme proud  $I = 3$  A. Magnetická síla  $F_m = I \cdot l \cdot B \cdot \sin(\alpha) = 0,734$  mN.



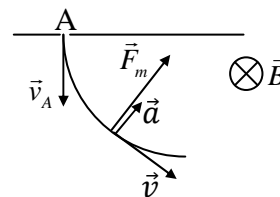
- 5) a) Za uvedených podmínek je trajektorie iontu kružnice, zrychlení iontu směřuje do středu a podle 2. NPZ též výslednice sil. Proto v případě kladné částice musí magnetické pole směřovat za nákresu.

b) Náboj iontu je  $2 \cdot e = 3,2 \cdot 10^{-19}$  C. Lorenzova síla

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin(\alpha) = 1,28 \cdot 10^{-14} \text{ N, podle 2. NPZ } a = F_m/m = 3,84 \cdot 10^{10} \text{ m/s}^2$$

c) Pro dostředivé zrychlení platí vztah  $a = \frac{v^2}{r}$ , takže  $r = 1,04$  m.

d) Kinetická energie, kterou iont urychlováním získá, je rovna práci, kterou na něm vykoná urychlující elektrické pole, čili  $\frac{1}{2}mv^2 = q \cdot U$ , takže  $U = 20,8$  kV.

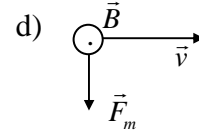
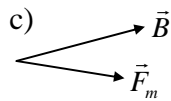
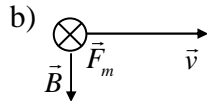
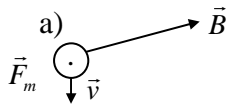


## Řešení skupiny B

1) U solenoidu musí být jasně označena přední a zadní část a směr proudu. Indukční čáry vycházejí ze severního pólu a vstupují do jižního pólu, jsou to uzavřené křivky. Uvnitř solenoidu jsou rovnoběžné (homogenní pole). Severní pól určíme podle pravidla pravé ruky: uchopíme cívku tak, aby prsty měly směr proudu v závitěch, palec ukazuje N. Osa střelky je v každém místě tečnou k indukční čáře, čára do ní vstupuje jejím jižním pólem.

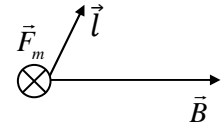
2) Dosazením do vztahu pro přímý vodič  $B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{a}$  vypočítáme  $I = 8 \text{ A}$ .

3)



Tento případ nikdy nenastane, Lorenzova síla je vždy kolmá k mag. poli = chyták

4) Ze vztahu pro magnetickou sílu  $F_m = I \cdot l \cdot B \cdot \sin(\alpha)$  vypočítáme proud  $I = 4 \text{ A}$  a z Ohmova zákona pro kovový vodič  $U = RI$  dopočítáme odpor  $R = 1,5 \Omega$ .



5) a) Za uvedených podmínek je trajektorie iontu kružnice, zrychlení iontu směřuje do středu a podle 2. NPZ též výslednice sil. Proto v případě kladné částice musí magnetické pole směřovat před nákresem.

b) Náboj iontu je  $3 \cdot e = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . Lorenzova síla

$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin(\alpha) = 4,33 \cdot 10^{-14} \text{ N}$ , podle 2. NPZ  $a = F_m/m = 1,30 \cdot 10^{11} \text{ m/s}^2$

c) Pro dostředivé zrychlení platí vztah  $a = \frac{v^2}{r}$ , takže  $r = 0,69 \text{ m}$ .

d) Kinetická energie, kterou iont urychlováním získá, je rovna práci, kterou na něm vykoná urychlující elektrické pole, čili  $\frac{1}{2}mv^2 = q \cdot U$ , takže  $U = 31,3 \text{ kV}$ .

