

## 55. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2013/2014

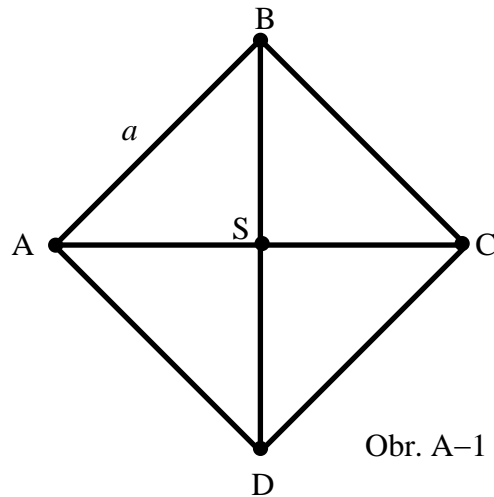
### Zadania úloh krajského kola kategórie A

5. februára 2014

#### 1. Odporová sieť

Z odporového drôtu je zostrojená štvorcová elektrická sieť podľa obr. A-1. Odpor drôtu na jednotku dĺžky je v celej sieti rovnaký. Odpor siete medzi uzlami A a C  $R_{AC} = 10,0 \Omega$ .

- Určte odpor  $R_a$  drôtu s dĺžkou  $a$ , ktorá predstavuje dĺžku strany štvorca.
- Určte odpor  $R_{AD}$  siete medzi jej uzlami A a D.
- Určte odpor  $R_{AS}$  siete medzi jej uzlami A a S.
- Aký prúd  $I_{SC}$  prechádza vodičom, ktorý spája uzly S a C siete, ak k uzlom A a S pripojíme zdroj konštantného napätia  $U = 12 \text{ V}$ ? Vnútny odpor zdroja je veľmi malý.



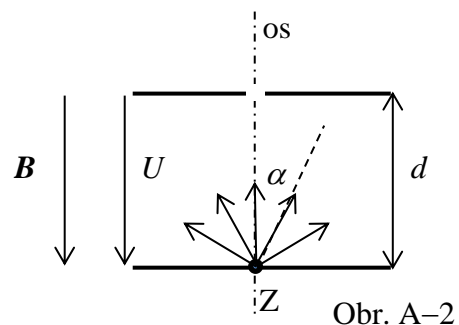
Obr. A-1

*Pozn.: Pri riešení jednotlivých úloh možno využiť elektrickú symetriu obvodu pri pripojení zdroja napätia k príslušným uzlom siete. Na odpor medzi ľubovoľnými uzlami na osi symetrie nemá vplyv vodivé prepojenie alebo odstránenie vodivého spojenia uzlov s rovnakým potenciálom.*

#### 2. Magnetická šošovka

V mnohých zariadeniach, ako napr. elektrónové mikroskopy, sa využíva *elektrónová optika*. Svetelný lúč v tomto prípade je nahradený zväzkom elektrónov. V elektrónovej optike sa používajú súčiastky, ktoré majú rovnakú funkciu ako súčiastky svetlenej optiky, napr. šošovky. V tejto úlohe budete skúmať prechod elektrónov emitovaných z bodového zdroja kombinovaným elektrickým a magnetickým poľom.

Na obrázku A-2 je znázornená sústava dvoch rovnobežných vodivých elektród, ktorých vzdialenosť  $d = 10 \text{ mm}$ , pričom  $d$  je oveľa menšie ako rozmery elektród. Na spodnej elektróde je bodový zdroj Z elektrónov. Z neho sú emitované elektróny s rovnakou rýchlosťou  $v_0 = 2,00 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  do rôznych smerov s odchýlkou  $\alpha$  od osi sústavy. Sústava sa nachádza v homogénnom magnetickom poli, pričom magnetická indukcia  $\mathbf{B}$  má smer rovnobežný s osou sústavy, smeruje nadol a má



Obr. A-2

veľkosť  $B = 20,0$  mT. Medzi elektródami je napätie  $U$ . Elektrické pole medzi elektródami je homogénne a má smer od hornej elektródy k dolnej elektróde. Elektróny sa pohybujú k hornej elektróde a niektoré z nich prechádzajú malým kruhovým otvorom s polomerom  $r = 20,0$   $\mu\text{m}$  v hornej elektróde, ktorého stred sa nachádza na osi sústavy.

*Pozn.: Nehomogenitu elektrického poľa v blízkom okolí otvoru neuvažujte.*

- Stručne opíšte pohyb elektrónov medzi elektródami a uveďte, aké podmienky musia byť splnené, aby elektrón prešiel stredom otvoru v hornej elektróde.
- Určte maximálnu vzdialenosť  $x_m$  od osi sústavy, do ktorej sa môžu elektróny emitované pod uhlom  $\alpha$  pri svojom pohybe k otvoru v hornej elektróde dostať. Pre aké hodnoty uhlu  $\alpha_1$  je táto vzdialenosť rovná polomeru otvoru  $r$ ? Pri akej hodnote  $U$  (kladnej alebo zápornej) prejdú elektróny emitované pod uhlom  $\alpha < \alpha_1$  otvorom v hornej elektróde?
- Určte minimálnu hodnotu  $U_0$  napätia medzi elektródami, aby elektróny s uhlom odchýlky  $\alpha \ll 1$  rad prešli stredom otvoru v hornej elektróde.
- Elektrón emitovaný zo zdroja pod uhlom  $\alpha \ll 1$  rad prechádza stredom otvoru pod uhlom  $\beta$  vzhľadom na os. Určte hodnotu uhlového zväčšenia sústavy  $z = \beta / \alpha$ , ak má napätie  $U$  medzi elektródami hodnotu  $U_0$ .

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty: náboj a hmotnosť elektrónu  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  C,  $m = 9,11 \times 10^{-31}$  kg. Pre malé uhly  $\alpha \ll 1$  rad platia približné vzťahy  $\sin \alpha \approx \text{tg} \alpha \approx \alpha$ ,  $\cos \alpha \approx 1$ . Hrúbka elektród je veľmi malá.

### 3. Emisia gama fotónov

Z kvantovej teórie vyplýva, že atóm môže nadobúdať iba diskkrétne (jednotlivé a vzájomne oddelené) hodnoty energie označované ako *energetické hladiny*. V dôsledku interakcie s okolím môže prechádzať z jednej energetickej hladiny na inú. Pri prechode na vyššiu hladinu (*excitácia*) musí z vonkajšieho zdroja získať potrebnú energiu. V prípade prechodu na nižšiu hladinu (*relaxácia*) atóm príslušnú energiu odovzdá okoliu, napr. vo forme emitovaného fotónu.

Uvažujme relaxáciu jadra atómu cínu  $^{119}\text{Sn}$  medzi energetickými hladinami s rozdielom energie  $\Delta E = 23,8$  keV, pri ktorej je z jadra emitovaný gama-fotón.

- Určte vlnovú dĺžku  $\lambda_0$  a hmotnosť  $m$  fotónu s energiou  $E_{f0} = \Delta E$ . Hmotnosť porovnajte s hmotnosťou elektrónu  $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  kg.

Pri emisii fotónu z jadra atómu však získa určitú kinetickú energiu i vlastné jadro.

- Určte vlnovú dĺžku  $\lambda$  emitovaného fotónu a kinetickú energiu  $E_k$ , ktorú získa jadro v dôsledku emisie, ak bolo jadro na začiatku v pokoji vzhľadom na vzťažnú sústavu pozorovateľa. Určte relatívnu odchýlku  $\delta\lambda = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$ .

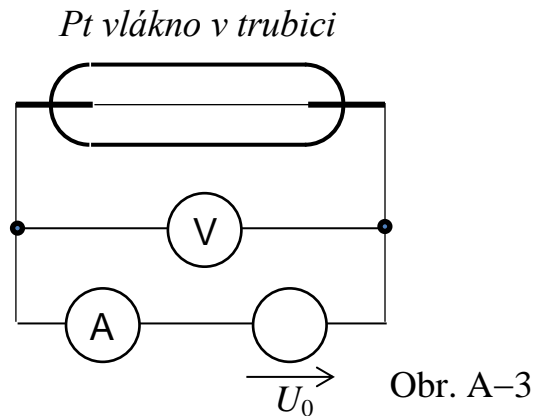
Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty veličín. Rýchlosť šírenia svetla vo vákuu  $c \approx 3,00 \times 10^8$  m·s<sup>-1</sup>, 1,00 eV =  $1,60 \times 10^{-19}$  J, Planckova konštanta  $h \approx 6,63 \times 10^{-34}$  J·s, hmotnosť atómu cínu  $^{119}\text{Sn}$  je  $M \approx 1,98 \times 10^{-25}$  kg.

Pri úpravách možno použiť približný vzťah  $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2$  pre  $x \ll 1$ .

#### 4. Teplotné vyžarovanie vlákna

V sklenenej vákuovej trubici je tenké platinové vlákno s dĺžkou  $l = 50$  mm a priemerom  $d = 0,25$  mm, obr. A–3. Vlákno je pripevnené na dvoch hrubých vodičoch s malou tepelnou vodivosťou. Pri prechode prúdu cez vlákno dochádza k zvýšeniu jeho teploty. Predpokladáme, že vlákno odovzdáva energiu do svojho okolia iba vyžarovaním.

- Určte hodnotu prúdu  $I_m$  zdroja, pri ktorom dôjde prerušeniu vlákna v dôsledku jeho roztavenia.
- Určte napätie  $U_1$  medzi elektródami, ak vláknom prechádza prúd  $I_1 = 0,50$  A. Aká je teplota  $t_1$  vlákna v tomto prípade?



Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty veličín. Stefan–Boltzmannova konštanta  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ , teplota topenia sa platiny  $t_t = 1770$  °C, rezistivita platiny pri teplote  $20,0$  °C  $\rho_0 = 1,05 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ , teplotný koeficient odporu platiny  $\alpha = 3,9 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

Platinový drôt považujte za dokonale čierne teleso a teplotu pozdĺž celého povrchu drôtu za rovnakú. Odpor vlákna lineárne rastie s rastom jeho teploty s so zmenou prechádzajúceho prúdu. Vlákno tak predstavuje nelineárny rezistor. Teplota prostredia je  $20$  °C.

*Pozn.: Pri riešení časti b) použite vhodnú numerickú alebo grafickú metódu.*

---

#### 55. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy krajského kola kategórie A

Autori úloh: Eubomír Konrád (1), Ivo Čáp (2 – 4)

Recenzia: Daniel Klivanec, Eubomír Mucha

Redakcia: Ivo Čáp

Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2014