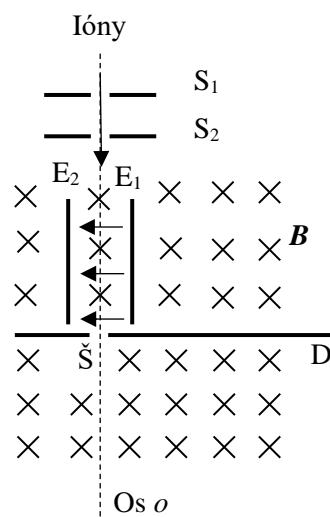


65. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2023/2024
Celoštátne kolo kategórie A

Text úloh

1) Bainbridgeov hmotnostný spektrometer

Zo zdroja vystupujú kladné ióny rôznych prvkov, ktorých rýchlosti sú rôzne. Dvojitou štrbinou kolimátora S_1, S_2 sa vyberajú ióny, ktoré sa pohybujú v smere osi o štrbín. Ióny vstupujú doprostred medzi rovnobežné elektródy E_1, E_2 rovnobežne so stenami elektród. Elektródy E_1 a E_2 so štrbinou \check{S} na konci tvoria filter rýchlostí. Vzájomná vzdialenosť medzi elektródami E_1 a E_2 je d . K elektródam je pripojený zdroj konštantného napätia U . Z filtra štrbinou \check{S} vystupujú ióny, ktoré sa pohybujú v smere osi o do separátora hmotností a dopadajú na detekčnú plochu D . Celá sústava filtra, separátora a detektora sa nachádza v homogénnom magnetickom poli \mathbf{B} , ktoré je kolmé na os o a rovnobežné s elektródami E_1, E_2 , pozri obr. A–1.



Obr. A–1

- Určte rýchlosť v_1 jednomocných iónov s hmotnosťou m , ktoré prejdú filtrom rýchlostí priamočiaro pozdĺž osi o do štrbiny \check{S} .
- Určte vzdialenosť r od štrbiny \check{S} bodu dopadu na detekčnú plochu D iónov, ktoré vstupujú do separátora hmotností rýchlosťou v_1 .
- Určte rozsah rýchlostí v_2 iónov vstupujúcich do filtra rýchlostí, pri ktorých ióny nedopadnú na žiadnu z elektród separátora. Predpokladajte, že $d \ll L$, kde L je dĺžka filtra rýchlostí.

Úlohu riešte nerelativisticky všeobecne a potom pre hodnoty: $U = 12$ V, $B = 80$ mT, $d = 2,0$ mm, $m = 23 u$, kde $u = 1,66 \times 10^{-27}$ kg, elementárny náboj $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C.

2) Zóna ohrozenia

Ako je známe, vrany sú veľmi múdre vtáky, ktoré citlivo rozpoznávajú hroziace nebezpečenstvo a vedia sa mu vyhnúť. Na vodorovnom poli, nad ktorým lietajú vrany, stojí chlapec, ktorý na vrany strieľa z praku malé kamienky.

- Určte najmenšiu vzdialenosť od chlapca, v ktorej sa môžu vrany prechádzať na poli, a boli pred možným zásahom kamienkami z praku v bezpečí.
- Určte najmenšiu vodorovnú vzdialenosť od chlapca ako funkciu výšky h nad povrchom zeme, v ktorej môžu vrany letieť a chlapec ich ešte nemôže zasiahnuť.
- Určte polomer kruhu, do ktorého by vrany letiace vo výške $h = 25$ m nemali vletieť, aby im nehrozil zásah kamienkom z praku, ak chlapec strieľa kamienky rýchlosťou $v_0 = 40$ m·s⁻¹.

Odpor vzduchu ani výšku chlapca neuvažujte, tiažové zrýchlenie $g = 9,8$ m·s⁻².

3) Polomer krivosti šošovky

Chlapci dostali za úlohu vymyslieť spôsob merania indexu lomu skla, z ktorého je vyrobená plosko-vypuklá šošovka s použitím papierového dĺžkového meradla a stopiek. Zo vzťahu pre ohniskovú vzdialenosť šošovky zistili, že potrebujú okrem ohniskovej vzdialenosti určiť polomer krivosti vyduťého povrchu šošovky.

- a) Odvodte vzťah pre ohniskovú vzdialenosť tenkej plosko-vypuklej šošovky, ktorý funkčne závisí od indexu lomu šošovky. Geometrické veličiny potrebné pre odvodenie znázorníte v obrázku.

Chlapci položili tyčku na šošovku, ktorá ležala plochou stranou na vodorovnej podložke. Tenká homogénna tyčka po vychýlení z vodorovnej polohy kmitala okolo svojej vodorovnej rovnovážnej polohy. Stopkami v mobile zmerali dobu kmitu tyčky okolo rovnovážnej polohy. Predpokladali, že doba kmitu závisí od polomeru krivosti povrchu šošovky.

- b) Odvodte vzťah pre dobu kmitu tyčky okolo rovnovážnej vodorovnej polohy. Predpokladajte veľmi malé výchylky tyčky od vodorovnej polohy a veľmi malú hrúbku tyčky v porovnaní s jej dĺžkou.

Chlapci potom zmerali potrebné veličiny a vypočítali index lomu skla šošovky.

- c) Určte polomer krivosti a index lomu šošovky, ak chlapci namerali hodnoty: ohnisková vzdialenosť $f = 45$ cm, dĺžka tyčky $\ell = 60$ cm a doba kmitu tyčky na vrchole šošovky $T = 0,67$ s.

Pre malé uhly platia približné vzťahy: $\sin x \approx x \approx \tan x$. Tiažové zrýchlenie $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Pozn.: Moment zotrvačnosti tenkej tyče dĺžky ℓ a hmotnosti m vzhľadom na os kolmú na tyč a prechádzajúcu jej hmotným stredom $J_0 = \frac{1}{12} m \ell^2$.

4) Beta žiarič

V lekárstve sa používa rádioizotop kobaltu ^{60}Co na ožarovanie pacientov. Nestabilný izotop $^{60}_{27}\text{Co}$ sa mení β -premenou na stabilný izotop niklu ^{60}Ni pri súčasnej emisii dvoch fotónov s energiami 1,17 MeV a 1,33 MeV.

- a) Napíšte rovnicu β -premeny, určte vlnové dĺžky emitovaného γ -žiarenia.

Pre experimentálne určenie energie emitovaných β -častíc použili vzorku ^{60}Co .

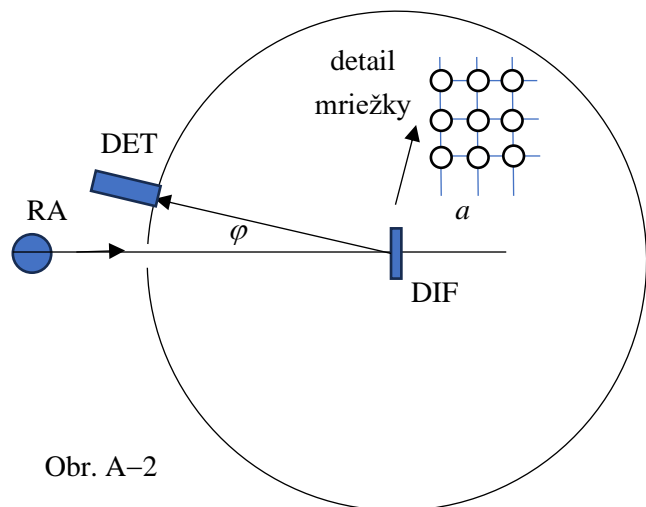
β -žiarenie zo vzorky RA dopadalo kolmo na monokryštalickú platničku s jednoduchou kubickou kryštálovou štruktúrou, pričom povrch predstavovala kryštálová rovina a vzdialenosť susedných kryštálových rovín $a = 90$ pm, obr. A-2 (v obrázku je naznačený detail kryštálovej mriežky). Odrazené žiarenie bolo v dôsledku difrakcie na kryštálovej mriežke odchýlené od smeru dopadu o uhol $\varphi = 1,21^\circ$ (prvé maximum).

- b) Určte vlnovú dĺžku emitovaného β -žiarenia.

c) Určte rýchlosť v a kinetickú energiu E_k emitovaných β -častíc. Energiu vyjadrite v jednotkách eV. Aktivita rádioaktívnej vzorky RA postupne klesá, pričom za čas $t = 27$ d 21 h 50 min poklesla o $\eta = 1,0$ %.

- d) Určte polčas T β -premeny vzorky. Výsledok vyjadrite v rokoch.

Hmotnosť elektrónu $m = 9,11 \times 10^{-31}$ kg, elementárny náboj $e = 1,602 \times 10^{-19}$ C, Planckova konštanta $h = 6,626 \times 10^{-34}$ J·s, rýchlosť svetla vo vákuu $c = 3,00 \times 10^8$ m·s $^{-1}$.



Obr. A-2

Fyzikálna olympiáda – 65. ročník – teoretické úlohy celoštátneho kola kat. A

Autori úloh: Ivo Čáp, Lubomír Konrád

Recenzia úloh: Aba Teleki, Lubomír Mucha

Redakcia: Ivo Čáp

Úlohy preložil: Aba Teleki

Vydalo: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2024