



MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI
ȘI SPORTULUI

Olimpiada de Fizică - Etapa națională
31 ianuarie – 5 februarie 2010
Constanța



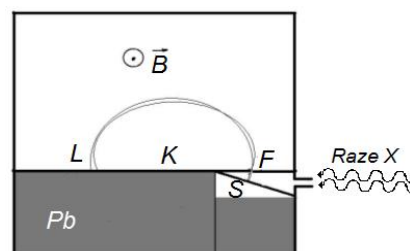
Baraj

Problema a V-a (10 puncte)

Electroni și curenți în câmp magnetic

A. În spectrul radiațiilor electromagnetice, razele X au o energie cuprinsă între aceea a radiațiilor ultraviolete și aceea a razelor gamma – de la câteva zeci la sute de mii de electronvolți.

Spectrografului magnetic prezentat în figura alăturată utilizează raze X pentru determinarea energiilor pe care le au electronii legați în atomii metalelor grele. Un flux de raze X bombardează placa de aluminiu (transparentă pentru razele X) pe care este aplicată o folie îngustă din metalul greu (wolfram) al cărui efect fotoelectric se studiază. Folia este notată pe figură cu S. Unii dintre fotoelectronii eliberați în folie trec prin fanta F și pătrund într-un domeniu în care se aplică un câmp magnetic omogen și uniform B, perpendicular pe planul figurii. Câmpul magnetic focalizează fotoelectronii pe o placă fotografică paralelă cu direcția câmpului magnetic. Placă fotografică este reprezentată în figură prin linia LK. Fotoelectronii cu aceeași viteză produc pe placa fotografică o linie. Datorită faptului că fotoelectronii cu aceeași viteză care pătrund prin fanta F prezintă o dispersie unghiulară, determinată de lărgimea finită a fantei, linia care apare pe placa fotografică are o mică lărgime.



- Determină expresia razei de curbură R a traiectoriei pentru fotoelectronii cu viteza v . Exprimă rezultatul în funcție de masa m de repaus a electronului, de sarcina electrică e a acestuia, de inducția B a câmpului magnetic și de viteza v .
- Determină expresia energiei cinetice a fotoelectronilor relativști. Exprimă rezultatul în funcție de masa m de repaus a electronului, de sarcina electrică e a acestuia, de inducția B a câmpului magnetic, de viteza c a luminii în vid și de raza de curbură R .
- Cunoscând valoarea numerică a razei de curbură, $R = 5\text{ cm}$ pentru o anumită viteză a fotoelectronilor și unghiul $2\alpha = 6^\circ$ sub care se vede fanta F din punctul S, calculează lărgimea liniei apărute pe placa fotografică.

Dacă îți este necesar, ai în vedere că pentru unghiuri mici (dar nu foarte mici) $\cos \alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}$.

B. Într-un conductor cilindric de cupru, cu secțiune circulară de rază R , circulă un curent electric staționar cu intensitatea I . Se poate considera că valența cuprului este unu, astfel încât fiecare atom de cupru contribuie cu un electron la electronii delocalizați de conducție.

- Determină expresia vitezei de drift a electronilor de conducție și calculează valoarea sa numerică.

- Proba de baraj pentru selecția lotului olimpic lărgit de fizică conține cinci probleme.
- Durata probei este de cinci ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
- Fiecare problemă se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- Elevii pot utiliza calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Pentru fiecare problemă evaluarea se face ținându-se cont atât de soluția redactată de elevul competitor, cât și de rezultatele pe care acesta le completează în Foaia de răspunsuri.
- Fiecare problemă se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma punctajelor acordate pentru fiecare dintre cele cinci probleme.

Consideră cunoscute: raza secțiunii conductorului $R = 1 \text{ mm}$, intensitatea curentului electric $I = 10 \text{ A}$, densitatea cuprului $\rho = 8920 \text{ kg/m}^3$, masa molară a cuprului $M = 63,54 \text{ g/mol}$, sarcina elementară $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ și numărul lui Avogadro $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

b. Determină expresia inducției câmpului magnetic în interiorul și în exteriorul conductorului, ca funcție de distanța de la axul conductorului, presupunând că prin conductor trece un curent electric staționar de intensitate $I = 10 \text{ A}$. Consideră că densitatea de curent este constantă, că permeabilitatea magnetică a vidului este $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Vs/(Am)}$, și că permeabilitatea magnetică relativă a cuprului poate fi considerată 1.

c. Determină mărimea și direcția forței care acționează asupra unui electron de conducție din partea câmpului magnetic propriu al curentului.

d. Acțiunea forței determinată la punctul c este compensată la staționaritate de un câmp electric datorat redistribuirii sarcinilor electrice. Găsește expresia a acestei densități de sarcină precum și valoarea sa numerică.

Permitivitatea dielectrică al vidului este $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$, unde $k = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \cdot \text{C}^{-2}$, este constanta din

legea lui Coulomb.

e. În această parte a problemei consideră același conductorul de cupru lung, de formă cilindrică, cu raza R prin care circulă un curentul electric staționar I . Conductorul este răcit sub temperatura la care trece în starea de supraconductor, în timp ce intensitatea curentului rămâne la valoarea dată. O proprietate remarcabilă a supraconductorilor este aceea că în interiorul lor câmpul magnetic este nul și prin urmare curentul electric circulă doar la suprafața supraconductorului. Densitatea de curent superficială scade exponențial spre interiorul conductorului, scădere care este caracterizată de adâncimea de pătrundere λ (adâncimea de pătrundere reprezintă distanța de la suprafața materialului la care densitatea de curent scade de $e \approx 2,7182$ ori). Adâncimea de pătrundere depinde de masa electronilor m , de concentrația electronilor din materialul supraconductor n_s și de permeabilitatea relativă, respectiv absolută ($\mu_{rel} \cdot \mu_0$). Cunoști că adâncimea de pătrundere λ este invers proporțională cu sarcina electronilor notată prin q_e .







Determină expresia adâncimii de pătrundere λ folosind analiza dimensională și presupunând că factorul numeric este 1.

Subiect propus de:

Dănuț ARGINTARU - Universitatea Maritimă Constanța

Adrian DAFINEI - Universitatea din București

Florin MOSCALU - Universitatea Ovidius Constanța

-  Proba de baraj pentru selecția lotului olimpic lărgit de fizică conține cinci probleme.
-  Durata probei este de cinci ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
-  Fiecare problemă se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
-  Elevii pot utiliza calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
-  Pentru fiecare problemă evaluarea se face ținându-se cont atât de soluția redactată de elevul competitor, cât și de rezultatele pe care acesta le completează în Foaia de răspunsuri.
-  Fiecare problemă se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma punctajelor acordate pentru fiecare dintre cele cinci probleme.

Foie de răspunsuri

Problema a V-a (10 puncte)

Electroni și curenți în câmp magnetic

A.

a. Expresia razei de curbură R a traiectoriei

b. Expresia energiei cinetice a fotoelectronilor relativişti

c. Lărgimea liniei apărute pe placa fotografică

B.

a. Expresia vitezei de drift a electronilor de conducție

Valoarea numerică a vitezei de drift

b. Expresia inducției câmpului magnetic în interiorul și în exteriorul conductorului

c. Mărimea și direcția forței

d. Expresia densității de sarcină

Valoarea numerică a distribuției de sarcină

e. Expresia adâncimii de pătrundere