



Olimpiada Națională de Fizică

Breaza 2018

BARAJ

Problema teoretică nr. 4 (10 puncte)

Fizică ... mai degrabă experimentală

Partea A

Partea A a problemei îți propune să analizezi efectul termic și efectul magnetic al curentului electric pentru un conductor de cupru filiform, rectiliniu, cilindric, lung, cu lungime finită. Dacă îți este necesar poți folosi valorile indicate în lista de mai jos.

Listă de date pentru partea A a problemei

raza firului: $a = 1,00 \text{ mm}$

lungimea firului: $b = 10,0 \text{ m}$

grosimea stratului „de trecere” cilindric de aer din jurul firului: $d = 1,00 \text{ cm}$

temperatura camerei termostatate în care se află firul: $T_0 = 300 \text{ K}$

intensitatea curentului electric prin fir: $I_0 = 1,00 \text{ A}$

fracția din intensitatea curentului electric staționar I_0 : $\eta = 0,999$

rezistivitatea electrică a cuprului: $\rho = 17,0 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$

permeabilitatea magnetică relativă a cuprului: $\mu_r = 1,00$

inducția câmpului magnetic terestru orizontal: $B_{\text{pământ}} = 50,0 \mu\text{T}$

permeabilitatea magnetică a vidului: $\mu_0 = 12,6 \times 10^{-7} \text{ H/m}$

conductivitatea termică a aerului: $k = 0,025 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

Dacă îți este necesar ai în vedere că:

$$\int \frac{dx}{(1+x^2)^{3/2}} = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$

$$\int \frac{\sqrt{x^2+a^2}}{x} \cdot dx = \sqrt{x^2+a^2} - a \cdot \ln \frac{\sqrt{x^2+a^2}+a}{x}$$

Răspunsurile numerice la toate sarcinile de lucru din partea A a problemei vor fi date, folosind numere cu trei cifre semnificative.

Nici o lege a electricității nu poate fi verificată experimental pentru circuite deschise, dar inductanța unui circuit deschis înseamnă inductanța unei părți a unui circuit închis a cărei inductanță totală poate fi calculată atunci când întregul circuit este descris. În consecință, utilizarea legii Biot-Savart pentru calculul inductanței unui circuit deschis este legitimă.

Legea Biot-Savart are expresia:

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{d\vec{\ell} \times \vec{r}}{r^3} \quad (1)$$

În expresia din relația (1) $d\vec{\ell}$ reprezintă lungimea unei porțiuni elementare de circuit parcursă de curentul I ($d\vec{\ell}$ are sensul dat de sensul de curgere a curentului), \vec{r} este vectorul de poziție al punctului în care se calculează inducția câmpului elementar \vec{dB} generat de elementul de circuit, iar μ reprezintă permeabilitatea magnetică a mediului.

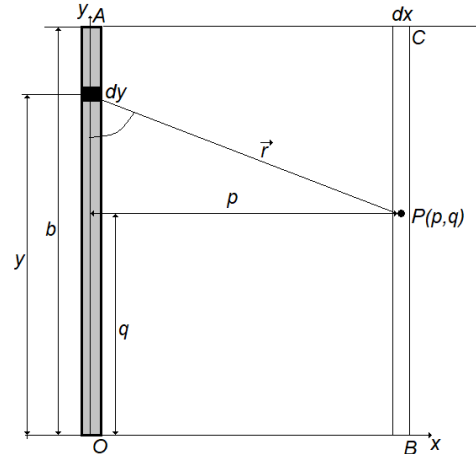


Sarcina de lucru nr. 1.

1.a. Folosind legea Biot Savart, demonstrează că expresia fluxului magnetic în exteriorul firului cilindric, rectiliniu cu $b \gg a$ este

$$\phi = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot b}{2\pi} \cdot \left(-1 + \ln \frac{2b}{a}\right) \quad (2)$$

Ai în vedere că inducția câmpului magnetic B este o măsură a densității liniilor (închise) de câmp magnetic, iar fluxul magnetic este o măsură a numărului de linii de câmp închise ale unui câmp magnetic. În calcule folosește notațiile din figura alăturată. Dreptunghiul cenușiu marcat în capete cu literele O și A reprezintă firul cilindric de cupru parcurs de curentul electric I care circulă în sensul axei Oy .



1.b. Determină expresia energiei magnetice „stocate” în interiorul firului parcurs de curentul I_0 .

1.c. Determină expresia inductanței firului cilindric conductor.

1.d. Calculează valoarea numerică a raportului ε_1 dintre valoarea inducției magnetice maxime a câmpului magnetic generat de firul parcurs de curentul electric cu intensitatea I_0 și valoarea inducției câmpului magnetic terestru orizontal $B_{pământ}$.

1.e. Calculează valoarea numerică a inductanței firului.

1.f. Calculează valoarea numerică a energiei magnetice $W_{magnetic}$ localizate în câmpul magnetic al firului, parcurs de curentul electric cu intensitatea I_0 .

Sarcina de lucru nr. 2

2.a. Determină expresia energiei termice W_{termic} generate de trecerea curentului electric cu intensitatea I_0 prin fir în intervalul de timp t .

2.b. Calculează valoarea numerică a raportului ε_2 dintre valoarea energiei termice W_{termic} generate de trecerea curentului electric cu intensitatea I_0 prin fir, timp de o secundă, și valoarea energiei magnetice $W_{magnetic}$.

2.c. Determină expresia legii de variație în timp a intensității curentului electric $I(t)$ prin firul caracterizat de inductanța L , de rezistența electrică R și de valoarea maximă, staționară a curentului electric prin fir I_0 .

2.d. Calculează intervalul de timp t_1 în care curentul electric prin fir atinge valoarea $\eta \cdot I_0$.

Consideră că transferul energiei termice generate de fir prin efect Joule către camera termostată se face prin curgerea căldurii prin conducție prin stratul „de trecere” cilindric de aer cu grosimea d din jurul firului. Se știe că în intervalul de timp dt printr-un perete cu grosimea dr care are aria A_r între fețele căruia există diferența de temperatură dT se transferă dinspre peretele cald către cel rece cantitatea de căldură dQ astfel că

$$\frac{dQ}{dt} = -k \cdot A_r \cdot \frac{dT}{dr} \quad (3)$$



Olimpiada Națională de Fizică

Breaza 2018

BARAJ

unde k este conductivitatea termică a materialului peretelui.

2.e. Determină expresia legii de transfer a căldurii printr-un perete cilindric cu raza interioară a și raza exterioară $a + d$, cu lungimea b , care are temperatura peretelui exterior T_0 și temperatura T a peretelui interior $T > T_0$.

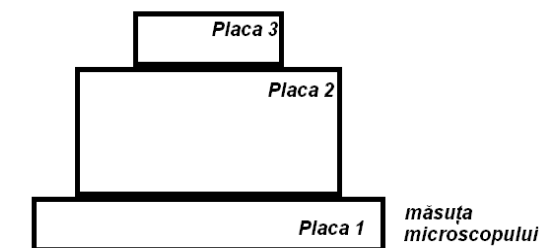
2.f. În condițiile date, calculează valoarea diferenței dintre temperatura la care ajunge firul de cupru în regim staționar și temperatura camerei.

Partea B.

Partea B a problemei îți propune să analizezi caracteristici geometrice și optice ale unor plăci transparente.

Imaginează-ți că dispui de trei plăci de sticlă transparente, diferite, dintre care două au aceeași grosime și două sunt din același material. De asemenea ai la dispoziție un marker și un microscop.

Pe fețele orizontale, paralele cu măsura microscopului, ale fiecărei plăci trasezi linii diagonale și apoi privești aceste linii prin microscop. Inițial prin microscop puteai vedea clar măsura microscopului. Dacă ai stivuit plăcile pe măsura punând placa mai groasă între celelalte două (ca în figura alăturată) atunci imaginile clare ale liniilor se observă coborând măsura microscopului cu distanțele precizate în tabelul 1



Tabelul 1

D(mm)	0	2	6	8	11	12	15	18	21	24
-------	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

Tine cont că distanțele din tabelul 1 corespund **tuturor** imaginilor care se pot observa prin microscop.

Sarcina de lucru nr. 3

3.a. Determină valorile grosimilor a și b ale plăcilor de sticlă.

3.b. Dedu valorile indicilor de refracție n_1, n_2, n_3 pentru materialele celor trei plăci.

© Subiect propus de:

Conf. Univ. Dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică, Universitatea București