

Olimpiada Națională de Fizică Vaslui 2015 Problema III

Pagina 1 din 1

Baraj

Inductanță inerțială și indice de refracție negativ

Orice conductor cilindric are o anumită inductanță. Calcularea acestei inductanțe ridică unele probleme matematice. Totuși, ca ordin de mărime, aceasta poate fi estimată folosind un model ajutător.

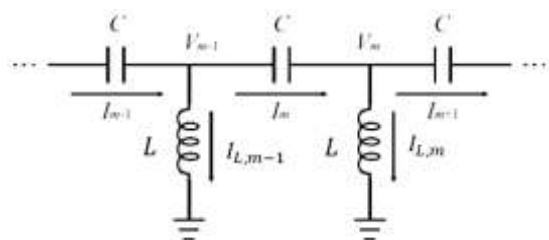
- a) Fie un conductor cilindric infinit lung, cu raza R . Curentul electric este uniform distribuit în interiorul conductorului iar direcția sa este perpendiculară pe secțiunea transversală a conductorului. Pe suprafața cilindrului se află un strat subțire conductor, izolat de conductor, prin care trece curent în sens contrar. Calculează inductanța unității de lungime, L' , a acestui sistem. Precizează utilitatea modelului pentru estimarea inductanței conductorului.

Pentru restul problemei consideră că nu există pătura din modelul de la punctul (a).

Într-un conductor real, electronii (cu masa m), dirijați de câmpuri electrice externe, se ciocnesc constant cu defectele de rețea și cu impuritățile din conductor. Efectul mediat al acestor ciocniri este ca o forță de vâscozitate $\vec{f}_c = -m\vec{v}/\tau$, unde τ este un parametru constant, numit *timp de ciocnire*.

- b) Scrie legea doua a dinamicii care permite aflarea vitezei unui electron. Ignoră interacțiunile electron-electron.
- c) Considerând că $\vec{E}(t) = \vec{E}_0 \sin \omega t$, exprimă viteza unui electron. *Notă:* este convenabil să folosești forma complexă $\vec{E}(t) = \vec{E}_0 e^{i\omega t}$. Poți folosi $e^{i\varphi} = \cos \varphi + i \sin \varphi$.
- d) Presupunând că numărul de electroni din unitatea de volum în conductor este n , exprimă densitatea de curent J .
- e) Pentru un conductor cilindric (cu lungimea D și raza r) află relația dintre tensiunea dintre capetele sale și intensitatea curentului electric. Inductanța conductorului (de tip Faraday, estimată la punctul a) poate fi ignorată.
- f) În rezultatul de la punctul anterior identifică termenul de tip rezistență și termenul de tip inductanță L_i . Inductanța L_i se numește inductanță inerțială (nu este datorată legii lui Faraday).
- g) Rezistența unei lungimi de $1,0 \mu m$ din sârma metalică are valoarea de $1,0 \Omega$ iar $\tau = 2,0 \cdot 10^{-9} s$ la temperaturi joase; află valoarea lui L_i și compară valoarea cu inductanța datorată efectului Faraday. Care este mai mare? Justifică presupunerea de la punctul anterior. $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} N/A^2$

Pentru o undă $A = A_0 \cos(kx - \omega t)$, unde $\omega = ck$, c este viteza unde. Pentru materiale obișnuite viteza c este aproape constantă astfel încât k crește cu creșterea lui ω . Totuși, pentru anumite materiale artificiale, c depinde puternic de ω astfel încât k descrește cu creșterea lui ω . Un astfel de fenomen este numit *refracție negativă*. (Este precum am avea o valoare negativă a indicelui de refracție!) Să considerăm un lanț infinit de lung de bobine și condensatori așa cum se vede în figura alăturată. Lungimea fiecărei celule LC este a .



- h) Scrie ecuația diferențială care leagă $V_{m-1}(t)$, $V_m(t)$ și $V_{m+1}(t)$.
- i) Presupune că ecuația găsită admite o soluție de tip undă $V_m(t) = V_0 e^{i(\omega t - mka)}$. Află relația dintre ω și k .
- j) Implică rezultatul anterior refracție negativă?

Problemă propusă de

Prof. dr. Constantin COREGA, CN Emil Racoviță, Cluj - Napoca

1. Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.