

1. Circuite de curent alternativ ...

În cadrul unor experimente pentru măsurarea unor mărimi electrice se utilizează o sursă de curent alternativ, un difuzor ce servește drept indicator de nul, conductori de legătură și cutii, cu două borne de acces fiecare, ce conțin elemente de circuit, după cum urmează: în cutia **A** se află un rezistor de rezistență R_1 , în cutia **B** un rezistor de rezistență R_2 , în cutia **C** un rezistor cu rezistența R_3 , în cutia **D** o bobină reală de rezistență $R_4 = R_2$ și inductanță L , iar în cutia **E** un condensator etalon de capacitate C .

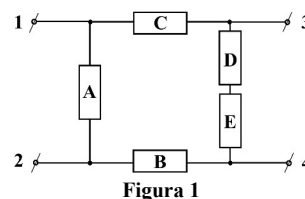


Figura 1

- Pentru puntea prezentată în **Figura 1** se conectează difuzorul între bornele 1 și 4, iar sursa de curent alternativ se conectează între bornele 2 și 3. Constatăm că puntea este în echilibru. Stabilește o relație între elementele active de circuit din cutiile **A** și **C**. Care este frecvența sursei de curent alternativ?
- Dacă la bornele sursei de curent alternativ conectăm în serie cutia **B** și cutia **D**, atunci defazajul dintre curent și tensiune este $\varphi_S = \pi/3$ rad. Calculați factorul de putere când la bornele sursei de curent alternativ conectăm doar cutiile **B** și **D** în paralel.
- Cu ajutorul elementelor de circuit se realizează circuite de curent alternativ. Cunoscând valorile maxime și minime ale puterii instantanee a acestor circuite $P_{\max}$ și $P_{\min}$ deduceți expresia factorului de putere, presupunând că intensitatea este defazată înaintea tensiunii. Identificați cutiile cu elementele de circuit ce pot fi utilizate pentru valorile defazajului 0 și $\pm\pi/2$ rad. Justificați răspunsul.

2. Rezonatorul Helmholtz

Dacă se suflă aer razant în gura unei sticle goale, utilizate pentru îmbutelierea băuturilor, în aerul din sticlă se pot excita unde staționare. Volumul interior util al sticlei (fără a lua în calcul volumul de aer din gâtul sticlei) este egal cu V , aria secțiunii sale transversale S , gâtul sticlei are aria secțiunii transversale s , iar lungimea coloanei de aer din gâtul sticlei este ℓ (vezi **Figura 2**).

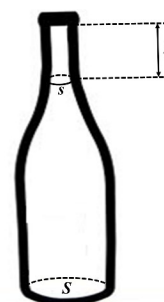


Figura 2

- Să se afle frecvența ν_0 a modului fundamental de vibrație a aerului, considerând sticla un tub sonor.
- Deoarece frecvența determinată mai sus diferă semnificativ de cea reală, fizicianul german Hermann von Helmholtz a formulat următorul model: aerul din gâtul sticlei acționează ca un piston asupra aerului din cavitatea rezonantă (volumul util al sticlei). Să se determine, în cadrul acestei aproximații, frecvența ν_1 a oscilațiilor aerului din rezonator.
- Rezultatele obținute cu ajutorul acestui model diferă mai puțin de cele ale măsurătorilor experimentale, dar, de data aceasta, frecvența calculată este mai mare decât cea reală. De exemplu, pentru un recipient din plastic pentru apă, de jumătate de litru, valoarea măsurată a frecvenței este de 209 Hz, pe când cea calculată, utilizând rezultatul modelului de la punctul (b), este de 304 Hz. Soluția folosită în practică pentru a reduce eroarea constă în a-l înlocui pe ℓ cu o lungime efectivă a gâtului sticlei, care este lungimea reală la care se adaugă 0,75 din raza r a gâtului la fiecare capăt. Să se determine, în cadrul acestei aproximații, frecvența ν_2 a oscilațiilor aerului din rezonator. Se cunosc: $\ell = 2,54$ cm și $r = 1,12$ cm.
- O alta variantă de corectare a rezultatului constă în îmbunătățirea modelului, prin luarea în considerare a masei resortului echivalent al aerului din cavitatea rezonantă. Dacă masa resortului echivalent este masa unei coloane de aer cu volumul egal cu triplul volumului de aer din gâtul sticlei, să se deducă noua frecvență ν_3 care rezultă în urma utilizării acestei noi variante de corecție. Ce valoare are această frecvență?

Note:

- Viteza undelor sonore în aer, la temperatura T , este $c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{\mu}}$, unde γ este exponentul adiabatic, R - constanta universală a gazelor, iar μ - masa molară a aerului.
- Pentru deducerea expresiei masei efective a resortului echivalent se poate considera că numărul spirelor sale este foarte mare, că ele oscilează în fază și se poate folosi identitatea $\sum_{s=1}^N s^2 = \frac{1}{6} N(N+1) \cdot (2N+1)$.

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

3.

A. Simultaneitate

Un obiect punctiform **P** se mișcă rectiliniu și uniform cu viteza V , de-a lungul axei Oy a unui sistem de referință inerțial (S), considerat în repaus, în sensul ei pozitiv și emite continuu lumină care se propagă în toate direcțiile cu viteza c . La $t = 0$ (măsurat în S), sursa trece prin origine. Lumina emisă este recepționată de doi observatori **O**₁ și **O**₂ aflați în repaus în planul xOy al lui (S), respectiv, în punctele de coordonate $(b, -a)$ și (b, a) .

- Determinați relația dintre momentele de timp t_1 și t_2 la care sursa emite semnale luminoase care să fie recepționate simultan de cei doi observatori **O**₁ și **O**₂.
- Considerăm **P'** poziția aparentă a obiectului **P** determinată de intersecția razelor de lumină recepționate simultan de cei doi observatori. Deduceți coordonatele punctului **P'** în sistemul (S) în funcție de momentele de timp t_1 și t_2 de la cerința (a).
- Dacă două semnale luminoase sunt emise simultan din **O**₁ și **O**₂ la $t = 0$, la ce momente τ_1 , respectiv τ_2 sunt percepute cele două evenimente de un observator mobil care se mișcă de-a lungul axei Oy împreună cu obiectul **P**? Să se particularizeze rezultatele obținute pentru cazurile $V \ll c$ (nerelativist) și $V \approx c$ (ultrarelativist). Cum ar fi percepute cele două evenimente de un observator care s-ar mișca solidar cu punctul **P'** de la cerința (b)? Nu contrazice aceasta rezultatele Teoriei Relativității Restrânse?

B. Cauzalitate

În fizica clasică efectul este întotdeauna precedat de cauza care îl produce. Acesta este, în esență, enunțul Principiului Cauzalității. Pentru a putea verifica validitatea acestui principiu în cadrul Teoriei Relativității Restrânse, se va considera următorul scenariu: într-un punct oarecare **A** din spațiu se produce un eveniment ce determină producerea unui eveniment - efect într-un alt punct din spațiu, **B**. Producerea evenimentelor cauză și efect este pusă în evidență prin emiterea câte unui semnal luminos, atât din **A** - la producerea evenimentului - cauză, cât și din **B** - la producerea evenimentului - efect. Cele două semnale luminoase sunt recepționate de un observator aflat într-un alt punct, **C**, necolinar cu **A** și **B**. Decideți, pe baza unui raționament matematic, dacă Principiul Cauzalității este sau nu respectat în cadrul Teoriei Relativității Restrânse.

C. Mesaj surpriză

Din stația cosmică **PN-01**, Dorel pleacă într-o misiune spațială cu o rachetă care se mișcă cu viteza constantă $v = \frac{7}{9}c$, spre o destinație din altă galaxie. Ana, rămasă pe Pământ, știe că ziua de naștere a lui Dorel va veni exact după un timp de 72 de ore din momentul plecării rachetei, măsurat cu un ceas de pe Pământ. Ea vrea să-l felicite cu ocazia zilei de naștere și vrea să fie prima. În ce moment trebuie emis de pe Pământ un radiomesaj de felicitare, pentru ca el să ajungă la rachetă exact când începe ziua de naștere a lui Dorel, după ceasurile de pe rachetă?

Subiect propus de:

*Prof. Dr. Gabriel FLORIAN, Colegiul Național „Carol I” Craiova
Conf. Univ. Dr. Sebastian POPESCU, Facultatea de Fizică din Iași
Prof. Liviu ARICI, Colegiul Național „Nicolae Bălcescu” Brăila*

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