

**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a
olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă**

XII

Pagina 1 din 2

Problema 1. „Cutii negre” ... în curent alternativ

(10 puncte)

În cadrul unui proiect de cercetare a unor fenomene electromagnetice se utilizează un generator de frecvență variabilă, conductorii de legătură și „cutii negre” (CN) ce conțin elemente de circuit. O etapă a proiectului a fost studiul unui circuit de curent alternativ (vezi Figura 1.1). În următoarea etapă, s-a propus schema rețelei electrice prezentate în Figura 1.2. Se consideră constanta $\pi = 3,14$.

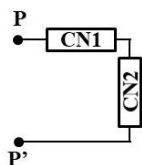


Figura 1.1

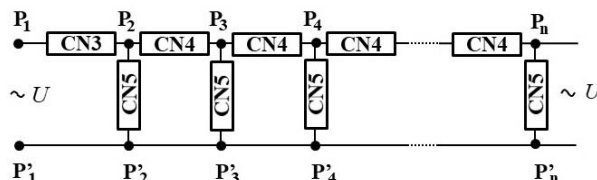


Figura 1.2

a. Între bornele P și P' ale porțiunii de circuit din Figura 1.1 s-a montat generatorul de frecvență variabilă. În cutia CN1 se află o grupare serie RLC, iar în cutia CN2 se află o grupare paralel RLC. Elementele de circuit din CN1 și CN2, sunt identice și au valorile date în tabelul de pe FIȘA DE RĂSPUNS. Să se completeze acest tabel utilizând pentru frecvență toate valorile de la 40,00 Hz până la 54,00 Hz, cu pasul de 2,00 Hz și să se reprezinte pe același grafic impedanțele cutiilor CN1 și CN2 în funcție de frecvență.

b. Rețeaua electrică din Figura 1.2 poate fi utilizată pentru realizarea instalației de iluminat a unei clădiri. Generatorul de curent alternativ are tensiunea efectivă $U = 220,00$ V și frecvența $\nu = 50,00$ Hz fixată. În cutia de tip CN3 se află o bobină cu inductanța $L = 50,00$ mH și un rezistor cu rezistența electrică R_1 , grupate în serie. Cutiile de tip CN4 sunt scoase din circuit și înlocuite cu fire conductoare cu rezistența electrică neglijabilă, iar în cutiile de tip CN5 se află becuri identice, fiecare bec având tensiunea nominală $U' = 120,00$ V. În aceste condiții, prin bobină trece un curent electric cu intensitatea efectivă $I = 2,00$ A.

b.1. Să se determine puterea disipată de cutia CN3 dacă se produce un scurtcircuit la instalația de iluminat.

b.2. Să se determine rezistența electrică echivalentă a becurilor, dacă puterea disipată în instalația de iluminat este maximă.

c. În rețeaua electrică din Figura 1.2 cutiile CN3, CN4 și CN5 pot conține rezistori cu rezistența electrică $R_2 = 10,00$ Ω , bobine cu inductanța $L = 50,00$ mH și condensatori cu capacitatea electrică $C = 20,00$ μ F.

c.1. Se consideră cutiile CN3, CN4 și CN5 identice, iar impedanța rețelei nu depinde de numărul de celule. Să se deducă impedanța echivalentă a rețelei electrice în funcție de impedanța unei cutii și să se precizeze valoarea frecvenței generatorului pentru care impedanța echivalentă a rețelei electrice devine nulă, justificând răspunsul.

c.2. Presupunem că în fiecare cutie CN3 și CN4 se află doar câte o bobină (cu inductanța de mai sus), iar în fiecare cutie CN5 se află doar un condensator (cu capacitatea de mai sus). Să se determine frecvența generatorului în situația în care rețeaua electrică se comportă ca un filtru trece jos (potențialul punctului P_n este egal cu potențialul punctului P_1), considerând potențialul electric al punctului P'_1 nul. Numărul de celule ale rețelei electrice este suficient de mare încât impedanța ei nu depinde de numărul de celule.

Problema 2. Interferența luminii ...

(10 puncte)

Două surse de lumină coerente emit simultan două radiații monocromatice cu lungimile de undă $\lambda_1 = 600$ nm și $\lambda_2 = 0,4$ μ m. Distanța dintre surse este $s = 1$ mm, iar pe un ecran situat la distanța $d = 1,2$ m față de planul surselor, paralel cu acesta, se observă o figură de interferență. În mijlocul ecranului este delimitat un pătrat cu latura $\ell = 6$ mm, astfel încât maximum central se află în mijlocul pătratului, iar franjele sunt paralele cu două din laturile acestuia.

a. Să se determine pozițiile de pe suprafața pătratului în care franjele luminoase coincid.

b. Să se precizeze numărul maxim de franje luminoase distincte ce sunt observate în interiorul pătratului și pozițiile acestora.

c. Se așează a treia sursă de lumină, identică primelor două surse, la mijlocul distanței dintre ele. În fața celor trei surse se plasează un filtru de absorbție al radiației cu lungimea de undă λ_2 . Să se determine pozițiile maximelor și minimelor de interferență situate în interiorul pătratului. Să se calculeze raportul intensităților celor două tipuri de franje luminoase observate.

Problema 3. TRR – Invarianta vitezei luminii

(10 puncte)

În desenul din Figura 3.1, sistemul inerțial R', cu originea în O', se deplasează cu viteza constantă \vec{u} , în raport cu sistemul inerțial R, cu originea în O, astfel încât, la momentul inițial, $t' = t = 0$, cele două origini au coincis.

1. Fiecare dintre problemele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Pagina 2 din 2

Vitezele unei particule P, raportate la cele două sisteme de referință inerțiale, R' și respectiv R, sunt constante, \vec{v}' și respectiv \vec{v} . Fiecare dintre aceste viteze are o componentă paralelă cu \vec{u} și o componentă perpendiculară pe \vec{u} , astfel încât: $\vec{v}' = \vec{v}'_{//} + \vec{v}'_{\perp}$; $\vec{v} = \vec{v}_{//} + \vec{v}_{\perp}$.

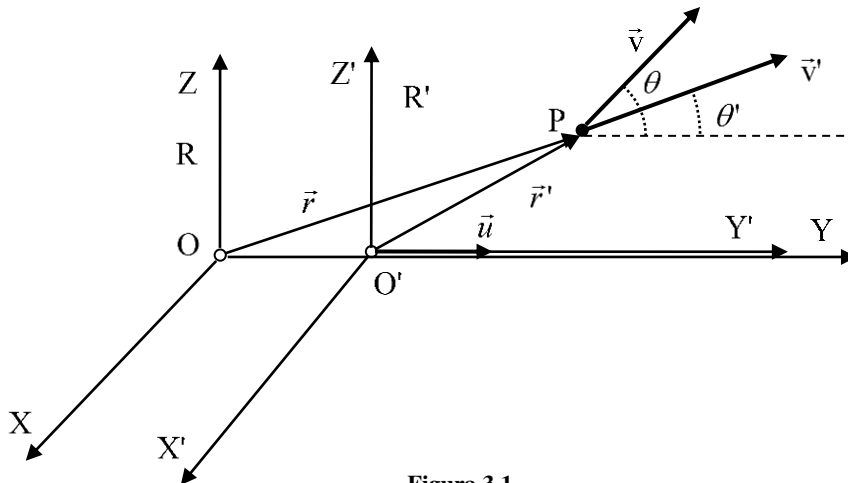


Figura 3.1

Se cunoaște forma vectorială a transformărilor Lorentz speciale, exprimate prin relațiile:

$$\vec{r}' = \vec{r} + \vec{u} \left[(\Gamma - 1) \frac{\vec{u} \cdot \vec{r}}{u^2} - \Gamma \cdot t \right]; \quad \Gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; \quad t' = \Gamma \cdot \left(t - \frac{\vec{u} \cdot \vec{r}}{c^2} \right),$$

unde \vec{r} și respectiv \vec{r}' sunt vectorii de poziție ai particulei P, în raport cu observatorul O din sistemul R și respectiv în raport cu observatorul O' din sistemul inerțial R', fiecare dintre aceștia având o componentă paralelă cu \vec{u} și o componentă perpendiculară pe \vec{u} , astfel încât: $\vec{r}' = \vec{r}'_{//} + \vec{r}'_{\perp}$; $\vec{r} = \vec{r}_{//} + \vec{r}_{\perp}$.

a. 1) Cunoscând grupul transformărilor Lorentz speciale, scalare:

$$x' = x; \quad y' = \frac{y - u \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; \quad z' = z; \quad t' = \frac{t - \frac{u}{c^2} \cdot y}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}},$$

să se deducă forma vectorială a transformărilor speciale Lorentz, prezentate mai sus și să se exprime:

2) $\vec{v}'_{//} = f(\vec{v}'_{//}; \vec{v}; \vec{u}; u; c)$; 3) $\vec{v}'_{\perp} = g(\vec{v}'_{\perp}; \vec{v}; \vec{u}; u; c)$.

b. Dacă θ și respectiv θ' sunt unghiurile care precizează orientările vectorilor \vec{v} și respectiv \vec{v}' , în raport cu vectorul \vec{u} , să se exprime: $\text{tg } \theta' = h(\theta; u; v; c)$, și să se particularizeze expresia lui $\text{tg } \theta'$, pentru cazul când particula P este un foton.

c. Dacă deplasarea particulei P, în raport cu sistemul inerțial R, este paralelă cu axa OX, ceea ce presupune că unghiul $\theta = 0$, să se demonstreze existența relației:

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)}{\left(1 - \frac{u \cdot v}{c^2}\right)^2},$$

particularizând-o apoi considerând că particula P este un foton, și să se formuleze o concluzie, corespunzătoare acestui caz particular.

Subiect propus de:

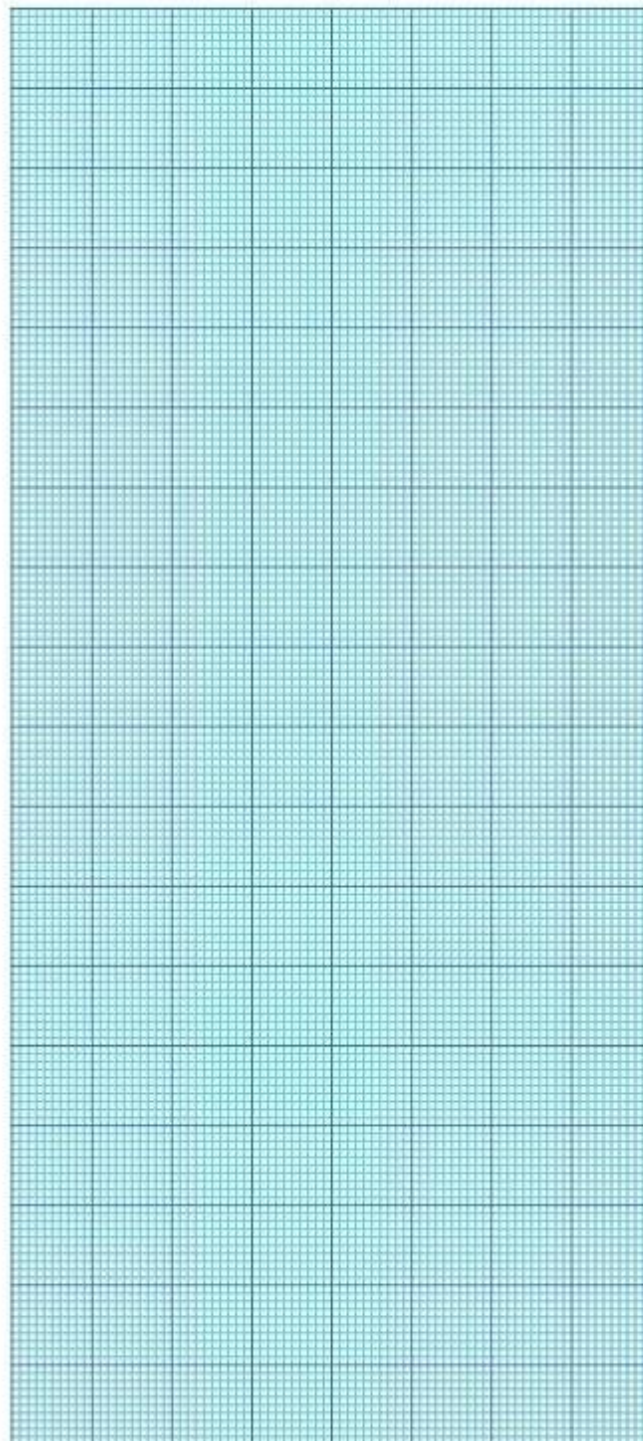
Prof. Dr. Luciu ALEXANDRESCU, Colegiul Național „Dr. Ioan Meșotă”, Brașov
Prof. Dr. Gabriel FLORIAN, Colegiul Național „Carol I”, Craiova
Prof. Cristian MIU, Colegiul Național „Ion Minulescu”, Slatina
Prof. Dr. Mihail SANDU, Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești

1. Fiecare dintre problemele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

NU SEMNA ACEASTĂ FOAIE!
FOAIA VA FI ATAȘATĂ LUCRĂRII TALE.

a.

Impedanța cutiei CN1 / $10^{-1} \Omega$



Impedanța cutiei CN2 / $10^{-1} \Omega$

Frecvența / Hz