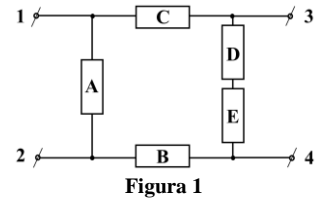


1. *Circuite de curent alternativ ...*

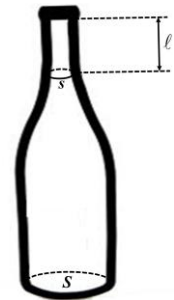
În cadrul unor experimente pentru măsurarea unor mărimi electrice se utilizează o sursă de curent alternativ, un difuzor ce servește drept indicator de nul, conductori de legătură și cutii, cu două borne de acces fiecare, ce conțin elemente de circuit, după cum urmează: în cutia **A** se află un rezistor 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  $C$ .



- 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  $\ell$  (vezi **Figura 2**).



- Să se afle frecvența  $\nu_0$  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  $\nu_1$  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  $\ell$  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  $\nu_2$  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  $\nu_3$  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  $\gamma$  este exponentul adiabatic,  $R$  - constanta universală a gazelor, iar  $\mu$  - 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<sub>1</sub>** și **O<sub>2</sub>** 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<sub>1</sub>** și **O<sub>2</sub>**.
- 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<sub>1</sub>** și **O<sub>2</sub>** la  $t = 0$ , la ce momente  $\tau_1$ , respectiv  $\tau_2$  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  $v \cong c$  (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**, necoliniar 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 distribuția 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.

| Subiect 1. Circuite de curent alternativ ...  | Parțial | Punctaj |
|---|---------|---------|
| 1. Barem subiect 1  |         | 10      |
| a. Pentru:<br>$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$   | 0,75    | 2       |
| Pentru:<br>$v = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$   | 0,75    |         |
| Pentru:<br>$R_1 = R_3$  | 0,50    |         |
| b. Diagrama fazorială pentru circuitul paralel este prezentată în <i>Figura 1.R</i> . Avem relațiile:<br><br>$I_{R_2} = \frac{U}{R_2}$ $I_D = \frac{U}{\sqrt{R_4^2 + \omega^2 \cdot L^2}}$ $\cos \varphi_D = \frac{R_4}{\sqrt{R_4^2 + \omega^2 \cdot L^2}}$ $I^2 = I_{R_2}^2 + I_D^2 + 2I_{R_2} \cdot I_D \cdot \cos \varphi_D$ $I_D^2 = I_{R_2}^2 + I^2 - 2I_{R_2} \cdot I \cdot \cos \varphi_P$ | 1,00    | 4       |
| În urma efectuării calculelor obținem factorul de putere în cazul circuitului paralel:<br><br>$\cos \varphi_P = \frac{R_2 R_4 + R_4^2 + \omega^2 \cdot L^2}{\sqrt{R_4^2 + \omega^2 \cdot L^2} \cdot \sqrt{\omega^2 \cdot L^2 + (R_2 + R_4)^2}} = \frac{2R_4^2 + \omega^2 \cdot L^2}{\sqrt{R_4^2 + \omega^2 \cdot L^2} \cdot \sqrt{4R_4^2 + \omega^2 \cdot L^2}}$                                  | 1,00    |         |
| Factorul de putere în cazul circuitului serie este:<br><br>$\cos \varphi_S = \frac{R_2 + R_4}{\sqrt{(R_2 + R_4)^2 + \omega^2 \cdot L^2}} = \frac{2R_4}{\sqrt{4R_4^2 + \omega^2 \cdot L^2}}$   | 1,00    |         |
| Înlocuind:<br><br>$\omega^2 \cdot L^2 = 4R_4^2 \cdot \left( \frac{1}{\cos^2 \varphi_S} - 1 \right)$   | 0,50    |         |
| Obținem:<br><br>$\cos \varphi_P = \frac{2 - \cos^2 \varphi_S}{\sqrt{4 - 3\cos^2 \varphi_S}}$  | 0,25    |         |
| Rezultă:<br><br>$\cos \varphi_P = \frac{7\sqrt{13}}{26} = 0,97$   | 0,25    |         |

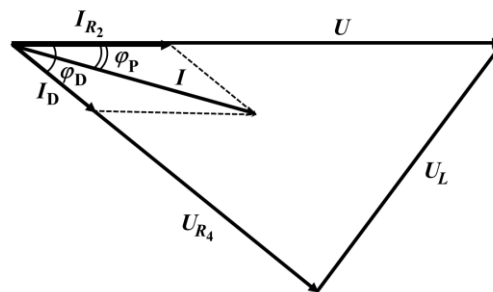


Figura 1.R

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.  
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

Pagina 2 din 7

|   |      |          |
|---|------|----------|
| <p>c. Puterea instantanee transferată circuitului este:</p> $p(t) = u(t) \cdot i(t),$ <p>unde: <math>u(t) = \sqrt{2}U \sin \omega \cdot t</math> și <math>i(t) = \sqrt{2}I \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)</math></p>  | 0,50 | <b>3</b> |
| <p>Deci:</p> $p(t) = U \cdot I \cdot \cos \varphi - U \cdot I \cdot \cos(2\omega \cdot t + \varphi)$  | 0,25 |          |
| <p>Așadar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pentru <math>\cos(2\omega \cdot t + \varphi) = -1</math> avem <math>P_{\max} = U \cdot I \cdot (\cos \varphi + 1)</math></li> <li>• pentru <math>\cos(2\omega \cdot t + \varphi) = +1</math> avem <math>P_{\min} = U \cdot I \cdot (\cos \varphi - 1)</math></li> </ul> | 0,50 |          |
| <p>Rezultă:</p> $\cos \varphi = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}}$  | 0,25 |          |
| <p>Pentru <math>\varphi = 0</math>:</p> $P_{\max} = 2U \cdot I \text{ și } P_{\min} = 0$ <p>deci circuitul este pur rezistiv. Cutiile <b>A</b>, <b>B</b>, <b>C</b>, <b>D</b> și <b>E</b>, cu precizarea că pentru circuitele în care intră cutiile <b>D</b> și <b>E</b> trebuie să avem o rezonanță a tensiunilor.</p>          | 0,50 |          |
| <p>Pentru <math>\varphi = \pi/2</math> rad :</p> $P_{\max} = -P_{\min} ,$ <p>deci circuitul este pur capacitiv. La bornele sursei este conectată doar cutia <b>E</b>.</p>   | 0,50 |          |
| <p>Pentru <math>\varphi = -\pi/2</math> rad :</p> $P_{\max} = -P_{\min} ,$ <p>deci circuitul este pur inductiv. Nici o cutie deoarece în cutia <b>D</b> avem bobină reală.</p>  | 0,50 |          |
| Oficiu  |      | <b>1</b> |

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

| Subiect 2. Rezonatorul Helmholtz   | Parțial | Punctaj   |
|--|---------|-----------|
| <b>2.</b> Barem subiect 2  |         | <b>10</b> |
| <p><b>a.</b> La apariția undelor staționare, în cazul modului fundamental lungimea totală a sticlei reprezintă:</p> $L = \ell + L_0 = \frac{\lambda}{4}$ <p>unde: <math>L_0 = \frac{V}{S}</math> este lungimea rezonatorului.</p>  | 0,50    | <b>1</b>  |
| <p>Rezultă:</p> $\nu_0 = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{4L} = \frac{c}{4\left(\ell + \frac{V}{S}\right)} = \frac{c \cdot S}{4(S \cdot \ell + V)}$  | 0,50    |           |
| <p><b>b.</b> Aerul din gâtul sticlei are masa:</p> $M = \rho \cdot s \cdot l$ <p>unde: <math>\rho</math> este densitatea aerului.</p>  | 0,25    | <b>3</b>  |
| <p>Mișcarea acestui „piston” pe o distanță mică <math>x</math> spre cavitate, de exemplu, duce la comprimarea adiabatică a aerului de acolo:</p> $p \cdot V^\gamma = (p + \Delta p) \cdot (V - s \cdot x)^\gamma$  | 0,50    |           |
| <p>Obținem:</p> $\Delta p = p \cdot \left[ \frac{V^\gamma}{(V - s \cdot x)^\gamma} - 1 \right] = p \cdot \left[ \left( 1 - \frac{s \cdot x}{V} \right)^{-\gamma} - 1 \right] \cong \frac{\gamma \cdot p \cdot s}{V} \cdot x$   | 0,50    |           |
| <p>Forța netă care acționează asupra pistonului este o forță de tip elastic:</p> $F = p \cdot s - (p + \Delta p) \cdot s = -s \cdot \Delta p = -\frac{\gamma \cdot p \cdot s^2}{V} \cdot x = -k \cdot x.$ <p>unde <math>k = \frac{\gamma \cdot p \cdot s^2}{V}</math> este constanta elastică echivalentă.</p> | 0,75    |           |
| <p>Sub acțiunea acestei forțe „pistonul” efectuează oscilații armonice cu frecvența:</p> $\nu_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{s}{V} \sqrt{\frac{\gamma \cdot p \cdot V}{\rho \cdot s \cdot l}}$   | 0,50    |           |
| <p>Rezultă:</p> $\nu_1 = \frac{1}{2\pi} \frac{c \cdot s}{V} \sqrt{\frac{V}{s \cdot \ell}}$ <p>unde <math>c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot p}{\rho}}</math> este viteza undelor sonore în aer.</p>  | 0,50    |           |
| <p><b>c.</b> Raportul celor două frecvențe este:</p> $\frac{\nu_2}{\nu_1} = \sqrt{\frac{\ell}{\ell_{ef}}},$  | 0,50    | <b>1</b>  |
| <p>Deci:</p> $\nu_2 = \nu_1 \sqrt{\frac{\ell}{\ell_{ef}}} = \nu_1 \sqrt{\frac{\ell}{\ell + 1,5r}}$   | 0,25    |           |
| <p>Rezultă:</p> $\nu_2 = 304 \cdot 0,776 = 236 \text{ (Hz)}$   | 0,25    |           |

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

Pagina 4 din 7

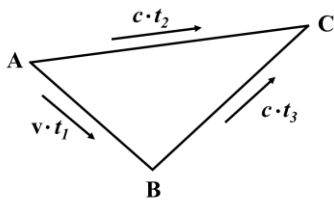
|  |      |          |
|--|------|----------|
| <p><b>d.</b> Pentru deducerea expresiei masei efective a oscilatorului se poate pleca de la observația conform căreia deplasarea spirelor resortului crește liniar de la 0 la valoarea <math>x</math> a deplasării pistonului. Dacă <math>N</math> este numărul total de spire, atunci deplasarea spirei <math>s</math>, <math>s = \overline{1, N}</math>, este:</p> $x_s = s \frac{x}{N}$ <p>iar viteza sa</p> $v_s = s \frac{v}{N}.$ | 0,50 |          |
| <p>Energia întregului resort este:</p> $E_{c,r} = \sum_{s=1}^N E_{c,s} = \frac{m \cdot v^2}{2N^3} \sum_{s=1}^N s^2 = \frac{m \cdot v^2}{2N^3} \cdot \frac{N \cdot (N+1) \cdot (2N+1)}{6}$ <p>unde: <math>E_{c,s} = \frac{m_1 v_s^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{N} \cdot \frac{v^2}{N^2} s^2</math> este energia cinetică a spirei <math>s</math></p> <p><math>m_1 = \frac{m}{N}</math> este masa unei spire.</p>                  | 0,50 |          |
| <p>Admițând că numărul spirelor este foarte mare, obținem:</p> $E_{c,r} = \frac{1}{3} \frac{mv^2}{2}$  | 0,50 |          |
| <p>Energia cinetică totală a sistemului este:</p> $E_c = \frac{M \cdot v^2}{2} + \frac{1}{3} \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{1}{2} \left( M + \frac{m}{3} \right) v^2$   | 0,50 | <b>4</b> |
| <p>Masa echivalentă a sistemului oscilant este:</p> $\mu = M + \frac{m}{3}$  | 0,50 |          |
| <p>Frecvența oscilațiilor sistemului oscilant este:</p> $\nu_3 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M + \frac{m}{3}}}$ <p>unde: <math>m = \rho \cdot 3s \cdot l</math> este masa coloanei de aer din cavitatea rezonantă egală cu masa resortului echivalent</p> <p><math>k = \frac{\gamma \cdot p \cdot s^2}{V}</math> este constanta elastică echivalentă.</p>                                      | 0,50 |          |
| <p>Obținem:</p> $\nu_3 = \frac{1}{2\pi} \frac{c \cdot s}{V} \sqrt{\frac{V}{2s \cdot l}}$   | 0,50 |          |
| <p>Rezultă:</p> $\nu_3 = \frac{\nu_1}{\sqrt{2}} = 215 \text{ Hz}.$   | 0,50 |          |
| Oficiu   |      | <b>1</b> |

- Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
- Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

| Subiect 3  | Parțial  | Punctaj      |
|--|--|--------------|
| 3. Barem subiect 3   |  | 10           |
| <p><b>A. Simultaneitate</b></p> <p><b>a.</b> Considerăm că la <math>t = 0</math> sursa trece prin origine, în sensul pozitiv al axei <math>Oy</math>. Observatorul <math>O_1</math> recepționează lumina pe care sursa a emis-o când a trecut prin <math>P_1</math>, la momentul <math>t_1</math>, iar observatorul <math>O_2</math> recepționează lumina pe care sursa a emis-o când a trecut prin <math>P_2</math>, la momentul <math>t_2</math> (vezi <b>Figura 2.R</b>).</p> <p>Momentul recepției luminii de către <math>O_1</math> va fi:</p> $t_1' = t_1 + \frac{P_1 O_1}{c} = t_1 + \frac{\sqrt{b^2 + (a + v \cdot t_1)^2}}{c}$ <p>Lumina este recepționată de <math>O_2</math> la momentul:</p> $t_2' = t_2 + \frac{P_2 O_2}{c} = t_2 + \frac{\sqrt{b^2 + (a - v \cdot t_2)^2}}{c}$ | <p style="text-align: center;"><b>Figura 2.R</b></p> | 0,50<br>0,50 |
| <p>Recepțiile sunt simultane dacă <math>t_1' = t_2'</math>, rezultă:</p> $t_1 + \frac{\sqrt{b^2 + (a + v \cdot t_1)^2}}{c} = t_2 + \frac{\sqrt{b^2 + (a - v \cdot t_2)^2}}{c}$   |  | 0,50         |
| <p><b>b.</b> <math>P'</math> se află la intersecția celor două raze de lumină <math>r_1</math> și <math>r_2</math>. Ecuațiile celor două raze sunt:</p> $\frac{x}{b} = \frac{y - v \cdot t_1}{-a - v \cdot t_1} \quad (\text{pentru raza } r_1)$ $\frac{x}{b} = \frac{y - v \cdot t_2}{a - v \cdot t_2} \quad (\text{pentru raza } r_2)$   |  | 0,25<br>0,25 |
| <p>Coordonatele lui <math>P'</math> sunt:</p> $x = b \cdot \frac{v \cdot (t_1 - t_2)}{2a - v \cdot (t_2 - t_1)}$ $y = a \cdot \frac{v \cdot (t_1 + t_2)}{2a - v \cdot (t_2 - t_1)}$  |  | 0,25<br>0,25 |
| <p><b>c.</b> Condițiile geometrice (cinematice) de recepționare a semnalelor de către <math>P</math> sunt:</p> $(c \cdot \tau_1)^2 = b^2 + (a + v \cdot \tau_1)^2$ $(c \cdot \tau_2)^2 = b^2 + (a - v \cdot \tau_2)^2$   |  | 0,25<br>0,25 |
| <p>Obținem:</p> $\tau_1 = \frac{1}{c^2 - v^2} \left[ \sqrt{a^2 \cdot v^2 + (c^2 - v^2) \cdot (a^2 + b^2)} + a \cdot v \right]$ $\tau_2 = \frac{1}{c^2 - v^2} \left[ \sqrt{a^2 \cdot v^2 + (c^2 - v^2) \cdot (a^2 + b^2)} - a \cdot v \right]$  |  | 0,25<br>0,25 |
| <p>În cazul nerelativist (<math>v \ll c</math>)</p> $\tau_1 \cong \tau_2 = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{c}$   |  | 0,50         |

- Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
- Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

Pagina 6 din 7

|   |  |          |          |
|---|--|----------|----------|
| <p>În cazul ultrarelativist (<math>v \cong c</math>)</p> $\tau_1 = \lim_{v \rightarrow c} \frac{1}{c^2 - v^2} \left[ \sqrt{a^2 \cdot v^2 + (c^2 - v^2) \cdot (a^2 + b^2)} + a \cdot v \right] = \lim_{v \rightarrow c} \frac{2a \cdot v}{(c^2 - v^2)} \rightarrow \infty$ $\tau_2 = \lim_{v \rightarrow c} \frac{1}{c^2 - v^2} \left[ \sqrt{a^2 \cdot v^2 + (c^2 - v^2) \cdot (a^2 + b^2)} - av \right] = \frac{(a^2 + b^2)}{2ac}$  | 0,25   |          |          |
| <p>Două evenimente simultane care se produc în locuri diferite sunt percepute de un observator mobil ca fiind nesimultane. Deci, dacă observatorul se mișcă de-a lungul axei <math>Oy</math>, el va percepe într-un loc primul eveniment, iar al doilea, mai târziu, când se va afla în alt loc pe axa <math>Oy</math>. Dacă s-ar mișca identic cu sursa aparentă, atunci le-ar percepe ca fiind simultane. În acest caz nu se încalcă concluziile TRR referitoare la simultaneitate, deoarece observatorul nu mai este inerțial (mișcarea lui nu mai este rectilinie și uniformă), iar TRR se aplică doar pentru sisteme de referință inerțiale.</p> | 0,50   |          |          |
| <p><b>B. Cauzalitate</b><br/>Din <b>Figura 3.R</b> se vede că:<br/><math>AC &lt; AB + BC</math>,<br/>sau <math>AB &gt; AC - BC</math></p>   |  <p style="text-align: right;"><b>Figura 3.R</b></p> | 0,25     | <b>1</b> |
| <p>Deci:<br/><math>v \cdot t_1 &gt; c \cdot t_2 - c \cdot t_3 = c \cdot (t_2 - t_3)</math>.</p>   |  | 0,25     |          |
| <p>Presupunem, prin reducere la absurd, că semnalul-cauză ajunge în <b>C</b> după semnalul-efect <math>t_2 &gt; t_1 + t_3</math>, rezultă:<br/><math>t_1 &lt; t_2 - t_3</math>, sau <math>ct_1 &lt; c(t_2 - t_3)</math>.</p>  |  | 0,25     |          |
| <p>Prin urmare, comparând cele două relații de ordine de mai sus, se obține <math>c &lt; v</math>, ceea ce este absurd. Prin urmare, inclusiv în TRR principiul cauzalității este valabil.</p>  |  | 0,25     |          |
| <p><b>C. Mesaj surpriză</b><br/>Și în rachetă trebuie să treacă 72 de ore ca să vină ziua de naștere a lui Dorel. Deci acesta este timpul propriu <math>\tau_0 = 72</math> h. Acestui timp îi corespunde pe Pământ, intervalul de timp:</p> $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  | 0,50   |          |          |
| <p>În acest timp <math>\tau</math> racheta va ajunge față de Pământ la distanța:</p> $d = v \cdot \tau = v \cdot \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$   | 0,50   | <b>3</b> |          |
| <p>Dacă notăm cu <math>\Delta t</math> intervalul de timp de la plecare, după care trebuie transmis radiomesajul, atunci pentru ca el să ajungă la rachetă atunci când Dorel începe să-și sărbătorească ziua de naștere, trebuie să aibă loc relația:</p> $\Delta t + \frac{d}{c} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  | 1,00   |          |          |

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



Pagina 7 din 7

|  |      |          |
|--|------|----------|
| În final se obține:<br>$\Delta t = \tau_0 \sqrt{\frac{c-v}{c+v}}$  | 0,50 |          |
| Rezultă:<br>$\Delta t = 18\sqrt{2} \text{ h}$<br>Mesajul radio trebuie să plece când ceasul stației cosmice indică faptul că au trecut 25 h 27 min 21 s de la plecarea rachetei. | 0,50 |          |
| Oficiu   |      | <b>1</b> |

*Barem 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*

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.