

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
9 martie 2025

Subiectul I**Circuite curent alternativ****(10 puncte)**

Un elev studiază diferite circuite de curent electric alternativ pe care le alimentează de la o sursă de tensiune electrică alternativă sinusoidală, a cărei valoare efectivă este constantă, $U = 30\text{ V}$ și a cărei frecvență poate fi modificată într-un domeniu foarte larg. Rezistoarele și condensatoarele utilizate au un comportament care poate fi aproximat ca fiind ideal, iar conductoarele de legătură au o rezistență electrică neglijabilă. Elevul realizează circuitul electric serie prezentat în figura 1.1 și reglează frecvența tensiunii electrice u de la bornele circuitului la valoarea constantă $\nu = 200\text{ Hz}$.

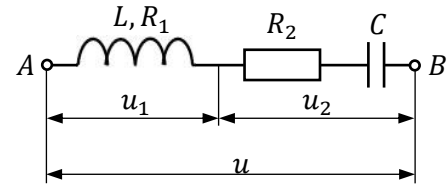


figura 1.1

În această situație circuitul are un comportament inductiv, tensiunea electrică de la bornele bobinei are valoarea efectivă $U_1 = 20\text{ V}$, tensiunea electrică de la bornele grupării serie R_2C are valoarea efectivă $U_2 = 15\text{ V}$, intensitatea curentului electric are valoarea efectivă $I = 0,1\text{ A}$, iar diferența de fază dintre tensiunea de la bornele circuitului și intensitatea curentului electric este $\varphi = 20^\circ$.

- a. Determinați valorile inductanței L și rezistenței electrice R_1 ale bobinei precum și valorile rezistenței electrice R_2 și capacității electrice C a condensatorului.

Utilizând bobina L, R_1 , condensatorul C și rezistorul R_2 elevul realizează circuitul electric prezentat în figura 1.2, modifică în mod continuu frecvența tensiunii electrice de la bornele A și B ale circuitului și studiază dependența $I = f(\nu)$, a intensității efective a curentului electric furnizat de sursă de frecvența tensiunii de alimentare.

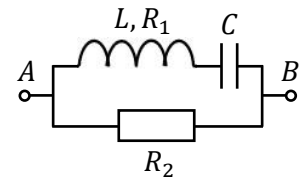


figura 1.2

- b. Determinați valoarea frecvenței de rezonanță a circuitului;
- c. Calculați valorile extreme ale **intensității efective** a curentului electric furnizat de sursă circuitului electric și reprezentați grafic, calitativ, dependența acestei intensități de frecvența tensiunii de alimentare, $I = f(\nu)$;
- d. Demonstrați că între frecvențele de tăiere ν_1 și ν_2 , care delimitează banda de trecere a circuitului și frecvența de rezonanță a circuitului există relația $\nu_1 \cdot \nu_2 = \nu_0^2$. (Banda de trecere a circuitului reprezintă intervalul de frecvențe pentru care intensitatea efectivă $I \geq \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$.)

Elevul realizează circuitul electric prezentat în figura 1.3, folosind aceleași elemente de circuit (bobina L, R_1 , condensatorul C și rezistorul R_2), dar și un rezistor R_3 înseriat cu condensatorul C_3 .

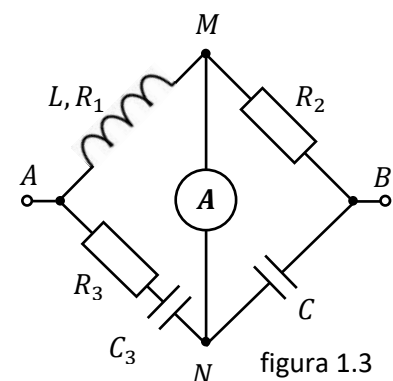


figura 1.3

- e. Determinați valorile rezistenței electrice R_3 și a capacității electrice C_3 pentru ca ampermetrul conectat între punctele M și N să nu fie parcurs de curent electric.

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, 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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
9 martie 2025

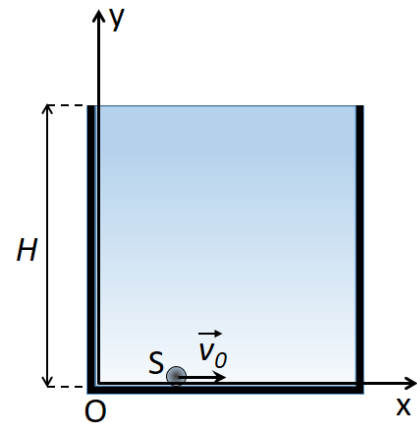
Subiectul II**Imagini în dioptrul plan****(10 puncte)**

A. Un vas cilindric, având înălțimea H , este umplut cu un lichid transparent care are indicele de refracție n_0 . Pe fundul vasului este fixată o sursă punctiformă de lumină, **S**, care este privită de un observator de deasupra vasului, pe direcția normalei la suprafața lichidului și care trece prin sursa de lumină. Determină expresia matematică a distanței dintre sursa **S** și imaginea acesteia văzută de observator.

B. Un vas cilindric, cu înălțimea $2H$, conține două lichide nemiscibile, fiecare dintre ele având înălțimea H , și indicii de refracție n_1 și respectiv n_2 . Pe fundul vasului, în lichidul cu indicele de refracție n_1 , este fixată o sursă punctiformă de lumină, **S**, care este privită de un observator de deasupra vasului, pe direcția normalei la suprafața lichidului și care trece prin sursa de lumină. Determină expresia matematică a distanței dintre sursa **S** și imaginea acesteia văzută de observator.

C. Vasul cilindric, având înălțimea H , este umplut cu un lichid transparent cu indicele de refracție dependent de înălțimea y , măsurată de la baza vasului, conform relației $n = n_0 \left(1 + \varepsilon \frac{y}{H}\right)$, unde ε este o constantă pozitivă ($\varepsilon < 1$). Pe fundul vasului este fixată o sursă punctiformă de lumină, **S**, care este privită de un observator de deasupra vasului, pe direcția normalei la suprafața lichidului și care trece prin sursa de lumină. Determină expresia matematică a distanței dintre sursa **S** și imaginea acesteia văzută de observator.

D. În condițiile punctului **C.**, o sferă omogenă de mici dimensiuni este lansată pe direcție orizontală din punctul $S(x_0, 0)$, cu viteza v_0 , ca în figura alăturată. Consideră cunoscute: densitatea lichidului ρ_0 (având aceeași valoare în orice punct din lichid), densitatea sferei ρ_s ($\rho_s < \rho_0$), și accelerația gravitațională, g . Forțele de rezistență la deplasarea sferei în lichid se neglijează. Sfera este privită de un observator situat la distanță mare față de suprafața lichidului. Consideră că vasul este suficient de larg astfel încât sfera ajunge la suprafața lichidului fără să atingă peretele lateral.



a. Scrie ecuația traiectoriei imaginii sferei văzută de observator

în timpul deplasării sferei în lichid. Particularizează rezultatul obținut pentru $\varepsilon = 0$.

b. Determină dependența de timp a vitezei imaginii sferei văzută de observator în timpul deplasării sferei în lichid. Particularizează rezultatul obținut pentru $\varepsilon = 0$.

Note:

i) În analiza fenomenelor optice prezentate utilizează aproximația paraxială.

ii) Indicele de refracție al aerului se consideră $n_{\text{aer}} = 1$.

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, 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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
9 martie 2025

pagina 3 din 4

Subiectul III
Întâlnirile navelor cosmice relativiste

(10 puncte)

Trei nave cosmice (A, B și C) se deplasează rectiliniu și uniform pe direcții paralele foarte apropiate, având față de o stea fixă, Σ , vitezele \vec{v}_A , \vec{v}_B și \vec{v}_C , pentru care $v_A > v_B > v_C$, toate aceste valori fiind comparabile cu viteza luminii în vid, c , dar mai mici decât aceasta, și ale căror orientări sunt reprezentate în desenul din figura 1, astfel încât vitezele relative ale navelor cosmice A și respectiv C, în raport cu nava cosmică B, date de expresiile:

$$\vec{v}_{AB} = \frac{\vec{v}_A - \vec{v}_B}{1 - \frac{\vec{v}_A \cdot \vec{v}_B}{c^2}}; \quad \vec{v}_{CB} = \frac{\vec{v}_C - \vec{v}_B}{1 - \frac{\vec{v}_C \cdot \vec{v}_B}{c^2}},$$

sunt egale în modul și de sens contrar: $v_{AB} = v_{CB} = v$; $\vec{v}_{AB} = -\vec{v}_{CB}$.

Fiecare navă cosmică este dotată cu un ceasornic propriu.

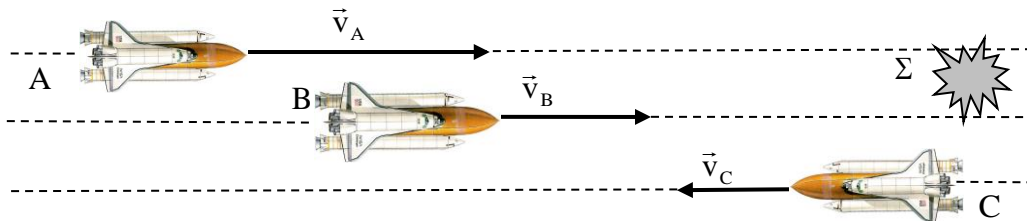


Fig. 1

Se realizează mai întâi întâlnirea navelor cosmice A și B, atunci când nava cosmică A depășește nava cosmică B, și când ceasornicele acestor nave cosmice se sincronizează, astfel încât ambele ceasornice să indice ora "zero". La următoarea întâlnire, realizată după întâlnirea navelor cosmice A și B, și anume întâlnirea navelor cosmice A și C, ceasornicul navei cosmice C se sincronizează după ceasornicul navei cosmice A, astfel încât ambele ceasornice indică ora t' .

a) Să se determine indicațiile t_B și respectiv t_C , ale ceasornicelor de pe navele cosmice B și C, la întâlnirea acestora, precum și diferența acestor indicații, $\Delta t = t_B - t_C$. Se cunoaște viteza luminii în vid, c .

Să se particularizeze rezultatul obținut pentru varianta nerelativistă ($v \ll c$).

Se știe că, dacă Δt_0 este durata unui proces, desfășurat într-un punct fix, P_0 , din sistemul inerțial mobil, Σ_0 , înregistrată de ceasornicul observatorului O_0 , aflat în originea sistemului inerțial mobil, Σ_0 , care se află în mișcare rectilinie și uniformă, față de un sistem inerțial fix, Σ , cu viteza v_0 , atunci durata aceluiași proces, determinată de ceasornicul observatorului O , aflat în originea sistemului inerțial fix, Σ , este dată de expresia:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} > \Delta t_0.$$

b) Cunoscând valorile vitezelor navelor cosmice, A și C, $v_A > v_C$, față de steaua Σ , să se determine valorile posibile, v_B , ale vitezei navei cosmice B, față de steaua Σ , astfel încât vitezele relative ale navelor cosmice A și respectiv C, în raport cu nava cosmică B, ale căror expresii au fost deja precizate, să fie egale în modul și de sens contrar ($\vec{v}_{AB} = -\vec{v}_{CB}$).

Să se justifice rezultatul. Caz particular : $v_A \ll c$; $v_C \ll c$; $v_A - v_C \ll c$.

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, 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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
9 martie 2025

pagina 4 din 4

c) Să se stabilească noile elemente ale vectorului \vec{v}_B , (orientare și modul), reprezentând viteza navei cosmice B în raport cu steaua Σ , dacă observatorul din nava cosmică A apreciază că nava cosmică B se deplasează, în raport cu el, cu viteza $\vec{v}_{BA} \perp \vec{v}_A$, așa cum indică desenul din figura 2.

Se cunosc v_A și v_{BA} . Să se particularizeze rezultatul pentru varianta nerelativistă, $v \ll c$.

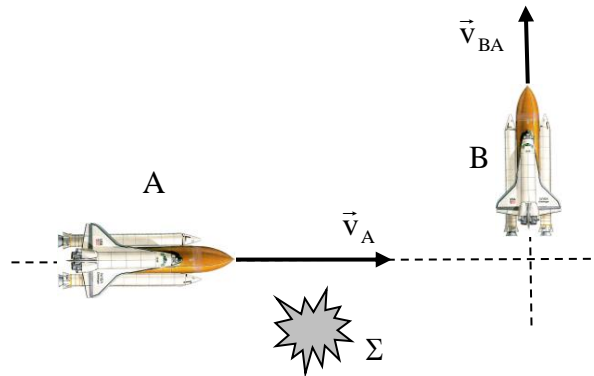


Fig. 2

Pentru un punct material P, aflat în mișcare, în planul comun al sistemelor de coordonate, inerțiale, coplanare, $\Sigma(XOY)$, sistem inerțial fix și respectiv $\Sigma'(X'O'Y')$, sistem inerțial aflat în mișcare rectilinie și uniformă, cu viteza \vec{v}_0 , față de sistemul fix, reprezentate în desenul din figura 3, se cunosc relațiile dintre componentele vitezelor punctului material P, raportate la axele celor două sisteme de referință, precum și relația dintre indicațiile ceasornicelor observatorilor O și respectiv O', din originile celor două sisteme de referință, Σ și respectiv Σ' :

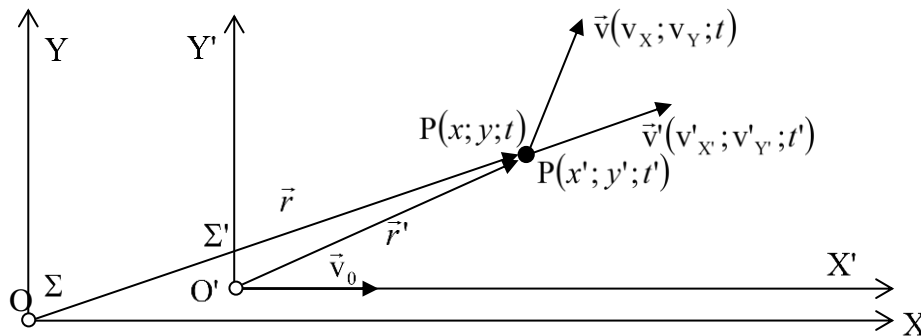


Fig. 3

$$v_x = \frac{v'_x + v_0}{1 + \frac{v_0}{c^2} \cdot v'_x}; \quad v_y = \frac{v'_y}{1 + \frac{v_0}{c^2} \cdot v'_x} \cdot \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}; \quad t = \frac{t' + \frac{v_0}{c^2} \cdot x'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}$$

Subiectele au fost propuse de:

Prof. Florin Butușină, Colegiul Național "Simion Bărnuțiu", Șimleu Silvaniei

Prof.dr. Costin Dobrotă, Colegiul Național "Dimitrie Cantemir", Onești

Prof.dr. Mihail Sandu, Universitatea din Craiova

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, 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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.