



Subiectul 1 (10 puncte): Circuite electrice ...

Circuitul oscilant al unui radioreceptor este format dintr-o bobină, cu rezistența electrică $R = 2,5 \Omega$ și inductanța $L = 1 \text{ mH}$, legată în serie cu un condensator a cărui capacitate electrică poate fi variată prin rotirea unui buton B, cu un unghi α , numit în continuare unghi de rotire. Condensatorul este format dintr-un stator cu $n = 5$ armături fixe, respectiv un rotor cu $n = 5$ armături mobile, acestea având formă de coroană semicirculară de rază $r_1 = 1 \text{ cm}$, respectiv $r_2 = 2 \text{ cm}$. O armătură fixă este urmată de o armătură mobilă, situate la distanța $d = 5 \text{ mm}$, iar în interiorul acestora este aer $\epsilon_{aer} = \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$. Axul rotorului este situat în centrul coroanei semicirculare. Când armăturile se suprapun complet, condensatorul are capacitatea maximă C_{\max} , iar când armăturile se suprapun pe jumătate, unghiul de rotire este zero și condensatorul are capacitatea minimă C_{\min} .

- Să se deducă expresia matematică a capacității electrice a condensatorului în funcție de $(C_{\min}, C_{\max}, \alpha)$ și să se calculeze valoarea acesteia pentru $\alpha = \pi/4$.
- Pe FIȘA DE RĂSPUNS, să se reprezinte grafic frecvența circuitului oscilant în funcție de unghiul de rotire. Să se precizeze valorile maxime și minime ale frecvenței acestui circuit.
- La momentul inițial $t_0 = 0$ sarcina electrică de pe armăturile condensatorului este maximă, $q_{\max} = 1 \text{ mC}$, iar impedanța caracteristică a circuitului este $Z_0 = 4R$. Să se deducă expresia matematică a intensității instantanee a curentului electric prin circuit în funcție de (R, L, t, q_{\max}) și să se calculeze valoarea acesteia pentru $t = T/6$, unde T reprezintă perioada de oscilație.
- În cadrul unui experiment, circuitul oscilant al radioreceptorului este legat în serie cu un întrerupător aflat în poziția deschis și o sursă cu tensiunea electromotoare $E = 12 \text{ V}$ și rezistența internă $r = 0$. Prin rotirea butonului B, suprafața de suprapunere a armăturilor devine nulă. Să se deducă expresia matematică a intensității instantanee a curentului electric în funcție de (R, E, L, t) , imediat după trecerea întrerupătorului în poziția închis și să se calculeze valoarea acesteia după un timp suficient de lung.

Subiectul 2 (10 puncte): Modelul cuantificat al atomului ...

La școala de vară, organizată de facultățile de fizică din România, Liviu este implicat în activitățile desfășurate cu elevii pasionați de fizica atomică. Într-una din zile, el propune sarcini de lucru pe care fiecare elev trebuie să le rezolve în timpul alocat activității, utilizând valorile constantelor fizice din Tabelul 1.

Tab 1. Constante fizice și valorile acestora

Nr. crt.	Denumirea constantei fizice	Simbolul	Valoarea	Unitatea de măsură
1	Sarcina electrică elementară	e	$1,602 \cdot 10^{-19}$	C
2	Masa de repaus a electronului	m_e	$9,109 \cdot 10^{-31}$	kg
3	Masa de repaus a protonului	m_p	$1,673 \cdot 10^{-27}$	kg
4	Constanta lui Planck	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$	Js
5	Permitivitatea vidului	ϵ_0	$8,854 \cdot 10^{-12}$	Fm^{-1}
6	Permeabilitatea vidului	μ_0	$12,57 \cdot 10^{-7}$	NA^{-2}
7	Constanta lui Rydberg	R	$1,097 \cdot 10^7$	m^{-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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

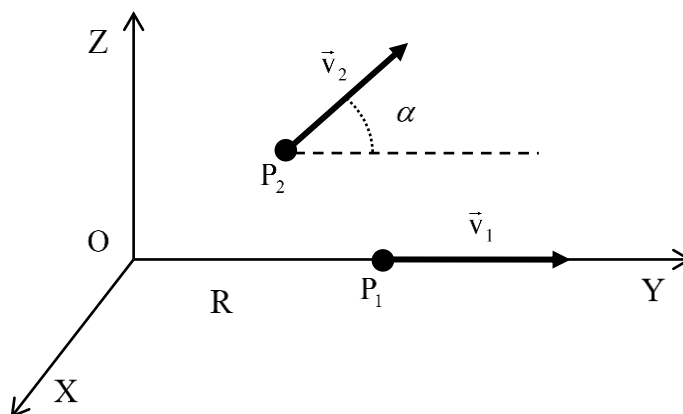
- a. Cu ajutorul principiului incertitudinii a lui Heisenberg, să se deducă expresia matematică a energiei minime a electronului în atomul de hidrogen în funcție de $(e, m_e, h, \varepsilon_0)$ și să se calculeze valoarea acesteia.
- b. Să se determine raza atomică minimă a unui atom de hidrogen pentru ca acesta să fie ionizat.
- c. Electronul se mișcă în jurul nucleului atomului de hidrogen pe orbita corespunzătoare numărului cuantic principal n . Să se deducă expresia matematică a inducției câmpului magnetic în centrul acestei orbite datorat mișcării electronului în funcție de $(e, m_e, h, \varepsilon_0, n)$ și să se calculeze valoarea acesteia pentru nivelul fundamental.
- d. Să se determine cel mai mic număr de niveluri energetice ale unui atom de hidrogen între care sunt posibile tranziții sub acțiunea unor radiații cu lungimile de undă $\lambda_1 = 1 \text{ cm}$, $\lambda_2 = 10 \lambda_1$, $\lambda_3 = 10^2 \lambda_1$ și $\lambda_4 = 10^3 \lambda_1$.
- e. Atomul de hidrogen emite un foton ce corespunde primei radiații din seria Balmer. Să deducă expresia matematică pentru viteza de recul a atomului în funcție de $(m_e, m_p, R, h, \varepsilon_0, \mu_0)$.

Observație: Dacă îți este util, poți folosi aproximarea:

$$(1 - x)^n = 1 - nx, \text{ pentru } |x| \ll 1.$$

Subiectul 3 (10 puncte): Viteza relativă relativistă

În raport cu Sistemul de Referință al Laboratorului (R), două puncte materiale, P_1 și respectiv P_2 , se deplasează, așa cum indică desenul din figura 1, cu vitezele \vec{v}_1 (de-a lungul axei OY) și respectiv \vec{v}_2 (în planul YOZ), unghiul dintre direcțiile acestora fiind α .

**Fig. 1**

- a. Să se determine viteza relativă relativistă, $\vec{v}_{21,relativist}$, a punctului material P_2 în raport cu punctul material P_1 , modul, $v_{21,relativist}$ și orientare, φ , unghiul dintre direcția vectorului $\vec{v}_{21,relativist}$ și axa OY, dacă viteza luminii în vid este c . A determina viteza relativă relativistă a punctului material P_2 , în raport cu punctul material P_1 , adică $\vec{v}_{21,relativist}$, înseamnă a determina viteza punctului material P_2 , în raport cu sistemul inerțial mobil, R' , atașat particulei P_1 , adică, $\vec{v}_{21,relativist} = \vec{v}'_2$.

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



- b. Să se determine viteza relativă relativistă, $\vec{v}_{12,\text{relativist}}$, a punctului material P_1 în raport cu punctul material P_2 , (modul = $v_{12,\text{relativist}}$ și orientare, $\phi =$ unghiul dintre direcția vectorului $\vec{v}_{12,\text{relativist}}$ și axa OY), dacă viteza luminii în vid este c . A determina viteza relativă relativistă a punctului material P_1 , în raport cu punctul material P_2 , adică $\vec{v}_{12,\text{relativist}}$, înseamnă a determina viteza punctului material P_1 , în raport cu sistemul inerțial mobil, R' , atașat particulei P_2 , adică, $\vec{v}_{12,\text{relativist}} = \vec{v}'_1$.
- Să se stabilească și relația dintre modulele și orientările vectorilor $\vec{v}_{21,\text{relativist}}$ și $\vec{v}_{12,\text{relativist}}$, precizându-se dacă cei doi vectori sunt identici.
- c. Admițând că cele două puncte materiale considerate, P_1 și respectiv P_2 , sunt doi fotoni, să se determine viteza relativă relativistă a unui foton, $v_{21,\text{relativist}}$, în raport cu celălalt foton.
- d. Protonii din radiația cosmică pătrund în atmosfera Pământului și interacționând cu nucleele unor atomi de azot sau oxigen formează particule noi, numite *pioni* π^+ , sau *mezoni* π^+ , particule instabile, care se dezintegrează. Știind că prin dezintegrarea unui *pion*, π^+ , rezultă un *neutrino*, ν , particulă neutră, care se deplasează cu viteza luminii, c , și un *miuon*, μ^+ , particulă care se deplasează cu viteza $v_0 < c$, pe o direcție care face un unghi α cu direcția pe care se deplasează *neutrino*, să se determine viteza relativă relativistă pe care o are particula *neutrino* față de *miuonul* μ^+ .
- e. Dintr-o reacție de dezintegrare rezultă două particule, ale căror viteze, în raport cu Sistemul de Referință al Laboratorului, sunt identice, $v_1 = v_2 = c/2$, deplasându-se pe două direcții care, în același SRL, formează un unghi $\alpha = 60^\circ$. Să se determine viteza relativă relativistă a uneia dintre particule, în raport cu cealaltă particulă, în sistemul de referință al uneia dintre particule.

Corespunzător notațiilor din figura 2, unde P este un punct material localizat prin vectorii de poziție \vec{r} și respectiv \vec{r}' în raport cu sistemele de referință inerțiale R și respectiv R' , având vitezele \vec{v} și respectiv \vec{v}' , față de sistemele de referință inerțiale R și respectiv R' , se cunoaște forma vectorială a transformărilor Lorentz speciale, exprimate prin relațiile:

$$\vec{r}' = \vec{r} - \frac{(\vec{r} \cdot \vec{v}_0) \cdot \vec{v}_0}{v_0^2} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \right) - \frac{\vec{v}_0 \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; t' = \frac{t - \frac{\vec{r} \cdot \vec{v}_0}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}};$$
$$\vec{r} = \vec{r}' - \frac{(\vec{r}' \cdot \vec{v}_0) \cdot \vec{v}_0}{v_0^2} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \right) + \frac{\vec{v}_0 \cdot t'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; t = \frac{t' + \frac{\vec{r}' \cdot \vec{v}_0}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}.$$

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

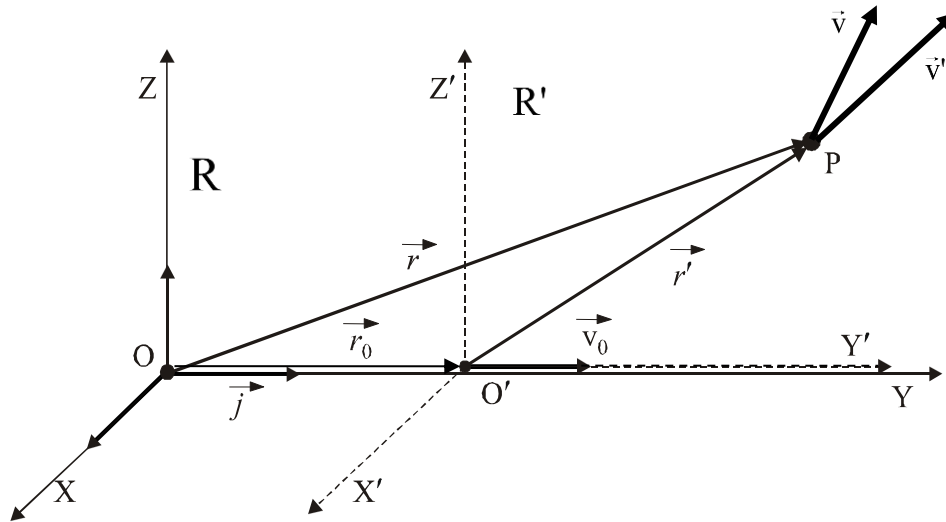


Fig. 2

Subiecte propuse de:

prof. dr. Luciu ALEXANDRESCU – Colegiul Național „Dr. Ioan Meșotă” Brașov

prof. dr. Gabriel FLORIAN – Colegiul Național „Carol I” Craiova

prof. dr. Mihail SANDU – Liceul Tehnologic de Turism Călimănești

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Oradea 6-10 aprilie 2023
Proba teoretică
Clasa a XII-a



Pagina 5 din 5

NU SEMNA ACEASTĂ FOAIE!
FOAIA VA FI ATAȘATĂ LUCRĂRII

FIȘĂ DE RĂSPUNS
Clasa a XII-a, Subiectul 1.b.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.