



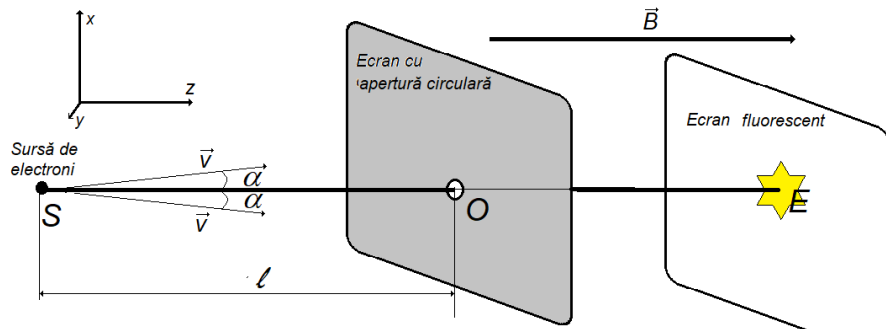
Problema I (10 puncte)

Electroni în mișcare

Pentru toate sarcinile de lucru ale problemei, se va considera că electronii se deplasează în spații vidate, în care nu există alte particule și că numărul electronilor în unitatea de volum este foarte mic, astfel încât interacțiunile dintre electroni sunt neglijabile. De asemenea, se va considera că vitezele cu care electronii se deplasează sunt mult mai mici decât viteza luminii și că sunt cunoscute masa electronului m și sarcina sa electrică $e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Sarcina de lucru nr. 1

Într-o regiune din spațiu este creat un câmp magnetic uniform cu inducția \vec{B} . Un fascicul îngust de electroni având viteze egale în modul, v , este lansat la momentul $t = 0$ pe direcția SOE paralelă cu direcția inducției câmpului magnetic \vec{B} - ca în figura alăturată. Fasciculul de electroni este ușor divergent, astfel că electronii din fascicul se pot deplasa pe direcții care fac

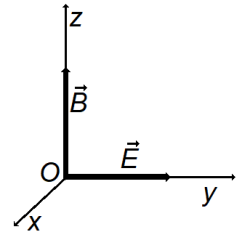


unghiuri $\alpha \leq 5^\circ$ față de direcția inducției \vec{B} . Pe direcția fasciculului, la distanța l , este plasat perpendicular un ecran având o apertură circulară cu raza $R \ll m \cdot v / (e \cdot B)$, centrată pe direcția fasciculului. În fața fasciculului de electroni este plasat un ecran fluorescent care devine luminos atunci când este bombardat cu electroni. În deplasarea sa, electronul plecat din S sub un unghi $\alpha \neq 0^\circ$ în planul ySz al figurii, trece prin puncte aparținând dreptei SOE.

1.a.	Determină expresiile evoluțiilor în timp ale coordonatelor $x(t), y(t)$ și $z(t)$ ale electronului. Exprimă rezultatele în funcție de m, e, v, B, α .	(1,5 p)
1.b.	Schițează traiectoria electronului.	(0,5 p)
1.c.	Describe o metodă prin care, folosind dispozitivul din figură (cu l, v având valori fixate) și variind mărimea inducției B a câmpului magnetic, s-ar putea determina valoarea sarcinii specifice e/m a electronului.	(1,0 p)

Sarcina de lucru nr. 2

Într-o regiune din spațiu este creat un câmp electric uniform, având intensitatea \vec{E} ; în aceeași regiune este creat și un câmp magnetic uniform, cu inducția \vec{B} , $\vec{B} \perp \vec{E}$ (vezi figura alăturată).



La momentul inițial $t_0 = 0$, un electron având viteza zero este plasat în originea O a sistemului de coordonate.

2.a.	Determină expresiile evoluțiilor în timp ale coordonatelor electronului $x(t), y(t)$.	(1,0p)
2.b.	Dedu expresia analitică a traiectoriei electronului. Schițează traiectoria electronului.	(1,0p)
2.c.	Determină pozițiile $P_i(x_i, y_i)$ ale punctelor în care viteza electronului este nulă, precum și lungimea drumului dintre două astfel de puncte succesive P_i și P_{i+1} . Ai în vedere că pentru starea inițială $O \equiv P_0(x_0, y_0) \equiv (0, 0)$.	(1,0p)
2.d.	Dedu expresia vitezei medii cu care electronul se deplasează pe direcția Ox , între punctele succesive P_i și P_{i+1} (viteza driftului pe Ox).	(1,0p)

Sarcina de lucru nr. 3

Momentul magnetic este prin definiție vectorul caracteristic unui magnet, vector care, înmulțit vectorial cu inducția \vec{B} a câmpului magnetic în care este dispus magnetul dă vectorul momentului mecanic $\vec{M}_F = \vec{\mu} \times \vec{B}$, la care este supus magnetul când este plasat în câmpul \vec{B} . Se poate considera că o spiră parcursă de curent este un magnet cu înălțime foarte mică – o foaie magnetică.

3.a.	Determină expresia momentului mecanic care tinde să rotească o spiră circulară cu raza ρ dispusă în planul xOy , parcursă de curentul cu intensitatea I și aflată sub acțiunea unui câmp magnetic cu inducția $\vec{B} = B_z \cdot \hat{z} + B_x \cdot \hat{x}$.	(1,5p)
3.b.	Dedu expresia momentului magnetic al spirei μ_{spira} .	(0,5p)
3.c.	Determină expresia momentului magnetic $\vec{\mu}$ al electronului, care se rotește cu viteza $v_{\perp} \perp \vec{B}$ în jurul vectorului inducție magnetică $\vec{B} = B \cdot \hat{z}$. Exprimă rezultatul în funcție de m, e, v_{\perp}, B .	(1,0p)

© Subiect propus de:

Adrian DAFINEI, PhD



--

Foaie de Răspunsuri**Problema I (10 puncte)****Electroni în mișcare**

1.a.	$x(t) =$ $y(t) =$ $z(t) =$	1,5p
1.b.	Schiță a traiectoriei electronului	0,5p
1.c.	Descrierea metodei va fi prezentată în soluția problemei	1,0p
2.a.	$x(t) =$ $y(t) =$	1,0p
2.b.	Expresia analitică a traiectoriei electronului Schița traiectoriei electronului	1,0p
2.c.	Pozițiile $P_i(x_i, y_i)$ Lungimea drumului dintre două puncte succesive P_i și P_{i+1} .	1,0p

2.d.	Expresia vitezei driftului pe O_x	1,0p
3.a.	Expresia momentului mecanic	1,5p
3.b.	Expresia momentului magnetic al spirei	0,5p
3.c.	Expresia momentului magnetic al electronului	1,0p
Total		10p



Problema a II - a (10 puncte)

Despre atomii de hidrogen

Introducere

La începutul secolului al XX-lea, atât modelul planetar al atomului, propus de Ernest Rutherford, cât și modelul cuantificat al atomului de hidrogen, elaborat de Niels Bohr, au contribuit semnificativ la apariția și dezvoltarea Fizicii Atomice, chiar dacă aceste modele prezentau o serie de deficiențe.

Problema de față îți propune să analizezi câteva caracteristici ale celei mai simple structuri atomice, aceea a atomilor de hidrogen. În studiul pe care îl vei face, vei utiliza fie elemente de electrodinamică clasică, fie principiul de incertitudine, fie modelul atomic Bohr.

În rezolvarea diferitelor sarcini de lucru, folosește - după caz – simbolurile și valorile mărimilor fizice și constatarilor universale, indicate în tabelul nr.1, precum și simbolurile și/sau valorile mărimilor specificate în fiecare sarcină de lucru.

Tabelul nr. 1

Sarcina electrică elementară	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Masa electronului	$m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Viteza luminii în vid	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Permeabilitatea magnetică a vidului	$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$
Permitivitatea electrică a vidului	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$
Constanta lui Planck	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Energia de legătură pentru atomul de hidrogen, aflat în starea fundamentală	$W_{leg} = 13,6 \text{ eV}$

Sarcina de lucru nr. 1 – Atomul de hidrogen și electrodinamica clasică

În cadrul sarcinii de lucru nr.1 vei analiza atomul de hidrogen din perspectiva modelului planetar clasic și vei investiga, din punct de vedere al electrodinamicii clasice, stabilitatea acestui atom.

În conformitate cu electrodinamica clasică, orice particulă cu sarcină electrică aflată într-o mișcare cu accelerație emite energie sub formă de radiație electromagnetică.

Pentru un electron care se deplasează cu accelerația \vec{a} , viteza de pierdere a energiei este dată de relația

$$\frac{dE}{dt} = -\frac{\mu_0 e^2}{6\pi c} \vec{a}^2 \quad (1)$$

1.a.	Estimează, din punct de vedere al electrodinamicii clasice, intervalul de timp τ , în care electronul, în mișcare pe o orbită circulară cu raza de $0,53 \text{ \AA}$ într-un atom de hidrogen, ar cădea pe nucleu. Pentru estimarea pe care o faci, poți considera că accelerația \vec{a} este tot timpul orientată spre centrul atomului.	(2,0 p)
-------------	--	---------

Sarcina de lucru nr. 2– Atomul de hidrogen si principiul de incertitudine

O altă abordare extrem de utilă în studiul sistemelor atomice și care permite estimarea valorilor unor mărimi fizice specifice acestor sisteme, constă în utilizarea principiului de incertitudine.

În cadrul acestei sarcinii de lucru, ți se cere faci un studiu pentru atomii de hidrogen, studiu bazat pe principiul de incertitudine.

2.a.	Estimează cea mai mică valoare permisă pentru energia electronului dintr-un atom de hidrogen si valoarea corespunzătoare a distanței electronului față de nucleu.	(1,5 p)
-------------	---	---------

Consideră că un fascicul paralel de atomi de hidrogen, având viteza $v = 650 \text{ m/s}$ cade normal pe un paravan P , având o deschidere (apertură) circulară, al cărei diametru δ poate fi variat. Atomii de hidrogen care trec prin această apertură determină apariția unei imagini pe un ecran situat la distanța $L = 1,50 \text{ m}$ de paravanul P . Ecranul este așezat paralel cu paravanul.

2.b.	Estimează valoarea diametrului δ al aperturii, astfel încât imaginea formată de fasciculul de atomi de hidrogen pe ecran să aibă un diametru minim.	(1,5 p)
-------------	--	---------

Sarcina de lucru nr. 3– Modelul Bohr pentru atomul de hidrogen

Modelul atomic propus de Niels Bohr, pentru atomul de hidrogen a reprezentat o etapă importantă în evoluția cunoștințelor despre sistemele atomice.

În cadrul sarcinii de lucru nr.3, vei investiga câteva dintre proprietățile atomilor de hidrogen și ale ionilor hidrogenoizi, utilizând modelul Bohr.

3.a.	Demonstrează expresia frecvenței emise de un atom de hidrogen la trecerea de la starea staționară caracterizată prin numărul cuantic principal k la aceea caracterizată prin numărul cuantic principal n .	(1,5 p)
-------------	--	---------

3.b.	Un atom de hidrogen, aflat în starea excitată corespunzătoare numărului cuantic principal n , se poate dezexcita în diferite moduri. Determină expresia numărului N de linii spectrale care ar putea fi emise, luând în considerare toate dezexcitățile posibile.	(1,0 p)
-------------	---	---------

3.c.	Dedu expresia puterii minime de rezoluție a unui instrument spectral capabil să rezolve primele κ linii din seria Balmer a atomului de hidrogen.	(1,5 p)
-------------	---	---------

3.d.	Știind că energia de legătură a unui electron în starea fundamentală într-un atom de heliu este de $24,6 \text{ eV}$, determină valoarea minimă a energiei necesare pentru a înlătura ambii electroni din atomul de heliu.	(1,0 p)
-------------	---	---------

© Subiect propus de:

Delia Constanța DAVIDESCU, PhD



eFizică!
31 Octombrie 2021

Codul concurentului -- Problema

--

Foaie de Răspunsuri

Problema a II - a (10 puncte)

Despre atomii de hidrogen

1.a.	$\tau =$	2,0p
2.a.	Cea mai mică valoare permisă pentru energia electronului dintr-un atom de hidrogen Valoarea corespunzătoare a distanței electronului față de nucleu	1,5p
2.b.	$\delta =$	1,5p
3.a.	$V_{kn} =$ Notă: Demonstrația va fi scrisă în soluția problemei.	1,5p
3.b.	$N =$	1,0p
3.c.	Expresia puterii minime de rezoluție	1,5p
3.d.	Valoarea minimă a energiei necesare pentru a înlătura ambii electroni din atomul de heliu	1,0p
Total		10p