



Problema teoretică nr. 1 (10 puncte) – Polarizarea luminii (10 puncte)

Lumina naturală este o undă electromagnetică nepolarizată, adică o undă în care direcția vectorului intensitate a câmpului electric variază aleatoriu. Dacă intensitatea câmpului electric are o direcție invariabilă în timp, unda electromagnetică se numește liniar polarizată.

Sarcina de lucru nr.1 – Filtre de polarizare (2,0 puncte)

Un filtru de polarizare, numit și polarizor, este o folie cu o anumită direcție de transmisie a vectorului intensitate a câmpului electric al luminii incidente pe el. Dacă fasciculul incident este nepolarizat, cel emergent este liniar polarizat, cu direcția de oscilație a câmpului electric dată de direcția de transmisie a polarizorului. Analiza fasciculului de lumină emergent din polarizor se face așezând în spatele acestuia, paralel cu el, un al doilea filtru de polarizare, numit analizor.

Un fascicul paralel de lumină naturală, cu intensitatea I_0 , este incident normal, în aer, pe un polarizor ideal plan, străbătând apoi un analizor ideal plan, așezat paralel cu polarizorul. Unghiul dintre direcțiile de transmisie ale analizorului și polarizorului este θ . Se neglijează absorbția luminii în filtrele de polarizare și în aer.

1.a.	Determină expresia intensității I a luminii la ieșirea din analizor în funcție de intensitatea I_0 a luminii incidente pe polarizor și de unghiul θ .	1,20 p
-------------	--	--------

Între polarizorul P_1 de mai sus și analizorul A se așază un al doilea polarizor, P_2 , a cărui direcție de transmisie face unghiul β cu direcția de transmisie a lui P_1 . Direcția de transmisie a lui A este perpendiculară pe cea a lui P_1 .

1.b.	Determină valoarea unghiului β pentru care intensitatea I a luminii la ieșirea din analizor este maximă, precum și expresia valorii maxime a intensității, în funcție de intensitatea I_0 a luminii naturale, incidente pe polarizor.	0,80 p
-------------	---	--------

Sarcina de lucru 2: Dubla refracție (8,0 puncte)

Se construiește un polarizor dintr-un cristal ce prezintă o proprietate optică specială, numită birefrință (de ex. cuarțul). Atunci când o rază incidentă de lumină nepolarizată este incidentă pe un astfel de cristal, refracția conduce la apariția a două raze refractate, denumite raza ordinară, respectiv raza extraordinară, iar fenomenul se numește birefrință sau dublă refracție. Pentru fiecare rază în parte cristalul are un alt indice de refracție, însă doar raza ordinară respectă mereu legea lui Snell a refracției (raza extraordinară respectă legea lui Snell doar în anumite condiții). Cele două raze au stări de polarizare diferite.

O lamă birefrință subțire este astfel tăiată încât razele ordinară și extraordinară sunt liniar polarizate după direcții reciproc perpendiculare. La ieșirea din lamă, cele două raze nu au putut fi separate substanțial.

2.a.	Demonstrează că prin suprapunerea razelor ordinară și extraordinară, după ieșirea din lamă, nu se poate obține un tablou de interferență, deși cele două unde sunt coerente.	1,00 p
-------------	--	--------

Se confecționează o lamă (o prismă dreptunghiulară dreaptă) din spat de Islanda ($n_e = 1,516$ și $n_o = 1,658$). Pentru unda extraordinară, vectorii intensitate a câmpului electric \vec{E} și inducție electrică \vec{D} , necoliniari, se găsesc într-un plan ce conține axa optică a cristalului. Pentru precizarea ideilor,



consideră că axa optică a cristalului este Ox și că vectorii amintiți mai sus se află în planul xOy (vectorul \vec{D} face unghiul α cu axa Ox, iar vectorul \vec{E} unghiul β cu aceeași axă), iar radiația luminoasă se propagă de-a lungul axei Oz. Vectorul \vec{E} este perpendicular pe direcția de propagare a undei \hat{k} , iar vectorul \vec{D} este perpendicular pe normala la suprafața de undă, \hat{N} .

Obs.: Permitivitatea electrică pe direcția axei optice a cristalului, ε_x , dă indicele de refracție al cristalului pentru raza ordinară, iar permitivitatea electrică pe direcția perpendiculară pe axa optică a cristalului, ε_y , dă indicele de refracție al cristalului pentru raza extraordinară.

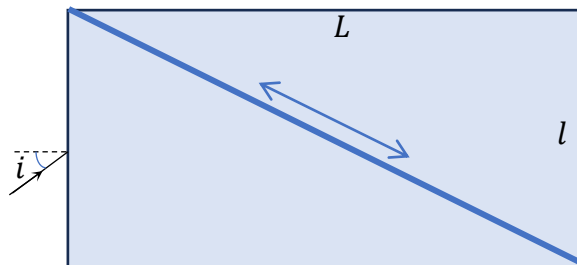
2.b.	Determină expresia matematică și valoarea numerică a unghiului maxim δ dintre versorii \hat{k} și \hat{N} . Pentru această valoare δ_{max} a unghiului δ , determină expresiile și valorile numerice ale unghiurilor α și β .	2,50 p
-------------	---	--------

O lamă birefringentă subțire, din spat de Islanda, este astfel tăiată încât fețele de intrare și ieșire a luminii sunt paralele cu axa sa optică. Lama, a cărei grosime este h , este plasată între un polarizor P și un analizor A, așezați paralel cu fețele lamei amintite mai sus. Direcțiile de transmisie ale lui P și A formează unghiurile α , respectiv β cu axa optică a lamei. Pe acest sistem optic se trimite, la incidență normală, un fascicul paralel de lumină naturală cu intensitatea I_0 . Se neglijează absorbția luminii.

2.c.	Dedu expresia matematică a intensității luminii în fasciculul emergent din sistemul optic de mai sus.	2,00 p
-------------	---	--------

2.d.	Determină expresia grosimilor posibile h ale lamei (în funcție de lungimea de undă λ a luminii) pentru care intensitatea fasciculului emergent din sistemul optic de mai sus (2.c.) este maximă atunci când polarizorul și analizorul sunt așezați în cruce ($\alpha - \beta = \pi/2$). De asemenea, justifică cum trebuie orientată axa de transmisie a polarizorului (P și A sunt în cruce) față de axa optică a lamei anizotrope pentru ca fasciculul emergent să aibă intensitatea maximă posibilă, precum și expresia acestei intensități maxime posibile.	0,70 p
-------------	--	--------

O prismă din spat de Islanda are secțiunea transversală un dreptunghi cu laturile l și L . Prisma se taie în două de-a lungul unui plan diagonal, iar axa sa optică este în planul tăieturii. Cele două jumătăți astfel obținute se lipesc cu un strat subțire de balsam de Canada ($n = 1,54$). O rază de lumină este incidentă pe o față laterală a prisme sub unghiul de incidență, necunoscut, i , (v. desenul realizat în secțiune) și se constată că raza ordinară suferă reflexie totală la interfața prismă – balsam, iar raza extraordinară traversează stratul de balsam de Canada fără a fi deviată. În cazul special descris aici, raza extraordinară respectă și ea legea lui Snell a refracției.



2.e.	Determină expresiile matematice și calculează valorile numerice pentru unghiul de incidență i și pentru raportul l/L al laturilor secțiunii prisme.	1,80 p
-------------	---	--------



--

Foaie de Răspunsuri

Problema nr. 1 (10 puncte) – Polarizarea luminii

....

1.a.	$I =$	1,20p
1.b.	$\beta =$ $I_{max} =$	0,80p
2.a	Demonstrație:	1,00p



--

2.b.	$tg\delta_{max} =$ $\delta_{max} =$ $tg\beta =$ $\beta =$ $tg\alpha =$ $\alpha =$	2,50p
2.c.	$I =$	2,00p
2.d.	$h =$ $I_{max} =$ $\alpha =$	0,70p
2.e.	$sini =$ Valoarea numerică: $i =$ $\frac{l}{L} =$ Valoarea numerică: $\frac{l}{L} =$	1,80p
Total		10p



Problema teoretică nr. 2 (10 puncte)

Levitatie optică

Această problemă îți propune să analizezi câteva situații referitoare la levitația unei sfere perfect reflectante, plasată într-un fascicul laser și să precizezi tipul de echilibru al sferei, pentru fiecare dintre situațiile analizate.

Consideră o sferă rază R , perfect reflectantă. Sfera este omogenă, iar densitatea acesteia este ρ . Pentru a obține levitația sferei se utilizează fasciculul cilindric al unui dispozitiv laser, fascicul în care fotonii se propagă pe verticală, de jos în sus și sunt incidenți pe sferă. Ai în vedere că secțiunea transversală a fasciculului laser este circulară și că raza fasciculului este mai mare decât raza sferei. Viteza fotonilor din fasciculul laser este \bar{c} , iar accelerația gravitațională este \bar{g} .

Sarcina de lucru nr. 1

În cadrul sarcinii de lucru nr. 1 vei analiza cazul în care sfera este așezată inițial pe o placă de forma unui paralelipiped drept. Placa este construită dintr-un material perfect transparent. Dispozitivul laser este situat sub fețele orizontale, perfect plane, ale plăcii paralelipipedice și este reglat astfel încât fotonii din fasciculul laser să se propage pe direcție verticală, de jos în sus, să fie incidenți normal pe fața inferioară orizontală a plăcii, iar sfera să fie situată în totalitate în interiorul fasciculului laser. Când dispozitivul laser este pus în funcțiune, fasciculul laser traversează fără atenuare placa și o parte a acesteia este incident pe sferă.

1.a.	Determină expresia puterii minime P a părții din fasciculul laser, incident pe sferă, astfel încât aceasta să leviteze.	(3,6 p)
1.b.	Precizează tipul de echilibru al sferei în fasciculul laser și argumentează pe scurt răspunsul.	(0,8 p)

Sarcina de lucru nr. 2

Sarcina de lucru nr. 2 îți propune să analizezi cazul în care aceeași sferă este așezată pe o lentilă divergentă, subțire, plan-concavă, cu distanță focală foarte mare. Lentila este situată în plan orizontal, iar centrul sferei și centrul lentilei se află pe aceeași verticală. Modulul distanței focale a lentilei îndeplinește condiția $|f| \gg R$.

Dispozitivul laser situat sub lentila divergentă este reglat astfel încât fotonii din fasciculul laser să se propage către lentilă, pe direcție verticală, de jos în sus, iar sfera să fie situată în totalitate în interiorul fasciculului laser. Fasciculul laser traversează fără atenuare lentila divergentă.

În cadrul acestei sarcini de lucru, dacă îți este necesar, poți folosi următoarele aproximații, pentru unghiuri α mici: $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$ și $\cos \alpha \approx 1$

2.a.	Determină expresia I a intensității minime a fasciculului laser, care produce levitația sferei.	(4,8 p)
2.b.	Pentru situația analizată în cadrul acestei sarcini de lucru, precizează tipul de echilibru al sferei în fasciculul laser și argumentează pe scurt răspunsul.	(0,8 p)

© Subiect propus de:
Prof. Dr. Delia DAVIDESCU



--

Foaie de Răspunsuri

Problema teoretică nr. 2 (10 puncte)

Levitatie optică

1.a.	Expresia puterii minime a părții din fasciculul laser, incident pe sferă, astfel încât aceasta să leviteze $P =$	3,6p
1.b.	Precizarea tipului de echilibru al sferei în fasciculul laser Argumentarea pe scurt a răspunsul	0,8p
2.a.	Expresia intensității minime a fasciculului laser, care produce levitația sferei $I =$	4,8p
2.b.	Precizarea tipului de echilibru al sferei în fasciculul laser Argumentarea pe scurt a răspunsul	0,8p
Total		10p