



Problema I (10 puncte)

Două surse identice de lumină S_1 și S_2 , aflate la distanță mare una față de alta, emit unde monocromatice cu lungimea de undă λ . Un observator O se află la distanța d_1 de sursa S_1 și la distanța d_2 față de sursa S_2 . El observă o figură de interferență pe un ecran perpendicular pe linia care trece prin surse și observator. Dacă distanțele dintre el și fiecare sursă sunt multiplu al lungimii de undă λ și mult mai mari decât λ , determină mărimea primei interfranje de lângă observator când:

- sursele și observatorul sunt coliniare și de aceeași parte a observatorului;
- sursele și observatorul se află în vârfurile unui triunghi echilateral, iar ecranul de observație conține observatorul și este paralel cu linia S_1S_2 ;
- sursele se află pe circumferința unui cerc, pe același diametru, iar ecranul de observație este tangent la cerc în punctul în care se află observatorul pe cerc.

Problema II (10 puncte)

A. Două nave spațiale relativiste **A** și **B** au aceeași masă de repaus m . La momentul $t_0 = 0$ navele pleacă simultan, din repaus, în același sens pe direcții paralele, sub acțiunea unor forțe constante de module F_A și F_B . Deduceți expresiile pentru viteza și coordonata fiecărei nave la momentul t . În continuare, presupunem că între forțele constante avem relația $F_B = \beta \cdot F_A$, unde $0 < \beta < 1$. Stabiliți o relație între viteza navei **A** la momentul t_A și viteza navei **B** la momentul t_B , dacă $t_A = \beta \cdot t_B$ și de asemenea, o relație între distanțele parcurse de cele două nave, începând de la $t_0 = 0$ și până la t_A , respectiv t_B , dacă $t_A = \beta \cdot t_B$.

B. Considerăm un corp **A** care se mișcă cu viteza \vec{v} , paralel cu axa Ox a unui sistem de referință inerțial (**K**) și care la un moment dat absoarbe un foton de energie ε , emis de o sursă S_0 , fixă față de (**K**), spre corpul **A**. După absorbția fotonului, corpul **A** se oprește față de (**K**).

Să se demonstreze pe acest exemplu, formula lui Planck $\varepsilon = h\nu$ (adică să se arate că raportul dintre energia unui foton și frecvența lui este un invariant relativist, notat cu h).

Problema III (10 puncte)

Una din caracteristicile efectului fotoelectric extern este mărimea fizică numită randamentul cuantic ζ , definită ca raportul dintre numărul de electroni emiși și numărul de fotoni incidenți pe suprafața unui metal. Această mărime, în general, nu este constantă.

Analizăm următorul experiment de studiu al efectului fotoelectric extern. Pe o placă metalică este incidentă o undă electromagnetică plană de ecuație $E(t) = E_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$, în care amplitudinea este $E_0 = 15$ V/m, iar pulsația $\omega = 9,5 \cdot 10^{15}$ rad/s, φ_0 fiind o fază inițială oarecare.



Numim această undă, de referință. În acest caz se obține o dependență a intensității curentului electric de tensiunea aplicată între electrozi, care este reprezentată pe fig. 1.

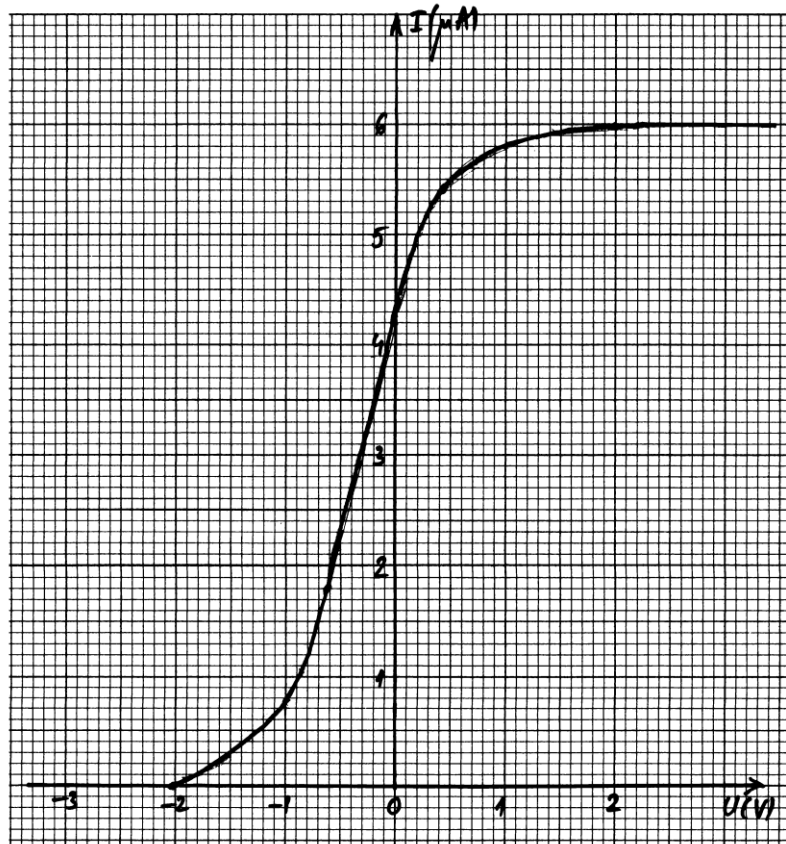


Fig.1

1.a Considerăm că pe placă este incidentă acum o undă plană de ecuație $E(t) = E_1 \cos(\omega t + \varphi_0)$, unda noua amplitudine este $E_1 = 25$ V/m. Determinați în acest caz tensiunea de stopare și intensitatea curentului de saturație.

1.b Acum pe placă este incidentă unda de ecuație $E(t) = E_0 \cos(\omega' t + \varphi_0)$, unde noua pulsație este $\omega' = 8,0 \cdot 10^{15}$ rad/s. Determinați și în acest caz tensiunea de stopare și intensitatea curentului de saturație.

2. Determinați tensiunea de stopare și intensitatea curentului de saturație, dacă pe placă este incidentă unda de ecuație:

a) $E(t) = E_0 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$, având pulsațiile $\omega_1 = 9,50 \cdot 10^{15}$ rad/s și $\omega_2 = 1,5 \cdot 10^{14}$ rad/s.



b) $E(t) = E_0(1 + \cos \omega t) \cos(\omega t + \varphi_0)$, având E_0 și ω ale unei de referință.

3.1 Aria plăcii metalice pe care este incidentă unda este $S = 0,05 \text{ m}^2$, iar unghiul de iradiere este $\alpha = 30^\circ$ cu suprafața plăcii. Folosind datele aflate la dispoziție, determinați randamentul cuantic al efectului fotoelectric, presupus constant.

3.2 Dependența randamentului cuantic de frecvența radiației este destul de puternică și ea se poate neglija numai în probleme idealizate. Pentru determinarea acestei dependențe, placa de la punctul 3.1 a fost iradiată cu unde de forma $E(t) = E_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$, având $E_0 = 15 \text{ V/m}$, iar frecvența variabilă. Pentru diverse valori ale acestei frecvențe s-a obținut tabelul 1. Folosind acest tabel, reprezentați graficul aproximativ al dependenței randamentului cuantic de frecvența radiației incidente, în intervalul maxim posibil al frecvențelor.

Tabel 1

Nr. determinării	$U_s(\text{V})$	$I_{\text{sat}}(\mu\text{A})$
1	0,7	1,5
2	1,3	4,5
3	1,7	5,5
4	2,0	6,0
5	2,4	6,5
6	2,8	6,6
7	3,1	6,5
8	3,8	6,3

Se dau: constanta lui Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, viteza luminii în vid $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, permitivitatea electrică absolută a vidului $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ și sarcina elementară $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Subiecte propuse de:
Prof. Gabriel FLORIAN, Colegiul Național “Carol P” Craiova
Prof. Liviu ARICI, Colegiul Național „Nicolae Bălcescu” Brăila