

CLASA a XII - a * Rezolvări și bareme *

Problema 1.

A. Un flux de radiație violetă cu lungimea de undă egală cu 410 nm cade pe o bilă de rubidiu cu raza de 3,6 mm situată destul de departe de alte corpuri. Să se determine numărul maxim de electroni care pot părăsi bila prin efect fotoelectric.

Se știu:

$$L_{\text{extractie}} = 3,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\varepsilon_0 = 8,856 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Rezolvare:

A. Electronii vor putea părăsi bila de rubidiu până când energia primită nu mai e suficientă pentru a se îndepărta la infinit.

Potențialul electric al bilei: $V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} = \frac{Ne}{4\pi\varepsilon_0 r}$ 1 punct

Lucrul mecanic necesar pentru ca electronul să ajungă la infinit:

$$L = e(V - V_\infty) = eV = e \frac{Ne}{4\pi\varepsilon_0 r}$$
 1 punct

Energia cu care este expulzat un electron: $E_e = h\nu - L_{\text{extr.}} = \frac{hc}{\lambda} - L_{\text{extr.}}$ 1 punct

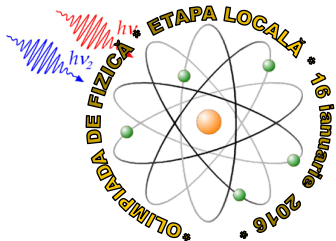
$$\text{Din } L = E_e \Rightarrow \frac{Ne^2}{4\pi\varepsilon_0 r} = \frac{hc}{\lambda} - L_{\text{extr.}} \Rightarrow N = \frac{4\pi\varepsilon_0 r}{e^2} \left(\frac{hc}{\lambda} - L_{\text{extr.}} \right) = 2,12 \cdot 10^6 \text{ electroni. } 1,5 \text{ puncte}$$

B. Un cilindru din sticlă se mișcă cu viteza constantă $\vec{u}$ orientată de-a lungul axei sale, paralelă cu axa Ox a unui sistem de referință inerțial imobil. Pe axa cilindrului se află o sursă punctiformă de lumină. Determinați viteza luminii față de sistemul imobil. Se va considera că lumina se propagă:

- În sensul vitezei $\vec{u}$;
- În sens contrar ei. Indicele de refracție al sticlei este egal cu n dacă acesta se află în repaus. Analizați noțiunea de indice de refracție în cazul mediului în mișcare.

Rezolvare:

$$\text{a) } u_{xa} = \frac{u + \frac{c}{n}}{1 + \frac{u}{c^2} \cdot \frac{c}{n}} = \frac{nu + c}{nc + u} \cdot c \quad 1 \text{ punct}$$



CLASA a XII - a * Rezolvări și bareme *

$$b) \quad u_{xb} = \frac{u - \frac{c}{n}}{1 - \frac{u}{c^2} \cdot \frac{c}{n}} = \frac{nu - c}{nc - u} \cdot c \quad 1 \text{ punct}$$

$$c) \quad n_a = \frac{c}{u_{xa}} = \frac{c}{\frac{nu + c}{cn + u}} = \frac{cn + u}{nu + c} \quad 1 \text{ punct}$$

$$d) \quad n_b = \frac{c}{u_{xb}} = \frac{c}{\frac{nu - c}{cn - u}} = \frac{cn - u}{nu - c} \quad 1 \text{ punct}$$

Comentariu: indicele de refracție va depinde atât de valoarea vitezei mediului aflat în mișcare cât și de sensul mișcării acestuia. 0,5 puncte

Problema 2.

Într-un experiment de împrăștiere Compton, un electron staționar a fost bombardat cu un foton a cărui energie este egală cu energia de repaus a electronului. În cazul în care fotonul împrăștiat și electronul de recul au impulsurile cu aceeași valoare în modul, găsiți unghiul dintre cele două particule împrăștiate. Care este viteza electronului de recul în acest caz?

Rezolvare:

$$\text{ox: } \frac{h \nu_0}{c} = \frac{h \nu}{c} \cos \alpha + p \cos \beta$$

$$\text{oy: } \frac{h \nu}{c} \sin \alpha = p \sin \beta$$

1 punct

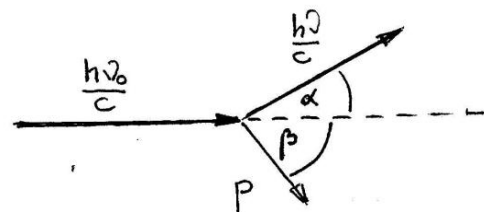
$$\text{Prin ipoteză: } h \nu_0 = m_0 c^2$$

$$\frac{h \nu}{c} = p \Rightarrow h \nu = pc$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \sin \beta \Rightarrow \alpha = \beta \Rightarrow \cos \alpha = \cos \beta \quad 0,5 \text{ puncte}$$

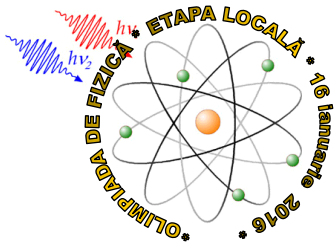
$$\frac{h \nu_0}{c} = \frac{h \nu}{c} \cos \alpha + p \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{\frac{h \nu_0}{c}}{\frac{h \nu}{c} + p} = \frac{h \nu_0}{2pc} = \frac{m_0 c^2}{2pc} \quad 1 \text{ punct}$$



Pe baza relației dintre energia totală, impuls și masa de repaus precum și a relației de conservare a energiei în procesul de ciocnire obținem:

$$E_{\text{tot}} = mc^2 = \sqrt{(m_0 c^2)^2 + (pc)^2} \quad 1 \text{ punct}$$



CLASA a XII - a * Rezolvări și bareme *

$$(mc^2)^2 = (m_0c^2)^2 + (pc)^2$$

$$h \nu_0 + m_0c^2 = h \nu + mc^2$$

1 punct

care împreună cu relațiile din ipoteză:

$$h \nu_0 = m_0c^2$$

$$h \nu = pc$$

obținem:

$$2m_0c^2 - pc = mc^2$$

$$(2m_0c^2 - pc)^2 = (mc^2)^2 \Rightarrow$$

$$4(m_0c^2)^2 + (pc)^2 - 4m_0c^2 \cdot pc = (mc^2)^2$$

1 punct

$$4(m_0c^2)^2 + (pc)^2 - 4m_0c^2 pc = (m_0c^2)^2 + (pc)^2 \Rightarrow 3(m_0c^2)^2 = 4(m_0c^2) \cdot pc \Rightarrow 3(m_0c^2) = 4pc$$

$$\text{Dar } \cos \alpha = \frac{m_0c^2}{2pc} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} = \frac{2}{3}$$

$$\alpha = \arccos \frac{2}{3} = 48^\circ, 18$$

$$\text{iar } \alpha + \beta = 2\alpha = 96^\circ, 36$$

2 puncte

$$\text{Pe de altă parte: } p = \frac{3}{4} \frac{m_0c^2}{c} = \frac{3}{4} m_0c \quad \text{și} \quad p = mv = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} v \Rightarrow \frac{3}{4} m_0c = \frac{m_0v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\frac{9}{16} \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) = \frac{v^2}{c^2} \Rightarrow v = \frac{3}{5} c$$

1,5 puncte

CLASA a XII - a * Rezolvări și bareme*

Problema 3.

O tijă formează unghiul α cu axa $o'x'$ a sistemului mobil de referință în care ea se află în repaus. Știind că axa $o'x'$ alunecă cu viteză constantă de-a lungul axei ox a sistemului fix de referință, să se determine valoarea vitezei la care pentru observatorul din sistemul fix lungimea tijei este de două ori mai mică decât lungimea în sistemul mobil. Stabiliți condiția în care este posibilă această situație.

Rezolvare:

$$l_{ox'} = l_0 \cos \alpha$$

$$l_{oy'} = l_0 \sin \alpha$$

$$l_x = l_{0x'} \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0 \cos \alpha \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$l_v = l_{ov'} = l_o \sin \alpha$$

$$l^2 = l_x^2 + l_y^2 \quad \text{unde}$$

$$l = \frac{l_0}{2} \Rightarrow \frac{l_0^2}{4} = l_0^2 \cos^2 \alpha \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) + l_0^2 \sin^2 \alpha \quad 2 \text{ puncte}$$

$$\frac{1}{4} = \cos^2 \alpha \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) + \sin^2 \alpha$$

$$\frac{1}{4} = \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha - \frac{v^2}{c^2} \cos^2 \alpha$$

$$\frac{v^2}{c^2} \cos^2 \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow v = \frac{c\sqrt{3}}{2|\cos \alpha|} \Rightarrow |\cos \alpha| = \frac{c\sqrt{3}}{v \cdot 2} \quad 3 \text{ punte}$$

la limită, dacă $v = c \Rightarrow$

$$|\cos \alpha| = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ, 150^\circ$$

Dar $v < c \Rightarrow -30^0 < \alpha < 30^0$ și $150^0 < \alpha < 210^0$ 2 puncte

