Ministerul Educaţiei Naţionale
Inspectoratul Şcolar Judeţean Vaslui
Str. Donici, Nr. 2
Tel. 0235311928, Fax. 0235311715
e-mail: isjvaslui@isj.vs.edu.ro,
website: http://isj.vs.edu.ro

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE

SUBIECTE
CLASA a XII-a

OLIMPIADA DE FIZICĂ
ETAPA LOCALĂ
19 Ianuarie 2014

Subiectul I

Suprafaţa curată a unei ţinte de litiu, având lucrul de extracţie $L_{Li} = 2,39eV$, este iluminată cu o radiaţie electromagnetică, a cărei intensitate de câmp electric variază în timp astfel $E(t) = E_0(1 + \cos\omega t)\sin\omega_0 t$, unde amplitudinea $E_0 = const.$, $\omega = 2,3 \cdot 10^{14}\,s^{-1}$ şi $\omega_0 = 3,77 \cdot 10^{15}\,s^{-1}$.

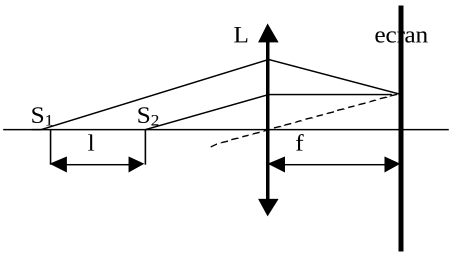
a) Să se arate că sub acţiunea acestei radiaţii se produce efect fotoelectric şi că fotoelectronii emişi pot fi grupaţi în două subpopulaţii, ale căror energii cinetice maxime trebuie determinate.
b) Fotonii radiaţiei de mai sus, câte unul din fiecare radiaţie monocromatică ce o compune, ajung simultan, pe aceeaşi direcţie şi în acelaşi sens la ţinta aflată iniţial în repaus.
b1) Ce impuls este transmis ţintei dacă fotoelectronii sunt emişi toţi de la suprafaţa sa, în acelaşi sens, pe o direcţie ce face unghiul $\alpha = 150^0$ cu direcţia fotonilor incidenţi?
b2) Ce valoare are unghiul făcut de impulsul ţintei cu impulsul fotonilor incidenţi?
Se cunosc: constanta lui Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}\,J \cdot s$, sarcina electrică elementară $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\,C$ masa electronului $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\,kg$, viteza luminii în vid $c = 3 \cdot 10^8\,m/s$.

Subiectul II

O bară a cărei lungime proprie este l_0 se mişcă rectiliniu și uniform cu viteza **v** față de un observator în repaus. Direcția barei face unghiul φ_0 cu direcția vitezei.
a) Care este lungimea l a barei în raport cu observatorul față de care bara se mișcă?
b) Care este unghiul φ dintre direcția barei și viteza sa pentru observator?

Subiectul III

Două surse punctiforme monocromatice S_1 şi S_2 sunt aşezate pe axa optică principală a unei lentile subţiri convergente L având distanţa focală **f**. Sursele se află la distanţa **l** una de alta. Perpendicular pe axa optică a lentilei la distanţa f de aceasta se aşează un ecran de observaţie ca în figură. Ştiind că oscilaţiile sursei $\mathbf{S_2}$ sunt defazate cu φ înaintea oscilaţiilor sursei $\mathbf{S_1}$, determinaţi:



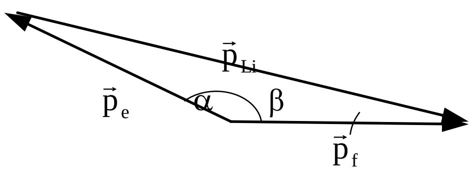
a) distanţa până la axa optică a lentilei, a punctelor ecranului în care se obţin maxime de interferenţă;
b) forma şi dimensiunile caracteristice franjelor de interferenţă care se obţin în cazul în care se scoate lentila **L**; ce valori trebuie să aibă defazajul **φ** pentru ca în centrul ecranului să apară un maxim de interferenţă când lentila **L** este scoasă.

1. Elevul are dreptul să rezolve subiectele în orice ordine dorește.
2. Durata probei este de 2 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
3. Fiecare subiect (I, II, III) se notează de la 1 la 10 puncte.

BAREM

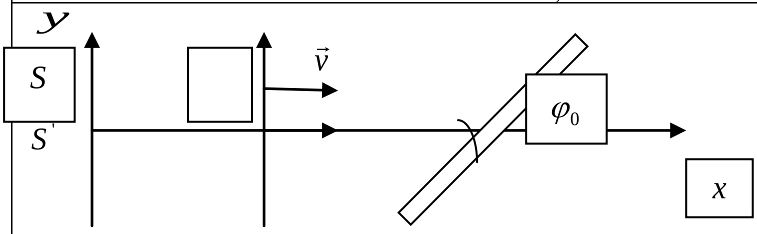
OLIMPIADA DE FIZICĂ
ETAPA LOCALĂ
19 Ianuarie 2014
CLASA a XII -a

Subiectul I

Soluție	Punctaj
a) $E(t) = E_0 \sin\omega_0 t + E_0 \sin\omega_0 t \cdot \cos\omega t$ $E(t) = E_0 \sin\omega_0 t + \frac{1}{2}\sin(\omega_0 + \omega)t + \frac{1}{2}\sin(\omega_0 - \omega)t$	1,5p
Relația evidențiază că radiația incidentă este compusă din trei radiații monocromatice, cu pulsațiile ω_0, $\omega_0 - \omega$ și $\omega_0 + \omega$. Valorile energiilor fotonilor care compun radiația sunt: $\begin{cases} \varepsilon_1 = \frac{h}{2\pi}(\omega_0 - \omega) = 37{,}2 \cdot 10^{-20}\,\mathrm{J} \\ \varepsilon_2 = \frac{h}{2\pi}\omega_0 = 39{,}62 \cdot 10^{-20}\,\mathrm{J} \\ \varepsilon_3 = \frac{h}{2\pi}(\omega_0 + \omega) = 42 \cdot 10^{-20}\,\mathrm{J} \end{cases}$	1,5p
Comparând valorile energiei fotonilor cu valoarea lucrului de extracție al catodului utilizat, $L_{Li} = 2{,}39\mathrm{eV} = 38{,}24 \cdot 10^{-20}\,\mathrm{J}$, se constată că doar energiile ε_2 și ε_3 produc efect fotoelectric. Energiile cinetice maxime ale fotoelectronilor extrași, obținute cu relația lui Einstein, sunt: $\begin{cases} E_{c2} = \varepsilon_2 - L_{Li} = 1{,}38 \cdot 10^{-20}\,\mathrm{J} \\ E_{c3} = \varepsilon_3 - L_{Li} = 3{,}76 \cdot 10^{-20}\,\mathrm{J} \end{cases}$	1p
b) b1) Aplicând conservarea impulsului, conform figurii, se poate scrie: $\vec{p}_f = \vec{p}_e + \vec{p}_{Li}$  	1p
Impulsul total al fotonilor incidenți este: $p_f = \frac{h}{2\pi c}\omega_0 + \frac{h}{2\pi c}(\omega_0 + \omega) + \frac{h}{2\pi c}(\omega_0 - \omega) = \frac{3h\omega_0}{2\pi c}$ $p_f = 3{,}96 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg \cdot m/s}$	1p
Impulsul total al fotoelectronilor extrași este: $p_e = \sqrt{2m_e E_{c2}} + \sqrt{2m_e E_{c3}} = 4{,}18 \cdot 10^{-25}\,\mathrm{kg \cdot m/s}$	1p
Aplicând teorema cosinusului în triunghiul din figură se obține:	1p

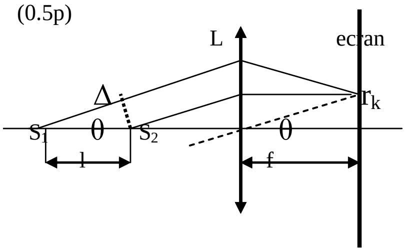
$p_{Li} = \sqrt{p_f^2 + p_e^2 - 2p_f p_e \cos\alpha}$ Rezultat final $p_{Li} = 4{,}21 \cdot 10^{-25} kg \cdot m/s$	
b2) Aplicând teorema sinusurilor în triunghiul impulsurilor se obține: $\frac{\sin\alpha}{p_{Li}} = \frac{\sin\beta}{p_e}$ de unde $\sin\beta = \frac{p_e \sin\alpha}{p_{Li}}$	0,5p
Rezultat final $\sin\beta = 0{,}49$	0,5p
Oficiu	1p
Total	**10 p**

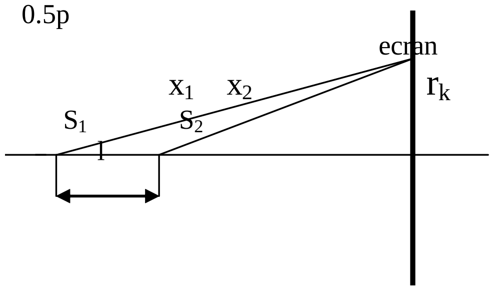
Subiectul II

Soluție	**Punctaj**
	1,5 p
$l_{0x} = l_0 \cos\varphi_0$, $l_{0y} = l_0 \sin\varphi_0$ a) $l_x = l_{0x}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, $l_y = l_{0y}$ $l = \sqrt{l_x^2 + l_y^2}$ $l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2\cos^2\varphi_0}{c^2}}$	1 p 1,5 p 2,5 p
b) $tg\varphi = \frac{l_y}{l_x} = \frac{l_0 \sin\varphi_0}{l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\cos\varphi_0} = \frac{tg\varphi_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, $\varphi > \varphi_0$	2,5 p
Oficiu	1 p
Total	**10 p**

BAREM

OLIMPIADA DE FIZICĂ
ETAPA LOCALĂ
19 Ianuarie 2014
CLASA a XII -a

Subiectul III	**Soluţie**	**Punctaj**
I. a)	$\varphi_2 = \omega \cdot \left(t - \frac{x_2}{c} \right) + \varphi$; $\varphi_1 = \omega \cdot \left(t - \frac{x_1}{c} \right)$; $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$	1p
	$\Rightarrow \Delta\varphi = \frac{\omega}{c} \cdot (x_1 - x_2) + \varphi$; $\delta = l \cdot \cos\theta = x_1 - x_2$ $\Rightarrow \Delta\varphi = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot l \cdot \cos\theta + \varphi$; pentru maxim $\Delta\varphi = 2 \cdot K \cdot \pi \Rightarrow \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot l \cdot \cos\theta + \varphi = 2 \cdot k \cdot \pi$;	0,5p
	(0.5p)  $r_k = f \cdot tg\theta = f \cdot \sqrt{\frac{1}{1 - \cos^2\theta} - 1}$ $\Rightarrow$ $r_k = f \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l^2}{\lambda^2 \cdot (2 \cdot k \cdot \pi - \varphi)^2} - 1}$	1p
	Franjele de interferenţă sunt cercuri concentrice de rază $\mathbf{r_k}$ cu centrele pe axa optică a lentilei.	
b)	$\Delta\varphi = \frac{\omega}{c} \cdot (x_1 - x_2) + \varphi$;	0,5 p
	$x_1 - x_2 = \sqrt{(D + l)^2 + r_k^2} - \sqrt{D^2 + r_k^2} \Rightarrow$	0,5 p
	$\Delta\varphi = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot \left[\sqrt{(D + l)^2 + r_k^2} - \sqrt{D^2 + r_k^2} \right] + \varphi$; pentru maxim $\Delta\varphi = 2 \cdot K \cdot \pi$	0,5p
	$\frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot \left[\sqrt{(D + l)^2 + r_k^2} - \sqrt{D^2 + r_k^2} \right] + \varphi = 2 \cdot k \cdot \pi \Rightarrow$	0,5 p
	$r_k = \sqrt{\left[\left(2 \cdot D \cdot l + l^2 - \left(\frac{\lambda \cdot (2 \cdot k \cdot \pi - \varphi)}{2 \cdot \pi} \right)^2 \right) \cdot \frac{\pi}{\lambda \cdot (2 \cdot k \cdot \pi - \varphi)} \right]^2 - D^2}$	0,5 p

	0.5p  $\Rightarrow$ Franjele de interferenţă sunt cercuri concentrice de rază $\mathbf{r_k}$ cu centrele pe axa optică a lentilei.	0,5p 0,5 p
c)	Diferenţa de fază între cele două unde care interferă în centrul ecranului este: $$\Delta\varphi = \frac{2\cdot\pi}{\lambda}\cdot l + \varphi$$ pentru maxim $\Delta\varphi = 2\cdot k\cdot\pi \Rightarrow$ $$\frac{2\cdot\pi}{\lambda}\cdot l + \varphi = 2\cdot k\cdot\pi \Rightarrow$$ $$\varphi = 2\cdot\pi\cdot\left(k - \frac{l}{\lambda}\right)$$	3 p
Oficiu		1 p
	Total	**10 p**