



Subiectul I. Efectul Compton ...		Parțial	Punctaj
<b>Barem subiectul I</b>			<b>10</b>
a.1.	Masa relativistă a electronului este: $m' = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	0,20	3
	Impulsul relativist al electronului este: $p_e = m'v$	0,10	
	Energia cinetică a electronului este: $E_c = m'c^2 - mc^2$	0,20	
	Deci: $E_c = \sqrt{m^2c^4 + p_e^2c^2} - mc^2$	0,20	
	Aplicăm legea de conservare a energiei: $\varepsilon = \varepsilon' + E_c$	0,20	
	Unde: $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} \Leftrightarrow \varepsilon = pc$ $\varepsilon' = \frac{hc}{\lambda'} \Leftrightarrow \varepsilon' = p'c$	0,20	
	Se ajunge la relația: $pc + mc^2 = p'c + \sqrt{p_e^2c^2 + m^2c^4}$	0,20	
a.	Aplicăm legea de conservare a impulsului: $\vec{p} = \vec{p}' + \vec{p}_e$	0,20	
	Sau: $p_e^2 = p^2 + p'^2 - 2pp' \cos \theta$	0,20	
	Efectuând calculele obținem: $\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{mc} (1 - \cos \theta) \Leftrightarrow \frac{h}{p'} - \frac{h}{p} = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta)$	0,20	
	Rezultă: $\lambda' = \lambda + \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta)$	0,10	
	Valoarea maximă a lungimii de undă a unui foton difuzat se determină din: $\begin{cases} \frac{d\lambda'}{d\theta} = 0 \\ \frac{d^2\lambda'}{d\theta^2} < 0 \end{cases}$	0,20	
	Obținem: $\theta = 180^\circ$	0,10	
	Deci: $\lambda'_{\max} = \lambda + 2 \frac{h}{mc}$	0,10	

- Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
- Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

	Rezultă: $\lambda'_{\max} = 18,95 \text{ pm} \cong 19,0 \text{ pm}$	0,10																															
	a.2. Conservarea impulsului pe componente: $p_e \cos \varphi = p - p' \cos \theta$ $p_e \sin \varphi = p' \sin \theta$	0,20																															
	Tangenta unghiului de împrăștiere pentru electron este: $\operatorname{tg} \varphi = \frac{p_e \sin \varphi}{p_e \cos \varphi} \Leftrightarrow \operatorname{tg} \varphi = \frac{\frac{h}{\lambda'} \sin \theta}{\frac{h}{\lambda} - \frac{h}{\lambda'} \cos \theta}$	0,10																															
	Rezultă: $\varphi = \operatorname{arctg} \left( \frac{\lambda}{\lambda + \frac{h}{mc}} \sqrt{\frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta}} \right)$	0,10																															
	Numeric: $\varphi = \operatorname{arctg} 3,185 \Leftrightarrow \varphi = 72,57^\circ \cong 72,6^\circ$	0,10																															
b.	b.1. Tabelul I.1.R conține valorile corespunzătoare pentru lungimea de undă a fotonilor difuzați.  <p style="text-align: center;"><b>Tabelul I.1.R</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th><math>\theta / ^\circ</math></th> <th><math>\cos \theta</math></th> <th><math>\lambda' / \text{pm}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>65</td><td>0,42</td><td>15,50</td></tr> <tr><td>70</td><td>0,34</td><td>15,70</td></tr> <tr><td>75</td><td>0,26</td><td>15,89</td></tr> <tr><td>80</td><td>0,17</td><td>16,11</td></tr> <tr><td>85</td><td>0,09</td><td>16,30</td></tr> <tr><td>90</td><td>0,00</td><td>16,52</td></tr> <tr><td>95</td><td>-0,09</td><td>16,74</td></tr> <tr><td>100</td><td>-0,17</td><td>16,93</td></tr> <tr><td>105</td><td>-0,26</td><td>17,15</td></tr> </tbody> </table>	$\theta / ^\circ$	$\cos \theta$	$\lambda' / \text{pm}$	65	0,42	15,50	70	0,34	15,70	75	0,26	15,89	80	0,17	16,11	85	0,09	16,30	90	0,00	16,52	95	-0,09	16,74	100	-0,17	16,93	105	-0,26	17,15	1,00	3
	$\theta / ^\circ$	$\cos \theta$	$\lambda' / \text{pm}$																														
65	0,42	15,50																															
70	0,34	15,70																															
75	0,26	15,89																															
80	0,17	16,11																															
85	0,09	16,30																															
90	0,00	16,52																															
95	-0,09	16,74																															
100	-0,17	16,93																															
105	-0,26	17,15																															
	În Figura I.1.R. este reprezentată dependența lungimii de undă a fotonului difuzat în funcție de unghiul $\theta$ .	1,50																															

- Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
- Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

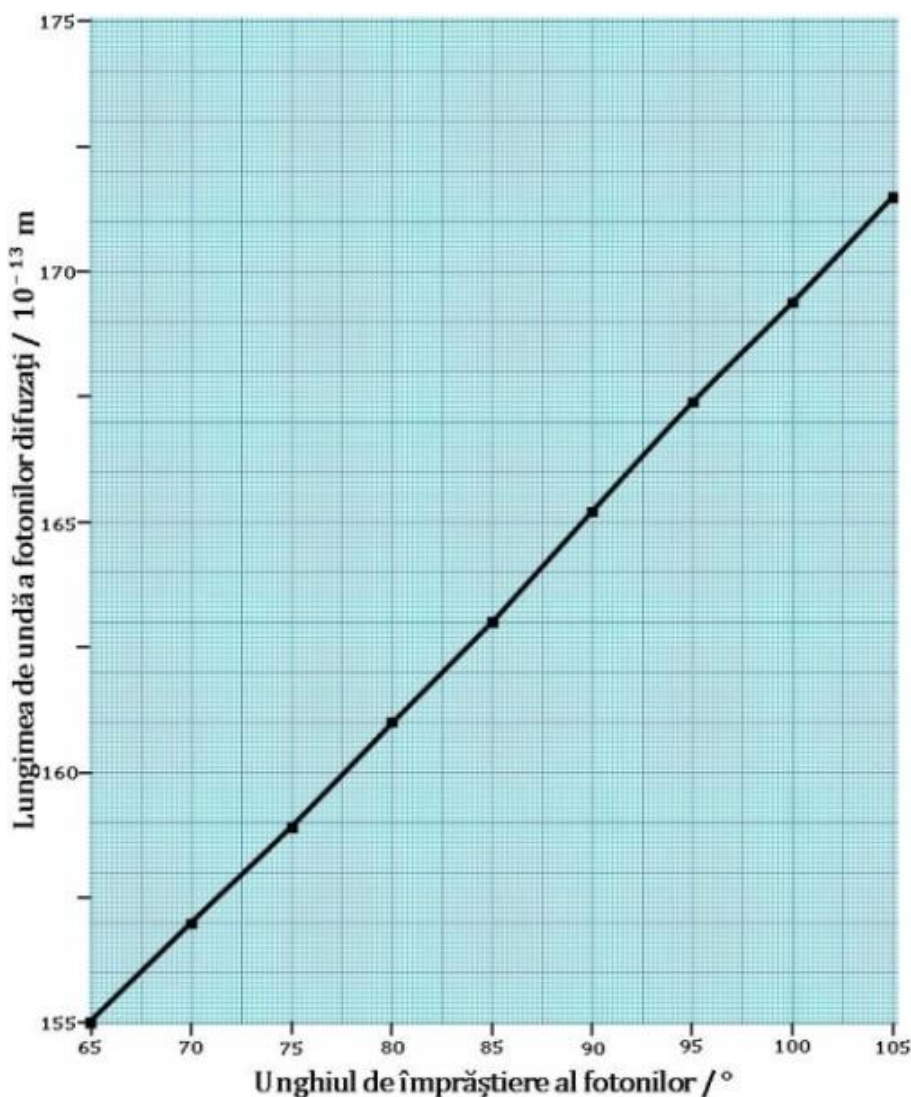


Figura I.1.R.

b.2. Variația relativă a frecvenței fotonului difuzat este:

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{\nu' - \nu}{\nu}$$

0,10

Unde:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu' = \frac{c}{\lambda'}$$

0,10

Deci:

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{\lambda - \lambda'}{\lambda'} \Leftrightarrow \frac{\Delta\nu}{\nu} = - \frac{\frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)}{\lambda + \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)}$$

0,10

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



	Dar:	$\theta = \beta - \varphi$ $\varphi = \frac{1}{3}\beta$	0,10	
	Rezultă:	$\frac{\Delta v}{v} = -7,92\%$	0,10	
c.	Legea de conservare a impulsului poate fi scrisă sub forma:	$p_e - p_f = p'_f + p'_e$	0,25	3
	Din legea conservării energiei:	$\varepsilon_f + E_e = \varepsilon'_f + E'_e \Leftrightarrow p_f c + E_e = p'_f c + E'_e \Leftrightarrow p_f + \frac{E_e}{c} = p'_f + \frac{E'_e}{c}$	0,25	
	Unde:	$\varepsilon_f = \frac{hc}{\lambda} \Leftrightarrow \varepsilon_f = p_f c$ $\varepsilon'_f = \frac{hc}{\lambda'} \Leftrightarrow \varepsilon'_f = p'_f c$ $E_e = \sqrt{m^2 c^4 + p_e^2 c^2} = c \sqrt{m^2 c^2 + p_e^2}$ $E'_e = \sqrt{m^2 c^4 + p_e'^2 c^2} = c \sqrt{m^2 c^2 + p_e'^2}$	0,25	
	Din sistemul de ecuații:	$\begin{cases} p'_f + p_f = p_e - p'_e \\ p_f - p'_f = \frac{E'_e - E_e}{c} \end{cases}$	0,25	
	Prin scăderea relațiilor, respectiv adunarea acestora, obținem sistemul:	$\begin{cases} \frac{E'_e}{c} + p'_e = \frac{E_e}{c} + p_e - 2p'_f \\ \frac{E'_e}{c} - p'_e = \frac{E_e}{c} - p_e + 2p_f \end{cases}$	0,25	
	În urma înmulțirii relațiilor ajungem la egalitatea:	$\frac{E_e'^2}{c^2} - p_e'^2 = \frac{E_e^2}{c^2} - p_e^2 + 2p_f \left( \frac{E_e}{c} + p_e \right) - 2p'_f \left( \frac{E_e}{c} + 2p_f - p_e \right)$	0,25	
	Dar:	$\frac{E_e'^2}{c^2} - p_e'^2 = m^2 c^2$ $\frac{E_e^2}{c^2} - p_e^2 = m^2 c^2$	0,25	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



Impulsul fotonului împrăștiat este: $p'_f = \frac{p_f \left( \frac{E_e}{c} + p_e \right)}{\frac{E_e}{c} - p_e + 2p_f}$	0,25	
Energia fotonului împrăștiat este: $\varepsilon'_f = \frac{\varepsilon_f (E_e + p_e c)}{E_e - p_e c + 2\varepsilon_f}$	0,25	
Dar: $p_e c = \sqrt{E_e^2 - m^2 c^4} = E_e \sqrt{1 - \frac{m^2 c^4}{E_e^2}} = E_e \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{m c^2}{E_e} \right)^2 \right]$	0,25	
Rezultă: $\varepsilon'_f = \frac{\varepsilon_f \left( 2E_e - \frac{1}{2} \frac{m^2 c^4}{E_e} \right)}{\frac{1}{2} \frac{m^2 c^4}{E_e} + 2\varepsilon_f}$	0,25	
Numeric: $\varepsilon'_f = 20,0 \text{ GeV}$	0,25	
Oficiu		1

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



Subiectul II. Unde sonore ...		Parțial	Punctaj
<b>Barem subiectul II</b>			<b>10</b>
a.	Unda incidentă este caracterizată de ecuația: $u_1(D, t) = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{D}{\lambda} \right)$	0,20	3
	Prin reflexia pe ecran unda reflectată pierde o semiundă. Ecuația undei reflectate este: $u_2(D, t) = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{\sqrt{4d^2 + D^2} + \frac{\ell}{2}}{\lambda} \right)$	0,20	
	Ecuația undei rezultante care ajunge la receptor este: $u_r(D, t) = u_1(D, t) + u_2(D, t)$	0,20	
	Efectuând calculele obținem: $u_r(D, t) = 2A \cos 2\pi \left( \frac{\sqrt{4d^2 + D^2} + \frac{\ell}{4} - D}{\ell} \right) \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{\sqrt{4d^2 + D^2} + \frac{\ell}{4} + D}{\ell} \right)$	0,20	
	unde: $T = \frac{1}{\nu}$	0,10	
	Undele sonore au frecvența: $\nu = \frac{c}{\lambda}$	0,10	
	Pentru tubul deschis la ambele capete: $\ell = n \frac{\lambda}{2}$	0,20	
	Pentru armonica de ordinul $n = 4$ avem: $\nu = \frac{2c}{\ell}$	0,20	
	Deci: $T = \frac{\ell}{2c}$	0,20	
	Rezultă: $u_r(D, t) = 2A \cos 2\pi \left( \frac{\sqrt{4d^2 + D^2} + \frac{\ell}{4} - D}{\ell} \right) \sin 2\pi \left( 2 \frac{tc}{\ell} - \frac{\sqrt{4d^2 + D^2} + \frac{\ell}{4} + D}{\ell} \right)$	0,20	
	Amplitudinea rezultantă este: $A_r = 2A \cos 2\pi \left( \frac{\sqrt{4d^2 + D^2} + \frac{\ell}{4} - D}{\ell} \right)$	0,20	
	Din enunțul problemei: $A_r = \frac{A_{r\max}}{2}$	0,20	
	Amplitudinea rezultantă maximă este: $A_{r\max} = \pm 2A$	0,20	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



Deci:	$2\pi \left( \frac{\sqrt{4d^2 + D^2} + \frac{\ell}{4} - D}{\ell} \right) = \frac{2\pi}{3}$	0,20
Ajungem la relația:	$\sqrt{4d^2 + D^2} = D + \frac{\ell}{12}$	0,20
Rezultă:	$D = \frac{24d^2}{\ell} - \frac{\ell}{24}$	0,10
Se impune condiția:	$\ell < 24d$	0,10
<b>b.1.</b> Se consideră o pătură de aer sub forma unui cilindru cu masa $\delta m$ și volumul $\delta V$ ale cărei molecule oscilează la fel. Sub acțiunea undei, pătura oscilează forțat având pulsația excitatorului (unda). Ea este echivalentă cu un oscilator a cărui constantă elastică echivalentă este:	$\delta k = \delta m \omega^2$	0,20
Unde:	$\begin{aligned} \delta m &= \rho_0 \delta V \\ \delta V &= S \delta l \end{aligned}$	0,20
și a cărui energie este:	$E = \frac{\delta k A'^2}{2}$	0,20
Derivând energia în raport cu timpul:	$\frac{dE}{dt} = \frac{A'^2}{2} \frac{d}{dt} (\delta k)$	0,20
Obținem:	$\frac{dE}{dt} = \frac{A'^2 \omega^2}{2} \frac{d}{dt} (\delta m)$	0,20
Sau:	$\frac{dE}{dt} = \frac{A'^2 \omega^2}{2} \rho_0 S \frac{d}{dt} (\delta l)$	0,20
Dar:	$\frac{d}{dt} (\delta l) = c$	0,20
Deci:	$\frac{dE}{dt} = \frac{A'^2 \omega^2}{2} \rho_0 S c$	0,20
Intensitatea undei sonore este:	$I = \frac{dE}{S dt}$	0,20
Obținem:	$I = \frac{A'^2 \omega^2}{2} \rho_0 c$	0,20

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



	Dar:	$\omega = 2\pi\nu$	0,10	
	Rezultă:	$I = 2\pi^2\nu^2 A'^2 \rho_0 c$	0,20	
	Numeric:	$I = 5,3 \cdot \text{mW/m}^2$	0,20	
	<b>b.2.</b> Nivelul sonor este:	$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}$	0,25	
	Rezultă:	$L = 97 \text{ dB}$	0,25	
c.	<b>c.1.</b> Când sursa sonoră se apropie cu viteza maximă de receptor, atunci frecvența undelor care ajung la receptor este maximă și are expresia:	$v_{\max} = v_0 \frac{c}{c - v_{\max}} \Leftrightarrow v_{\max} = v_0 \frac{c}{c - \omega A_0}$	0,20	3
	Când sursa sonoră se depărtează cu viteza maximă față de receptor, atunci frecvența undelor care ajung la receptor este minimă și are expresia:	$v_{\min} = v_0 \frac{c}{c + v_{\max}} \Leftrightarrow v_{\min} = v_0 \frac{c}{c + \omega A_0}$	0,20	
	Banda de frecvență este:	$\Delta\nu = v_{\max} - v_{\min}$	0,20	
	Obținem:	$\Delta\nu = v_0 c \frac{2\omega A_0}{c^2 - \omega^2 A_0^2}$	0,20	
	Sau:	$(A_0^2 \Delta\nu) \omega^2 + 2v_0 c A_0 \omega - c^2 \Delta\nu = 0$	0,20	
	Efectuând calculele obținem:	$\omega = \frac{c v_0}{A_0 \Delta\nu} \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\Delta\nu}{v_0} \right)^2} - 1 \right)$	0,20	
	Numeric:	$\omega = 4,1 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$	0,20	
	<b>c.2.</b> Fie $t' < t$ momentul de timp când sursa emite semnalul care ajunge la detector la momentul $t$ . La acest moment sursa se află, față de receptor, la distanța:	$x = \frac{at'^2}{2}$	0,20	
Viteza sursei la momentul $t'$ este:	$v_s = at'$	0,20		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.





Frecvența semnalului emis de sursă la momentul $t'$ și care ajunge la receptor, este: $v = v_0 \frac{c}{c + v_s} = v_0 \frac{c}{c + at'}$	0,20	
Din momentul emisiei $t'$ până la momentul recepției $t$ sunetul parcurge distanța: $x = c\Delta t = c(t - t')$	0,20	
Se obține ecuația: $\frac{at'^2}{2} + ct' - ct = 0$	0,20	
Soluția acceptată este cea pozitivă, deci : $t' = \frac{-c + \sqrt{c^2 + 2act}}{a}$	0,20	
Așadar: $v = v_0 \frac{c}{\sqrt{c^2 + 2act}}$	0,20	
Numeric: $v = 71 \text{ Hz}$	0,20	
Oficiu		<b>1</b>

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



Subiectul III. Semnal luminos emis de pe o rachetă cosmică		Parțial	Punctaj
Barem subiectul III			10
	<p>Relațiile dintre coordonatele spațio-temporale ale unui eveniment, raportate la sistemele inerțiale S și S', exprimate prin transformările Lorentz:</p> $x' = x = 0; y' = \frac{y - u \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; z' = z = 0; t' = \frac{t - \frac{u}{c^2} \cdot y}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}},$	1,00	
	<p>Evenimentul E - reflexia semnalului luminos pe suprafața oglinzii plane</p> <p>Coordonatele în sistemul S: <math>x = 0; z = 0; y = 0; t = t_0;</math></p> <p>Coordonatele în sistemul S': <math>x' = 0; z' = 0; y' = \frac{-u \cdot t_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}; t' = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}.</math></p>	1,00	
a.	<p>evenimentul E<sub>1</sub> - emisia semnalului luminos din rachetă (originea O' a sistemului mobil, S')</p> <p>Coordonatele în sistemul S': <math>x_1' = 0; z_1' = 0; y_1' = 0; t_1'</math></p> <p>Coordonatele în sistemul S <math>x_1 = 0; z_1 = 0; y_1 = \frac{u \cdot t_1'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; t_1 = \frac{t_1'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}</math> (1)</p> <p>Calculul lui t<sub>1</sub>'</p> <p>La momentul emiterii semnalului luminos t<sub>1</sub></p> $y_1 = c \cdot (t_0 - t_1)$ <p>Folosind relațiile (1) se obține</p> $t_1' = t_0 \cdot \sqrt{\frac{1 - \frac{u}{c}}{1 + \frac{u}{c}}}$ <p>Rezultat: coordonatele evenimentului E<sub>1</sub></p> <p>Coordonatele în sistemul S': <math>x_1' = 0; z_1' = 0; y_1' = 0; t_1' = t_0 \cdot \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}}</math></p> <p>Coordonatele în sistemul S: <math>x_1 = 0; z_1 = 0; y_1 = \frac{u \cdot t_0}{1 + \beta}; t_1 = \frac{t_0}{1 + \beta}</math></p>	0,50	3

- Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
- Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

	<p>Evenimentul <math>E_2</math> - recepția semnalului luminos de către observatorul din rachetă <math>O'</math>, din sistemul <math>S'</math></p> <p>- în sistemul <math>S'</math>: <math>x_2' = 0; z_2' = 0; y_2' = 0; t_2'</math>;</p> <p>- în sistemul <math>S</math>: <math>x_2 = 0; z_2 = 0; y_2 = \frac{u \cdot t_2'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; t_2 = \frac{t_2'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}</math>, (2)</p> <p>Calculul lui <math>t_2'</math> folosind relațiile (2):</p> $y_2 = c \cdot (t_2 - t_0)$ <p>rezultă</p> $t_2' = t_0 \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{u}{c}}{1 - \frac{u}{c}}}$ <p>Rezultat coordonatele evenimentului <math>E_2</math></p> <p>- în sistemul <math>S'</math>: <math>x_2' = 0; z_2' = 0; y_2' = 0; t_2' = t_0 \cdot \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}}</math></p> <p>- în sistemul <math>S</math>: <math>x_2 = 0; z_2 = 0; y_2 = \frac{u \cdot t_0}{1 - \beta}; t_2 = \frac{t_0}{(1 - \beta)}</math></p>	0,50	
b.	<p>Folosind relațiile</p> $t_1' = t_0 \cdot \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}}, t_2' = t_0 \cdot \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}}$ <p>rezultă</p> $t_1' \cdot t_2' = t_0^2$	1,00	1
c.	$(\Delta t)_{\text{dus}} = t_0 - t_1, (\Delta t')_{\text{dus}} = t' - t_1' \text{ sau } \left( \frac{\Delta t}{\Delta t'} \right)_{\text{dus}} = \frac{t_0 - t_1}{t' - t_1'}$	0,20	2
	Efectuarea calculelor	0,30	
	$\left( \frac{\Delta t}{\Delta t'} \right)_{\text{dus}} = \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}}$	0,20	
	$(\Delta t)_{\text{retur}} = t_2 - t_0; (\Delta t')_{\text{retur}} = t_2' - t'; \text{ sau } \left( \frac{\Delta t}{\Delta t'} \right)_{\text{retur}} = \frac{t_2 - t_0}{t_2' - t'}$	0,20	
	Efectuarea calculelor	0,30	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



	$\left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{retur}} = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}$	0,10	
	$\left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{dus-int ors}} = \frac{(\Delta t)_{\text{dus}} + (\Delta t)_{\text{retur}}}{(\Delta t')_{\text{dus}} + (\Delta t')_{\text{retur}}}$	0,10	
	$\left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{dus-int ors}} = \frac{t_0 - t_1 + t_2 - t_0}{t'_1 - t'_1 + t'_2 - t'_1} = \frac{t_2 - t_1}{t'_2 - t'_1}$	0,10	
	Eectuarea calculelor	0,30	
	$\left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{dus-întors}} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$	0,10	
	Se observă că $\left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{dus}} < 1$ , $\left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{retur}} > 1$ și $\left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{dus-întors}} > 1$  La limita $u \ll c$ ; $\frac{u^2}{c^2} \ll 1$ , adică viteză nerelativistă toate intervalele de timp sunt egale.	0,10	
d.	Pentru observatorul O, din sistemul fix S, semnalul emis de pe racheta cosmică, este recepționat ca provenind de la o sursă care se depărtează cu viteza $u$ .	0,40	3
	Dacă T este perioada unei măsurate de observatorul fix, distanța dintre două suprafețe de undă separate de o perioadă care ajung la receptor, adică lungimea de undă măsurată în sistemul fix este, $\lambda = (c+u) \cdot T,$	0,40	
	Relația dintre perioada măsurată în sistemul fix și perioada măsurată în sistemul propriu al sursei $T = \frac{T'_0}{\sqrt{1-\left(\frac{u}{c}\right)^2}}$	0,40	
	Înlocuind se obține $\lambda = (c+u) \cdot \frac{c \cdot T'_0}{\sqrt{(c-u) \cdot (c+u)}} = c \cdot T'_0 \cdot \sqrt{\frac{(c+u)}{(c-u)}}$	0,40	
	Știind că $T'_0 = \frac{1}{v_{\text{emis}, O'}}$ , relația devine $v_{\text{recepționat}, O} = v_{\text{emis}, O'} \cdot \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} < v_{\text{emis}, O'}$ .	0,40	
După reflexie, situația este similară primului caz:	0,40		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



MINISTERUL EDUCAȚIEI Olimpiada de Fizică  
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București  
5 martie 2023  
Barem de evaluare și de notare

XII

pagina 13 din 13

	Este emis un semnal luminos cu frecvența $v_{\text{emis, O}} = v_{\text{receptionat, O}} = v_{\text{emis, O'}} \cdot \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}$		
	Și semnalul ajuns pe rachetă provine de la o sursă care se depărtează cu viteza $u$ În aceste condiții: $v_{\text{receptionat, O'}} = v_{\text{emis, O}} \cdot \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} < v_{\text{emis, O}}$	0,40	
	$v_{\text{receptionat, O'}} = v_{\text{emis, O'}} \cdot \frac{1-\beta}{1+\beta} < v_{\text{emis, O'}}$	0,20	
Oficiu			1

Barem propus de:

**Prof. Dr. Gabriel FLORIAN**, Colegiul Național „Carol I”, Craiova

**Prof. Dr. Luciu ALEXANDRESCU**, Colegiul Național „Dr. Ioan Meșotă”, Brașov

**Prof. Dr. Mihail SANDU**, Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești

**Prof. Sorin TROCARU**, Liceul Teoretic „Aurel Vlaicu”, Breaza

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.