



**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**

**14 martie 2026**

**Barem de evaluare și de notare**

pagina 1 din 14

<b>Barem Subiectul I: Natura cuantică a radiației și a electronului ...</b>						<b>Parțial</b>	<b>Punctaj</b>
<b>a) Ecuația lui Einstein pentru efectul fotoelectric este:</b>						0,75	<b>8 p</b>
$\varepsilon = L_{ext} + E_c$							
unde:						0,75	
$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$							
$E_c = eU$							
$U_s = U + U_c$							
Deci:						0,50	
$\frac{hc}{\lambda} = L_{ext} + e(U_s - U_c)$							
Obținem:						0,50	
$U_s = \left(\frac{hc}{e}\right) \frac{1}{\lambda} - \left(\frac{L_{ext}}{e} - U_c\right)$							
Avem:						0,50	
unde:							
$y = U_s, x = \frac{1}{\lambda}, a = \left(\frac{hc}{e}\right) \text{ și } b = -\left(\frac{L_{ext}}{e} - U_c\right)$							
Unde:						0,50	
$a = \frac{10 \sum_{i=1}^{10} \frac{1}{\lambda_i} U_{s,i} - \sum_{i=1}^{10} \frac{1}{\lambda_i} \sum_{i=1}^{10} U_{s,i}}{10 \sum_{i=1}^{10} \left(\frac{1}{\lambda_i}\right)^2 - \left(\sum_{i=1}^{10} \frac{1}{\lambda_i}\right)^2}$							
$b = \frac{\sum_{i=1}^{10} U_{s,i} - a \sum_{i=1}^{10} \frac{1}{\lambda_i}}{10}$							
Datele experimentale și prelucrarea acestora pentru cerința (a) sunt prezentate în Tabelul I.1.R.							
<b>Tabelul I.1.R. Datele experimentale și prelucrarea acestora pentru cerința (a)</b>							
Nr. măs.	$\lambda/\text{nm}$	$U_s/\text{V}$	$\frac{1}{\lambda} / \left(\frac{1}{\text{nm}}\right)$	$\left(\frac{1}{\lambda}\right)^2 / \left(\frac{1}{\text{nm}}\right)^2$	$\frac{1}{\lambda} U_s / \left(\frac{\text{V}}{\text{nm}}\right)$	2,00	
1	248,00	2,68	0,0040322581	0,0000162591	0,0108064516		
2	275,56	2,18	0,0036289737	0,0000131695	0,0079111627		
3	310,00	1,68	0,0032258065	0,0000104058	0,0054193548		
4	330,67	1,43	0,0030241631	0,0000091456	0,0043245532		
5	354,29	1,18	0,0028225465	0,0000079668	0,0033306049		
6	381,54	1,05	0,0026209572	0,0000068694	0,0027520050		
7	413,33	0,68	0,0024193743	0,0000058534	0,0016451746		
8	442,86	0,48	0,0022580499	0,0000050988	0,0010838640		
9	476,92	0,28	0,0020967877	0,0000043965	0,0005871006		
10	516,67	0,08	0,0019354714	0,0000037460	0,0001548377		

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.



**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**

**14 martie 2026**

**Barem de evaluare și de notare**

pagina 2 din 14

Obținem:	$\sum_{i=1}^{10} U_{s,i} = 11,72 \text{ V}$ $\sum_{i=1}^{10} \frac{1}{\lambda_i} = 0,0280643884 \frac{1}{\text{nm}}$ $\sum_{i=1}^{10} \left(\frac{1}{\lambda_i}\right)^2 = 0,0000829109 \left(\frac{1}{\text{nm}}\right)^2$ $\sum_{i=1}^{10} \frac{1}{\lambda_i} U_{s,i} = 0,0380151091 \frac{\text{V}}{\text{nm}}$	1,00	7 p
Așadar:	$a = 1234,65 \text{ nm V}$ $b = -2,29 \text{ V}$	1,00	
Pentru cerința (a) rezultă:	$h_{(a)} = 6,58 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$	0,50	
b) Pentru fiecare punct calculăm:	$ \Delta U_i  =  U_{s,i} - U_i $	1,00	
Unde:	$U_i = a \frac{1}{\lambda_i} + b$ $i \in [1,10]$ <p>Aici <math>i</math> reprezintă numărul măsurătorii.</p>	0,50	
Datele experimentale și prelucrarea acestora pentru cerința (b) sunt prezentate în Tabelul I.2.R.			
Tabelul I.2.R. Datele experimentale și prelucrarea acestora pentru cerința (b)			
Nr. măsurătorii	$U_s/\text{V}$	$U/\text{V}$	$ \Delta U /\text{V}$
1	2,68	2,6854601	0,0054601
2	2,18	2,1875443	0,0075443
3	1,68	1,6897730	0,0097730
4	1,43	1,4408136	0,0108136
5	1,18	1,1918874	0,0118874
6	1,05	0,9429947	0,1070053
7	0,68	0,6941101	0,0141101
8	0,48	0,4949306	0,0149306
9	0,28	0,2958279	0,0158279
10	0,08	0,0966583	0,0166583

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.

Olimpiada de Fizică  
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

14 martie 2026

Barem de evaluare și de notare

pagina 3 din 14

<p>Pentru <math>i = 6</math> obținem incertitudinea experimentală <math> \Delta U_6  = 0,1070053 \text{ V}</math>. Comparăm această valoare cu incertitudinea absolută:</p> $\frac{ \Delta U_6 }{ \Delta U_0 } = 5,350265 = 5,35$ <p>Se constată că avem incompatibilitate, deci eliminăm datele experimentale pentru <math>i = 6</math> și păstrăm celelalte date experimentale.</p>	0,50																																																													
<p>Așadar:</p> $U_s \left( \frac{1}{\lambda} \right) = a' \frac{1}{\lambda} + b'$	0,50																																																													
<p>Unde:</p> $a' = \frac{9 \sum_{j=1}^{10} \frac{1}{\lambda_j} U_{s,j} - \sum_{j=1}^{10} \frac{1}{\lambda_j} \sum_{j=1}^{10} U_{s,j}}{9 \sum_{j=1}^{10} \left( \frac{1}{\lambda_j} \right)^2 - \left( \sum_{j=1}^{10} \frac{1}{\lambda_j} \right)^2}$ $b' = \frac{\sum_{j=1}^{10} U_{s,j} - a \sum_{j=1}^{10} \frac{1}{\lambda_j}}{9}$ <p style="text-align: center;"><math>j \in [1,10] / \{6\}</math></p> <p>Aici <math>j</math> reprezintă numărul măsurătorii.</p>	0,50																																																													
<p>Folosim datele experimentale din Tabelul I.1.R și eliminăm datele experimentale pentru <math>i = 6</math> (vezi Tabelul I.3.R).</p> <p style="text-align: center;"><b>Tabelul I.3.R. Datele experimentale și prelucrarea acestora din cerința (a) pentru cerința (b)</b></p> <table><tr><th>Nr. măs.</th><th><math>\lambda/\text{nm}</math></th><th><math>U_s/\text{V}</math></th><th><math>\frac{1}{\lambda} / \left( \frac{1}{\text{nm}} \right)</math></th><th><math>\left( \frac{1}{\lambda} \right)^2 / \left( \frac{1}{\text{nm}} \right)^2</math></th><th><math>\frac{1}{\lambda} U_s / \left( \frac{\text{V}}{\text{nm}} \right)</math></th></tr><tr><td>1</td><td>248,00</td><td>2,68</td><td>0,0040322581</td><td>0,0000162591</td><td>0,0108064516</td></tr><tr><td>2</td><td>275,56</td><td>2,18</td><td>0,0036289737</td><td>0,0000131695</td><td>0,0079111627</td></tr><tr><td>3</td><td>310,00</td><td>1,68</td><td>0,0032258065</td><td>0,0000104058</td><td>0,0054193548</td></tr><tr><td>4</td><td>330,67</td><td>1,43</td><td>0,0030241631</td><td>0,0000091456</td><td>0,0043245532</td></tr><tr><td>5</td><td>354,29</td><td>1,18</td><td>0,0028225465</td><td>0,0000079668</td><td>0,0033306049</td></tr><tr><td>7</td><td>413,33</td><td>0,68</td><td>0,0024193743</td><td>0,0000058534</td><td>0,0016451746</td></tr><tr><td>8</td><td>442,86</td><td>0,48</td><td>0,0022580499</td><td>0,0000050988</td><td>0,0010838640</td></tr><tr><td>9</td><td>476,92</td><td>0,28</td><td>0,0020967877</td><td>0,0000043965</td><td>0,0005871006</td></tr><tr><td>10</td><td>516,67</td><td>0,08</td><td>0,0019354714</td><td>0,0000037460</td><td>0,0001548377</td></tr></table>	Nr. măs.	$\lambda/\text{nm}$	$U_s/\text{V}$	$\frac{1}{\lambda} / \left( \frac{1}{\text{nm}} \right)$	$\left( \frac{1}{\lambda} \right)^2 / \left( \frac{1}{\text{nm}} \right)^2$	$\frac{1}{\lambda} U_s / \left( \frac{\text{V}}{\text{nm}} \right)$	1	248,00	2,68	0,0040322581	0,0000162591	0,0108064516	2	275,56	2,18	0,0036289737	0,0000131695	0,0079111627	3	310,00	1,68	0,0032258065	0,0000104058	0,0054193548	4	330,67	1,43	0,0030241631	0,0000091456	0,0043245532	5	354,29	1,18	0,0028225465	0,0000079668	0,0033306049	7	413,33	0,68	0,0024193743	0,0000058534	0,0016451746	8	442,86	0,48	0,0022580499	0,0000050988	0,0010838640	9	476,92	0,28	0,0020967877	0,0000043965	0,0005871006	10	516,67	0,08	0,0019354714	0,0000037460	0,0001548377		
Nr. măs.	$\lambda/\text{nm}$	$U_s/\text{V}$	$\frac{1}{\lambda} / \left( \frac{1}{\text{nm}} \right)$	$\left( \frac{1}{\lambda} \right)^2 / \left( \frac{1}{\text{nm}} \right)^2$	$\frac{1}{\lambda} U_s / \left( \frac{\text{V}}{\text{nm}} \right)$																																																									
1	248,00	2,68	0,0040322581	0,0000162591	0,0108064516																																																									
2	275,56	2,18	0,0036289737	0,0000131695	0,0079111627																																																									
3	310,00	1,68	0,0032258065	0,0000104058	0,0054193548																																																									
4	330,67	1,43	0,0030241631	0,0000091456	0,0043245532																																																									
5	354,29	1,18	0,0028225465	0,0000079668	0,0033306049																																																									
7	413,33	0,68	0,0024193743	0,0000058534	0,0016451746																																																									
8	442,86	0,48	0,0022580499	0,0000050988	0,0010838640																																																									
9	476,92	0,28	0,0020967877	0,0000043965	0,0005871006																																																									
10	516,67	0,08	0,0019354714	0,0000037460	0,0001548377																																																									
<p>Obținem:</p> $\sum_{j=1}^{10} U_{s,j} = 10,67 \text{ V}$ $\sum_{j=1}^{10} \frac{1}{\lambda_j} = 0,0254434312 \frac{1}{\text{nm}}$	1,00																																																													

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.

Olimpiada de Fizică  
Etapă județeană/a sectoarelor municipiului București

14 martie 2026

Barem de evaluare și de notare

pagina 4 din 14

$\sum_{j=1}^{10} \left( \frac{1}{\lambda_j} \right)^2 = 0,0000760414 \left( \frac{1}{\text{nm}} \right)^2$ $\sum_{j=1}^{10} \frac{1}{\lambda_j} U_{s,j} = 0,0352631040 \frac{\text{V}}{\text{nm}}$		
<p>Așadar:</p> $a' = 1240,02 \text{ nm V}$ $b' = -2,32 \text{ V}$	0,50	
<p>Pentru cerința (b) rezultă:</p> $h_{(b)} = 6,61 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$	0,50	
<p>c) Dacă nu apare curent, atunci energia fotonului este mai mică decât lucrul mecanic de extracție:</p> $\varepsilon < L_{ext}$	1,00	5 p
<p>Energia fotonului pentru lungimea de undă <math>\lambda' = 620 \text{ nm}</math> este:</p> $\varepsilon' = \frac{h_{(b)} c}{\lambda'}$	0,50	
<p>Obținem:</p> $L_{ext} > 3,20 \cdot 10^{-19} \text{ J} \Leftrightarrow L_{ext} > 2,00 \text{ eV}$	0,50	
<p>Pentru fotonului cu lungimea de undă de <math>516,67 \text{ nm}</math> se produce efect fotoelectric, iar tensiunea de stopare este <math>0,08 \text{ V}</math>. În acest caz:</p> $L_{ext} < 3,84 \cdot 10^{-19} \text{ J} \Leftrightarrow L_{ext} < 2,40 \text{ eV}$	0,50	
<p>Rezultă:</p> $L_{ext} \in (3,20 \cdot 10^{-19} \text{ J}; 3,84 \cdot 10^{-19} \text{ J}) \Leftrightarrow L_{ext} \in (2,00 \text{ eV}; 2,40 \text{ eV})$	0,50	
<p>Dar:</p> $b' = - \left( \frac{L_{ext}}{e} - U_c \right)$ <p>unde:</p> $b' = -2,32 \text{ V}$	0,50	
<p>Pentru <math>L_{ext} &gt; 2,00 \text{ eV}</math> obținem:</p> $U_c > -0,32 \text{ V}$	0,50	
<p>Pentru <math>L_{ext} &lt; 2,40 \text{ eV}</math> obținem:</p> $U_c < 0,08 \text{ V}$	0,50	
<p>Rezultă:</p> $U_c \in (-0,32 \text{ V}; 0,08 \text{ V})$	0,50	
<p>d) Pentru difracția de ordinul I, lungimea de undă de Broglie este dată de relația matematică:</p> $\lambda_B = 2d \sin \alpha$	1,50	6 p
<p>Impulsul electronului este:</p> $p = \frac{h_{(b)}}{\lambda_B}$	0,75	
<p>Dar:</p> $p = m_e v$	0,75	

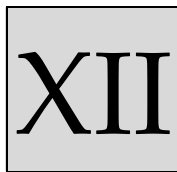
1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi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



**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**

**14 martie 2026**

**Barem de evaluare și de notare**



pagina 5 din 14

Deci:	$\frac{v}{c} = \frac{h_{(b)}}{\lambda_B m_e c}$	0,50	
Rezultă:	$\frac{v}{c} = 0,01$	0,50	
Mișcarea electronilor este nerelativistă deoarece $v \ll c$ .			
Energia cinetică a electronului este:	$E_{c,e} = \frac{p^2}{2m_e}$	0,75	
Tensiunea de accelerare este:	$U' = \frac{E_{c,e}}{e}$	0,75	
Rezultă:	$U' = 33,1 \text{ V}$	0,50	<b>4 p</b>
e) Pentru $\theta = \pi/2$ rad avem:	$\Delta\lambda = \frac{h_{(b)}}{m_e c}$	1,50	
Având în vedere rezultatul obținut la cerința (b) pentru constanta Planck obținem:		0,50	
$\Delta\lambda = 2,42 \cdot 10^{-12} \text{ m}$			
Sistemul de detecție poate evidenția o variație relativă a lungimii de undă de cel puțin $1,0 \cdot 10^{-4}$ , deci:	$\frac{\Delta\lambda}{\lambda''} = 1,00 \cdot 10^{-4}$	0,50	
Dar:	$\lambda'' \leq \lambda_{max}$	1,00	
Rezultă:	$\lambda_{max} = 2,42 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	0,50	
<b>Total Subiectul I</b>			<b>30 p</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.

**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**

**14 martie 2026**

**Barem de evaluare și de notare**

pagina 6 din 14

Barem Subiectul II: Fotoni, Rachete, Atomi și Viteza Relativă Relativistă	Parțial	Punctaj
<p><b>a)</b></p> <p>Utilizând ecuațiile transformărilor Lorentz speciale directe, precizate în enunțul problemei :</p> $x = x'; y = \frac{y' + v_0 t'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; z = z'; t = \frac{t' + \frac{v_0}{c^2} y'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}};$ <p>calculăm:</p> $v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{dx'}{dt} = \frac{dx'}{dt' + \frac{v_0}{c^2} dy'} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}} = \frac{dx'}{dt' \left(1 + \frac{v_0}{c^2} \frac{dy'}{dt'}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}};$ $v_x = \frac{\frac{dx'}{dt'}}{\left(1 + \frac{v_0}{c^2} \frac{dy'}{dt'}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}; v_x = \frac{v'_{x'}}{\left(1 + \frac{v_0 v'_{y'}}{c^2}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}};$ $v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{\frac{dy'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}}{dt' + \frac{v_0}{c^2} dy'} = \frac{dy' + v_0 dt'}{dt' + \frac{v_0}{c^2} dy'} = \frac{\left(v_0 + \frac{dy'}{dt'}\right) dt'}{\left(1 + \frac{v_0}{c^2} \frac{dy'}{dt'}\right) dt'};$ $\frac{dy'}{dt'} = v'_{y'}; v_y = \frac{v_0 + v'_{y'}}{1 + \frac{v_0 v'_{y'}}{c^2}};$ $v_z = \frac{\frac{dz'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}}{\left(1 + \frac{v_0}{c^2} \frac{dy'}{dt'}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}; v_z = \frac{v'_{z'}}{\left(1 + \frac{v_0 v'_{y'}}{c^2}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}};$ <p>unde <math>v_x</math>, <math>v_y</math> și <math>v_z</math> reprezintă componentele vectorului viteză, <math>\vec{v}</math>, ale punctului material M, în raport cu sistemul de referință fix, S. (se acordă cele 4 p și pentru scrierea directă a relațiilor de transformare a vitezelor)</p> <p>-----</p> <p>În problema pe care o rezolvăm, știind că mobilul M este fotonul F, cunoaștem, din enunțul problemei:</p> $v_0; v'_{x'} = 0; v'_{y'} = v' = c; v'_{z'} = 0,$	4 p	8 p

- 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.

**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**

**14 martie 2026**

**Barem de evaluare și de notare**

pagina 7 din 14

<p>astfel încât, utilizând relațiile stabilite, rezultă:</p> $v_x = 0; \quad v_y = \frac{v_0 + v'_y}{1 + \frac{v_0 v'_y}{c^2}}; \quad v_y = \frac{v_0 + c}{1 + \frac{v_0 c}{c^2}} = \frac{v_0 + c}{1 + \frac{v_0}{c}} = c; \quad v_y = c; \quad v_z = 0,$ <p>reprezentând componentele vectorului viteză, <math>\vec{v}</math>, ale fotonului, în raport cu observatorul O din sistemul S, astfel încât:</p> $\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k} = v_y \vec{j} = c \vec{j}; \quad v = c.$ <p><i>Concluzie:</i> viteza fotonului este aceeași, <math>v = c</math>, în raport cu ambele sisteme de referință, S și respectiv S', și deci în raport cu ambii observatori O și respectiv O'. Viteza luminii este aceeași în raport cu orice SRI.</p> <p>Rezultat în acord cu principiul constanței vitezei luminii în raport cu orice SRI.</p>	<p align="center">4 p</p>	
<p><b>b)</b></p> <p>Știind deja, de la (a), că există relațiile:</p> $v_x = \frac{v'_x}{\left(1 + \frac{v_0 v'_y}{c^2}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}; \quad v_y = \frac{v_0 + v'_y}{1 + \frac{v_0 v'_y}{c^2}}; \quad v_z = \frac{v'_z}{\left(1 + \frac{v_0 v'_y}{c^2}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}},$ <p>și că acum, în noile condiții, sunt cunoscute vitezele:</p> $v_0; \quad v'_y = c; \quad v'_x = 0; \quad v'_z = 0,$ <p>astfel încât rezultă vitezele:</p> $v_x = 0; \quad v_y = c; \quad v_z = 0,$ <p>ceea ce înseamnă că și în acest caz viteza fotonului, F, în raport și cu observatorul O din originea sistemului fix, O, este tot c, la fel ca și în raport cu originea O' a sistemului mobil S'.</p>	<p align="center">3 p</p>	<p align="center"><b>3 p</b></p>
<p><b>c)</b></p> <p>Cunoscând <i>transformările Lorentz speciale inverse</i>:</p> $x' = x; \quad y' = \frac{y - v_0 t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; \quad z' = z; \quad t' = \frac{t - \frac{v_0}{c^2} y}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}},$ <p>adică relațiile care permit calculul coordonatelor de poziție, spațiale și temporală, ale unui punct material, M, în raport cu sistemul mobil, S', aflat în mișcare, cu viteza <math>\vec{v}_0</math>, față de sistemul fix, S, cunoscând coordonatele de poziție, spațiale și temporală, ale aceluiași punct material, în raport cu sistemul fix, S, aflat în repaus, așa cum indică desenul din figura 1, calculăm :</p>		<p align="center"><b>8 p</b></p>

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.

Olimpiada de Fizică  
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

14 martie 2026

Barem de evaluare și de notare

pagina 8 din 14

$v'_{x'} = \frac{dx'}{dt'} = \frac{dx}{dt - \frac{v_0}{c^2} dy} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}} = \frac{dx}{dt \left(1 - \frac{v_0}{c^2} \frac{dy}{dt}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}};$ $v'_{x'} = \frac{\frac{dx}{dt}}{\left(1 - \frac{v_0}{c^2} \frac{dy}{dt}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}; \quad v'_{x'} = \frac{v_x}{\left(1 - \frac{v_0 v_y}{c^2}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}};$ $v'_{y'} = \frac{dy'}{dt'} = \frac{\frac{dy - v_0 dt}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}}{dt - \frac{v_0}{c^2} dy} = \frac{dy - v_0 dt}{dt - \frac{v_0}{c^2} dy} \frac{\left(-v_0 + \frac{dy}{dt}\right) dt}{\left(1 - \frac{v_0}{c^2} \frac{dy}{dt}\right) dt};$ $\frac{dy}{dt} = v_y; \quad v'_{y'} = \frac{v_y - v_0}{1 - \frac{v_0 v_y}{c^2}};$ $v'_{z'} = \frac{dz'}{dt'} = \frac{dz}{dt \left(1 - \frac{v_0}{c^2} \frac{dy}{dt}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}};$ $v'_{z'} = \frac{v_z}{\left(1 - \frac{v_0 v_y}{c^2}\right)} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}},$	4 p	
<p>unde <math>v'_{x'}</math>, <math>v'_{y'}</math> și <math>v'_{z'}</math> reprezintă componentele vectorului viteză, <math>\vec{v}'</math>, al punctului material M, al fotonului F, în raport cu sistemul de referință mobil, S'.</p> <p>(se acordă cele 4 p și pentru scrierea directă a relațiilor de transformare a vitezelor)</p> <p>-----</p> <p>În problema pe care o rezolvăm, știind că există vitezele:</p> $v_0; v_x = 0; v_y = v; v_z = 0,$ <p>astfel încât rezultă vitezele:</p> $v'_{x'} = 0; \quad v'_{y'} = \frac{v_y - v_0}{1 - \frac{v_0 v_y}{c^2}}; \quad v'_{y'} = \frac{c - v_0}{1 - \frac{v_0 c}{c^2}} = \frac{c - v_0}{c - v_0} c = c; \quad v_z = 0,$ <p>reprezentând componentele vectorului viteză, <math>\vec{v}'</math>, ale fotonului, F, în raport cu observatorul O' din sistemul S', adică, în raport cu Racheta, din sistemul</p>	4 p	

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.

**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**

**14 martie 2026**

**Barem de evaluare și de notare**

pagina 9 din 14

<p><math>S'</math>, care se deplasează cu viteza <math>c</math>, viteza Fotonului din sistemul <math>S</math>, este <math>v' = c</math>.</p>		
<p><b>d)</b></p> <p>Utilizând relația din enunțul problemei, scrisă pentru cele două puncte materiale:</p> $v_{21,relativist} = \frac{\sqrt{(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)^2 - \frac{1}{c^2}(\vec{v}_2 \times \vec{v}_1)^2}}{1 - \frac{\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2}{c^2}},$ <p>rezultă:</p> $(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)^2 = (\vec{v}_2 - \vec{v}_1) \cdot (\vec{v}_2 - \vec{v}_1) = \vec{v}_{21} \cdot \vec{v}_{21} = v_{21} \cdot v_{21} \cdot \cos 0^\circ =  \vec{v}_2 - \vec{v}_1 ^2 \cdot \cos 0^\circ =  \vec{v}_2 - \vec{v}_1 ^2;$ $(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)^2 = v_2^2 + v_1^2 - 2 v_2 v_1 \cos \alpha;$ $v_1 = v_2 = c; (\vec{v}_2 - \vec{v}_1)^2 = 2c^2(1 - \cos \alpha);$ $(\vec{v}_2 \times \vec{v}_1)^2 =  \vec{v}_2 \times \vec{v}_1 ^2 = (v_2 v_1 \sin \alpha)^2,$ <p>-----</p> <p>astfel încât, știind că cele două puncte materiale sunt cei doi Fotoni, adică :</p> $v_1 = v_2 = c, \text{ rezultă :}$ $(\vec{v}_2 \times \vec{v}_1)^2 = c^4 \sin^2 \alpha;$ $\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = v_1 v_2 \cos \alpha; v_1 = v_2 = c; \vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = c^2 \cos \alpha;$ $v_{21,relativist} = \frac{\sqrt{2c^2(1 - \cos \alpha) - \frac{1}{c^2}c^4 \sin^2 \alpha}}{1 - \frac{c^2 \cos \alpha}{c^2}};$ $v_{21,relativist} = \frac{\sqrt{2c^2(1 - \cos \alpha) - c^2 \sin^2 \alpha}}{1 - \cos \alpha};$ $v_{21,relativist} = \frac{\sqrt{c^2 + c^2 - 2c^2 \cos \alpha - c^2 \sin^2 \alpha}}{1 - \cos \alpha};$ $v_{21,relativist} = \frac{\sqrt{c^2 + c^2(1 - \sin^2 \alpha) - 2c^2 \cos \alpha}}{1 - \cos \alpha};$ $v_{21,relativist} = \frac{\sqrt{c^2 + c^2 \cos^2 \alpha - 2c^2 \cos \alpha}}{1 - \cos \alpha};$ $v_{21,relativist} = c \cdot \frac{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha - 2 \cos \alpha}}{1 - \cos \alpha};$ $v_{21,relativist} = c \cdot \frac{\sqrt{(1 - \cos \alpha)^2}}{1 - \cos \alpha}; v_{21,relativist} = c,$ <p>rezultat în acord cu principiul constanței vitezei luminii.</p>	<p align="center"><b>8 p</b></p> <p align="center">4 p</p> <p align="center">4 p</p>	

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.



<p>e) Știind că:</p> $v_{21,\text{relativist}} = \frac{\sqrt{(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)^2 - \frac{1}{c^2} (\vec{v}_2 \times \vec{v}_1)^2}}{1 - \frac{\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2}{c^2}},$ <p>deoarece vitezele celor doi atomi sunt <math>v_1 \ll c</math>, <math>v_2 \ll c</math> și <math>v_1 &lt; v_2</math>, rezultă:</p> $\frac{1}{c^2} (\vec{v}_2 \times \vec{v}_1) \rightarrow 0; \quad \frac{1}{c^2} (\vec{v}_2 \times \vec{v}_1) \cdot (\vec{v}_2 \times \vec{v}_1) \rightarrow 0 \cdot (\vec{v}_2 \times \vec{v}_1) \rightarrow 0;$ $\frac{\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2}{c^2} \rightarrow 0;$ $v_{21,\text{relativist,particular}} = \frac{\sqrt{(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)^2}}{1} = \sqrt{(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)^2} = \sqrt{v_2^2 + v_1^2 - 2\vec{v}_2 \vec{v}_1} =$ $= \sqrt{v_2^2 + v_1^2 - 2v_2 v_1 \cos \alpha}$ $\vec{v}_{21,\text{relativist,particular}} = \vec{v}_{21,\text{clasic}}.$	3 p	<b>3 p</b>
<b>TOTAL Subiectul II</b>		<b>30 p</b>

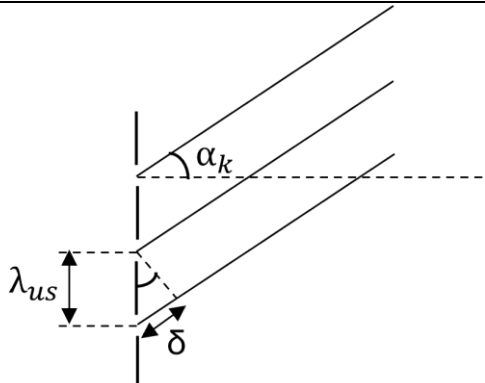
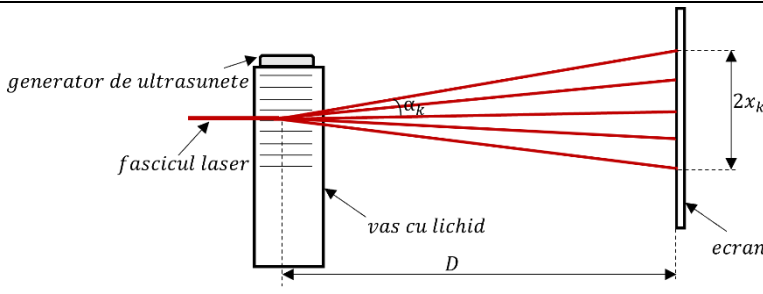
1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi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

**Olimpiada de Fizică**  
**Etapă județeană/a sectoarelor municipiului București**

**14 martie 2026**

**Barem de evaluare și de notare**

pagina 11 din 14

<b>Barem Subiectul III Efectul Debye-Sears</b>	<b>Parțial</b>	<b>Punctaj</b>
<b>a1)</b>		<b>9 p</b>
Constanta rețelei de difracție este chiar lungimea de undă a ultrasunetelor în lichid.	2	
 <p>Diferența de drum este: <math>\delta = \lambda_{us} \sin \alpha_k</math></p>	2	
Condiția de maxim de difracție: $\delta = k \lambda_l$	1	
Unghiurile corespunzătoare maximelor: $\sin \alpha_k = \frac{\delta}{\lambda_{us}} = k \frac{\lambda_l}{\lambda_{us}}$	1	
 <p>Din figură se observă că <math>\tan \alpha_k = \frac{x_k}{D}</math>.</p>	1	
<p>Unghiurile sunt foarte mici:</p> $\tan \alpha_k \cong \sin \alpha_k$ . <p>Se obține relația:</p> $\lambda_{us} = \frac{k \lambda_l D}{x_k}$ <p>În acest caz <math>k = 2</math>, deci: <math>\lambda_{us} = \frac{4 \lambda_l D}{2 x_2}</math>.</p>	1	
$\lambda_{us} = v_{us} T \Rightarrow v_{us} = \frac{\lambda}{T}$	1	
<b>a2)</b>		<b>7 p</b>
Rezultatele obținute se găsesc în tabelul III.1 completat.	2	

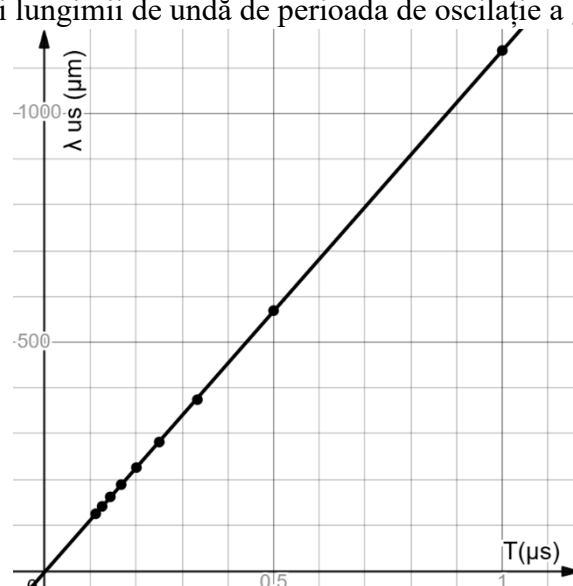
- Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
- Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit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

Olimpiada de Fizică  
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

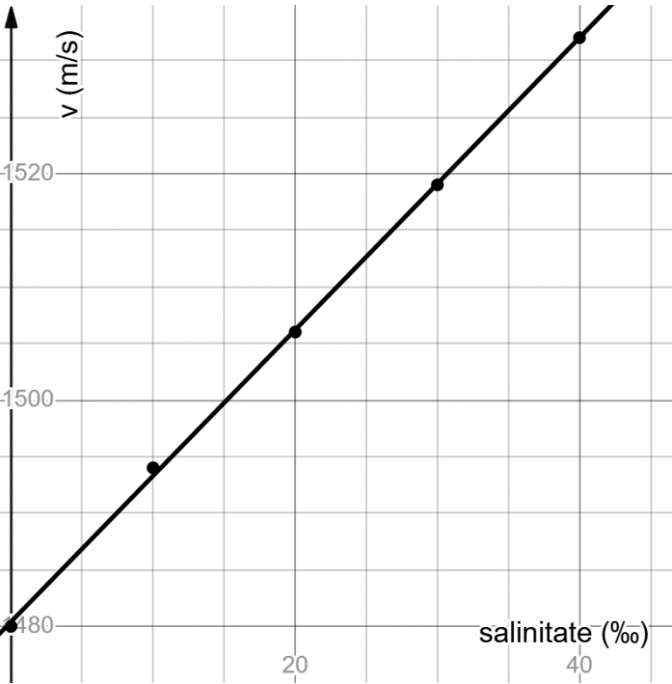
14 martie 2026

Barem de evaluare și de notare

pagina 12 din 14

Tabelul III.1 completat						
Nr. det.	$\nu$ /MHz	$2x_2$ /cm	$\lambda_{us}/\mu\text{m}$	$T/\mu\text{s}$		
1	1,00	0,24	1137,5	1,00		
2	2,00	0,48	568,8	0,50		
3	3,00	0,73	374,0	0,33		
4	4,00	0,97	281,4	0,25		
5	5,00	1,21	225,6	0,20		
6	6,00	1,45	188,3	0,17		
7	7,00	1,69	161,5	0,14		
8	8,00	1,94	140,7	0,13		
9	9,00	2,19	124,7	0,11		
10	10,00	2,42	112,8	0,10		
Graficul dependenței lungimii de undă de perioada de oscilație a generatorului este următorul:					3	
						
Viteza se găsește din panta graficului $\lambda_{us} = v_{us}T$ .					2	
Valoarea vitezei este: $v_{us} \cong 1140 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (Se vor considera valabile orice valori cuprinse între $1130 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ și $1150 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ )						
b1) Dependența vitezei ultrasunetelor de salinitate.						7 p
Tabelul III.2 completat					2	
Nr. det.	Salinitate (‰)	$2x_2$ /cm	$v_{us}/(\text{m/s})$			
1	0	0,738	1480			
2	10	0,731	1494			
3	20	0,725	1506			
4	30	0,719	1519			
5	40	0,713	1532			

- 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.

				3	7 p
Din grafic se observă că viteza ultrasunetelor în apă cu salinitatea de 35 ‰ este $v_{35} \cong 1525$ m/s. (Se consideră corecte orice valori cuprinse între 1523 m/s și 1527 m/s)				2	
b2) Dependența vitezei ultrasunetelor de temperatură.					
	Tabelul III.3 completat			2	
	Nr. det.	$t/^{\circ}\text{C}$	$2x_2/\text{cm}$		
	1	15	0,745		
	2	20	0,737		
	3	25	0,729		
	4	30	0,724		
	5	35	0,718		

- 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.



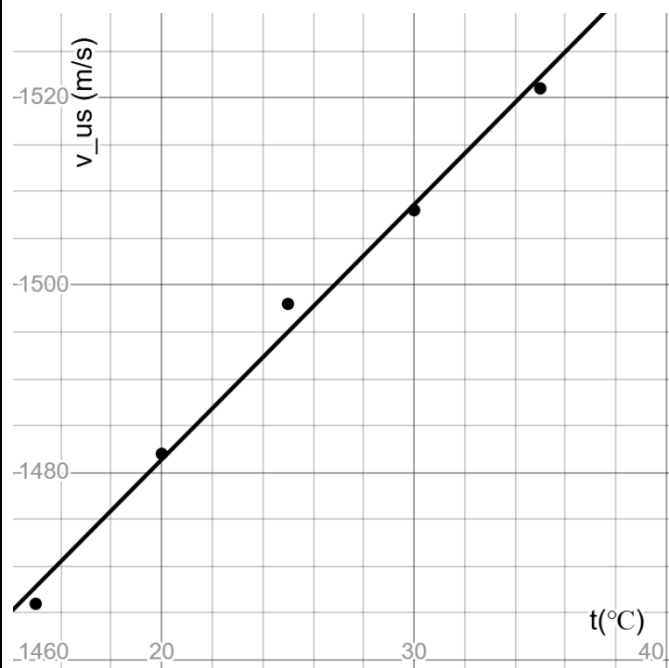
Olimpiada de Fizică  
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

14 martie 2026

Barem de evaluare și de notare



pagina 14 din 14

	3	
Din grafic se găsește că variația medie a vitezei corespunzătoare unei variații a temperaturii cu 1 °C este de $\cong 2,7$ m/s. (Se consideră corecte orice valori cuprinse între 2,5 m/s și 2,9 m/s)	2	
<b>Total Subiectul III</b>		<b>30</b>
Oficiu		<b>10</b>

*Barem propus de:**prof. Liviu BLANARIU, CNCE, București - coordonator**prof. dr. Gabriel FLORIAN – Colegiul Național „Carol I”, Craiova, Dolj**prof. dr. Mihail SANDU – Societatea Română de Fizică, Călimănești, Vâlcea**prof. Viorel SOLSCHI, Colegiul Național „Mihai Eminescu”, Satu Mare*

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.