

**Concursul Național de Fizică „Evrika”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

Problema 1 – Pendulul Waltenhofen	Parțial	Punctaj
<b>Barem</b>		<b>10</b>
<p>a) Până la momentul <math>t_1</math>, placa se află în întregime în câmp magnetic și fluxul magnetic prin suprafața plăcii este constant. Deci t.e.m. indusă în placă este nulă. Lăsată liberă, placa începe să se miște în sus, accelerat, cu accelerația</p> $a = \frac{g(M - m)}{M + m}$ <p>și viteza crește uniform până la momentul <math>t_1</math>, când placa începe să iasă din câmp. Din acest moment, fluxul magnetic prin suprafața plăcii începe să scadă și în placă se induce o t.e.m. indusă care generează un curent indus:</p> $e = -\frac{d\Phi}{dt} = -B \frac{dS}{dt} = -BL \frac{dx}{dt} = -Blv$ $i = \frac{e}{R} = -\frac{BLv}{R}$ <p>unde <math>R</math> este o rezistență efectivă a porțiunii de placă prin care circulă curentul indus.</p> <p>Puterea disipată în placă va fi <math>P = i^2 R = \frac{B^2 L^2 v^2}{R^2} R = \frac{B^2 L^2}{R} v^2</math>. Această putere reprezintă viteza de variație (scădere) a energiei mecanice a sistemului, care se datorează forței electromagnetice care frânează placa în timpul mișcării prin câmp magnetic:</p> $P = F_{em} v = \frac{B^2 L^2}{R} v \cdot v$ <p>de unde</p> $F_{em} = \frac{B^2 L^2}{R} v,$ <p>sau vectorial</p> $\vec{F}_{em} = -\frac{B^2 L^2}{R} \vec{v} = -\beta \vec{v},$ <p>cu <math>\beta = \frac{B^2 L^2}{R}</math>.</p>	<b>1</b>	<b>3</b>
<p>Deducem mai departe legea variației vitezei cadrului datorită frânării, după momentul <math>t_1</math>.</p> <p>Ecuția principiului fundamental aplicată celor două corpuri, permite scrierea sistemului de ecuații:</p> $\begin{cases} Mg - T_1 = Ma_1 \\ T_1 - mg - \beta v = ma_1 \end{cases}$ <p>sau</p>	<b>1</b>	

**Concursul Național de Fizică „Evrika”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

$Mg - mg - \beta v = (m + M) \frac{dv}{dt}$ <p>Rezultă ecuația diferențială cu variabile separabile</p> $\frac{(m + M) dv}{(M - m)g - \beta v} = dt$ <p>a cărei soluție este</p> $v(t) = \frac{(M - m)g}{\beta} \left[ 1 + \left( \frac{\beta t_1}{m + M} - 1 \right) e^{-\frac{\beta}{m+M}(t-t_1)} \right]$		
<p>De aici se vede că <math>v(t_1) = \frac{(M - m)g}{M + m} t_1 = v_1</math> și <math>v(\infty) = \frac{(M - m)g}{\beta} = \frac{(M - m)gR}{B^2 L^2}</math>.</p> <p>Aceasta din urmă este tocmai viteza limită care se atinge foarte repede după ce placa începe să iasă din câmp magnetic. Așadar</p> $v_{\text{lim}} = \frac{(M - m)gR}{B^2 L^2}$ <p>Cu această valoare a vitezei limită se observă că expresia dependenței <math>v(t)</math> se poate scrie și astfel:</p> $v(t) = v_{\text{lim}} + (v_1 - v_{\text{lim}}) e^{-\frac{\beta}{m+M}(t-t_1)}$ <p>La momentul <math>t_2</math> placa iese complet din câmpul magnetic și se mișcă în continuare din nou cu accelerația <math>a</math>, iar viteza începe din nou să crească uniform, începând de la viteza limită. Evident, pentru obținerea graficului dat trebuie ca valorile mărimilor din formulele de mai sus să fie alese în mod potrivit. Valoarea rezistenței efective <math>R</math> se consideră foarte mică (de ex. de ordinul <math>10^{-5} \Omega</math>), fiind rezistența unei porțiuni din placa de aluminiu (masivă) prin care trece curentul indus.</p>	1	
<p>b) După cum se vede din imagine, pendulul Waltenhofen constă dintr-o placă de aluminiu care are o parte continuă și o parte discontinuă, asemănătoare cu a unui pieptene din aluminiu (fig.1). Dacă pendulul oscilează prin câmpul magnetic creat de electromagnet cu partea discontinuă, curenții Foucault induși sunt foarte mici din cauza discontinuităților plăcii, forța electromagnetică de frânare va fi și ea mică și oscilațiile se atenuează mai greu. Dacă pendulul oscilează cu partea continuă a plăcii printre poli electromagnetului, atunci curenții Foucault induși sunt mai intensi și atenuarea este mai rapidă. Acesta este cazul de oscilație care trebuie analizat. Conform fig. 2, la un moment dat când pendulul se mișcă spre stânga cu viteza instantanee <math>v</math>, putem scrie ecuația principiului fundamental pentru mișcarea de rotație în jurul punctului O:</p>	1	3

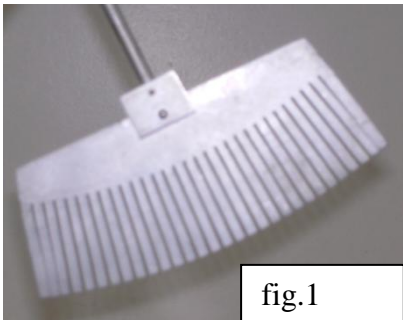
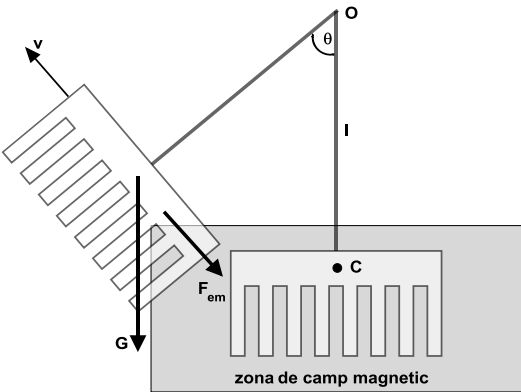


fig.1

**Concursul Național de Fizică „Evrika”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

$-M_G - M_{F_{em}} = J\varepsilon$ <p>sau exprimând concret momentele forțelor și aducând toți termenii în același membru:</p> $J\ddot{\theta} + F_{em}l + mgl \sin \theta = 0$ <p>Considerând oscilații mici, <math>\sin \theta \approx \theta</math> și <math>F_{em} = \beta v = \beta \omega l = \beta l \dot{\theta}</math>, rezultă ecuația</p> $J\ddot{\theta} + \beta l^2 \dot{\theta} + mgl \theta = 0$ <p>sau</p> $\ddot{\theta} + \frac{\beta l^2}{J} \dot{\theta} + \frac{mgl}{J} \theta = 0$ <p>Aici <math>l</math> este distanța de la centrul de rotație <math>O</math> până la centrul de masă al pendulului fizic (reprezentat prin placa de aluminiu), iar <math>J</math> - momentul de inerție al plăcii față de <math>O</math>.</p>  <p style="text-align: center;">fig.2</p>		
<p>Notând:</p> $\frac{mgl}{J} = \omega_0^2 \quad \text{și} \quad \frac{\beta l^2}{J} = 2b$ <p>se ajunge la ecuația tipică a oscilațiilor amortizate:</p> $\ddot{\theta} + 2b\dot{\theta} + \omega_0^2 \theta = 0$ <p>Dacă este îndeplinită condiția <math>\omega_0 &gt; b</math>, atunci soluția acestei ecuații diferențiale este</p> $\theta = \theta_0 e^{-bt} \sin(\omega t + \varphi_0)$ <p>sau</p> $x = x_0 e^{-bt} \sin(\omega t + \varphi_0)$ <p>unde <math>x</math> este elongația liniară.</p>	1	
<p>Din relațiile de mai sus se observă că coeficientul de amortizare este de forma</p> $b = \frac{\beta l^2}{2J} = \frac{B^2 L^2 l^2}{2RJ}$ <p>Valorile pentru <math>R, L</math> ale plăcii de aluminiu pot fi luate doar cu aproximație, de asemenea <math>J</math> depinde de forma geometrică a plăcii. Esențial este că <math>b \sim B^2</math>, dar și cu <math>U^2</math> pentru că inducția câmpului magnetic creat de electromagnet este proporțională cu <math>U</math> - tensiunea de alimentare a bobinelor.</p>	1	
<p>c) Se măsoară de pe grafic pseudoperioada oscilațiilor, determinând timpul <math>\Delta t</math> în</p>	1	3

**Concursul Național de Fizică „Evrika”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

<p>care se fac un număr <math>n</math> de oscilații, apoi se calculează <math>T = \frac{\Delta t}{n}</math>. Pentru a determina decrementul logaritmic <math>D</math>, se măsoară (în centimetri) amplitudinea inițială (<math>A_1</math>) și amplitudinea după <math>n_1</math> oscilații (<math>A_{n_1}</math>), după care se calculează decrementul cu formula</p> $D = \frac{1}{n_1 - 1} \ln \left( \frac{A_1}{A_{n_1}} \right)$																																										
<p>Se strâng rezultatele într-un tabel</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th><i>Nr.det.</i></th> <th><i>U(V)</i></th> <th><i>n</i></th> <th><math>\Delta t</math> (s)</th> <th><i>T(s)</i></th> <th><i>n<sub>1</sub></i></th> <th><i>A<sub>1</sub>(cm)</i></th> <th><i>A<sub>n<sub>1</sub></sub>(cm)</i></th> <th><i>D</i></th> <th><i>b(s<sup>-1</sup>)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>11</td> <td>9,52</td> <td>0,86</td> <td>11</td> <td>3,10</td> <td>2,30</td> <td>0,029</td> <td>0,038</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td><math>U_1</math></td> <td>10</td> <td>8,85</td> <td>0,88</td> <td>11</td> <td>6,55</td> <td>0,30</td> <td>0,308</td> <td>0,348</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td><math>U_2 &gt; U_1</math></td> <td>5</td> <td>4,66</td> <td>0,93</td> <td>5</td> <td>3,50</td> <td>0,10</td> <td>0,711</td> <td>0,762</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ceea ce trebuia arătat se verifică din tabel. <i>Obs.</i> Se acordă 2 puncte pentru cel puțin două zecimale corecte la fiecare determinare. Pentru prima zecimală corectă se acordă 1,5 puncte.</p>	<i>Nr.det.</i>	<i>U(V)</i>	<i>n</i>	$\Delta t$ (s)	<i>T(s)</i>	<i>n<sub>1</sub></i>	<i>A<sub>1</sub>(cm)</i>	<i>A<sub>n<sub>1</sub></sub>(cm)</i>	<i>D</i>	<i>b(s<sup>-1</sup>)</i>	1	0	11	9,52	0,86	11	3,10	2,30	0,029	0,038	2	$U_1$	10	8,85	0,88	11	6,55	0,30	0,308	0,348	3	$U_2 > U_1$	5	4,66	0,93	5	3,50	0,10	0,711	0,762	2	
<i>Nr.det.</i>	<i>U(V)</i>	<i>n</i>	$\Delta t$ (s)	<i>T(s)</i>	<i>n<sub>1</sub></i>	<i>A<sub>1</sub>(cm)</i>	<i>A<sub>n<sub>1</sub></sub>(cm)</i>	<i>D</i>	<i>b(s<sup>-1</sup>)</i>																																	
1	0	11	9,52	0,86	11	3,10	2,30	0,029	0,038																																	
2	$U_1$	10	8,85	0,88	11	6,55	0,30	0,308	0,348																																	
3	$U_2 > U_1$	5	4,66	0,93	5	3,50	0,10	0,711	0,762																																	
<b>Oficiu</b>		1p	<b>1p</b>																																							

**Concursul Național de Fizică „Evrika”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

**Problema II (10 puncte) - Interferometrul Fizeau**

Subiect2.	Parțial	Punctaj
<p><b>2. Barem Subiect 2</b></p> <p>a) În sistemul de referință legat de lichid viteza luminii este <math>v' = \frac{c}{n} = v'_x</math>.</p> <p>În sistemul de referință legat de aparat, notăm cu <math>v_1</math> viteza luminii pentru fasciculul 1, cel care se propagă în sens contrar curgerii lichidului, respectiv cu <math>v_2</math> viteza luminii pentru fasciculul 2, cel care se propagă în sensul curgerii lichidului. Pentru a găsi vitezele <math>v_1</math> și <math>v_2</math> vom utiliza legea relativistă de compunere a vitezelor <math>v_x = \frac{v'_x + V}{1 + \frac{V \cdot v'_x}{c^2}}</math>, relație în care <math>V = -u</math> pentru fasciculul 1, respectiv <math>V = +u</math> pentru fasciculul 2 :</p> $\begin{cases} v_1 = \frac{\frac{c}{n} - u}{1 - \frac{u}{nc}} = \frac{c}{n} \cdot \frac{1 - \frac{un}{c}}{1 - \frac{u}{nc}} \\ v_2 = \frac{\frac{c}{n} + u}{1 + \frac{u}{nc}} = \frac{c}{n} \cdot \frac{1 + \frac{un}{c}}{1 + \frac{u}{nc}} \end{cases}$	1,50	<b>4,00</b>
<p>Când lichidul nu curge prin tub, <math>u = 0</math>, vitezele <math>v_1</math> și <math>v_2</math> sunt egale, deci între cele două fascicule nu există diferență suplimentară de timp de parcurs provocată de curgerea lichidului. În punctul <math>O</math> se obține iluminare maximă provocată de lama optică.</p> <p>Când lichidul curge prin tub, <math>u \neq 0</math>, vitezele <math>v_1</math> și <math>v_2</math> sunt diferite, deci între cele două fascicule luminoase există o diferență suplimentară de timp de parcurs provocată de curgerea lichidului:</p> $\Delta t = \frac{2\ell}{v_1} - \frac{2\ell}{v_2} \cong \frac{4u\ell}{c^2}(n^2 - 1)$	0,75	
<p>Când lichidul nu curge prin tub, diferența de drum optic este <math>\Delta r_0 = k\lambda</math>, deoarece în punctul <math>O</math> iluminarea este maximă.</p> <p>Când lichidul curge prin tub diferența totală de drum optic este:</p> $\Delta r_0 + \Delta r = (k + \Delta k)\lambda .$ <p>Diferența suplimentară de drum optic fiind <math>\Delta r = \frac{\lambda \cdot \Delta t}{T} = \Delta k \cdot \lambda</math>, găsim variația ordinului de interferență:</p>	1,50	

**Concursul Național de Fizică „Evrika”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

$\Delta k = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4u\ell}{c\lambda} (n^2 - 1) \quad (*)$		
După calcule obținem $\Delta k \cong 0,83$ franje .	0,25	
Utilizând legea clasică de compunere a vitezelor obținem $\Delta k = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4un^2\ell}{c\lambda} \cong 1,36$ franje . <i>Experiența confirmă calculul relativist.</i>		
<p><b>b)</b> Pentru ca în punctul <math>O</math> să se observe întineric total ar trebui ca diferența totală de drum optic să fie multiplu impar de <math>\frac{\lambda}{2}</math>.</p> <p>Inițial, când lichidul nu curge prin tub , diferența de drum optic era un multiplu par de <math>\frac{\lambda}{2}</math>. Prin urmare, diferența suplimentară de drum optic provocată de curgerea lichidului trebuie să fie multiplu impar de <math>\frac{\lambda}{2}</math>:</p> $\Delta r = (2m+1)\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \Delta k = \frac{2m+1}{2}, \quad m \text{ fiind un număr întreg.}$	1,25	<b>2,00</b>
<p>Folosim relația (*), formula relativistă pentru <math>\Delta k</math> și obținem:</p> $u = (2m+1)\frac{c\lambda}{8\ell(n^2-1)}$ <p>Valoarea minimă a vitezei de curgere lichidului se obține pentru <math>m = 0</math></p> $u = \frac{c\lambda}{8\ell(n^2-1)} = 6\text{m/s};$	0,75	
<p><b>c)</b> În sistemul de referință legat de lichidul curgător, din cauza variației frecvenței luminii prin efect Doppler, fasciculul de lumină care se propagă în sensul curgerii lichidului are lungimea de undă <math>\lambda' = \lambda + \Delta\lambda</math>.</p> <p>Prin efect Doppler nerelativist, deoarece <math>u \ll c</math>, obținem <math>\Delta\lambda \cong \lambda \frac{u}{c}</math>.</p> <p>În același sistem de referință, indicele de refracție al lichidului este:</p> $n' = n + \Delta n = n + \frac{dn}{d\lambda} \Delta\lambda = n \left( 1 + \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} \right),$ <p>iar viteza luminii se poate scrie:</p> $v' = \frac{c}{n'} = \frac{c}{n \left( 1 + \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} \right)} \cong \frac{c}{n} \left( 1 - \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} \right).$	1,00	<b>3,00</b>
<p>În sistemul de referință al laboratorului, indicele de refracție aparent al lichidului <math>n_a</math> este dat de relația <math>n_a = \frac{c}{v}</math>, respectiv <math>\frac{1}{n_a} = \frac{v}{c}</math>.</p> <p>Viteza <math>v</math> se obține din legea relativistă de compunere a vitezelor, în care <math>v'</math> este dată de relația de mai sus:</p>	0,50	

**Concursul Național de Fizică „Eврика”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

$v = \frac{v'+u}{1 + \frac{v'u}{c^2}} = \frac{\frac{c}{n} \left( 1 - \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} \right) + u}{1 + \frac{u}{c^2} \frac{c}{n} \left( 1 - \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} \right)} = \frac{c}{n} \cdot \frac{1 - \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} + \frac{un}{c}}{1 + \frac{u}{nc} - \frac{\lambda u^2}{n^2 c^2} \frac{dn}{d\lambda}} \cong$ $\cong \frac{c}{n} \left( 1 - \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} + \frac{un}{c} \right) \left( 1 - \frac{u}{nc} + \frac{\lambda u^2}{n^2 c^2} \frac{dn}{d\lambda} \right)$		
<p>Prin urmare:</p> $\frac{1}{n_a} = \frac{v}{c} = \frac{1}{n} \left( 1 - \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} + \frac{un}{c} \right) \left( 1 - \frac{u}{nc} + \frac{\lambda u^2}{n^2 c^2} \frac{dn}{d\lambda} \right) \Rightarrow$ $\frac{1}{n_a} = \frac{1}{n} \left[ 1 - \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} + \frac{un}{c} - \frac{u}{nc} + \frac{\lambda u^2}{n^2 c^2} \frac{dn}{d\lambda} - \frac{u^2}{c^2} + \frac{\lambda u^2}{n^2 c^2} \frac{dn}{d\lambda} \left( 1 - \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} + \frac{un}{c} \right) \right]$ <p>Neglijăm termenii mici și ajungem la:</p> $\frac{1}{n_a} \cong \frac{1}{n} \left( 1 - \frac{\lambda u}{nc} \frac{dn}{d\lambda} + \frac{un}{c} - \frac{u}{nc} \right) = \frac{1}{n} + \frac{un}{c} \left( 1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n^2} \frac{dn}{d\lambda} \right)$	0,50	
<p>Pentru fasciculul de lumină care se propagă în sens contrar curgerii lichidului, variația lungimii de undă prin efect Doppler nerelativist este</p> $\Delta\lambda \cong -\lambda \frac{u}{c}.$ <p>Prin același raționament, utilizând schimbarea <math>u \rightarrow -u</math>, ajungem la:</p> $\frac{1}{n_a} = \frac{1}{n} - \frac{un}{c} \left( 1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n^2} \frac{dn}{d\lambda} \right).$	0,50	
<p>Obținem astfel relația cerută în enunț: <math>\frac{1}{n_a} = \frac{1}{n} \pm \frac{u}{c} \left( A - B \frac{dn}{d\lambda} \right)</math></p> <p>respectiv, expresiile coeficienților <math>A</math> și <math>B</math>:</p> $\begin{cases} A = 1 - \frac{1}{n^2} \\ B = \frac{\lambda}{n^2} \end{cases}$	0,50	
<b>Oficiu</b>		<b>1,00</b>

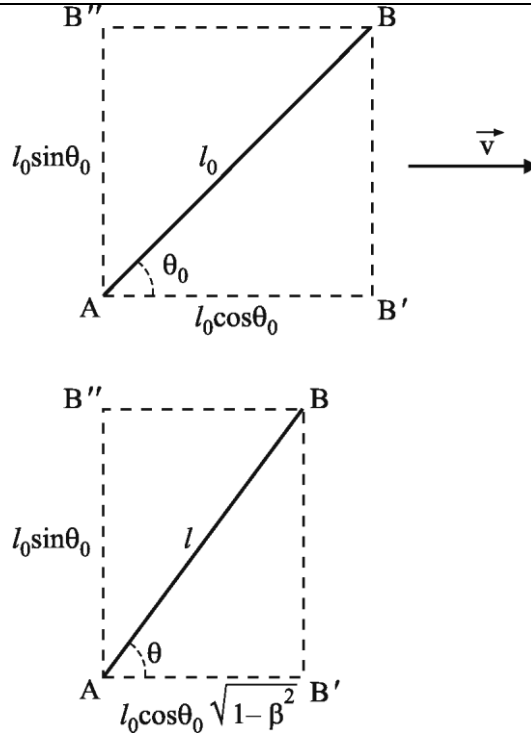
**Concursul Național de Fizică „Evrika”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

**Problema III (10 puncte) - Teoria Relativității restrânse**

Problema 3	Parțial	Punct aj
		<b>10</b>
<b>a)</b>	<b>3</b>	
<p>Să presupunem că atunci când <math>S_0</math> a trecut prin dreptul lui <math>S</math>, cei doi observatori și-au sincronizat ceasornicele.</p> <p>Utilizând desenul din figura 1 și transformările Lorentz scriem coordonatele capetelor <math>A</math> și <math>B</math> ale tijei:</p>		
<p><b>Fig. 1</b></p>		
$S_0 \begin{cases} A(x_{0A} = x_0; y_{0A} = 0) \\ B(x_{0B} = x_0 + l_0 \cos \theta_0; y_{0B} = l_0 \sin \theta_0) \end{cases}$ $S_0 \begin{cases} A(x_A; y_A); \\ B(x_B; y_B); \end{cases}$ $x_{0A} = \frac{x_A - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}} = x_0;$ $y_{0A} = 0; y_A = h;$ $x_{0B} = \frac{x_B - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}} = x_0 + l_0 + l_0 \cos \theta_0;$ $y_{0B} = l_0 \sin \theta_0; y_B = h + l_0 \sin \theta_0.$		
<p>Rezultă:</p> $l = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2};$ $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} \cos^2 \theta_0}.$		
<p>La același rezultat se poate ajunge și astfel (fig. 2):</p>		



**Concursul Național de Fizică „Evrika”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**



**Fig. 2**

$$l = \sqrt{l_0^2 \sin^2 \theta_0 + l_0^2 \cos^2 \theta_0 (1 - \beta^2)};$$

$$l = l_0 \sqrt{1 - \beta^2 \cos^2 \theta_0};$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\operatorname{tg} \theta_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

**b)**

**3**

$$\vec{u}(u_x; u_y); \vec{u}'(u'_x; u'_y);$$

$$u_x = \frac{dx}{dt}; u_y = \frac{dy}{dt}; u'_x = \frac{dx'}{dt'}; u'_y = \frac{dy'}{dt'};$$

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; y' = y; t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; y = y'; t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

**Concursul Național de Fizică „Evrika”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

$dx = \frac{dx' + v dt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; dy = dy'; dt = \frac{dt' + \frac{v}{c^2} dx'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$ $u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{v}{c^2} u'_x}; u_y = \frac{u'_y \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 + \frac{v}{c^2} u'_x};$ $u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{v}{c^2} u_x}; u'_y = \frac{u_y \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v}{c^2} u_x};$ $u' \cos \theta = \frac{u \cos \theta_0 - v}{1 - \frac{v}{c^2} u \cos \theta_0};$ $u' \sin \theta = \frac{u \sin \theta_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v}{c^2} u \sin \theta_0};$ $\vec{u} \neq \vec{u}'; u = u' = c.$		
<b>c)</b>	<b>3</b>	
<p>1) Observatorul se apropie de sursa fixă, astfel încât lungimea de undă a radiației observate, în acord cu efectul Doppler longitudinal, este dată de expresia:</p> $\lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{sursă}} (1 - \beta) / \sqrt{1 - \beta^2}; \lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{sursă}} \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}};$ $\beta = \frac{v}{c}; \lambda_{\text{obs}} < \lambda_{\text{sursă}};$ $\lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{verde}}; \lambda_{\text{sursă}} = \lambda_{\text{rosu}};$ $\lambda_v < \lambda_r,$ <p>astfel încât rezultă:</p> $v = c \frac{\lambda_r^2 - \lambda_v^2}{\lambda_r^2 + \lambda_v^2} = 0,25c.$		
<p>2) După trecerea prin intersecție, observatorul se depărtează de sursa fixă, astfel încât lungimea de undă a radiației observate este dată de expresia:</p> $\lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{sursă}} (1 + \beta) / \sqrt{1 - \beta^2}; \lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{sursă}} \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}}; \lambda_{\text{obs}} > \lambda_{\text{sursă}},$ <p>* Mai întâi să considerăm că pe durata trecerii vehiculului prin intersecție nu s-au schimbat culorile luminii de pe semafoarele celor</p>		

**Concursul Național de Fizică „Evrika”  
ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**

**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

<p>două sensuri, adică: I – Roșu; II – Verde. Ca urmare vehiculul se depărtează de sursa care emite radiație Verde. În aceste condiții lungimea de undă a radiației observate este:</p> $\lambda_{\text{obs}} > \lambda_{\text{sursa}}; \lambda_{\text{sursa}} = \lambda_{\text{verde}}; \lambda_{\text{obs}} > \lambda_{\text{verde}};$ $\lambda_{\text{obs}} = 6,45 \cdot 10^{-5} \text{ cm} \approx \lambda_{\text{roșu}}.$ <p><b>Concluzie:</b> privind în oglinda retrovizoare, după trecerea prin intersecție, conducătorul vehiculului cosmic, apreciază ca fiind Roșie lumina de culoare Verde emisă se semaforul de pe sensul invers.</p> <p>** Să considerăm acum că pe durata trecerii vehiculului prin intersecție, s-au schimbat culorile luminii de pe semafoarele celor două sensuri, adică: 2 – Verde; I – Roșu. Ca urmare vehiculul se depărtează de sursa fixă care emite radiație Roșie. În aceste condiții lungimea de undă a radiației observate este:</p> $\lambda_{\text{obs}} > \lambda_{\text{sursa}}; \lambda_{\text{sursa}} = \lambda_{\text{roșu}}; \lambda_{\text{obs}} > \lambda_{\text{roșu}};$ $\lambda_{\text{obs}} = 8,393 \cdot 10^{-5} \text{ cm} = 839,3 \text{ nm} > 760 \text{ nm}.$ <p><b>Concluzie:</b> lungimea de undă a radiației Roșie, emisă de semaforul de pe sensul invers, ajunge la observator cu o lungime de undă superioară limitei superioare de sensibilitate spectrală a ochiului (760 nm). De aceea, observatorul va aprecia, privind în oglinda retrovizoare, că semaforul de pe sens invers nu funcționează!</p>		
<p>3) Observatorul se apropie de sursa fixă, astfel încât lungimea de undă a radiației observate, în acord cu efectul Doppler longitudinal, este dată de expresia:</p> $\lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{sursă}} (1 - \beta) / \sqrt{1 - \beta^2}; \lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{sursă}} \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}};$ $\beta = \frac{v}{c}; \lambda_{\text{obs}} < \lambda_{\text{sursa}}.$ <p>Dacă, apropiindu-se de semafor, conducătorul vehiculului cosmic, apreciază că semaforul nu funcționează, însemnează că lungimea de undă a radiației observate este mai mică decât limita inferioară a sensibilității spectrale a ochiului acestuia.</p> <p>În aceste condiții culorile luminilor de pe cele două semafoare sunt: 2 – Verde; I – Roșu, astfel încât rezultă:</p> $\lambda_{\text{sursa}} = \lambda_{\text{verde}}; \lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{min}} = 400 \text{ nm};$ $\lambda_{\text{min}} = \lambda_{\text{verde}} (1 - \beta) / \sqrt{1 - \beta^2}; \lambda_{\text{min}} = \lambda_{\text{verde}} \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}};$ $\beta = \frac{\lambda_{\text{verde}}^2 - \lambda_{\text{min}}^2}{\lambda_{\text{verde}}^2 + \lambda_{\text{min}}^2};$ $\beta = 0,3 = \frac{v}{c}; v = 0,3 \cdot c.$		

**Concursul Național de Fizică „Evrika”**  
**ediția a XXVI-a, 1-3 aprilie 2016**  
**Barem de corectare – Clasa a XII-a**

4) Observatorul se depărtează de sursa fixă, astfel încât lungimea de undă a radiației observate, în acord cu efectul Doppler longitudinal, este dată de expresia:

$$\lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{sursă}} (1 + \beta) / \sqrt{1 - \beta^2}; \quad \lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{sursă}} \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}};$$

$$\beta = \frac{v}{c}; \quad \lambda_{\text{obs}} > \lambda_{\text{sursă}}.$$

Dacă, depărtându-se de semafor, conducătorul vehiculului cosmic, apreciază că semaforul nu funcționează, însemnează că lungimea de undă a radiației observate este mai mare decât limita superioară a sensibilității spectrale a ochiului acestuia.

\* Mai întâi să considerăm că, după trecerea vehiculului prin intersecție, culorile celor două semafoare sunt: 2 – Verde; I – Roșu, astfel încât rezultă:

$$\lambda_{\text{sursă}} = \lambda_{\text{roșu}}; \quad \lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{max}} = 760 \text{ nm};$$

$$\lambda_{\text{max}} = \lambda_{\text{roșu}} (1 + \beta) / \sqrt{1 - \beta^2};$$

$$\lambda_{\text{max}} = \lambda_{\text{roșu}} \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}};$$

$$\beta = \frac{\lambda_{\text{max}}^2 - \lambda_{\text{roșu}}^2}{\lambda_{\text{max}}^2 + \lambda_{\text{roșu}}^2};$$

$$\beta = 0,15 = \frac{v}{c}; \quad v = 0,15 \cdot c.$$

\*\* Să considerăm acum că, după trecerea vehiculului prin intersecție, culorile celor două semafoare sunt: 1 – Roșu; II – Verde, astfel încât rezultă:

$$\lambda_{\text{sursă}} = \lambda_{\text{verde}}; \quad \lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{max}} = 760 \text{ nm};$$

$$\lambda_{\text{max}} = \lambda_{\text{verde}} (1 + \beta) / \sqrt{1 - \beta^2};$$

$$\lambda_{\text{max}} = \lambda_{\text{verde}} \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}};$$

$$\beta = \frac{\lambda_{\text{max}}^2 - \lambda_{\text{verde}}^2}{\lambda_{\text{max}}^2 + \lambda_{\text{verde}}^2};$$

$$\beta = 0,395 = \frac{v}{c}; \quad v \approx 0,4 \cdot c.$$

<b>Oficiu</b>		<b>1,00</b>
---------------	--	-------------