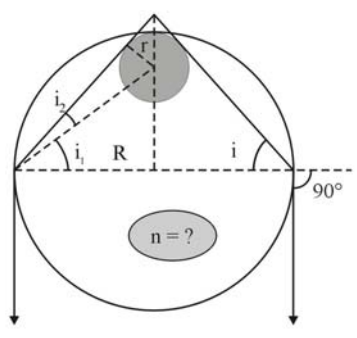
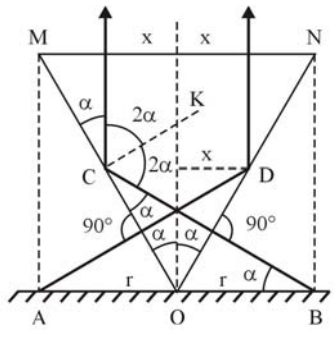
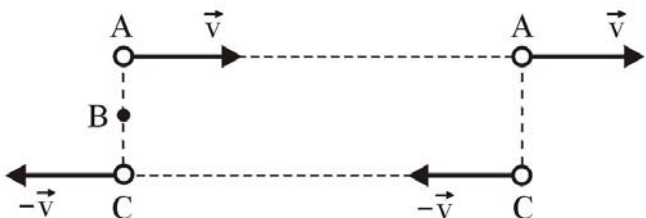


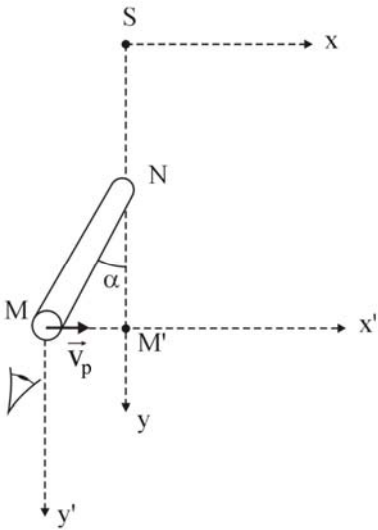
Subiectul 1

A 5,00		Desen corect	1,00
	$n \sin i = \sin 90^\circ = 1, \sin i = \frac{1}{n}$		0,50
	$i = i_1 + i_2$		0,50
	$\operatorname{tg} i_1 = \frac{R-r}{R}, \operatorname{tg} i_2 = \frac{r}{\sqrt{2R(R-r)}}, \operatorname{tg} i = \frac{\sin i}{\sqrt{1-\sin^2 i}} = \frac{1}{\sqrt{n^2-1}}$		1,50
	Relația $\operatorname{tg} i = \operatorname{tg}(i_1 + i_2) = \frac{\operatorname{tg} i_1 + \operatorname{tg} i_2}{1 - \operatorname{tg} i_1 \cdot \operatorname{tg} i_2}$ și transcrierea sa cu ajutorul relațiilor anterioare ne conduce la $n = \left\{ 1 + \left[ \frac{\sqrt{2(1-\rho)} - \rho(1-\rho)}{(1-\rho)\sqrt{2(1-\rho)} + \rho} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$ în care s-a notat $\rho = \frac{r}{R}$		1,00
	Cu $\rho = \frac{1}{4}$ găsim $n = \frac{25}{2(2+3\sqrt{6})} = 1,33712$		0,50
B 4,00	Razele emergente ce „aduc” în ochi imaginea cercului vor fi verticale.		0,20
	La interfața sticlă/aer, unghiul limită (de reflexie totală) este $\sin \ell = \frac{1}{n} < \frac{1}{\sqrt{2}}$ , adică $\ell < 45^\circ$		0,50
		Desen corect pentru situația fizică presupusă în enunț	0,80
	În C, unghiul de incidență este $2\alpha = 60^\circ > \ell$ , ceea ce înseamnă că se produce reflexie totală (observăm că $CK \perp OM$ , $BC \perp ON$ ).		1,00
	Triunghiul COB este isoscel $CO = OB = r$ .		0,50

	$\sin \alpha = \frac{x}{r} \Rightarrow x = r \cdot \sin \alpha = 2,5 \text{ cm}$	<b>1,00</b>
<b>Punct din oficiu</b>		<b>1,00</b>
<b>Total Subiect 1</b>		<b>10,00</b>

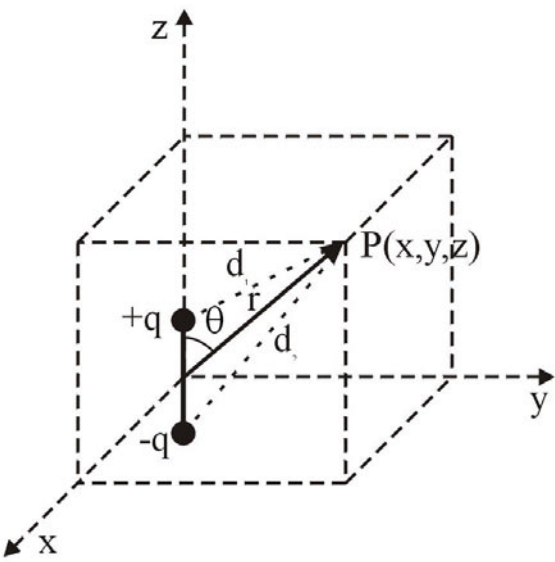
## Subiectul 2

<b>A a) 3,00</b>	 <p>Durata deplasării obiectului A din poziția AB până în poziția AC, măsurată cu ceasornicul lui A este <math>t'</math>, iar cu ceasornicul lui B este:</p> $t_{1,B} = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$	<b>0,75</b>
	<p>Durata deplasării obiectului C din poziția CA până în poziția CB, măsurată cu ceasornicul lui C este <math>t'</math>, iar cu ceasornicul lui B este:</p> $t_{2,B} = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = t_{1,B}.$	<b>0,50</b>
	<p>astfel încât la întâlnirea obiectelor B și C, ceasornicele acestora vor indica:</p> $t_B = t_{1,B} + t_{2,B} = 2t_{1,B} = \frac{2t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$	<b>0,75</b>
	$t_C = t' + t' = 2t'.$	<b>0,75</b>
	<p>Diferența celor două indicații este:</p> $t_B - t_C = 2t' \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right).$	<b>0,25</b>
<b>A b) 3,00</b>	$v_{AB} = \frac{v_A - v_B}{1 - \frac{v_A v_B}{c^2}}$	<b>1,00</b>
	$v_{CB} = \frac{v_C + v_B}{1 + \frac{v_C v_B}{c^2}}$	<b>1,00</b>
	$v_{AB} = v_{CB}$ $\frac{v_A - v_C}{c^2} v_B^2 - 2 \left( 1 - \frac{v_A v_C}{c^2} \right) v_B + (v_A - v_C) = 0$ $(v_B)_{1,2} = \frac{c^2 - v_A v_C}{v_A - v_C} \pm \sqrt{\left( \frac{c^2 - v_A v_C}{v_A - v_C} \right)^2 - c^2}$	<b>0,50</b>
	$v_B < c$ $v_B = \frac{c^2 - v_A v_C}{v_A - v_C} - \sqrt{\left( \frac{c^2 - v_A v_C}{v_A - v_C} \right)^2 - c^2}$	<b>0,50</b>

<b>B</b> 3,00		1,00
	$\operatorname{tg} \alpha_{\text{clasic}} = \frac{MM'}{NM'} = \frac{v_p t}{ct} = \frac{v_p}{c}$	0,50
	$\operatorname{tg} \alpha_{\text{relativist}} = \frac{v_p t'}{ct'}; \quad t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_p^2}{c^2}}}$	1,00
	$\operatorname{tg} \alpha_{\text{relativist}} = \frac{v_p}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_p^2}{c^2}}}$	0,50
<b>Punct din oficiu</b>		1,00
<b>Total Subiect 2</b>		10,00

### Subiectul 3

<b>a)</b> 3,00	<p>Intensitatea câmpului electric al dipolului <math>(-q_1, +q_1)</math> în punctele corespunzătoare sarcinilor dipolului <math>(+q_2, -q_2)</math></p> $E_{A2} = \frac{q_1 d_1}{2\pi\epsilon_0 \left(D + \frac{d_1}{2}\right)^3}; \quad E_{B2} = \frac{q_1 d_1}{2\pi\epsilon_0 \left(D + \frac{d_1}{2} + d_2\right)^3}$	1,00
	<p>Forța care acționează asupra dipolului <math>(+q_2, -q_2)</math>:</p> $\vec{F}_2 = \vec{F}_2' + \vec{F}_2''; \quad F_2 = F_2' - F_2''$ $F_2 = \frac{3q_1 q_2 d_1 d_2}{2\pi\epsilon_0 D^4}$	1,00
	<p>Forța care acționează asupra dipolului <math>(-q_1, +q_1)</math>:</p> $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2; \quad F_1 = F_2$	0,75
	<p>Accelerațiile dipolilor:</p> $a_1 = \frac{3q_1 q_2 d_1 d_2}{4\pi\epsilon_0 D^4 m_1}; \quad a_2 = \frac{3q_1 q_2 d_1 d_2}{4\pi\epsilon_0 D^4 m_2}$	0,25

b) 3,00		0,50
	$V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d_1} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d_2}$	0,50
	$d_1 \cong \sqrt{r^2 - zd}; \quad d_2 \cong \sqrt{r^2 + zd}$ $V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{z}{r^3} qd$	1,50
	$z = r \cos \theta$ $V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qd \cos \theta}{r^2}$	0,50
c) 3,00	Energia potențială inițială a sistemului: $W_0 = q_2 V_{1,A_2} - q_2 V_{1,B_2}$	0,50
	$W_0 = \frac{q_1 q_2 d_1 d_2}{2\pi\epsilon_0 D^3}$	0,50
	Energia potențială finală a sistemului: $W = \frac{q_1 q_2 d_1 d_2}{16\pi\epsilon_0 D^3}$	0,50
	Din conservarea energiei și impulsului	1,00
	$v_1 = \frac{1}{4D} \sqrt{\frac{7m_2 q_1 q_2 d_1 d_2}{m_1 (m_1 + m_2) \pi \epsilon_0 D}}$	0,25
	$v_2 = \frac{1}{4D} \sqrt{\frac{7m_1 q_1 q_2 d_1 d_2}{m_2 (m_1 + m_2) \pi \epsilon_0 D}}$	0,25
Punct din oficiu		1,00
Total Subiect 3		10,00

**Notă:** Orice rezolvare corectă va fi punctată corespunzător.