Ministerul Educației, Cercetării şi Tineretului

Olimpiada Națională de Fizică

Craiova, 9-15 aprilie 2007

Proba teoretică - barem

XII

Oricare altă variantă corectă de rezolvare se va puncta în mod corespunzător

Subiect	Soluție	Punctaj parțial	Punctaj total
I.A.	Expresia forței responsabilă de mişcarea oscilatorie a pendulului $$F=(mg-F_e)\sin(\Delta\alpha),$$ unde F_e este forța electrică ce acționează asupra corpului suspendat de fir $(F_e<G)$	0,3	**3 p**
	$$F_e=qE\,;\ E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0},$$ unde σ este densitatea sarcinii superficiale a planului orizontal;	0,4	
	$$F=\left(mg-q\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)\sin(\Delta\alpha);$$	0,3	
	Pentru oscilații mici: $\sin(\Delta\alpha)\approx\Delta\alpha;\ \Delta y\approx l\Delta\alpha;$ $$F=\frac{1}{l}\left(mg-q\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)\Delta y;$$	0,4	
	$$\vec{F}=-\frac{1}{l}\left(mg-q\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)\Delta\vec{y};\ k=\frac{1}{l}\left(mg-q\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right);\quad \vec{F}=-k\Delta\vec{y};$$	0,4	
	$$k=m\omega^2=m\frac{4\pi^2}{T_0^2};\ T_0^2=\frac{4\pi^2 l}{g-\frac{q}{m}\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}.$$	0,4	
	Dacă sarcina pendulului este $-q$, atunci perioada oscilațiilor sale armonice va fi dată de expresia: $$T^2=\frac{4\pi^2 l}{g+\frac{q}{m}\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}};$$	0,4	
	$$T=\pi T_0\sqrt{\frac{2l}{gT_0^2-2\pi^2 l}}.$$	0,4	
I.B.a.	Cunoasterea formulei $v=\sqrt{\tau/\mu}$ (viteza undelor transversale) si aflarea dependentei concrete $v=\sqrt{gx}$ ($x=$distanta de la capatul	0,5	**3 p**

	inferior al corzii)		
	Calculul timpului de propagare a pulsului pe distanta $L-x$ [anume deducerea expresiei $T(x)=(2/\sqrt{g})(\sqrt{L}-\sqrt{x})$]	1,0	
	Timpul de parcurs al bilei $t(x)=\sqrt{2(L-x)/g}$	0,2	
	Deducerea ecuatiei $9x^2-10Lx+L^2=0$ si obtinerea solutiilor $x=L$ (momentul initial) si $x=L/9$ (momentul depasirii pulsului de catre bila)	0,5	
I.B.b.	Deducerea expresiei $t_{intalnire}=(4/3)\sqrt{L/g}$	0,3	
I.B.c.	Calculul timpilor $t_u=2\sqrt{L/g}$ si $t_b\sqrt{2L/g}$ precum si relatia $t_u=\sqrt{2}\ t_b$	0,5	
I.C.	Desenul formarii umbrei pe ecranul din planul focal	0,5	**3 p**
	Din asemanarea de triunghiuri diametrul exterior $D_u=D(\ell+f)/\ell$	0,5	
	Din asemanarea de triunghiuri diametrul interior $d_u=d(L-f)/L$	0,5	
	Pozitia punctului imagine este data de $L=f\ell/(\ell-f)$	0,5	
	Formula ariei umbrei pe ecran $S(\ell)=\frac{\pi}{4\ell^2}[D^2(\ell+f)^2-d^2f^2)]$	0,5	
	Graficul dependentei $S(\ell)$	0,5	
Oficiu			**1 p**
Total subiect I			**10 p**
II.A.	Egalitatea drumurilor optice (pe axul optic principal si pe traiectul marginal si rezultatul $n=\sqrt{2}$	0,75	**3 p**
	Desenul traversarii lentilei in vecinatatea coltului B	0,5	
	Legea refractiei la intrare, unghiul $\theta=45^0$ si concluzia $r=30^0$	0,5	
	Legea refractiei la iesire si relatia $r'=\alpha-30^0$	0,5	
	Stabilirea rezultatului final $tg\alpha=\sqrt{2}+\sqrt{3}=3{,}15$,adica $\alpha=72{,}4^0$	0,75	
II.B.	Intuirea situatiei (a) si desenul corespunzator	0,5	**3 p**
	Legea refractiei la intrare ($\alpha=30^0$ in I) adica legatura dintre n si β	0,4	
	Determinarea lui $IO=(R\sqrt{3})/2$	0,2	
	Unghiul $IA_4O=30^0-\beta$	0,2	
	Teorema sinusurilor in triunghiul IOA_4 si obtinerea relatiei $\sin\beta=1/\sqrt{13}$	0,5	
	Determinarea lui $n_{min}=(\sqrt{13})/2\approx 1{,}803$	0,4	
	Intuirea situatiei limita (b) si desenul corespunzator	0,5	

	Concluzia $n_{min} \le n < +\infty$	0,3	
II.C.1.	Stabilirea diferentei de drum optic $\Delta_0 = 2z\sin\theta + \lambda/2$	0,5	**3 p**
	Conditiile $\Delta_0 = m\lambda$ (pentru maxime) si $\Delta_0 = (m+1/2)\lambda$ (pentru minime) si localizarea maximelor si minimelor $z_{max} = \dfrac{(m-1/2)\lambda}{2\sin\theta} = 1{,}55(m-1/2)$ mm,respectiv $z_{min} = \dfrac{m\lambda}{2\sin\theta} = 1{,}55m$ mm, (m=1,2,3...)	0,5	
	Expresia interfranjei $i = \lambda/2\sin\theta = 1{,}55$ mm precum si valorile $I_{max} = 4I_1$ respectiv $I_{min} = 0$	0,5	
II.C.2.	Relatia $I_2 = R_{\perp} I_1$	0,3	
	Deducerea $I_{max} = I_1(1+\sqrt{R_{\perp}})^2 = 3{,}7562 I_1$ si $I_{min} = I_1(1-\sqrt{R_{\perp}})^2 = 0{,}0038 I_1$	0,6	
	Deducerea vizibilitatii $V = (2\sqrt{R_{\perp}})/(1+R_{\perp}) = 0{,}998$	0,6	
Oficiu			**1 p**
Total subiect II			**10 p**
III.			
III.a.			**3 p**
	Viteza luminii are aceeaşi valoare în raport cu ambele sisteme de referință.	0,2	
	Distanța dintre cele două puncte, aparținând oricăruia dintre cele două sisteme de referință se calulează ca fiind egală cu lungimea diagonalei unui paralelipiped: $(c\Delta t')^2 = (\Delta x')^2 + (\Delta y')^2 + (\Delta z')^2;$ $(c\Delta t)^2 = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2,$ astfel încât: $(c\Delta t')^2 - (\Delta x')^2 + (\Delta y')^2 + (\Delta z')^2 = (c\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 = 0;$ $(\Delta s')^2 = (\Delta s)^2 = 0.$	0,3	
	$x' = x;\ y' = \dfrac{y - v_0 t}{\sqrt{1-\dfrac{v_0^2}{c^2}}};\ z' = z;\ t' = \dfrac{t - \dfrac{v_0}{c^2}y}{\sqrt{1-\dfrac{v_0^2}{c^2}}};$ $x = x';\ y = \dfrac{y' + v_0 t'}{\sqrt{1-\dfrac{v_0^2}{c^2}}};\ z = z';\quad t = \dfrac{t' + \dfrac{v_0}{c^2}}{\sqrt{1-\dfrac{v_0^2}{c^2}}};$	0,4	

	$\Delta x' = \Delta x;\ \Delta y' = \dfrac{\Delta y - \mathrm{v}_0 \Delta t}{\sqrt{1-\dfrac{\mathrm{v}_0^2}{c^2}}};\ \Delta z' = \Delta z;\ \Delta t' = \dfrac{\Delta t - \dfrac{\mathrm{v}_0}{c^2}\Delta y}{\sqrt{1-\dfrac{\mathrm{v}_0^2}{c^2}}};$	0,4	
	$\Delta x = \Delta x';\ \Delta y = \dfrac{\Delta y' + \mathrm{v}_0 \Delta t'}{\sqrt{1-\dfrac{\mathrm{v}_0^2}{c^2}}};\ \Delta z = \Delta z';\ \Delta t = \dfrac{\Delta t' + \dfrac{\mathrm{v}_0}{c^2}\Delta y'}{\sqrt{1-\dfrac{\mathrm{v}_0^2}{c^2}}};$	0,4	
	$(\Delta s')^2 = c^2(\Delta t')^2 - (\Delta x')^2 - (\Delta y')^2 - (\Delta z')^2 \neq 0;$ $(\Delta s)^2 = c^2(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2 \neq 0;$ $(\Delta s')^2 = c^2 \dfrac{\left(\Delta t - \dfrac{\mathrm{v}_0^2}{c^2}\Delta y\right)^2}{1-\dfrac{\mathrm{v}_0^2}{c^2}} - (\Delta x)^2 - \dfrac{(\Delta y - \mathrm{v}_0\Delta t)^2}{1-\dfrac{\mathrm{v}_0^2}{c^2}} - (\Delta z)^2 =$ $\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$ $= c^2(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2 = (\Delta s)^2;$ $(\Delta s)^2 = c^2(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2 =$ $= c^2 \dfrac{\left(\Delta t' + \dfrac{\mathrm{v}_0^2}{c^2}\Delta y'\right)}{1-\dfrac{\mathrm{v}_0^2}{c^2}} - (\Delta x')^2 - \dfrac{(\Delta y' + \mathrm{v}_0\Delta t')^2}{1-\dfrac{\mathrm{v}_0^2}{c^2}} - (\Delta z')^2 =$ $\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$ $= c^2(\Delta t')^2 - (\Delta x')^2 - (\Delta y')^2 - (\Delta z')^2 = (\Delta s')^2;$	0,8	
	În prima variantă $(\Delta s')^2 = (\Delta s)^2 = 0.$ În varianta a doua $(\Delta s')^2 = (\Delta s)^2 \neq 0.$ Concluzie: $(\Delta s')^2 = (\Delta s)^2,$ invariantul transformărilor Lorentz (invarianța intervalului relativist spațio-temporal).	0,5	
III.b			**3 p**
1.	Dacă cele două evenimente, E_α şi E_β, ar fi constatate de observatorul O' din sistemul S' ca petrecându-se simultan $(t'_\alpha = t'_\beta)$ în punctele P'_α şi respectiv P'_β, atunci intervalul spațio-temporal dintre aceste evenimente ar fi: $(\Delta s'_{\alpha\beta})^2 = c^2(t'_\beta - t'_\alpha)^2 - (x'_\beta - x'_\alpha)^2 - (y'_\beta - y'_\alpha)^2 - (z'_\beta - z'_\alpha)^2;$ $(\Delta s'_{\alpha\beta})^2 = -(x'_\beta - x'_\alpha)^2 - (y'_\beta - y'_\alpha)^2 - (z'_\beta - z'_\alpha)^2 < 0,$ rezultat care nu poate fi acceptat deoarece, în conformitate cu invarianța intervalului spațio-temporal dintre aceleaşi două evnimente	1,5	

	[$\left(\Delta s_{\alpha\beta}\right)^2 = \left(\Delta s'_{\alpha\beta}\right)^2$], contrazice definiția intervalului de gen tmporal, $\left(\Delta s_{\alpha\beta}\right)^2 > 0$. *Concluzie:* două evenimente separate printr-un interval de gen temporal sunt decalate în timp față de orice alt SRI, ceea ce justifică denumirea dată acestor intervale. Sucesiunea temporală a evnimentelor separate printr-un interval de gen tmporal este absolută.		
2.	Într-adevăr, dacă cele două evenimente, E_α şi E_β, vor fi constatate de observatorul O' din sistemul S' ca petrecându-se la momentele t'_α şi respectiv t'_β în acelaşi punct P', atunci intervlul spațio-temporal dintre aceste evnimente va fi: $$\left(\Delta s'_{\alpha\beta}\right)^2 = c^2\left(t'_\beta - t'_\alpha\right)^2 > 0,$$ rezultat care trebuie acceptat deoarece, în conformitate cu invarianța intervalului spațio-temporal dintre aceste evenimente, $\left(\Delta s_{\alpha\beta}\right)^2 = \left(\Delta s'_{\alpha\beta}\right)^2$, nu contrazice definiția intervalului de gen temporal, $\left(\Delta s_{\alpha\beta}\right)^2 > 0$.	1,5	
III.c.			**3 p**
1.	Dacă cele două evnimente, E_α şi E_β, ar fi constatate de observatorul O' din sistemul S' ca petrecându-se într-un acelaşi punct, P', la momentele t'_α şi respectiv t'_β, atunci intervalul spațio-temporal dintre aceste evenimente ar fi: $$\left(\Delta s'_{\alpha\beta}\right)^2 = c^2\left(t'_\beta - t'_\alpha\right)^2 > 0,$$ rezultat care nu poate fi acceptat deoarece, în conformitate cu invarianța intervalului spațio-temporal dintre aceleaşi două evnimente [$\left(\Delta s_{\alpha\beta}\right)^2 = \left(\Delta s'_{\alpha\beta}\right)^2$], contrazice definiția intervalului de gen spațial, $\left(\Delta s_{\alpha\beta}\right)^2 < 0$. *Concluzie:* două evenimente separate printr-un interval de gen spațial, sunt decalate în spațiu față de orice alt SRI, ceea ce justifică denumirea dată acestor intervale. Decalarea spațială a evnimentelor separate printr-un interval de gen spațial este absolută.	1,5	
2.	Într-adevăr, dacă cele două evenimente, E_α şi E_β, vor fi constatate de observatorul O' din sistemul S' ca petrecându-se în punctele P' şi respectiv Q', la momentele t'_α şi respectiv t'_β, atunci intervlul spațio-temporal dintre aceste evnimente va fi: $$\left(\Delta s'_{\alpha\beta}\right)^2 = -\left(x'_\beta - x'_\alpha\right)^2 - \left(y'_\beta - y'_\alpha\right)^2 - \left(z'_\beta - z'_\alpha\right)^2 < 0,$$	1,5	

	rezultat care trebuie acceptat deoarece, în conformitate cu invarianța intervalului spațio-temporal dintre aceste evenimente, $\left(\Delta s_{\alpha\beta}\right)^2 = \left(\Delta s'_{\alpha\beta}\right)^2$, nu contrazice definiția intervalului de gen temporal, $\left(\Delta s_{\alpha\beta}\right)^2 < 0$.		
Oficiu			**1 p**
Total subiect III			**10 p**
	TOTAL GENERAL		**30 p**

Subiect propus de:
prof. dr. Florea ULIU- Facultatea de Fizică - Universitatea din Craiova
prof. dr. Mihail SANDU- Facultatea de Ştiințe - Universitatea Lucian Blaga Sibiu