



Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013

XII

Proba teoretică
Barem

Pagina 1 din 3

Problema 1 – Interferență Young

Barem de notare		Parțial	Total																																																								
Problema 1																																																											
			10																																																								
a)		1	1																																																								
Cu ajutorul expresiilor analitice ale distanțelor $F_1P = [x^2 + (y - \frac{d}{2})^2]^{1/2}$ și $F_2P = [x^2 + (y + \frac{d}{2})^2]^{1/2}$, transcriem relația $F_2P - F_1P = \Delta$, obținând imediat ecuația unor hiperbole de forma $\frac{y^2}{(\frac{\Delta}{2})^2} - \frac{x^2}{(\frac{1}{2}\sqrt{d^2 - \Delta^2})^2} = 1$, ale căror caracteristici sunt determinate de diferența de drum Δ și de distanța d dintre fante		1																																																									
b)		4,5	4,5																																																								
În noile variabile (adimensionale), cu explicitarea lui y' avem dependența funcțională $y' = \pm \Delta' [\frac{1}{4} + \frac{x'^2}{1 - \Delta'^2}]^{1/2}$		0,5																																																									
Pentru valori $y' > 0$ (deasupra axei Ox), se obțin valorile numerice din tabelul 1. TABELUL 1 <table><tr><td></td><td>x'</td><td>0,00</td><td>0,20</td><td>0,40</td><td>0,60</td><td>0,80</td><td>1,00</td></tr><tr><td>$\Delta' = 0,1$</td><td>y'</td><td>0,050</td><td>0,054</td><td>0,064</td><td>0,078</td><td>0,095</td><td>0,112</td></tr><tr><td>$\Delta' = 0,3$</td><td>y'</td><td>0,150</td><td>0,163</td><td>0,196</td><td>0,241</td><td>0,293</td><td>0,348</td></tr><tr><td>$\Delta' = 0,5$</td><td>y'</td><td>0,250</td><td>0,275</td><td>0,340</td><td>0,427</td><td>0,525</td><td>0,629</td></tr><tr><td>$\Delta' = 0,7$</td><td>y'</td><td>0,350</td><td>0,401</td><td>0,526</td><td>0,684</td><td>0,859</td><td>1,041</td></tr><tr><td>$\Delta' = 0,9$</td><td>y'</td><td>0,450</td><td>0,611</td><td>0,941</td><td>1,318</td><td>1,712</td><td>2,113</td></tr><tr><td>$\Delta' = 0,98$</td><td>y'</td><td>0,490</td><td>1,100</td><td>2,030</td><td>2,995</td><td>3,970</td><td>4,949</td></tr></table> 0,1p x 36 poziții = 3,6 p			x'	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	$\Delta' = 0,1$	y'	0,050	0,054	0,064	0,078	0,095	0,112	$\Delta' = 0,3$	y'	0,150	0,163	0,196	0,241	0,293	0,348	$\Delta' = 0,5$	y'	0,250	0,275	0,340	0,427	0,525	0,629	$\Delta' = 0,7$	y'	0,350	0,401	0,526	0,684	0,859	1,041	$\Delta' = 0,9$	y'	0,450	0,611	0,941	1,318	1,712	2,113	$\Delta' = 0,98$	y'	0,490	1,100	2,030	2,995	3,970	4,949	3,6	
	x'	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00																																																				
$\Delta' = 0,1$	y'	0,050	0,054	0,064	0,078	0,095	0,112																																																				
$\Delta' = 0,3$	y'	0,150	0,163	0,196	0,241	0,293	0,348																																																				
$\Delta' = 0,5$	y'	0,250	0,275	0,340	0,427	0,525	0,629																																																				
$\Delta' = 0,7$	y'	0,350	0,401	0,526	0,684	0,859	1,041																																																				
$\Delta' = 0,9$	y'	0,450	0,611	0,941	1,318	1,712	2,113																																																				
$\Delta' = 0,98$	y'	0,490	1,100	2,030	2,995	3,970	4,949																																																				
Cu ajutorul valorilor numerice obținute, pe hârtia milimetrică, se trasează curbele din figura 1. Se remarcă o creștere din ce în ce mai rapidă a valorilor lui y' în funcție de x', pe măsură ce parametrul Δ' crește.		0,4																																																									

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

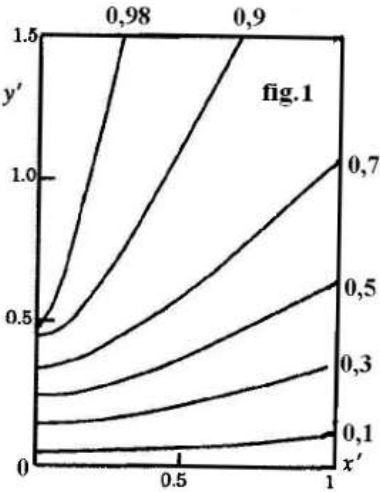


Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013

XII

Proba teoretică
Barem

Pagina 2 din 3

																
c)	0,5	0,5														
Cu $x = L \cos \theta$ și $y = L \sin \theta$, din ecuația dedusă la punctul a) găsim imediat relația exactă $d \sin \theta = \Delta [1 + \frac{d^2 - \Delta^2}{4L^2}]^{1/2}$	0,5															
d)	1,5	1,5														
Cu ajutorul dezvoltării în serie indicată în enunț putem scrie $d \sin \theta = \Delta [1 + \frac{d^2 - \Delta^2}{8L^2} - \frac{(d^2 - \Delta^2)^2}{128L^4} + \dots]$	0,5															
Aproximația $\Delta = d \sin \theta$ este corectă dacă al doilea termen din interiorul parantezei drepte este mult mai mic decât unitatea, adică pentru $L \gg (\frac{d^2 - \Delta^2}{8})^{1/2} \equiv L_c$ (<i>o distanță caracteristică</i>).	0,4															
Notând raportul adimensional L_c / d cu L'_c obținem datele din tabelul 2, unde Δ' este un parametru. Este necesar ca $L' \gg L'_c$ 0,1 p x 6 poziții = 0,6 p TABELUL 2 <table><tr><td>Δ'</td><td>0,1</td><td>0,3</td><td>0,5</td><td>0,7</td><td>0,9</td><td>0,98</td></tr><tr><td>L'_c</td><td>0,352</td><td>0,322</td><td>0,306</td><td>0,252</td><td>0,154</td><td>0,070</td></tr></table>	Δ'	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,98	L'_c	0,352	0,322	0,306	0,252	0,154	0,070	0,6	
Δ'	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,98										
L'_c	0,352	0,322	0,306	0,252	0,154	0,070										
e)	1,5	1,5														
Ținând cont de modul în care este localizat punctul C, adică de egalitatea $PC = PF_1$, se pot stabili ușor valorile unghiurilor reprezentate în figura 2.	0,75															

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Cu ajutorul teoremei sinusurilor, scrisă pentru triunghiul F_1F_2C, obținem expresia $\Delta = d \frac{\sin(\beta - \frac{\alpha}{2})}{\sin(90^\circ + \frac{\alpha}{2})}$ sau, sub o formă mai simplă, $\Delta = d[\sin \beta - \cos \beta \tan \frac{\alpha}{2}].$ <i>Observație (care nu se punctează): Formula lui Δ, astfel obținută, este remarcabilă deoarece nu conține dependență de distanța L.</i>	0,75	
Oficiu	1,00	1,0

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



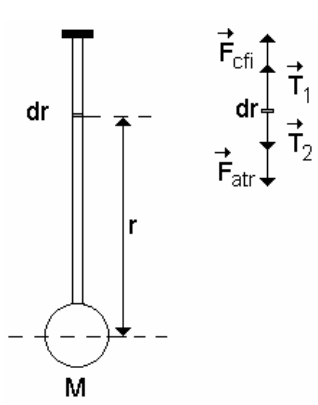
Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare

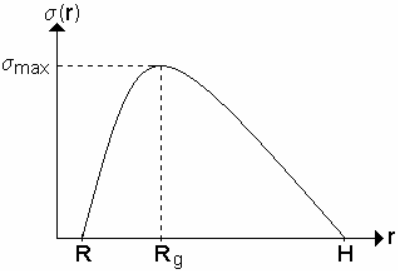
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013

Proba teoretică

XII

Barem de evaluare și de notare
Se punctează oricare altă modalitate de rezolvare corectă a problemei

Nr. item	Problema a II-a - Ascensorul spațial	Punctaj
a.	Pentru: diagrama forțelor  1,00p	1,00p
b.	Pentru: $\vec{T}_1 + \vec{F}_{cfi} + \vec{T}_2 + \vec{F}_{atr} = 0$ 0,50p variația forței de tensiune $dT = T_1 - T_2$ din elementul considerat $dT = G \cdot \frac{M \cdot dm}{r^2} - dm \cdot \omega^2 \cdot r$ 0,50p $dm = \rho \cdot A \cdot dr$ 0,25p $d\sigma(r) = G \cdot \frac{M \cdot \rho}{r^2} \cdot dr - \rho \cdot \omega^2 \cdot r \cdot dr$ 0,25p $\omega^2 = \frac{GM}{R_g^3}$ 0,25p $\frac{d\sigma(r)}{dr} = G \cdot M \cdot \rho \cdot \left(\frac{1}{r^2} - \frac{r}{R_g^3} \right)$ 0,25p	2,00p
c.	Pentru: $\sigma(r) = G \cdot M \cdot \rho \cdot \left(-\frac{1}{r} - \frac{r^2}{2 \cdot R_g^3} \right) + C$ 0,50p $\sigma(R) = 0$ 0,25p $C = G \cdot M \cdot \rho \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{R^2}{2 \cdot R_g^3} \right)$ 0,25p	2,50p

	$\sigma(H) = 0$	0,25p	
	$G \cdot M \cdot \rho \cdot (H - R) \cdot \left(\frac{1}{R \cdot H} - \frac{R + H}{2 \cdot R_g^3} \right) = 0$	0,75p	
	expresia distanței H de la centrul Pământului la vârful turnului $H = \frac{R}{2} \cdot \left[\sqrt{1 + \frac{8R_g^3}{R^3}} - 1 \right]$	0,50p	
d.	Pentru: $H = 1,51 \cdot 10^5 \text{ km}$	1,00p	1,00p
e.	Pentru: $\frac{d\sigma(r)}{dr} = 0$ $r = R_g$ $\sigma_{\max} = \sigma(R_g) = G \cdot M \cdot \rho \cdot \left[-\frac{3}{2R_g} + \frac{1}{R} + \frac{R^2}{2R_g^3} \right]$ 	0,25p 0,25p 0,50p 0,50p	1,50p
f.	Pentru: valoarea maximă a tensiunii exercitate pe unitatea de arie, pentru un turn din oțel $\sigma_{\max} = 379 \text{ GPa}$ <i>Exemplu de răspuns:</i> Pe planeta Pământ nu se poate utiliza oțelul în construcția turnului pentru ascensorul spațial, deoarece $\sigma_{\max} > \sigma_{\text{oțel, rupere}}$	0,50p 0,50p	1,00p
Oficiu			1,00p
TOTAL Problema a II-a			10p

© Barem de evaluare și de notare propus de:

Dr. Delia DAVIDESCU – Facultatea de Fizică – Universitatea București



Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013

XII

Proba teoretică
Barem

Pagina 1 din 3

Problema 3 – Anihilări și generări „particulă - antiparticulă”!

Barem de notare	Parțial	Punctaj
Problema 3		10
a)	1,50	1,50
Utilizând relația relativistă dintre masă și energie, precum și expresia impulsului relativist pentru un punct material în mișcare cu viteza v , obținem: $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4,$ reprezentând relația relativistă dintre energia și impulsul unui punct material. Dacă $\vec{p}_1$ și respectiv $\vec{p}_2$ sunt impulsurile celor doi fotoni rezultați, iar E_1 și respectiv E_2 sunt energiile celor doi fotoni rezultați, atunci, în acord cu legile de conservare ale impulsului și energiei, rezultă: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2;$ $E + m_0 c^2 = E_1 + E_2,$ unde $\vec{p}$ și E sunt impulsul și respectiv energia totală ale pozitronului, înainte de întâlnirea electronului; $E_1 = \frac{m_0 c^2 (E_c + 2m_0 c^2)}{E_c + 2m_0 c^2 - \cos \theta_1 \sqrt{E_c (E_c + 2m_0 c^2)}};$ $E_2 = \frac{m_0 c^2 (E_c + 2m_0 c^2)}{E_c + 2m_0 c^2 - \cos \theta_2 \sqrt{E_c (E_c + 2m_0 c^2)}}.$ Este evident că energiile celor doi fotoni, E_1 și respectiv E_2 , au valori care se situează între valorile minimă și maximă, ale căror expresii sunt: $E_{\min} = \frac{m_0 c^2 (E_c + 2m_0 c^2)}{E_c + 2m_0 c^2 + \sqrt{E_c (E_c + 2m_0 c^2)}};$ $E_{\max} = \frac{m_0 c^2 (E_c + 2m_0 c^2)}{E_c + 2m_0 c^2 - \sqrt{E_c (E_c + 2m_0 c^2)}}.$	0,25	
b)	2,50	2,50
1) În interiorul mezonului π^0 se formează perechea virtuală proton-antiproton, din a căror anihilare, cu respectarea legilor de conservare ale energiei și a impulsului, rezultă doi fotoni.	0,50	
2) Din totalitatea orientărilor posibile ale zborurilor celor doi fotoni rezultați din dezintegrarea mezonului π^0 considerat în zbor cu viteza $\vec{v}$, valorile $E_{\max}$ și $E_{\min}$ ale energiilor celor doi fotoni, corespunzând variantei reprezentată în figura alăturată, din care, în acord cu legile de conservare ale energiei și a impulsului, rezultă:	2,00	

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013

XII

Proba teoretică
Barem

Pagina 2 din 3

$v = c \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}$		
c) 1) În raport cu SRL, impulsul total al sistemului foton – electron, precum și energia totală a acestui sistem, înaintea interacțiunii, sunt: $p_L = \frac{h\nu_L}{c} + 0 = \frac{E_1}{c}; E_L = E_1 + m_0c^2.$ În raport cu SRCM, impulsul total și energia totală ale sistemului foton – electron, înaintea interacțiunii, sunt: $\vec{p}_{CM} = \vec{p}_{f,CM} + \vec{p}_{e^+,CM} = 0; E_{CM}.$ Rezultă: $\left(p^2 - \frac{E^2}{c^2}\right) = \text{constant};$ $E_{CM}^2 = m_0c^2(m_0c^2 + 2E_1).$ Reacția propusă: $\gamma + e^- \rightarrow (e^+ + e^-) + e^-,$ din care rezultă trei particule, cu mase de repaus identice, m_0, nu poate avea loc, decât dacă: $E_{CM} \geq 3m_0c^2;$ $E_{CM}^2 = m_0c^2(m_0c^2 + 2E_1) \geq 9m_0^2c^4;$ $E_1 \geq 4m_0c^2; E_0 = 4m_0c^2.$	5,00	5,00
2) Din conservarea energiei sistemului, în procesul formării perechii electron – pozitron, dintr-un foton, în vid, rezultă: $E_{\text{initial}} = E_{\text{final}};$ $p_{\text{foton}} > p_{\text{electron}} + p_{\text{pozitron}}.$ Din legea conservării impulsului rezultă: $\vec{p}_f = \vec{p}_{\text{electron}} + \vec{p}_{\text{pozitron}};$ $p_{\text{foton}} < p_{\text{electron}} + p_{\text{pozitron}}.$ Consecințele celor două legi de conservare sunt contradictorii. Ca urmare, în condițiile precizate, adică în vid, procesul generării perechii electron – pozitron, dintr-un foton, nu este posibil. Procesul se poate produce numai în câmpul unui nucleu, de obicei în câmpul unui nucleu greu. Procesul generării perechii electron – pozitron dintr-un foton este posibil, din punct de vedere energetic, numai dacă energia fotonului este suficientă ca să asigure energiile de repaus ale perechii electron - pozitron,	2,50	

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013

XII

Proba teoretică
Barem

Pagina 3 din 3

adică:		
$E_{\text{foton, minim}} = m_{0e}c^2 + m_{0p}c^2 = 2m_0c^2.$		
3) La trecerea unui foton prin substanță, din interacțiunea acestuia cu câmpul unui nucleu, atunci când energia fotonului depășește o valoare de prag ($E_0 > 2m_{0e}c^2$), se realizează procesul generării unei perechi electron – pozitron, după schema: $\gamma \rightarrow e^- + e^+,$ cu respectarea legii conservării energiei: $E_0 = 2m_{0e}c^2 + E_{ce} + E_{cpz},$ unde E_{ce} și E_{cpz} sunt energiile cinetice ale electronului și respectiv pozitronului rezultați din conversia fotonului; $E_0 = m_{0e}c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}} + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_{pz}^2}{c^2}}} \right),$ unde v_e și v_{pz} sunt vitezele electronului și respectiv a pozitronului rezultați. Deși procesul generării perechii electron - pozitron se desfășoară cu implicarea unui nucleu, totuși în legea conservării energiei nu s-a ținut seama de energia preluată de nucleu, deoarece masa nucleului este mult mai mare decât masa electronului, astfel încât viteza de recul a nucleului este foarte mică. Cu toate acestea, în acest proces, impulsul transmis nucleului, $\vec{p}_N$, nu mai este neglijabil, astfel încât, după schema reprezentată în figura alăturată, din legea conservării impulsului, rezultă: $\vec{p}_f = \vec{p}_e + \vec{p}_{pz} + \vec{p}_N,$ ceea ce dovedește că $v_e \neq v_{pz}$, iar orientările vectorilor $\vec{v}_e$ și $\vec{v}_{pz}$ nu sunt simetrice față de direcția fotonului incident. Prezența a trei impulsuri necunoscute în legea conservării impulsului, face nerezolvabilă problema determinării valorilor vitezelor electronului și a pozitronului rezultați, precum și a unghiurilor lor de emergență.	1,50	
Oficiu		1,00

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.