



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



Proba teoretică
Barem

Pagina 1 din 3

Problema 1 – Interferență Young

Barem de notare	Parțial	Total																																																								
Problema 1																																																										
		10																																																								
a)	1	1																																																								
<p>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</p> $\frac{y^2}{(\frac{\Delta}{2})^2} - \frac{x^2}{(\frac{1}{2}\sqrt{d^2 - \Delta^2})^2} = 1$, ale căror caracteristici sunt determinate de diferența de drum Δ și de distanța d dintre fante	1																																																									
b)	4,5	4,5																																																								
<p>În noile variabile (adimensionale), cu explicitarea lui y' avem dependența funcțională $y' = \pm \Delta' [\frac{1}{4} + \frac{x'^2}{1 - \Delta'^2}]^{1/2}$</p>	0,5																																																									
<p>Pentru valori $y' > 0$ (deasupra axei Ox), se obțin valorile numerice din tabelul 1.</p> <p style="text-align: center;">TABELUL 1</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>x'</th> <th>0,00</th> <th>0,20</th> <th>0,40</th> <th>0,60</th> <th>0,80</th> <th>1,00</th> </tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">0,1p x 36 poziții = 3,6 p</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																																																			
<p>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.</p>	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.

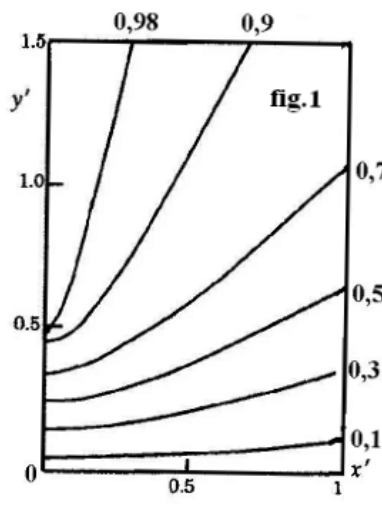


Ministerul Educației Naționale
 Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013

XII

Proba teoretică
Barem

Pagina 2 din 3

																
<p>c)</p>	<p>0,5</p>	<p>0,5</p>														
<p>Cu $x = L \cos \theta$ și $y = L \sin \theta$, din ecuația dedusă la punctul a) găsim imediat relația exactă $d \sin \theta = \Delta \left[1 + \frac{d^2 - \Delta^2}{4L^2} \right]^{1/2}$</p>	<p>0,5</p>															
<p>d)</p>	<p>1,5</p>	<p>1,5</p>														
<p>Cu ajutorul dezvoltării în serie indicată în enunț putem scrie $d \sin \theta = \Delta \left[1 + \frac{d^2 - \Delta^2}{8L^2} - \frac{(d^2 - \Delta^2)^2}{128L^4} + \dots \right]$</p>	<p>0,5</p>															
<p>Aproximația $\Delta = d \sin \theta$ este corectă dacă al doilea termen din interiorul parantezei drepte este mult mai mic decât unitatea, adică pentru $L \gg \left(\frac{d^2 - \Delta^2}{8} \right)^{1/2} \equiv L_c$ (<i>o distanță caracteristică</i>).</p>	<p>0,4</p>															
<p>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</p> <p style="text-align: center;">TABELUL 2</p> <table border="1" data-bbox="151 1624 1197 1702"> <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	<p>0,6</p>	
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										
<p>e)</p>	<p>1,5</p>	<p>1,5</p>														
<p>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.</p>	<p>0,75</p>															

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

<p style="text-align: center;">Fig.2</p>		
<p>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,</p> $\Delta = d[\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}].$ <p><i>Observație (care nu se punctează): Formula lui Δ, astfel obținută, este remarcabilă deoarece nu conține dependență de distanța L.</i></p>	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
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
<p>Utilizând relația relativistă dintre masă și energie, precum și expresia impulsului relativist pentru un punct material în mișcare cu viteza v, obținem:</p> $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4,$ <p>reprezentând relația relativistă dintre energia și impulsul unui punct material.</p> <p>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:</p> $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2;$ $E + m_0 c^2 = E_1 + E_2,$ <p>unde \vec{p} și E sunt impulsul și respectiv energia totală ale pozitronului, înainte de întâlnirea electronului;</p> $E_1 = \frac{m_0 c^2 (E_c + 2m_0 c^2)}{E_c + 2m_0 c^2 - \cos \theta_1 \sqrt{E_c (E_c + 2m_0 c^2)}};$ $E_2 = \frac{m_0 c^2 (E_c + 2m_0 c^2)}{E_c + 2m_0 c^2 - \cos \theta_2 \sqrt{E_c (E_c + 2m_0 c^2)}}.$ <p>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:</p> $E_{\min} = \frac{m_0 c^2 (E_c + 2m_0 c^2)}{E_c + 2m_0 c^2 + \sqrt{E_c (E_c + 2m_0 c^2)}};$ $E_{\max} = \frac{m_0 c^2 (E_c + 2m_0 c^2)}{E_c + 2m_0 c^2 - \sqrt{E_c (E_c + 2m_0 c^2)}}.$	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.



$v = c \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}$		
<p>c)</p>	<p>5,00</p>	<p>5,00</p>
<p>1) În raport cu SRL, impulsul total al sistemului foton – electron, precum și energia totală a acestui sistem, înaintea interacțiunii, sunt:</p> $p_L = \frac{h\nu_L}{c} + 0 = \frac{E_1}{c}; E_L = E_1 + m_0c^2.$ <p>În raport cu SRCM, impulsul total și energia totală ale sistemului foton – electron, înaintea interacțiunii, sunt:</p> $\vec{p}_{CM} = \vec{p}_{f,CM} + \vec{p}_{e^+,CM} = 0; E_{CM}.$ <p>Rezultă:</p> $\left(p^2 - \frac{E^2}{c^2} \right) = \text{constant};$ $E_{CM}^2 = m_0c^2(m_0c^2 + 2E_1).$ <p>Reacția propusă:</p> $\gamma + e^- \rightarrow (e^+ + e^-) + e^-,$ <p>din care rezultă trei particule, cu mase de repaus identice, m_0, nu poate avea loc, decât dacă:</p> $E_{CM} \geq 3m_0c^2;$ $E_{CM}^2 = m_0c^2(m_0c^2 + 2E_1) \geq 9m_0^2c^4;$ $E_1 \geq 4m_0c^2; E_0 = 4m_0c^2.$	<p>1,00</p>	
<p>2) Din conservarea energiei sistemului, în procesul formării perechii electron – pozitron, dintr-un foton, în vid, rezultă:</p> $E_{\text{initial}} = E_{\text{final}};$ $P_{\text{foton}} > P_{\text{electron}} + P_{\text{pozitron}}.$ <p>Din legea conservării impulsului rezultă:</p> $\vec{p}_f = \vec{p}_{\text{electron}} + \vec{p}_{\text{pozitron}};$ $P_{\text{foton}} < P_{\text{electron}} + P_{\text{pozitron}}.$ <p>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.</p> <p>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,</p>	<p>2,50</p>	

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
Barem

Pagina 3 din 3

adică: $E_{\text{foton, minim}} = m_{0e}c^2 + m_{0p}c^2 = 2m_0c^2.$		
<p>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:</p> $\gamma \rightarrow e^- + e^+,$ <p>cu respectarea legii conservării energiei:</p> $E_0 = 2m_{0e}c^2 + E_{ce} + E_{cpz},$ <p>unde E_{ce} și E_{cpz} sunt energiile cinetice ale electronului și respectiv pozitronului rezultați din conversia fotonului;</p> $E_0 = m_{0e}c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}} + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_{pz}^2}{c^2}}} \right),$ <p>unde v_e și v_{pz} sunt vitezele electronului și respectiv a pozitronului rezultați.</p> <p>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.</p> <p>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:</p> $\vec{p}_f = \vec{p}_e + \vec{p}_{pz} + \vec{p}_N,$ <p>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.</p> <p>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.</p>	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.