



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
Proba teoretică
Clasa a XII-a



pagina 1 din 17

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Subiectul 1: Modelul Bohr ...	Punctaj parțial	Total
a) Se consideră sistemul format dintr-un electron, de masa m_e și un nucleu de masă M . Fie $\vec{r}_e$ vectorul de poziție pentru electron și $\vec{r}_N$ vectorul de poziție pentru nucleu. Vectorul de poziție al electronului față de nucleu este: $\vec{r} = \vec{r}_e - \vec{r}_N$	0,2	3p
Ecuatiile de mișcare ale celor două particule sunt: $m_e \frac{d^2 \vec{r}_e}{dt^2} = \vec{F} \Rightarrow m_e M \frac{d^2 \vec{r}_e}{dt^2} = M \vec{F}$ $M \frac{d^2 \vec{r}_N}{dt^2} = -\vec{F} \Rightarrow m_e M \frac{d^2 \vec{r}_N}{dt^2} = -m_e \vec{F}$	0,4	
Obținem: $m_e M \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = (M + m_e) \vec{F} \Rightarrow \frac{m_e M}{m_e + M} \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}$	0,4	
Masa particulei fictive este: $\mu = \frac{m_e M}{m_e + M}$	0,2	
Considerăm un sistem de referință legat de un punct pentru care vectorul de poziție față de sistemul laboratorului este dat de relația: $\vec{r}_{CM} = \frac{m_e \vec{r}_e + M \vec{r}_N}{m_e + M}$	0,2	
Dar $m_e \frac{d^2 \vec{r}_e}{dt^2} + M \frac{d^2 \vec{r}_N}{dt^2} = \vec{F} - \vec{F} \Rightarrow \frac{d^2 \vec{r}_{CM}}{dt^2} = 0$ deci sistemul de referință este inerțial.	0,4	
Față de acest sistem de referință inerțial, vectorii de poziție ai electronului și nucleului sunt: $\vec{r}_{e,CM} = \vec{r}_e - \vec{r}_{CM} = \frac{M}{m_e + M} \vec{r}$ $\vec{r}_{N,CM} = \vec{r}_N - \vec{r}_{CM} = -\frac{m_e}{m_e + M} \vec{r}$ Unde: $\vec{r} = \vec{r}_e - \vec{r}_N$	0,2	
Derivând relațiile precedente în funcție de timp obținem vitezele: $\vec{v}_{e,CM} = \frac{M}{m_e + M} \frac{d\vec{r}}{dt}$ $\vec{v}_{N,CM} = -\frac{m_e}{m_e + M} \frac{d\vec{r}}{dt}$	0,4	
Energia cinetică a sistemului este: $E_c = \frac{1}{2} m_e \vec{v}_{e,CM}^2 + \frac{1}{2} M \vec{v}_{N,CM}^2$	0,2	
Efectuând calculele obținem: $E_c = \frac{1}{2} \frac{m_e M}{m_e + M} \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \right)^2 \Leftrightarrow E_c = \frac{1}{2} \mu \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \right)^2$	0,4	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
Proba teoretică
Clasa a XII-a



pagina 2 din 17

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

b) Se consideră un electron de masă μ care orbitează în jurul nucleului încărcat cu Ze. Energia totală a sistemului este: $E = E_c + E_p$ Unde energia cinetică este: $E_c = \frac{1}{2} \mu v^2$ Și energia potențială este: $E_p = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r}$	0,6	2p
Condiția de cuantificare pentru momentul cinetic este: $\mu v r = n \frac{h}{2\pi}, n \in \mathbb{N}^*$	0,2	
Deci, viteza pe orbita n este: $v_n = n \frac{h}{2\pi\mu r}$	0,2	
Condiția de echilibru a forțelor este: $\frac{\mu v^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r^2}$	0,2	
Raza orbitei n este: $r_n = n^2 \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi \mu Z e^2}, n \in \mathbb{N}^*$	0,2	
Efectuând calculele, pentru orbita n obținem energia cinetică: $E_{c,n} = \frac{\mu Z^2 e^4}{8n^2 \epsilon_0^2 h^2}, n \in \mathbb{N}^*$ și energia potențială: $E_{p,n} = -\frac{\mu Z^2 e^4}{4n^2 \epsilon_0^2 h^2}, n \in \mathbb{N}^*$	0,4	
Energia totală a sistemului pentru orbita n este: $E_n = -\frac{\mu Z^2 e^4}{8n^2 \epsilon_0^2 h^2}, n \in \mathbb{N}^*$	0,2	3p
c) Pentru atomul de hidrogen energia totală a electronului pe orbita $n = 1$ este: $E_1 = -\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2}; E_1 = -13,6 \text{ eV}$	0,2	
Pentru un atom cu sarcina nucleară Ze și masa redusă μ, energia totală pe nivelul n în funcție de energia orbitei cu $n = 1$, pentru atomul de hidrogen poate fi scrisă sub forma: $E_n = \frac{Z^2}{n^2} \left(\frac{\mu}{m_e} \right) E_1$	0,2	
Energia fotonului emis la o tranziție $n_i \rightarrow n_f$ este: $\epsilon_{n_i \rightarrow n_f} = \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \left(\frac{\mu}{m_e} \right) Z^2 E_1$	0,2	
Energia fotonului emis pentru fiecare tranziție $n_i \rightarrow n_f$ poate fi scrisă sub forma: $\epsilon_{n_i \rightarrow n_f} = \frac{hc}{\lambda_{n_i \rightarrow n_f}}$	0,2	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Egalăm ultimele două relații:		
$\frac{hc}{\lambda_{n_i \rightarrow n_f}} = \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \left(\frac{\mu}{m_e} \right) Z^2 E_1$	0,2	
Așadar:		
$Z^2 \frac{\mu}{m_e} = \frac{hc}{E_1 \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \lambda_{n_i \rightarrow n_f}}$	0,2	
În urma efectuării calculelor obținem:		
$Z^2 \left(\frac{\mu}{m_e} \right)_{2 \rightarrow 1} = 0,99663$ $Z^2 \left(\frac{\mu}{m_e} \right)_{3 \rightarrow 1} = 0,99547$ $Z^2 \left(\frac{\mu}{m_e} \right)_{3 \rightarrow 2} = 0,99886$ $Z^2 \left(\frac{\mu}{m_e} \right)_{4 \rightarrow 2} = 0,99788$	0,2	
Deoarece $M > m_e$ și $Z^2 \frac{M}{m_e + M} \approx 1$, $Z \in \mathbb{N}^*$, obținem $Z = 1$.	0,2	
Media este:		
$\overline{\left(\frac{\mu}{m_e} \right)} = \frac{\left(\frac{\mu}{m_e} \right)_{2 \rightarrow 1} + \left(\frac{\mu}{m_e} \right)_{3 \rightarrow 1} + \left(\frac{\mu}{m_e} \right)_{3 \rightarrow 2} + \left(\frac{\mu}{m_e} \right)_{4 \rightarrow 2}}{4}; \quad \overline{\left(\frac{\mu}{m_e} \right)} = 0,99721$	0,2	
Estimarea deviației standard pentru aceste măsurători este:		
$\sigma_{\frac{\mu}{m_e}} = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^4 \left[\left(\frac{\mu}{m_e} \right)_i - \overline{\left(\frac{\mu}{m_e} \right)} \right]^2}; \quad \sigma_{\frac{\mu}{m_e}} = 0,00147$	0,2	
Rezultă:		
$\left(\frac{\mu}{m_e} \right)_{exp} = \overline{\left(\frac{\mu}{m_e} \right)} \pm \sigma_{\frac{\mu}{m_e}}; \quad \left(\frac{\mu}{m_e} \right)_{exp} = 0,99721 \pm 0,00147$	0,2	
Masa redusă a sistemului este:		
$\mu = \frac{m_e M}{m_e + M} \Rightarrow \frac{M}{m_e} = \frac{\frac{\mu}{m_e}}{1 - \frac{\mu}{m_e}}$	0,2	
În urma efectuării calculelor obținem:		
$\left(\frac{M}{m_e} \right) = 357,27$	0,2	
Eroarea relativă este:		
$\frac{\delta \left(\frac{M}{m_e} \right)}{\frac{M}{m_e}} = \frac{\delta \left(\frac{\mu}{m_e} \right)}{\frac{\mu}{m_e}} + \frac{\delta \left(\frac{\mu}{m_e} \right)}{1 - \frac{\mu}{m_e}}$	0,2	
Numeric:		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
Proba teoretică
Clasa a XII-a



pagina 4 din 17

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

$\frac{\delta\left(\frac{M}{m_e}\right)}{\frac{M}{m_e}} = 0,52968$		
Rezultă: $\left(\frac{M}{m_e}\right)_{exp} = \overline{\left(\frac{M}{m_e}\right)} \pm \delta\left(\frac{M}{m_e}\right)$ Numeric: $\left(\frac{M}{m_e}\right)_{exp} = (3,6 \pm 1,9) \cdot 10^2$	0,2	
d) Conform principiul de nedeterminare al lui Heisenberg: $(\Delta r)(\Delta p) \approx \frac{h}{2\pi} \Leftrightarrow (\Delta r)(\Delta p) \approx \hbar$	0,2	2p
Pentru atomul exotic cu masa redusă $\mu = 0,99721m_e$, considerăm că electronul aflat pe nivelul energetic fundamental $n = 1$ este localizat într-o regiune sferică cu raza caracteristică: $r \approx \Delta r$ și impulsul caracteristic: $\Delta p \approx p \approx \frac{\hbar}{r}$	0,4	
Energia totală a sistemului este: $E = E_c + E_p$ unde: $E_c = \frac{p^2}{2\mu} \Rightarrow E_c = \frac{\hbar^2}{2\mu r^2}$ $E_p = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}$	0,2	
Deci: $E = \frac{\hbar^2}{2\mu r^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}$	0,2	
Condiția de minim pentru energia totală: $\frac{dE}{dr} = 0 \Rightarrow -\frac{\hbar^2}{\mu r^3} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = 0$	0,2	
În urma efectuării calculelor obținem: $r = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{\mu e^2} \Leftrightarrow r = r_1 \frac{m_e}{\mu}$	0,2	
Numeric: $r = 5,3066 \cdot 10^{-11} \text{ m}$	0,2	
Energia totală minimă este: $E_{min} = -\frac{\mu e^4}{8\epsilon_0^2 \hbar^2} \Leftrightarrow E_{min} = E_1 \frac{\mu}{m_e}$	0,2	
Numeric: $E_{min} = -13,562 \text{ eV}$	0,2	
Total Subiectul 1		10 p

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
Proba teoretică
Clasa a XII-a



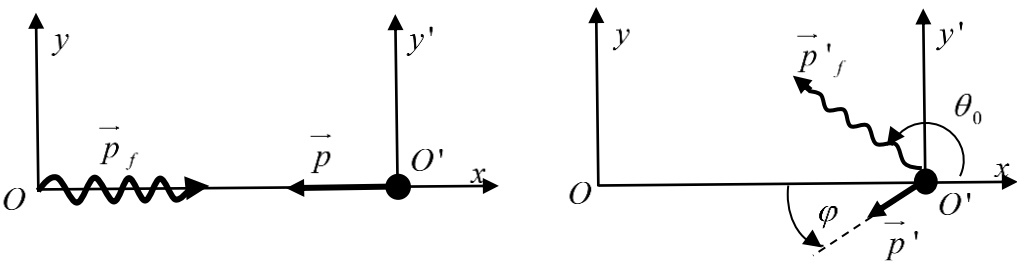
pagina 5 din 17

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Subiectul 2: Împrăștierea radiației pe electroni în mișcare	Punctaj parțial	Total
a) $E_c = m_0 c^2 [(1 - \beta^2)^{-1/2} - 1]$	0,5	2p
$\beta = \frac{v}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{E_c}{m_0 c^2}\right)^2}}$	0,5	
Frecvența fotonului în referențialul S se determină din relația efectului Doppler longitudinal: $\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}}$ de unde $\lambda = \lambda_0 \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}}$	0,6	
Valori numerice: $\beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\lambda = 0,027 \text{ \AA}$	0,4	
b) Folosind formulele de compunere a vitezelor în cinematica relativistă: $v_x = \frac{v'_x - v}{1 - \frac{v'_x \cdot v}{c^2}}; \quad v_y = \frac{v'_y \sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \frac{v'_x \cdot v}{c^2}}$	0,4	2p
Exprimând componentele vitezelor fotonului, pe axele de coordonate ale sistemului S_0 respectiv ale sistemului S : $v_x = c \cdot \cos \theta_0$; $v_y = c \cdot \sin \theta_0$; $v'_x = c \cdot \cos \theta$; $v'_y = c \cdot \sin \theta$, rezultă:	0,4	
$\cos \theta_0 = \frac{\cos \theta - \beta}{1 - \beta \cdot \cos \theta}$	0,8	
Valori numerice: $\cos \theta_0 \approx -0,65$; $\theta_0 \approx 130,2^\circ$	0,4	
c) În sistemul de referință S al electronului, fotonul cu lungimea de undă λ este împrăștiat pe electronul în repaus iar după ciocnire are lungimea de undă: $\lambda' = \lambda + \Lambda(1 - \cos \theta)$	1,0	3p
Frecvența fotonului recepționat de sistemul laboratorului S_0 este: $\nu'_0 = \nu' \cdot \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \beta \cos(\pi - \theta_0)} = \nu' \cdot \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 + \beta \cos \theta_0}$	0,6	
Înlocuind expresia pentru $\cos \theta_0$, λ' și λ găsim: $\lambda'_0 = \left[\lambda_0 \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}} + \Lambda(1 - \cos \theta) \right] \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \beta \cos \theta}$	1,0	
Valoare numerică: $\lambda'_0 \approx 0,034 \text{ \AA}$	0,4	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Subiectul 2: <i>Împrăștierea radiației pe electroni în mișcare</i>	Punctaj parțial	Total
d) Legea conservării energiei în procesul de împrăștiere considerat, scrisă în sistemul laboratorului conduce la: $h\nu_0 + E_c + m_0c^2 = h\nu'_0 + E'_c + m_0c^2$ de unde: $E'_c = E_c + h(\nu_0 - \nu'_0) = E_c + m_0c^2 \Lambda \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda'_0} \right)$	0,5	3p
Valoarea numerică: $E'_c \approx 0,273 \text{ MeV}$	0,5	
		
Legea conservării impulsului în sistemul de referință al laboratorului S_0 prin proiecțiile pe axe de coordonate Ox și Oy conduce la: $Ox: p_f - p = p'_f \cos \theta_0 - p' \cos \varphi$ (1)	0,3	
$Oy: p'_f \sin \theta_0 - p' \sin \varphi = 0$ (2) unde $p_f = \frac{h}{\lambda_0}$ și $p'_f = \frac{h}{\lambda'_0}$ sunt impulsurile fotonului înainte și după împrăștiere	0,3	
Din relația generală $E = E_c + m_0c^2 = \sqrt{p^2c^2 + m_0^2c^4}$ găsim impulsurile electronului înainte și după interacțiunea cu fotonul: $p = \frac{\sqrt{E_c(E_c + 2m_0c^2)}}{c} \text{ și } p' = \frac{\sqrt{E'_c(E'_c + 2m_0c^2)}}{c}$	0,4	
În final, înlocuind expresiile impulsurilor în relația (2), găsim: $\sin \varphi = \frac{\Lambda \sin \theta_0}{\lambda'_0} \cdot \frac{m_0c^2}{\sqrt{E'_c(E'_c + 2m_0c^2)}}$	0,6	
Valoarea numerică: $\sin \varphi \approx 0,46$; $\varphi \approx 27,4^\circ$	0,4	
Total Subiectul 2		10 p

- Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
- Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Subiectul 3: <i>Evenimente fizice recepționate din Sisteme de Referință Inerțiale diferite</i>	Punctaj parțial	Total
a) Dacă t_M și respectiv $t_N > t_M$, sunt indicațiile ceasornicului observatorului O din sistemul inerțial fix, S, atunci coordonatele de poziție ale celor două stele, M și N, față de sistemul inerțial mobil, S', și indicațiile ceasornicului observatorului O' din sistemul S', în momentele observărilor celor două explozii sunt: $x'_M = x_M; y'_M = \frac{y_M - u \cdot \left(t_M - \frac{r_M}{c}\right)}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; z'_M = z_M;$ $t'_M - \frac{r'_M}{c} = \frac{t_M - \frac{r_M}{c} - \frac{\vec{r}_M \cdot \vec{u}}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; \vec{r}_M \cdot \vec{u} = y_M \cdot u; t'_M - \frac{r'_M}{c} = \frac{t_M - \frac{r_M}{c} - \frac{u}{c^2} \cdot y_M}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $x'_N = x_N; y'_N = \frac{y_N - u \cdot \left(t_N - \frac{r_N}{c}\right)}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; z'_N = z_N;$ $t'_N - \frac{r'_N}{c} = \frac{t_N - \frac{r_N}{c} - \frac{\vec{r}_N \cdot \vec{u}}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; \vec{r}_N \cdot \vec{u} = y_N \cdot u; t'_N - \frac{r'_N}{c} = \frac{t_N - \frac{r_N}{c} - \frac{u}{c^2} \cdot y_N}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}.$ Dacă pentru observatorul O din sistemul S intervalul de timp dintre explozii are durată $\Delta t = t_N - t_M$, unde am admis că $t_N > t_M$, atunci durată aceluiasi interval, pentru observatorul O' din sistemul S', este: $\Delta t' = t'_N - t'_M = \frac{\Delta t - \frac{r_N - r_M}{c} - \frac{u}{c^2} \cdot \Delta y}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} + \frac{r'_N - r'_M}{c}; \Delta y = y_N - y_M$	0,4 0,4 0,4	2,0p

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

$x = x'; y = \frac{y' + u \cdot t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; z = z'; t = \frac{t' + \frac{\vec{r}' \cdot \vec{u}}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; \vec{r}' \cdot \vec{u} = y' \cdot u;$ $t = \frac{t' + \frac{u}{c^2} y'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; x = v_0 t; y = \frac{a \cdot t^2}{2};$ $x' = v_0 \cdot \frac{t' + \frac{u}{c^2} \cdot y'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $y = \frac{a \cdot t^2}{2}; \frac{y' + u \cdot t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{t' + \frac{u}{c^2} \cdot y'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \right)^2;$ $y' + ut' = \frac{a}{2\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \cdot \left(t' + \frac{u}{c^2} \cdot y' \right)^2;$ $2y' \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} + 2ut' \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} = at'^2 + 2 \frac{a \cdot u \cdot t' \cdot y'}{c^2} + \frac{a \cdot u^2}{c^4} y'^2;$ $\frac{a \cdot u^2}{c^4} y'^2 - 2 \left(\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \right) y' - \left(2 \cdot u \cdot t' \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - a \cdot t'^2 \right) = 0;$ $y' = \frac{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{aut'}{c^2}}{\frac{au^2}{c^4}} + \frac{\sqrt{\left(\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{aut'}{c^2} \right)^2 + \frac{au^2}{c^4} \left(2ut' \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - at'^2 \right)}}{\frac{au^2}{c^4}};$ $y' = \frac{c^4}{au^2} \cdot \left[\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} + \right.$	0,8	
---	-----	--

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

$+ \sqrt{\left(\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}\right)^2 - 2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} + 2 \cdot \frac{a \cdot u^3 \cdot t'}{c^4} \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}};$ $y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \left[\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} - \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} + \sqrt{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} \cdot \left[\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} - 2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \cdot \left(1-\frac{u^2}{c^2}\right) \right]} \right];$ $y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \left[\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} - \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} + \sqrt{\left(\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}\right)^2 \cdot \left(1-2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}\right)} \right];$ $y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \left[\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} - \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} + \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} \cdot \sqrt{\left(1-2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}\right)} \right],$ reprezentând ecuația parametrică $y' = y'(t')$; $x' = \frac{v_0}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} \cdot \left(t' + \frac{u}{c^2} y' \right);$ $x' = \frac{v_0}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} \cdot \left[t' + \frac{c^2}{a \cdot u} \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} - t' + \frac{c^2}{a \cdot u} \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} \cdot \sqrt{1-2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} \right];$ $x' = \frac{v_0 \cdot c^2}{a \cdot u} \cdot \left[1 + \sqrt{1-2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} \right],$ reprezentând ecuația parametrică $x' = x'(t')$.	0,8	
3) Pentru a stabili ecuația traiectoriei punctului material P, în raport cu sistemul inerțial mobil, S', procedăm astfel : $x' = \frac{v_0 \cdot c^2}{a \cdot u} \cdot \left[1 + \sqrt{1-2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} \right];$ $\sqrt{1-2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} = \frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1;$		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

$$1 - 2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} = \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2; 2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} = 1 - \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2;$$

$$\frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} = \frac{1 - \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$$

$$y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \left[\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} + \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \sqrt{\left(1 - 2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot t'}{c^2} \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \right)} \right];$$

$$y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \left[\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{1 - \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} + \right.$$

$$\left. \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \sqrt{\left(1 - 2 \cdot \frac{1 - \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \right)} \right];$$

$$y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \left[\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{1 - \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} + \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2}{1}} \right];$$

$$y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \left[\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{1 - \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} + \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \sqrt{1 - 1 + \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2} \right];$$

$$y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \left[\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{1 - \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} + \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \sqrt{\left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2} \right];$$

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

$y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \left[\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{1 - \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} + \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right) \right];$ $y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \frac{2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2} \right) - 1 + \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2 + 2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2} \right) \cdot \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \frac{2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2} \right) \cdot \left(1 + \frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right) - 1 + \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \frac{2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2} \right) \cdot \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} \right) - 1 + \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} - 1 \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \frac{2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2} \right) \cdot \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} \right) - 1 + \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} \right)^2 - 2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} + 1}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \frac{2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2} \right) \cdot \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} \right) + \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} \right)^2 - 2 \cdot \frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2}}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \frac{2 \cdot \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} \right) \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2} - 1 \right) + \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$		
--	--	--

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

$y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \frac{-2 \cdot \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} \right) \cdot \left(\frac{u^2}{c^2} \right) + \left(\frac{a \cdot u \cdot x'}{v_0 \cdot c^2} \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $y' = \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \frac{-2 \cdot \left(\frac{a \cdot u^3 \cdot x'}{v_0 \cdot c^4} \right) + a^2 \cdot u^2 \cdot \left(\frac{x'}{v_0 \cdot c^2} \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $y' = \frac{-2 \cdot \frac{c^4}{a \cdot u^2} \cdot \left(\frac{a \cdot u^3 \cdot x'}{v_0 \cdot c^4} \right) + \frac{c^4}{a \cdot u^2} a^2 \cdot u^2 \cdot \left(\frac{x'}{v_0 \cdot c^2} \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $y' = \frac{-2 \cdot \left(\frac{u \cdot x'}{v_0} \right) + a \cdot \left(\frac{x'}{v_0} \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; y' = \frac{a \cdot \left(\frac{x'}{v_0} \right)^2}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} - \frac{2 \cdot \left(\frac{u \cdot x'}{v_0} \right)}{2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $y' = \frac{a}{2 \cdot v_0^2 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \cdot x'^2 - \frac{u}{v_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} x'; y' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \cdot \left(\frac{a}{2 \cdot v_0^2} \cdot x'^2 - \frac{u}{v_0} \cdot x' \right),$ reprezentând ecuația unei parabole, diferită însă de aceea care s-ar obține în varianta nerelativistă, atunci când ($u \ll c$): $y'_{\text{nerelativist}} = \frac{a}{2v_0^2} \cdot x'^2 - \frac{u}{v_0} \cdot x'.$	0,8 0,4	
c) Cronometrată din S, deplasarea lui S' pe distanța Δy în raport cu S are durată $\Delta t = \frac{\Delta y}{u}.$ Cronometrată din S', durată aceluiasi proces este : $\Delta t' = \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \Delta t;$	0,5 1,0	2,0 p

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

$\Delta t' = \frac{\Delta y}{u} \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} < \Delta t$	0,5	
d) Din enunțul problemei se cunosc relațiile: $\Delta x' = \Delta x; \Delta y' = \frac{\Delta y - u \cdot \Delta t}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; \Delta z' = \Delta z; \Delta t' = \frac{\Delta t - \frac{u}{c^2} \cdot \Delta y}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};$ $\Delta x = \Delta x'; \Delta y = \frac{\Delta y' + u \cdot \Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; \Delta z' = \Delta z'; \Delta t = \frac{\Delta t' + \frac{u}{c^2} \cdot \Delta y'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}.$ Rezultă : $c^2(\Delta t'^2) - (\Delta x')^2 - (\Delta y')^2 - (\Delta z')^2 =$ $= c^2 \cdot \frac{\left(\Delta t - \frac{u}{c^2} \cdot \Delta y\right)^2}{1 - \frac{u^2}{c^2}} - (\Delta x)^2 - \frac{(\Delta y - u \cdot \Delta t)^2}{1 - \frac{u^2}{c^2}} - (\Delta z)^2 =$ $= c^2 \cdot \frac{\left(\Delta t - \frac{u}{c^2} \cdot \Delta y\right)^2}{1 - \frac{u^2}{c^2}} - (\Delta x)^2 \cdot \frac{1 - \frac{u^2}{c^2}}{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{(\Delta y - u \cdot \Delta t)^2}{1 - \frac{u^2}{c^2}} - (\Delta z)^2 \cdot \frac{1 - \frac{u^2}{c^2}}{1 - \frac{u^2}{c^2}} =$ $= \frac{1}{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \left[c^2 \cdot (\Delta t)^2 - 2 \cdot u \cdot \Delta t \cdot \Delta y + \frac{u^2}{c^2} \cdot (\Delta y)^2 - (\Delta x)^2 + \frac{u^2}{c^2} \cdot (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 + \right.$ $\left. + 2u\Delta t\Delta y - u^2 \cdot (\Delta t)^2 - (\Delta z)^2 + \frac{u^2}{c^2} \cdot (\Delta z)^2 \right] =$ $= \frac{1}{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \left[c^2 \cdot (\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right) - (\Delta y)^2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right) - (\Delta z)^2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right) - u^2 \cdot (\Delta t)^2 \right] =$	2,0	2,0 p

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

$ \begin{aligned} &= \frac{c^2 \cdot (\Delta t)^2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right) - \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right) \cdot [(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2]}{1 - \frac{u^2}{c^2}} = \\ &= c^2(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2; \\ &c^2(\Delta t')^2 - (\Delta x')^2 - (\Delta y')^2 - (\Delta z')^2 = c^2(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2. \end{aligned} $ -----		
SAU: $ \begin{aligned} &c^2(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2 = \\ &= c^2 \cdot \frac{\left(\Delta t' + \frac{u}{c^2} \cdot \Delta y'\right)^2}{1 - \frac{u^2}{c^2}} - (\Delta x')^2 - \frac{(\Delta y' + u \cdot (\Delta t')^2)}{1 - \frac{u^2}{c^2}} - (\Delta z')^2 = \\ &= \frac{1}{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot [c^2(\Delta t')^2 + 2u\Delta t'\Delta y' + \frac{u^2}{c^2} \cdot (\Delta y')^2 - (\Delta x')^2 + \\ &+ \frac{u^2}{c^2} \cdot (\Delta x')^2 - (\Delta y')^2 - 2u\Delta t'\Delta y' - u^2(\Delta t')^2 - (\Delta z')^2 + \frac{u^2}{c^2}(\Delta z')^2] = \\ &= \frac{c^2 \cdot (\Delta t')^2 \cdot \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right) - \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right) \cdot [(\Delta x')^2 + (\Delta y')^2 + (\Delta z')^2]}{1 - \frac{u^2}{c^2}} = \\ &= c^2(\Delta t')^2 - (\Delta x')^2 - (\Delta y')^2 - (\Delta z')^2; \end{aligned} $ <i>Concluzie</i> $c^2 \cdot (\Delta t')^2 - (\Delta x')^2 - (\Delta y')^2 - (\Delta z')^2 = c^2 \cdot (\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2.$	2,0	
Această relație de egalitate între cei doi termeni evidențiază mărimea care se constituie ca invariant absolut al transformărilor Lorentz speciale, acest invariant fiind denumit <i>interval relativist spațio-temporal</i> dintre două evenimente petrecute la momente diferite (sau identice) în puncte diferite (sau identice) ale unui același sistem de referință, ale cărui notații, raportate la cele două sisteme de referință inerțiale, S' și S, sunt: $\Delta s' = [c^2(\Delta t')^2 - (\Delta x')^2 - (\Delta y')^2 - (\Delta z')^2]^{1/2};$		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
Proba teoretică
Clasa a XII-a



pagina 16 din 17

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

$\Delta s = [c^2(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2]^{1/2},$ obișnuindu-se să se accepte aceeași denumire (intervalul spațio-temporal dintre evenimente) și pentru mărimile: $(\Delta s')^2 = c^2(\Delta t')^2 - (\Delta x')^2 - (\Delta y')^2 - (\Delta z')^2;$ $(\Delta s)^2 = c^2(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2.$		
Concluzie: În teoria relativității restrânse (TRR), invariantul absolut al transformărilor Lorentz speciale este intervalul spațio-temporal dintre evenimente: $(\Delta s')^2 = (\Delta s)^2.$ Pentru variații elementare ale coordonatelor spațio-temporale, intervalele spațio-temporale dintre evenimente se scriu: $(ds')^2 = c^2(dt')^2 - (dx')^2 - (dy')^2 - (dz')^2;$ $ds' = [c^2(dt')^2 - (dx')^2 - (dy')^2 - (dz')^2]^{1/2};$ $(ds')^2 = (dt')^2 c^2 - (dx')^2 - (dy')^2 - (dz')^2;$ $ds' = [(dt')^2 c^2 - (dx')^2 - (dy')^2 - (dz')^2]^{1/2};$ $(ds)^2 = c^2(dt)^2 - (dx)^2 - (dy)^2 - (dz)^2;$ $ds = [c^2(dt)^2 - (dx)^2 - (dy)^2 - (dz)^2]^{1/2};$ $(ds)^2 = c^2(dt)^2 - (dx)^2 - (dy)^2 - (dz)^2;$ $ds = [c^2(dt)^2 - (dx)^2 - (dy)^2 - (dz)^2]^{1/2}.$ În general, pentru evenimentele E_α și respectiv E_β, constatate de observatorul O' ca petrecându-se în punctele $P'(x'_\alpha, y'_\alpha, z'_\alpha)$ și respectiv $Q'(x'_\beta, y'_\beta, z'_\beta)$, aparținând sistemului S', la momentele t'_α și respectiv t'_β, intervalul spațio-temporal dintre cele două evenimente este: $(\Delta s'_{\alpha\beta})^2 = c^2(t'_\beta - t'_\alpha)^2 - (x'_\beta - x'_\alpha)^2 - (y'_\beta - y'_\alpha)^2 - (z'_\beta - z'_\alpha)^2.$ Pentru aceleași două evenimente, constatate de observatorul O ca petrecându-se în punctele $P(x_\alpha, y_\alpha, z_\alpha)$ și respectiv $Q(x_\beta, y_\beta, z_\beta)$, aparținând sistemului S, la momentele t_α și respectiv t_β, intervalul spațio-temporal dintre cele două evenimente este: $(\Delta s_{\alpha\beta})^2 = c^2(t_\beta - t_\alpha)^2 - (x_\beta - x_\alpha)^2 - (y_\beta - y_\alpha)^2 - (z_\beta - z_\alpha)^2.$ În aceste condiții, în acord cu invarianța intervalului spațio-temporal dintre evenimente, avem: $(\Delta s'_{\alpha\beta})^2 = (\Delta s_{\alpha\beta})^2;$ $c^2(t'_\beta - t'_\alpha)^2 - (x'_\beta - x'_\alpha)^2 - (y'_\beta - y'_\alpha)^2 - (z'_\beta - z'_\alpha)^2 =$ $= c^2(t_\beta - t_\alpha)^2 - (x_\beta - x_\alpha)^2 - (y_\beta - y_\alpha)^2 - (z_\beta - z_\alpha)^2.$		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
Proba teoretică
Clasa a XII-a



pagina 17 din 17

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Concluzie: invarianța intervalului relativist spațio-temporal este consecința constanței vitezei luminii în raport cu orice sistem de referință inerțial, c .		
Total Subiectul 3		10 p

Bareme propuse de:

Prof. Liviu BLANARIU, Centrul Național de Politici și Evaluare în Educație, București

Prof. dr. Gabriel FLORIAN, Colegiul Național „Carol I”, Craiova

Prof. Cristian MIU, Inspectoratul Școlar Județean Olt, Slatina

Prof. dr. Mihail SANDU, Societatea Română de Fizică

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.