



**Olimpiada Națională de Fizică, Craiova 06-10 aprilie 2026**

**Proba teoretică  
Clasa a XI-a**

| <b>Barem Subiectul I Oscilații în câmp magnetic</b>  |   | <b>Parțial</b> | <b>Punctaj</b> |
|--|---|----------------|----------------|
| <b>A.<br/>a.</b>   | Viteza de propagare a unei transversale $c = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$  | 1p             | <b>3p</b>      |
|  | $c = 2Lv_0$   | 1p             |                |
|  | $T = 4L^2v_0^2\mu$  | 0,5p           |                |
|  | $T \cong 39,6N$   | 0,5p           |                |
| <b>A.<br/>b.</b>   | Tensiunea electromotoare indusă: $e = -\frac{d\Phi}{dt}$  | 1p             | <b>9p</b>      |
|  | $\Phi = N \cdot S \cdot B(y)$ , cu y dependent de timp  | 1p             |                |
|  | În dreptul corzii: $B(t) = B_0 - \Lambda \cdot y(x_0, t)$   | 0,5p           |                |
|  | $\Phi = N \cdot S \cdot (B_0 - \Lambda \cdot y(x_0, t))$  | 0,5p           |                |
|  | $e = N \cdot S \cdot \Lambda \frac{dy(x_0, t)}{dt}$   | 1p             |                |
|  | T.e.m. indusă este direct proporțională cu viteza transversală locală a corzii în dreptul dozei: $v(x_0, t) = \frac{dy(x_0, t)}{dt} = \frac{dy}{dt} \left[ A \sin\left(\frac{\pi x_0}{L}\right) \cos(\omega_0 t) \right]$ | 1p             |                |
|  | În dreptul dozei, $x_0 = L/4$ : $v(x_0, t) = -\omega_0 A \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \sin(\omega_0 t)$   | 1,5p           |                |
|  | $e = -\frac{\sqrt{2}}{2} NS\Lambda\omega_0 A \sin(\omega_0 t)$  | 0,5p           |                |
|  | $E_{\max} = \frac{\sqrt{2}}{2} NS\Lambda\omega_0 A$   | 0,5p           |                |
|  | $A = \frac{\sqrt{2}E_{\max}}{NS\Lambda\omega_0}$  | 0,5p           |                |
| $\omega_0 = 2\pi v_0$  | 0,5p  | <b>8p</b>      |                |
| $A \cong 8,2 \cdot 10^{-4} m$  | 0,5p  |                |                |
| Armonica n lipsește dacă $\sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) = 0$   | 2p  |                |                |
| $\frac{n\pi x}{L} = k\pi \Rightarrow x = \frac{k}{n}L, k = 1, 2, 3$  | 1p  |                |                |
| Pozițiile posibile sunt: $x = \frac{L}{n}, x = \frac{2L}{n}, x = \frac{3L}{n}$ , cu $n = 1, 2, 3, 4$ .                   | 1p  |                |                |
| Din $0 < x \leq L/2 \Rightarrow x = \frac{L}{2}, x = \frac{L}{3}, x = \frac{L}{4}$                                       | 1p  |                |                |
| Pentru $x = \frac{L}{2}$ semnalul conține numai două armonici, lipsesc armonicile $n = 2$ și $n = 4$                     | 1p  | <b>8p</b>      |                |
| Pentru $x = \frac{L}{3}$ semnalul conține trei armonici: $n = 1, n = 2$ și $n = 4$ , cu frecvențele 220Hz, 440Hz, 880Hz. | 1p  |                |                |

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.



**Olimpiada Națională de Fizică, Craiova 06-10 aprilie 2026**

**Proba teoretică**

**Clasa a XI-a**

|   |   |            |           |
|---|---|------------|-----------|
|   | Pentru $x = \frac{L}{4}$ semnalul conține trei armonici: $n = 1$ , $n = 2$ și $n = 3$ , cu frecvențele 220Hz, 440Hz, 660Hz.             | 1p         |           |
| <b>B.<br/>a.</b>  | Forța elastică: $F_e = -2ky$  | 0,5p       | <b>5p</b> |
|   | T.e.m. indusă: $e = -Ba \frac{dy}{dt}$  | 0,5p       |           |
|   | Intensitatea curentului electric prin spiră: $i = \frac{e}{R}$  | 0,5p       |           |
|   | Forța electromagnetică: $F_{em} = Bia$  | 0,5p       |           |
|   | $F_{em} = -\frac{B^2 a^2}{R} \frac{dy}{dt}$   | 0,5p       |           |
|   | Forța electromagnetică are sens opus vitezei, deci este forță de amortizare proporțională cu viteza.                                    | 0,5p       |           |
|   | Lex secunda: $m \frac{d^2 y}{dt^2} = F_e + F_{em}$  | 1p         |           |
| Ecuția diferențială a mișcării spirei în câmp magnetic:<br>$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{B^2 a^2}{mR} \frac{dy}{dt} + \frac{2k}{m} y = 0$ | 1p  |            |           |
| <b>B.<br/>b.</b>  | Pulsația proprie: $\omega_0 = \sqrt{\frac{2k}{m}}$  | 0,5p       | <b>5p</b> |
|   | Coeficientul de amortizare: $\beta = \frac{B^2 a^2}{2mR}$   | 0,5p       |           |
|   | Pulsația oscilației în câmp magnetic: $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$  | 0,5p       |           |
|   | În câmp magnetic perioada oscilației amortizate este: $T_{mag} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{2k}{m} - \left(\frac{B^2 a^2}{2mR}\right)^2}}$ | 1p         |           |
|   | În afara câmpului magnetic, perioada este: $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2k}}$   | 0,5p       |           |
|   | O oscilație completă are loc în timpul: $T = \frac{1}{2}(T_0 + T_{mag})$  | 1p         |           |
|   | $T = \pi \left( \sqrt{\frac{m}{2k} + \left( \frac{2k}{m} - \left( \frac{B^2 a^2}{2mR} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \right)$         | 1p         |           |
| <b>Total subiectul I</b>  |   | <b>30p</b> |           |

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.



**Olimpiada Națională de Fizică, Craiova 06-10 aprilie 2026**  
**Proba teoretică**  
**Clasa a XI-a**

| <b>Barem Subiectul II Ecografia Doppler</b> |   | <b>Parțial</b> | <b>Punctaj</b> |
|---|---|----------------|----------------|
| <b>a.</b>                                   | $S \rightarrow P \quad (c + u)T_i = (c + u)T_0 + vT_i \cos \theta$                            | 2              | <b>10p</b>     |
|   | $f_i = f_0 \frac{c + u - v \cos \theta}{c + u}$   | 2              |                |
|   | $P \rightarrow S \quad (c - u)T_r = (c - u)T_i + vT_i \cos \theta$                            | 2              |                |
|   | $f_r = f_i \frac{c - u}{c - u + v \cos \theta}$   | 2              |                |
|   | $f_r = f_0 \frac{c + u - v \cos \theta}{c + u} \cdot \frac{c - u}{c - u + v \cos \theta}$     | 2              |                |
| <b>b.</b>                                   | $\frac{c - u}{c + u} \cong 1 - 2 \frac{u}{c}$   | 1              | <b>5p</b>      |
|   | $\frac{c + u - v \cos \theta}{c - u + v \cos \theta} \cong 1 + 2 \frac{u - v \cos \theta}{c}$ | 2              |                |
|   | $\Delta f = -2f_0 \frac{v \cos \theta}{c}$  | 2              |                |
| <b>c.</b>                                   | $\tau = \frac{D}{c + u} + \frac{D}{c - u}$  | 1              | <b>6p</b>      |
|   | $\tau \cong \frac{2D}{c}$   | 1              |                |
|   | $\tau_1 \cong \frac{2D}{c}, \quad \tau_2 \cong \frac{2(D + \Delta D)}{c}$                     | 1              |                |
|   | $\Delta \tau \cong \frac{2\Delta D}{c}$   | 1              |                |
|   | $\Delta \tau \geq \Delta t$   | 1              |                |
|   | $\Delta D_{min} \cong \frac{c\Delta \tau}{2}$   | 1              |                |
| <b>d.</b>                                   | $\Delta f = 0 \Rightarrow \cos \theta = 0 \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{2}$                 | 1              | <b>4p</b>      |
|   | $\cos\left(\frac{\pi}{2} + \delta\theta\right) = -\delta\theta$                               | 1              |                |
|   | $\delta f = 2f_0 \frac{v}{c} \delta\theta$  | 1              |                |
|   | $v = \frac{c}{2f_0} \left  \frac{\delta f}{\delta\theta} \right $                             | 1              |                |
| <b>e.</b>                                   | din grafic $v_{max} = 1 \text{ m/s}$  | 1              | <b>5p</b>      |
|   | din grafic $T_{puls} \cong 0,8 \text{ s}$   | 1              |                |
|   | puls $\cong 75 \text{ bpm}$   | 1              |                |
|   | Din grafic $\Delta f_{max} = 4 \text{ kHz}$   | 1              |                |
|   | $f_0 = \frac{c\Delta f_{max}}{2v_{max}}, f_0 \cong 3 \text{ MHz}$                             | 1              |                |
| <b>Total subiectul II</b>                   |   |                | <b>30</b>      |

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.



**Olimpiada Națională de Fizică, Craiova 06-10 aprilie 2026**

**Proba teoretică  
Clasa a XI-a**

| <b>Barem Subiectul III Oscilații</b>   |  | <b>Parțial</b> | <b>Punctaj</b> |
|--|--|----------------|----------------|
| <b>A.</b>  | În partea stângă pendulul nu este influențat de firul netensionat $T_s = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$   | 1              | <b>10</b>      |
|  | În partea dreaptă este influențat de firul tensionat $T_d = 2\pi\sqrt{\frac{m_{echiv}}{k_{echiv}}}$  | 1              |                |
|  | Energia cinetică a sistemului este $E_c = \frac{mv^2}{2} = \frac{my^2}{2} \Rightarrow m_{echiv} = m$ ,<br>unde $y = l \cdot \theta$ , cu $\theta$ o deviație mică a firului față de verticală. | 1              |                |
|  | Înălțimea la care se ridică: $h = l(1 - \cos\theta) = 2l\sin^2\frac{\theta}{2} \cong \frac{y^2}{2l}$<br>Energia potențială a sistemului este:  | 2              |                |
|  | $E_p = \frac{k\Delta l^2}{2} + mgh = \frac{k(\frac{y}{2})^2}{2} + mg\frac{y^2}{2l} = \frac{1}{2}\left(\frac{k}{4} + \frac{mg}{l}\right)y^2$  | 1              |                |
|  | $k_{echiv} = \frac{k}{4} + \frac{mg}{l}$   | 1              |                |
|  | $T_d = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\frac{k}{4} + \frac{mg}{l}}}$  | 1              |                |
| $T = \frac{T_s}{2} + \frac{T_d}{2}$  | 2  |                |                |
| $T = \pi\sqrt{\frac{l}{g}} + \pi\sqrt{\frac{m}{\frac{k}{4} + \frac{mg}{l}}}$   | 1  |                |                |
| <b>B.</b>  | Când corpul ajunge pe bandă, ecuația de mișcare este:<br>$m\ddot{x} = -kx + \mu mg \Leftrightarrow m\ddot{x} + k\left(x - \frac{\mu mg}{k}\right) = 0$   | 1              | <b>20</b>      |
|  | Notând $y = x - \frac{\mu mg}{k}$ și $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ , $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  | 1              |                |
|  | Obținem $m\ddot{y} + ky = 0$ cu soluția: $y = A \sin(\omega t + \varphi_0)$  | 1              |                |
|  | $y_0 = 0 - \frac{\mu mg}{k} = A \sin(\varphi_0)$ și $v_0 = 0 \Rightarrow A = \frac{\mu mg}{k}$ și $\varphi_0 = -\pi/2$   | 1              |                |
|  | Legea vitezei: $v(t) = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$   | 1              |                |
|  | $v(t) = \mu g \sqrt{\frac{m}{k}} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t - \pi/2\right)$   | 1              |                |
| Dacă viteza maximă este mai mică decât viteza benzii, $v_{max} = A\sqrt{\frac{k}{m}} < v_b$ , atunci<br>forța de frecare este mereu dinamică iar legea de mai sus este valabilă tot timpul și<br>are reprezentarea grafică clasică de mai jos. | 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.

**Olimpiada Națională de Fizică, Craiova 06-10 aprilie 2026**  
**Proba teoretică**  
**Clasa a XI-a**

|                            |   |   |            |
|----------------------------|---|---|------------|
|                            |   | 2 |            |
|                            | <p>Dacă <math>v_b &lt; v_{max} = A\sqrt{\frac{k}{m}}</math> atunci după un timp <math>t_1</math> corpul atinge viteza benzii iar forța de frecare devine statică.</p>   | 1 |            |
|                            | <p>În intervalul <math>t \in (t_1, t_2)</math> corpul parcurge distanța <math>d</math> cu viteza benzii iar forța de frecare statică este egală cu forța elastică.</p>  | 1 |            |
|                            | <p>La momentul <math>t_2</math> cele două forțe devin maxime: <math>F_f = \mu mg = k\frac{\mu mg}{k} = kx_{echilibru}</math>, ulterior corpul are mișcare de alunecare față de bandă.</p>   | 1 |            |
|                            | $v_b = A\omega \cos(\omega t_1 - \pi/2) \rightarrow t_1 = \frac{1}{\omega} \left[ \frac{\pi}{2} + \arccos\left(\frac{v_b}{A\omega}\right) \right]$  | 1 |            |
|                            | $t_2 = t_1 + \frac{d}{v_b} = t_1 + \frac{x_{echilibru} - x_1}{v_b}$ $x_1 = A + y_1 = A + A \sin(\omega t_1 - \pi/2)$ $t_2 = t_1 + \sqrt{\frac{A^2}{v_b^2} - \frac{1}{\omega^2}} \cdot 6$  | 2 |            |
|                            | <p>Pentru <math>t &gt; t_2</math> corpul are aceeași ecuație, <math>m\ddot{x} = -kx + \mu mg</math>, dar oscilează cu viteza maximă <math>v_b</math> iar legea vitezei are forma: <math>v = v_b \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}(t - t_2)\right)</math></p> | 1 |            |
|                            | <p>Graficul legii vitezei ce include cele 3 porțiuni este descris mai jos.</p>  | 3 |            |
| <b>Total subiectul III</b> |   |   | <b>30</b>  |
| <b>Oficiu</b>              |   |   | <b>10</b>  |
| <b>Total</b>               |   |   | <b>100</b> |

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, Craiova 06-10 aprilie 2026**  
**Proba teoretică**  
**Clasa a XI-a**

**pagina 6 din 6**

**Bareme propuse de:**

**Prof. dr. Costin-Ionuț DOBROTĂ**, Colegiul Național „Dimitrie Cantemir” Onești

**Prof. Constantin GAVRILĂ**, Colegiul Național „Sfântul Sava” București

**Prof. Jean-Marius ROTARU**, Colegiul Național Iași

- 
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.