



# MINISTERUL EDUCAȚIEI

## Olimpiada Națională de Fizică

Oradea 6-10 aprilie 2023

Proba teoretică

Clasa a IX-a



Pagina 1 din 12

### Barem de evaluare și notare

#### Subiectul 1

(10 puncte)

	Parțial	Punctaj
<b>Barem subiectul 1: Mișcări... variate</b>		<b>10 p</b>
<b>a.</b>		
<b>În intervalul</b> $t \in [0,1]s$ , forța de frecare va fi, în fiecare moment, egală în modul și de sens contrar cu forța de tracțiune, corpul fiind în repaus.		
$F = c \cdot t; c = 1N/s$	<b>0,2 p</b>	
$F_f \in [0, \mu N]; F_{f_{max}} = \mu N; F_{f_{max}} = \mu mg; F_{f_{max}} = 1N$	<b>0,2 p</b>	
$F_f = -c \cdot t$	<b>0,2 p</b>	
$R = 0N; v = 0m/s$	<b>0,2 p</b>	
<b>Pentru intervalul</b> $t \in [1,2]s, F > F_{f_{max}} \Rightarrow$ $\Rightarrow R = c \cdot t - \mu mg; R(t) = t - 1$ (S.I.)	<b>0,2 p</b>	<b>7 p</b>
$F_f = \mu mg; F_f = \text{constantă}$	<b>0,2 p</b>	
$a = \frac{R}{m}; a = \frac{c}{m} \cdot t - \mu g; a(t) = t - 1$ (S.I.) Accelerația fiind funcție liniară de timp, accelerația medie poate fi calculată ca medie aritmetică a valorii inițiale, respectiv finale. Pentru $t = t_1; t_1 = 1s \Rightarrow$ $\Rightarrow a(t_1) = 0 \frac{m}{s^2}; a_m = \frac{a(t_1) + a(t)}{2}; a_m = \frac{t-1}{2}; v(t) = a_m(t-1)$ (S.I.) $v(t) = \frac{t^2}{2} - t + \frac{1}{2}$ (S.I.) Pentru $t = t_2; v(t_2) = 0,5m/s$	<b>0,6 p</b>	
<b>În intervalul</b> $t \in [2,3]s, F = 2N$ (constantă) $\Rightarrow$ $\Rightarrow R = F - \mu mg; R = 1N$ (constantă) $\Rightarrow$	<b>0,2 p</b>	

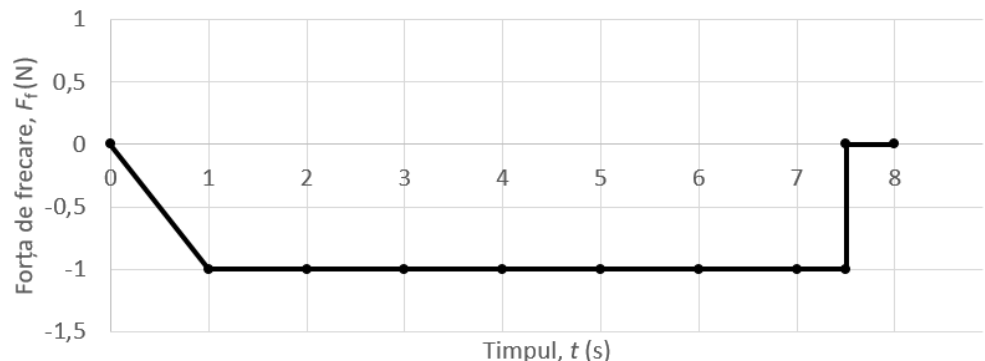
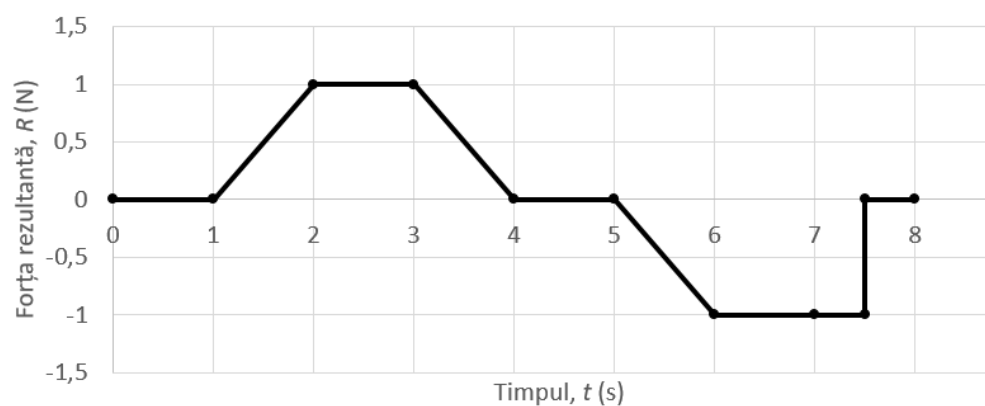
1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

#### Barem de evaluare și notare

$\Rightarrow a = \frac{R}{m}$ ; $a = 1m/s^2$ (constantă) $\Rightarrow$ mișcare uniform accelerată cu viteza inițială $v(t_2)$ . $v(t) = v(t_2) + a(t - 2)$ $v(t) = t - 1,5$ (S.I.) Pentru $t = t_3$ ; $t_3 = 3s \Rightarrow v(t_3) = 1,5m/s$	0,3 p
Forța de frecare este $F_f = \mu mg$ (constantă).	0,2 p
<b>În intervalul</b> $t \in [3,4]s$ , $F(t) = F(t_3) - c \cdot (t - t_3)$ ; $F(t) = 5 - t$ (S.I.) $\Rightarrow R(t) = F(t) - \mu mg$ ; $R(t) = 4 - t$ (S.I.)	0,5 p
$F_f = \mu mg$ (constantă) $\Rightarrow$	0,2 p
$\Rightarrow a = \frac{R}{m}$ ; $a(t) = 4 - t$ (S.I.) $\Rightarrow$ $a_m = \frac{a(t_3) + a(t)}{2}$ ; $a_m = 2,5 - 0,5 \cdot t$ $\Rightarrow v(t) = v(t_3) + a_m(t - t_3)$ $v(t) = -0,5t^2 + 4t - 6$ (S.I.)  Pentru $t = t_4$ ; $t_4 = 4s \Rightarrow v(t_4) = 2m/s$	0,5 p
<b>În intervalul</b> $t \in [4,5]s$ , $F = 1N$ (constantă). $F_f = 1N$ (constantă)	0,2 p
$R = 0N$ ; $a = 0m/s^2$  $\Rightarrow$ mișcare uniformă, cu viteza $v(t_4) = 2m/s$ .	0,2 p
<b>În intervalul</b> $t \in [5,6]s$ , $F_f = \mu mg$ (constantă)	0,2 p
$F(t) = F(t_5) - c \cdot (t - t_5)$ ; $F(t) = 6 - t$ (S.I.); $R(t) = F(t) - \mu mg$ $R(t) = 5 - t$ (S.I.)	0,4 p
$a = \frac{R}{m}$ ; $a(t) = 5 - t$ (S.I.) $a_m = \frac{a(t_5) + a(t)}{2}$ ; $a_m = 2,5 - 0,5 \cdot t$ (mișcare încetinită)	

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

$v(t) = v(t_5) + a_m(t - t_5)$ $v(t) = -0,5t^2 + 5t - 10,5$ (S.I.) Pentru $t = t_6$ ; $t_6 = 6s \Rightarrow v(t_6) = 1,5m/s$	0,6 p	
<b>Pentru <math>t &gt; 6s</math>, <math>F = 0N \Rightarrow</math></b> la momentul $t_6 = 6s$ , mișcarea devine uniform încetinită, cu accelerația $a_f = \frac{F_f}{m}$ ; $a_f = -\mu g$	0,4 p	
$v(\tau) = a_f \cdot \tau$ ; $\tau$ - timpul de oprire $\tau = 1,5s$	0,2 p	
<b>Pentru <math>t \in [6;7,5]s</math>, <math>R = -\mu mg</math></b> $R = -1N$	0,2 p	
$v(t) = v(t_6) - \mu g(t - t_6)$ $v(t) = -t + 7,5$ (S.I.)	0,3 p	
<b>Pentru <math>t \in [7,5;8]s</math>, <math>F_f = 0N</math>, <math>R = 0N</math> și <math>v = 0m/s</math>.</b>	0,6 p	
<b>b.</b>  	1,0 p	3 p
	1,0 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.



# MINISTERUL EDUCAȚIEI

Olimpiada Națională de Fizică

Oradea 6-10 aprilie 2023

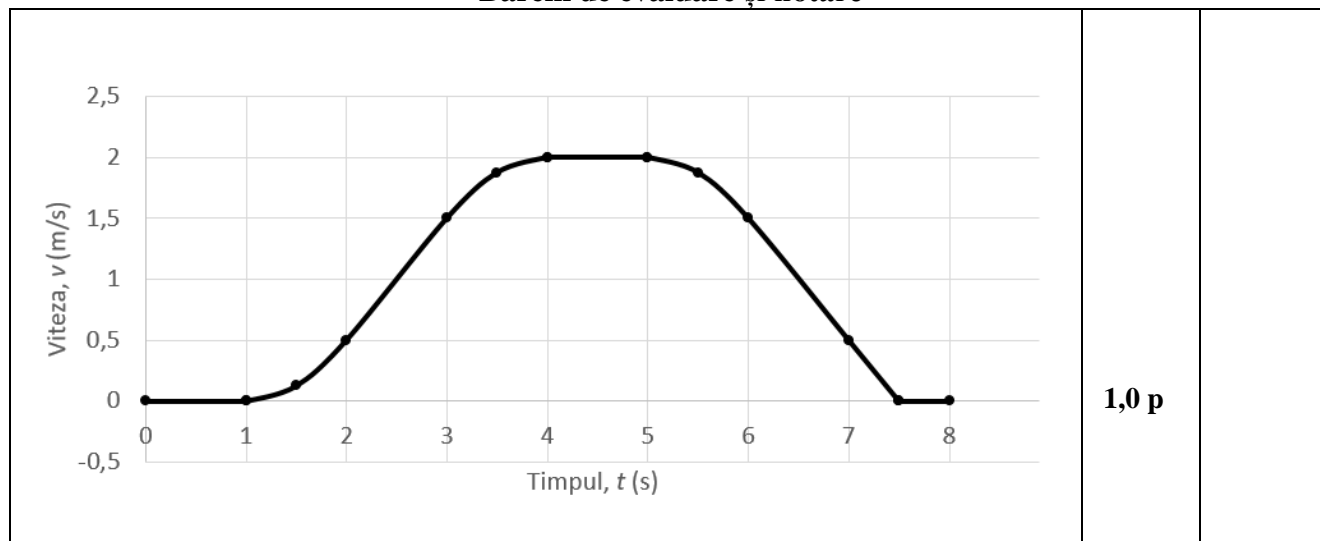
Proba teoretică

Clasa a IX-a



Pagina 4 din 12

## Barem de evaluare și notare

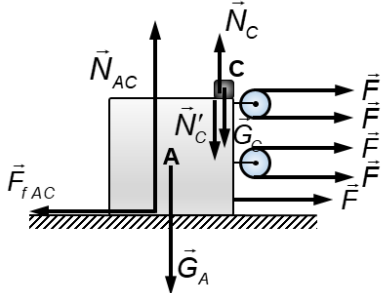
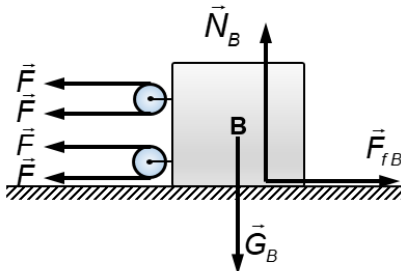
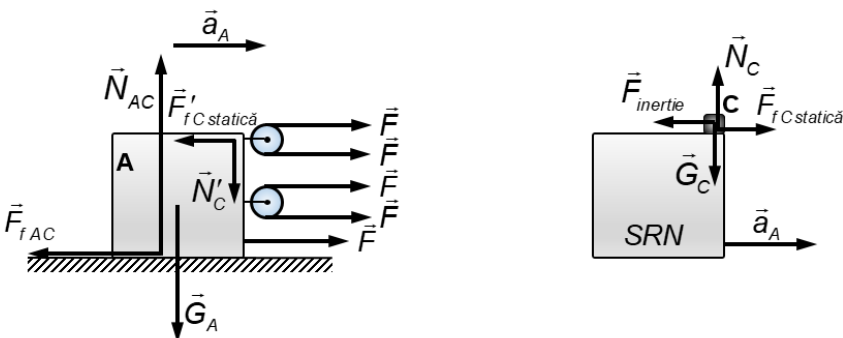


1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

Barem de evaluare și notare

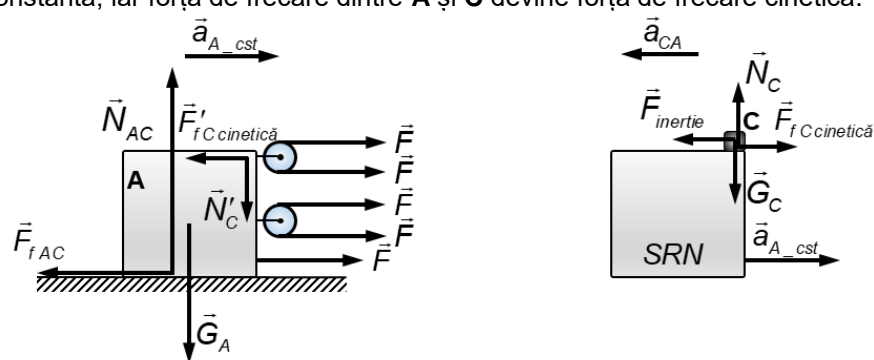
**Subiectul 2**

**(10 puncte)**

		Parțial	Punctaj
	<b>Barem subiectul 2: <i>Absolut... și relativ</i></b>		<b>10p</b>
<b>a.</b>	<p>Corpurile <b>A</b> și <b>C</b> se vor deplasa împreună până în momentul în care va începe alunecarea lui <b>C</b> față de <b>A</b>, deci ies din repaus împreună la momentul <math>t_{0A}</math>.</p>  $t_{0A} = \frac{\mu_A (m_A + m_C) g}{5b}$	<b>0,4 p</b>	<b>1p</b>
	$t_{0A} = 2,4\text{s}$	<b>0,1 p</b>	
	<p>Cubul <b>B</b> iese din repaus la momentul <math>t_{0B}</math>.</p>  $t_{0B} = \frac{\mu_B m_B g}{4b}$	<b>0,4 p</b>	
	$t_{0B} = 1,5\text{s}$	<b>0,1 p</b>	
<b>b.</b>	<p>În sistemul de referință neinertial legat de cubul <b>A</b>, corpul <b>C</b> iese din repaus la momentul <math>t_{0C}</math>, la care forța de inerție egalează forța de frecare statică maximă. În acest moment, cubul <b>A</b> are accelerația <math>a_A</math>.</p>  $m_C a_A = \mu_S m_C g$	<b>0,3 p</b>	<b>1 p</b>

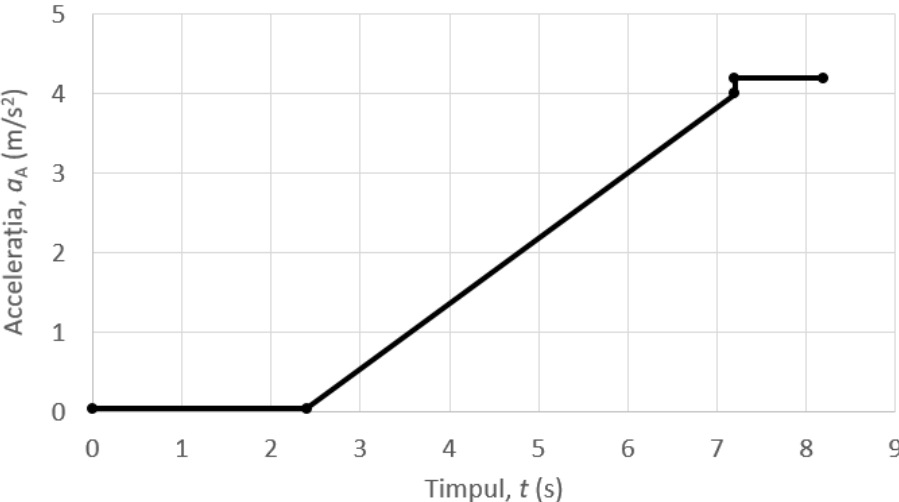
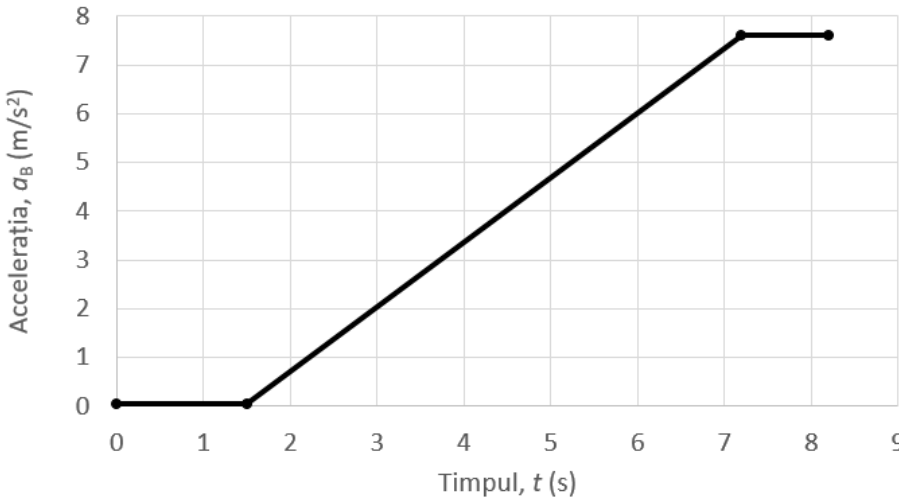
1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

Barem de evaluare și notare

	<p>Accelerația cubului A:</p> $a_A = \frac{5bt_{0C} - \mu_A(m_A + m_C)g - \mu_S m_C g}{m_A}$	0,3 p	
	<p>Obținem:</p> $t_{0C} = \frac{(\mu_A + \mu_S)(m_A + m_C)g}{5b}$	0,3 p	
	$t_{0C} = 7,2s$	0,1 p	
<b>c.</b>	<p>Din momentul în care forța rămâne constantă, cubul <b>A</b> va avea accelerația constantă, iar forța de frecare dintre <b>A</b> și <b>C</b> devine forță de frecare cinetică.</p> 		
	$a_{A\_cst} = \frac{5bt_{0C} - \mu_A(m_A + m_C)g - \mu_C m_C g}{m_A}$	0,4 p	1,5 p
	$a_{A\_cst} = 4,2m/s^2$	0,1 p	
	<p>În sistemul de referință neinertial legat de cubul <b>A</b>, corpul <b>C</b> se va deplasa, cu viteza inițială nulă, uniform accelerat, pe distanța <math>\ell</math>, cu accelerația relativă:</p>	0,4 p	
	$a_{CA} = a_{A\_cst} - \mu_C g$		
	$a_{CA} = 1,2m/s^2$	0,1p	
	<p>Din legea spațiului, obținem:</p>	0,4 p	
	$t_C = t_{0C} + \sqrt{\frac{2\ell}{a_{CA}}}$		
	$t_C = 8,2s$	0,1 p	
<b>d.</b>	<p>Cubul <b>A</b>:</p>		
	<p>Pentru <math>t \in [0, t_{0A}] \Rightarrow a_A = 0m/s^2</math></p>	0,3 p	
	<p>Pentru <math>t \in [t_{0A}, t_{0C}] \Rightarrow a_A = \frac{5bt - \mu_A(m_A + m_C)g}{m_A + m_C} = \frac{5}{6}t - 2</math></p>	0,3 p	1,5 p
	<p>Pentru <math>t \in [t_{0C}, t_C] \Rightarrow a_A = a_{A\_cst} = 4,2m/s^2</math></p>	0,3 p	
	<p>Reprezentarea grafică:</p>	0,6 p	

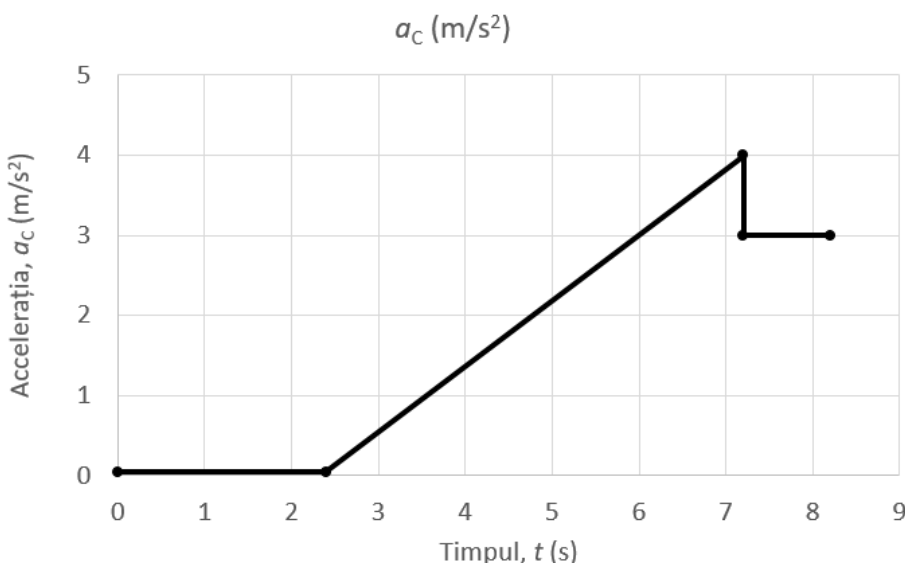
1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

### Barem de evaluare și notare

	<p style="text-align: center;"><math>a_A \text{ (m/s}^2\text{)}</math></p>  <p style="text-align: center;">Timpul, <math>t \text{ (s)}</math></p>		
	<p><b>Cubul B:</b></p> <p>Pentru <math>t \in [0, t_{0B}) \Rightarrow a_B = 0 \text{ m/s}^2</math></p> <p>Pentru <math>t \in [t_{0B}, t_{0C}) \Rightarrow a_B = \frac{4bt - \mu_B m_B g}{m_B} = \frac{4}{3}t - 2</math></p> <p>Pentru <math>t \in [t_{0C}, t_C] \Rightarrow a_{B\_cst} = \frac{4bt_{0C} - \mu_B m_B g}{m_B} = 7,6 \text{ m/s}^2</math></p> <p>Reprezentarea grafică:</p> <p style="text-align: center;"><math>a_B \text{ (m/s}^2\text{)}</math></p>  <p style="text-align: center;">Timpul, <math>t \text{ (s)}</math></p>	<p style="text-align: center;"><b>0,3 p</b></p> <p style="text-align: center;"><b>0,3 p</b></p> <p style="text-align: center;"><b>0,3 p</b></p> <p style="text-align: center;"><b>0,6 p</b></p>	<p><b>1,5 p</b></p>
	<p><b>Corpul C:</b></p> <p>Pentru <math>t \in [0, t_{0A}) \Rightarrow a_C = 0 \text{ m/s}^2</math></p> <p>Pentru <math>t \in [t_{0A}, t_{0C}) \Rightarrow a_C = \frac{5bt - \mu_A (m_A + m_C) g}{m_A + m_C} = \frac{5}{6}t - 2</math></p> <p>Pentru <math>t \in [t_{0C}, t_C] \Rightarrow a_{C\_cst} = \mu_C g = 3 \text{ m/s}^2</math></p> <p>Pentru reprezentarea grafică:</p>	<p style="text-align: center;"><b>0,3 p</b></p> <p style="text-align: center;"><b>0,3 p</b></p> <p style="text-align: center;"><b>0,3 p</b></p> <p style="text-align: center;"><b>0,6 p</b></p>	<p><b>1,5p</b></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

			
e.	În sistemul de referință inerțial legat de Pământ, viteza cu care corpul <b>C</b> ajunge la marginea din stânga a cubului <b>A</b> este egală cu aria subgraficului funcției $a_c = f(t)$ , pe intervalul $t \in [t_{0A}, t_C]$ .	0,7 p	2 p
	$v = 12,6\text{m/s}$	0,1 p	
	Viteza la sol: $v_{sol} = \sqrt{v^2 + 2gl}$	0,5 p	
	$v_{sol} \cong 13,07\text{m/s}$	0,1 p	
	$\alpha = \arccos(v / v_{sol})$	0,5 p	
	$\alpha \cong 16,26^\circ$	0,1 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

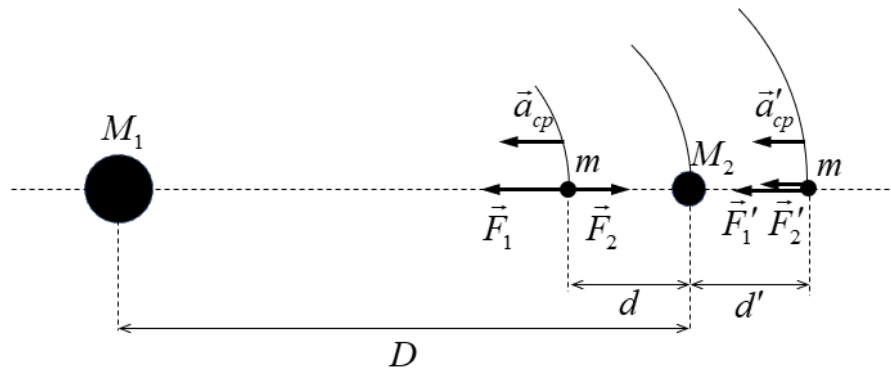
**Subiectul 3**

**(10 puncte)**

	Parțial	Punctaj
<b>Barem problema A: Lăcusta... săritoare</b>		<b>5 p</b>
<b>a.</b> $N$ – numărul de baghete, $n$ – numărul de intervale, $b$ –distanța dintre două baghete succesive		<b>3 p</b>
$b = \frac{v_{01}^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow v_{01} = \sqrt{\frac{bg}{\sin 2\alpha}}$	<b>0,6 p</b>	
Viteza inițială este minimă dacă $\sin 2\alpha = 1$ , $\alpha = 45^\circ \Rightarrow v_{01 \min} = \sqrt{bg}$	<b>0,5 p</b>	
$L_{1 \min} = n \frac{mv_{01 \min}^2}{2}$	<b>0,3 p</b>	
$L_{1 \min} = \frac{nmbg}{2}$	<b>0,3 p</b>	
$2b = \frac{v_{02}^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow v_{02} = \sqrt{\frac{2bg}{\sin 2\alpha}} \Rightarrow v_{02 \min} = \sqrt{2bg}$	<b>0,4 p</b>	
$L_{2 \min} = \frac{n}{2} \frac{mv_{02 \min}^2}{2}$	<b>0,3 p</b>	
$L_{2 \min} = \frac{nmbg}{2}$	<b>0,3 p</b>	
$L_{1 \min} = L_{2 \min}$	<b>0,3 p</b>	
<b>b.</b> $t_1 = \frac{b}{v_{01 \min} \cos \alpha}$ pentru $\alpha = 45^\circ$	<b>0,4 p</b>	<b>2 p</b>
Durata totală în primul caz este: $T_1 = nt_1 \Rightarrow T_1 = \frac{n}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{b}{g}}$	<b>0,5 p</b>	
$t_2 = \frac{2b}{v_{02 \min} \cos \alpha}$ pentru $\alpha = 45^\circ$	<b>0,3 p</b>	
Durata totală în al doilea caz este: $T_2 = \frac{n}{2} t_2 \Rightarrow T_2 = \frac{n}{2 \cos \alpha} \sqrt{\frac{2b}{g}}$	<b>0,5 p</b>	
$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{2}$	<b>0,3 p</b>	

- 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**

	<b>Barem problema B: Soare, Pământ... și sateliți</b>		<b>5 p</b>
<b>a.</b>			
	O poziție este situată între Pământ și Soare: Din echilibrul forțelor avem: $F_1 - F_2 = ma_{cp}$ (1)	<b>0,3 p</b>	<b>3 p</b>
	Accelerația centripetă a satelitului este dată de: $a_{cp} = \omega^2 (D - d)$ (2)	<b>0,1 p</b>	
	Viteza unghiulară orbitală a satelitului este egală cu viteza unghiulară orbitală a Pământului: $\omega = \omega_{Pământ} = \frac{\sqrt{KM_1}}{D^{3/2}}$ (3)	<b>0,4 p</b>	
	Înlocuind (3) și (2) în (1) se obține: $\frac{M_1}{(D-d)^2} - \frac{M_2}{d^2} = \frac{M_1}{D^3} (D-d)$ (4)	<b>0,3 p</b>	
	Folosind aproximația $(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx$ , ecuația (4) devine: $\left(1 - \frac{d}{D}\right)^{-2} \approx 1 + \frac{2d}{D}$	<b>0,2 p</b>	
	$\frac{2M_1d}{D^3} - \frac{M_2}{d^2} = -\frac{M_1d}{D^3}$ De unde rezultă : $d = D \left(\frac{M_2}{3M_1}\right)^{1/3}$ (5)	<b>0,5 p</b>	
	Înlocuind numeric se obține: $d = 1,5 \cdot 10^9 \text{ m}$	<b>0,1 p</b>	
	A doua poziție se află în exteriorul orbitei Pământului În acest caz, ecuația (1) devine: $F_1' + F_2' = ma'_{cp}$	<b>0,3 p</b>	

- 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

	Iar ecuația (4) devine: $\frac{M_1}{(D+d')^2} + \frac{M_2}{d'^2} = \frac{M_1}{D^3}(D+d')$	0,3 p	
	De unde rezultă: $d' = D \left( \frac{M_2}{3M_1} \right)^{1/3}$	0,5 p	
	Prin urmare a doua poziție este diametral opusă față de prima poziție.		
<b>b.</b>	Energia mecanică totală a satelitului în momentul lansării este: $E_0 = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{KmM_2}{R}$	0,2 p	1,2 p
	Energia mecanică totală a satelitului pe orbita circulară este: $E = \frac{mv^2}{2} - \frac{KmM_2}{R+h}$	0,2 p	
	$\frac{mv^2}{R+h} = \frac{KmM_2}{(R+h)^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{KM_2}{R+h}}$	0,2 p	
	$E = -\frac{KmM_2}{2(R+h)}$	0,1 p	
	Din conservarea energiei mecanice se obține: $\frac{v_0^2}{2} - \frac{KM_2}{R} = -\frac{KM_2}{2(R+h)}$	0,2 p	
	De unde rezultă: $v_0 = \sqrt{\frac{KM_2}{R} \left( \frac{R+2h}{R+h} \right)}$	0,2 p	
	Înlocuind valorile numerice se obține: $v_0 \approx 8,24 \text{ km/s}$	0,1 p	
<b>c.</b>	Pentru a evada din câmpul gravitațional al Pământului, energia mecanică totală a satelitului trebuie să fie cel puțin zero. $E \geq 0$	0,3 p	
	$E = \frac{mv_0'^2}{2} - \frac{KmM_2}{R}$	0,2 p	
	Rezultă: $v_0' \geq \sqrt{\frac{2KM_2}{R}} \Rightarrow v_0'_{\min} = \sqrt{\frac{2KM_2}{R}}$	0,2 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

Olimpiada Națională de Fizică

Oradea 6-10 aprilie 2023

Proba teoretică

Clasa a IX-a



Pagina 12 din 12

### Barem de evaluare și notare

Înlocuind valorile numerice, se obține: $v'_{0\min} \approx 11,2 \text{ km/s}$	<b>0,1 p</b>	
---	--------------	--

### *Barem de evaluare și notare propus de:*

*Prof. dr. Daniel LAZĂR – Colegiul Național „Iancu de Hunedoara” Hunedoara*

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

*Prof. dr. Alpár István VITA VÖRÖS – Liceul Teoretic „Apáczai Csere János” Cluj-Napoca*

*Prof. drd. Vitalie LUNGU – Școala Gimnazială „D. D. Pătrășcanu” Tomești, 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.