



Măsurători calorimetrice

Pentru desfășurarea probei în condiții de sănătate și securitate în muncă:

- organizați ergonomic locul de muncă;
- manipulați cu atenție termometrul având grijă să nu se spargă;
- manipulați cu atenție toate componentele dispozitivului experimental pentru a evita deteriorarea acestora;
- nu fierbeți apa pentru a evita arsurile cu stropi de apă;
- respectați disciplina de lucru și normele de sănătate și securitate în muncă mai ales cele referitoare la manipularea unor obiecte și lichide fierbinți.

Realizați o lucrare scrisă care să cuprindă rezolvarea cerințelor de la subiectele I, II și III.

Atenție: Pagina 3 din 3 din enunț (anexa) conține două tabele pe care le veți completa, fără a le copia pe foaia de lucru. Această pagină o veți preda împreună cu foaia de lucru și o veți numerota corespunzător. Nu vă scrieți numele pe această pagină!

Subiectul I – Capacitatea calorică a unui sistem format din mini-termos și termometru (3 puncte)

Presupunând că aveți la dispoziție un mini-termos cu termometru, sursă de căldură, cilindru gradat, apă și un vas pentru încălzirea apei, imaginați-vă experimentul în urma căruia ați obține datele experimentale din anexă, în care t reprezintă temperatura inițială a termosului, t_a temperatura inițială a apei, iar θ temperatura de echilibru și rezolvați cerințele acestei părți.

Cerințe:

- (0,50 p)** Scrieți noțiunile teoretice cu care veți lucra pentru completarea tabelului: formula capacității calorice, ecuația calorimetrică a experimentului imaginat și expresia capacității calorice a sistemului format din mini-termos (vas + capac) și termometru care rezultă din aceasta;
- (1,00 p)** Descrieți etapele experimentului;
- (1,50 p)** Prelucrați datele experimentale din tabel și calculați valoarea medie a capacității calorice a sistemului menționat la subpunctul a), valoare pe care o veți folosi la Subiectul II.

Subiectul II – Determinarea căldurii specifice a unui corp solid (11 puncte)

Aveți la dispoziție următoarele materiale: mini-termos cu termometru având capacitatea calorică medie determinată la Subiectul I, apă ($\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$), cilindru gradat, sursă de încălzire, corp cu căldura specifică necunoscută. Corpul are masă $m = 0,100 \text{ kg}$ și este legat cu sfoară. Descrieți și realizați un experiment pentru determinarea căldurii specifice a corpului urmărind rezolvarea cerințelor acestei părți. Asigurați-vă că, în timpul experimentului, apa va fi încălzită în intervalul $70,0 \text{ }^\circ\text{C} - 80,0 \text{ }^\circ\text{C}$, iar cantitatea de apă utilizată la fiecare determinare se înscrie în intervalul $100 - 200 \text{ ml}$.

Cerințe:

- (0,25 p)** Scrieți ecuația calorimetrică a experimentului;
- (0,25 p)** Rezolvați ecuația calorimetrică și scrieți formula căldurii specifice necunoscute;
- (1,50 p)** Descrieți un experiment pentru determinarea căldurii specifice a corpului pus la dispoziție;
- (5,00 p)** Realizați experimentul descris și completați un tabel cu datele experimentale înregistrate pentru minim 5 determinări;

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 20 puncte pentru rezolvarea cerințelor, fără puncte din oficiu.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba practică
Clasa a VIII-a



Pagina 2 din 3

- e) (3,00 p) Prelucrați datele experimentale și calculați valorile individuale ale căldurii specifice și valoarea medie a căldurii specifice;
- f) (0,25 p) Scrieți rezultatul sub forma $c = c_{\text{med}} \pm \Delta c_{\text{med}}$
- g) (0,75 p) Indicați trei surse de erori.

Subiectul III Ajutați-l pe George! (6 puncte)

George, elev în clasa a VIII-a, își propune să observe modul în care variază temperatura unui lichid atunci când în acesta cad picături identice de zinc, aflat la temperatura de topire. Pentru aceasta, el pregătește mai multe calorimetre identice, de capacitate calorică necunoscută lui, în care toarnă cantități egale de lichid și măsoară, în toate, temperatura inițială de echilibru $t_0 = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$, urmând ca în fiecare să adauge un număr diferit de picături identice de zinc. În primul, adaugă o picătură de masă m de zinc aflat la temperatura de topire, $t = 420,0 \text{ }^\circ\text{C}$ și așteaptă stabilirea echilibrului termic care se realizează la $t_1 = 40,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Toate aceste date experimentale au fost trecute de George în tabelul din fișa anexă (Subiectul III).

O situație neprevăzută l-a împiedicat pe George să-și continue studiul experimental. Ajutați-l pe George în finalizarea studiului său prin rezolvarea cerințelor acestei părți.

Cerințe:

- a) (0,25 p) Descrieți, pe scurt, fenomenul implicat în studiul experimental prezentat;
- b) (5,75 p) Completați tabelul pentru acest subiect din fișa anexă cu valorile temperaturilor în funcție de numărul picăturilor, descriind algoritmul de calcul.

Se cunosc: căldura specifică a zincului solid $c = 390 \text{ J}/(\text{kgK})$ și căldura latentă specifică de topire a zincului $\lambda = 112 \text{ kJ}/\text{kg}$.

Sugestie pentru notarea temperaturii: indicele temperaturii să coincidă cu numărul picăturilor.

Probleme propuse de:

prof. Dan PRUTEANU – Colegiul de Științe ale Naturii „Emil Racoviță” Brașov

prof. Elena-Simona SPÎNU – Colegiul de Științe „Grigore Antipa” Brașov

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 20 puncte pentru rezolvarea cerințelor, fără puncte din oficiu.

Pagina 2 din 3



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba practică
Clasa a VIII-a



Anexă - tabele cu date experimentale

Subiectul I

Nr. det.	$t / ^\circ\text{C}$	m_a / kg	$t_a / ^\circ\text{C}$	$\theta / ^\circ\text{C}$	$c_a / \text{J} / (\text{kg K})$	$C / \text{J} / \text{K}$	$C_{med} / \text{J} / \text{K}$
1	24,0	0,14	74,0	62,5	4180		
2	26,0	0,15	72,0	61,5			
3	23,0	0,16	77,0	65,5			
4	23,0	0,18	77,0	66,0			
5	25,5	0,19	78,5	68,0			

Subiectul III

Număr de picături	0	1	2	3	4	9
Temperatura ($^\circ\text{C}$)	20,0	40,0				

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 20 puncte pentru rezolvarea cerințelor, fără puncte din oficiu.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba practică
Clasa a VIII-a



Pagina 1 din 4

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

	Parțial	Punctaj	
Barem Subiectul I		3 p	
a) Noțiunile teoretice cerute: ➤ Formula capacității calorice $C = \frac{Q}{\Delta t}$ ➤ Ecuația calorimetrică a experimentului Apa fierbinte va ceda căldură iar sistemului format din mini-termos (vas + capac) și termometru va primi căldură. $m_a c_a (t_a - \theta) = C(\theta - t)$	0,10p	0,25p	
➤ Expresia capacității calorice a calorice sistemului format din mini-termos (vas + capac) și termometru $C = \frac{m_a c_a (t_a - \theta)}{(\theta - t)}$	0,25p	0,25p	
b) Descrierea etapelor experimentului ➤ Citirea indicației termometrului pus în mini-termos și notarea acesteia în tabel (t); ➤ Măsurarea unei cantități de apă, notarea masei în tabel (m_a) și încălzirea apei; ➤ Măsurarea temperaturii apei încălzite (t_a) și transferarea acesteia cu rapiditate în mini-termos; ➤ Urmărirea indicației termometrului din mini-termos și citirea temperaturii de echilibru (θ); ➤ Repetarea măsurătorilor cu alte cantități de apă și/sau alte t_a .	1p (5 x 0,2p/etapă)	1p	
c) Prelucrarea datelor experimentale din tabel și calcularea valorii medii a capacității calorice (C) ➤ Calcularea valorilor capacităților calorice C_i $C_1 = 174,8 \text{ J/k},$ $C_2 \in [185,4 - 185,5] \text{ J/k},$ $C_3 = 181,0 \text{ J/k},$ $C_4 = 192,5 \text{ J/k},$ $C_5 = 196,2 \text{ J/k}$ ➤ Calcularea valorii medii $C \in [185,9 - 186,1] \text{ J/k}$	1p (5x0,2p pentru fiecare C_i) 0,5p	1,5p	
	Parțial	Punctaj	
Barem Subiectul II		11 p	
a) Scrierea ecuației calorimetrice a experimentului. $mc(t - \theta) = C(\theta - t_a) + m_a c_a (\theta - t_a)$	0,25p	0,25p	

Pagina 1 din 4

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba practică
Clasa a VIII-a



Pagina 2 din 4

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

<p>b) Rezolvarea ecuației calorimerice și scrierea formulei căldurii specifice necunoscute</p> $c = \frac{(C + m_a c_a)(\theta - t_a)}{m(t - \theta)}$	0,25p	0,25p																																																													
<p>c) Descrierea experimentului pentru determinarea căldurii specifice a corpului pus la dispoziție;</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Se măsoară o anumită cantitate de apă, se pune în mini-termos; ➤ Se așază corpul într-un vas cu apă și se încălzește odată cu apa; ➤ Cât timp se încălzește corpul se măsoară temperatura de echilibru a apei și mini-termosului (t_a); ➤ Când apa din vas are temperatura în intervalul 70 °C - 80 °C se citește temperatura apei din vas (t), apoi se mută imediat corpul în termos și se închide capacul; ➤ Se readuce rapid termometrul aproximativ la temperatura camerei și se reintroduce în mini-termos; ➤ Se urmărește indicația termometrului din mini-termos și se citește temperatura de echilibru θ; ➤ Se repetă măsurătorile de cel puțin 4 ori cu alte cantități de apă. 	<p>0,2p 0,2p 0,2p 0,2p 0,3p 0,2p 0,2p</p>	1,5p																																																													
<p>d) Realizarea experimentului propus și completarea unui tabel cu date experimentale.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">Nr. det.</th> <th style="width: 5%;">m/kg</th> <th style="width: 5%;">m/kg</th> <th style="width: 5%;">t_a/°C</th> <th style="width: 5%;">t/°C</th> <th style="width: 5%;">θ/°C</th> <th style="width: 5%;">c_a/J/(kg K)</th> <th style="width: 5%;">C/J/K</th> <th style="width: 5%;">c/J/(kg K)</th> <th style="width: 5%;">c_{med}/J/(kg K)</th> <th style="width: 5%;">Δc/J/(kg K)</th> <th style="width: 5%;">Δc_{med}/J/(kg K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Valoarea obținută la A</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nr. det.	m/kg	m/kg	t _a /°C	t/°C	θ/°C	c _a /J/(kg K)	C/J/K	c/J/(kg K)	c _{med} /J/(kg K)	Δc/J/(kg K)	Δc _{med} /J/(kg K)	1							Valoarea obținută la A					2									3									4									5									1p pentru fiecare set de determinări experimentale fără calcule	5p	
Nr. det.	m/kg	m/kg	t _a /°C	t/°C	θ/°C	c _a /J/(kg K)	C/J/K	c/J/(kg K)	c _{med} /J/(kg K)	Δc/J/(kg K)	Δc _{med} /J/(kg K)																																																				
1							Valoarea obținută la A																																																								
2																																																															
3																																																															
4																																																															
5																																																															
<p>e) Prelucrarea datele experimentale și calcularea căldurii specifice medii</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pentru valori ale lui c_{med} cuprinse între 493 J/(kg K) și 606 J/(kg K) ➤ Pentru valori ale lui c_{med} cuprinse între 466 J/(kg K) și 633 J/(kg K) (fără intervalul anterior) ➤ Pentru alte valori pozitive ale lui c_{med} necuprinse în intervalele anterioare 	<p>Se acordă un singur punctaj</p> <p>3p 1,5p 0,5p</p>	Maxim 3p																																																													
<p>f) Scrierea rezultatului sub forma cerută $c = c_{med} \pm \Delta c_{med}$;</p>	0,25p	0,25p																																																													
<p>g) Indicarea a trei surse de erori:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ vizarea oblică a nivelului lichidului din termometru; 		0,75																																																													

Pagina 2 din 4

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba practică
Clasa a VIII-a



Pagina 3 din 4

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

<ul style="list-style-type: none">➤ vizarea oblică a nivelului apei din cilindru gradat;➤ citirea temperaturii înainte de atingerea echilibrului;➤ acuitatea vizuală defectuoasă a candidatului;➤ pierderi de căldură în timpul manipulării corpurilor încălzite;➤ pierderi de căldură datorate imperfecțiunii izolației;➤ timpii de răcire pentru termometru;➤ variația temperaturii camerei.	0,75p (3x0,25p fiecare)																
	Parțial	Punctaj															
Barem Subiectul III		6 p															
a) Descrierea fenomenului Introducând picături de zinc, la temperatura de topire, în lichidul din calorimetru, acestea se solidifică și se răcesc până la temperatura de echilibru prin cedare de căldură, iar calorimetrul cu lichid se încălzește deoarece primește căldură.	0,25p	0,25p															
b) Completarea tabelului din fișa anexă (Subiectul C) cu valorile temperaturilor pe care le-ar fi putut măsura George, descriind algoritmul de calcul <table border="1"><tbody><tr><td>Număr de picături</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>9</td></tr><tr><td>Temperatura (°C)</td><td>20,0</td><td>40,0</td><td>58,9</td><td>76,7</td><td>93,6</td><td>166,0</td></tr></tbody></table> <ul style="list-style-type: none">➤ Ecuația calorimetrică rezultată din experimentul lui George după introducerea unei picături care s-a solidificat și răcit până la t_1 $C(t_1 - t_0) = m[\lambda + c(t - t_1)]$➤ Ecuația calorimetrică ce ar fi rezultat dacă George ar fi lăsat să cadă, în alt calorimetru, identic cu primul, 2 picături care ar fi urmat să se solidifice și să se răcească, atingând echilibrul la t_2 $C(t_2 - t_0) = 2m[\lambda + c(t - t_2)]$➤ Rezolvarea sistemului format din cele două ecuații calorimetrice - prin împărțirea celor două ecuații calorimetrice termen cu termen se simplifică mărimile necunoscute C și m. $\frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0} = \frac{\lambda + c(t - t_1)}{2[\lambda + c(t - t_2)]}$➤ Se obține următoarea expresie matematică pentru t_2 $t_2 = \frac{\lambda(2t_1 - t_0) + c[2t(t_1 - t_0) + t_0(t - t_1)]}{\lambda + c[2(t_1 - t_0) + t - t_1]}$și următoarea valoare numerică $t_2 = 58,9$ °C➤ Dacă în alt calorimetru, identic cu primul, se introduc 3 picături, rezultă ecuația calorimetrică $C(t_3 - t_0) = 3m[\lambda + c(t - t_3)]$	Număr de picături	0	1	2	3	4	9	Temperatura (°C)	20,0	40,0	58,9	76,7	93,6	166,0	0,25p 0,25p 0,25p 0,5p 0,5p 0,25p	5,75p	
Număr de picături	0	1	2	3	4	9											
Temperatura (°C)	20,0	40,0	58,9	76,7	93,6	166,0											

Pagina 3 din 4

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba practică
Clasa a VIII-a



Pagina 4 din 4

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

➤ Aceasta formează sistem cu ecuația obținută de George $\frac{t_1 - t_0}{t_3 - t_0} = \frac{\lambda + c(t - t_1)}{3[\lambda + c(t - t_3)]}$	0,25p		
➤ Se obține următoarea expresie matematică pentru t_3 $t_3 = \frac{\lambda(3t_1 - 2t_0) + c[3t(t_1 - t_0) + t_0(t - t_1)]}{\lambda + c[3(t_1 - t_0) + t - t_1]}$	0,5p		
și următoarea valoare numerică $t_3 = 76,7 \text{ }^\circ\text{C}$	0,5p		
➤ Pentru 4 picături se consideră starea inițială cea cu 2 picături, astfel că în raportul primelor două ecuații calorimetrice prin înlocuirea lui t_1 cu t_2 și a lui t_2 cu t_4 rezultă $\frac{t_2 - t_0}{t_4 - t_0} = \frac{\lambda + c(t - t_2)}{2[\lambda + c(t - t_4)]}$	0,25p		
➤ Se obține următoarea expresie matematică pentru t_4 $t_4 = \frac{\lambda(2t_2 - t_0) + c[2t(t_2 - t_0) + t_0(t - t_2)]}{\lambda + c[2(t_2 - t_0) + t - t_2]}$	0,5p		
și următoarea valoare numerică $t_4 = 93,6 \text{ }^\circ\text{C}$	0,5p		
➤ Pentru 9 picături $\frac{t_3 - t_0}{t_9 - t_0} = \frac{\lambda + c(t - t_3)}{3[\lambda + c(t - t_9)]}$	0,25p		
➤ Se obține următoarea expresie matematică pentru t_9 $t_9 = \frac{\lambda(3t_3 - 2t_0) + c[3t(t_3 - t_0) + t_0(t - t_3)]}{\lambda + c[3(t_3 - t_0) + t - t_3]}$	0,5p		
și următoarea valoare numerică $t_9 = 166,0 \text{ }^\circ\text{C}$	0,5p		

Bareme propuse de:
prof. Dan PRUTEANU – Colegiul de Științe ale Naturii „Emil Racoviță” Brașov
prof. Elena-Simona SPÎNU – Colegiul de Științe „Grigore Antipa” Brașov

Pagina 4 din 4

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

Subiectul I: Măsurări electrice

(10 puncte)

a. (2,50 p) Elevii unei grupe de laborator au conectat succesiv mai mulți rezistori, cu rezistențe electrice diferite, la bornele unei surse cu tensiunea electromotoare E și rezistența interioară r . Cu ajutorul unor instrumente de măsură de precizie, care pot fi considerate ideale, au măsurat și au reprezentat grafic tensiunea electrică la bornele sursei în funcție de intensitatea curentului electric prin sursă, obținând graficul din **Figura 1**. Utilizând datele din reprezentarea grafică $U(I)$, determină puterea electrică maximă care poate fi furnizată de către generatorul electric unui circuit exterior convenabil ales.

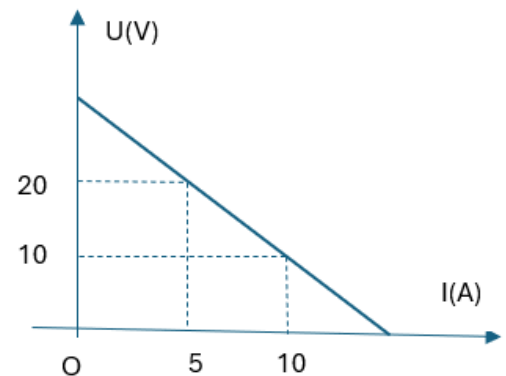


Figura 1

b. (2,50p) Aceeași sursă este utilizată pentru a determina rezistența electrică a unui bec, folosind două instrumente de măsură din laboratorul de fizică. Se conectează becul legat în serie cu ampermetrul la bornele sursei. Dacă voltmetrul se conectează la bornele becului, indicațiile celor două instrumente de măsură sunt $I_A = 2 \text{ A}$ și $U_V = 16 \text{ V}$. Dacă voltmetrul se conectează la bornele sursei, indicațiile celor două instrumente de măsură sunt $I'_A = 1,69 \text{ A}$ și $U'_V = 25,35 \text{ V}$. Determină rezistența electrică R_b a becului.

c. (2,50p) În condițiile în care se utilizează instrumente de măsură reale cu valori oarecare ale rezistențelor electrice R_A și R_V , precizează în care situație, din cele prezentate la punctul **b.**, intensitatea curentului electric prin sursă este mai mare. Argumentează răspunsul!

d. (2,50p) Se îndepărtează instrumentele de măsură și se conectează doar becul la bornele sursei. Becul este înlocuit ulterior cu un rezistor de rezistență electrică R , diferită de R_b . Calculează raportul randamentelor celor două circuite electrice (valoarea supraunitară), știind că puterea disipată de bec este egală cu puterea disipată de rezistorul de rezistență R .

1. Fiecare dintre subiectele **I**, **II**, respectiv **III** 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

Subiectul II: Pompa de căldură (10 puncte)

O pompă de căldură este un dispozitiv care extrage căldură din pământ, apă sau aer (în acest caz din aerul atmosferic) și transferă căldură în interiorul locuinței. În **Figura 2** este prezentată schema de principiu a unei pompe de căldură. Procesul principal care are loc în pompa de căldură constă în modificarea ciclică a stării de agregare (lichidă, respectiv gazoasă) a unei substanțe (agent frigorific) care circulă într-un circuit închis, proces însoțit de primire sau cedare de căldură. Agentul frigorific parcurge etapele: vaporizare (1), compresie (2), condensare(3) și expansiune (4).

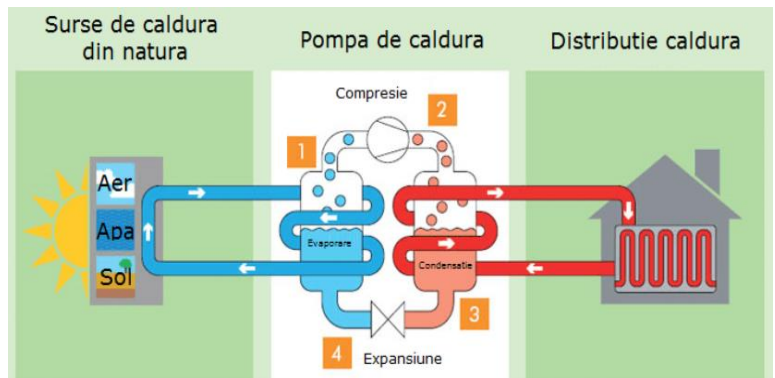


Figura 2

Compresia se realizează cu ajutorul lucrului mecanic produs de un motor care funcționează consumând energie electrică. Consideră că motorul transformă integral energia electrică consumată în lucru mecanic. Schema transferului energetic realizat de pompa de căldură este prezentată în **Figura 3**, căldura cedată în interiorul locuinței reprezentând suma dintre căldura primită din exterior și lucrul mecanic făcut de motor. Deoarece există pierderi permanente de căldură prin pereții locuinței spre exterior, pentru a menține în locuință temperatura constantă $t_0 = 20^\circ\text{C}$ este necesar ca pompa să furnizeze continuu căldură interiorului locuinței. Căldura cedată în unitatea de timp de locuință în exterior este direct proporțională cu diferența de temperatură dintre interiorul și exteriorul locuinței. Când temperatura exterioară este $t_1 = 0^\circ\text{C}$, căldura cedată în exterior prin pereții locuinței în unitatea de timp este $Q_1/\Delta\tau = 4 \text{ kJ/s}$. Valorile mărimilor energetice sunt considerate în valoare absolută.

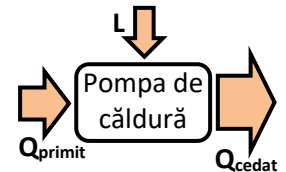


Figura 3

a. (2,50p) Câtă căldură trebuie să producă pompa în intervalul orar 11:00 – 19:00, dacă temperatura exterioară poate fi considerată constantă, $t_2 = 4^\circ\text{C}$?

b. (2,75p) O mărime ce caracterizează pompa de căldură este eficiența acesteia, reprezentând raportul dintre căldura cedată de pompă în interiorul locuinței și lucrul mecanic efectuat de motor (care implică plata energiei electrice consumate), $\varepsilon = Q_c/L$. Consideră că la temperatura exterioară $t_2 = 4^\circ\text{C}$ eficiența pompei este $\varepsilon_2 = 4$. Ce debit de aer (volumul de aer în unitatea de timp) este necesar să fie trecut prin schimbător de căldură montat în exteriorul locuinței, dacă aerul pătrunde în schimbător la temperatura t_2 și iese din acesta la $t'_2 = -1^\circ\text{C}$, toată căldura cedată de aer fiind preluată de agentul frigorific? Pentru aerul atmosferic se cunosc densitatea $\rho = 1,28 \text{ kg/m}^3$ și căldura specifică $c = 1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

c. (1,50p) Studiul avansat al fenomenelor termice arată că eficiența teoretică maximă ce poate fi atinsă de o pompă de căldură corespunde unei transformări a agentului termic, numită ciclu Carnot inversat, pentru care se obține eficiența $\varepsilon_C = T_{int}/(T_{int} - T_{ext})$, unde T_{int} și T_{ext} sunt temperaturile absolute din locuință și din exterior, $T_{int} > T_{ext}$. Determină de câte ori este mai mare eficiența teoretică maximă a pompei față de cea reală, dacă temperaturile considerate sunt t_0 în interior și t_2 în exterior. Arată că, dacă temperatura din interiorul locuinței rămâne constantă, eficiența maximă a pompei teoretice scade atunci când temperatura din exterior scade.

d. (3,25p) Considerând că raportul dintre eficiența pompei teoretice și cea a pompei reale rămâne cel calculat la cerința c., determină temperatura exterioară minimă (presupusă constantă) la care pompa funcționează rentabil, păstrând în locuință aceeași temperatură t_0 . Se consideră acceptabilă funcționarea pompei dacă prețul plătit zilnic pentru energia electrică consumată de motorul acesteia nu depășește valoarea de 86,4 lei. Prețul energiei electrice este de 1,2 lei/kWh.

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

Subiectul III: Dopul special

(10 puncte)

Corpul din **Figura 4** este alcătuit din două piramide patrulatere regulate drepte care au baza comună și este confecționat dintr-un material cu densitatea ρ_0 . Latura bazei unei piramide este $L = 8 \text{ cm}$, iar înălțimea unei piramide este $L/2$.

Un vas larg are un orificiu de formă pătrată cu latura $L/2$, practicat în suprafața bazei, inițial orificiul fiind acoperit cu un capac de aceleași dimensiuni, ca în **Figura 5**. În vas se toarnă lichid cu densitatea ρ până când adâncimea lichidului din vas este a .

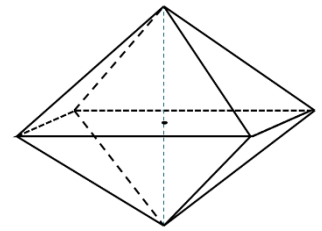


Figura 4

A. (2p) Determină expresia matematică a forței cu care lichidul apasă asupra capacului, în funcție de ρ, L, g și a .

B. (2p) Se înlocuiește capacul cu corpul așezat astfel încât să obtureze orificiul ca în **Figura 6**.

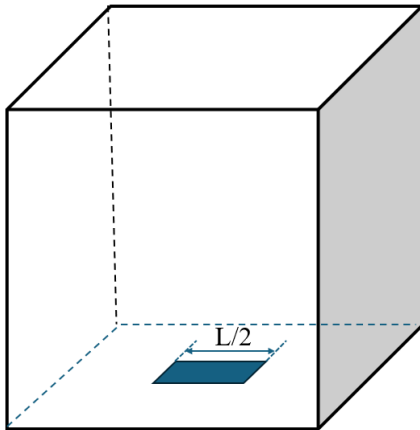


Figura 5

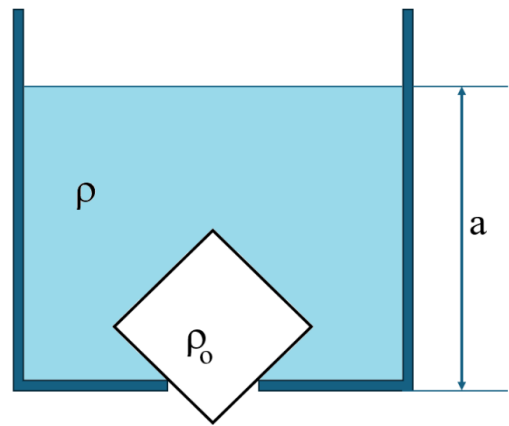


Figura 6

Se consideră situația în care $\rho = k \cdot \rho_0$ cu $k = 3$ iar inițial $a > L$. Se elimină lent lichid din vas și se constată că, pentru o valoare $a_0 > 3 \cdot L/4$ a adâncimii lichidului corpul începe să urce în vas. Neglijând frecarea dintre corp și vas, determină valoarea adâncimii a_0 .

C. Se consideră situația în care ρ_0 este suficient de mare încât corpul să nu urce în vas indiferent de valoarea lui a .

C₁. (3p) Determină expresia matematică a forței F_l cu care lichidul acționează asupra corpului în funcție de ρ, L, g și a .

C₂. (2p) Folosind **Foia de răspuns** (Pagina 4 din 4 din subiect), completează tabelul de variație cu valorile forței F_l pentru cazul în care $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$ și $g = 10 \text{ m/s}^2$ și realizează, pe această foaie, cu datele din tabel, un grafic în care să illustrezi variația forței F_l în funcție de adâncimea a (F_l se consideră pozitivă dacă este orientată în sus). Această pagină o vei preda împreună cu foaia de lucru și o vei numerota corespunzător. **Nu îți vei scrie numele pe Foia de răspuns!**

C₃. (1p) Estimează valoarea minimă a densității ρ_0 a corpului pentru care orificiul rămâne obturat de corp indiferent de valoarea adâncimii a a lichidului, în condițiile punctului **C₂**.

Subiecte propuse de:

prof. dr. **Ana-Cezarina MOROȘANU**, Colegiul Național „Petru Rareș”, Piatra-Neamț

prof. **Gabriela ALEXANDRU**, Colegiul Național „Grigore Moșil”, București

prof. **Emil NECUȚĂ**, Colegiul Național „Alexandru Odobescu”, Pitești

prof. **Petrică PLITAN**, Colegiul Național „Gheorghe Șincai”, Baia Mare

1. Fiecare dintre subiectele **I, II**, respectiv **III** 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
 Olimpiada Națională de Fizică
 Brașov 21-26 aprilie 2024
 Proba teoretică
 Clasa a VIII-a



Foaie de răspuns
 (pentru Subiectul III, C₂)

Nu îți completa numele aici!

a (cm)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	
F_t (N)																										

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a VIII-a



BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Pagina 1 din 7

	Parțial	Punctaj
Barem subiectul I: Măsurări electrice		10
a. $E = U_1 + I_1 r, E = U_2 + I_2 r$	1	2,50
$r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} (r = 2\Omega)$	0,50	
$E = \frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{I_2 - I_1} (E = 30V)$	0,50	
$P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$	0,25	
$P_{\max} = 112,5W$	0,25	
b. $E = I_A(R_A + r) + U_V \Leftrightarrow R_A = \frac{E - U_V - I_A r}{I_A}$ $(R_A = 5\Omega)$	1	2,50
$U'_V = I'_A(R_b + R_A) \Leftrightarrow R_b = \frac{U'_V}{I'_A} - R_A$	1	
$R_b = 10\Omega$	0,50	
c. Voltmetrul la bornele becului: $R_{bv} = \frac{R_b R_V}{R_b + R_V}$ $R_{e1} = R_{bv} + R_A = \frac{R_b R_V}{R_b + R_V} + R_A$	0,50	2,50
Voltmetrul la bornele sursei (adică voltmetrul la bornele grupării serie a becului și ampermetrului): $R_{bA} = R_b + R_A$ $\frac{1}{R_{e2}} = \frac{1}{R_{bA}} + \frac{1}{R_V} = \frac{1}{R_b + R_A} + \frac{1}{R_V}$	0,50	

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
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a VIII-a



BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Pagina 2 din 7

$I_1 = \frac{E}{R_{e1} + r}, I_2 = \frac{E}{R_{e2} + r}$	0,50	
$\frac{R_{e1}}{R_{e2}} = \frac{R_V(R_b + R_A) + R_A R_b}{R_V(R_b + R_A)} \cdot \frac{R_b + R_V + R_A}{R_b + R_V} > 1$	0,50	
$R_{e1} > R_{e2} \Rightarrow I_1 < I_2$	0,50	
d. $P_1 = I_1^2 R_b = \left(\frac{E}{R_b + r}\right)^2 R_b, P_2 = I_2^2 R = \left(\frac{E}{R + r}\right)^2 R$ $P_1 = P_2 \Rightarrow r^2 = R_b \cdot R \Rightarrow R = \frac{r^2}{R_b}$	1	
$\eta_1 = \frac{R_b}{R_b + r}$	0,50	2,50
$\eta_2 = \frac{R}{R + r} = \frac{r}{R_b + r}$	0,50	
$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{R_b}{r} = 5$	0,50	

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
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a VIII-a



BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Pagina 3 din 7

	Parțial	Punctaj
Barem subiectul II: Pompa de căldură		10
a. Căldura produsă de pompă trebuie să fie egală cu căldura Q_1 pierdută prin pereți pentru ca temperatura să rămână constantă	0,50	2,50
$\frac{Q_1}{\Delta\tau} = P_1 = k(t_0 - t_1); \quad \frac{Q_2}{\Delta\tau'} = k(t_0 - t_2)$	1	
$Q_2 = P_1 \frac{t_0 - t_2}{t_0 - t_1} \Delta\tau'$	0,50	
$Q_2 = 25,6 \text{ kWh} (= 92,16 \text{ MJ})$	0,50	
b. $\varepsilon_2 = \frac{Q_c}{Q_c - Q_p}$	0,50	2,75
$Q_p = \frac{Q_c(\varepsilon_2 - 1)}{\varepsilon_2} = \frac{3}{4} Q_c$ unde $\frac{Q_c}{\Delta\tau} = \frac{Q_2}{\Delta\tau}$	0,50	
$\frac{Q_p}{\Delta\tau} = \frac{P_1(\varepsilon_2 - 1)}{\varepsilon_2} \cdot \frac{t_0 - t_2}{t_0 - t_1} = \frac{3}{5} P_1$	0,50	
$Q_p = mc(t_2 - t'_2) = \rho V_{aer} c(t_2 - t'_2)$ $V_{aer} = \frac{Q_p}{\rho c(t_2 - t'_2)}$	0,75	
$D = \frac{V_{aer}}{\Delta\tau} = \frac{3P_1}{5\rho c(t_2 - t'_2)}$	0,25	
$D = 0,375 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$	0,25	
c. Fie ε_{C2} eficiența pompei ideale, care are valoarea $\varepsilon_{C2} = \frac{T_0}{T_0 - T_2} = \frac{293}{16}$	0,50	1,50
$r = \frac{\varepsilon_{C2}}{\varepsilon_2} = \frac{293}{64} = 4,58$	0,25	
Fie ε_C eficiența la temperatura T_{ext} și ε_C' eficiența la temperatura $T'_{ext} < T_{ext}$ $\frac{\varepsilon_C}{\varepsilon_C'} = \frac{\frac{T_{int}}{T_{int} - T_{ext}}}{\frac{T_{int}}{T_{int} - T'_{ext}}}$	0,75	

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
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a VIII-a



BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Pagina 4 din 7

$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c'} = \frac{T_{int} - T'_{ext}}{T_{int} - T_{ext}} > 1$		
d. Lucrul mecanic făcut de motor în unitatea de timp: $\frac{L}{\Delta\tau} = \frac{86,4 \text{ lei}/24\text{h}}{1,2 \text{ lei}/\text{kWh}} = 3\text{kW}$	0,50	
Fie ε_c eficiența pompei ideale pentru temperatura T_{min} și ε eficiența pompei reale la T_{min} $\varepsilon_c = \frac{T_0}{T_0 - T_{min}}$	0,50	
$\varepsilon = \frac{\varepsilon_c}{r} = \frac{T_0}{r(T_0 - T_{min})}$	0,25	
$\varepsilon = \frac{Q_c}{L}$ unde Q_c este căldura schimbată prin pereți la temperatura T_{min}	0,50	3,25
$\frac{Q_c}{L} = \frac{T_0}{r \cdot (T_0 - T_{min})} \left(= \frac{\frac{Q_c}{\Delta\tau}}{\frac{L}{\Delta\tau}} \right)$	0,25	
$\frac{Q_c}{\Delta\tau} = P_1 \frac{T_0 - T_{min}}{T_0 - T_1}$	0,50	
$(T_0 - T_{min})^2 = \frac{T_0 \cdot (T_0 - T_1)}{r \cdot P_1} \cdot \frac{L}{\Delta\tau}$	0,25	
$T_0 - T_{min} \cong 31\text{K}$	0,25	
$t_{min} \cong -11^\circ\text{C}$	0,25	

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
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a VIII-a



BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Pagina 5 din 7

	Parțial	Punctaj
Barem subiectul III: Dopul special		10
A. $F = \left(\frac{L}{2}\right)^2 \cdot \rho \cdot g \cdot a$	2	2
B. Volumul corpului aflat în interiorul lichidului este: $V_{int} = \frac{L^3}{3} - \frac{L^3}{48} = \frac{5 \cdot L^3}{16}$	0,5	2
Forța cu care lichidul acționează asupra corpului este forța arhimedică din care se scade contribuția pe care ar fi avut-o lichidul dacă ar fi acționat și asupra vârfului aflat în exteriorul lichidului. Situația este similară cu cea în care piramida de jos ar fi secționată iar suprafața secțiunii ar fi în contact cu fundul (fără orificiu) vasului fără ca lichidul să pătrundă între această suprafață și cea a fundului vasului. $F_l = V_{int} \cdot \rho \cdot g - \left(\frac{L}{2}\right)^2 \cdot \rho \cdot g \cdot a$	0,5	
Corpul începe să urce când forța ascensională egalează greutatea corpului $F_l = G$	0,25	
Înlocuind se obține $\frac{k \cdot \rho_0 \cdot g \cdot L^2}{4} \left(\frac{5 \cdot L}{4} - a_0\right) = \rho_0 \cdot g \cdot \frac{L^3}{3}$	0,5	
De unde $a_0 \cong 6,44 \text{ cm}$	0,25	
C₁. <ul style="list-style-type: none"> Pentru $a > \frac{3 \cdot L}{4}$ $V_{int} = \frac{5 \cdot L^3}{16}$ $F_l = \frac{\rho \cdot g \cdot L^2}{4} \left(\frac{5 \cdot L}{4} - a\right)$	0,5	3
<ul style="list-style-type: none"> Pentru $\frac{L}{4} \leq a \leq \frac{3 \cdot L}{4}$ $V_{int} = \frac{5 \cdot L^3}{16} - \frac{4}{3} \left(\frac{3 \cdot L}{4} - a\right)^3$ $F_l = \rho \cdot g \left(\frac{4 \cdot a^3}{3} - 3 \cdot a^2 \cdot L + 2 \cdot a \cdot L^2 - \frac{L^3}{4}\right)$	0,5	
<ul style="list-style-type: none"> Pentru $a < \frac{L}{4}$ $V_{int} = \frac{a \cdot L^2}{4} + L \cdot a^2 + \frac{4 \cdot a^3}{3}$ $F_l = \rho \cdot g \cdot a^2 \left(L + \frac{4 \cdot a}{3}\right)$	0,5	
	0,5	
	0,5	

- 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

Pagina 6 din 7

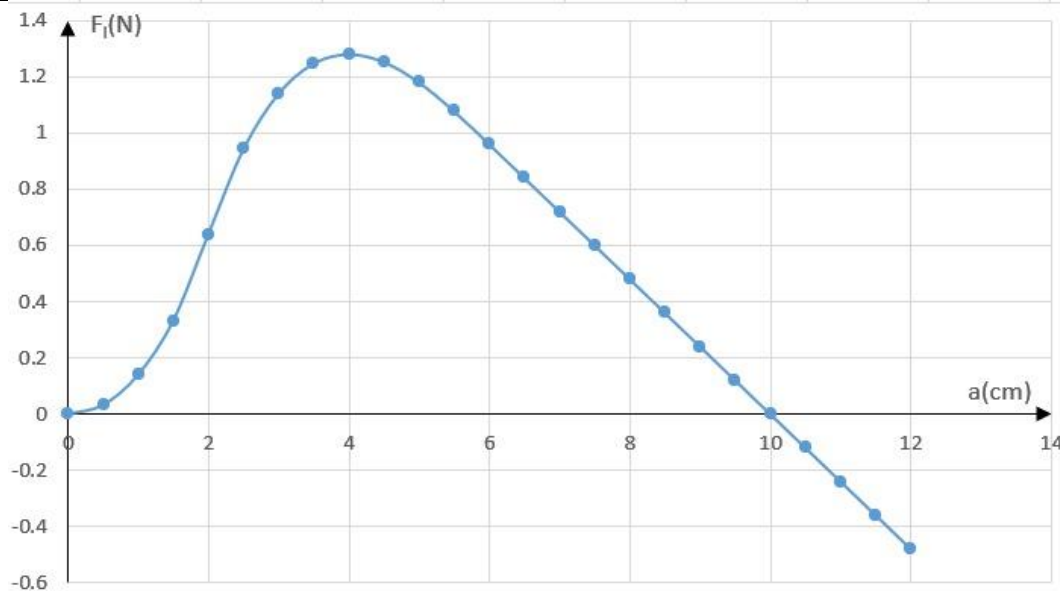
C₂.

Înlocuind valorile numerice se obține:

$$F_l = \begin{cases} 24(0,1 - a) & \text{pentru } a > 6 \text{ cm} \\ 2 \cdot 10^4 \cdot a^3 - 3,6 \cdot 10^3 \cdot a^2 + 1,92 \cdot 10^2 \cdot a - 1,92 & \text{pentru } 2 \text{ cm} \leq a \leq 6 \text{ cm} \\ 2 \cdot 10^4 \cdot a^3 + 1,2 \cdot 10^3 \cdot a^2 & \text{pentru } a < 2 \text{ cm} \end{cases}$$

a (cm)	F_l (N)
0	0
0,5	0,0325
1	0,14
1,5	0,3375
2	0,64
2,5	0,9425
3	1,14
3,5	1,2475
4	1,28
4,5	1,2525
5	1,18
5,5	1,0775
6	0,96
6,5	0,84
7	0,72
7,5	0,6
8	0,48
8,5	0,36
9	0,24
9,5	0,12
10	0
10,5	-0,12
11	-0,24
11,5	-0,36
12	-0,48

1
(25x0,04p)



Se vor puncta conform detalierei de mai jos:

- Mărimile fizice trecute pe axe	0,10
- Unitățile de măsură trecute pe axe	0,10
- Scală cu valori echidistante pe axe	0,10
- Reprezentarea punctelor pe grafic în conformitate cu tabelul de valori	0,40
- Forma graficului: dreaptă pentru $a > 6 \text{ cm}$	0,10
- Forma graficului: linie curbă pentru $a \leq 6 \text{ cm}$	0,10
- Valori numerice negative ale lui F_l , pentru $a \geq 10 \text{ cm}$	0,10

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
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a VIII-a



BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

Pagina 7 din 7

C ₃ . Din grafic $F_{l \max} \cong 1,28 \text{ N}$	0,25	1
$\rho_{0 \min} \cdot g \cdot \frac{L^3}{3} = F_{l \max}$	0,5	
$\rho_{0 \min} \cong 750 \text{ kg/m}^3$	0,25	

Bareme propuse de:

prof. dr. **Ana-Cezarina MOROȘANU**, Colegiul Național „Petru Rareș”, Piatra-Neamț

prof. **Gabriela ALEXANDRU**, Colegiul Național „Grigore Moisil”, București

prof. **Emil NECUȚĂ**, Colegiul Național „Alexandru Odobescu”, Pitești

prof. **Petrică PLITAN**, Colegiul Național „Gheorghe Șincai”, Baia Mare

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.