Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare

OLIMPIADA LA *FIZICĂ*
etapa raională/municipală/zonală
21 februarie 2026

Clasa a 11

BAREM

PROBLEMA 1 **(10,0 p)**

Un corp mic de masă m este pus în interiorul neted al unei sfere neconductoare, fixată, de rază R. Corpul este abătut puțin de la poziția de echilibru.

a) Determinați perioada micilor oscilații ale corpului T_0.

Corpul este încărcat cu sarcina pozitivă q, iar tot sistemul este plasat într-un câmp electric omogen de intensitate E cu liniile orientate vertical în jos.

b) Reprezentați pe desen forțele care acționează asupra corpului abătut de la poziția de echilibru.

c) Cum se va modifica perioada micilor oscilații ale corpului? Analizați și cazul când forțele câmpului electric sunt mult mai mici decât cele gravitaționale.

În absența câmpului electric, altă sarcină identică q a fost fixată în punctul cel mai de jos al sferei, iar corpul de masă m (și sarcina pozitivă q) se poate mișca liber pe suprafața sferei. Se știe că în stare de echilibru mecanic, corpul se află la înălțimea h față de punctul cel mai de jos al sferei.

d) Determinați masa m a corpului.

Ar putea fi utile aproximațiile: $(1+\delta)^n \approx 1+n\delta$; $\sin\alpha \approx \alpha$

a) 12x0,2 p=2,4 p

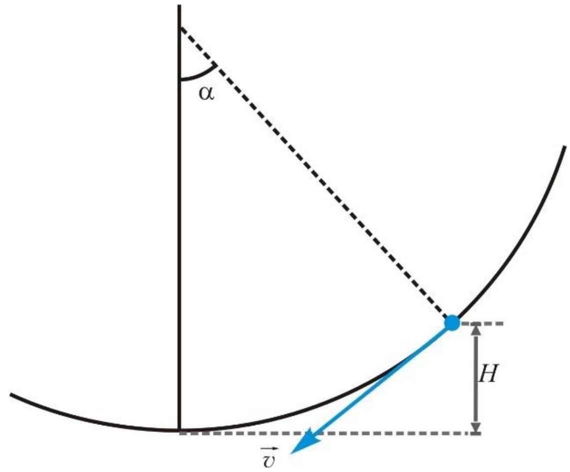
$E_c + E_p = const$; $\frac{mv^2}{2} + mgH = const$;

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{R\Delta\alpha}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t \to 0]{} R\alpha'$; $R\cos\alpha = R - H$;

$\left[E_c + E_p\right]' = const'$; $\left[\frac{mR^2\alpha'^2}{2}\right]' + mgR(1-\cos\alpha)' = 0$;

$R\alpha'' + g\sin\alpha = 0$; $R\alpha'' + g\,\alpha = 0$;

$\omega_0^2 = \frac{g}{R}$; $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$;



Se va acorda punctaj maxim, dacă se va argumenta similitudinea cu pendulul gravitațional sau se va rezolva prin altă metodă.
Максимальный балл будет присуждён, если будет обосновано сходство с математическим маятником или если задача будет решена другим методом.

b) pentru forțele reprezentate **3x 0,2 p=0,6 p**

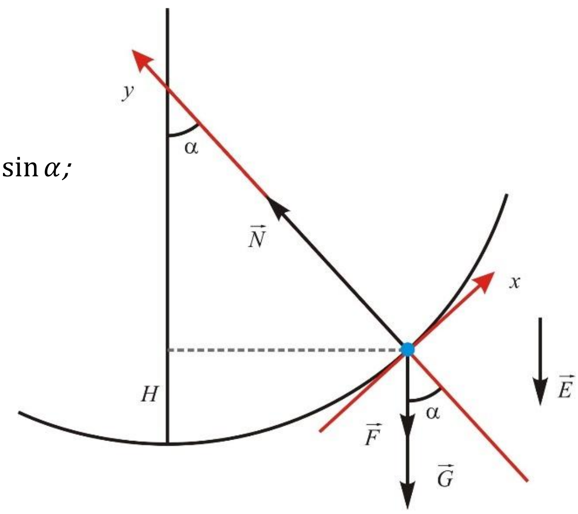
c) 10x0,2 p=2 p

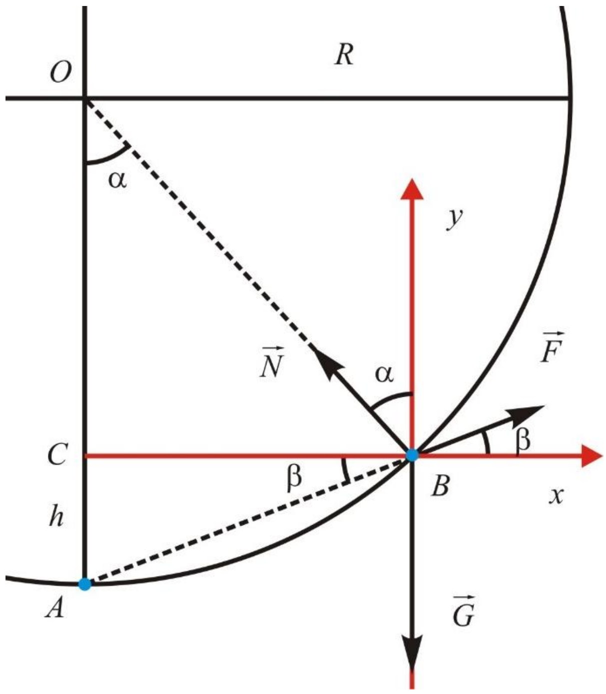
$mg\sin\alpha \to (mg+F)\sin\alpha = (mg+qE)\sin\alpha = m\left(g+\frac{qE}{m}\right)\sin\alpha$;

$g \to g + \frac{qE}{m}$;

$T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g+\frac{qE}{m}}} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g\left(1+\frac{qE}{mg}\right)}} = T_0\left(1+\frac{qE}{mg}\right)^{-\frac{1}{2}}$; $\frac{qE}{mg} \ll 1$;

$T \approx T_0\left(1-\frac{qE}{2mg}\right)$; $\Delta T \approx -T_0\frac{qE}{2mg}$





d) 25x0,2 p=5 p

$\vec{N}+\vec{G}+\vec{F}=0$; $N\cos\alpha+F\sin\beta=G$; $N\sin\alpha=F\cos\beta$; $G=mg$; $F=k\frac{q^2}{AB^2}$; **5x0,2p**

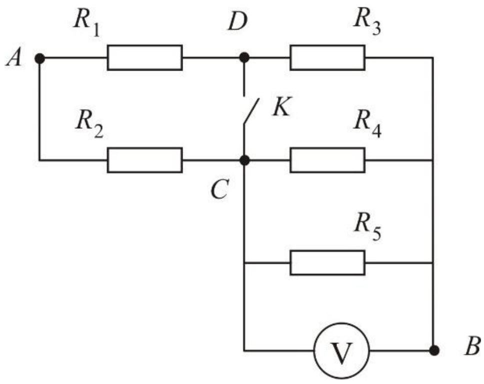
$OC^2+CB^2=R^2$; $AB^2=AC^2+CB^2$; $OC=R-h$; $AC=h$; $CB=\sqrt{2hR-h^2}$; $AB=\sqrt{2hR}$; **6x0,2 p**

$\sin\alpha=\frac{CB}{R}=\frac{\sqrt{2hR-h^2}}{R}$; $\cos\alpha=\frac{OC}{R}=\frac{R-h}{R}$; $\sin\beta=\frac{AC}{AB}=\frac{h}{\sqrt{2hR}}=\sqrt{\frac{h}{2R}}$; $\cos\beta=\frac{CB}{AB}=\frac{\sqrt{2hR-h^2}}{\sqrt{2hR}}=\sqrt{1-\frac{h}{2R}}$

10x0,2 p

$\frac{N\cos\alpha}{N\sin\alpha}=\frac{mg-F\sin\beta}{F\cos\beta}$; $\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}=\frac{mg}{F}\frac{1}{\cos\beta}-\frac{\sin\beta}{\cos\beta}$; $m=\frac{F}{g}\left(\cos\beta\ \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}+\sin\beta\right)$; $m=\frac{k\,q^2}{g\sqrt{8Rh^3}}$ **4x0,2 p**

PROBLEMA 2 **(10,0 p)**



În circuitul din figură rezistențele sunt: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R$.

a) Scrieți expresiile pentru rezistențele echivalente între punctele AB și CD cu întrerupătorul K deschis R_{AB_0} și R_{CD_0}, și rezistențele echivalente între punctele AB și CD cu întrerupătorul K închis R_{AB_1} și R_{CD_1}

b) Determinați care este tensiunea U_0 indicată de voltmetrul considerat ideal, dacă între punctele AB, cu întrerupătorul K deschis, se conectează o baterie cu rezistență internă neglijabilă și tem egal cu ε.

c) Determinați care este tensiunea U_V indicată de voltmetrul cu rezistența R_V de n ori mai mare decât R, dacă între punctele AB, cu întrerupătorul K închis, se conectează o baterie cu rezistență internă neglijabilă și tem egală cu ε. Verificați cazul limită când $n \to \infty$.

d) Ce relație ar trebui să satisfacă rezistențele $R_1,\ R_2,\ R_3,\ R_4$ și R_5 pentru ca rezistența între punctele AB să fie la fel independent de întrerupătorul închis sau deschis?

a) 22x0,2 p=4,4 p

$R_{AB_0} = \frac{R_s R_j}{R_s + R_j}$; $R_s = R_1 + R_3 = 2R$; $R_j = R_2 + \frac{R_4R_5}{R_4+R_5} = \frac{3}{2}R$; $R_{AB_0} = \frac{6}{7}R$; **7x0,2 p**

$R_{CD_0} = \frac{R_{st} R_{dr}}{R_{st} + R_{dr}}$; $R_{st} = R_1 + R_2 = 2R$; $R_{dr} = R_3 + \frac{R_4R_5}{R_4+R_5} = \frac{3}{2}R$; $R_{CD_0} = \frac{6}{7}R$; **7x0,2 p**

$R_{AB_1} = R' + R''$; $R' = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} = \frac{R}{2}$; $\frac{1}{R''} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{3}{R}$; $R_{AB_1} = \frac{5}{6}R$; **6x0,2 p**

$R_{CD_1} = 0$; **2x0,2 p**

b) 8x0,2 p=1,6 p

$U_0 = I_2 \frac{R_4R_5}{R_4+R_5} = I_2 \frac{R}{2}$; $I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + \frac{R_4R_5}{R_4+R_5}} = \frac{2\varepsilon}{3R}$; $U_0 = \frac{\varepsilon}{3}$

c) 10x0,2 p=2 p

$U_V = I\, R_{345V}$; $I = \frac{\varepsilon}{\frac{R_1R_2}{R_1+R_2} + R_{345V}}$; $\frac{1}{R_{345V}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_V}$; $R_{345V} = \left(\frac{R_{345}\, R_V}{R_{345}+R_V}\right) = \frac{R\, R_V}{R+3R_V} = \frac{nR}{1+3n}$;

$I = \frac{\varepsilon}{R} \frac{2+6n}{1+5n}$; $U_V = \varepsilon \frac{2n}{1+5n}$; $n \to \infty$, $U_V \to \varepsilon \frac{2n}{n(\frac{1}{n}+5)} = \varepsilon \frac{2}{(\frac{1}{n}+5)} = \varepsilon \frac{2}{5}$

d) 4x0,5 p=2 p

Dacă circuitul este asociat cu o punte Wheatstone echilibrată, prin întrerupător nu va trece curent, astfel, pentru $R_V \to \infty$ avem:

Если рассматривать цепь как уравновешенный мост Уитстона, то через выключатель ток проходить не будет, следовательно, при $R_V \to \infty$ имеем:

$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_x}$; $R_x = \frac{R_4R_5}{R_4+R_5}$; $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2(R_4+R_5)}{R_4R_5}$

PROBLEMA 3 **(10,0 p)**

O cantitate constantă de gaz ideal monoatomic cu parametrii de stare inițiali (p_0, V_0, T_0) este supusă unei transformări ciclice după cum urmează: Este încălzită izocor până la o temperatură dublă, apoi se dilată izobar până la dublarea volumului, după care se răcește izocor și, în final, revine la starea inițială printr-un proces izobar.

a) Notând starea inițială cu 1, apoi stările următoare cu 2, 3, 4, completați un tabel de forma celui alăturat, apoi reprezentați în diagrama pV transformările prin care trece gazul. Argumentați fiecare valori ale parametrilor de stare: presiune, volum, temperatură (p, V, T), înscrise în tabel.

	p	V	T
1	p_0	V_0	T_0
2			
3			
4			

b) Completați argumentat tabele similare celor de mai jos pentru: cantitatea de căldură transmisă gazului Q, variația energiei interne a gazului ΔU și lucrul mecanic efectuat de gaz L, pentru fiecare proces simplu menționat, exprimate prin mărimile p_0 și V_0. .

	Q	ΔU	L
1-2			
2-3			
3-4			
4-1			

	Q	ΔU	L
1-4			
4-3			
3-2			
2-1			

c) Care sunt randamentele unui motor termic care ar funcționa conform procesului ciclic 1-2-3-4-1 sau procesul 1-4-3-2-1? Comentați rezultatele obținute.

a) **17x0,2 p=3,4 p**

1) $p_1 = p_0;\ \ V_1 = V_0;\ \ T_1 = T_0;\ \ \frac{p_0V_0}{T_0} = const;$ **1x0,2 p**

2) $V = const;\ \ V_2 = V_1 = V_0;\ \ T_2 = 2T_0;\ \ \frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{p_2V_0}{2T_0};\ \ p_2 = 2p_0$ **1x0,2 p**

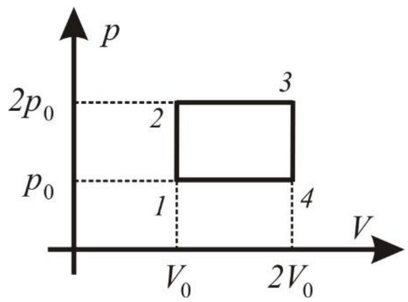
3) $p = const;\ \ p_3 = p_2 = 2p_0;\ \ V_3 = 2V_2 = 2V_0;\ \ \frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{2p_0 2V_0}{T_3};\ \ T_3 = 4T_0;$ **1x0,2 p**

4) $V = const;\ \ V_4 = V_3 = 2V_0;\ p_4 = p_1 = p_0;\ \frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{p_0 2V_0}{T_4};\ \ T_4 = 2T_0;$ **1x0,2 p**

4x0,2 p

9x0,2 p

	p	V	T
1	p_0	V_0	T_0
2	$2p_0$	V_0	$2T_0$
3	$2p_0$	$2V_0$	$4T_0$
4	p_0	$2V_0$	$2T_0$



b) **21x0,2 p=4,2 p**

$Q = \Delta U + L;\ \ \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\Delta(pV);\ L = p\Delta V$ sau $L = Aria\ subgraficului\ pV$ **3x0,2 p**

12x0,15 p

	Q	ΔU	L
1-2	$Q = \Delta U + L = \frac{3}{2}p_0V_0$	$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV) = \frac{3}{2}p_0V_0$	$L = p\Delta V = 0$
2-3	$Q = \Delta U + L = 5p_0V_0$	$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV) = 3p_0V_0$	$L = p\Delta V = 2p_0V_0$
3-4	$Q = \Delta U + L = -3p_0V_0$	$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV) = -3p_0V_0$	$L = p\Delta V = 0$
4-1	$Q = \Delta U + L = -\frac{5}{2}p_0V_0$	$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV) = -\frac{3}{2}p_0V_0$	$L = p\Delta V = -p_0V_0$

12x0,15 p

	Q	ΔU	L
1-4	$Q = \Delta U + L = \frac{5}{2}p_0V_0$	$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV) = \frac{3}{2}p_0V_0$	$L = p\Delta V = p_0\,V_0$
4-3	$Q = \Delta U + L = 3p_0V_0$	$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV) = 3p_0V_0$	$L = p\Delta V = 0$
3-2	$Q = \Delta U + L = -5p_0V_0$	$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV) = -3p_0V_0$	$L = p\Delta V = -2\,p_0\,V_0$
2-1	$Q = \Delta U + L = -\frac{3}{2}p_0V_0$	$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV) = -\frac{3}{2}p_0V_0$	$L = p\Delta V = 0$

c) 12x0,2 p=2,4 p

$\eta = \frac{Q_+ - |Q_-|}{Q_+} = \frac{L}{Q_+}$ **1x0,2 p**

1-2-3-4: $Q_+ = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}p_0V_0 + 5\,p_0V_0 = \frac{13}{2}p_0V_0$; $Q_- = Q_{34} + Q_{41} = -3\,p_0V_0 - \frac{5}{2}p_0V_0 = -\frac{11}{2}p_0V_0$;
$\eta_{1\ldots4} = \frac{2}{13}$ **5x0,2 p**

1-2-3-4: $Q_+ = Q_{14} + Q_{43} = \frac{5}{2}p_0V_0 + 3\,p_0V_0 = \frac{11}{2}p_0V_0$; $Q_- = Q_{32} + Q_{21} = -5\,p_0V_0 - \frac{3}{2}p_0V_0 = -\frac{13}{2}p_0V_0$;
Formal, fără sens: $\eta_{4\ldots1} = -\frac{2}{11}$ **5x0,2 p**

Lucrul efectuat de gaz $L = Q_+ - |Q_-| < 0$, **1x0,2 p**

Sistemul funcționează nu ca motor termic ci ca pompă de căldură, pentru care se definește coeficientul de performanță:

Система работает не как тепловой двигатель, а как тепловой насос, для которого определяется коэффициент трансформации (или коэффициент производительности (*COP* — сокр. от *coefficient of performance*)

$COP = \frac{|Q_-|}{L} = \frac{|Q_-|}{Q_+ - |Q_-|} = 6{,}5.$

Orice rezolvare corectă prin altă metodă (sau omiterea/gruparea unor pași intermediari), se va aprecia cu punctajul maxim pentru itemul respectiv.
Orice rezolvare corectă prin altă metodă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată proporțional cu conținutul de idei prezentat, din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat prin metoda aleasă.

Любое правильное решение другим методом (или пропуск / группирование промежуточных шагов) будет оцениваться с максимальной оценкой для этой задачи.
Любое правильное решение другим методом, которое не приводит к окончательному результату, будет оцениваться пропорционально содержанию представленных идей из общего количества тех, которые должны были быть применены для достижения результата выбранным методом.