Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA LA *FIZICĂ*

etapa raională/municipală/zonală

19 februarie 2023

Clasa a 11

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

P1. Două bile cu masele $m_1 = 0{,}05\ kg$ și $m_2 = 0{,}15\ kg$ aruncate vertical în sus, din același loc de pe suprafața Pământului, au vitezele inițiale $\upsilon_{01} = 80\ m/s$ și, respectiv, $\upsilon_{02} = 160\ m/s$. A doua bilă este aruncată cu intervalul de timp $\Delta t = 8$ s mai târziu decât prima bilă. Bilele se ciocnesc central și plastic în aer (cu formarea ulterioară a unui singur corp).
Să se determine:

P1.1. Durata (intervalul de timp) de la aruncarea primei bile până la ciocnirea ei cu a doua bilă, înălțimea de la Pământ la care se ciocnesc bilele și viteza inițială a corpului format în urma ciocnirii bilelor. **p. 6,0**

P1.2. Căldura degajată la ciocnirea plastică a bilelor. **p. 2,0**

P1.3. Creșterea temperaturii corpului format în urma ciocnirii plastice, dacă înaintea ciocnirii corpurile au aceeași temperatură, iar căldura lor specifică are aceeași valoare $c = 0{,}8 \cdot 10^3\ J/(kg \cdot K)$.
Se va lua $g = 10\ m/s^2$, iar rezistența aerului și căldura transmisă lui se ignoră. **p. 2,0**

<u>ЗАДАЧА 1.</u> **(10,0 б)**

P1. Два шара массами $m_1 = 0{,}05$ кг и $m_2 = 0{,}15$ кг, брошенные вертикально вверх из одной и той же точки с поверхности Земли, имеют начальные скорости $\upsilon_{01} = 80$ м/с и $\upsilon_{02} = 160$ м/с, соответственно. Второй шар был брошен на $\Delta t = 8$ с позже первого. В результате центрального неупругого соударения шаров в воздухе формируется одно тело.

Определить:

P1.1. Интервал времени с момента, когда был брошен первый шар до момента его столкновения со вторым шаром, высоту от Земли на которой шары сталкиваются и начальную скорость, образовавшегося в результате столкновения тела. **(6,0 б.)**

P1.2. Количество теплоты, выделившееся при неупругом столкновении шаров. **(2,0 б.)**

P1.3. На сколько увеличилась температура тела, образовавшегося при столкновении, если до удара оба тела имели одинаковую температуру и их удельная теплоемкость одинакова, и равна $c = 0{,}8 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot K$).
Принять $g = 10\ м/с^2$, сопротивлением воздуха и рассеянием тепла, пренебречь. **(2,0 б.)**

SOLUȚIE

a) La aruncarea pe verticală de jos în sus avem :

$$\begin{cases} h_1 = v_{01}t_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad (1) \\ h_2 = v_{02}t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \quad (2) \end{cases} \qquad \begin{matrix} t_2 = t_1 - \Delta t \\ h_1 = h_2 = h \end{matrix}$$ 1 p

1p

Obținem: $t_1 = \frac{(2v_{02}+g\Delta t)\Delta t}{2(v_{02}-v_{01}+g\Delta t)}$; $t_1 = 10s$

1p

Înlocuind t_1 în (1) sau (2) obținem h:

$h = 300$ m

1p

În cazul ciocnirii plastice legea conservării impulsului are aspectul:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v_0 \quad (3);$$

aici v_1 și v_2 sunt vitezele bilelor în momentul ciocnirii, iar v_0 este viteza inițială a corpului format în rezultatul ciocnirii.

$v_1 = v_{01} - gt_1;\ v_2 = v_{02} - gt_2.$ 1p

Din (3) obținem : $v_0 = \frac{m_1v_1+m_2v_2}{m_1+m_2}$; $v_0 = 100$ m/s

1p

Total: 6,0 puncte

b) La ciocnirea plastică a două corpuri , legea conservării energiei are aspectul:

$$\frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} = Q + \frac{(m_1+m_2)v_0^2}{2} \quad (4)$$ 1p

Din (4) $\rightarrow$ $Q = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} - \frac{(m_1+m_2)v_0^2}{2}$; $Q = 480$ J

1p

Total: 2,0 puncte

c) Utilizând ecuația calorimetrică $Q = c(m_1 + m_2)\Delta T$, 1p

putem determina cu cât a crescut temperatura corpului format în urma ciocnirii plastice:

$\Delta T = \frac{Q}{c(m_1+m_2)}$; $\Delta T = 3K$ (sau 3^oC) 1p

Total: 2,0 puncte

PROBLEMA 2.

P2. O cantitate $\nu = 0{,}5\ kmol$ de gaz ideal efectuează o transformare ciclică formată din două izocore la volumele $V_1 = 20\ m^3$ și $V_2 = 40\ m^3$ și două izobare la presiunile $P_1 = 0{,}6 \cdot 10^5\ Pa$ și $P_2 = 1{,}0 \cdot 10^5\ Pa$. Aceeași cantitate de gaz ideal efectuează o transformare ciclică Carnot între temperaturile maximă și, respectiv, minimă atinse în ciclul descris. Gazul primește în ambele cazuri una și aceeași cantitate de căldură, egală cu căldura primită de gaz în ciclul descris.

Să se determine:

P2.1. Randamentul ciclului Carnot. **p. 4,0**
P2.2. Căldura primită de gaz. **p. 3,0**
P2.3. Raportul dintre lucrurile mecanice efectuate de gaz în ambele cicluri.
Constanta universală a gazelor $R = 8.31\ J/(mol \cdot K)$. **p. 3,0**

ЗАДАЧА 2. **(10,0 б.)**

P2. Количество идеального газа $\nu = 0{,}5$ кмоль совершает циклическое преобразование, состоящее из двух изохор, при объемах $V_1 = 20\ м^3$ и $V_2 = 40\ м^3$ и двух изобар, при давлениях $P_1 = 0{,}6 \cdot 10^5$ Па и $P_2 = 1{,}0 \cdot 10^5$ Па. Такое же количество идеального газа совершает циклическое преобразование Карно между максимальной и, соответственно, минимальной температурами, достигаемыми в описанном цикле. В обоих случаях газ получает одинаковое количество теплоты, равное теплоте полученное газом в описываемом цикле.

Определить:

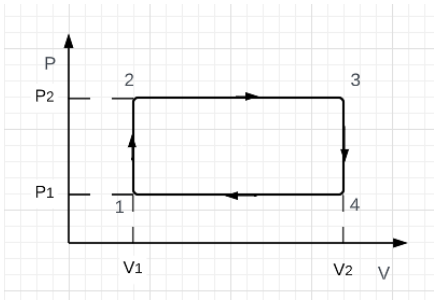
P2.1. КПД цикла Карно. **(4,0 б.)**

P2.2. Количество теплоты, полученной газом. **(3,0 б.)**

P2.3. Соотношение между механическими работами, совершаемыми газом в обоих циклах. Универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль · К). **(3,0 б.)**

SOLUȚIE

a)



0,5 p

$\eta_c = \frac{T_{max} - T_{min}}{Tmax}$ (1) - Randamentul ciclului Carnot; 0,5 p

Din $PV = \nu RT$ - ecuația de stare a gazului ideal, 0,5 p

avem $= \frac{PV}{\nu R}$; 0,5 p

$T_{max} = T_3 = \frac{P_2 V_2}{\nu R}$ (2) și analogic 0,5 p

$T_{min} = T_1 = \frac{P_1 V_1}{\nu R}$ (3) 0,5 p

Înlocuind (2) și (3) în (1) obținem:

$\eta_c = 1 - \frac{Tmin}{Tmax}$; $\eta_c = 1 - \frac{P_1V_1}{P_2V_2}$; 0,5 p

$\eta_c = 70\%$ 0,5 p

Total: 4,0 puncte

b) Gazul primește căldură la comprimarea 1 →2 și la dilatarea 2 → 3. Din prima lege a termodinamicii:

$Q_1 = Q_{12} + Q_{23}$; 0,5 p $Q_{12} = \Delta V_{12}$; 0,5 p

$Q_{23} = \Delta V_{23} + P_2 \Delta V$, $\Delta V = V_2 - V_1$; 0,5 p

$\Delta V_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$ – variația energiei interne în $1 \rightarrow 2$ 0,5 p

$\Delta V_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_1)$ – variația energiei interne în $2 \rightarrow 3$ 0,5 p

Pentru Q_1 se obține: $Q_1 = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_1) + P_2(V_2 - V_1)$ sau

$Q_1 = \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) + P_2(V_2 - V_1)$ 0,5 p

$Q_1 = 6{,}2$ MJ 0,5 p

Total: 3,0 puncte

c) Randamentul ciclului Carnot: $\eta_c = \frac{L_c}{Q_{1c}}$ (4) 0,5 p

($\eta_c = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$). De aici $L_c = \eta_c \cdot Q_{1c}$; 0,5 p

$Q_{1c} = Q_1$ - din condițiile problemei. 0,5 p

Înlocuind în (4) Q_{1c}, obținem: $\frac{L_c}{L} = \frac{\eta_c Q_1}{L}$;

$L = (P_2 - P_1)(V_2 - V_1)$ – din desen, 0,5 p

și $\frac{L_c}{L} = \frac{\eta_c \cdot Q_1}{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}$ 0,5 p

$\frac{L_c}{L} = 5{,}425$ 0,5 p

Total: 3,0 puncte

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

P3. În vârful unei piramide patrulatere regulate, cu latura bazei α = 30√2 cm, se află o sarcină electrică punctiformă negativă $q_0 = -5\,nC$. În cele patru colțuri ale pătratului bazei sunt așezate sarcinile electrice punctiforme identice, pozitive $q = +25\,nC$. Sistemul de sarcini se găsește în vid.
Să se determine:
P3.1. Direcția, sensul și valoarea intensității câmpului electric produsă de sarcinile bazei în vârful piramidei, știind că înălțimea piramidei este egală cu $h = 40\,cm$. **p. 4,0**

P3.2. Direcția, sensul și valoarea rezultantei forțelor care acționează asupra sarcinii din vârful piramidei. **p. 3,0**
P3.3. Locul și distanța de la vârful piramidei unde trebuie deplasată sarcina q_0, pentru ca în vârful piramidei intensitatea câmpului electric să devină nulă. Constanta $k_0 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$. **p. 3,0**

ЗАДАЧА 3. **(10,0 б.)**

P3. На вершине правильной четырехугольной пирамиды, со стороной основания α = 30√2 см, находится точечный отрицательный электрический заряд $q_0 = -5$ нКл. В четырех углах квадрата основания размещены одинаковые положительные точечные электрические заряды $q = +25$ нКл. Система зарядов находится в вакууме.

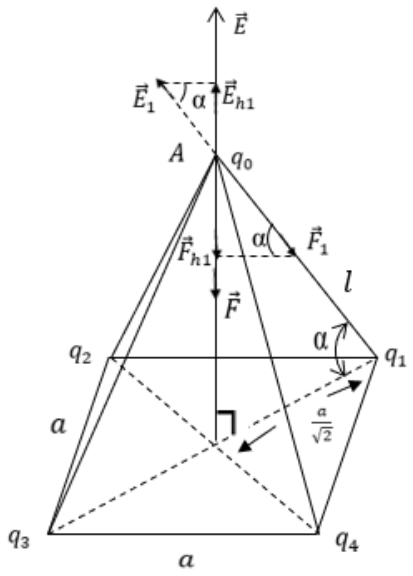
Определить:

P3.1. Направление и напряженность электрического поля, создаваемого зарядами базы на вершине пирамиды, зная, что высота пирамиды равна h = 40 см. **(4,0 б.)**

P3.2. Направление и величина равнодействующей сил, действующих на заряд в вершине пирамиды. **(3,0 б.)**

P3.3. Место и расстояние от вершины пирамиды, куда необходимо бы было переместить заряд q_0, чтобы напряженность электрического поля на вершине пирамиды стала равной нулю. Электрическая постоянная $k_0 = 9 \cdot 10^9$ Н · м^2/Кл^2. **(3,0 б.)**

SOLUȚIE
a)



2 p

$l = \sqrt{\frac{a^2}{2} + h^2}$ 0,2 p

$E_1 = k_0 \frac{q_1}{l^2}$ 0,2 p

$E_{h1} = E_1 \sin\alpha$ 0,1 p

$E_{h1} = k_0 \frac{q_1}{l^2} \sin\alpha$ 0,1 p

$\sin\alpha = \frac{h}{l}$ 0,2 p

$E_{h1} = k_0 \frac{q_1 h}{l^3}$ 0,1 p

$E_{h1} = k_o \frac{q_1 h}{\sqrt{\left(h^2 + \frac{a^2}{2}\right)^3}}$ 0,1 p

$E = 4E_{h1}$ 0,25 p

$$E = \frac{4k_0 qh}{\left(h^2+\frac{a^2}{2}\right)^{3/2}}$$ 0,25 p

$$E = 2{,}88\ \frac{kV}{m}$$ 0,25 p

(Vezi desenul) $\vec{E}$ are direcție verticală și sensul în sus. 0,25 p

Total: 4,0 puncte

b) $F_1 = k_0 \frac{|q_1||q_0|}{l^2}$; 0,3 p $F_{h1} = F_1 \sin\alpha$; 0,2 p

$F = 4F_1 \sin\alpha$; 0,5p

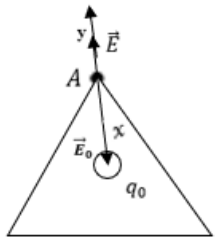
$$F = 4k_0 \frac{|q_1||q_0|l}{l^3}$$ 0,5 p $$F = 4k_0 \frac{|q_1||q_0|h}{\left(h^2+\frac{a^2}{2}\right)^{3/2}}$$ 0,5 p

$F = 14{,}4\ \mu N$ 0,5 p

$\vec{F}$ are direcție verticală și sensul în jos (vezi desenul) . 0,5 p

Total: 3,0 puncte

c)



1 p $x \equiv \Delta h$

$E_{0x} = x_0 \frac{q_0}{x^2}$;

0,25 p

$E = 4k_0 \frac{qh}{\left(h^2+\frac{a^2}{2}\right)^{3/2}}$; 0,5 p $\boxed{E_{0x} = E}$ 0,25 p

$k_0 \frac{|q_0|}{x^2} = 4k_0 \frac{qh}{\left(h^2+\frac{a^2}{2}\right)^{3/2}}$; 0,25 p

$$x = \sqrt{\frac{|q_0|}{4qh}\left(h^2+\frac{a^2}{2}\right)^{3/2}}$$ 0,25 p

$x = 3{,}95\ cm.$ 0,25 p

q_0 – trebuie deplasată pe direcția înălțimii mai jos de vârful piramidei la distanța

$\Delta h = x = 3{,}95\ cm$. 0,25 p

Total: 3,0 puncte