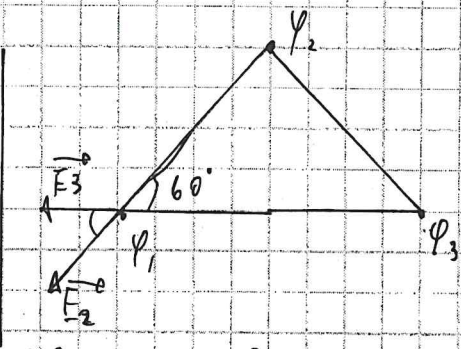


| Общий балл | Дата       | Ф.И.О. Жюри   | Подпись |
|------------|------------|---------------|---------|
| 925        | 01.03.2025 | Червоненко АЕ | АЕр     |
| Шифр       |            |               | 041742  |

N 1.

Дано:

$\varphi_1$   
 $\varphi_2$   
 $\varphi_3$   
 $F_1 = ?$



Пусть стороны  $\Delta$ -ка равны  $a$ , то  $\varphi_1 = \frac{kq_1}{a}$   
 $\varphi_2 = \frac{kq_2}{a}$  ;  $\varphi_3 = \frac{kq_3}{a}$

Напряженности создаваемые зарядами:  
 $E_2 = \frac{kq_2}{a^2}$  ;  $E_3 = \frac{kq_3}{a^2}$  (т.к. они в-се точеч-ными зарядами)

$\vec{F}_1 = q_1 \cdot \vec{E}_x \Leftrightarrow F_1 = q_1 E_x$ , где  $E_x = \vec{E}_3 + \vec{E}_2$  (из принципа суперпозиции)

По теореме косинусов:  $E_x^2 = E_3^2 + E_2^2 - \cos(120^\circ) \cdot 2 \cdot E_3 \cdot E_2$

из  $\textcircled{1} \Rightarrow E_3 = \frac{\varphi_3}{a}$  ;  $E_2 = \frac{\varphi_2}{a}$  ;

$$= \frac{1}{a} \sqrt{\varphi_3^2 + \varphi_2^2 + \varphi_3 \varphi_2}$$

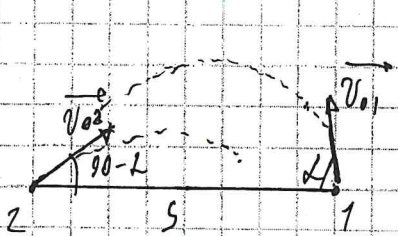
$$E_x = \sqrt{\frac{\varphi_3^2}{a^2} + \frac{\varphi_2^2}{a^2} - (-0.5) \cdot 2 \cdot \frac{\varphi_3 \varphi_2}{a^2}} =$$

$$F_1 = q_1 \cdot \frac{1}{a} \sqrt{\varphi_3^2 + \varphi_2^2 + \varphi_3 \varphi_2} = \frac{\varphi_1}{k} \sqrt{\varphi_3^2 + \varphi_2^2 + \varphi_3 \varphi_2}$$

Ответ:  $F_1 = \frac{\varphi_1}{k} \sqrt{\varphi_3^2 + \varphi_2^2 + \varphi_3 \varphi_2} = ?$

N 2

$S$   
 $v_0$   
 $h = ?$



Т.к. движение по дугой к гор. то  
(2)  $S = v_0 \cos L \cdot t$ , где  $t$  - время полета.  
 $t_{\text{под}} = \text{время подъема}$ .

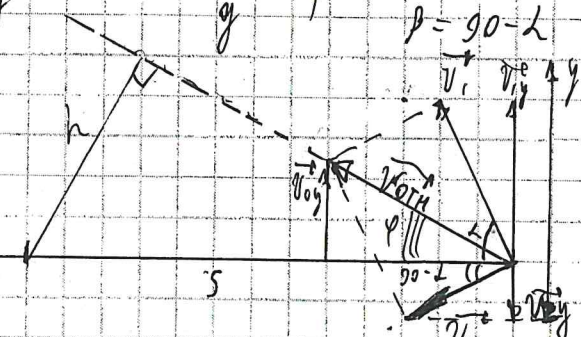
$$v_0 \sin L = \frac{gt}{2} \Rightarrow t = \frac{2v_0 \sin L}{g} ; (1) S = \frac{v_0 \cos L \cdot 2v_0 \sin L}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2L}{g}$$

Для 1-ого тела:  $\frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g} = S$  ;  $\frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2L}{g} \Rightarrow \sin 2L = \sin 2\beta \Rightarrow \beta = 90 - L$

Перейдем в СО для 2-ого тела:

$$\begin{cases} v_0 = v_{02} = v_{01} \\ v_{01H} = \sqrt{2} v_0 \\ h = S \sin L \\ v_{01H} \sin \varphi = v_0 (\sin L - \cos L) \end{cases}$$

$$v_1 = v_2 = v_0 \Rightarrow v_{01H} = \sqrt{2} v_0$$





| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |
| Шифр       |      |             |         |

$$3) \sqrt{2} \sin \varphi = \sin 2L - \cos 2L$$

$$\sin \varphi = \frac{\sqrt{2}}{2} \sin 2L - \frac{\sqrt{2}}{2} \cos 2L = \sin \left( \frac{\pi}{4} - 2L \right); \quad v, y - \theta_{2y} = v \sin \varphi$$

из (1)  $\sin 2L = \frac{5g}{v_0^2}$ ; с другой стороны по ф-ле половинного угла:

$$\sin^2 \left( \frac{\pi}{4} - L \right) = \frac{1 - \cos \left( \frac{\pi}{2} - 2L \right)}{2}; \quad \cos \left( \frac{\pi}{2} - 2L \right) = \sin 2L; \quad \sin \left( \frac{\pi}{4} - L \right) = \sqrt{\frac{1 - \sin 2L}{2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{v_0^2 - 5g}{2v_0^2}}$$

$$h = s \sin \varphi = s \sin \left( \frac{\pi}{4} - L \right) = s \sqrt{\frac{v_0^2 - 5g}{2v_0^2}}$$

Ответ:  $h = s \sqrt{\frac{v_0^2 - 5g}{2v_0^2}}$

N1

$s$  |  $v = a, b, (4)$ , так дви. равноускор.;  $t_1, t_2, t_3$  — время за которое  
 $v$  | I, II, III + учесть нулевое ускорение  
 $at$  |  $v_{01}, v_{02}$  — начальные скор. для I и IV ун. пути  
 $v_{k1}, v_{k2}$  — конечные скор. для I и II ун. пути (причем  $v_{k1} = v_{02}$ )

$$\frac{s}{3} = \frac{v_{k1}^2 - v_{01}^2}{2a_1} \quad (1) = \frac{v_{k1} + v_{01}}{2} \cdot t_1 \quad \text{с другой стороны для III ун. } \Rightarrow \frac{s}{3} = \frac{v_{k2}^2 - v_{02}^2}{2} t_3 \quad (2)$$

$$\text{и к. (1) = (2) } = \frac{s}{3} \text{ то } \frac{v_{k1}^2 - v_{01}^2}{2a_1} = \frac{v_{02}^2 - v_{k2}^2}{2a_1}; \quad \text{с (3): } v_{02}^2 - v_{01}^2 = v_{02}^2 - v_{k2}^2; \quad v_{01}^2 = v_{k2}^2$$

тогда из  $\frac{v_{k1} + v_{01}}{2} \cdot t_1 \Rightarrow \begin{cases} s = a_1 t_1 t_2 + a_1 t_1^2 \\ \frac{a_1 t_1^2}{2} = a_1 t_1 t_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} s = a_1 b t_2^2 \\ t_1 = 2 t_2 \end{cases}$ ; общее время:  
 $t_1 + t_2 + t_3 = 5 t_2$

$T$  — время всего пути B;  $s_1, s_2, s_3$  — пути пройденные B или I, II, III  
 участки соответственно по опред. ускорения  $\begin{cases} a_1 = \frac{v_{k1} - v_{01}}{\frac{1}{3}} \\ a_2 = \frac{v_{k2} - v_{02}}{\frac{1}{3}} \end{cases}$  где  $v_{k1}$  и  $v_{k2}$  — кон.  
 $v_{01}, v_{02}$  — нач. скор. для I и IV ун. B, причем  $v_{k1} = v_{02}$  скор. для I и II участка

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |

Шифр

из системы:  $u_{k1} - u_{o1} = u_{o2} - u_{k2}$

$u_{o2} - u_{o1} = u_{k2} - u_{k1}$   
 $u_{o2} = u_{k1}$

$s_1 = \frac{a_2 \left(\frac{\tau}{3}\right)^2}{2} = \frac{u_{k1} + u_{o1}}{2} \cdot \frac{\tau}{3}$

$s_3 = \frac{u_{k2} + u_{o1}}{2} \cdot \frac{\tau}{3}$  ; т.к.  $u_{k2} + u_{o2} = u_{k1} + u_{o1}$ , то  
 $s_1 = s_3$

$s_1 = \frac{a_2 \left(\frac{\tau}{3}\right)^2}{2}$   
 $s_2 = u_2 \frac{\tau}{3}$

$v = \frac{a_2 \tau}{6} (t_1) = a_1 t_1$

$\frac{a_2 \tau}{3} = a_1 t_1 = a_1 (2t_2) (1)$

Тогда  $s_1 + s_2 + s_3 = s = a_2 \left(\frac{\tau}{3}\right)^2 +$

$+ u_2 \frac{\tau}{3} \cdot \frac{\tau}{3} (5)$

$u_2 \frac{\tau^2}{9} = a_1 6 t_2^2 (6)$

тогда получаем систему из (6) и (7)

$\frac{a_2 \tau}{3} = a_1 2 t_2$

$a_2 \tau = 6 a_1 t_2 \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{\tau}{6 t_2}$  ;  $\frac{a_1}{a_2} = \frac{2 \tau^2}{54 t_2^2}$

$a_2 2 \frac{\tau^2}{9} = a_1 6 t_2^2$

$\frac{\tau^2}{27 t_2^2} = \frac{\tau}{6 t_2}$  ;  $\tau^2 6 t_2 = 27 t_2^2 \tau$   
 $6 \tau = 27 t_2$  ;  $\tau = \frac{9 t_2}{2}$   
 $A = 5 t_2$

Тогда время, которое летит В =  
а время, которое летит А =

$5 t_2 > \frac{9}{2} t_2$  , значит В летит быстрее

$A t = 5 t_2 - \frac{9}{2} t_2 = \frac{1}{2} t_2$  ;

из (8)  $t_2 = \frac{s}{3v}$  , тогда  $A t = \frac{s}{6v}$

Ответ:  $A t = \frac{s}{6v}$

№3

$i=3$   
 $\eta=?$

$\eta = \frac{A}{Q_H} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{Q_X}{Q_H}\right) \cdot 100\%$  ;

из графика: 1-2 и 3-4 изотермы

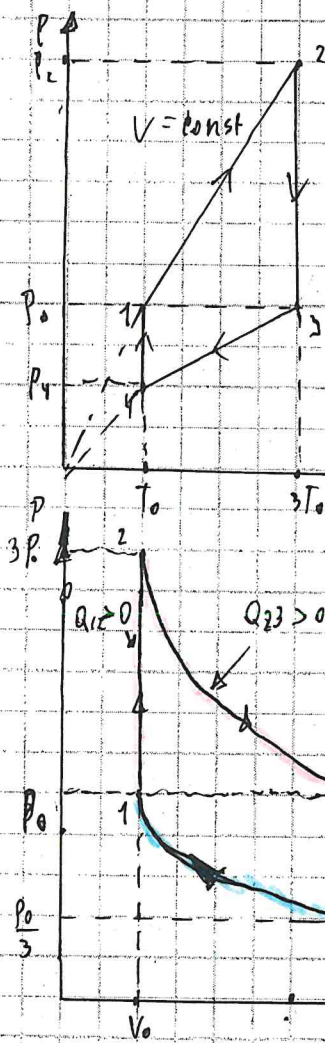
и  $P \sim T$  , тогда это изохоры.

2-3 и 4-1 — изотермы,

также  $P_1 = P_3 \Rightarrow \frac{P_0}{T_0} = \frac{P_2}{T_2}$  ;  $T_3 = 3 T_0$  ;  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_3}{T_3}$



| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |
| Шифр       |      |             |         |



Пусть  $V_1 = V_0$ , тогда из 3-го Менделеева-Клапейрона  

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_3 V_3}{3 T_0} \Rightarrow V_3 = 3 V_0, \text{ примем } V_3 = V_4$$

Обозначим на графике  $PV$  процессы, на кото-  
рых газ получает тепло (красным), а где отдаёт  
(синим). Тогда  $\eta = \frac{A}{Q_H} \cdot 100\% = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} \cdot 100\% =$   

$$= \left( \frac{1 - Q_X}{Q_H} \right) \cdot 100\%.$$

из 1-го начала термодинамики:  $Q = \Delta U + A$   
 $Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (3 T_0 - T_0) = 3 \nu R T_0$   
 $(A_{12} = 0)$

$Q_{23} = A_{23}$ ; известно, что для процесса изотер-  
мы верно формула  $A(T) = \nu R T \ln \frac{V_k}{V_n}$ , при  $T = \text{const}$

$$Q_{23} = \nu R T_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = 3 \nu R T_0 \ln 3; \quad Q_{34} (A_{34} = 0) = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (T_0 - 3 T_0) = -3 \nu R T_0$$

$$Q_{41} = A_{41} (A_{41} = 0) = - \nu R T_4 \ln \frac{V_1}{V_2} = \nu R T_0 \ln \frac{1}{3} = - \nu R T_0 \ln 3$$

$$Q_H = 3 \nu R T_0 (1 + \ln 3)$$

$$Q_X = \nu R T_0 (3 + \ln 3) \Rightarrow \eta = \left( \frac{1 - 3 + \ln 3}{3(1 + \ln 3)} \right) \cdot 100\% \approx 35\%$$

Ответ:  $\eta = 35\%$

№5  
 $V = 5000 \text{ м}^3$   
 $P_{H2} = 110 \text{ кПа}; t = 45^\circ \text{C}$   
 $\varphi_1 = 0,1; \varphi_2 = 0,9$   
 $P_0 = 100 \text{ кПа}; P_{\text{атм}} = 90000 \text{ Па}$   
 $m = ?$



Т.к. в начале шара не растягивается -  
 сл, что  $P_{H2} = P_{\text{атм}}$ , где из 3-го закона Дальтона:  
 $P_{\text{атм}} = P_0 + \varphi \cdot P_{H2} + P_{\text{об}}$  (в общем случае)  
 в начале:  $P_{H2} = P_0 + \varphi_1 P_{H2} + P_{\text{об}}; P_{\text{об}} = P_{H2} - P_0 - \varphi_1 P_{H2} =$



| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |
| Шифр       |      |             |         |

$$= 110 \text{ кПа} - 100 \text{ кПа} - 0,1 \cdot 9000 \text{ Па} = 9100 \text{ Па}$$

в камере:  $P_{\text{мзк}} = P_0 + \gamma_2 P_{\text{пл}} + P_{\text{об}}$ ; предполагается, что  $P_{\text{об}}$  не изме-  
нится, т.к. уменьшение радиуса шара будет очень небольшим.

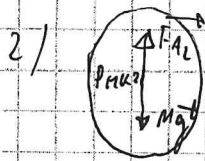
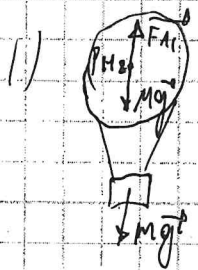
$$P_{\text{мзк}} = 100 \text{ кПа} + 0,9 \cdot 9000 \text{ Па} + 9100 \text{ Па} = 117200 \text{ Па}$$

Все процессы происходят при постоянной температуре:

$$P_{\text{мз}} = V = P_{\text{мзк}} \cdot V_{\text{к}} \Rightarrow V_{\text{к}} = \frac{P_{\text{мз}}}{P_{\text{мзк}}} \cdot V = \frac{110 \text{ кПа}}{1172 \text{ кПа}} \cdot 5000 \text{ м}^3 \approx 4700 \text{ м}^3 - \text{конечный}$$

$$\text{тогда } r_{\text{к}} = \sqrt[3]{\frac{3V_{\text{к}}}{4\pi}} = 10,4 \text{ м (конечный радиус)}, \text{ а } r_{\text{н}} = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \approx 10,6 \text{ м}$$

разница между  $r_{\text{к}}$  и  $r_{\text{н}} \approx 2\%$   $\Rightarrow$  пренебрежение верно;



по 2-й теореме в проекции на

вертикаль: 1)  $F_{A1} = Mg - mg$ ;  $Mg$  - масса шара и

2)  $F_{A2} = Mg$ ;  $mg$  - масса газа, который находится внутри.

$F_{A1}, F_{A2}$  - силы Архимеда.

$F_{A1} = \rho_{\text{воз}} V g$ ;  $\rho_{\text{воз}}$  - плотность воздуха снаружи.

$$F_{A2} = \rho_{\text{воз}} V_{\text{к}} g; \rho_{\text{воз}} (V - V_{\text{к}}) g = mg \Rightarrow m = \rho_{\text{воз}} (V - V_{\text{к}})$$

$\rho_{\text{воз}} = \rho_{\text{пар}} + \rho_{\text{атм}}$ ;  $\rho_{\text{пар}}$  - плотность пара;  $\rho_{\text{атм}}$  - плотность атмосферы.

Уравнение Менделеева-Клапейрона:  $P V = \frac{\rho_0 M_0}{R T} (M_0 > M_{\text{п}})$ , т.к.  $\rho_0 > \rho_{\text{п}}$ ,

$$\text{то } \rho_{\text{пар}} < \rho_{\text{атм}} \Rightarrow \rho_{\text{пар}} = \rho_{\text{атм}} = \frac{\rho_0 M_0}{R T}; T = t + 273 \text{ К}; M_0 = 0,0292 \text{ моль}$$

$$m = \frac{\rho_0 M_0 (V - V_{\text{к}})}{R (t + 273) \text{ К}} = \frac{100 \text{ кПа} \cdot 0,0292 \text{ моль} (5000 \text{ м}^3 - 4700 \text{ м}^3)}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot (13 + 273) \text{ К}} \approx 33 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m = 33 \text{ кг.}$

116