

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
715		Червонская НС ЖРР	
Шифр			041720

задача 3

Дано:
 $\nu = \text{const}$
участки

Ищем:

Рассмотрим конкретный процесс в отдельности.
(1-2) Запишем уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$\textcircled{1} \begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \text{ т.к. } \nu R = \text{const, то}$$

$Q = A + \Delta U$

$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ по уравнению ~~идеального~~
(комплекс в 2 измерения p_0
и T_0 соответственно)

$$\frac{3p_0 V_1}{2T_0} = \frac{9p_0 V_2}{6T_0}$$

$$\frac{3}{2} V_1 = \frac{9}{6} V_2 \Rightarrow V_1 = V_2 = V_0$$

$\Rightarrow$ изохорный процесс $\Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12}$, т.к. $A=0$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ из системы $\textcircled{1} \begin{cases} 3p_0 V_0 = \nu R T_1 \\ 9p_0 V_0 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \nu R T = 6p_0 V_0$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cdot 6p_0 V_0 = 9p_0 V_0$ $Q_{12} = 9p_0 V_0$ - идет на нагрев $\Rightarrow$ часть $Q_{\text{полн}}$

(2-3) Аналогично запишем уравнение $\textcircled{2} \begin{cases} p_2 V_2 = \nu R T_2 \\ p_3 V_3 = \nu R T_3 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3}$
 $\Rightarrow \frac{9p_0 V_0}{6T_0} = \frac{3p_0 V_3}{6T_0} \Rightarrow 9V_0 = 3V_3 \Rightarrow V_3 = 3V_0$

т.к. $T_2 = T_3$, политермический процесс $\Rightarrow \Delta U = 0 \Rightarrow Q_{23} = A_{23}$

т.к. $V_3 = 3V_0$, а $V_2 = V_0$, то A положительна, т.к. газ расширялся

$Q_{\text{полн}} = Q_{12} + Q_{23}$

(3-4) $\textcircled{3} \begin{cases} p_3 V_3 = \nu R T_3 \\ p_4 V_4 = \nu R T_4 \end{cases} \quad \frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_4 V_4}{T_4} \quad \frac{3p_0 \cdot 3V_0}{6T_0} = \frac{p_0 \cdot V_4}{2T_0} \Rightarrow \frac{9V_0}{6} = \frac{V_4}{2}$

$\Rightarrow V_4 = 3V_0 = V_3$ изохорный процесс $\Rightarrow Q_{34} = \Delta U_{34}$; $A=0$

$\Delta U_{34} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{34} \begin{cases} 3p_0 \cdot 3V_0 = \nu R T_3 \\ p_0 \cdot 3V_0 = \nu R T_4 \end{cases} \Rightarrow T_{34} = 6p_0 V_0$

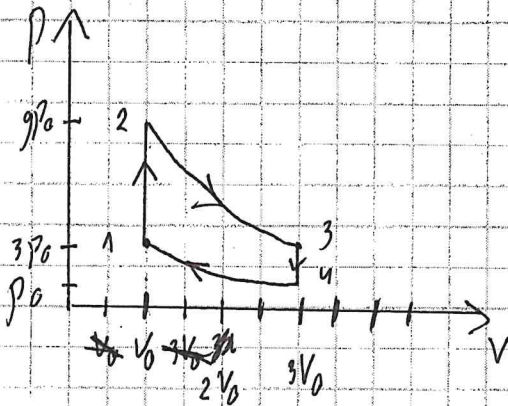
$Q_{34} = \frac{3}{2} \cdot 6p_0 V_0 = 9p_0 V_0$ - идет на остывание $\Rightarrow Q_{\text{полн}}$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
718		Червоненко А.Е.	А.Е. Червоненко
Шифр			

4-1) ① $\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \quad V_1 = V_0 \quad V_2 = 3V_0 \quad T_2 = T_1 - \text{изотермический процесс} \quad \Delta U = 0$

$Q = A_{12} \Rightarrow V_1 < V_2 - \text{сжатие} \Rightarrow Q_{23} = Q_{12} + Q_{32}$

Примерный график в координатах pV .



A - площадь фигуры под графиком. $\Rightarrow A_{23} = \Delta V \cdot \frac{p_2 + p_3}{2} = 2V_0 \cdot 6p_0 = 12V_0 p_0$

$A_{31} = \Delta V \cdot \frac{p_3 + p_1}{2} = 2V_0 \cdot 2p_0 = 4V_0 p_0$

$\eta = \frac{Q_{12} - Q_{31}}{Q_{12}} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{Q_{31}}{Q_{12}}\right) \cdot 100\%$

$Q_{23} = Q_{12} + Q_{32} = A_{12} + \Delta V_{32} p_2$

$Q_{12} = Q_{21} + Q_{32} = \Delta V_{12} p_2 + A_{23}$

$\eta = \left(1 - \frac{A_{12} + \Delta V_{32} p_2}{\Delta V_{12} p_2 + A_{23}}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{4p_0 V_0 + 9p_0 V_0}{9p_0 V_0 + 12p_0 V_0}\right) \cdot 100\% \approx 38\%$

Ответ: 38%

Задача 1.

Дано:

Решение:

s, v, a
кто первый?
 s, t ?

$\frac{1}{3}s$ ① $\frac{1}{3}s$ ② $\frac{1}{3}s$ ③

весь путь одинаков

Для ① $\frac{1}{3}s = \frac{at_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2s}{3a}}$

2) Для ② $\frac{1}{3}s = \frac{at_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2s}{3a}}$

начальное состояние $\Rightarrow v_0 = \frac{s}{3V_0}$

Для ② 1) $\frac{1}{3}s = vt_2 + \frac{at_2^2}{2}$ где $v = at_1 = a\sqrt{\frac{2s}{3a}} \Rightarrow t_2 = \frac{s}{3a\sqrt{\frac{2s}{3a}}}$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр

на ⑤ 1) Атом $\frac{1}{3} s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t_{34} = t_{14} = \sqrt{\frac{2s}{3a}}$

2) ~~Борис~~ $s = vt + \frac{at^2}{2}$ ~~$s = \frac{1}{3} s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t_{34} = t_{14} = \sqrt{\frac{2s}{3a}}$~~

~~$t_{\text{общ}} A = t_{14} + t_{24} + t_{34} = \sqrt{\frac{2s}{3a}} + \frac{s}{3 \cdot a \sqrt{\frac{2s}{3a}}} + \sqrt{\frac{2s}{3a}} = 2\sqrt{\frac{2s}{3a}} + \frac{\sqrt{3s}}{3\sqrt{2a}}$~~

~~$t_{\text{общ}} B = t_{14} + t_{24} + t_{34} = \sqrt{\frac{2s}{3a}} + \frac{s}{3 \cdot a \sqrt{\frac{2s}{3a}}} + \sqrt{\frac{2s}{3a}} = 2\sqrt{\frac{2s}{3a}} + \frac{\sqrt{3s}}{3\sqrt{2a}}$~~

По условию Борис разогнал брелок на 3, то есть

$t_{\text{общ}} B = \frac{1}{3} t + \frac{1}{3} t + \frac{1}{3} t$
 $\Rightarrow$ ① сначала $s_1 = \left(\frac{1}{3} a\right) \cdot \frac{t^2}{2}$

$a = \frac{V_{\text{кр}} - V_0}{t}$ $V_0 = 0$

② $s_2 = \frac{1}{3} t \cdot V$

$a = \frac{3V}{t}$ $s_2 = \frac{t \cdot a V^2}{6 t^2} = \frac{3V^2}{2}$

③ $s_3 = \frac{1}{3} Vt - \frac{at^2}{2}$

$s_1 = \frac{1}{3} \frac{t^2 \cdot 3V}{2} = \frac{t^2 V}{2}$ $s_2 = \frac{1}{3} tV$

$s_3 = \frac{Vt}{3}$

① $s_1 = \frac{t^2 \cdot 3V}{3 \cdot 2} = \frac{t^2 V}{2}$

② $s_2 = \frac{Vt}{3} \Rightarrow s_1 = s_3 = \frac{s_2}{2}$

③ $s_3 = \frac{Vt}{3} - \frac{Vt}{6} = \frac{Vt}{6}$

$s = \frac{tV}{6} + \frac{tV}{6} + \frac{Vt}{3} = \frac{4Vt}{3} = \frac{2}{3} Vt$ - для Бориса

$s = \frac{1}{3} s + \frac{1}{3} s + \frac{1}{3} s$ для атома ① $\frac{2}{3} s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{3a}}$ ② $\frac{1}{3} s = Vt$
 $\Rightarrow V = at \Rightarrow a = \frac{V}{t} \Rightarrow$ ① $t_1 = \sqrt{\frac{2st}{3V}}$ $t^2 = \frac{2st}{V} \Rightarrow t = \frac{2s}{3V}$
③ $a_1 = a_3 \Rightarrow s_1 = s_3 = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t_3^2 = t_1^2 = \frac{2s}{3V} \Rightarrow t = \frac{1}{3} \frac{s}{V}$

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

$$\Rightarrow t_A = \frac{25}{3v} + \frac{15}{3v} + \frac{25}{3v} = \frac{55}{3v}$$

$$s = \frac{2}{3} \sqrt{t_d} \quad t_A = \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3} \sqrt{t_d} \quad t_A = \frac{5}{3} \sqrt{t_d} \cdot \frac{2}{3} \quad t_A = \frac{10}{9} \sqrt{t_d}$$

$$\Rightarrow \frac{t_d}{t_A} = \frac{9}{10} \Rightarrow \text{Борис пришел раньше к двери}$$

$$\Delta t = t_A - t_B \quad t_A = \frac{55}{3v} \quad t_B = \frac{35}{2v} \quad \Delta t = \frac{55}{3v} - \frac{35}{2v} = \frac{105}{6v} - \frac{95}{6v} = \frac{10}{6v}$$

Ответ: Борис пришел раньше; $\Delta t = \frac{10}{6v}$.

Дано:

Решение:

q_1, q_2, q_3
д. стороны Δ

$F_1 - ?$

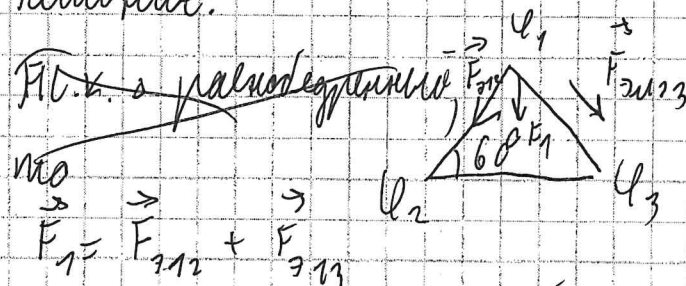


Рис. 1. Равносторонний, но силы действуют по углам 60° с внутренней стороны.

Способ нахождения результирующей равнодействующей сил

по углам $F_1 = \sqrt{F_{12}^2 + F_{13}^2 + 2F_{12}F_{13}\cos 60^\circ}$

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{d^2} \quad \varphi = \frac{k q}{d} \Rightarrow q = \frac{\varphi \cdot d}{k}$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{\varphi_1 d}{k} \quad q_2 = \frac{\varphi_2 d}{k} \quad q_3 = \frac{\varphi_3 d}{k}$$

$$\Rightarrow F_{12} = k \frac{\frac{\varphi_1 d}{k} \cdot \frac{\varphi_2 d}{k}}{d^2} = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{k d}$$

$$F_{13} = k \frac{\frac{\varphi_1 d}{k} \cdot \frac{\varphi_3 d}{k}}{d^2} = \frac{\varphi_1 \varphi_3}{k d}$$

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

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

$$\Rightarrow F_1 = \sqrt{\frac{q_1^2 q_3^2 + q_1^2 q_2^2 + q_1^2 q_2 q_3}{k d^2}} = \frac{q_1}{k d} \sqrt{q_2^2 + q_3^2 - q_2 q_3}$$

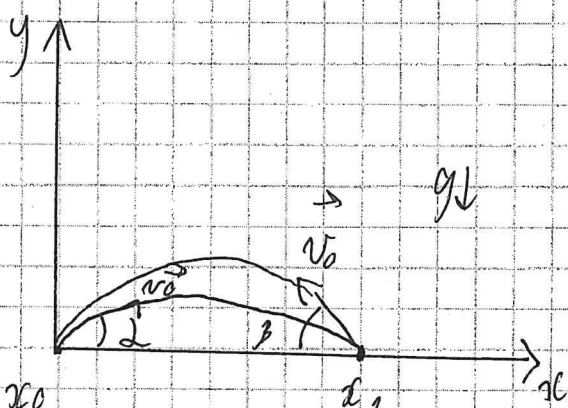
Следует: $F_1 = \frac{q_1}{k d} \sqrt{q_2^2 + q_3^2 - q_2 q_3} = ?$ 165

N 2.

Дано:

Решение:

v_0, s, H
 ~~H~~ L, β
 Δr



x_0 - первый пункт

x_1 - второй пункт

$$x_1 - x_0 = s$$

$$s = v_{x0} t \quad H = v_{y0} t - \frac{gt^2}{2}$$

α - угол первого пункта β - второго

Для первого п (какой-то угол)

$$s = v_0 \cos \alpha t, \text{ т.к. } v_{x0} = v_0 \cos \alpha$$

Для второго п

$$s = v_0 \cos \beta t$$

$$H_1 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_{y0} = v_0 \sin \alpha t$$

$$H_2 = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

Несколько Δr можно найти как разность ~~разности~~ ^{координат} векторов $\Delta r = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}$ где коорд в любой момент t .

Коорд по x первого $x_0 = v_0 \cos \alpha t$, второго $x_1 = s - v_0 \cos \beta t$
Коорд по y первого $y_0 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$, второго $y_1 = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$

$$\Delta r^2 = (s - v_0 \cos \beta t - v_0 \cos \alpha t)^2 + (v_0 \sin \beta t - v_0 \sin \alpha t)^2$$

$$\Delta r^2 = (s - v_0 t (\cos \beta + \cos \alpha))^2 + (v_0 t (\sin \beta - \sin \alpha))^2$$

Чтобы исследовать минимум нужно брать производную

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

производную от t , т.к. это общая переменная от
которой все зависит.

$$r^2 = s^2 - 2V_0 s t (\cos \beta + \cos \alpha) + V_0^2 t^2 (\cos \beta + \cos \alpha)^2 + \cancel{V_0^2 t^2 (\sin \beta - \sin \alpha)^2} + \cancel{V_0^2 t^2 (\sin \beta - \sin \alpha)^2} + V_0^2 t^2 (\sin \beta - \sin \alpha)^2$$

$$r(t)' = -2V_0 s (\cos \beta + \cos \alpha) + 2t V_0 (\cos \beta + \cos \alpha)^2 + 2t V_0 (\sin \beta - \sin \alpha)^2 = 0$$

$$t = \frac{2V_0 s (\cos \beta + \cos \alpha)}{2V_0^2 (\cos \beta + \cos \alpha)^2 + 2V_0^2 (\sin \beta - \sin \alpha)^2}$$

$$t = \frac{s (\cos \beta + \cos \alpha)}{V_0 ((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)}$$

— при этом t расстоянием
минимальна т.к.

экстремальный в колебании, у которой перед стоян-
ким членом знак +



$$\Delta r^2 = s^2 - 2V_0 s \cdot \frac{s (\cos \beta + \cos \alpha)}{V_0 ((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)} (\cos \beta + \cos \alpha) + \frac{V_0^2 (\cos \beta + \cos \alpha)^2 s^2 (\cos \beta + \cos \alpha)^2}{V_0^2 ((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)^2} + \frac{V_0^2 (\sin \beta - \sin \alpha)^2 \cdot s^2 (\cos \beta + \cos \alpha)^2}{V_0^2 ((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)^2}$$

$$\Delta r^2 = s^2 - \frac{2s^2 (\cos \beta + \cos \alpha)^2}{((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)} + \frac{s^2 (\cos \beta + \cos \alpha)^4}{((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)^2} + \frac{s^2 (\sin \beta - \sin \alpha)^2 (\cos \beta + \cos \alpha)^2}{((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)^2}$$

$$\Delta r^2 = s^2 \left(\frac{(\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2}{((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)^2} - 2 (\cos \beta + \cos \alpha)^2 \right)$$

Ответ: $r = s \sqrt{1 - \frac{2(\cos \beta + \cos \alpha)^2}{((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)} + \frac{(\cos \beta + \cos \alpha)^4}{((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)^2} + \frac{(\sin \beta - \sin \alpha)^2 (\cos \beta + \cos \alpha)^2}{((\cos \beta + \cos \alpha)^2 + (\sin \beta - \sin \alpha)^2)^2}}$

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

№ 5.

Дано:

$$V = 5 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

$$p = 110 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T_0 = 100 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T = 310 \text{ К}$$

$$\varphi_1 = 0,1 \quad p_{\text{н.н.}} = 9000 \text{ Па}$$

$$\varphi_2 = 0,9$$

m - ?

Решение:

$$T \text{ при } \varphi_1 = T \text{ при } \varphi_2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} pV = \nu RT \\ p_1 V_1 = \nu RT \end{cases}$$

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{н.н.}}}$$

$$p_{\text{с.н.}} = 0,1 \cdot 9000 = 900 \text{ Па}$$

$$p_1 = 0,9 \cdot 9000 = 8100 \text{ Па}$$

$$p_2 = 0,9 \cdot 9000 = 8100 \text{ Па}$$

со стороны воздуха

со стороны воздуха

$\Rightarrow p_1$ внутри шара увеличилась для сохранения T и баланса с давлением V

$$\Rightarrow p_1 = p + 0,9 p$$

силы если

$$F_A < Mg$$

$$Mg = V \cdot \rho + m$$

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{н.н.}}}$$

$$F_{A1} = 0,1 p_{\text{н.н.}} V$$

$$F_{A2} = 0,9 p_{\text{н.н.}} V$$

m - ?

65