

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
785		Червоненко А.С. Жер	
Шифр			041752

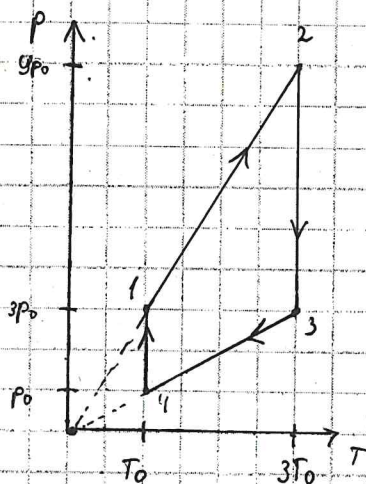
N3.

Дано:

$$\dot{\epsilon} = 3$$

$$\eta = ?$$

Решение:



перенесем график в масштабе 1:2.

~~в графике~~ из графика видно, что процессы 1-2 и 3-4 — изохоры; т.к. $P \propto T$.

процессы 2-3 и 4-1 — изотермы; т.к. $T = \text{const}$.

из ур. Менделеева-Клапейрона:

$PV = \nu RT$, где $\nu R = \text{const}$, V — кол-во вещества

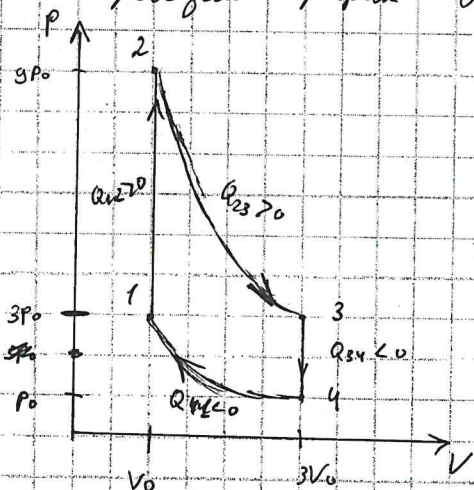
каппы по гл. 1 и 3 точки и приравняем

$$\frac{3P_0 V_1}{T_0} = \frac{3P_0 V_3}{3T_0} \Rightarrow 3V_1 = V_3. \text{ где } V_1, V_3 - \text{объемы в 1 и 3 точки соответственно}$$

можем учесть $V_1 = V_0$, а $V_3 = 3V_0$

перенесем

переведем график в P, V координаты:



$Q_H = Q_{12} + Q_{23}$, где Q_H — теплота нагревателя
 Q_{12}, Q_{23} — теплоты в процессах 1-2 и 2-3.

$Q_K = Q_{34} + Q_{41}$, где Q_K — теплота хла.
 Q_{34}, Q_{41} — теплоты в процессах 3-4 и 4-1.

И начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A, \text{ где } Q - \text{теплота}, \Delta U - \text{изм. внут. энер.}, A - \text{раб. вл. сил.}$$

Запишем для каждого процесса I начало термодинамики:

$$Q_{12} = \Delta U_{12}, \text{ т.к. } A_{12} = 0$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (3T_0 - T_0) = 3\nu R T_0 = Q_{12}$$

$$Q_{23} = A_{23}, \text{ т.к. } \Delta U_{23} = 0$$

$$A_{23} = \nu R 3T_0 \cdot \ln \frac{3V_0}{V_0} = 3\nu R T_0 \ln 3 = Q_{23}$$

$$Q_{34} = \Delta U_{34}, \text{ т.к. } A_{34} = 0$$

$$\Delta U_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_0 - 3T_0) = -3\nu R T_0 = Q_{34}$$

$$Q_{41} = A_{41}, \text{ т.к. } \Delta U_{41} = 0$$

$$A_{41} = \nu R T_0 \ln \frac{V_0}{3V_0} = \nu R T_0 \ln \frac{1}{3} = Q_{41}$$

A_{23}, A_{41} — работа совершаемая в процессах 2-3 и 4-1

$\Delta U_{12}, \Delta U_{34}$ — изм. внут. энергии в процессах 1-2 и 3-4.

$$\eta = \frac{Q_H - |Q_K|}{Q_H} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{|Q_K|}{Q_H}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{|Q_{34} + Q_{41}|}{Q_{12} + Q_{23}}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{1 \cdot 3\nu R T_0 + \nu R T_0 \ln \frac{1}{3}}{3\nu R T_0 + 3\nu R T_0 \ln 3}\right) \cdot 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{3 - \ln \frac{1}{3}}{3 + 3 \ln 3}\right) \cdot 100\% \approx 35\%$$

Ответ. $\eta \approx 35\%$

800

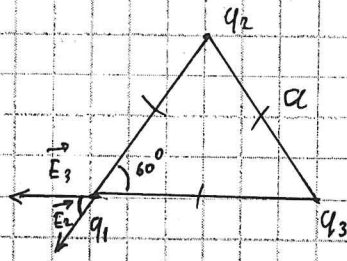
Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр

№4

Дано
 q_1
 q_2
 q_3
 $F_1 = ?$

Решение



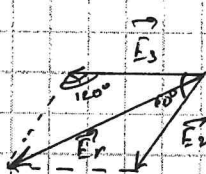
q_1, q_2, q_3 — заряды шариков 1, 2, 3 соотв.
 a — сторона треугольника, причем он равносторонний, то углы по 60° .

$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{a} ; \quad \varphi_2 = \frac{kq_2}{a} ; \quad \varphi_3 = \frac{kq_3}{a}$$

E_2, E_3 — напряженности создаваемые шариками 2 и 3 соотв.

$$E_2 = \frac{kq_2}{a^2} ; \quad E_3 = \frac{kq_3}{a^2}$$

из принципа суперпозиции $\vec{E}_r = \vec{E}_2 + \vec{E}_3$



$$\begin{aligned} \text{по т. косинусов} \quad E_r &= \sqrt{E_2^2 + E_3^2 - 2E_2E_3 \cos 120^\circ} = \\ &= \sqrt{E_2^2 + E_3^2 + E_2E_3} = \sqrt{\frac{\varphi_2^2}{a^2} + \frac{\varphi_3^2}{a^2} + \frac{\varphi_2\varphi_3}{a^2}} = \\ &= \frac{1}{a} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2\varphi_3} \end{aligned}$$

т.к. точечные заряды, то $\vec{F}_1 = q_1 \cdot \vec{E}_r$

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

Ответ:

$$F_1 = \frac{\varphi_1}{k} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2\varphi_3} = 186$$

№2

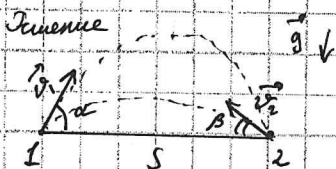
Дано

S

v

$H = ?$

Решение



Пусть I бросает под углом α к горизонту,
а II под углом β ; $v_1 = v_2 = v$ — скорость с которой бросают.
т.к. гв. под углом к горизонту $S = v \cos \alpha \cdot t$,
где t — время всего полета.

$$v \sin \alpha = g t_n, \quad \text{где } t_n \text{ — время подъема, причем } \frac{t}{2} = t_n.$$

т.к. мячик прилетит на ту же высоту.

$$t_n = \frac{v \sin \alpha}{g} = \frac{t}{2} \Rightarrow t = \frac{2v \sin \alpha}{g} \quad S = \frac{v \cos \alpha \cdot 2v \sin \alpha}{g} = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Аналогично для II мячика: $S = \frac{v^2 \sin 2\beta}{g}$

$$S = \frac{v^2 \sin 2\beta}{g} = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow \alpha = \beta \quad \text{или} \quad \alpha = 90^\circ - \beta$$

$\alpha \neq \beta$ — по усл., тогда $\beta = 90^\circ - \alpha$

Рассмотрим движение относительно II мячика:

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр

$\vec{v}_{отн} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$; кратчайшим расстоянием будет перпендикуляр из точки 2 на траекторию 1.
из 1. 2 жонглера на траекторию 1. шарика пушки
I жонглера.
 $\vec{v}_{отн}$ - скорость первого относительно второго.

по т. Пифагора $v_{отн} = v\sqrt{2}$. В проекции на Oy: $v_{отн} \cdot \sin \varphi = v \sin \alpha - v \sin \beta$
 $v_{отн} \cdot \sin \varphi = v(\sin \alpha - \cos \alpha)$

$$v\sqrt{2} \cdot \sin \varphi = v(\sin \alpha - \cos \alpha)$$

$$\sin \varphi = \frac{\sqrt{2}}{2} \sin \alpha - \frac{\sqrt{2}}{2} \cos \alpha = \sin\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right)$$

из ф-лы половинного угла: $\sin^2\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right) = \frac{1 - \cos\left(\frac{\pi}{2} - 2\alpha\right)}{2} = \frac{1 - \sin 2\alpha}{2}$

из (1): $\sin 2\alpha = \frac{Sg}{v^2}$, тогда $\sin\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right) = \sqrt{\frac{v^2 - Sg}{2v^2}} = \sin \varphi$

$$H = S \cdot \sin \varphi = S \cdot \sqrt{\frac{v^2 - Sg}{2v^2}}$$

Ответ: $H = S \cdot \sqrt{\frac{v^2 - Sg}{2v^2}}$ 200

N1.

Дано
S
v
$\Delta t = ?$

Решение

Рассмотрим движение A: на I-м ускорение a_1 , тогда на II-м ускорение $-a_1$.

(1) $v = a_1 t_1$ т.к. движение равноуск. без нач. скорости где t_1 - время прохождения I-го. t_2, t_3 - время прохождения II и III участков соотв.

$$\begin{cases} \text{III ур.: } \frac{S}{3} = vt_3 - \frac{a_1 t_3^2}{2} \\ \text{I ур.: } \frac{S}{3} = \frac{a_1 t_1^2}{2} \\ v = a_1 t_1 \end{cases} \Rightarrow$$

$$vt_3 - \frac{a_1 t_3^2}{2} = \frac{a_1 t_1^2}{2}$$

$$a_1 t_1 t_3 - \frac{a_1 t_3^2}{2} = \frac{a_1 t_1^2}{2}$$

$$t_1^2 - 2t_1 t_3 + t_3^2 = 0$$

$$(t_1 - t_3)^2 = 0 \Rightarrow t_1 = t_3$$

$$\text{I ур.: } \frac{S}{3} = \frac{a_1 t_1^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{a_1 t_1^2}{2} = a_1 t_1 t_2 \Rightarrow t_1 = 2t_2$$

$$\text{II ур.: } \frac{S}{3} = vt_2 = a_1 t_1 t_2$$

также $S = \frac{a_1 t_1^2}{2} \cdot 3 = 6a_1 t_2^2$; (3) $t = t_1 + t_2 + t_3 = 5t_2$, где t - все время A.

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

Рассмотрим движение Б: τ - все время Б, u_1 на I уе a_2 , тогда на III уе $-a_2$; S_1, S_2, S_3 - расстояния на I, II, III участках соотв.

(4) $v = a_2 \frac{\tau}{3}$, т.к. u_1 равноу. с нач. скоростью 0.

$$\begin{cases} \text{I уе: } \frac{a_2 \tau^2}{18} = S_1 \\ \text{II уе: } \frac{v \tau}{3} - \frac{a_2 \tau^2}{18} = S_2 \\ (4): v = \frac{a_2 \tau}{3} \end{cases}; \quad \begin{aligned} S_3 - S_1 &= \frac{v \tau}{3} - \frac{a_2 \tau^2}{9} \\ S_3 - S_1 &= \frac{a_2 \tau^2}{9} - \frac{a_2 \tau^2}{9} = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow S_3 = S_1. \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \text{I уе: } \frac{a_2 \tau^2}{18} = S_1 \\ \text{II уе: } \frac{v \tau}{3} = S_2 = \frac{a_2 \tau^2}{9} \end{cases} \Rightarrow 2S_1 = S_2; \quad \text{тогда } S = S_1 + S_2 + S_3 = 4S_1 = \frac{2a_2 \tau^2}{9} \quad (5).$$

Получаем систему из (5) = (2) и (1) = (4).

$$\begin{cases} \frac{2a_2 \tau^2}{9} = 6a_1 t_2 \\ a_1 t_1 = \frac{a_2 \tau}{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{a_2 \tau^2}{9} = 3a_1 t_2^2 \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{\tau^2}{3t_2^2 \cdot 9} \\ a_1 t_1 = \frac{a_2 \tau}{3} \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{\tau}{3t_1} \end{cases}$$

$$\frac{\tau^2}{27t_2^2} = \frac{\tau}{3t_1}; \quad \text{т.к. } t_1 = 2t_2, \text{ то } \frac{\tau}{27t_2} = \frac{1}{6} \Rightarrow \tau = \frac{27t_2}{6} =$$

~~$\frac{9}{2} t_2$~~ (3): $t = 5t_2$, а $\tau = \frac{9}{2} t_2 \Rightarrow = \frac{9t_2}{2}$.

$\Rightarrow t > \tau$, тогда Б пришел первым

$$\Delta t = t - \tau = 5t_2 - 4,5t_2 = \frac{1}{2} t_2.$$

~~$\frac{1}{2} t_2$~~ т.к. $\frac{S}{3} = v t_2$, то $t_2 = \frac{S}{3v}$. тогда $\Delta t = \frac{S}{6v}$.

Ответ: Б пришел первым; $\Delta t = \frac{S}{6v}$ 200