

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
805		Червоненко Н.С.	Жер
Шифр			041746

N2

Дано: $S_1 = S_2 = S$; $v_1 = v_2 = v_0$ Найти: h
Решение:
Пусть 1 монетер бросает мячик под углом α к горизонту, тогда 2 монетер бросает мячик под углом β к горизонту.
Запишем проекции скоростей 1 и 2 монетера на оси Ox и Oy : $v_{1y} = v_0 \sin \alpha$;

$$v_{1x} = v_0 \cos \alpha; v_{2y} = v_0 \sin \beta; v_{2x} = v_0 \cos \beta$$

при движении под углом к горизонту S - дальность полета. Она определяется по формуле: $S = v_0 \cos \alpha t$, где t - время полета мячика.

Максимальная высота подъема мячика 1 монетера: $H = v_0 \sin \alpha \cdot t = \frac{g t^2}{2} \Rightarrow$
 $\Rightarrow t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow S_1 = \frac{v_0 \cos \alpha \cdot 2 v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

аналогично и для мячика 2 монетера дальность полета: $S_2 = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g}$

т.к. по условию задачи $S_1 = S_2 = S \Rightarrow \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g} \Rightarrow \sin 2\beta = \sin 2\alpha \Rightarrow$
 $2\beta = 2\alpha \Rightarrow \beta = \alpha$ или $2\beta = \pi - 2\alpha \Rightarrow \beta = \frac{\pi}{2} - \alpha = 90^\circ - \alpha$

Перейдем в С.О. относительно 1 мяча:

$$\vec{v}_{отн} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1; v_{отн y} = v_{2y} - v_{1y} \Rightarrow v_{отн y} \sin \gamma =$$

$$= v_0 \cos \alpha - v_0 \sin \alpha = v_0 (\cos \alpha - \sin \alpha)$$

По теореме Пифагора: $v_{отн} = \sqrt{2} v_0$

Минимальное расстояние между шариками: $h = S \sin \gamma$

т.к. $v_{отн} = \sqrt{2} v_0 \Rightarrow \sqrt{2} v_0 \sin \gamma = v_0 (\cos \alpha - \sin \alpha) \Rightarrow \sin \gamma = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \alpha - \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \alpha = \sin \frac{\pi}{4} \cos \alpha -$
 $-\cos \frac{\pi}{4} \sin \alpha = \sin \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right)$

$$\sin^2 \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right) = \frac{1 - \cos \left(\frac{\pi}{2} - 2\alpha \right)}{2} \Rightarrow \sin \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right) = \sqrt{\frac{1 - \cos \left(\frac{\pi}{2} - 2\alpha \right)}{2}}$$

По формуле приведения: $\cos \left(\frac{\pi}{2} - 2\alpha \right) = \sin 2\alpha$

По формуле дальности полета: $S = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow \sin 2\alpha = \frac{Sg}{v_0^2}$

$$\sin \gamma = \sin \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right) = \sqrt{\frac{1 - \frac{Sg}{v_0^2}}{2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 - Sg}{2v_0^2}}$$

Минимальное расстояние между шариками в процессе полета: $h = S \sin \gamma =$
 $= S \cdot \sqrt{\frac{v_0^2 - Sg}{2v_0^2}}$

Ответ: $h = S \cdot \sqrt{\frac{v_0^2 - Sg}{2v_0^2}}$

N4

Дано:

q_1, q_2, q_3
 F_1, F_2, F_3

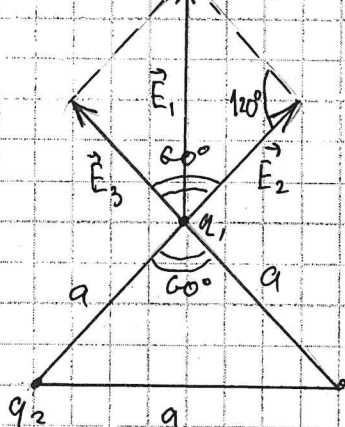
Решение:

Пусть заряд первого шарика - q_1 ; заряд второго - q_2 ; третьего - q_3 .
 Так как треугольник равносторонний $\Rightarrow$ углы все вторые
 равны и все углы по 60° . Обозначим одну сторону этого треугольника

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

сак а.

Потенциалы: ~~определяются по формулам:~~ $\varphi_1 = \frac{kq_1}{a}$; $\varphi_2 = \frac{kq_2}{a}$; $\varphi_3 = \frac{kq_3}{a}$



Результирующая сила: $\vec{F}_1 = q_1 \vec{E}_1 \Rightarrow F_1 = q_1 E_1$, где $\vec{E}_1 = \vec{E}_2 + \vec{E}_3$

(по принципу суперпозиции)

Напряжённости, ~~создаваемые шариками~~ (н.к. ~~создаваемые шариками~~ ^{создаваемые шариками} ~~создаваемые шариками~~):

$$E_2 = \frac{kq_2}{a^2}; E_3 = \frac{kq_3}{a^2}. \text{ н.к. } \varphi_2 = \frac{kq_2}{a}; \varphi_3 = \frac{kq_3}{a} \Rightarrow E_2 = \frac{\varphi_2}{a}; E_3 = \frac{\varphi_3}{a}$$

Найдём E_1 по теореме косинусов: $E_1^2 = E_2^2 + E_3^2 - 2E_2E_3 \cos 120^\circ$

$$\Rightarrow E_1 = \sqrt{E_2^2 + E_3^2 - 2E_2E_3 \cos 120^\circ} = \sqrt{\left(\frac{\varphi_2}{a}\right)^2 + \left(\frac{\varphi_3}{a}\right)^2 - 2 \frac{\varphi_2 \varphi_3}{a^2} \cdot \left(-\frac{1}{2}\right)} =$$

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

Потенциал $q_1: \varphi_1 = \frac{kq_1}{a} \Rightarrow q_1 = \frac{\varphi_1 a}{k} \Rightarrow F_1 = \frac{\varphi_1 a}{k a} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2 \varphi_3} = \frac{\varphi_1}{k} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2 \varphi_3}$

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

№3. Дано: $i=3$ Коэффициент полезного действия тепловой машины: $\eta = \frac{A}{Q_H} \cdot 100\% =$

$$\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{Q_X}{Q_H}\right) \cdot 100\% \quad (\text{н.к. } p \sim T)$$

из графика: процессы 1-2; 3-4 изохорические; процессы 4-1; 2-3 изотермические ($T = \text{const}$)

Пусть $T_4 = T_0 \Rightarrow T_1 = T_0$; также по графику: $T_3 = 3T_0 = T_2$

Пусть $p_1 = p_0 \Rightarrow p_3 = p_0$; также по графику: $p_2 = 3p_0$ и $p_4 = \frac{p_0}{3}$

Перерисуем график в pV -координатах:

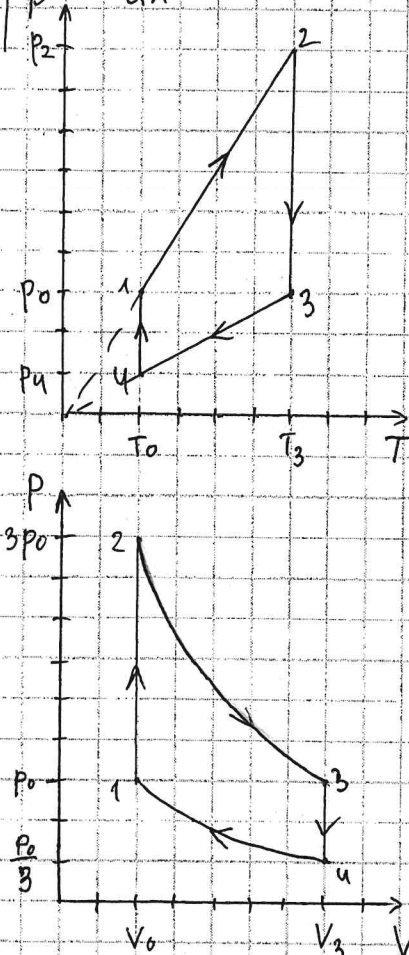
Пусть $V_1 = V_2 = V_0$; ~~$V_3 = V_4$~~ $V_3 = V_4$

Рассмотрим процесс 4-1: это изотермический процесс $\Rightarrow T = \text{const} \Rightarrow$ по уравнению Менделеева-Клапейрона: $p_1 V_1 = p_4 V_4$; $p_0 V_0 = \frac{p_0}{3} V_3 \Rightarrow V_3 = 3V_0$

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

В процессах 1-2 и 2-3 газ получает тепло (н.к. $Q_{12} > 0$, $Q_{23} > 0$), а отдаёт в процессах 3-4; 4-1 (н.к. $Q_{34} < 0$, $Q_{41} < 0$) $\Rightarrow Q_X = Q_{34} + Q_{41}$

$$Q_X = |Q_{34}| + |Q_{41}|$$



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

~~м.к. процесс 1-2 изотермический~~ Из первого начала термодинамики: $Q = \Delta U + A$

• м.к. процесс 1-2 изотермический $\Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (3T_0 - T_0) = 3 \nu R T_0 (A_{12} = 0)$

• м.к. процесс 2-3 изотермический $\Rightarrow Q_{23} = \Delta U_{23} = 0$

Работу газа при изотермическом процессе можно найти по формуле:
 $A = \nu R T \ln \frac{V_k}{V_n}$, где V_k - конечный объем; V_n - начальный объем

$$Q_{23} = \nu R T_3 \ln \frac{V_3}{V_0} = \nu R 3T_0 \ln \frac{3V_0}{V_0} = 3 \nu R T_0 \ln 3 (\Delta U_{23} = 0)$$

• м.к. процесс 3-4 изотермический: $Q_{34} = \Delta U_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_0 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (-2T_0) = -3 \nu R T_0$

• м.к. процесс 4-1 изотермический: $Q_{41} = A_{41} = \nu R T_0 \ln \frac{V_0}{3V_0} = \nu R T_0 \ln \frac{1}{3} = -\nu R T_0 \ln 3$

$$Q_{\text{из}} = Q_{12} + Q_{23} = 3 \nu R T_0 + 3 \nu R T_0 \ln 3 = 3 \nu R T_0 (1 + \ln 3)$$

$$Q_{\text{х}} = |Q_{34}| + |Q_{41}| = 3 \nu R T_0 + \nu R T_0 \ln 3 = \nu R T_0 (3 + \ln 3)$$

$$\text{КПД тепловой машины: } \eta = \left(1 - \frac{Q_{\text{из}}}{Q_{\text{х}}}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{3 \nu R T_0 (1 + \ln 3)}{3 \nu R T_0 (1 + \ln 3)}\right) \cdot 100\% =$$

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

Ответ: $\eta = 35\%$

N1

Решение:

$$\vec{v}_A = \vec{v}_B = \vec{v}$$

$$S_A = S_B = S$$

$$A: S_{1A} = S_{2A} = S_{3A} = \frac{S}{3}$$

$$B: t_{0B} = 3\tau$$

$$t_0 = t_2 = t_3 = \tau$$

$$\Delta t = ?$$

1) По условию задачи: ускорения на 1 и 3 участке пути Антона равно, обозначим их как a_1 ; ускорения на 1 и 3 участке пути Бориса равно, обозначим их как a_2 .
Рассмотрим путь Антона:

• на первом участке пути он движется равноускоренно (по усл.) $\Rightarrow$ по уравнению движения: $S_{1A} = \frac{a_1 t_1^2}{2}$, где t_1 - время за которое он прошел 1 участок пути; уравнение скорости для ~~первого~~ этого участка: $v = v_0 + a_1 t_1$, где v - конечная скорость на 1 участке

$$\text{пути, } v_0 = 0 \Rightarrow v = a_1 t_1 \quad (1)$$

• 2 участок пути он движется равномерно ($v = \text{const}$): $S_{2A} = v t_2$, где t_2 - время, за которое Антон пробежал 2 участок пути; н.к. из (1) следует, что $v = a_1 t_1 \Rightarrow S_{2A} = a_1 t_1 t_2$

• на 3 участке пути он движется равнозамедленно: $S_{3A} = \frac{a_1 t_3^2}{2}$, где t_3 - время, за которое он пробежал 3 участок; по уравнению скорости $v_k = v - a_1 t_1 \Rightarrow 0 = v - a_1 t_3 \Rightarrow v = a_1 t_3 \quad (2)$

$$\text{из (1) и (2) следует, что } v = a_1 t_1 = a_1 t_3 \Rightarrow t_1 = t_3 \Rightarrow S_{2A} = \frac{a_1 t_1^2}{2} = S_{1A}$$

$$\text{н.к. } S_{1A} = S_{2A} = S_{3A} = \frac{S}{3} \text{ приравняем } S_{1A} \text{ и } S_{2A} \Rightarrow \frac{a_1 t_1^2}{2} = a_1 t_1 t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{t_1}{2} \Rightarrow S_{2A} = \frac{a_1 t_1^2}{2}$$

$$\text{Весь путь пройденный Антоном: } S_A = S_{1A} + S_{2A} + S_{3A} = \frac{a_1 t_1^2}{2} + \frac{a_1 t_1^2}{2} + \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{3}{2} a_1 t_1^2$$

Время за которое он прошел этот путь: $t_{0A} = t_1 + t_2 + t_3 = t_1 + \frac{t_1}{2} + t_1 = \frac{5t_1}{2}$
Рассмотрим путь Бориса:
• на первом участке пути он движется равноускоренно: $S_{1B} = \frac{a_2 t_1^2}{2}$, где t_1 - время, за которое он прошел 1 участок пути; по уравнению скорости: $v = v_0 + a_2 t_1$, где v - конечная

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

скорость; $v_0 = 0 \Rightarrow v = a_2 t$ (3)

2 участок пути он движется равномерно: $S_{2Б} = v t$; из (3) следует, что $v = a_2 t \Rightarrow S_{2Б} = a_2 t^2$

3 участок пути он движется равнозамедленно: $S_{3Б} = \frac{a_2 t^2}{2}$

Весь путь Бориса: $S_Б = S_{1Б} + S_{2Б} + S_{3Б} = \frac{a_2 t^2}{2} + a_2 t^2 + \frac{a_2 t^2}{2} = 2 a_2 t^2$

Время за которое он пройдет весь путь: $t_{обБ} = 3t$

п.к. $v_A = v_B = v$ и $S_Б = S_A$ запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} a_1 t_1 = a_2 t \\ \frac{3}{2} a_1 t_1^2 = 2 a_2 t^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{3}{2} a_1 t_1^2 = 2 a_1 t_1 t \Rightarrow t = \frac{3}{4} t_1$$

Общее время движения: $t_{обА} = \frac{5t_1}{2}$; общее время пути Бориса: $t_{обБ} = 3t = \frac{9}{4} t_1 \Rightarrow t_{обА} > t_{обБ} \Rightarrow$ Борис прыгнет к финишу первым

2) $S_{2А} = \frac{S}{3}$ (по условию) $\Rightarrow \frac{S}{3} = v t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{S}{3v}$; п.к. $t_2 = \frac{t_1}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{2S}{3v}$

$$\Delta t = t_{обА} - t_{обБ} = \frac{5t_1^2}{2} - \frac{9}{4} t_1 = \frac{t_1}{4} = \frac{2S}{4 \cdot 3v} = \frac{S}{6v}$$

Ответ: Борис прыгнет первым; $\Delta t = \frac{S}{6v}$

15.

Дано:

$$V = 5000 \text{ м}^3$$

$$p_1 = 110 \text{ кПа}$$

$$t = 43^\circ \text{C}$$

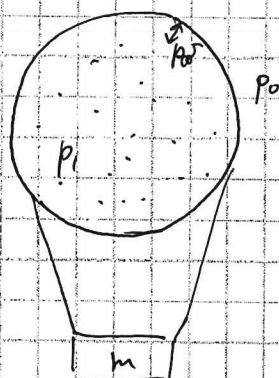
$$p_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$p_k = 9000 \text{ Па}$$

$$\varphi_1 = 10\%$$

$$\varphi_2 = 90\%$$

$$m = ?$$



предположим что

по закону Дальтона:

$$p_1 = p_{об} + p_0 + \varphi_1 p_k$$

вначале: $p_1 = p_{об} + p_0 + \varphi_1 p_k$

в конце: p

25