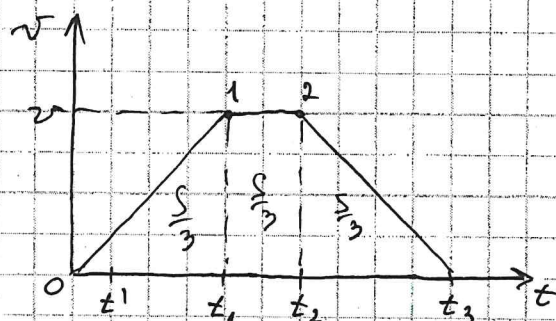


Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
806		Червильская АС	Мер
Шифр			041029

№ 1)

Построим график зависимости скорости A от времени:

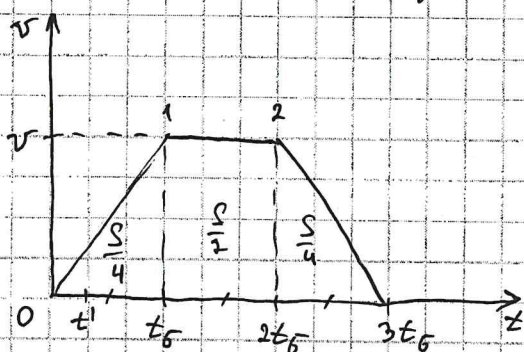


Через время t_1 объект A стал двигаться со скоростью v ; $(t_2 - t_1)$ - время движения со скоростью v
 $\text{т.к. } (t_2 - t_1) = \frac{t_1}{2}$, м.к. по графику площади фигур
 $0-t_1$ и t_1-t_2 равные $\frac{S}{3}$.

$(t_3 - t_2) = t_1$, т.к. это торможение с таким же по модулю ускорением.

Пусть $t_1 = 4t'$, где t' - некоторое время, тогда:
 $(t_2 - t_1) = 2t'$; $(t_3 - t_2) = 4t'$.

Построим график зависимости скорости B от времени:



Пусть t_5 - один из равных промежутков времени движения B .

Исходя из графика пути для фигур $0 \leq t \leq t_6$, $t_6 + 2 - 2t_6$ и $2t_6 - 2 - 3t_6$ соотносятся, как $1:2:1$.

То есть за время t_6 Б прошел $\frac{S}{4}$.

П.к. v одинакова для А и Б, то $\frac{t_1}{t_6} = \frac{\frac{S}{3}}{\frac{S}{4}} = \frac{4}{3}$

$$\text{т.о. } t_6 = 3t_1$$

$$\frac{S}{3} = \frac{0+v}{2} \cdot t_1, \quad (\text{из формулы } S = \frac{v_1+v_2}{2} \cdot t)$$

$$t_1 = \frac{2S}{3v} = 4t'; \quad t' = \frac{S}{6v}$$

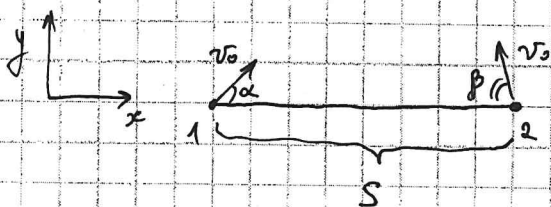
$$\text{Значит, } t_3 = 10t' = \frac{5S}{3v}$$

$$3t_6 = 9t' = \frac{3S}{2v}$$

$$\text{т.о. Б обогнал А на время } \Delta t = t_3 - 3t_6 = \frac{S}{6v}$$

Ответ: Б обогнал А на $\Delta t = \frac{S}{6v}$ ✓ 100

№2)



Пусть 1 человек кидает мяч под углом α к горизонту, второй - под углом β .

$$\text{Длина пути для 1-го по горизонтальной оси } x: S = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$\text{И для 2-го: } S = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g}$$

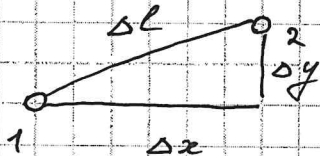
$$\text{т.о. } \sin 2\alpha = \sin 2\beta$$

$$\text{Значит, } 2\alpha + 2\beta = 180^\circ \Rightarrow \alpha + \beta = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = \cos \beta, \quad \sin \beta = \cos \alpha$$

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

Рассмотрим положение шариков в некоторый момент

t :



Расстояние между ними $\Delta l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$, где Δx и Δy — разности координат шариков по осям x и y соответственно. ($\Delta x = x_2 - x_1$; $\Delta y = y_2 - y_1$).

Найдём зависимости координат x_1, y_1, x_2 и y_2 от t :

$$\begin{cases} x_1 = v_0 \cos \alpha t \\ y_1 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \\ x_2 = S - v_0 \cos \beta t \\ y_2 = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = v_0 \cos \alpha t \\ y_1 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \\ x_2 = S - v_0 \sin \alpha t \\ y_2 = v_0 \cos \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = S - v_0 t (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

$$\Delta y = y_2 - y_1 = v_0 t (\cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$\Delta l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{2v_0^2 t^2 - 2v_0 S t (\sin \alpha + \cos \alpha) + S^2}$$

Под корнем квадратичная зависимость.

Значит, минимальное значение Δl достигается, когда

$$t_{\min} = \frac{2v_0 S (\sin \alpha + \cos \alpha)}{2 \cdot 4v_0^2} = \frac{S}{2v_0 (\sin \alpha + \cos \alpha)}$$

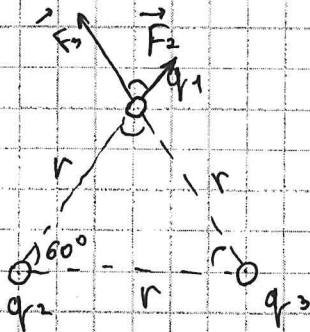
Подставим значение $t_{\min}$:

$$\Delta l = \sqrt{\frac{2v_0^2 S^2}{4v_0^2 (\sin \alpha + \cos \alpha)^2} - \frac{2Sv_0 S}{2v_0 (\sin \alpha + \cos \alpha)^2} + S^2} = S \sqrt{-\frac{1 + 2 \sin \alpha \cos \alpha}{2} + 1} =$$

$$= S \sqrt{\frac{1}{2} - \sin \alpha \cos \alpha} = S \sqrt{\frac{1}{2} - \sin \alpha \sin \beta} \quad \text{Ответ: } S \sqrt{\frac{1}{2} - \sin \alpha \sin \beta}$$

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

№ 4)



$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{r^2}; \text{ примем } \epsilon \text{ за } 1.$$

$$\varphi_2 = \frac{kq_2}{r^2}$$

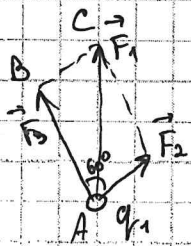
$$\varphi_3 = \frac{kq_3}{r^2}$$

На первый шарик действует второй с силой F_2 и третий с силой F_3

$$F_2 = \frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{kq_1}{r} \cdot \frac{kq_2}{r} \cdot \frac{1}{k} = \frac{\varphi_1\varphi_2}{k}$$

$$F_3 = \frac{kq_1q_3}{r^2} = \frac{\varphi_1\varphi_3}{k}$$

Рассмотрим векторный треугольник сил, действующих на 1 шарик:



$$\angle ABC = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$$

Рассмотрим $\triangle ABC$:

по теореме косинусов:

$$F_1^2 = F_2^2 + F_3^2 - 2F_2F_3 \cos 120^\circ = \left(\frac{\varphi_1\varphi_2}{k}\right)^2 + \left(\frac{\varphi_1\varphi_3}{k}\right)^2 - 2 \cdot \frac{\varphi_1\varphi_2}{k} \cdot \frac{\varphi_1\varphi_3}{k} \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) =$$

$$= \frac{\varphi_1^2}{k^2} (\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2\varphi_3) = \frac{\varphi_1^2}{k^2} ((\varphi_2 + \varphi_3)^2 - \varphi_2\varphi_3) =$$

$$= \frac{(\varphi_1(\varphi_2 + \varphi_3))^2}{k^2} - \frac{\varphi_1^2\varphi_2\varphi_3}{k^2}$$

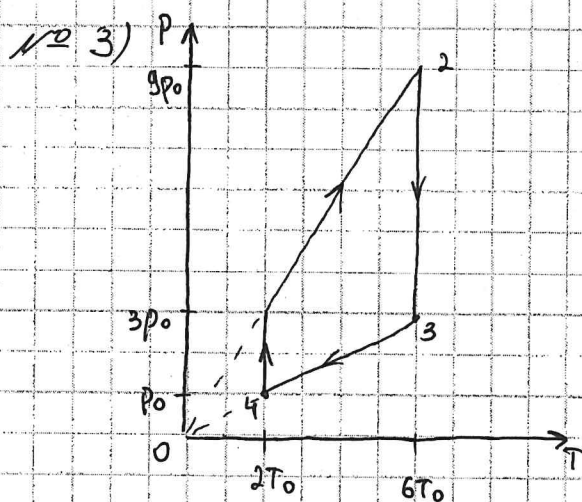
$$F_1 = \frac{\varphi_1(\varphi_2 + \varphi_3)}{k} - \frac{\varphi_1}{k} \sqrt{\varphi_2\varphi_3} =$$

$$= \frac{\varphi_1^2}{k^2} (\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2\varphi_3)$$

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

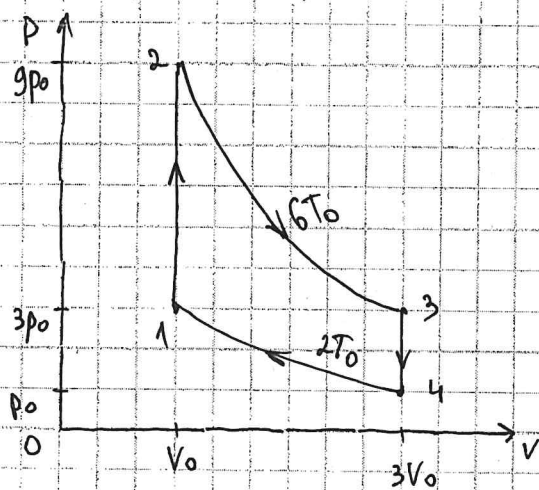
Ответ: $\frac{\varphi_1}{k} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2\varphi_3} = ?$

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



	P	V	T
1-2	$\uparrow$	const	$\uparrow$
2-3	$\downarrow$	$\uparrow$	const
3-4	$\downarrow$	const	$\downarrow$
4-1	$\uparrow$	$\downarrow$	const

Перечеркнем график в осях p - V :



$P_1 = 3P_0$	$P_2 = 9P_0$	$P_3 = 3P_0$	$P_4 = P_0$
$T_1 = 2T_0$	$T_2 = 6T_0$	$T_3 = 6T_0$	$T_4 = 2T_0$
$V_1 = V_0$	$V_2 = V_0$	$V_3 = 3V_0$	$V_4 = 3V_0$

$$\eta = \frac{|Q_{\text{к}} - |Q_{\text{х}}||}{Q_{\text{к}}}$$

Q_{12}, Q_{23} - это $Q_{\text{к}} \Rightarrow Q_{\text{к}} = Q_{12} + Q_{23}$

Q_{41}, Q_{34} - это $Q_{\text{х}} \Rightarrow Q_{\text{х}} = Q_{41} + Q_{34}$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}; A_{12} = 0, \text{ м.к. } \Delta V_{12} = 0$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = U_2 - U_1 = 6 \text{ } \mathcal{R} T_0$$

$$Q_{41} = \Delta U_{41} + A_{41}; \Delta U_{41} = 0, \text{ м.к. } T_{41} = \text{const.}; \Delta T_{41} = 0$$

$$Q_{41} = A_{41} = -2 \mathcal{R} T_0 \ln \left(\frac{V_4}{V_1} \right) = -2,2 \mathcal{R} T_0$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}; \Delta U_{23} = 0, \text{ м.к. } \Delta T_{23} = 0, T_{23} = \text{const}$$

$$Q_{23} = A_{23} = 6 \mathcal{R} T_0 \cdot \ln \left(\frac{V_3}{V_2} \right) \approx 6,6 \mathcal{R} T_0$$

$$Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34}; A_{34} = 0, \text{ м.к. } \Delta V_{34} = 0$$

$$Q_{34} = U_4 - U_3 = -6 \mathcal{R} T_0$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{\text{х}}|}{Q_{\text{к}}} = 1 - \frac{|Q_{41} + Q_{34}|}{Q_{12} + Q_{23}} \approx 0,35$$

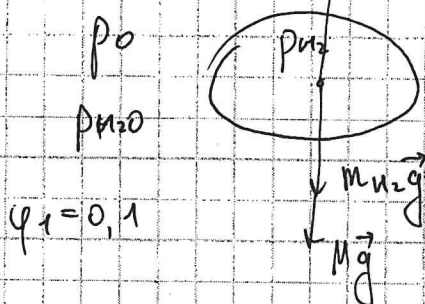
$$\eta = 35\%$$

Ответ: 35%

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

№ 5)

1 случай:



M - масса шара; m_{H_2} - масса водорода; F_A - сила Архимеда.

$F_A = \rho_B g V + \rho_{H_2O} g V$, где ρ_B - плотность воздуха.

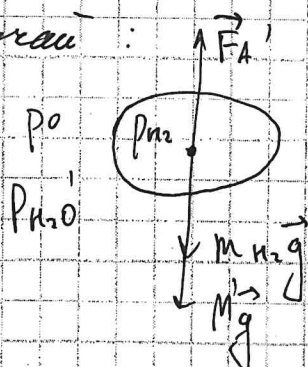
$$\rho_B = \frac{\rho_0 M_B}{RT}; \quad \rho_{H_2O} = \frac{\rho_{H_2O} M_{H_2O}}{RT} =$$

$$= \frac{\phi_1 \rho_{H_2O} M_{H_2O}}{RT}$$

$$\frac{\rho_0 M_B}{RT} g V + \frac{\phi_1 \rho_{H_2O} M_{H_2O}}{RT} g V = m_{H_2O} + Mg = \frac{\rho_{H_2} V M_{H_2}}{RT} g + Mg$$

$$\frac{\rho_0 M_B}{RT} V + \frac{\phi_1 \rho_{H_2O} M_{H_2O}}{RT} V = \frac{\rho_{H_2} V M_{H_2}}{RT} + M \Rightarrow M = 5133,74 \text{ кг.}$$

2 случай:



88