

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 16-006

(заполняется секретарём)

Вариант 10-03

1. Мальчик бьет ногой по мячу, который лежал на горизонтальной поверхности земли, на некотором расстоянии от вертикальной стены дома. Мяч полетел под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту и после упругого столкновения со стеной упал через время $t_0=1,5$ секунды после начала полета на то же место, где лежал вначале.

- 1) На каком расстоянии L от стены лежал мяч вначале?
- 2) Найти высоту H от поверхности земли до места удара мяча о стену.
Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 .

2. Шарик массой m_1 , скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, сталкивается с шариком массой m_2 , который покоился на той же поверхности. После центрального упругого удара шарик массой m_1 начал двигаться в обратном направлении со скоростью в 3 раза меньшей начальной.

- 1) Найти отношение масс $\frac{m_2}{m_1}$.
- 2) Найти отношение скорости шарика массой m_2 , после столкновения к скорости шарика массой m_1 до столкновения.

3. Навстречу шарiku, скользящему по гладкой горизонтальной поверхности, движется по той же поверхности брусок. Шарик и брусок движутся вдоль одной прямой. Скорость шарика перпендикулярна грани бруска, о которую он ударяется. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого удара шарик движется в обратном направлении со скоростью, которая в 2 раза больше его начальной скорости.

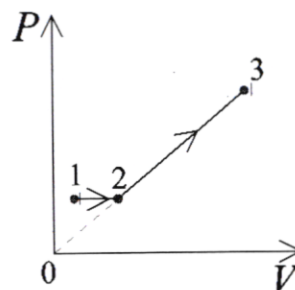
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

4. В двух теплоизолированных сосудах одинакового объема, соединенных короткой трубкой с закрытым краном, находятся $\nu_1=1/3$ моль одноатомного идеального газа при температуре $T_1=300 \text{ К}$ и $\nu_2=1/5$ моль другого одноатомного идеального газа при температуре $T_2=500 \text{ К}$. Кран открывается, газы в сосудах смешиваются.

- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_2 .

5. Объем идеального газа увеличивается в $n=3$ раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в $n=3$ раза в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .

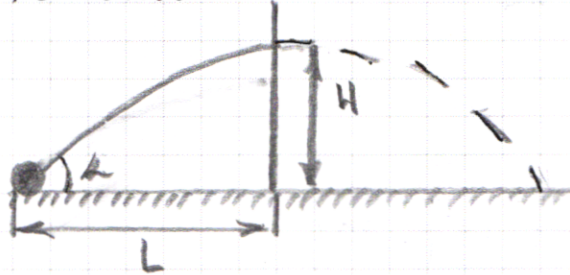
- 1) Во сколько раз увеличивается конечная температура газа по сравнению с начальной?
- 2) Найти отношение работы, которую совершает газ в изобарическом процессе, к работе, которую он совершает в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~1
Дано
 $\alpha = 30^\circ$
 $t_0 = 1,5 \text{ с}$
1) L - ?
2) H - ?

Решение.



$$t_0 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} ; \quad v_0^2 \sin^2 \alpha = t_0 2g ; \quad v_0 = \sqrt{\frac{2 t_0 g}{\sin^2 \alpha}}$$

L_1 - расстояние которое пройдет шар если бы стенки не было

$$L_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{\frac{2 t_0 g}{\sin^2 \alpha} \cdot \sin 2\alpha}{g} = \frac{2 t_0 g \cdot \sin 2\alpha}{g \sin^2 \alpha} =$$

$$= \frac{2 t_0 g \cdot 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g \sin^2 \alpha} = 4 t_0 \cot \alpha, \quad L = \frac{L_1}{2} \Rightarrow$$

$$H = 2 t_0 \cot^2 \alpha = 3 \sqrt{3} = 5,1$$

По 3.С.И.

$$mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$$

$$mgh_0 = 0$$

$$\frac{mv^2}{2} = 0, \text{ тогда } \frac{mv_0^2}{2} = mgh \quad h = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$H = \frac{2 t_0 g}{2g \sin^2 \alpha} = \frac{t_0}{\sin^2 \alpha} = \frac{1,5}{\frac{1}{4}} = 6 \text{ м.}$$

Ответ: 6 м; $\sqrt{3}$ или 5,1

~2
Дано

$v_H = v$
 $v_k = \frac{v}{3}$

Решение.

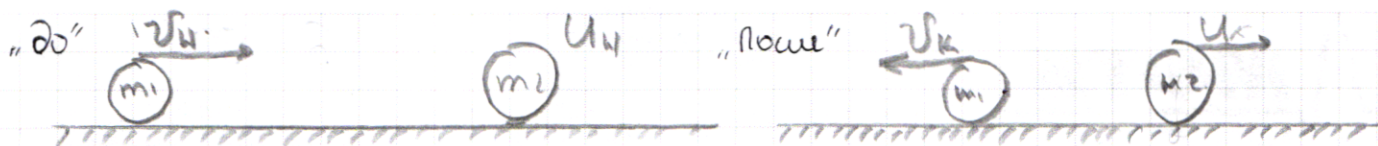
1) $\frac{m_2}{m_1}$ - ?

Пусть скорость шарика массой m_1 - v_H ,

а после столкновения v_k .

2) v_H

скорость шарика массой m_2 - v_H (до столкновения), а после v_k .



По закону сохранения энергии и импульса.

$$m_1 \vec{v}_u + m_2 \vec{u}_u = m_1 \vec{v}_k + m_2 \vec{u}_k$$

$$m_1 v_u = -m_1 v_k + m_2 u_k$$

$$m_1 v_k = -\frac{m_1 v_u}{3} + m_2 u_k$$

$$m_1 v_k + \frac{m_1 v_u}{3} = m_2 u_k$$

$$v_k \left(m_1 + \frac{m_1}{3} \right) = m_2 u_k \quad | : v_k | : m_2$$

$$\frac{u_k}{v_k} = \frac{\left(m_1 + \frac{m_1}{3} \right)}{m_2} = \frac{m_1}{m_2} \left(1 + 1/3 \right) = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{4}{3} = \frac{4}{3} \frac{m_1}{m_2}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{4} \quad \frac{u_k}{u_u} = 1$$

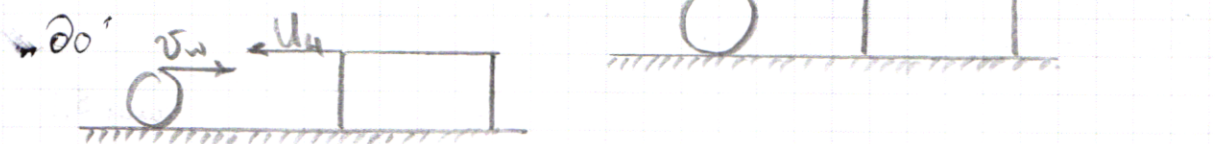
Ответ: $\frac{3}{4}; 1$

3. Дано
 $v_k = 2v$
 $v_u = v$
 $\frac{v_k}{u_k} = ?$
 $\frac{v_u}{u_u} = ?$

Решение

Ищем скорость шарика до столкновения - v_u , а после v_k .

Скорости бруска до столкновения u_u , а после u_k .



По закону сохранения импульса.

$$m_1 \vec{v}_u + u_u m_2 = m_1 \vec{v}_k + m_2 \vec{v}_k$$

$$m_1 v_u - u_u m_2 = -m_1 v_k - m_2 u_k$$

$$u_u m_2 - m_1 v_u = m_1 v_k + m_2 u_k$$

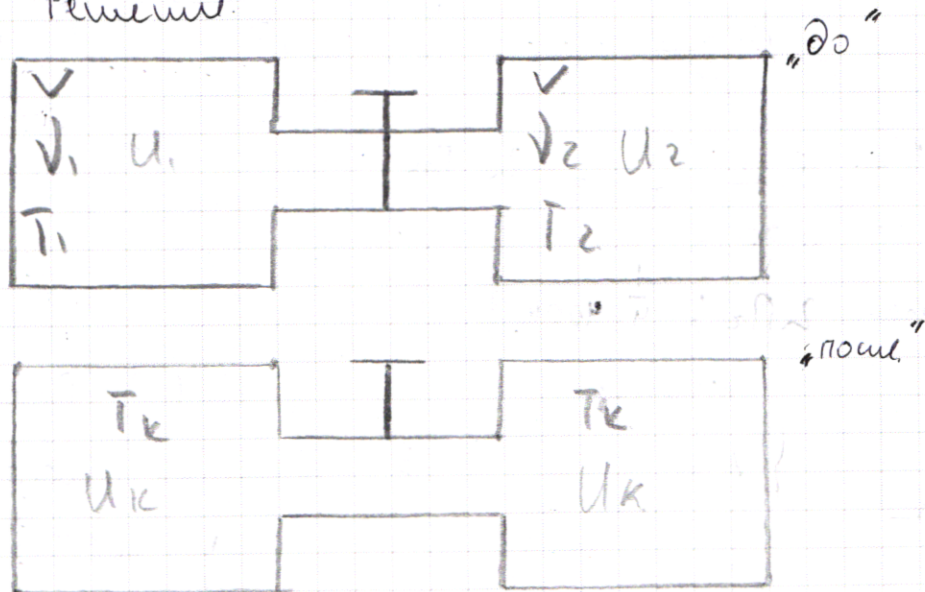
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned}
 U_H m_2 - m_1 V_H &= 2m_1 U_H + m_2 U_K && \text{Скорость бруска до столкно-} \\
 U_H m_2 - m_2 U_K &= 3m_1 V_H && \text{вения } U_H \text{ больше чем} \\
 m_2 (U_H - U_K) &= 3m_1 V_H && \text{скорость после т. е. } U_H > U_K \\
 m_2 (3U_K - U_K) &= 3m_1 V_H && U_H = 3U_K \\
 2m_2 U_K &= 3m_1 V_H && \frac{U_H}{3} = U_K \\
 m_2 (U_H - \frac{U_H}{3}) &= 3m_1 V_H && 2m_2 U_H = 9m_1 V_H \\
 m_2 U_H (\frac{3-1}{3}) &= 3m_1 V_H && \frac{2}{9} \frac{m_2}{m_1} = \frac{V_H}{U_H} \\
 m_2 U_H \frac{2}{3} &= 3m_1 V_H
 \end{aligned}$$

Ответ: $\frac{2}{9} \frac{m_2}{m_1}$

У.
Дано
 $V_1 = V_2 = V$
где V -
объем.
 $V_1 = \frac{1}{3}$ моль
 $\rho = 3$
 $T_1 = 300\text{K}$
 $V_2 = 1/5$ моль
 $\rho = 3$
 $T_2 = 500\text{K}$

Решение.



- 1) T_K
- 2) $\frac{p_K}{p(T_2)}$

По закону сохранения энергии

$$U_1 + U_2 = U_1' + U_2' ; \quad \frac{1}{2} V R T_1 + \frac{1}{2} V R T_2 = \frac{1}{2} V_K R T_K + \frac{1}{2} V_K R T_3$$

$$\frac{p}{2} V_1 R \bar{T}_1 + \frac{p}{2} V_2 R \bar{T}_2 = \bar{T}_k \cdot \left(\frac{p}{2} V_1 R + \frac{p}{2} V_2 R \right)$$

$$\frac{p}{2} V_1 R \bar{T}_1 + \frac{p}{2} V_2 R \bar{T}_2 = \bar{T}_k (V_1 + V_2) R \frac{p}{2}$$

$$\frac{2 \left(\frac{p}{2} V_1 \bar{T}_1 + \frac{p}{2} V_2 \bar{T}_2 \right)}{(V_1 + V_2) \frac{p}{2}} = \bar{T}_k \left(\frac{\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 300 + \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{5} \cdot 500}{(300+500) \cdot \frac{3}{2}} \right) \cdot 2$$

$$T_k = 400 K$$

$$= \frac{\frac{100}{2} + \frac{100}{2}}{(300+500)} = \frac{200}{800} = \frac{1}{4}$$

По закону Дальтона

$$P_0 = P_1 + P_2 ;$$

$$P_0 = \frac{V_1 R \bar{T}_1}{V} + \frac{V_2 R \bar{T}_2}{V}$$

Давление в смеси с \bar{T}_2

$$P_2 = \frac{V_2 R \bar{T}_2}{V}$$

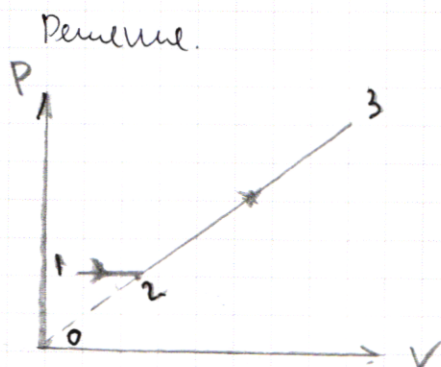
$$\frac{P_0}{P_2} = \frac{\frac{V_1 R \bar{T}_1}{V} + \frac{V_2 R \bar{T}_2}{V}}{\frac{V_2 R \bar{T}_2}{V}} = \frac{R \cdot (V_1 \bar{T}_1 + V_2 \bar{T}_2)}{\frac{R}{V} \cdot V_2 \bar{T}_2} = \frac{V_1 \bar{T}_1}{V_2 \bar{T}_2} + 1 =$$

$$= \frac{1/3 \cdot 300 K}{1/5 \cdot 500 K} + 1 = 2 \text{ Па}$$

Ответ: 2 Па; 400 К.

№5
Дано
 $n=3$
 $P = \lambda V \bar{T}_0$

- 1) $\Delta \bar{T}_{31}$
- 2) $\frac{A_{12}}{A_{23}}$



1) 1-2. $P = \text{const}$ - закон

Гей-Люссака.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \frac{V}{T_1} = \frac{nV}{T_2}$$

$$\bar{T}_2 = n \bar{T}_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) 2-3 - $P \sim V$ т.е. $P = \kappa V$.

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \quad \kappa V_2 \cdot V_2 = \frac{\kappa V_3 V_3}{T_3} \quad \frac{\kappa V_2 V_2}{T_2} = \frac{\kappa V_3 \cdot \kappa V_3}{T_3}$$

$$V_2 = \kappa V$$

$$\frac{\kappa \cdot \kappa V \cdot \kappa V}{T_2} = \frac{\kappa \kappa}{T_2}$$

$$\frac{\kappa V \cdot V}{T_2} = \frac{\kappa V_3 \cdot V_3}{T_3}$$

$$\frac{\kappa \cdot \kappa V \cdot V}{T_2} = \frac{\kappa \kappa V_3 \cdot V_3}{T_3} ; \quad T_3 = \kappa T_2 = \kappa (\kappa T_0) = \kappa^2 T_0$$

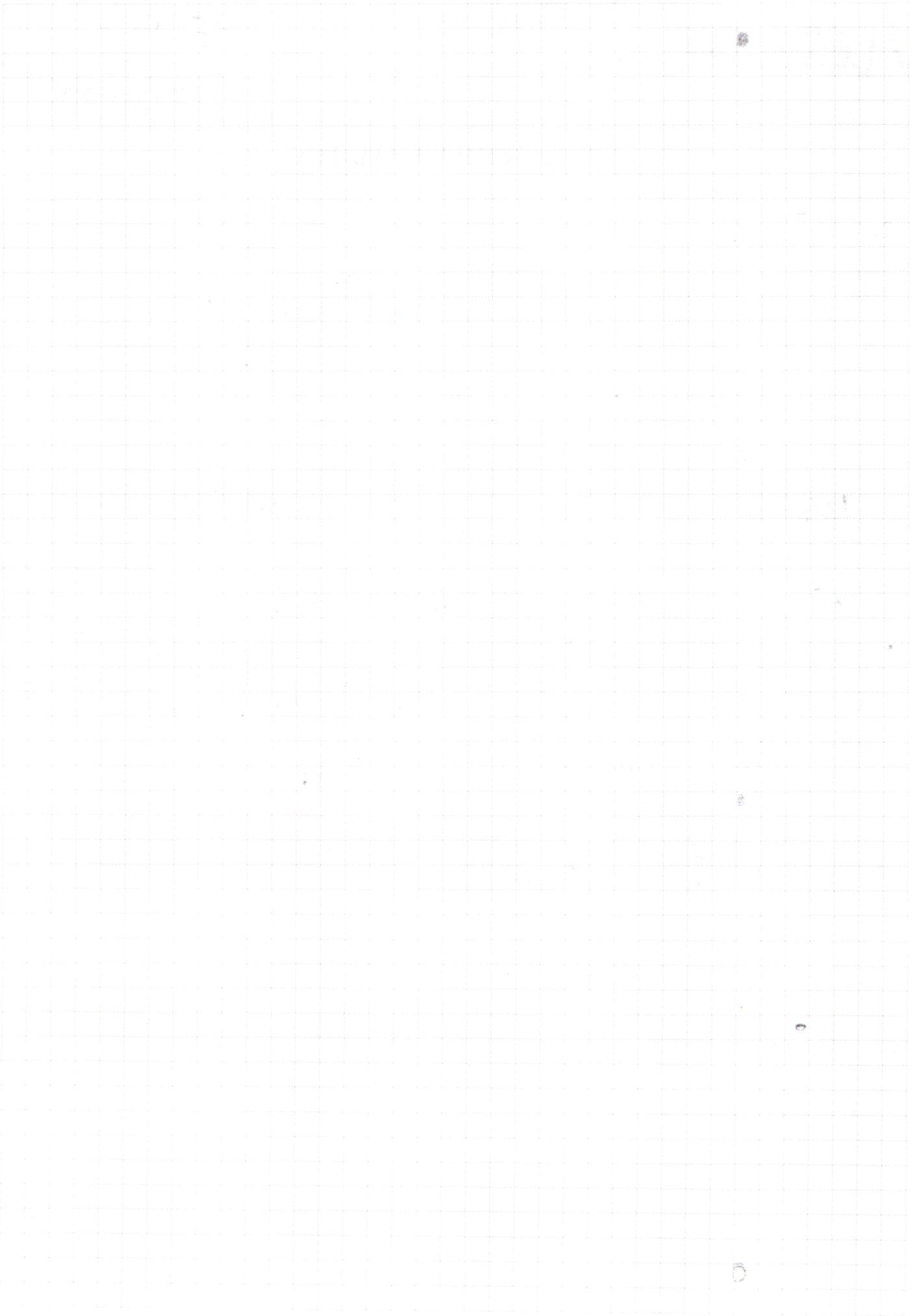
$$\Delta T_{31} = T_3 - T_0 = \kappa^2 T_0 - \kappa T_0 = T_0 \cdot (\kappa^2 - \kappa) = T_0 \cdot \kappa (\kappa - 1)$$

$$3) A_{12} = P (\kappa V - V) = P V (\kappa - 1) = \sqrt{R} (T_2 - T_0) \cdot (\kappa - 1) = \sqrt{R} (\kappa - 1) T_0$$

$$A_{23} = P_2 \cdot \sqrt{R} (T_3 - T_2) = \sqrt{R} \cdot T_1 \cdot (\kappa^2 - \kappa) = \sqrt{R} T_0 (\kappa^2 - \kappa)$$

$$\frac{A_{23}}{A_{12}} = \frac{\sqrt{R} T_1 (\kappa^2 - \kappa)}{\sqrt{R} T_1 (\kappa - 1)} = \frac{\kappa (\kappa - 1)}{\kappa - 1} = \kappa$$

Ответ: 1) $\kappa T_0 \kappa (\kappa - 1)$ 2) κ .



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_2 V_2 = \nu R \bar{T}_2$$

$$\kappa V_2^2 = \nu R \bar{T}_2$$

$$\kappa \kappa^2 V_1^2 = \nu R \bar{T}_2$$

$$P_3 V_3 = \nu R \bar{T}_3$$

$$P_3 V_3 = \nu R \bar{T}_3$$

$$\kappa V_3 - V_3 = \nu R \bar{T}_3$$

$$\kappa \kappa^2 V_1^2 = \nu R \bar{T}_3$$

$$P = \kappa V$$

$$\kappa \kappa^2 V_1^2 = \nu R \bar{T}_1$$

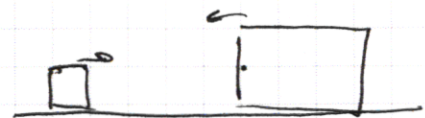
$$\kappa \kappa V_1^2 = \nu R \bar{T}_1$$

$$\frac{\kappa \kappa V_1^2}{\nu R} = \bar{T}_1$$

$$\bar{T}_3 = \frac{\kappa \kappa^2 V^2}{\nu R}$$

$$\frac{\bar{T}_3}{\bar{T}_1} = \frac{\kappa \kappa^2 V^2}{\nu R} \cdot \frac{\nu R}{\kappa \kappa V^2} = \frac{\bar{T}_3}{\bar{T}_1} = \kappa$$

$$\bar{T}_3 = n \bar{T}_1 = n \bar{T}_1 - \bar{T}_1 = \bar{T}_1 (n-1)$$



$$V_{\text{отн}} = V_k - V_k$$

$$\frac{P}{V} = \text{const}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{P_2}{V_2} = \frac{P_3}{V_3} \\ \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \frac{\nu R \bar{T}_2}{V_2 \cdot V_2} = \frac{\nu R \bar{T}_3}{V_3 \cdot V_3} \\ \frac{\kappa V}{T_1} = \frac{\kappa V}{T_2} \end{array} \right.$$

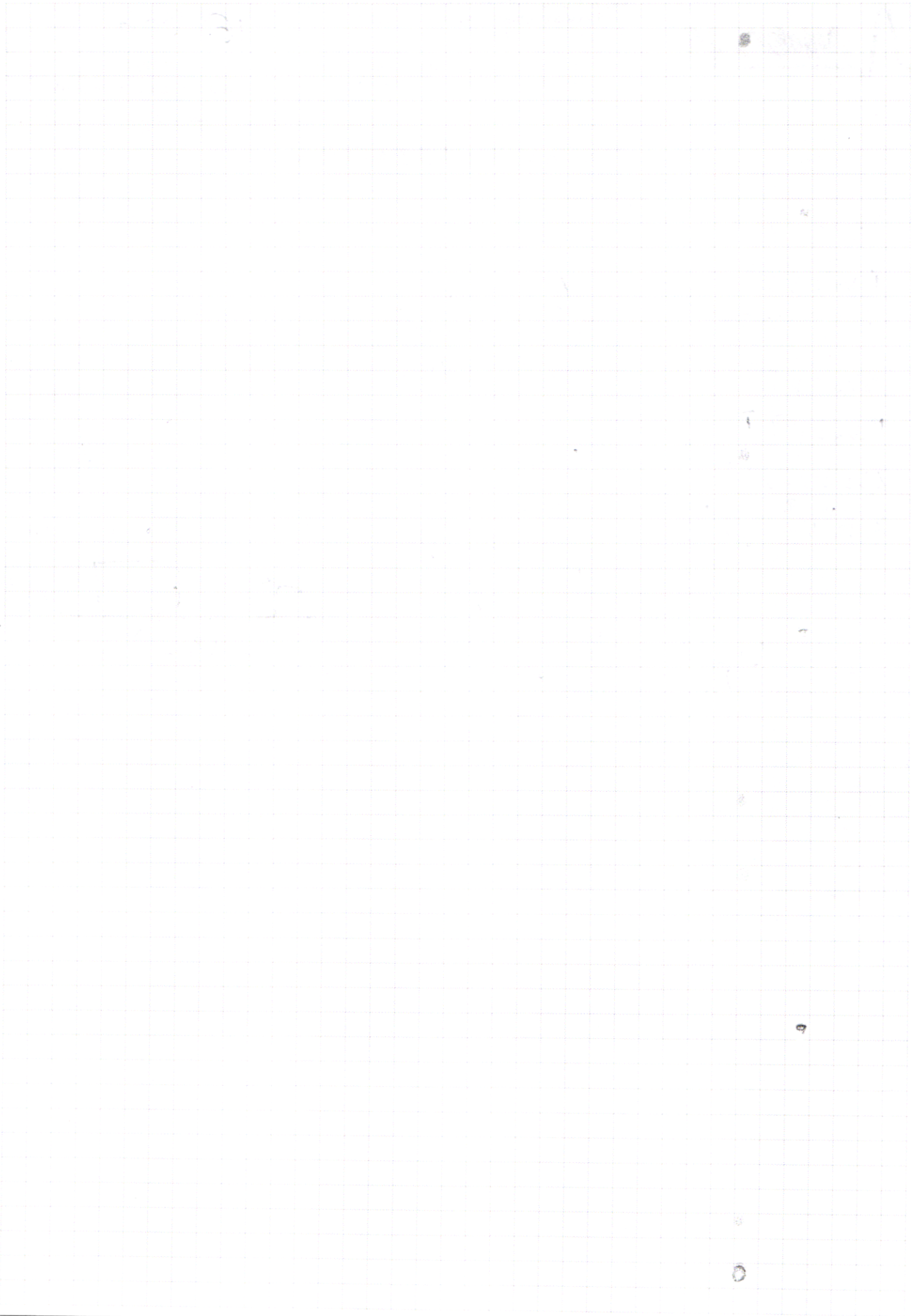
$$\frac{T_2}{V_2} = \frac{T_3}{V_3}$$

$$T_2 = \frac{T_3}{n} \quad n \bar{T}_1 - \frac{T_3}{h} = \Delta \bar{T}$$

$$\frac{V}{T_1} = \frac{\kappa V}{T_2}$$

$$T_2 = n \bar{T}_1 \quad n^2 \bar{T}_1 - \bar{T}_3 = \Delta \bar{T}$$

$$n^2 \bar{T}_1 - \bar{T}_3 = \kappa^2 - \kappa$$



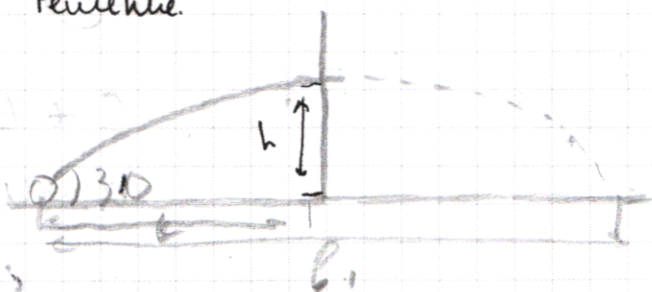
черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано
 $\alpha = 30^\circ$
 $t_0 = 1,5 \text{ с}$

Решение



1) $l = ?$
2) $h = ?$

$$t_0 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = t_0^2 g$$

$$(v_1 + v_2 = v_1' + v_2')$$

$$v_0^2 = \frac{2 t_0 g}{\sin^2 \alpha}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 t_0 g}{\sin^2 \alpha}}$$

$$F = \frac{mv^2}{2} = mgh$$

$$F_{TP} = \frac{mv^2}{2}$$

$$F_{TP} = mgh$$

$$F_{TP} = \frac{mv^2}{2}$$

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$(v_1 + v_2)_{\text{н}} = v_1' + v_2'$$

$$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{2 t_0 g \sin 2\alpha}{g \sin^2 \alpha}$$

$$\Sigma A = F_{TP} = \frac{mv^2}{2}$$

$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

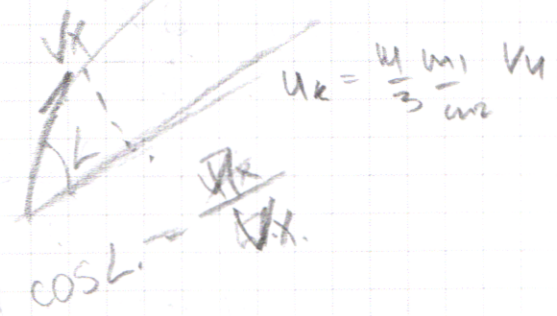
$$= \frac{2 t_0 g}{g \sin^2 \alpha} \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{2 t_0 \cdot 2 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} =$$

$$= 4 t_0 \cot \alpha$$

По 3. С. У

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$



$$\cos \alpha = \frac{v_x}{v}$$

$$v_x = \frac{4}{3} \frac{m}{\text{с}}$$

$$v \cos \alpha = v_x$$

$$h = v_y t = \frac{v \sin \alpha}{g} t$$

$$h = v \sin \alpha \cdot \frac{t}{g}$$

$$m_2 \frac{4}{3} \frac{m}{\text{с}}$$

$$2 \cdot \frac{3}{2} \cot 30^\circ = 3 \cot 30^\circ$$

$$\Delta P = mv$$

$$\frac{3}{2} \cdot 4^2 = 6$$

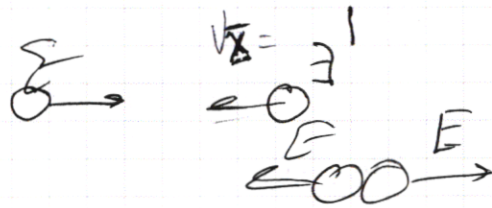
Физмат

$$A_{FP} = \frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2}$$

$$FP =$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}$$

$$v_1 + v_2 = v_1' + v_2'$$



$$u_1 + u_2 = u_1' + u_2'$$

$$\frac{1}{2} v_1 R \bar{T}_1 + \frac{1}{2} v_2 R \bar{T}_2 = \frac{1}{2} v_1 R \bar{T}_1 + \frac{1}{2} v_2 R \bar{T}_2$$

$$E + E = E' + E'$$

$$u_1 + u_2 = u_1' + u_2'$$

$$P_1 v_1 = v_1 R \bar{T}_1$$

$$P_2 v_2 = v_2 R \bar{T}_2$$

$$\frac{v_1 R \bar{T}_1}{P_1} = \frac{v_2 R \bar{T}_2}{P_2}$$

$$v_x =$$

$$P_0 v = v R \bar{T} \quad \frac{1}{2} v_1 R \bar{T}_1 + \frac{1}{2} v_2 R \bar{T}_2 =$$

$$v = \frac{P v}{R \bar{T}} = \frac{1}{2} v_1 R \bar{T}_1 + \frac{1}{2} v_2 R \bar{T}_2$$

$$v = \frac{P v}{R \bar{T}}$$

$$\frac{v_1 \bar{T}_1}{P_1} = \frac{v_2 \bar{T}_2}{P_2}$$

$$v_1 + v_2 = v_x$$

$$P = P_1 + P_2$$

$$v_1 + v_2 = \frac{P v}{R \bar{T}}$$

$$P_0 = \frac{v_1 R \bar{T}_1}{v} + \frac{v_2 R \bar{T}_2}{v}$$

$$\frac{1}{\lambda \mu} = \frac{1}{\lambda}$$

$$\frac{2}{\lambda \mu} = \frac{1}{\lambda}$$

$$P_0 = \frac{v_2 R \bar{T}_2}{v}$$

$$\frac{1}{2\lambda} = \frac{1}{\lambda}$$

$$\frac{P_0}{P_0} = \frac{v_1 R \bar{T}_1}{v} + \frac{v_2 R \bar{T}_2}{v}$$

$$= \frac{v_1 \bar{T}_1 + v_2 \bar{T}_2}{v_2 \bar{T}_2}$$

$$\frac{v_1 \bar{T}_1}{v_2 \bar{T}_2} + 1$$

$$\frac{v_1 \bar{T}_1}{v_2 \bar{T}_2} + 1$$