

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр *16-084*

(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.

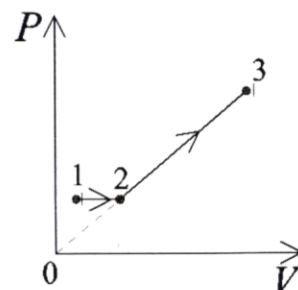
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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 .

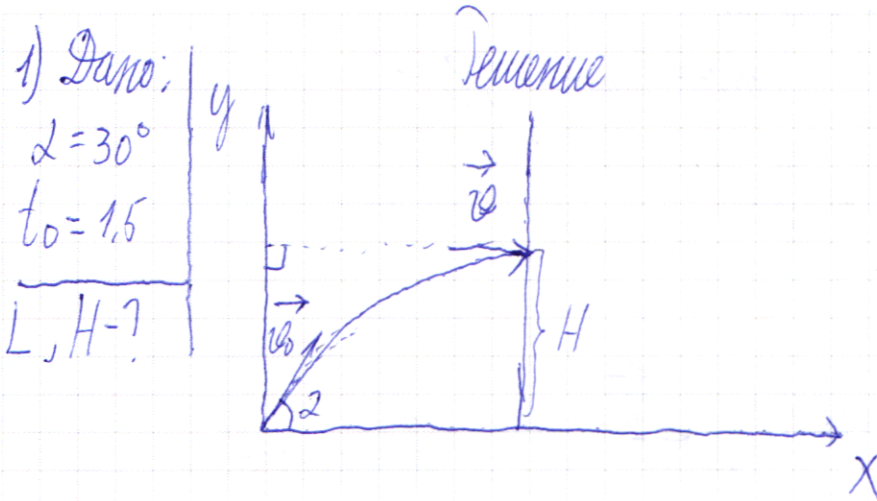
5. Объем идеального газа увеличивается в $n=3$ раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в $n=3$ раза в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .

- 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) П.к. мяч упал на то же место, значит $\angle \beta = 0^\circ \Rightarrow$
 \Rightarrow мяч полетит по той же траектории, что и к стене \Rightarrow
 $\Rightarrow t_{\text{к стене}} = t_0$; в момент удара о стену мяч находится на
 высоте H_{max} ;

2) $L = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_0$; $H = \frac{0 - v_0^2 \sin^2 \alpha}{-2g}$; $H = v_0 \sin \alpha t_0 - \frac{gt_0^2}{2}$;

~~$\left(\frac{v_0^2}{2g} = v_0 \sin \alpha t_0 - \frac{gt_0^2}{2} \right)$; ~~$\frac{gt_0^2}{2} = v_0 (\sin \alpha t_0 - \frac{g}{2})$~~~~

~~$\frac{v_0^2}{2g} - v_0 \sin \alpha t_0 + \frac{gt_0^2}{2} = 0$; $\frac{1}{20} v_0^2 - 0.75 v_0 + 11.25 = 0 \Leftrightarrow$~~
 ~~$\Leftrightarrow v_0^2 - 15 v_0 + 225 = 0 \Leftrightarrow$~~

$v_y = v_0 \sin \alpha - gt_0$ (v - скорость мяча на высоте H при проектировании на ось y)
 $0 = v_0 \sin \alpha - gt_0$; $v_0 = \frac{gt_0}{\sin \alpha}$; $v_0 = \frac{1.5 \cdot 10}{0.5} = 30 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$;

3) $L = 30 \cdot \cos 30 \cdot 1.5 = 45 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 22.5 \sqrt{3}$;

$H = \frac{900}{20} = 45 \text{ (м)}$

Ответ: $L = 22.5 \sqrt{3} \text{ м}$; $H = 45 \text{ м}$; $L = \frac{45 \sqrt{3}}{2}$

2) Дано:

$$v_1 = \frac{1}{3} v_0$$

$$\frac{m_2}{m_1}$$

$$\frac{v_2}{v_0}$$

$$\frac{v_2}{v_0}$$

1) ЗЛН:

$$m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2; v_1 = v_2 = \frac{1}{3} v_0;$$

$$m_1 v_0 = m_1 \frac{1}{3} v_0 + m_2 \frac{1}{3} v_0 \quad | : v_0;$$

$$m_1 = m_1 \frac{1}{3} + m_2 \frac{1}{3}; \frac{2}{3} m_1 = \frac{1}{3} m_2; \frac{m_2}{m_1} = 2;$$

$$2) v_2 = \frac{1}{3} v_0, \quad \frac{v_2}{v_0} = \frac{\frac{1}{3} v_0}{v_0} = \frac{1}{3}$$

$$\text{Ответ: } \frac{m_2}{m_1} = 2; \quad \frac{v_2}{v_0} = \frac{1}{3}$$

Решение

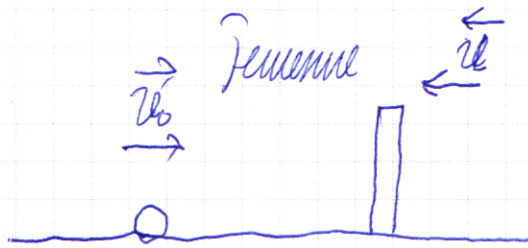
3) Дано:

$$v = 2v_0$$

$$\frac{u}{v_0}$$

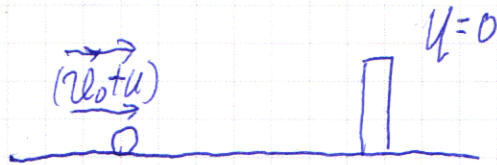
$$\frac{u}{v_0}$$

1)



До столкновения

Перейдем в систему отсчета относительно бруска, тогда



Удар упругий, значит и скорость после столкновения равна $v_0 + u$, но если перейти обратно в систему

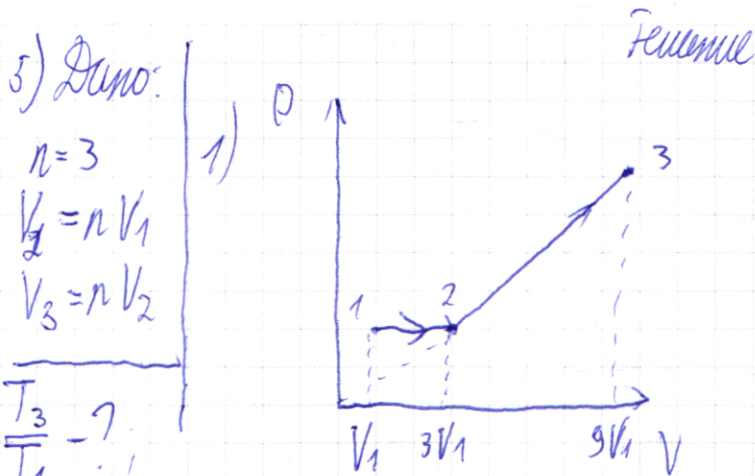
отсчета относительно земли, то скорость станет $v_0 + 2u$;

Эта скорость $= 2v_0$;

$$v_0 + 2u = 2v_0 \Leftrightarrow 2u = v_0 \Leftrightarrow \frac{v_0}{u} = 2; \quad \frac{u}{v_0} = \frac{1}{2}$$

$$\text{Ответ: } \frac{u}{v_0} = \frac{1}{2};$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) 1-2: изобарический процесс

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; V_2 = 3V_1; \frac{V_1}{T_1} = \frac{3V_1}{T_2}; T_2 = 3T_1$$

2) 2-3: $P = 2V$

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_2}{P_3} &= \frac{V_2}{V_3}; V_3 = 3V_2; \frac{P_2}{P_3} = \frac{V_2}{3V_2}; P_3 = 3P_2; P_3 = nkT_3 \\ P_2 &= nkT_2 \end{aligned} \right\} \circ$$

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2}; T_3 = 3T_2; T_2 = 3T_1 \Rightarrow T_3 = 9T_1; \frac{T_3}{T_1} = 9;$$

3) $A_1 = P \Delta V_1; \Delta V_1 = 2V_1; A_1 = 2P_1 V_1;$

$$A_2 = \frac{P_2 + P_3}{2} \cdot \Delta V_2; \Delta V_2 = 6V_1; P_3 = P_2 \cdot \frac{V_3}{V_2} = 3P_2;$$

$$A_2 = \frac{(P_2 + 3P_2)}{2} \cdot 6V_1 = 2P_2 \cdot 6V_1 = 12P_2 V_1; P_2 = P_1$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{2P_1 V_1}{12P_1 V_1} = \frac{1}{6}$$

Ответы: $\frac{T_3}{T_1} = 9; \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{6}$

1) Дано:

$$\nu_1 = \frac{1}{3} \text{ моль}$$

$$\nu_2 = \frac{1}{5} \text{ моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 500 \text{ K}$$

Решение

Условие ТБ

$$Q_1 + Q_2 = 0; Q_1 = cm(T_3 - T_1); Q_2 = cm(T_3 - T_2); m = \nu \cdot M;$$

$$\cancel{\nu_1 M} (T_3 - T_1) + \cancel{\nu_2 M} (T_3 - T_2) = 0 \Rightarrow \nu_1 T_3 - \nu_1 T_1 + \nu_2 T_3 - \nu_2 T_2 = 0$$

$$\Leftrightarrow T_3 (\nu_1 + \nu_2) = \nu_1 T_1 + \nu_2 T_2; T_3 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$$

$$T_3 = \frac{100 + 100}{\frac{1}{3} + \frac{1}{5}} = \frac{200}{\frac{8}{15}} = 375 \text{ (K)}$$

$$2) P = P'_1 + P'_2; \nu_1 = \frac{\nu_2}{T_3} \quad \frac{P_2 V}{T_2} = \frac{2P'_2 V}{T_3}; P'_2 = \frac{T_3}{2T_2} P_2; P'_1 = \frac{T_3}{2T_1} P_1;$$

$$P_2 = \frac{\nu_2 RT_2}{V}; P'_2 = \frac{\nu_2 RT_2}{V} \cdot \frac{T_3}{2T_2} = \frac{\nu_2 RT_3}{2V}; P'_1 = \frac{\nu_1 RT_3}{2V};$$

$$P'_1 + P'_2 = \frac{RT_3}{2V} (\nu_1 + \nu_2);$$

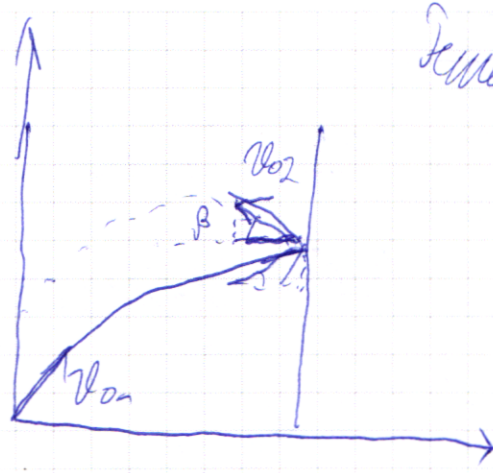
$$\frac{P_2}{P'_1 + P'_2} = \frac{\nu_2 RT_2 \cdot 2V}{V \cdot RT_3 (\nu_1 + \nu_2)} = \frac{2\nu_2 T_2}{T_3 (\nu_1 + \nu_2)}$$

$$\frac{P_2}{P'_1 + P'_2} = \frac{2 \cdot \frac{1}{5} \cdot 500}{375 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{5}\right)} = \frac{200}{375 \cdot \frac{8}{15}} = 1;$$

$$\text{Ответ: } T_3 = 375 \text{ K}; \frac{P_2}{P'_1 + P'_2} = 1;$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $\alpha = 30^\circ$
 $t_0 = 1,5 \text{ c.}$
 L-?
 H-?



Угол падения = ...
 $v_{02} = v_{01} \sin \alpha - g t_1$
 $\text{tg } \beta = \frac{v_{01} \sin \alpha - g t_1}{v_{01} \cos \alpha}$
 $\beta = \arctg \dots$

$S = v_{01} \sin \alpha \cdot t_0$ H

$0 = \left(v_{01} t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \right) + \left(v_{01} \sin \alpha - g t_1 \right) t_0 - \frac{g t_0^2}{2}$

$v_{01} \sin \alpha - g t_1$

$0 = v_{01} t_1 - \frac{g t_1^2}{2} + v_{01} \sin \alpha t_0 - g t_1 t_0 - \frac{g t_0^2}{2}$

$0 = v_{01} (t_1 + \sin \alpha t_0) - \frac{g}{2} (t_1^2 + t_0^2 + 2 t_1 t_0) =$
 $= v_{01} (t_1 + \sin \alpha t_0) - \frac{g}{2} (t_1 + t_0)^2$

$v_{01} = \frac{g (t_1 + t_0)^2}{2 (t_1 + \sin \alpha t_0)}$; $S = \frac{g (t_1 + t_0)^2 \sin \alpha t_0}{2 (t_1 + \sin \alpha t_0)}$

$$0 = H + (v_0 \cdot \sin \alpha - g t_1) t_0 - \frac{g t_0^2}{2};$$

$$H = \frac{g t_0^2}{2} - (v_0 \cdot \sin \alpha - g t_1) t_0;$$

$$H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2};$$

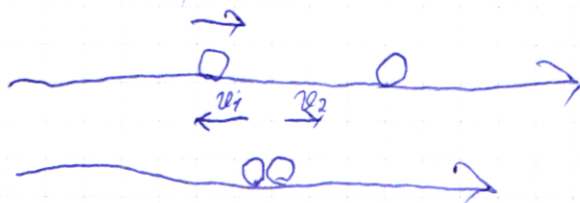
$$v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = \frac{g t_0^2}{2} - (v_0 \cdot \sin \alpha - g t_1) t_0;$$

$$v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = \frac{g t_0^2}{2} - v_0 \sin \alpha t_0 + g t_1 t_0;$$

$$v_0 \cdot \sin \alpha (t_1 + t_0) = \frac{g}{2} (t_1 + t_0)^2;$$

$$v_0 \cdot \sin \alpha (t_1 + t_0) - \frac{g}{2} (t_1 + t_0)^2 = 0;$$

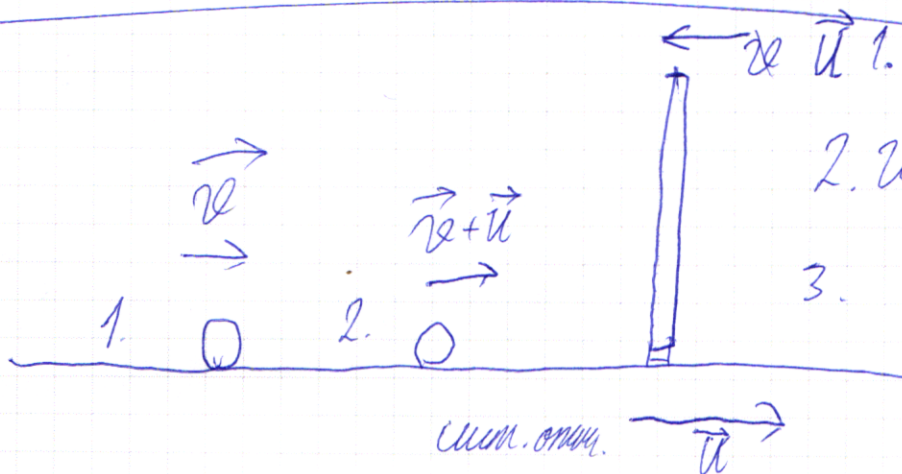
$$m_1 v_0 = \frac{1}{3} m_1 v_0 + m_2 v_1$$



$$m_1 \frac{2}{3} v_0 = m_2 \frac{1}{3} v_0;$$

$$2 m_1 v_0 = m_2 v_0; \quad \frac{m_2}{m_1} = 2;$$

3)



2. $u=0$

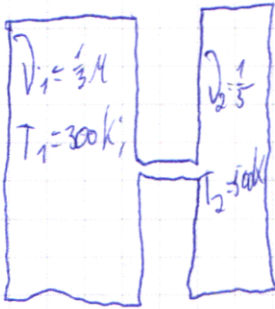
3.

$$v + 2u = 2v_0$$

$$\Leftrightarrow 2u = v;$$

$$\frac{v}{u} = 2;$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_1 V = \nu_1 R T_1$$

$$P_2 V = \nu_2 R T_2$$

$$2 P_3 V = (\nu_1 + \nu_2) R T_3$$

$$P_3 = 2P$$

$$\frac{P_1 V}{T_1} = \frac{P_1' 2V}{T_3}; \quad P_1' = \frac{T_3}{T_1} P_1;$$

$$P_2' = \frac{T_3}{T_2} P_2;$$

$$2 \left(\frac{T_3}{T_1} P_1 + \frac{T_3}{T_2} P_2 \right) V = (\nu_1 + \nu_2) R T_3;$$

$$2 \left(\frac{T_3 (T_2 P_1 + P_2 T_1)}{T_1 T_2} \right) V = (\nu_1 + \nu_2) R T_3;$$

$$2 \left(\frac{T_2 P_1 + P_2 T_1}{T_1 T_2} \right) V = (\nu_1 + \nu_2) R;$$

$$1) \frac{V_1}{T_1} = \frac{3V_1}{T_2}; \quad T_2 = 3T_1;$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{V_1}{V_2};$$

$$\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_3}{3V_2}; \quad P_3 = 3P_2;$$

$$P_3 = n k T_3$$

$$P_2 = \frac{V_1}{V_2} P_3;$$

$$P_2 = n k T_2$$

$$3 = \frac{T_3}{T_2}; \quad T_3 = 3T_2; \quad T_3 = 9T_1;$$

6 g рещ.

$$A_1 = P \cdot \Delta V; \quad A_1 = P_2 \cdot 2V_1;$$

$$A_2 = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot 6V_1;$$

$$A_2 = \frac{(P_2 \frac{V_1}{3} + P_2)}{2} \cdot 6V_1; \quad A_2 = \frac{P_2 \left(\frac{4}{3}\right)}{2} \cdot 6V_1;$$

$$A_2 = \frac{2}{3} P_2 \cdot 6V_1 = 4P_2 V_1;$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 2;$$

$$\frac{1}{20} \cdot 4 \cdot 11,25 =$$

$$= \frac{1}{20} \cdot 45 = \frac{45}{20} = 2 \frac{1}{4};$$

III. к. нам надо на то же место, знаем $\beta = 0^\circ \Rightarrow$
~~есть возможность на расстоянии $\frac{1}{2} 2l$, нам~~
 полем по той же траектории, что и в случае $t_1 = t_2 = t_0$;

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t_0; \quad \begin{matrix} 15 \\ \times 15 \\ \hline 225 \end{matrix}$$

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

$$\begin{matrix} 12 \\ \times 225 \\ \hline 2700 \end{matrix}$$

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

$$\begin{matrix} -3000/8 \\ 24 \overline{) 375} \\ -60 \\ \hline 56 \\ -40 \\ \hline 16 \\ -10 \\ \hline 6 \end{matrix}$$

~~0,75~~

$$\begin{matrix} 175 \\ \times 20 \\ \hline 3500 \\ 1500 \\ \hline 35000 \end{matrix}$$

$$\frac{g t_0^2}{2} = v_0 \left(\sin \alpha t_0 - \frac{g}{2} \right); \quad v_0 = \frac{g t_0}{2 \sin \alpha t_0 - g};$$

$$\begin{matrix} 2 \\ \times 15 \\ \hline 30 \\ 75 \\ \hline 150 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 2 \\ \times 15 \\ \hline 30 \\ 75 \\ \hline 150 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 12 \\ \times 225 \\ \hline 2700 \end{matrix}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_1 = C \nu_1 (\theta - T_1); \quad Q_2 = C \nu_2 (\theta - T_2);$$

$$\& \nu_1 (\theta - T_1) + \nu_2 (\theta - T_2) = 0;$$

$$\nu_1 \theta - \nu_1 T_1 + \nu_2 \theta - \nu_2 T_2 = 0;$$

$$\theta (\nu_1 + \nu_2) = \nu_1 T_1 + \nu_2 T_2;$$

$$T_3 = \theta = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2};$$

$$\begin{array}{r|l} 64 & \\ \times 375 & \\ \hline 8 & \\ -30 & 00 & 15 \\ \hline 30 & & 200 \\ \hline 0 & & \end{array}$$

$$\frac{P_2 V}{T_2} = \frac{2P_2' V}{T_3}; \quad P_2' = \frac{T_3}{T_2} P_2;$$

$$P_1' = \frac{T_3}{T_1} P_1;$$

$$\frac{P_2}{\frac{T_3}{T_2} P_2 + \frac{T_3}{T_1} P_1} = \frac{T_1 T_2 P_2}{T_3 (T_1 P_2 + T_2 P_1)}; \quad P_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V_2};$$

$$P_2' = \frac{\nu_2 R T_2 T_3}{T_2 V_2};$$

$$\frac{\frac{\nu_1 R T_3}{2V} + \frac{\nu_2 R T_3}{2V}}{2V} = \frac{2\nu_2 R T_2}{R(\nu_1 T_3 + \nu_2 T_3)} = \frac{2\nu_2 T_2 P_1'}{\nu_1 T_3 + \nu_2 T_3}; \quad P_1' = \frac{\nu_1 R T_3}{2V_1};$$

$$0 = v_0 \overset{\text{sin } \alpha}{\downarrow} - g t ; \text{ sin } \alpha \cdot v_0 = g t ; v_0 = 30 ,$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-024

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)