

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр

14-014

(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.

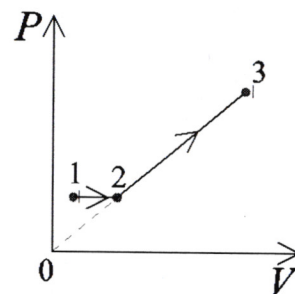
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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 .

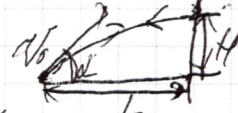
- 1) Во сколько раз увеличивается конечная температура газа по сравнению с начальной?
- 2) Найти отношение работы, которую совершает газ в изобарическом процессе, к работе, которую он совершает в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 Дано:
 $\alpha = 30^\circ$
 $t_0 = 1.5 \text{ с}$
L - ?
H - ?

Решим:



S - длина горизонтальной пути мяча, тогда, так как он упал на то же место где начал в начале: $L = S - L \Rightarrow 2L = S \Rightarrow L = \frac{S}{2}$; v_0 - начальная скорость.

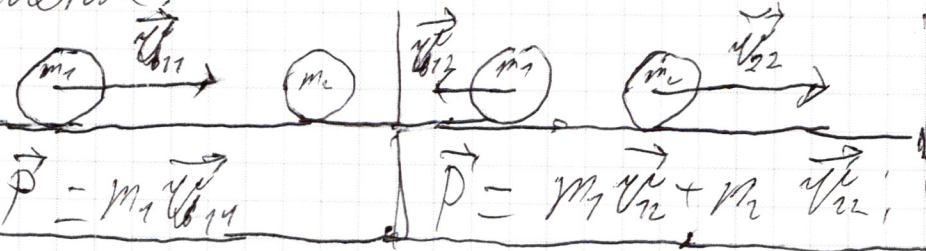
Так как горизонтальная скорость постоянна то время всего пути $t = t_0 \cdot \frac{S}{L} = 2t_0$; т.к. стартуем с середины горизонтальной пути, то высота H - максимальная высота полёта \rightarrow

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2} \cdot t_0 = \frac{g t_0^2}{2} = \frac{10 \cdot 1.5^2}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с}^2 = 11.25 \text{ м};$$

$$L = t_0 v_0 \cos \alpha = t_0 \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha = t_0 \frac{g t_0}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha = \frac{g t_0^2 \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{10 \cdot 1.5^2 \cdot \sqrt{3}}{0.5 \cdot 2} = 3.825 \text{ м}$$

№2 Дано:
 $v_{12} = \frac{1}{3} v_{11}$
 $m_2 = ?$
 $m_1 = ?$
 $v_{22} = ?$
 $v_{11} = ?$

Решим:



v_{22} - скорость шарика m_2 после столкновения;

v_{11} - скорость первого шарика до столкновения;

v_{12} - скорость второго шарика до столкновения.

Тогда по модулю: $m_2 v_{22} - m_1 v_{12} = m_1 v_{11} \Leftrightarrow m_2 v_{22} = \frac{4}{3} m_1 v_{11}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

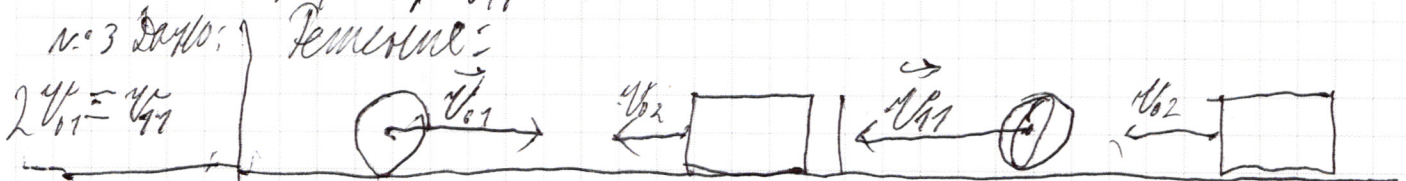
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (Продолжение). П.к. удар центральный упругий, то относительно второго шара, модуль скорости первого шара не изменится, тогда:

$$v_{11} = v_{12} + v_{22} \Leftrightarrow v_{11} \left(1 - \frac{1}{3}\right) = v_{22}; \frac{v_{12}}{v_{11}} = \frac{2}{3}; \text{ тогда}$$

$$\text{п.к. } m_2 v_{22} = \frac{4}{3} m_1 v_{11} \Leftrightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{4}{3} \cdot \frac{v_{11}}{v_{22}} \Leftrightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{4}{3} \left(\frac{3}{2}\right)^2 = 2$$

Ответ: $\frac{m_2}{m_1} = 2; \frac{v_{12}}{v_{11}} = \frac{2}{3};$

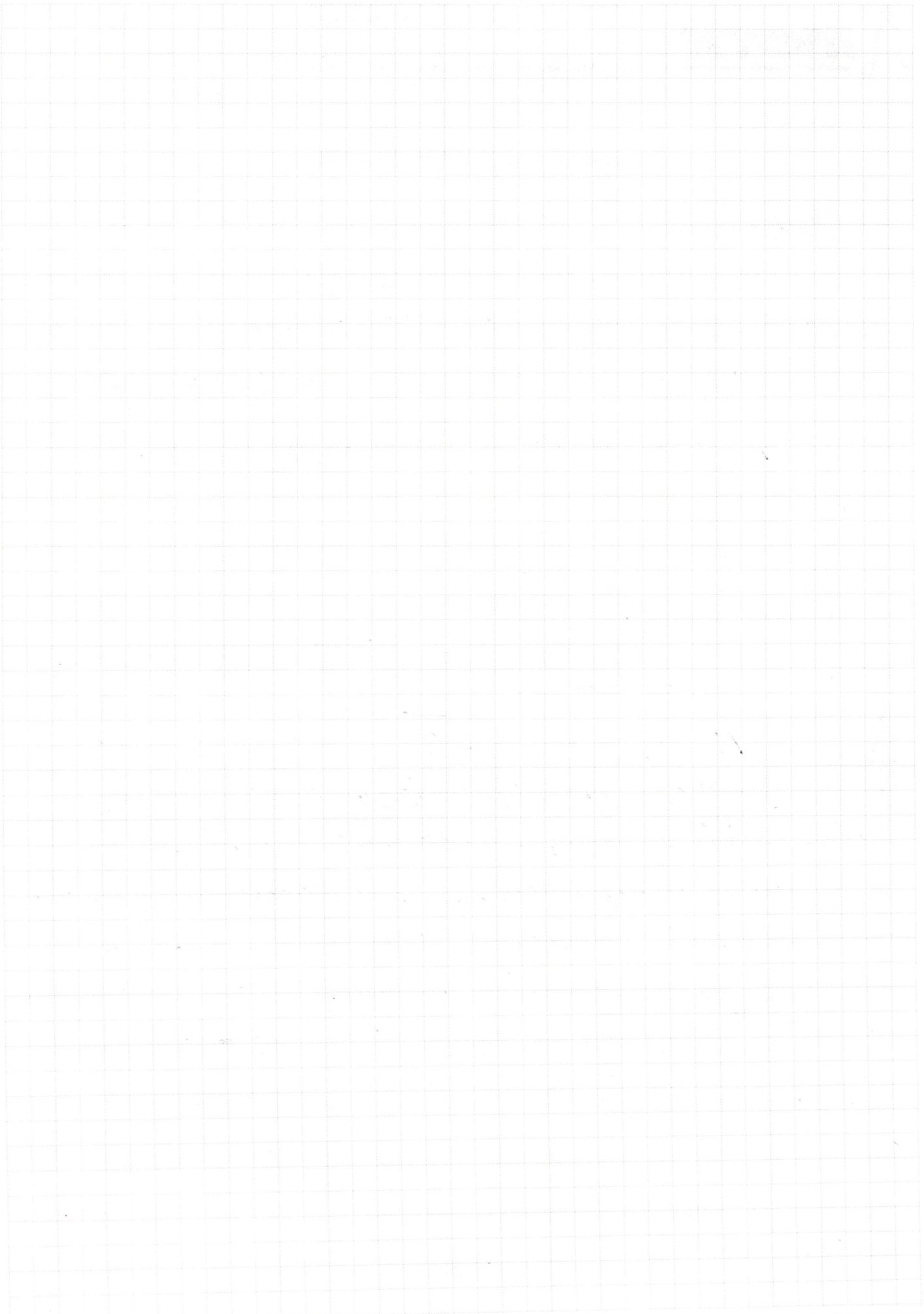


$\frac{v_{01}}{v_{02}} = 2$ v_{01} и v_{02} - начальные скорости шарика и бруска соответственно; v_{11} - скорость первого шарика после столкновения; П.к. масса бруска много больше массы шарика, то его скорость не изменится; относительно всего модуль скорости первого шарика не изменится по 3 (т.е. это есть: $|v_{01} + v_{02}| = |v_{11} - v_{02}| \Leftrightarrow v_{01} + v_{02} = 2v_{02} - v_{02} \Leftrightarrow 2v_{02} = v_{01} \Rightarrow \frac{v_{01}}{v_{02}} = 2$

Ответ: $\frac{v_{01}}{v_{02}} = 2;$

№4 (Продолжение)

Ответ: $H = 79,25 \text{ м}; L = 3,825 \text{ м}.$



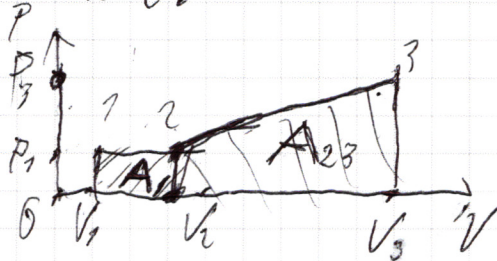
черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 дано Решение:

$n=3$;
Найти:
 A_{12} ;
 A_{23} ;
 $\frac{t_3}{t_1}$.



A_{12} - работа за процесс 1-2
 A_{23} - работа за процесс 2-3;

$$A_{12} = P_1 \cdot (V_2 - V_1) = P_1 (nV_1 - V_1) = P_1 V_1 (3-1) =$$

$$= 2P_1 V_1; \text{ где } P_1, V_1 - \text{давление и объём в точке}$$

1; по условию газ расширяется в $n=3$ раза \Rightarrow

$$V_3 = 3V_2 = 3(3V_1); \text{ по формуле площади трапеции:}$$

$$A_{23} = \frac{P_2 + P_3}{2} \cdot (V_3 - V_2) = \frac{P_1 + P_1 \frac{V_3}{V_2}}{2} \cdot (3-1)V_2 = \frac{4P_1}{2} \cdot 2 \cdot 3V_1 =$$

$$= 12P_1 V_1 \Rightarrow \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{2P_1 V_1}{12P_1 V_1} = \frac{1}{6}; \text{ Также по уравнению}$$

$$\text{состояния идеального газа: } \frac{P_1 V_1}{t_1} = \frac{P_2 V_2}{t_2} = \frac{P_3 V_3}{t_3} \Rightarrow$$

$$\frac{P_1 V_1 t_3}{t_1} = 3P_1 \cdot 9V_1 \Rightarrow \frac{t_3}{t_1} = 27; \text{ } t_1 - \text{температура в точке 1;}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{t_3}{t_1} = 27 \text{ раз; 2) } \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{1}{6};$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ~~1~~
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1 ✓
2 ✓
3 ✓
4 ✓
5 ✓

$$1) L = S - L \Rightarrow L = \frac{S}{2}; \Delta P_1 = \frac{4}{3} v_0 m_1$$

$$2) t_0 = 1,5 \text{ сек}; f_{\text{max}} = 2 f_0; \Delta P_2 = \frac{4}{3} v_0 m_1 \frac{10 \cdot 1,5^2}{2}$$

$$3) \sin \alpha; v_0 = g t_0$$

$$4) \mu \frac{v_0 \sin \alpha}{2} t_0 = \frac{g t_0^2}{2}$$

$$= 5 \cdot 2,25 = 11,25$$

$$P = m_2 v_{11}$$

$$70 = 2,25$$

$$P = \frac{4}{3} m_1 v_{11} + m_2 v_{11}$$

$$\sqrt{3}; 7,6^2 = 2,56$$

$$1,8^2$$

$$v_{11} = v_{12} + v_{22}$$

$$\frac{v_{12}}{v_{11}} = \frac{4 m_1}{3 m_2}$$

$$1,8 \cdot 2 - 0,21 = 3,6 - 0,36 = 3,24$$



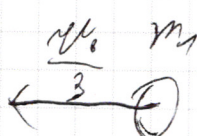
$$1,7^2 = 2,89$$

$$\frac{2}{3} v_{11} = v_{12}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 2,25 \\ \hline 2775 \\ + 225 \\ \hline 3825 \end{array}$$



$$\frac{v_{12}}{v_{11}} = \frac{2}{3}$$

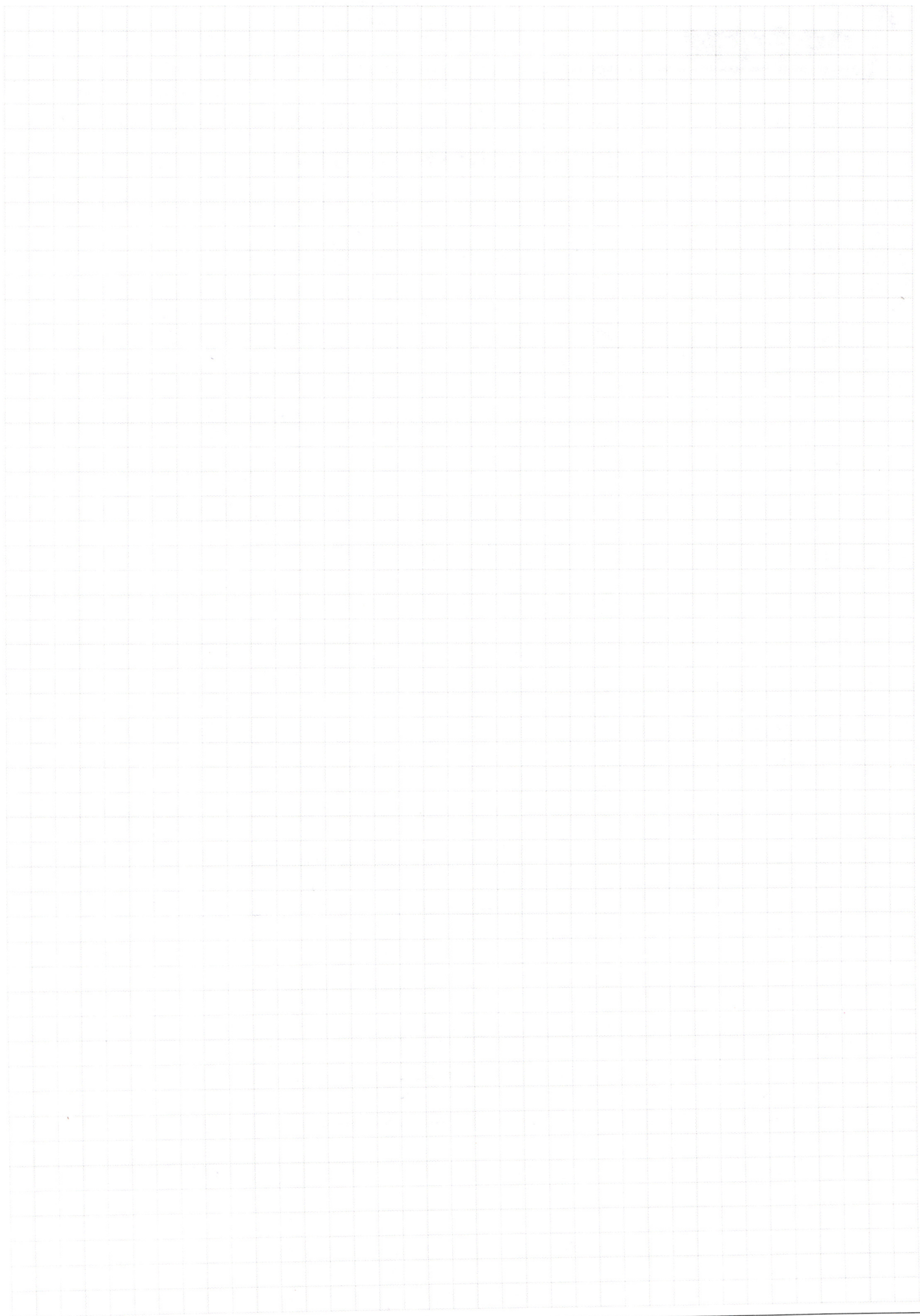


$$\frac{m_1 - 3 \cdot \frac{2}{3} - 1}{m_2} = \frac{2}{3} - \frac{1}{2}$$

$$P = m_2 v_{11}; P = m_2 (v_{11} - v_{22}) = m_1 (v_{12} + v_{22})$$

$$m_2 v_{11} = m_2 v_{11} - m_2 v_{22} - m_1 v_{12} + m_1 v_{11} \Rightarrow$$

$$m_2 v_{22} = \frac{4}{3} m_1 v_{11}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{P_1 V_1}{t_1} = \text{const}$$

$$\frac{P_1 V_1}{t_1} = \frac{P_2 V_2}{t_2} = \frac{3P_1 V_1}{t_3}$$

$$A_1 = 2V_1 P_1$$

$$A_2 = 2P_1$$

$$A_2 = \frac{P_1 + 3P_1}{2} \cdot (9-3)V_1 = 2P_1 \cdot 6V_1 = 12V_1 P_1$$

3



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)