

Олимпиада «Физтех» по физике, 1

Класс 10

Вариант 10-04

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в

1. Мальчик бросает железный шарик с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете шарик все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости шарика при падении на Землю.
- 2) Найти время полета шарика.
- 3) Найти горизонтальное смещение шарика за время полета.

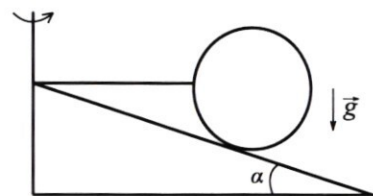
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На противоположных концах тележки массы M , находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, стоят два ученика одинаковой массы m каждый. Вначале система неподвижна. Один ученик бросает мяч, а другой ловит. Масса мяча m_1 . После броска тележка движется со скоростью V_1 . Продолжительность полета мяча T . Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

- 1) Найдите горизонтальную проекцию скорости V_0 мяча (относительно поверхности, на которой находится тележка) в процессе полета.
- 2) Найдите длину L тележки.
- 3) Найдите скорость V_2 тележки после того, как второй ученик поймает мяч.

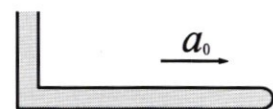
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью, привязанной к вершине клина.

- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина.



4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой $H = 48$ мм, открытым в атмосферу, заполнена полностью ртутью (см. рис.). Если трубку двигать (в плоскости рисунка) с ускорением, не большим некоторого a_0 , то ртуть из трубки не выливается.

- 1) Найти давление P_1 внутри трубки в точке А, находящейся от вертикального колена на расстоянии $1/2$ длины горизонтального колена, если трубка движется с ускорением a_0 .
- 2) Найти давление P_2 в точке А, если трубка движется с ускорением $0,25a_0$.
- 3) Найти давление P_3 вблизи закрытого конца трубки, если она движется с ускорением $0,3a_0$.



Атмосферное давление $P_0 = 752$ мм рт. ст. Давлением насыщенных паров ртути в условиях опыта пренебречь. Ответы дать в «мм рт. ст.».

5. Поршень делит объем горизонтального герметичного цилиндра на две равные части, в каждой из которых находится вода и водяной пар при температуре $T = 373$ К. Масса воды в каждой части в 4 раза меньше массы пара. Поршень находится на расстоянии $L = 0,4$ м от торцов, площадь поперечного сечения поршня

$S = 25$ см². Масса M поршня такова, что $\frac{Mg}{S} = 0,02P_0$, здесь P_0 – нормальное атмосферное давление.

- 1) Найдите массу m воды в каждой части в начальном состоянии.
- 2) Цилиндр ставят на дно (ось цилиндра вертикальна). Найдите приращение Δm массы воды под поршнем к моменту установления равновесного состояния.

Температура в цилиндре поддерживается постоянной. Трение считайте пренебрежимо малым. Молярная масса водяного пара $\mu = 18$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Объем воды намного меньше объема пара.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1

$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$V_1 = 2,5 V_0$$

$$\alpha = 60^\circ$$

1) V_{1y} - ?; 2) T_0 - ?

3) L - ?

Решение. Бл. к. горизонтальная
компонента скорости постоянна,

$$\text{то } V_{1x} = V_{0x} = V_0 \cos \alpha;$$

1) Зная, что $V_1 = 2,5 V_0$; а

$V_x = \text{const}$, то по теореме Пифагора

$$V_{1y} = \sqrt{(2,5 V_0)^2 - (V_0 \cos \alpha)^2} =$$

$$= \sqrt{(2,5 \cdot 8)^2 - (8 \cdot \frac{1}{2})^2} = \sqrt{384} \text{ м/с} = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$$

2) $T_0 \neq T_{\text{пол}} + T_{\text{пад}}$; в верней точке траектории $V_y = 0 \text{ м/с}$,

$$\text{значит } T_0 = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} + \frac{V_{1y}}{g} = \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 8\sqrt{6}}{10} = \frac{8(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6})}{10} \text{ с}$$

$$3) L = V_{0x} T_0 = V_0 \cos \alpha \cdot T_0$$

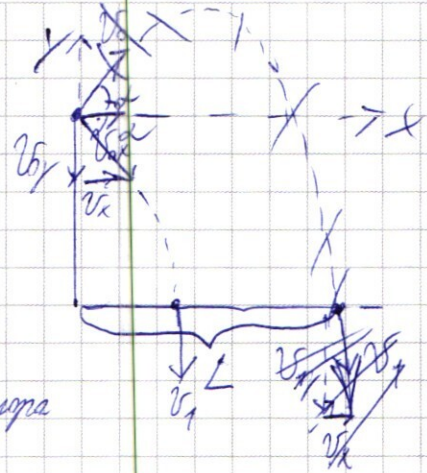
$$= 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{8(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6})}{10} = 3,2(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6}) \text{ м}$$

$V_y = V_{0y} - gt$, тогда

$$t = \frac{|V_{0y} - V_{1y}|}{g} = \frac{|V_0 \sin \alpha - V_{1y}|}{g} = \frac{|8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 8\sqrt{6}|}{10} = 0,8(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) \text{ с}$$

$$3) L = V_{0x} t = V_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,8(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})$$

Ответ. 1) $8\sqrt{6} \text{ м/с}$ 2) $t = 0,8(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) \text{ с}$ 3) $L = 3,2(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) \text{ м}$.



N2

$M; m; m; m; v_1; T;$
 $v_0 - ?$ 2) $L - ?$ 3) $v_2 - ?$

Даны:

1) Запишем ЗСЧ

для импульсов
 по движению системы

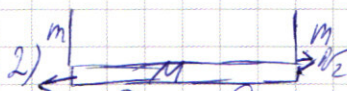
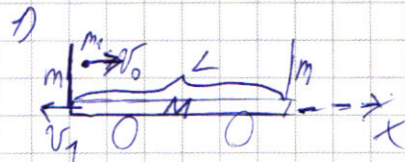
$0 = m_1 \vec{v}_0 + (M + 2m) \vec{v}_1$; в к.п. расш. движения по горизонт. оси x , то

$$0 = m_1 v_0 - (M + 2m) v_1; v_0 = \frac{(M + 2m) v_1}{m_1}$$

2) Горизонт. компонента скорости v_0 равна нулю

$$v_{\text{сбл.}} = v_0 + v_1; \text{ тогда } L = (v_0 + v_1) T = v_1 \left(1 + \frac{M + 2m}{m_1}\right);$$

3)



Ответ: 1) $v_0 = \frac{(M + 2m) v_1}{m_1}$ 2) $L = v_1 T \left(1 + \frac{M + 2m}{m_1}\right)$ 3) $v_2 =$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

$m, R, g, \alpha, 2) \omega$

1) $T = ?$

2) $T_1 = ?$

Решение.

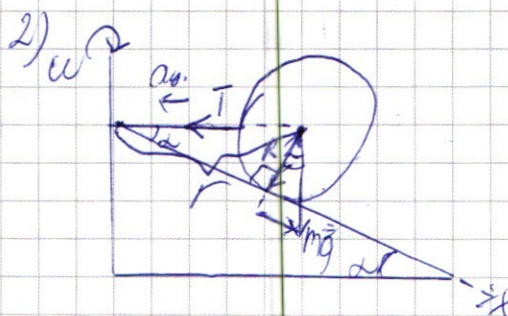
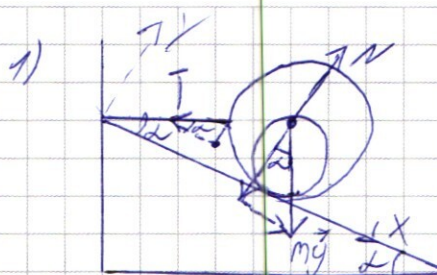
1) Второму закону Ньютона
для неподвижной системы

$$0 = m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N};$$

$$Oy: N = 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$Ox: 0 = mg \sin \alpha - T \cos \alpha;$$

$$T \cos \alpha = \frac{mg \sin \alpha}{\cos \alpha} = mg \tan \alpha$$



2) радиус шара в данном рассуждении от ели не зависит
до сих пор формула $r = \frac{R}{\sin \alpha}$; 2-й закон Ньютона для вращающегося

$$\text{шара } m\vec{a}_c = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T}; \quad 0 = N - mg \cos \alpha;$$

$$Ox: -m a_c \cos \alpha = mg \sin \alpha - T \cos \alpha;$$

$$a_c = \omega^2 r = \frac{\omega^2 R}{\sin \alpha}; \quad T = \frac{m \omega^2 R \cos \alpha + mg \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{m \omega^2 R + g \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\text{Ответ: 1) } T = mg \tan \alpha \quad 2) \quad T = \frac{m \omega^2 R + g \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}$$

№4

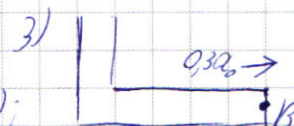
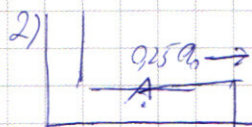
$$A = 48 \text{ мм}$$

$$P_0 = 752 \text{ мм рт.ст.}$$

$$a_0; A;$$

$$1) P_A(a_0) - 2) P_A(0,25a_0) - 3) P_B(0,3a_0) -$$

Давление: $P' = P(H) = 48$
мм рт.ст.
 $P_1 = P_0 + P'$;
 S - площадь сечения
сосуда; Давление
сужения



создает силу противодействующую силе
давления столба; т.е. при $a > a_0$ сила
давления и формулы ртуть, то $P_1 S = (P_0 + P') S = F(a_0)$;

1) L - расстояние от края до вертикального разреза

$$P_A = (P_0 + P') - \frac{F}{2S}; \text{ т.е. } \frac{L}{2} \quad P_1 = (P_0 + P') \left(1 - \frac{1}{2}\right) = (752 + 48) \left(1 - \frac{1}{2}\right) =$$

$$= 400 \text{ мм рт.ст.}$$

$$2) F_2 = \frac{F}{4}; L_2 = \frac{L}{2}; P_{2A} = (P_0 + P') - \frac{F}{4 \cdot 2S} = (P_0 + P') \left(1 - \frac{1}{8}\right) =$$

$$= (752 + 48) \left(1 - \frac{1}{8}\right) = 700 \text{ мм рт.ст.}$$

$$3) \text{ т.к. точка B разл. с краем то } P_B = (P_0 + P') \left(1 - \frac{a_3}{a_0}\right) = (752 + 48) \left(1 - 0,3\right) =$$

$$= 560 \text{ мм рт.ст.}$$

$$\text{Ответ: } 1) P_{1A} = 400 \text{ мм рт.ст. } 2) P_{2A} = 700 \text{ мм рт.ст. } 3) P_B = 560 \text{ мм рт.ст.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

$$T = \text{const} = 373 \text{ K}; l = 0,44$$

$$S = 0,0025 \text{ m}^2; \frac{M_0}{S} = 0,02 P_0$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Pa}; \mu = 78 \text{ g/mol}$$

$$\frac{m_B}{m_0} = \frac{1}{4}$$

1) m_B - ? 2) Δm - ?

Земли $V_0 = SL$;

в земном уравнении

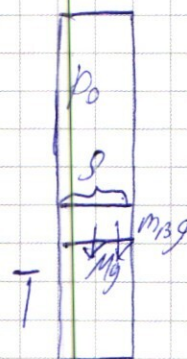
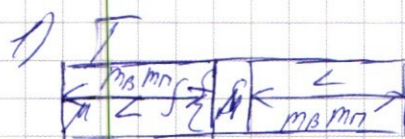
масса воздуха

для уравнения

$$P_0 V_0 = \frac{m_0}{\mu} RT; P = P_0;$$

$$m_0 = \frac{m_0}{4} = \frac{P_0 SL \mu}{4RT} =$$

$$= \frac{10^5 \cdot 0,0025 \cdot 0,44 \cdot 78 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 8,31 \cdot 373} = 0,142$$



2) Δm - масса воздуха, выходящего в процессе конденсации, под действием равновесия

$$P_2 S = P_0 S + M g; P = \frac{M g}{S} = x;$$

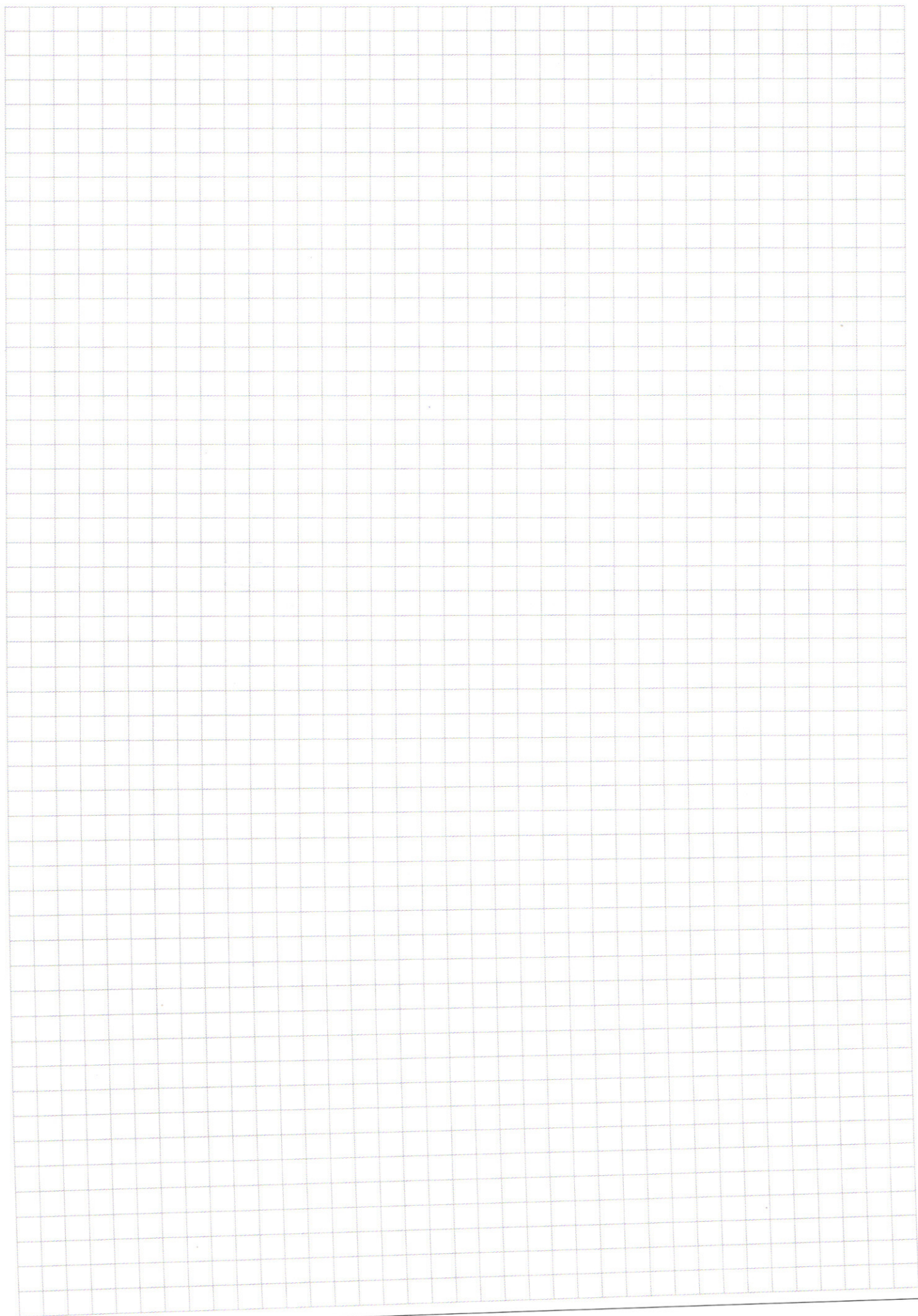
$$P_2 = (P_0 + 0,02 P_0) = 1,02 P_0;$$

$$P_2 V_0 = \frac{m + \Delta m}{\mu} RT; m + \Delta m = \frac{P_2 V_0 \mu}{RT};$$

$$\Delta m = -x m_0 + \frac{P_2 V_0 \mu}{RT} = -4 m_0 + \frac{1,02 P_0 SL \mu}{RT} = 4,04 \cdot 10^{-3}$$

$$= \frac{1,02 \cdot 10^5 \cdot 0,0025 \cdot 0,44 \cdot 78 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 373} = 0,032$$

ответ: 1) $m_B = 0,142$ 2) $\Delta m = 0,032$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 3 1) mg bgs

2)

$$T \cdot \sin \alpha = R$$

$$T = \frac{R}{\sin \alpha}$$

$$a_y = \omega^2 r$$

$$m \omega^2 r = T - mg \sin \alpha$$

$$m \omega^2 r \cos \alpha = T \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$T = \frac{m \omega^2 r \cos \alpha - mg \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$N1 + 2) + 3) +$$

$$N2 1) + 2) + 3) ?$$

$$N3 1) + 2) +$$

$$N4 1) + ? - 2) + ? - 3) + -$$

$$N5 1) + 2) \pm$$

$$m_B = \frac{m}{4} = \frac{pSLM}{4RT}$$

$$p_0 + \frac{mg}{S} +$$

$$1800$$

$$33,24 \cdot 373$$

$$pV = pSL = \frac{p}{4} RT$$

$$\frac{5}{4} \frac{SLM}{RT}$$

$$p_0 \frac{SLM}{RT}$$

$$74,6 \quad 14,92$$

$$1119 + 11190 +$$

$$0,14$$

$$8,37 \times 373$$

$$3099,63$$

$$\frac{0,018}{30,9963}$$

$$310 \quad 24$$

$$1,860$$

$$15360$$

$$3100$$

Сначала пишем N1

Потом N6

Потом N2

Потом 5

Вот так N4

Нотул. = N3ay.

$$1,836$$

$$3099,63$$

$$102 \cdot 0,018$$

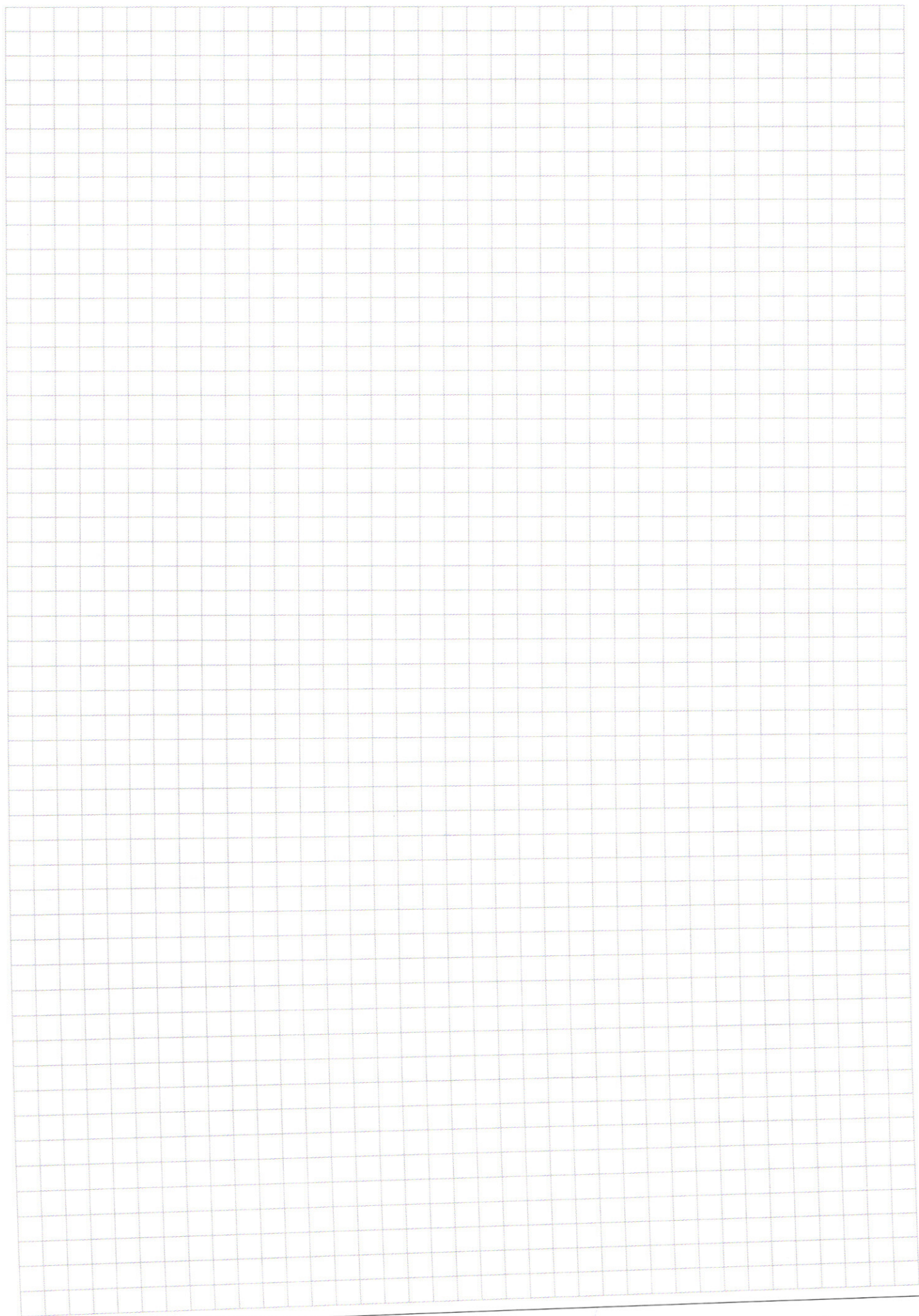
$$0,00056 -$$

$$89,52$$

$$1208,52$$

$$1800$$

$$12398,52$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 $L_1 = 2,6 \text{ м}$

$V_0 = 8 \text{ м/с}$ $8\sqrt{6} \text{ м/с}$

$\alpha = 60^\circ$

$V_k = 2,5 V_0$

$V_0 \cos \alpha = 4 \text{ м/с}$

$\sqrt{48}$ 20 $\sqrt{400}$

$t_1 = \sqrt{48}$

$\frac{4\sqrt{3}}{10} + \frac{8\sqrt{6}}{10}$

$\frac{\sqrt{3} \cdot 8}{10} = \frac{4\sqrt{3}}{10}$

$\frac{4\sqrt{3}(1+2\sqrt{2})}{10}$

$\sqrt{20^2 - 4^2} = \sqrt{344} = \sqrt{24 \cdot 16}$

$t_2 = \frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{(\frac{8\sqrt{6}}{2})^2}{20} = 2,4$

$\frac{8\sqrt{6}^2}{20} = 1,2$

$V_y = V_{0y} - gt$ $\frac{8\sqrt{6}}{g} =$

$V_0 \cos \alpha (t_1 + t_2)$

$V_0 \cos \beta = 4 \text{ м/с}$

$= 0,2$

$\frac{16\sqrt{3}(1+2\sqrt{2})}{10}$

№2 $M, m, \text{ ум } T;$

1) V_1

2) $V_0 T = L$

3) $0 = MV_1 - mV_0$

$V_0 = V_1 = \frac{mV_1}{m_1}$

$0 = m_1 V_0 - (M+2m)V_1$

$V_0 = \frac{(M+2m)V_1 \cdot T = L}{m_1}$

$L = \frac{mV_1}{m_2} T;$ $m_1 V_0$

№3 $M, R, L; \text{ вер. ум } 2 \mu$

$T = ?$

$\frac{T}{\cos \alpha} = mg \sin \alpha$

$T = mg \sin \alpha \cos \alpha =$

2)

3)

№

$$H = 48 \text{ мм} ; a_0$$

$$P_1(a_0) \quad P_2(a_0 - \frac{1}{4})$$

$$P_3(0,3a_0)$$

$$p = p_0 + \rho g h$$

$$\rho = 13600 \text{ кг/м}^3$$

$$9048 \cdot 136000$$

$$11800 - 800 \frac{1}{2} = 408$$

$$3) 800 - 100 \cdot 0,3 = 780$$

$$P_0 = 152 \text{ мм}$$

$$P_1 = P_0 + P = 800 \text{ мм рт.ст.}$$

$$\begin{array}{r} \times 136000 \\ 9048 \\ \hline 5496800 \\ 54400 \\ \hline 652800 \end{array}$$

$$6528 \text{ Па}$$

$$T = 373 \text{ К}$$

$$\frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{в}}} = 4$$

$$T = \text{const}$$

$$L = 0,4 \text{ м}$$

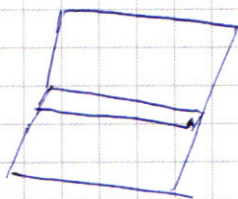
$$S = 25 \text{ см}^2 = 0,0025 \text{ м}^2$$

$$\frac{Mg}{S} = 9,02 P_0$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$1) m_1 ? m_2 ?$$

2)



$$\frac{10}{0,0025} = 2000$$

$$M = 0,5$$

$$T = \text{const}$$

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

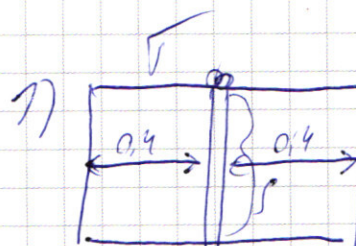
$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\frac{4}{7}$$

$$P = \frac{mRT}{\mu V}$$

конст.

$$\frac{P_0 + \frac{mRT}{\mu V}}{\frac{mRT}{\mu V}} = \frac{V_1}{V_2}$$



$$V = SL$$

$$L = \Delta L$$

$$L + \Delta L$$

$$SL = V_1 \left(\frac{P_0 + \frac{mRT}{\mu V}}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

2)

