

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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

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

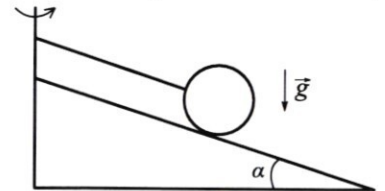
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

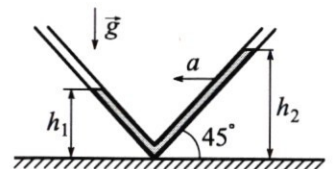
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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, а шар не отрывается от клина.

4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?



Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
 - 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.
- Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано: $v_0 = 8 \text{ м/с}$;

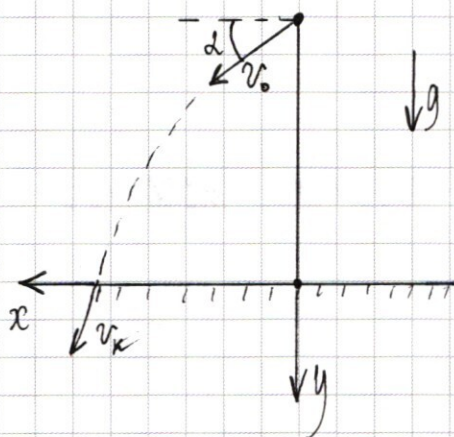
$\alpha = 60^\circ$

$v_k = 2,5 v_0$
— конечная скорость

1). $v_{yk} = ?$ — конечн. скорость по вертикали

2). $t = ?$ — время полета

3). $S_x = ?$ — горизонтальн. смещение



№1.

Решение:

1). т.к. камень все время приближ. к горизонтальной поверхности, то его бросим „вниз“.

П.к. ускорение свободного падения постоянно, то направлено по оси y, то $v_x = \text{const} = v_0 \cos \alpha \Rightarrow$

v_x — х-овая компонента скорости

$$\Rightarrow v_{yk}^2 = v_k^2 - v_x^2$$

$$v_{yk} = \sqrt{v_0^2 \cdot (2,5^2 - \cos^2 \alpha)} = \sqrt{v_0^2 \cdot (2,5 - \cos \alpha)(2,5 + \cos \alpha)} = 8 \cdot \sqrt{2 \cdot 3} = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$$

2). П.к. движение равноускоренно, то $v_{yk} = v_{0y} + gt$
 $t = \frac{v_{yk} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{8\sqrt{6} - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5}$

$= \frac{2\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} - 1}{5} = \frac{2\sqrt{6} - 1}{5} \approx 1,264 \text{ с}$

3). $S_x = v_x t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,264 = 4 \cdot 1,264 = 5,056 \text{ м} = 8\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{2} - 1}{5}$

Ответ: 1). $v_{yk} = v_0 \sqrt{(2,5 - \cos \alpha)(2,5 + \cos \alpha)} \approx 19,6 \text{ м/с}$; $t = \frac{v_{yk} - v_0 \sin \alpha}{g} \approx 1,264 \text{ с}$

3). $S_x = v_0 \cos \alpha \cdot t \approx 5,056 \text{ м} = 8\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{2} - 1}{5}$ 2). $t = 2\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{2} - 1}{5}$



из того, что ^{каждый блок} ~~каждый~~ весовы, тем в блоке нет, то расставим мы, действующие на них силы.

1. По II эк. Каноника для Оу.

$$m_{dy} = N - Mg - P$$

$$a_y = 0 \Rightarrow N = M_g + P = M_g + mg = 6 \text{ mg}$$

2). ~~В~~^В ~~то~~^{т.} ~~и~~^{к.} при F_0 блок начинает двигаться, то

$$F_{mp} = \mu N, \text{ а } a_x = 0 \text{ (из того, что } F_0 = \min) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{mp} = F_o$$

$$F_0 = \mu N = 6 \mu mg$$

3). $F > F_0 \Rightarrow d_x = \frac{F - F_{\text{max}}}{6mg}$ на II зк. Горизонтально

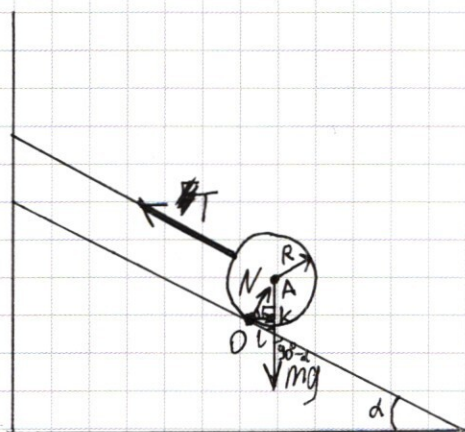
$F = \text{const} \Rightarrow a = \text{const} \Rightarrow S = \frac{v_k^2}{2a_x}$, где v_k — конечная скорость $\Rightarrow$

$$\Rightarrow v_k = \sqrt{2a_x s} = \sqrt{2s \cdot \left(\frac{F}{\sin \theta} - \mu \right)}$$

Answers: 1). 6 mg; 2). 6 μ mg; 3). $\sqrt{2S(\frac{F}{6mg} - \mu)}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1).

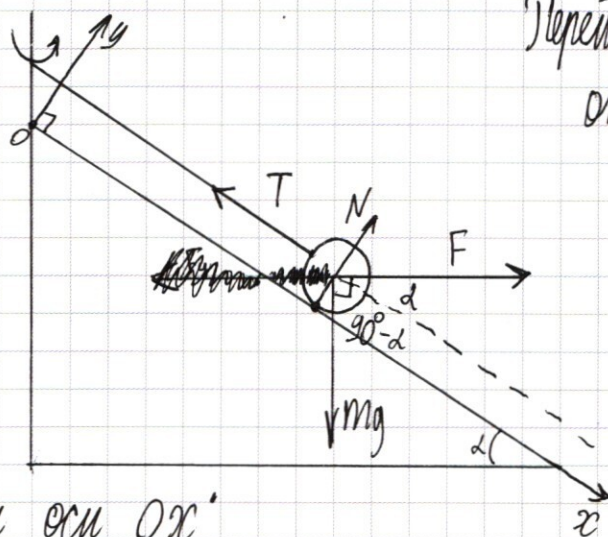


$$l_{mg} = R \cdot \sin \angle OAK = R \cdot \sin(\alpha) = R \cdot \sin \alpha$$

$$RT = mg R \sin \alpha$$

$$T = mg \sin \alpha$$

2).



Для оси Ox'

$$F \cos \alpha + mg \sin \alpha - T = 0$$

№ 3.

Рассмотрим силы на шар.
П.к. поверхность клина гладкая,
то силы трения нет.

Тогда по прав. мом. отн. O:

$$RT = mg l_{mg}$$

$$l_T = mg l_{mg}$$

$l_T = R$, т.к. N, mg, T перпендикулярны
в центре отн. шара по прав.
мом (и из усл. равновесия), нить
поверхности клина.

Перейдем в неинерциальную систему
отсчета, вращ. с $\omega \Rightarrow$ возникает

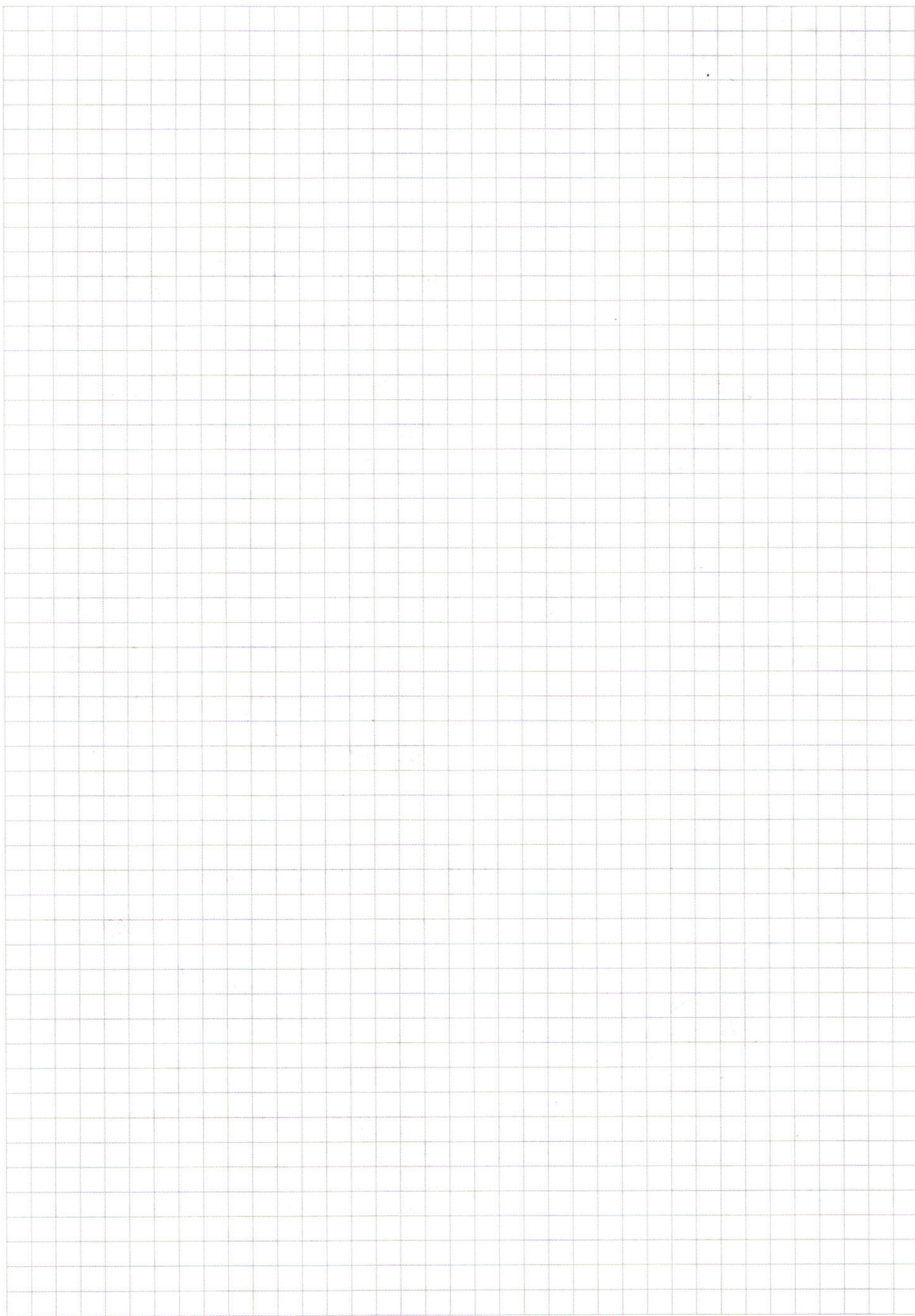
$$\text{сила } F = \omega^2 l_{\omega \text{ оси}} m$$

$l_{\omega \text{ оси}}$ — расстояние от центра
шара до оси, ω

Суммарно ускорения нет $\Rightarrow$

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

Она есть т.к. шар не отр.
от клина.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

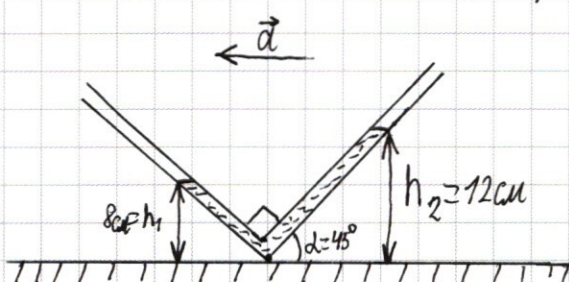
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m\omega^2 l_{\text{гориз}} + mg \sin \alpha = T$$

$$l_{\text{гориз}} = (L + R) \cdot \cos \alpha \Rightarrow T = m(\omega^2(L + R) \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

Ответ: 1) $T = mg \sin \alpha$, 2) $T = m(\omega^2(L + R) \cos \alpha + g \sin \alpha)$.

№4.



1. Перейдем в инерциальную
с.о., движущуюся с $\vec{a}$. Тогда
трубка с жидкостью поко-
ится, но на каждый кусо-
чек массы dm действует сила
 $\vec{F} = -dm\vec{a} \Rightarrow$
 $\Rightarrow p_0 + \rho g h_1 + \frac{h_1}{\sin \alpha} \rho a + \frac{h_2}{\sin \alpha} \rho a - \rho g h_2 = p_0$
 $a (h_1 + h_2) = g (h_2 - h_1)$
 $a = g \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} =$
 $= \frac{12 - 8}{12 + 8} \cdot 10 = \frac{4}{20} \cdot 10 =$
 $= 2 \text{ м/с}^2$

Задание: 1). $a = g \frac{h_2 - h_1}{h_1 \tan \alpha + h_2 \tan \alpha} = 2 \text{ м/с}^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5.

Дано: $T = 95^\circ\text{C} = 368\text{K}$

$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$

$\mu = 18 \text{ г/моль}$

$\gamma = 4,7 \text{ раз}$

1) $\frac{P_n}{P_0} = ?$

2) $\frac{V_n}{V_0} = ?$

Решение:

1). По ур. Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \gamma RT$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$P_n = \frac{PM}{RT} \Rightarrow \frac{P_n}{P_0} = \frac{PM}{RT P_0} =$$

$$= \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} = \frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} \approx$$

$$\approx \frac{85 \cdot 18}{85 \cdot 36} \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-4}$$

2). процесс изотермический, ~~на~~ кар маслом $\Rightarrow p$ и $T \text{ const} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ из ур. Менделеева-Клапейрона $\frac{V_1}{V_2} = \frac{RT}{P} = \frac{V_2}{P} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ если $V \downarrow$ в γ , то γ тоже $\downarrow$ в γ . $\Rightarrow V_0 = \frac{(V - V_n) \mu}{P}$

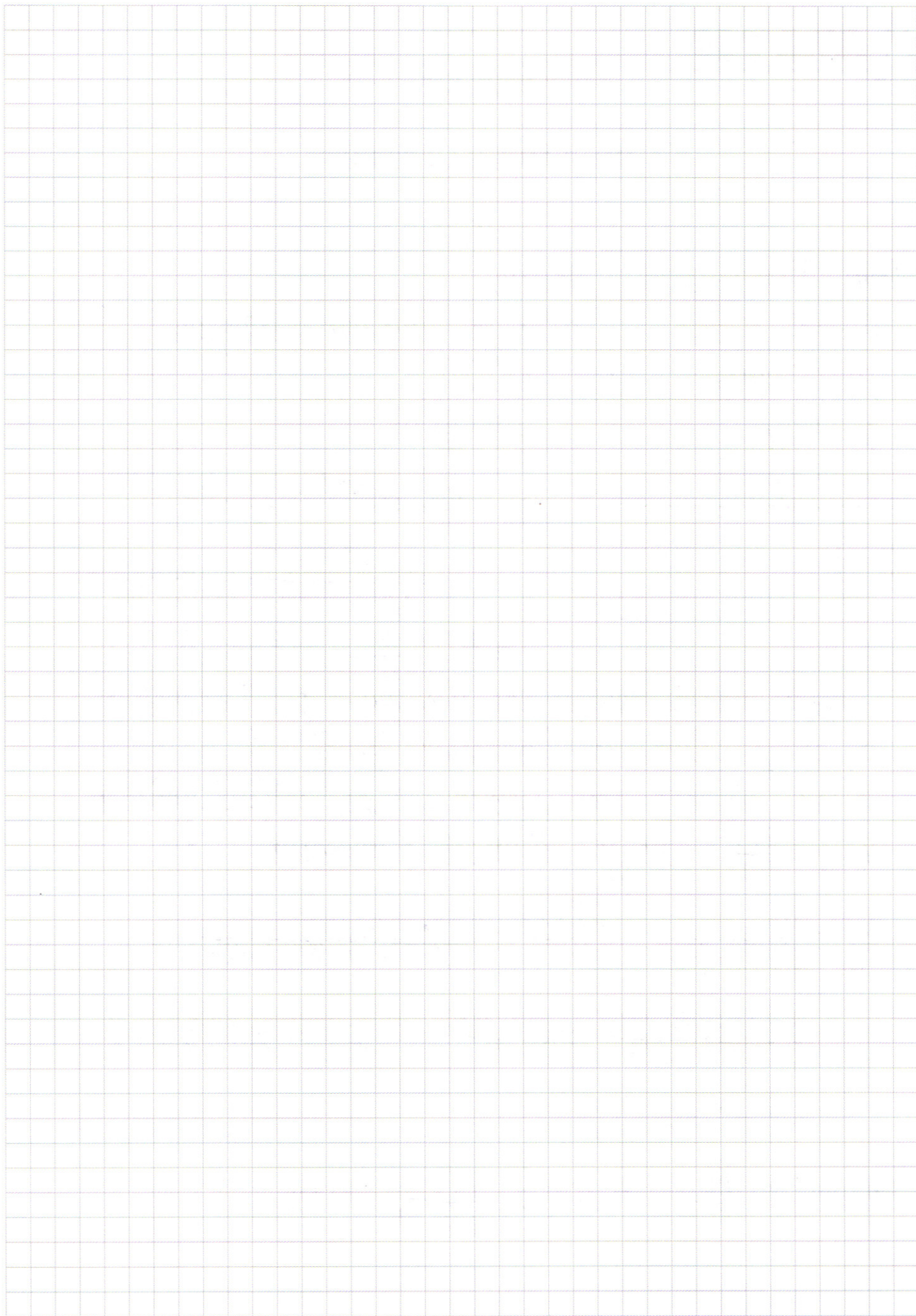
$V_n = \frac{V}{\gamma} = \frac{RT \gamma}{P \gamma} - \text{по ур. Менделеева-Клапейрона}$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{RT P}{P \gamma (1 - \frac{1}{\gamma}) \mu} = \frac{RT P}{P \mu (1 - \frac{1}{\gamma})} = \frac{8,31 \cdot 368 \cdot 1000}{8,5 \cdot 10^4 \cdot 4,7 \cdot (1 - \frac{1}{4,7}) \cdot 18 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= \frac{8,31 \cdot 368 \cdot 1000}{8,5 \cdot 3,7 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} \approx \frac{831 \cdot 1000}{85 \cdot 18} = \frac{831 \cdot 1000}{1530} \approx 831 \cdot \frac{2}{3} =$$

$$= 277 \cdot 2 = 554$$

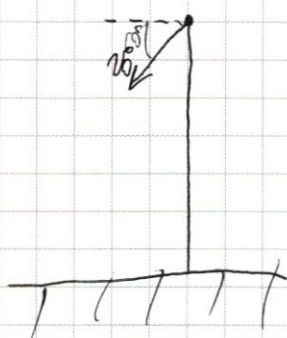
Ответ: 1) $\frac{PM}{RT P_0} \approx 5 \cdot 10^{-4}$; 2) $\frac{RT P}{P (\gamma - 1) \mu} \approx 554$.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_y^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 = v_0^2 (2,5 - \cos \alpha)(2,5 + \cos \alpha)$$

$$v_{0y} + gt = v_y$$

$$t = \frac{-v_0 \sin \alpha + v_y}{g}$$

$$S = v_0 \cos \alpha t$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg + a}{S} = pg$$

$$p_A = pgh_2 + pgh_1 = pgh_1 + pgh_1$$

$$g(h_2 - h_1) = -a(h_2 + h_1)$$

$$pgh_2 + pgh_1 + pgh_1 - pgh_1 = 0$$

$$g(h_2 - h_1) = -a(h_2 + h_1)$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times 18 \\ \hline 360 \\ + 810 \\ \hline 810 \end{array}$$

$$2,5^2 = 6,25$$

$$\begin{array}{r} 124 \\ \times 24 \\ \hline 496 \\ + 2480 \\ \hline 2992 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1245 \\ \times 245 \\ \hline 4980 \\ + 24900 \\ + 124500 \\ \hline 305025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 34 \\ \times 245 \\ \hline 1960 \end{array}$$

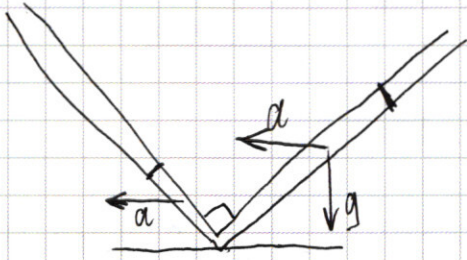
$$\begin{array}{r} 144 \\ \times 144 \\ \hline 696 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1264 \\ \times 1264 \\ \hline 5056 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ \times 174 \\ \hline 174 \\ + 1248 \\ + 6196 \\ \hline 9064 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ \times 175 \\ \hline 175 \\ + 2000 \\ + 20000 \\ \hline 50625 \end{array}$$

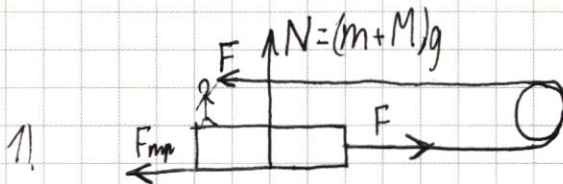
$$\begin{array}{r} 30246 \end{array}$$



$$1) p_0 + \rho g h_2 + \rho a h_2 + \rho a h_2 - \rho g h_1 = p_0$$

$$|\alpha| = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} = 10 \cdot \frac{4}{20} = 2 \text{ m/s}^2$$

2)



1)

$$2) F_0 = F_{fr} = N\mu = 6mg\mu$$

$$3) a = \frac{F - F_{fr}}{6m}$$

$$\frac{v^2}{2a} = S$$

$$v = \sqrt{2aS}$$

$$pV = \text{const}$$

$$\rho p \cdot \frac{V}{\rho} = \text{const}$$

$$\rho RT = \text{const}$$

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

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

$$Q = 0$$

$$\Delta U = A$$

$$T = \text{const}$$

$$pV = TR$$

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0$$

$$pV = nRT$$

$$pV = nRT$$