

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

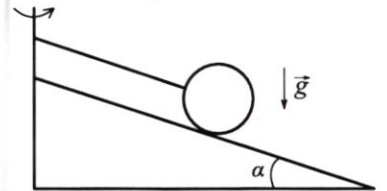
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



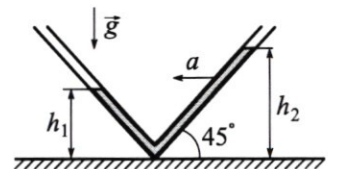
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой F_0 надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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 коленах трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.



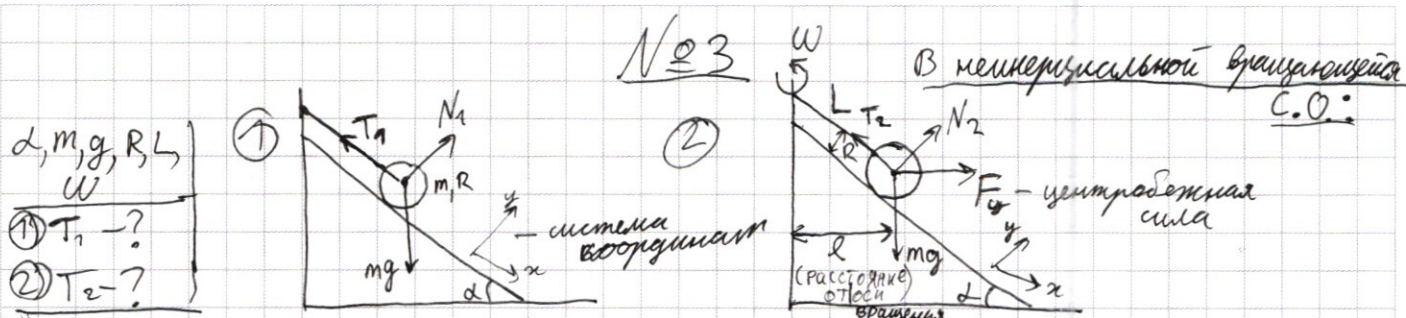
- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

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

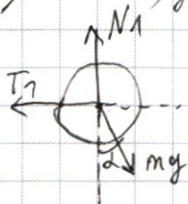
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



① Рассмотрим силы, действ. на шар:



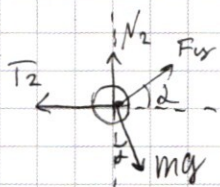
т.к. нет ускорения, то силы по оси x компенсированы:

$$T_1 = \sin \alpha mg.$$

②

а) $F_{ц} = ma_{ц} = m \omega^2 l = m \omega^2 \cos \alpha (L+R)$

б) Аналогично ①:



по оси x : $T_2 = \cos \alpha F_{ц} + \sin \alpha mg$

$$T_2 = m (\cos^2 \alpha \cdot \omega^2 (L+R) + \sin \alpha g).$$

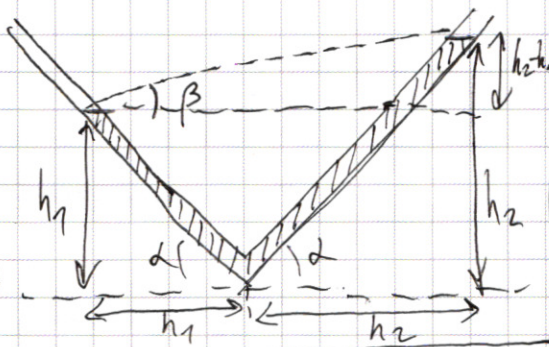
Ответ: 1) $\sin \alpha mg$

2) $\sin \alpha mg + \cos^2 \alpha m \omega^2 (L+R)$

N 4

$\alpha = 45^\circ$
 $h_1 = 8 \text{ см}$
 $h_2 = 12 \text{ см}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

- 1) α - ?
 2) V_{max} - ?
 $a \rightarrow 0$



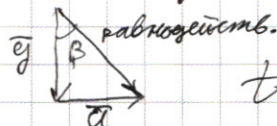
Известно, что горизонтальность (в равновесии) перпендикулярна равнодействующей ускорения в системе. Значит ускорение $(\vec{g} + \vec{a})$ направлено под углом β к вертикали.

Из рисунка видно, что

$$\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{1}{5}$$

(в случае $\alpha \neq 45^\circ$ записать h_1, h_2 как $\sin \alpha, \cos \alpha$).

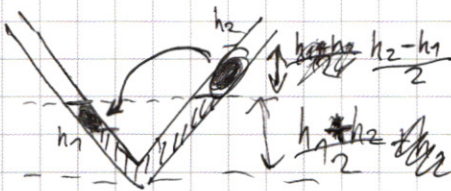
Получается, что:



$$\tan \beta = \frac{a}{g}$$

Получается, что $a = \frac{1}{5}g = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

2) Когда сосуд перестанет ускоряться, то масса перейдет на одинаковые уровни в коленах $(\frac{h_1 + h_2}{2})$. При этом потенциальная (гравитационная) энергия системы уменьшится и перейдет в кинетическую. Максимальная скорость будет достигнута, когда уровни в коленах равны.



Путь s - мин. плотность массы по высоте.

После остановки произойдет

"виртуальное перемещение" массы на высоту $\frac{h_2 - h_1}{2}$.

В результате изменение пот. энергии $\Delta W = \rho \cdot \frac{(h_2 - h_1)^2}{4} \cdot g$,
масса всего масса

А кинетическая увеличится: $\rho \cdot \frac{(h_1 + h_2)}{2} \cdot V^2 = \rho \cdot \frac{(h_2 - h_1)^2}{4} \cdot g$

$$V^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2}{2(h_1 + h_2)} \cdot g = 400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$V = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) $V_{\text{max}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = 368^\circ \text{ К}$$

$$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

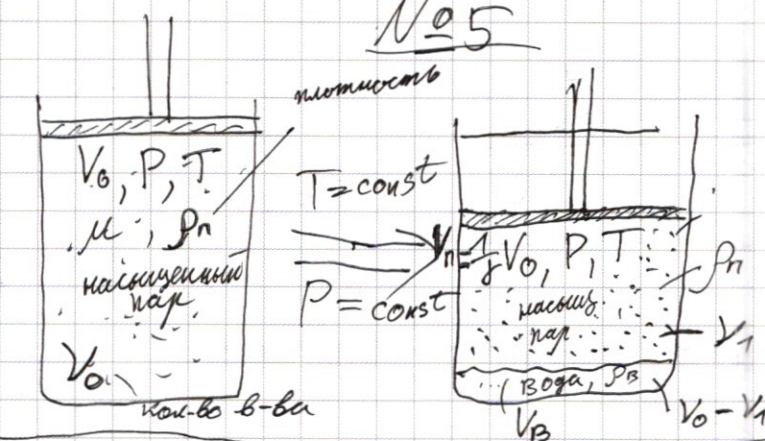
$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\gamma = 4,7$$

$$1) \frac{\rho_n}{\rho_B} - ?$$

$$2) \frac{V_n}{V_B} - ?$$



1) следует из закона Клайперона-Менделеева:

$$PV = \nu RT$$

$$\rho = \frac{\mu P}{RT}$$

$$\rho_n = \frac{\mu P}{RT} \approx 0,52 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_B} = 5,2 \cdot 10^{-4}$$

2) Так как пар насыщенный, то при данной температуре, его плотность не может увеличиваться, поэтому при сжатии давление остаётся постоянным, а «лишний» пар превращается в воду. жидкост.

по закону К-М: $V_0 - V_1 = V_0 - V_n = \frac{\mu}{\rho_B} T$

$$a) V_0 - V_1 = \frac{P}{RT} (V_0 - \frac{1}{\gamma} V_0) = \frac{\gamma-1}{\gamma} \cdot \frac{P V_0}{RT}$$

$$b) V_B = \frac{m_B}{\rho_B} = \frac{\mu (V_0 - V_1)}{\rho_B}$$

$$b) \frac{V_n}{V_B} = \frac{\frac{1}{\gamma} V_0}{\frac{\mu}{\rho_B} \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma} \cdot \frac{P}{RT} \cdot V_0} = \frac{\rho_B}{(\gamma-1) \frac{\mu P}{RT}} = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{3,7 \cdot 0,52 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 343$$

Ответ: 1) $5,2 \cdot 10^{-4}$
2) 343

$$V = 2,5 V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_0 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

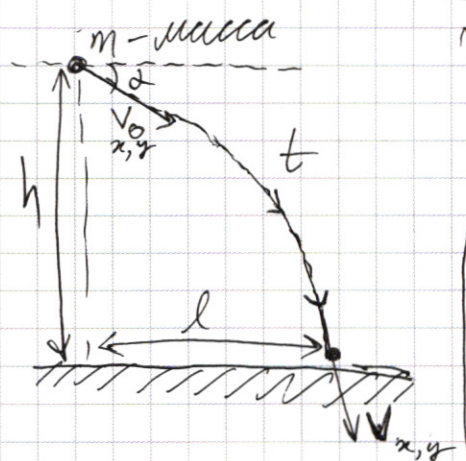
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$1) V_y - ?$$

$$2) t - ?$$

$$3) l - ?$$



№1

$$I) \text{ЗЦЗ: } mgh = \frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2}$$

$$h = \frac{V^2 - V_0^2}{2g} = \frac{336 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 16,8 \text{ м}$$

$$II) \begin{cases} V^2 = V_x^2 + V_y^2 \\ V_x^2 = V_0^2 = (\cos \alpha V_0)^2 - \text{т.к. ускорение только вниз} \end{cases}$$

$$V_y^2 = V^2 - \cos^2 \alpha V_0^2 = 184 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$V_y = 2\sqrt{46} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 13,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

IV) уравнение равноускоренного движения:

$$h = \sin \alpha V_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

$$\frac{g}{2} t^2 + (\sin \alpha V_0) t - h = 0$$

$$D = \sin^2 \alpha V_0^2 + 2gh = \frac{8}{9} V_0^2 + 2gh$$

$$t = \frac{\sqrt{\frac{8}{9} V_0^2 + 2gh} - \sin \alpha V_0}{g} = \frac{4\sqrt{8+336} - 4\sqrt{8}}{10} = \frac{\sqrt{334} - 4\sqrt{2}}{10}$$

$t = \dots$ — не подходит (меньше нуля)

$$III) t = \frac{-V_y + V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{-13,4 + 8}{10} \text{ с} = 0,64 \text{ с}$$

$$IV) l = V_0 \cos \alpha \cdot t = 2,56 \text{ м}$$

Ответ: 1) $13,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $0,64 \text{ с}$

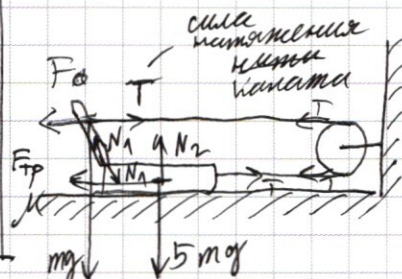
3) $2,56 \text{ м}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

μ, m, S, g

- 1) N_2 - ?
- 2) F_0 - ?
- 3) $v_{\max}(F)$ - ?



1) т.к. единственные силы с вертикальной компонентой, которые действуют на систему "человек-ящик" — это сила тяжести и сила реакции опоры:

II закон Ньютона: $N_2 - 6mg = 6m \cdot \ddot{y}$
по оси y

$$N_2 = 6mg.$$

$$F_{TP} = 6\mu mg$$

2) III закон Ньютона: $T = F_0$

Поскольку канат невесом и нерастяжим, то сила натяжения везде равна.

На ^{движущуюся} систему "человек-ящик" действует сила

$$2F_0 - F_{TP} = 2F_0 - 6\mu mg$$

$$F_0 = \min(F) = 3\mu mg.$$

3) Если ящик пройдёт расстояние S то совершённая над системой работа будет $(2F - 6\mu mg)S$.

$$\text{ЗСЭ: } E_{\text{кин}} = A$$

$$(m+m) \frac{6m \cdot V^2}{2} = (2F - 6\mu mg)S$$

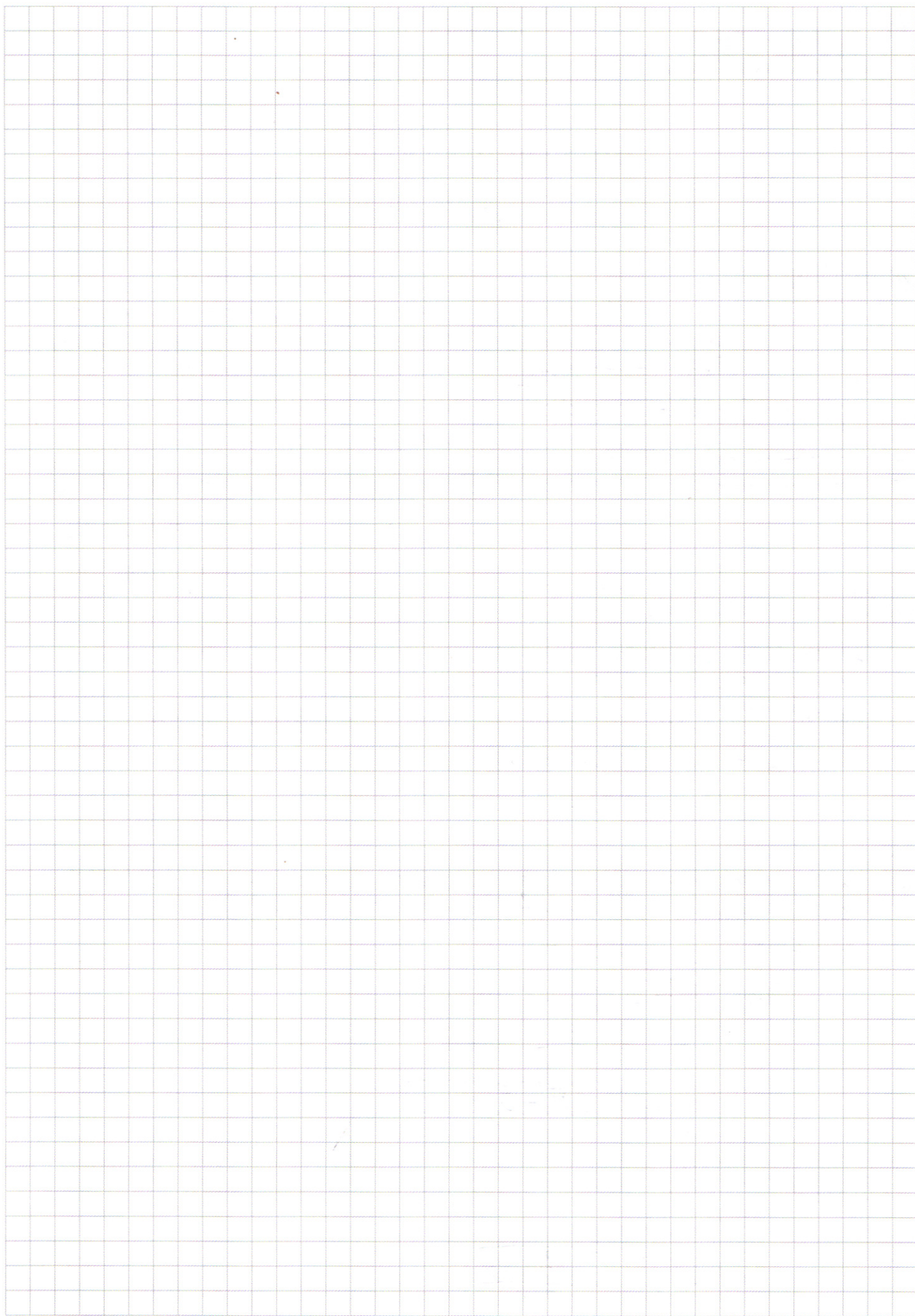
$$V^2 = \frac{2}{3} \frac{F}{m} - 2\mu g S$$

$$V = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{F - 3\mu mg S}{m}}$$

Ответ: 1) $6\mu mg$

2) $3\mu mg$

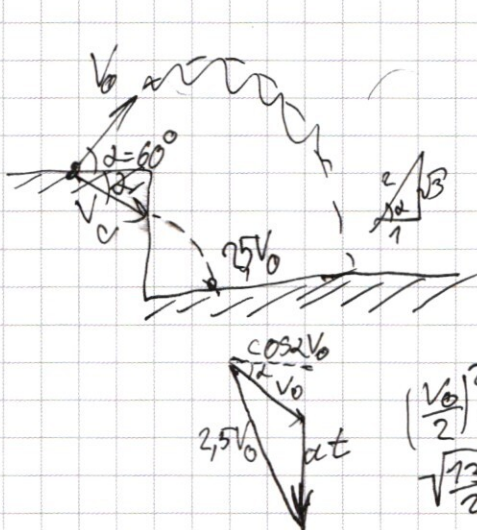
$$3) \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{F - 3\mu mg S}{m}}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

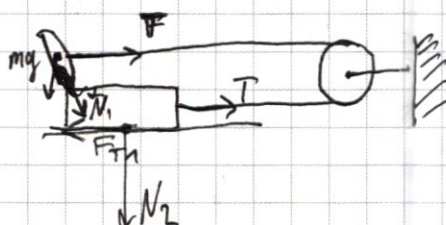
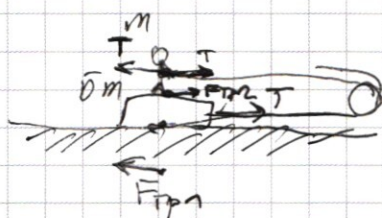
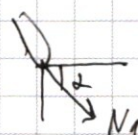


$$\begin{aligned} mgh &= \frac{(2.5V_0)^2}{2} - \frac{V_0^2}{2} \\ 2gh &= 6.25V_0^2 - V_0^2 \\ 2gh &= 5.25V_0^2 \quad gh = \\ h &= \frac{5.25V_0^2}{2g} \\ \left(\frac{V_0}{2}\right)^2 + \left(\frac{5}{2}V_0\right)^2 &= (at - \frac{\sqrt{3}}{2}V_0)^2 \\ \sqrt{\frac{13}{2}}V_0 &= (at - \frac{\sqrt{3}}{2}V_0) \end{aligned}$$

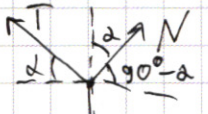
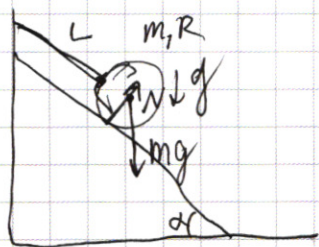
$$\begin{aligned} V_1^2 &= \frac{25}{4}V_0^2 = \frac{25}{4}(V_{0x}^2 + V_{0y}^2) = V_{0x}^2 + V_{1y}^2 \\ V_{1y}^2 &= \frac{25}{4}V_0^2 - \cos^2 V_0^2 = \\ \frac{25}{4} \cdot 400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - \frac{1}{4} \cdot 64 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} &= 384 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 384 \\ 192 \\ \hline 192 \\ 192 \\ \hline 384 \end{array}$$

$N_0 = 2$



$$\begin{aligned} \mu N_2 &= T + \cos 2 N_1 \\ T &= \cos 2 N_1 \\ N_2 &= 5mg + \sin 2 N_1 \\ 5ma &= 2T + \mu N_2 - 5mg \end{aligned}$$



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

$$\cos \alpha T = \sin \alpha N$$



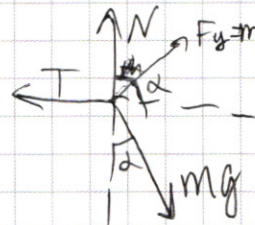
$$a_y = \omega^2 R$$

$$a_y = \omega^2 \cdot \cos \alpha L$$

$$\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} T + \sin \alpha T = mg$$

$$\left(\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \sin \alpha \right) T = mg$$

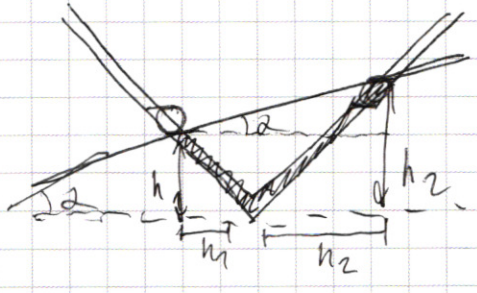
$$T = \sin \alpha mg$$



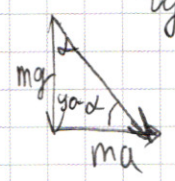
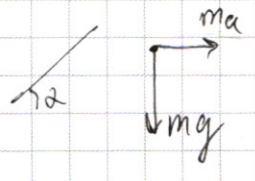
$$\cos \alpha m \omega^2 \cos \alpha L + \sin \alpha mg = T$$

$$T = \sin \alpha mg + \cos^2 \alpha m \omega^2 L$$

N = 4

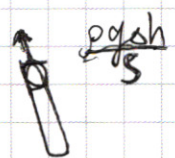
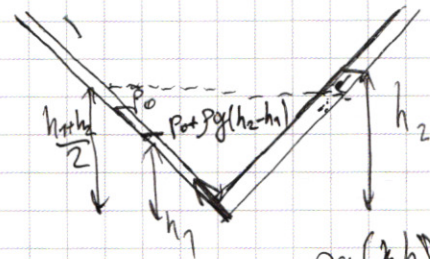


$$\tan \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5}$$



$$\tan \alpha = \frac{a}{g} = \frac{1}{5}$$

$$a = \frac{1}{5}g = 2 \frac{m}{s^2}$$



$$h_2 - h_1 = 4$$

$$pg(\Delta h) \cdot S = ma$$

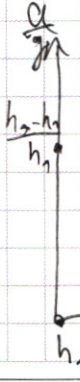
$$pg \Delta h \cdot S = m \rho h_1 \cdot S \cdot a$$

$$g(h_2 - h_1) = h_1 \cdot a$$

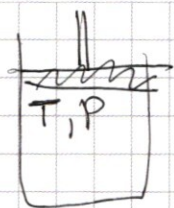
$$a = \frac{h_2 - h_1}{h_1} g$$

$$\Delta W = \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \cdot S \cdot \rho \right) g \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right) = \frac{h_2 - h_1}{4} \cdot \rho S g = \Delta E = \rho (h_1 + h_2) S \frac{V^2}{2}$$

$$V^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2}{4(h_1 + h_2)} g$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} = 0,85 \text{ атм}$$

$$\Gamma = \text{const}$$

$$PV = \nu RT$$

$$P \cdot \frac{m}{\rho} = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\rho = \frac{\mu P}{RT} = \frac{18 \cdot 0,018 \cdot 85000}{18,31 \cdot 368} =$$

$$= \frac{18 \cdot 0,5}{18,31 \cdot 368} = \frac{1530}{2944} \approx 0,52 \frac{\text{мг}}{\text{см}^3}$$

$$\begin{array}{r} 184 \overline{) 2} \\ 92 \overline{) 2} \\ 46 \overline{) 2} \\ 23 \overline{) 23} \\ 1 \end{array}$$

$$\sqrt{184} \approx 13,56$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 95 \\ \hline 368 \\ 184 \\ \hline 552 \\ + 85 \\ \hline 637 \\ 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 8,31 \\ \cdot 368 \\ \hline 26648 \\ + 4986 \\ \hline 2493 \\ 30580,8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 56 \\ \cdot 368 \\ \hline 3368 \\ 384 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15300 \\ \cdot 10 \\ \hline 153000 \\ 2944 \overline{) 153000} \\ 2944 \overline{) 14720} \\ 356 \overline{) 14720} \\ 422 \\ \hline 2944 \\ 2866 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 153000 \\ + 2944 \\ \hline 14720 \\ 5888 \\ \hline 2944 \\ 2866 \end{array}$$

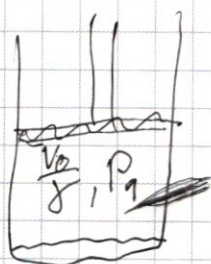
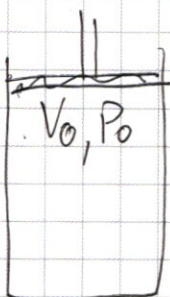
$$\frac{0,52}{1000} = 5,2 \cdot 10^{-4}$$

$$PV = \text{const}$$

$$P_{\text{пара}}$$

$$P \quad 1$$

$$67,7$$



$$P_1 \frac{V_0}{\rho} = P_0 V_0$$

$$P_1 = \rho P_0$$

$$P_0 V_0 = \nu_0 RT$$

$$P_1 \frac{V_0}{\rho} = \nu_1 RT$$

$$P_1 \rho \mu = P_1 RT$$

$$\nu_{\text{вогн}} = \frac{\mu (V_0 - V_1)}{\rho_0}$$

$$\nu_1 = \frac{V_0}{\rho}$$

$$\frac{V_0 \cdot \rho_0}{\rho \mu (V_0 - V_1)}$$

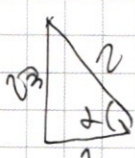
$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

$$PV = \nu RT$$

$$P \mu = P RT$$

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

$$(V_0 - V_1) RT = (P_0 - \frac{P_1}{\rho}) V_0$$



$$\cos 45 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$200 - \frac{1}{4} \cdot 64 = 166$$

$$\approx 184$$

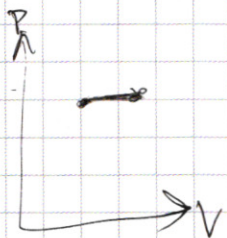
$$\begin{array}{r} 294400 \\ \cdot 1530 \\ \hline 44160 \\ 30660 \\ 18710 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1270 \\ \cdot 13,7 \\ \hline 17110 \\ 160 \\ \hline 148 \\ 120 \\ \hline 1720 \\ 343,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 6,7 \\ \cdot 6,7 \\ \hline 469 \\ 336 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 402 \\ \cdot 44,89 \\ \hline 17966 \\ 1618 \\ \hline 1808 \\ 4624 \\ \hline 17872 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13,4 \\ \cdot 2 \\ \hline 26,8 \end{array}$$



$$PV = \nu RT$$

$$\rho = \frac{\mu P}{RT}$$

$\gamma = 4,7$

$$\frac{V_0}{\gamma} = \frac{m}{\rho}$$

$$1 - \frac{1}{\gamma} = \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

$$\Delta m = \rho \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} V_0 \right)$$

$$\frac{\frac{1}{\gamma} V_0}{\frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\gamma - 1}{\gamma} V_0} = \frac{\rho_B}{\rho_0 (\gamma - 1)}$$