

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.

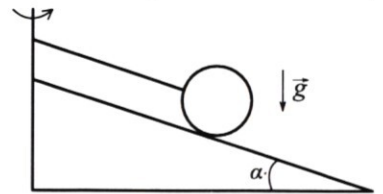
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

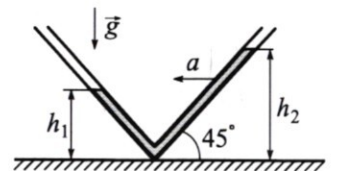
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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»)?

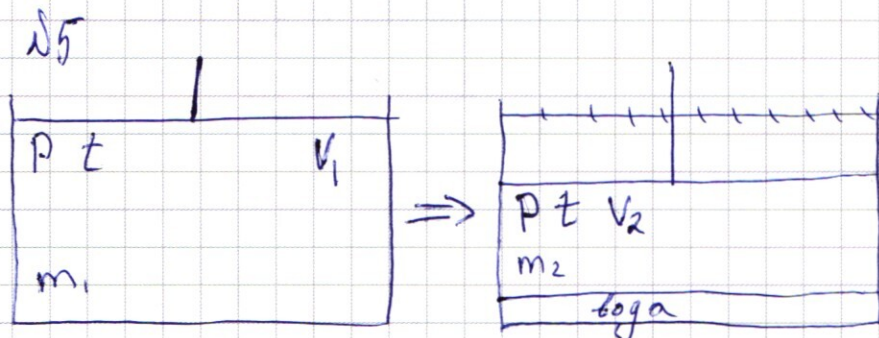
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



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



2

$$PV = \nu R t$$

m_1 - масса пара изначально.

m_2 - масса пара после.

$$PV_1 = \frac{m_1}{\mu} R t$$

$$PV_2 = \frac{m_2}{\mu} R t$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow \frac{m_1}{V_1} = \frac{m_2}{V_2} \Rightarrow \rho_1 = \rho_2 - \text{плотность пара постоянна.}$$

ρ_p - плотность пара

$p = \text{const}$, т.к. пар остается насыщенным.

$$\rho_p = \frac{m_1}{V_1} = \frac{p \mu}{R t} \Rightarrow \rho_p = \frac{p \mu}{R t} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} = \frac{3058}{1530 \cdot 10^3} = \frac{2}{1000} = 0,002$$

$$\rho_p = \frac{m_1}{V_1} = \frac{p \mu}{R t} \Rightarrow \rho_p = \frac{p \mu}{R t} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} = \frac{1530}{3058 \cdot 1000} = 0,0005$$

$$V_1 = 4 V_2$$

$$\rho V_1 = \frac{m_1 - m_2}{\rho}$$

$$m_1 = \frac{p V_1 \mu}{R t}$$

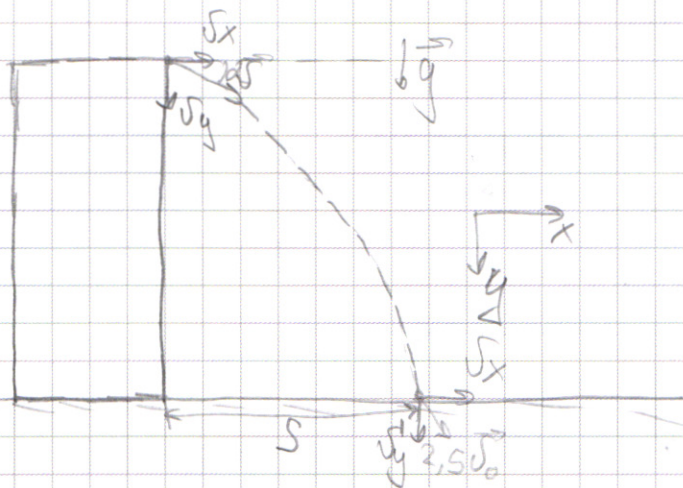
$$m_2 = \frac{p V_2 \mu}{R t}$$

$$\Rightarrow m_1 - m_2 = \frac{p \mu}{R t} (V_1 - V_2) = \frac{p \mu}{R t} V_2 (4 - 1)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_2 R t}{p \mu V_2 (4 - 1)} = \frac{R t}{p \mu (4 - 1)} = \frac{8,31 \cdot 368 \cdot 1000}{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018 \cdot 3,7} = \frac{3058 \cdot 1000}{1530 \cdot 3,7} = 540$$

Ответ: $5,5 \cdot 10^4$; 540

51



Т.к. камень бросили так, что
он все время приближался
к горизонту поверхности
земли, то траектория
выглядит так

Введем СК Oxy.

v_x - не изменяется, т.к. нет никаких сил/ускорений.

$$v_x = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$(2,5v_0)^2 = v_x^2 + v_y'^2 \Rightarrow v_y' = \sqrt{6,25v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{6'}$$

$$v_y' = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{6'} = 19,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha$$

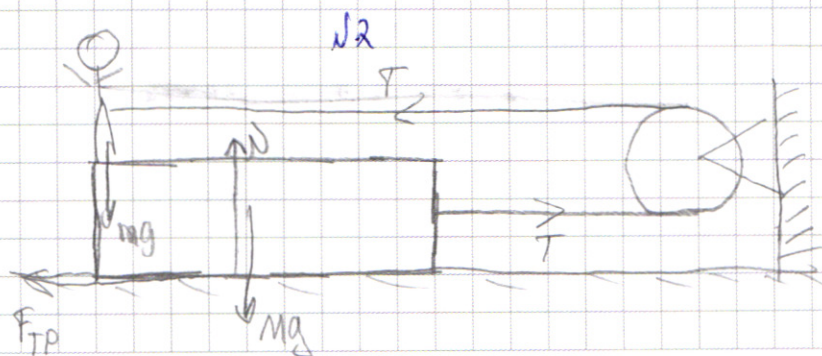
$$\sqrt{6'} \sim 2,45$$

$$t = \frac{\Delta v_y}{g} = \frac{v_y' - v_y}{g} = \frac{v_0 \sqrt{6'} - v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{v_0 \frac{2\sqrt{6'} - \sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{v_0 \frac{2\sqrt{6'} - \sqrt{3}}{20}}{10} = \frac{v_0 \sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1)}{20} =$$

$$= 8 \frac{1,73(2 \cdot 1,41 - 1)}{20} = 1,3 \text{ с}$$

$$S = t \cdot v_x = t \cdot v_0 \cos \alpha = t \cdot 4 = 1,3 \cdot 4 = 5,2 \text{ м}$$

ответ. $19,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $1,3 \text{ с}$; $5,2 \text{ м}$



$$P = N = g(h + m) = 6 \text{ мН}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$F = \mu mg = 6 \text{ мН}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

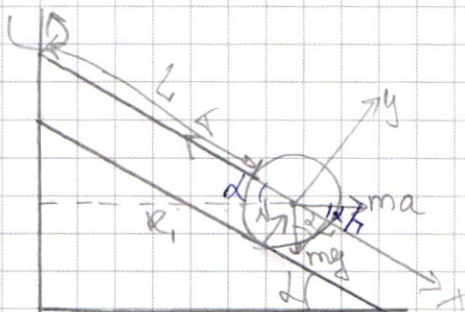
$$6ma = F - F_0$$

$$a = \frac{F - F_0}{6m}$$

$$\frac{v^2}{2a} = s \Rightarrow s = \sqrt{2as} = \sqrt{\frac{F - \mu mg}{6m} 2s} = \sqrt{(F - \mu g) 2s}$$

Ответ: $6mg$; $6\mu mg$; $\sqrt{(F - \mu g) 2s}$

S_3



Введем СК ОХУ:

$$\text{ОХ: } T = mg \sin \alpha$$

$$\underline{T = mg \sin \alpha}$$

Систему начинают вращать

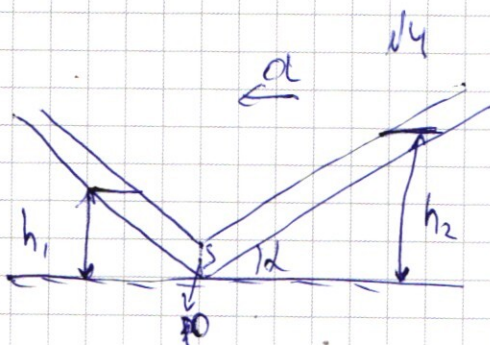
Правильнее так

$$a_{\text{ц}} = \omega R_1$$

$$R_1 = (L + R) \sin \alpha$$

$$\text{ОХ: } T = mg \sin \alpha + ma \cos \alpha = \underline{mg \sin \alpha + (L + R) \omega \cos^2 \alpha}$$

$$\text{Ответ: } mg \sin \alpha; \underline{mg \sin \alpha + (L + R) \omega \cos^2 \alpha}$$

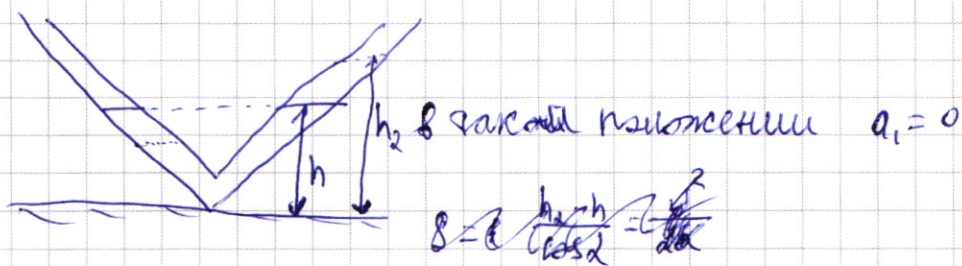


разница давлений в т.о. была бы равна $\rho \Delta h \rho g$ (если $a=0$, уровни жидкости остались)

$$S \cdot \cos \alpha \Delta h \rho g = m a \Rightarrow S \cos \alpha \Delta h \rho g = \rho (h_1 + h_2) \cos \alpha S a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta h g = (h_1 + h_2) a \Rightarrow a = g \frac{\Delta h}{h_1 + h_2} = g \frac{0,04}{0,2} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

максимальная скорость жидкости будет тогда, когда $a_1 = 0$
 a_1 - ускорение жидкости относительно трубки.



$$S = \frac{h_2 - h}{\cos \alpha} = \frac{v^2}{2a_{\text{ср}}}$$

~~$\frac{v^2}{2}$~~

$$S = \frac{h_2 - h}{\cos \alpha} = \frac{v^2}{2a_{\text{ср}}}$$

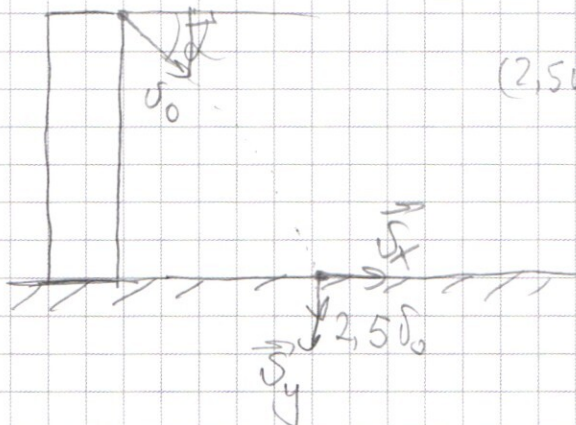
$$a_{\text{ср}} = \frac{a_2}{2} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\frac{0,2 - 0,1}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{0,2 \cdot 2}{\sqrt{2}} = \frac{v^2}{2} \Rightarrow S = \sqrt{\frac{0,8}{\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{8402}{2 \cdot 10}} = \sqrt{0,412} = 0,77 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $0,77 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V_0 \text{ const}$$

$$(2,50.)^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$$6,25 \sigma_0^2 = \sigma_0^2 \cos^2 \alpha + \sigma_y^2$$

$$v_y^2 = 6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 60^\circ$$

$$\sigma_y = 6,25 \sigma_0^2 - \sigma_0^2 \cdot 0,25 = 6 \sigma_0^2$$

$$V_4 = \sqrt{V_0 V_6} \quad 13 \sqrt{13}$$

$$24 = 576$$

$$V_0 \sin \alpha = V_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\Delta V = V_0 \sqrt{6} - V_0 \frac{\sqrt{3}}{2} = V_0 \left(\frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2} \right)$$

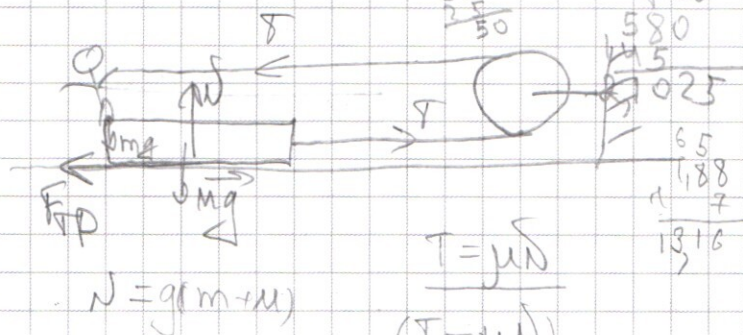
$$t = \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{20} \sqrt{6}$$

$$t \cdot \sqrt{g} \cdot \cos \alpha = \frac{2\sqrt{67} - \sqrt{37}}{40} \sqrt{g} \cdot \frac{1}{2}$$

52

$$\sqrt{2} = 1,45$$

20



$$T = \mu N$$

$$\frac{(T - \mu N)}{6M} = a$$

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

$$S = \sqrt{2aS'}$$

$$\sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1)$$

$$\begin{array}{r}
 1,44 \\
 1,44 \\
 \hline
 2,88
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 141 \\ 141 \\ \hline 141 \\ 264 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 141 \\ \hline 16881 \end{array}$$

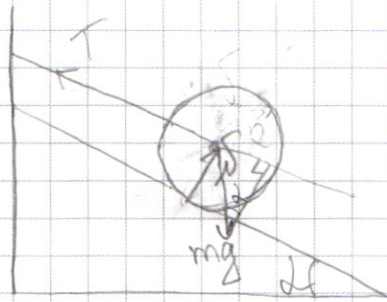
$$\begin{array}{r} 171 \\ \times 34 \\ \hline 684 \\ 5130 \\ \hline 5874 \end{array}$$

2 3 4 1

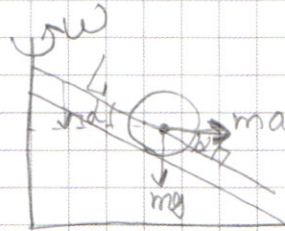
$$\begin{array}{r} 9,75 \\ \times 1,25 \\ \hline 4875 \\ 1950 \\ 9750 \\ \hline 121875 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ 122 \\ \hline 135 \end{array}$$

306



$$T = mg \sin \alpha$$

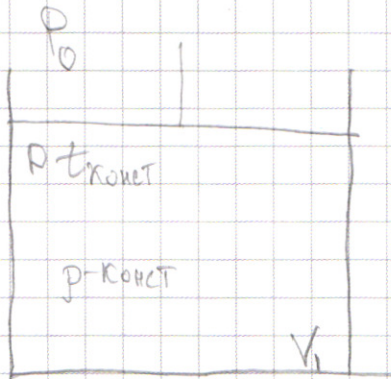


$$a = v \cos \alpha$$

$$L \cos \alpha$$

$$T = mg \sin \alpha + m v L \cos \alpha$$

$$a = \frac{d^2}{dt^2} = \omega^2 R \Rightarrow a = \omega R$$

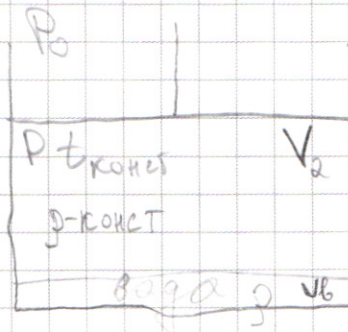


$$PV = DRT$$

$$\epsilon = 100\%$$

$$\frac{V}{m_1} = \frac{D}{\rho M}$$

$$\frac{RT}{PM}$$



$$PV_1 = D_1 RT \Rightarrow PV_1 = \frac{m_1}{M} RT$$

$$PV_2 = D_2 RT \Rightarrow PV_2 = \frac{m_2}{M} RT$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$V_0 = (m_1 - m_2) / \rho$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$V_0 = V_1 - V_2$$

$$V_0 = \frac{m_1 - m_2}{\rho}$$

$$PV_2 = \frac{m_2}{M} RT$$

$$PV_1 = \frac{m_1}{M} RT$$

$$m_2 = \frac{PV_2 M}{RT}$$

$$m_1 = \frac{PV_1 M}{RT}$$

$$\Delta m = \frac{PM}{RT} (V_1 - V_2)$$

$$= \frac{PM}{RT} 3,7 V_2$$

$$V_0 = \frac{PM \cdot 3,7 V_2}{RT}$$

$$\frac{V_0}{V_2} = \frac{PM \cdot 3,7}{RT}$$

$$\frac{PM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} = \frac{1,53 \cdot 10^{-6}}{3058,88} = 4,99 \cdot 10^{-7}$$

$$= \frac{3,7 \cdot 10^{-6}}{2} = 1,85 \cdot 10^{-6}$$

$$= \frac{PM}{RT} (V_1 - V_2) = \frac{8,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} (V_1 - V_2)$$

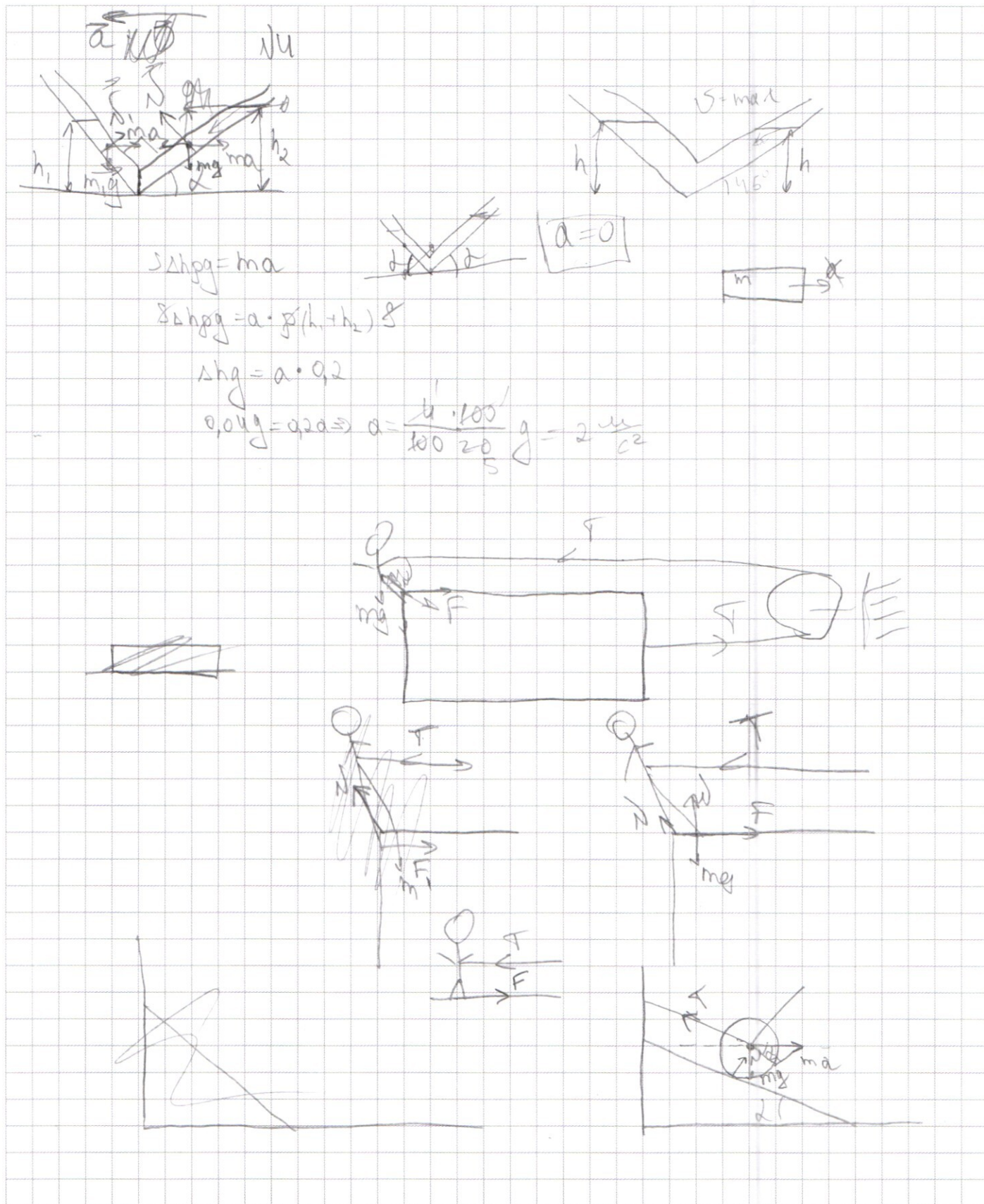
$$= \frac{PM}{RT} 3,7 V_2$$

$$V_0 = \frac{PM \cdot 3,7 V_2}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,018 \cdot 3,7 V_2}{8,31 \cdot 368} = \frac{1,53 \cdot 10^{-6} \cdot 3,7 V_2}{3058,88} = 1,85 \cdot 10^{-6} V_2$$

$$\frac{V_0}{V_2} = \frac{PM \cdot 3,7}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,018 \cdot 3,7}{8,31 \cdot 368} = 1,85 \cdot 10^{-6}$$

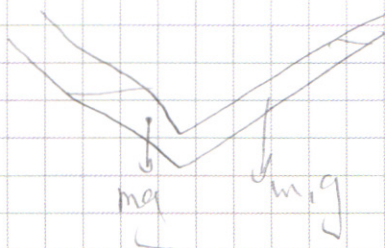
$$= \frac{1,53 \cdot 10^{-6} \cdot 3,7}{3058,88} = 1,85 \cdot 10^{-6}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\Delta h \rho g = m a$
 $\Delta h \rho g = a \cdot \rho (h_1 + h_2) S$
 $\Delta h g = a \cdot 0,2$
 $0,04 g = 0,2 a \Rightarrow a = \frac{0,04 \cdot 100}{20} g = 2 \frac{m}{c^2}$

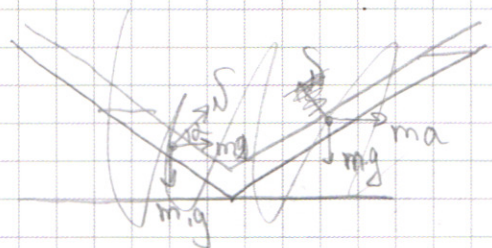
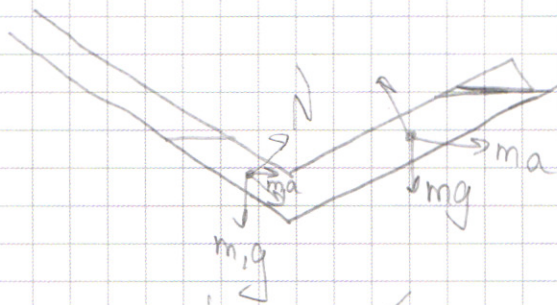
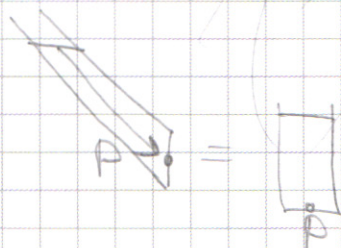
$a = 0$
 $v = \max$
 145°
 m
 F
 T
 mg
 ma
 $2F$



$$\cancel{m_1 g \frac{h_1}{2}} = \cancel{\rho h_2 S g \frac{h_2}{2}}$$

$$\cancel{m g \frac{h_1}{2}} = \rho h_1 S g \frac{h_1}{2}$$

$$\left. \begin{matrix} m_1 g \frac{h_1}{2} \\ m g \frac{h_1}{2} \end{matrix} \right\} \Rightarrow \rho h S g h$$



$$mg = ma$$



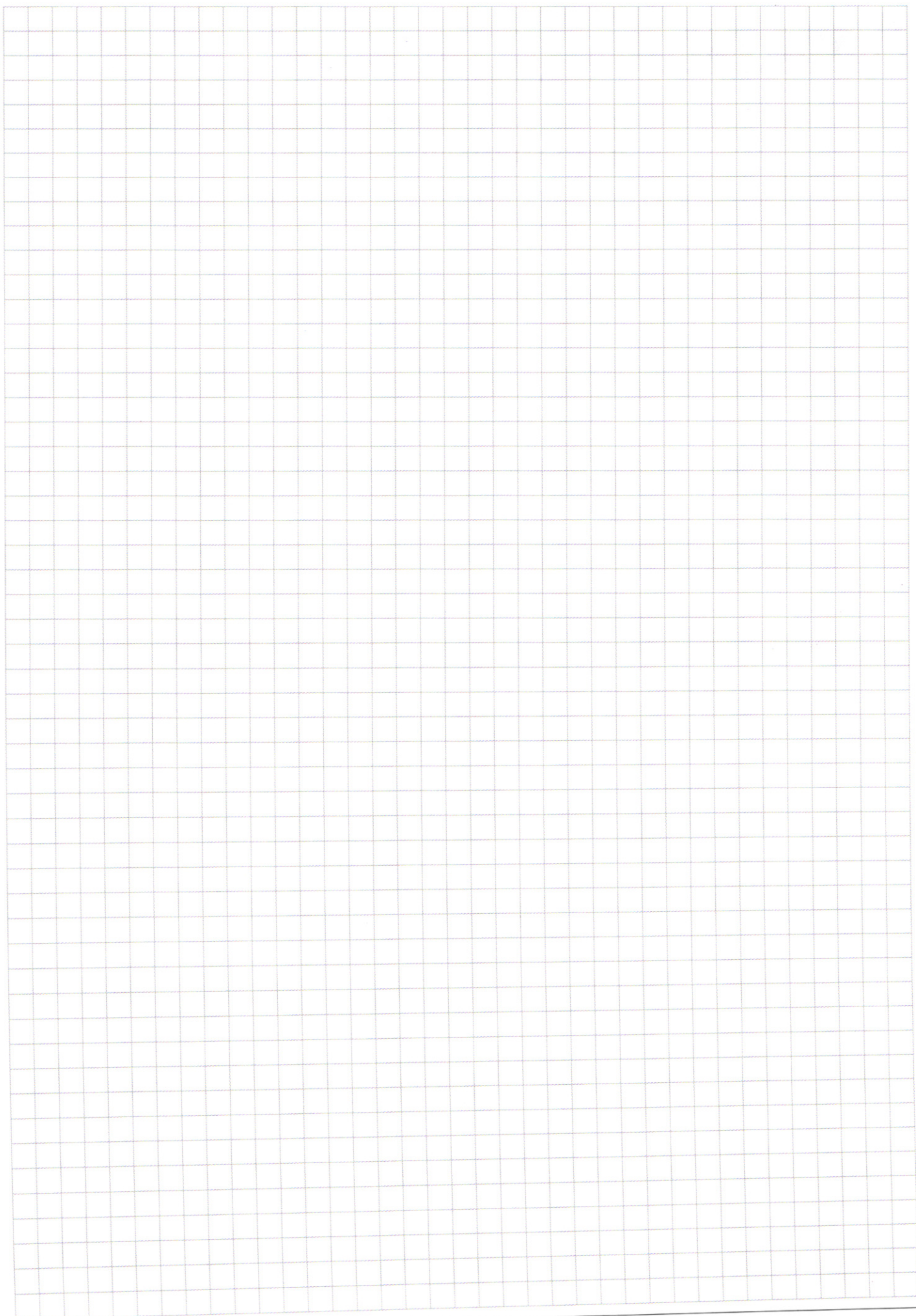
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)