

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-02

Класс 10

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

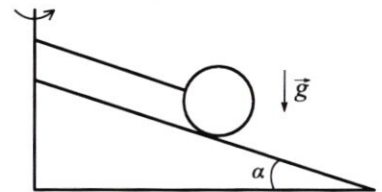
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 2m$. 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) За какое время 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.

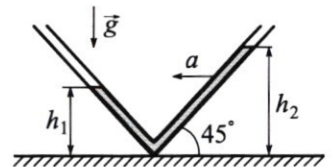


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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 с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

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

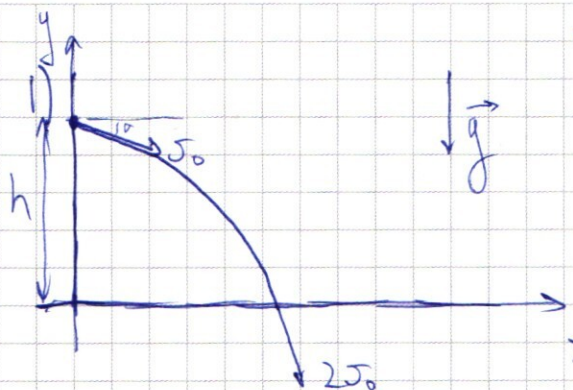


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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 $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Т.к. тело все время приближается к поверхности, то v ^{нам} v скорости направлена к земле, тогда:

$$v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

Перед ударом: $v_{x_{yy}}^2 + v_{y_{yy}}^2 = 4v_0^2$ $v_{x_{yy}} = v_0 \cos \alpha$

$$v_{y_{yy}} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = 10 \cdot \sqrt{\frac{13}{4}} \frac{m}{c} = 18 \frac{m}{c}$$

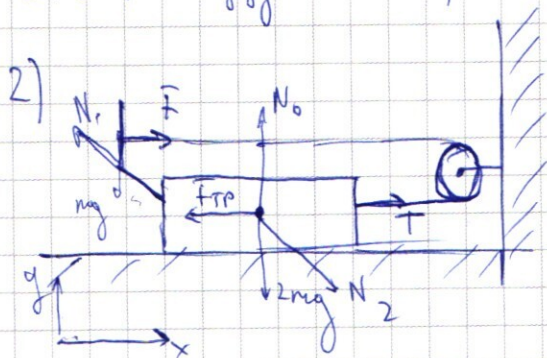
$$v_y = -v_0 \sin \alpha - gt \Rightarrow t = \frac{-v_0 \sin \alpha - v_{y_{yy}}}{g} = \frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} \approx 1,3 c$$

$y = -v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = -h$, где t найдем

$$h = \frac{v_0^2}{g} \left((\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha) \sin \alpha + \frac{4 - \cos^2 \alpha - 2\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} + \sin^2 \alpha}{2} \right)$$

$$h \approx 15 m$$

Ответ: $v_{y_{yy}} = -18 \frac{m}{c}$; $t \approx 1,3 c$, $h \approx 15 m$



$$1. |\vec{P}| = |\vec{N}_0|$$

$$N_0 = 2mg + N_{2y}$$

$$\text{по 3 3 Н } N_1 = N_2 \Rightarrow N_{1y} = N_{2y} \Rightarrow$$

где человека 25 Н на $0 y$

$$N_{1y} = mg$$

$$\Rightarrow P = N_0 = 3mg$$

2. Т.к. нет человека и трения вообще нет, то $|\vec{F}| = |\vec{T}| = F_0$

запишем 2ЗН на Ox для груза: $N_x + T - F_{TP} = 2mg$ | для человека на Ox : $T = N_x = F_0$

т.к. человек не прыгает, то $F_{TP} = 4N_0$

условие минимальной F_0 $\alpha = 0$

$$2F_0 - 4 \cdot 3mg = 0 \Rightarrow F_0 = \frac{3 \cdot 4mg}{2}$$

3. если в этот момент ~~$F_0 = 2F_0$~~ $T = F = N_x$,

тогда 2ЗН на Ox для груза: $T = F$

$$2F - 3 \cdot 4mg = 2ma \quad 2F + N_x - 3 \cdot 4mg = 2ma$$

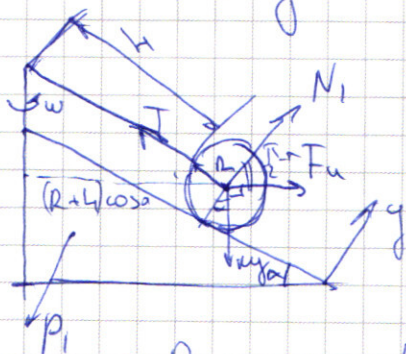
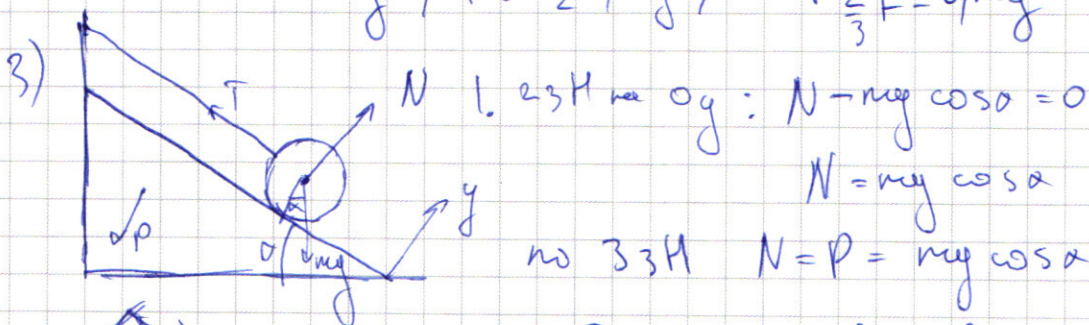
для человека $ma = F - N_x \Rightarrow N_x = F - ma$

$$2F - ma - 3 \cdot 4mg = 2ma \Leftrightarrow 3ma = 2F - 3 \cdot 4mg$$

т.к. $\sum M_0 = 0$, то $a = \frac{2F}{3} - 4mg$

$$\frac{at^2}{2} = S \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{3} - 4mg}}$$

Ответ: $P = 3mg$; $F_0 = \frac{3}{2} \cdot 4mg$; $t = \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{3} - 4mg}}$



Ответ: $P = mg \cos \alpha$; $P_1 = m \cos \alpha (g - \omega^2(R+L) \sin \alpha)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4)

1. по 3-му закону Паскаля давление на одинаковом уровне одинаково равно $\rho g h$, рассмотрим сечение S и перейдем к ней

т.к. $\cos \frac{\pi}{4} = \sin \frac{\pi}{4} \Rightarrow \cos \alpha = \sin \alpha$

$F_{g1} = \rho_0 S$

$F_{g2} = (\rho_0 + \rho g h_2) S$

$m_1 = \rho S h_1$ т.к. S - не перпен. сечение

Заметим, что давление в жидкости в этом месте одинаково также и в другой части тогда что сечение S

$\rho_0 S + \rho S h_1 g + m_1 a = (\rho_0 + \rho g h_2) S$

$\rho g h_1 + a h_1 = \rho g h_2 \Rightarrow h_2 = h_1 \left(1 + \frac{a}{g}\right)$

14 см

23,5 см

2. Чтобы найти σ , применим 3(З)

$\rho g h_2 S \cdot \frac{h_2}{2} + \rho g h_1 S \cdot \frac{h_1}{2} = 2 \rho g S \frac{(h_1 + h_2)^2}{4} + \frac{\rho S (h_1 h_2) \sigma^2}{2}$

$h_1^2 + h_2^2 = \frac{(h_1 + h_2)^2}{2} + \frac{\sigma^2 (h_1 + h_2)}{g}$

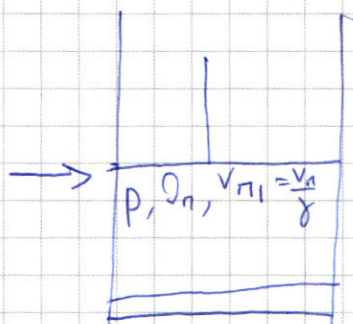
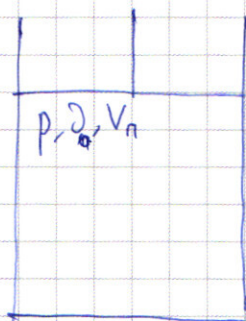
$\frac{h_2^2 + h_1^2 - 2 h_1 h_2}{2} = \frac{\sigma^2 (h_1 + h_2)}{g}$

$\sigma^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2 g}{2 (h_1 + h_2)} = \frac{24}{225} \frac{\text{см}}{\text{с}}$

т.к. масса не меняется $h_H = \frac{h_1 + h_2}{2}$

Ответ: $h_2 = 23,5 \text{ см}$; $\sigma^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2 g}{2 (h_1 + h_2)} = \frac{24}{225} \frac{\text{см}}{\text{с}}$

5)



← несп. без суж. расширения

$$1. p = \frac{p_n R T}{\gamma} \Rightarrow \frac{p_n}{p_0} = \frac{\gamma p}{p_0 R T} \approx 2,5 \cdot 10^{-5}$$

т.к. p нахв. нахв. $= \text{const}$

$$2. T_n = p = \frac{T_0 R T}{V_n}$$

$$\frac{V_{n1}}{V_{01}} = \frac{V_n}{\gamma(T_0 - T_n)\gamma} = \frac{p V_n}{\gamma \gamma \left(\frac{p V_n}{R T} - \frac{p V_n}{\gamma R T} \right)} \quad \textcircled{=}$$

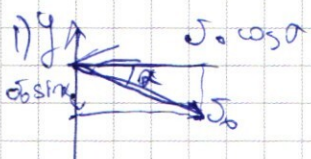
$$V_{01} = \frac{(T_0 - T_n) \gamma}{\gamma}$$

$$\textcircled{=} \frac{p R T}{\gamma(\gamma - 1)p} \approx 7,5 \cdot 10^3$$

$$T_n = \frac{p V_{n1}}{R T} = \frac{p V_n}{\gamma R T}$$

$$\text{Ответ: } \frac{p_n}{p_0} = \frac{\gamma p}{p R T} \approx 2,5 \cdot 10^{-5}; \quad \frac{V_{n1}}{V_{01}} = \frac{p R T}{\gamma p(\gamma - 1)} \approx 7,5 \cdot 10^3$$

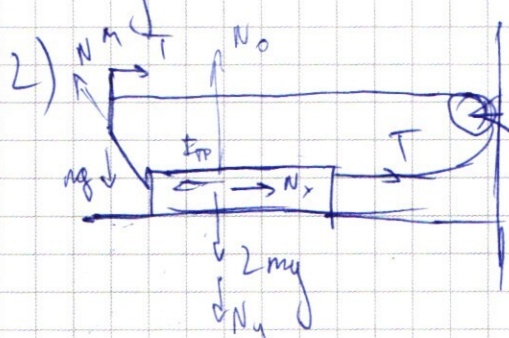
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) 

1. $v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha + gt)^2 = v_0^2$
 $v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha + 2v_0 g t \sin \alpha + g^2 t^2 = v_0^2$
 $v_0^2 + 2v_0 g t \sin \alpha + g^2 t^2 = v_0^2$
 $2v_0 g t \sin \alpha + g^2 t^2 = 0$
 $t(2v_0 g \sin \alpha + g t) = 0$
 $t = 0$ or $t = -2v_0 \sin \alpha$ (negative time, discard)

2. $v_y = v_0 \sin \alpha + gt$
 $v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = v_0 \sin \alpha + gt$
 $t = \frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g}$

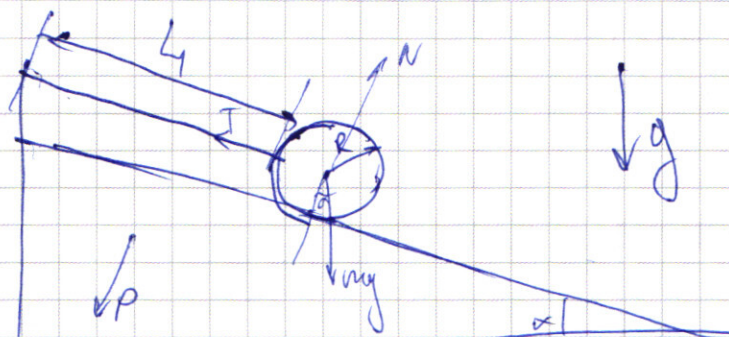
3. $h = v_0 t \sin \alpha + \frac{gt^2}{2}$
 $h = \frac{v_0^2}{g} \left(\sin^2 \alpha + \frac{g^2 t^2}{2} \right)$
 $h = \frac{v_0^2}{g} \left(\sin^2 \alpha + \frac{4 - \cos^2 \alpha - 2\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} \sin \alpha}{2} \right)$

2) 

$N_y = mg$
 $N_0 = 4mg + N_y = 5mg$
 $T_{min} = F_{min} = F_0$
 $T + N_x - \mu N_0 = 0$
 $2T = \mu 5mg$
 $T = \frac{5}{2} \mu mg$

$2ma = 2F - 3\mu mg$
 $a = \frac{F}{m} - \frac{3}{2} \mu g$
 $S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S}{\frac{F}{m} - \frac{3}{2} \mu g}}$

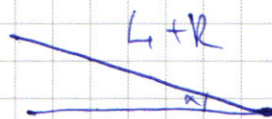
5. $1,3 + \frac{10 \cdot 1,3}{2} = 8,5$
 $8,5 + \frac{1,3 \cdot 10}{2} = 13$



$$N = P$$

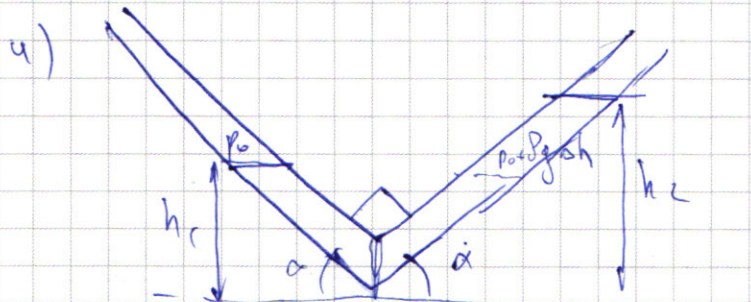
$$N = mg \cos \alpha = P$$

$$\frac{2 \cdot P}{2 \cdot \frac{P}{\sin \alpha}} = \frac{P}{\sin \alpha}$$



$$N_1 = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \sin \alpha$$

$$P_1 = N_1 = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$$



- a

$$\frac{132,10}{33-2} = 5$$

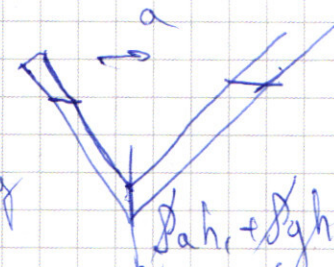
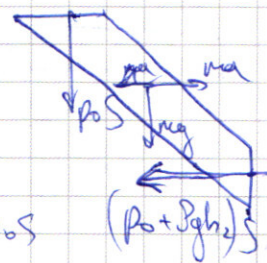
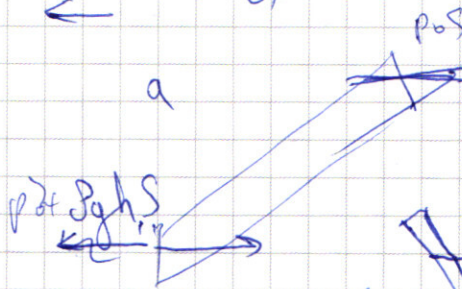
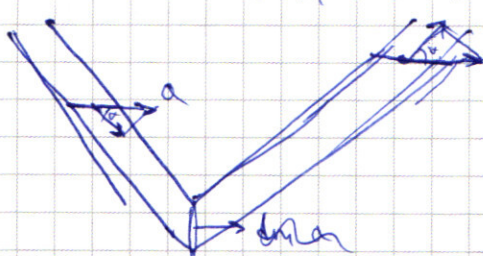
$$= \frac{165 \cdot P}{8 \cdot P \Delta h}$$



$$(Pgh_2 - Pgh_1) S = \frac{dF}{ds} \quad (69)$$

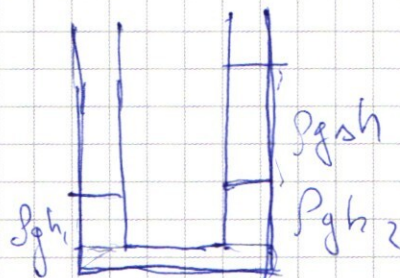
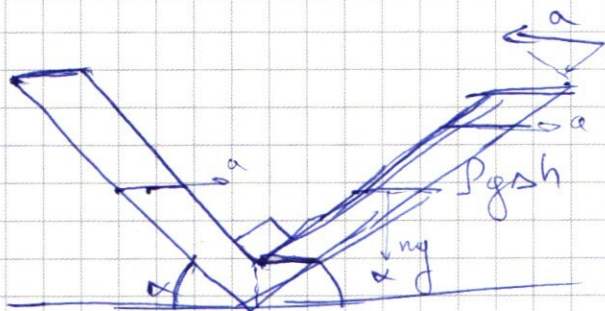
$$Pgh_2 S = P_0 g S (2h_1) \quad Pgh_2 S = Pgh_1 S$$

$$\Delta h = 2h_1$$

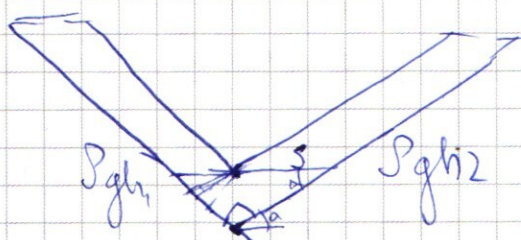


$$h_2 = h_1 \frac{(a+y)}{(g-a)} = h_1 \cdot \frac{14}{6} = \frac{7}{3} h_1$$

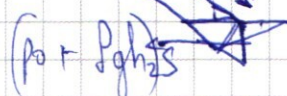
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\rho g h_2 S - \rho g h_1 S = m a$$



$$p_0 S + \rho g h_1 (p_0 + \rho g h_2) S = m a$$



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

$$\Rightarrow \frac{\rho g S (h_1 + h_2) v^2}{2} + \frac{\rho g S (h_1 + h_2)^2}{2} g =$$

$$\rho g S h_1^2 + \rho g S h_2^2$$

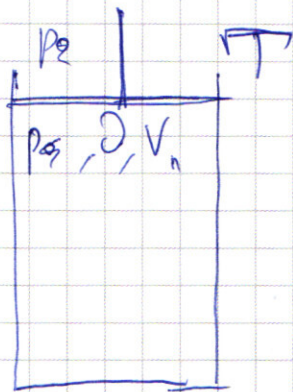
$$\Rightarrow \frac{\rho g S (h_1 + h_2)^2}{4} + \frac{\rho S (h_1 + h_2) v^2}{2}$$

$$h_1^2 + h_2^2 = \frac{(h_1 + h_2)^2}{2} + \frac{v^2 (h_1 + h_2)}{g}$$

$$\frac{h_1^2 + h_2^2}{2} = \frac{h_1^2}{2} + h_1 h_2 + \frac{h_2^2}{2} + \frac{v^2 (h_1 + h_2)}{g}$$

$$\frac{(h_1 - h_2)^2}{2} = \frac{v^2 (h_1 + h_2)}{g} \Rightarrow v^2 = \frac{g (h_1 - h_2)^2}{2 (h_1 + h_2)}$$

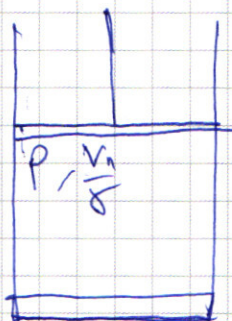
$$\frac{4 \cdot 10}{2 \cdot 296} = \frac{10}{6} = \frac{10}{3}$$



$$p = \frac{p_n R T}{\gamma}$$

$$p_n = \frac{\gamma p}{R T}$$

$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{\gamma p}{p R T}$$



$$p V_n = \gamma R T$$

$$\frac{p V_n}{\gamma} = \gamma R T$$

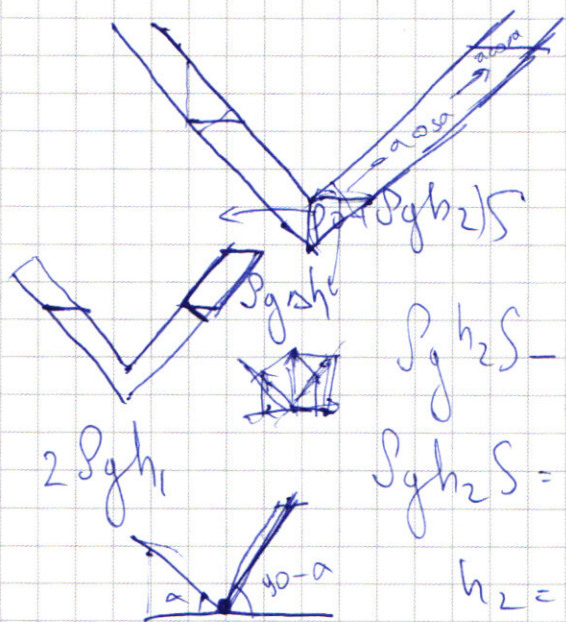
$$V_0 = \frac{(\gamma_0 - \gamma_n) \gamma}{\gamma}$$

$$V_n = \frac{\gamma \gamma_n R T}{R T P}$$

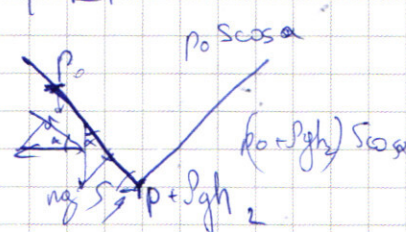
$$\frac{V_n}{\gamma V_0} = \frac{\gamma \gamma_n R T}{R T P} \cdot \frac{p}{\gamma}$$

$$\frac{V_n}{\gamma V_0} = \frac{p}{\gamma \left(\frac{p \gamma}{R T} - \frac{p \gamma}{R T} \right)}$$

$$\frac{p}{\gamma \left(\frac{p \gamma}{R T} - \frac{p \gamma}{R T} \right)} = \frac{p R T}{\gamma p \gamma (\gamma - 1)}$$



$$p_0 S (\rho g h_2)$$



$$\rho g h_2 S - mg \cos \alpha = ma \cos \alpha$$

$$\rho g h_2 S = m(g + a) \cos \alpha$$

$$h_2 = h_1 \left(\frac{g + a}{g} \right) = h_1 \left(1 + \frac{a}{g} \right)$$

$$m = \frac{\rho g h_1 S}{\cos \alpha}$$

$$\frac{1000 \cdot 8 \cdot 300}{4 \cdot 18 \cdot 46 \cdot 35 \cdot 10^3}$$

$$\frac{1000 \cdot 8 \cdot 300}{8 \cdot 4 \cdot 18}$$

$$\frac{30000}{4} = 7500$$

$$\frac{20 \cdot 35}{21 \cdot 10^5}$$

$$\frac{21 \cdot 2 \cdot 3}{21 \cdot 10^5}$$

$$\frac{1000 \cdot 8 \cdot 300}{18 \cdot 8 \cdot 51 \cdot 300}$$



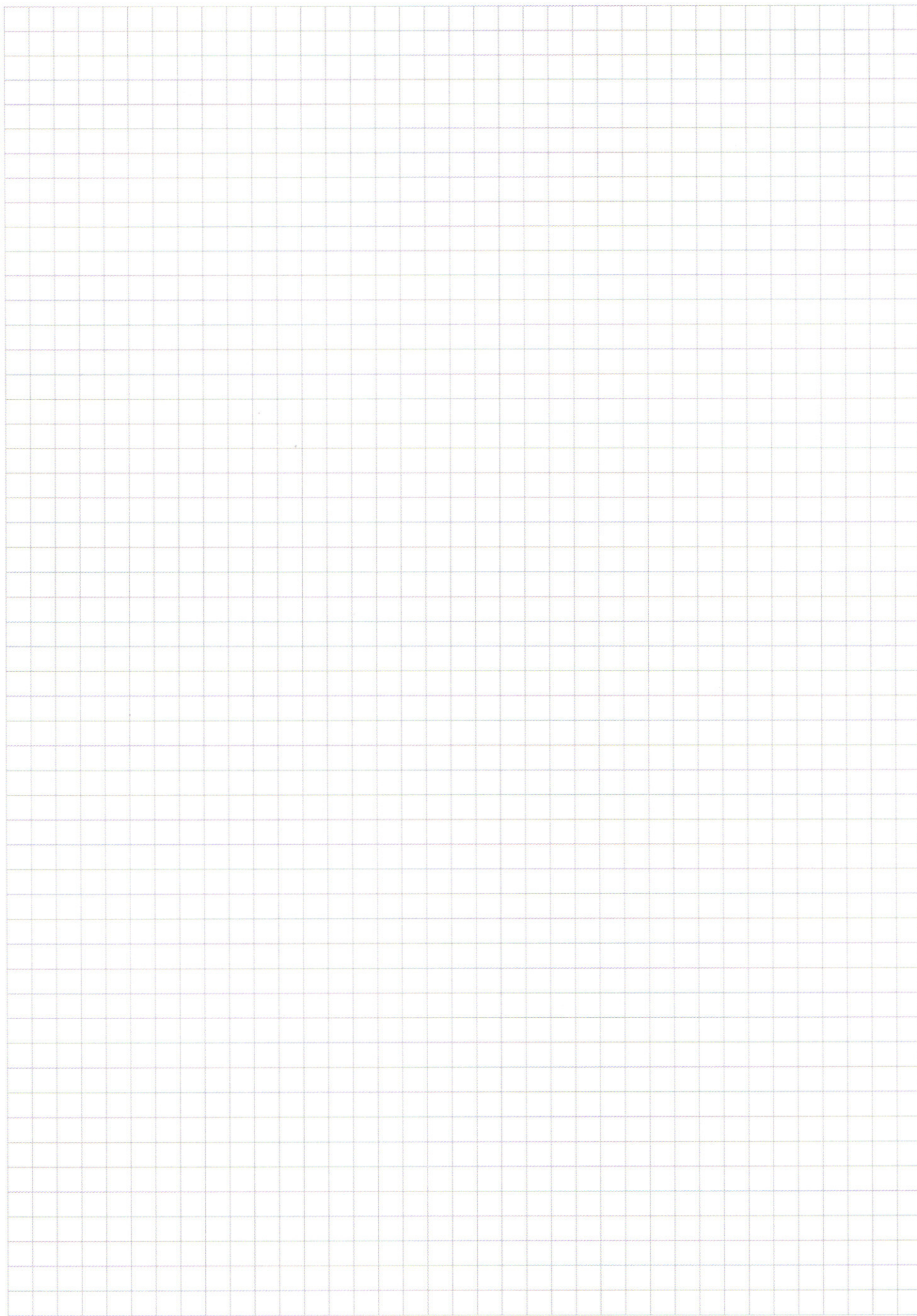
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)