

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

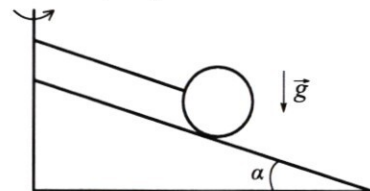
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 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.

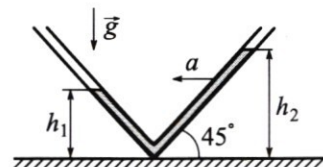


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

№ 01

ситуат. 1

ситуат. 2

$v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $v_k = 2v_0 = 20 \text{ м/с}$

1) $v_y' = ?$
 2) $t = ?$
 3) $H = ?$

(1) $x = x_0 + v_x t$
 $y = y_0 + v_{y0} t + \frac{a_y t^2}{2} \Rightarrow x: x = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow v_x = v_0 \cos \alpha$
 $y: y = H + v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$

$v_x = \text{const}$; Скорость: $v^2 = v_x^2 + v_y'^2 \Rightarrow$
 ~~$\frac{m v_0^2}{2}$~~ $(2v_0)^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + v_y'^2 \Rightarrow$
 $v_y' = \sqrt{(2v_0)^2 - (v_0 \cos \alpha)^2} = \sqrt{4 \cdot 100 - 100 \cdot \frac{3}{4}} = \sqrt{325} \approx 18 \text{ м/с}$
 $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$
 Проекции будут
 " " "

$\begin{array}{r} \times 18 \\ 18 \\ \hline 324 \\ 180 \\ \hline 324 \end{array}$	$\begin{array}{r} \times 17 \\ 17 \\ \hline 119 \\ 170 \\ \hline 289 \end{array}$	$\begin{array}{r} \times 18 \\ 18 \\ \hline 144 \\ 180 \\ \hline 324 \end{array}$
---	---	---

(2) $v_y = v_{y0} + a_y t$
 $y: -v_y' = v_0 \sin \alpha - g t \Rightarrow$
 $t = \frac{v_0 \sin \alpha + v_y'}{g} = \frac{10 \cdot \frac{1}{2} + 18}{10} = 2,3 \text{ с}$
 $\Rightarrow t' =$

1 ситуат.
 $y: -v_y' = v_0 \sin \alpha - g t \Rightarrow$
 $t = \frac{v_0 \sin \alpha + v_y'}{g} = \frac{10 \cdot \frac{1}{2} + 18}{10} = 2,3 \text{ с}$

2 ситуат.
 $y: -v_y' = -v_0 \sin \alpha - g t \Rightarrow$
 $t = \frac{-v_0 \sin \alpha - v_y'}{-g} = \frac{-10 \cdot \frac{1}{2} - 18}{-10} = 2,3 \text{ с}$

(3) 3c):

$$\frac{m v_0^2}{2} + mgH = \frac{m (2v_0)^2}{2} \Rightarrow v_0^2 + 2gH = 4v_0^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100^2}{20} = 15 \text{ м.}$$

Ответ:

1) $v_y' = 18 \text{ м/с.}$

2) $t = 2,3 \text{ с.}$
 $t' = 1,3 \text{ с.}$

3) $H = 15 \text{ м.}$

N. 02.

S

m

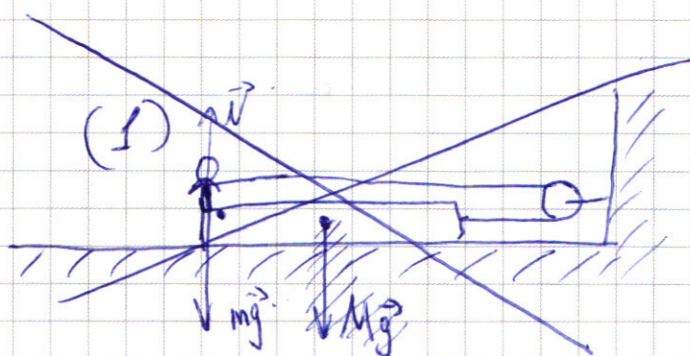
$M = 2m$

у

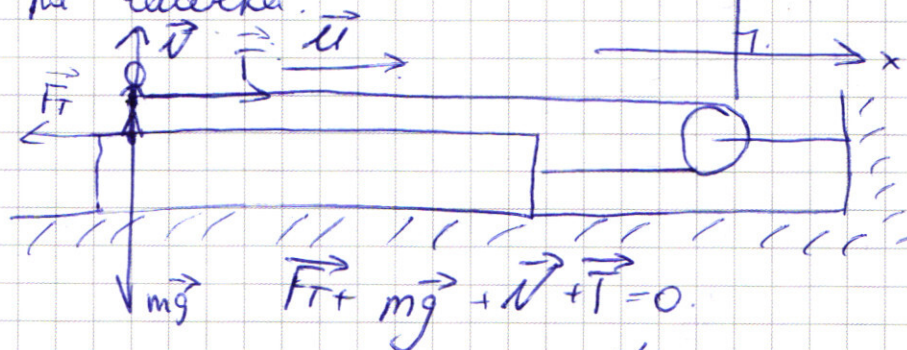
1) $P = ?$

2) $F_{\min} = ?$

3) $F (F > F_0) = ?$

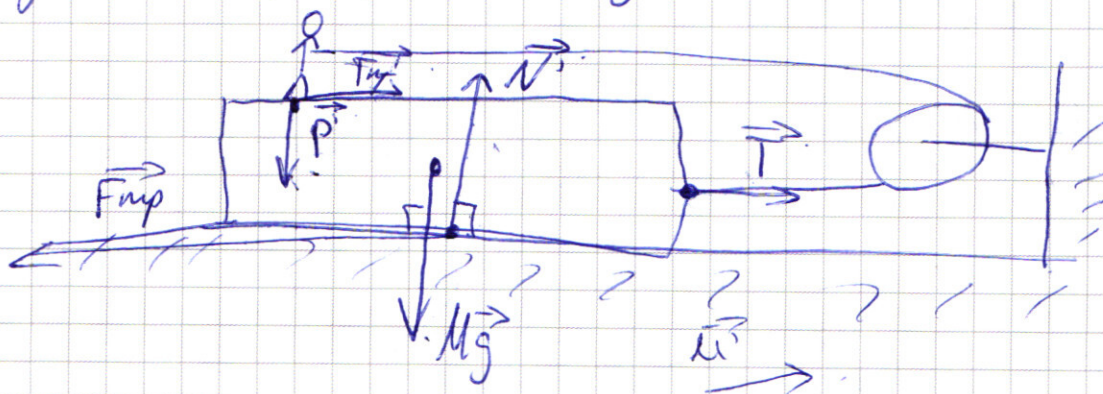


Ка человек.



Ка. лужик.

$|P| = |N|$ по 3 зак. Ньютона $N - mg = 0$
 $N = mg$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\vec{F}_{\text{уп}} + M\vec{g} + \vec{N}' + \vec{T} + \vec{P}' + \vec{F}_{\text{уп}}' = 0.$$

$$y: N' - P' - Mg = 0 \Rightarrow N' = P' + Mg = mg + 2mg = 3mg.$$

$$|\vec{N}'| = |\vec{P}'| \text{ по 3 зак Клейтона} \Rightarrow \underline{P = 3mg}.$$

$$(2) F_{\text{мт}} \Rightarrow a = 0; \text{ и } \text{счит.} \Rightarrow \Sigma \vec{F} = 0.$$

$$\text{Силы на человека: } \vec{N} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{м}} + m\vec{g} = 0.$$

$$x: T - F_{\text{м}} = 0 \Rightarrow T = F_{\text{м}}.$$

Силы на лунку.

$$\vec{F}_{\text{м}}' + M\vec{g} + \vec{N}' + \vec{P}' + \vec{T} + \vec{F}_{\text{уп}} = 0.$$

по 3 зак Клейтона

$$T = F_{\text{м},n}$$

$$F_{\text{м}}' = F_{\text{м}}.$$

$$x: T + F_{\text{м}} - F_{\text{уп}} = 0.$$

$$F_{\text{уп}} = N' \mu = 3mg \mu$$

$$2T = 3mg \mu \Rightarrow \underline{T = \frac{3}{2}mg \mu = F_{\text{м},n}}.$$

$$(3) \quad + - ?$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{a t^2}{2}.$$

$$x: s = \frac{a t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$$

$$\text{Можно взять все из (2), но } \Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\Sigma \vec{F} = M\vec{a}$$

Тогда

$$x: T - F_{\text{м}} = ma$$

$$\text{то } T = F$$

$$x: T + F_{\text{м}} - 3mg \mu = Ma.$$

$$2T - 3mg \mu = a(M+m) \Rightarrow a = \frac{2F - 3mg \mu}{3m} \Rightarrow$$

$$t = \sqrt{\frac{2s \cdot 3m}{2F - 3mg \mu}}.$$

- Проблем. 1) $P = 3mg$
 2) $F_{min} = \frac{3}{2}mg$
 3) $t = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3mg}}$

№03

m

R

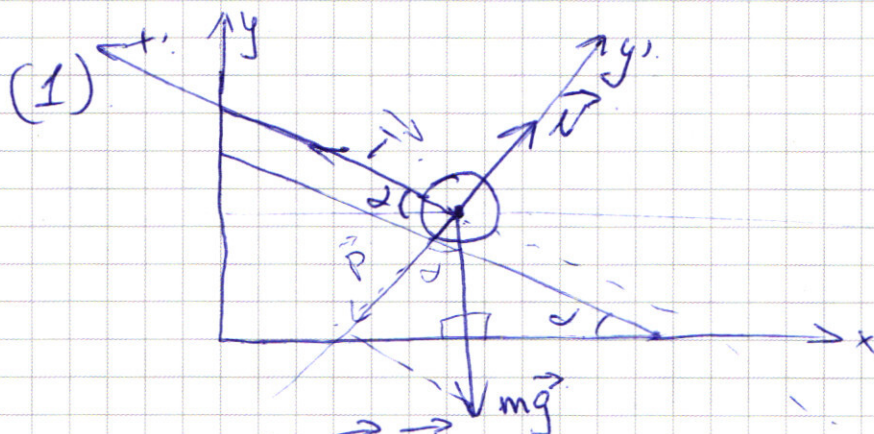
L

α

$P_1 - ?$

ce

$P_2 - ?$



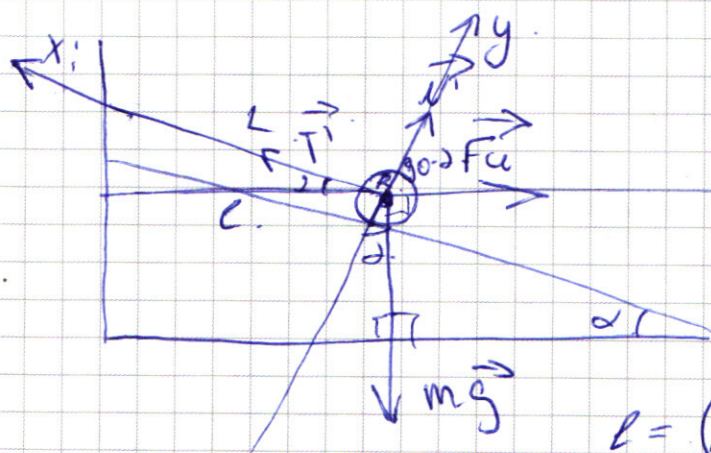
$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} = 0$$

y' : $N - mg \cos \alpha = 0$
 $N = mg \cos \alpha$

то 3 как известно

$$P_1 = |N| \quad P_1 = mg \cos \alpha$$

- (2) Сразу переходим в неинер. с.о. $\Rightarrow$
 рассмотрим $\vec{F}_a = -m\vec{a}_y$
 $a = ce^2 L$



$$m\vec{g} + \vec{N}' + \vec{F}_u + \vec{T}' = 0$$

$$y': -mg \cos \alpha + N' + F_u \cos(90^\circ) = 0$$

$$N' = mg \cos \alpha - F_u \sin \alpha$$

$$L = (L + R) \cos \alpha$$

$$F_u = m \cdot a_y = m \cdot ce^2 L = m ce^2 (L + R) \cos \alpha \Rightarrow$$

$$N' = m (g \cos \alpha - ce^2 (L + R) \cos \alpha \sin \alpha) \Rightarrow P_2 = N'$$

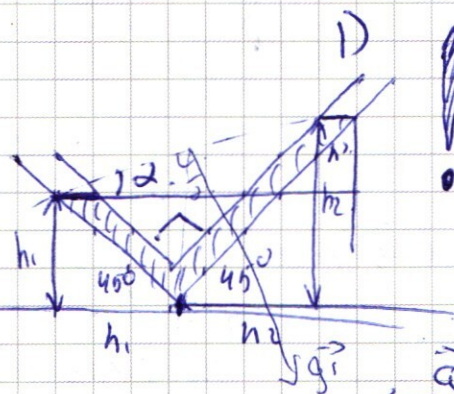
$$P_2 = m (g \cos \alpha - ce^2 (L + R) \cos \alpha \sin \alpha)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

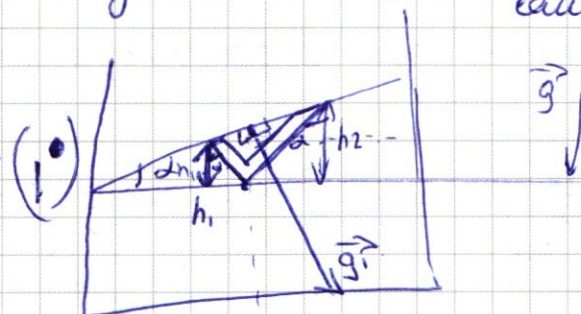
Ответы: 1) $P_1 = mg \cos \alpha$

$$2) P_2 = m(g \cos \alpha - \omega^2 (L+R) \cos \alpha \sin \alpha)$$

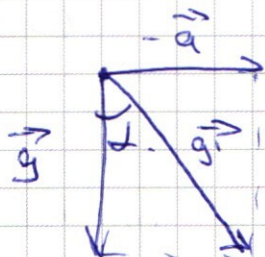
№ 04.



! Прогам. взаимодей. с
жидкостью. Это тоже
важно.



$$(1) \vec{g}' = \vec{g} - \vec{a}$$



• $g' \perp$ поверхности жидкости

$$(2) \sin \alpha = \frac{a}{g} = \frac{4}{10} = 0,4$$

$$(3) \tan \alpha = \frac{h'}{h_1 + h_2} \Rightarrow$$

$$(4) h_2 = h_1 + h'$$

$$h_2 = h_1 + \tan \alpha h_1 + \tan \alpha h_2$$

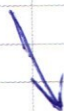
$$(1 - \tan \alpha) h_2 = h_1 (1 + \tan \alpha)$$

$$(5) h_2 = \frac{h_1 (1 + \tan \alpha)}{(1 - \tan \alpha)} = \frac{10 \cdot (1 + 0,4)}{1 - 0,4} = \frac{140}{6} =$$

$$= \frac{70}{3} = 23,3 \text{ см.}$$

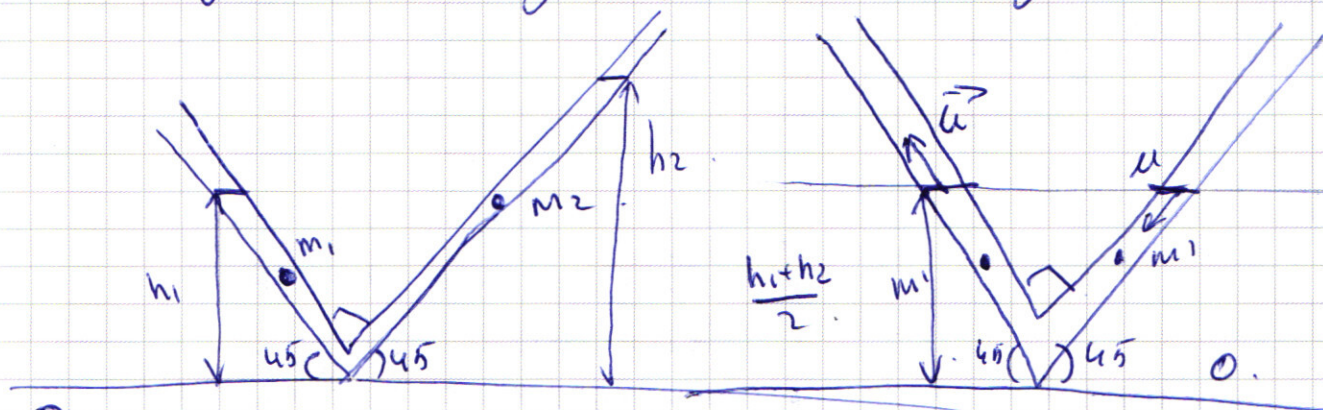
$$\begin{array}{r} 70 \overline{) 3} \\ 6 \overline{) 23,3} \\ 10 \overline{) 9} \\ 1 \end{array}$$

2)



сложно решить динамику, но придется интегри-
ровать, а можно ЗСЭ,

Перейдем в С.О движущееся, как сосуд, тогда.



0. у. Жидкости, тут возникнут колебания.

ЗСЭ:

$$(1) \quad m_1 \frac{h_1}{2} g + m_2 \frac{h_2}{2} g = m' g \frac{h'}{2} + \frac{m' u^2}{2} + \frac{m' u^2}{2}$$

$$h' = \frac{h_1 + h_2}{2} \quad \text{т.к.}$$

жидкость
касательная.

$$2m' = m_1 + m_2$$

$$m_1 h_1 g + m_2 h_2 g = 2m' h' g + 2m' u^2$$

$$g(m_1 h_1 + m_2 h_2) = (m_1 + m_2) \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) g + (m_1 + m_2) u^2$$

$$(2^\circ) \quad g(m_1 h_1 + m_2 h_2) = \frac{m_1 h_1 + m_1 h_2 + m_2 h_1 + m_2 h_2}{2} g + (m_1 + m_2) u^2$$

$$(2) \quad m = \rho \cdot h \cdot S. \quad m_1 = \rho S g \frac{h_1}{\cos 45}; \quad m_2 = \rho S g \frac{h_2}{\cos 45} \Rightarrow$$

$$g \rho S \left(\frac{h_1^2}{\cos 45} + \frac{h_2^2}{\cos 45} \right) = \frac{\rho S}{2} \frac{h_1^2}{\cos 45}$$

Каждо переместим в 2°

$$g \rho S \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{\cos 45} \right) = \frac{\rho S}{2 \cos 45} (h_1 + h_2)^2 + \frac{\rho S}{\cos 45} (h_1 + h_2) u^2$$

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

$$\Rightarrow u = \sqrt{g \cdot \frac{(h_1^2 + h_2^2) - \frac{(h_1 + h_2)^2}{2}}{h_1 + h_2}} = \sqrt{10 \cdot 0,4^2 + 0,23^2 -}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$u = \sqrt{g \cdot \frac{h_1^2 + h_2^2 - \frac{(h_1 + h_2)^2}{2}}{h_1 + h_2}} = \sqrt{1000 \cdot \frac{100 + 529 - \frac{(10 + 23)^2}{2}}{33}} \quad \text{①}$$

в $\frac{\text{см}}{\text{с}}$ Будем считать $\Rightarrow$
 $g = 1000 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$

$$\text{①} = \sqrt{1000 \cdot \frac{100 + 529 - 544,5}{33}} =$$

$$= \left(\frac{1000 \cdot 84,5}{33} \right)^{\frac{1}{2}} \text{②}$$

$$\text{②} \approx 31,8 \cdot \sqrt{3,845} \approx \sqrt{3,5 \cdot 169} \approx 13 \sqrt{15} \approx 13 \cdot \sqrt{16} \approx$$

$$\approx 13 \cdot 4 \approx 52 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

★ Ответ: 1) $h_2 = 23,3 \text{ см}$
 2) $u \approx 52 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

№ 05.

$$T = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$$

$$P = 3550 \text{ Па}$$

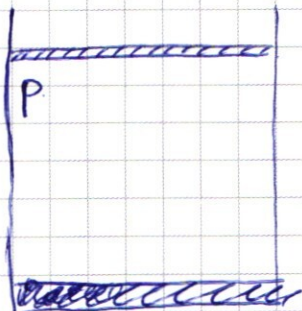
$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\gamma = 5,6$$

$$1) \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{в}}} - ? = \gamma$$

$$2) \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{в}}} - ? = \beta$$



$$(1) PV = \nu RT$$

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad | : V$$

$$P = \frac{\rho p}{\mu} RT \Rightarrow p_{\text{н}} = \frac{\mu P}{RT} = \frac{0,018 \cdot 3550}{8,31 \cdot 300} =$$

$$= \frac{18 \cdot 3,55}{8,31 \cdot 300} = \frac{6 \cdot 3,55}{831} = \frac{21,3}{831} \approx 0,026 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\alpha = \frac{p_{\text{в}}}{p_{\text{н}}} = \frac{100}{0,026} = 2,6 \cdot 10^5$$

(2) $V_{\pi} = \frac{V_0}{\gamma}$ Пар переходит в воду.

Т.к. пар в изначально
насыщен $\Rightarrow$ все, что
схлест превращается
в воду.

$$m_B = m_{\pi}$$

$$V_B \rho_B = V_{\pi} \rho_{\pi} \Rightarrow$$

$$V_B = V_{\pi} \cdot \frac{\rho_{\pi}}{\rho_B} = V_{\pi} \cdot \lambda.$$

$$\beta = \frac{V_{\pi}}{V_B} = \frac{\frac{V_0}{\gamma}}{\lambda \cdot \left(V_0 - \frac{V_0}{\gamma} \right)} = \frac{\gamma^{-1}}{\lambda \cdot \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right)} = \frac{1}{\lambda(\gamma-1)} =$$

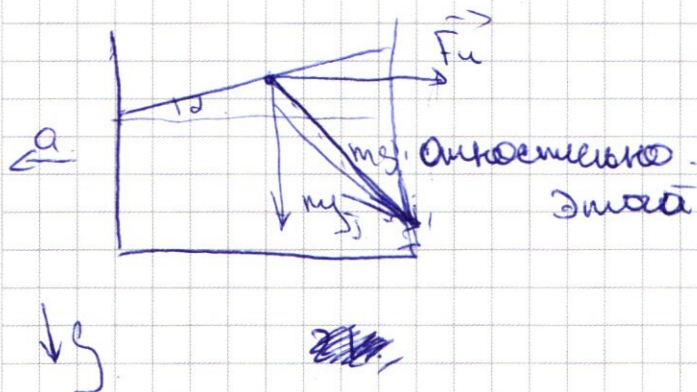
$$= \left(\lambda \cdot (\gamma-1) \right)^{-1} = \left(2,6 \cdot 10^{-5} \cdot 11,6 \right)^{-1} = \frac{10^5}{2,6 \cdot 4,6} = \frac{100000}{11,96} \approx$$

$$\approx \frac{100000}{12} = 8333,3$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 33 \\ \times 355 \\ \hline 21,30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2130 \overline{) 831} \\ 1862 \overline{) 2,55} \\ 46,80 \\ 41,55 \\ \hline 52,50 \end{array}$$



Этой прямой надо ориентироваться.

$$2,6 \cdot 10^{-5} = 0,000026$$

$$\begin{array}{r} 100000 \overline{) 12} \\ 96 \\ \hline 40 \\ 36 \\ \hline 40 \\ 36 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 00 \\ 991 \\ 185 \\ \hline 99 \\ 845 \\ \hline 28 \\ 33 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 3 \\ \hline 118 \\ \times 28 \\ \hline 276 \\ 92 \\ \hline 1196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 84,5 \\ \times 8 \\ \hline 445 \\ 529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 13 \\ \hline 52 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1089 \overline{) 544,5} \\ 21778 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 54 \\ \times 08 \\ \hline 432 \\ 541 \\ \hline 541 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5801 \\ \times 1 \\ \hline 5801 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 525 \\ \times 28 \\ \hline 4180 \\ 10500 \\ \hline \end{array}$$

$$m_1 + m_2 = \rho \left(\frac{h_1 + h_2}{\cos 45^\circ} \right) = \frac{\rho}{\cos 45^\circ} \cdot (h_1 + h_2).$$



черновик



чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

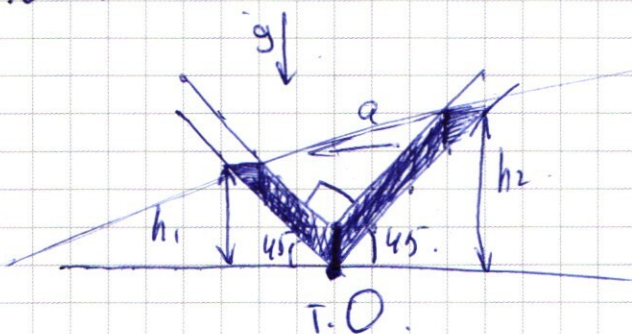
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

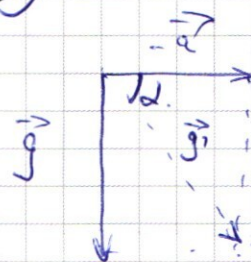
Ответ: 1) $P_1 = mg \cos \alpha$.

2) $P_2 = m(g \cos \alpha - \omega^2 (L+R) \cos \alpha \sin \alpha)$.

N-04.



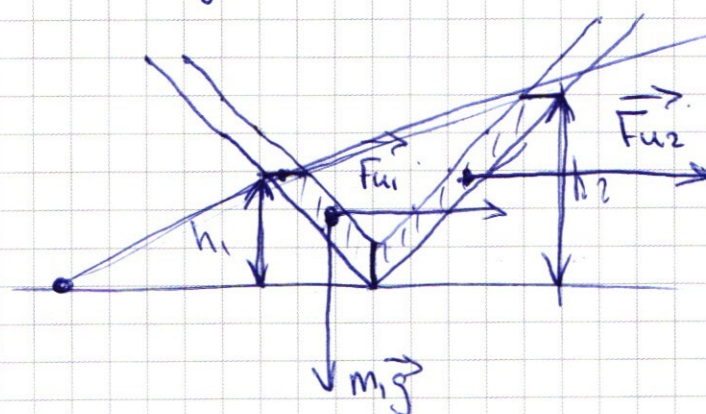
Т.О.: $P_1 = P_2$
 $\vec{g}' = \vec{g} - \vec{a}$

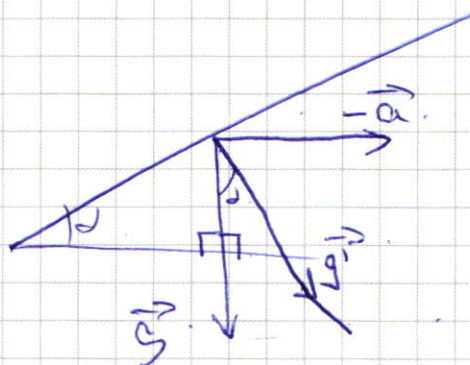
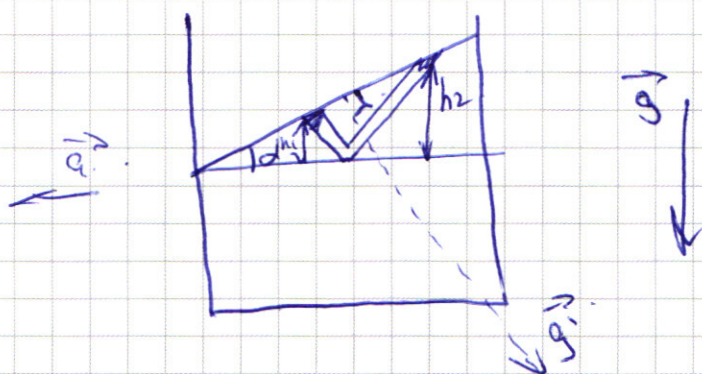
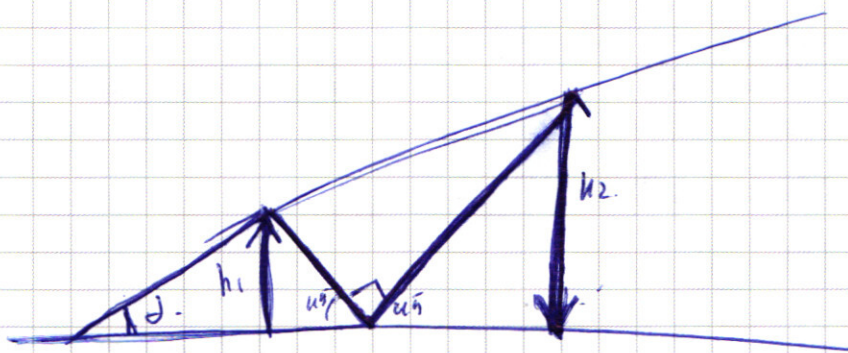


$\tan \alpha = \frac{10}{4} = \frac{5}{2} = 2,5$
 $\alpha > 45^\circ$

$g' = \sqrt{g^2 + a^2} = \sqrt{100 + 16} = \sqrt{116} \approx 10,8 \text{ м/с}^2$

Можно иначе: Перейдем в кин. с.о.
Тогда полн. $\vec{F}_u = -m\vec{a}$







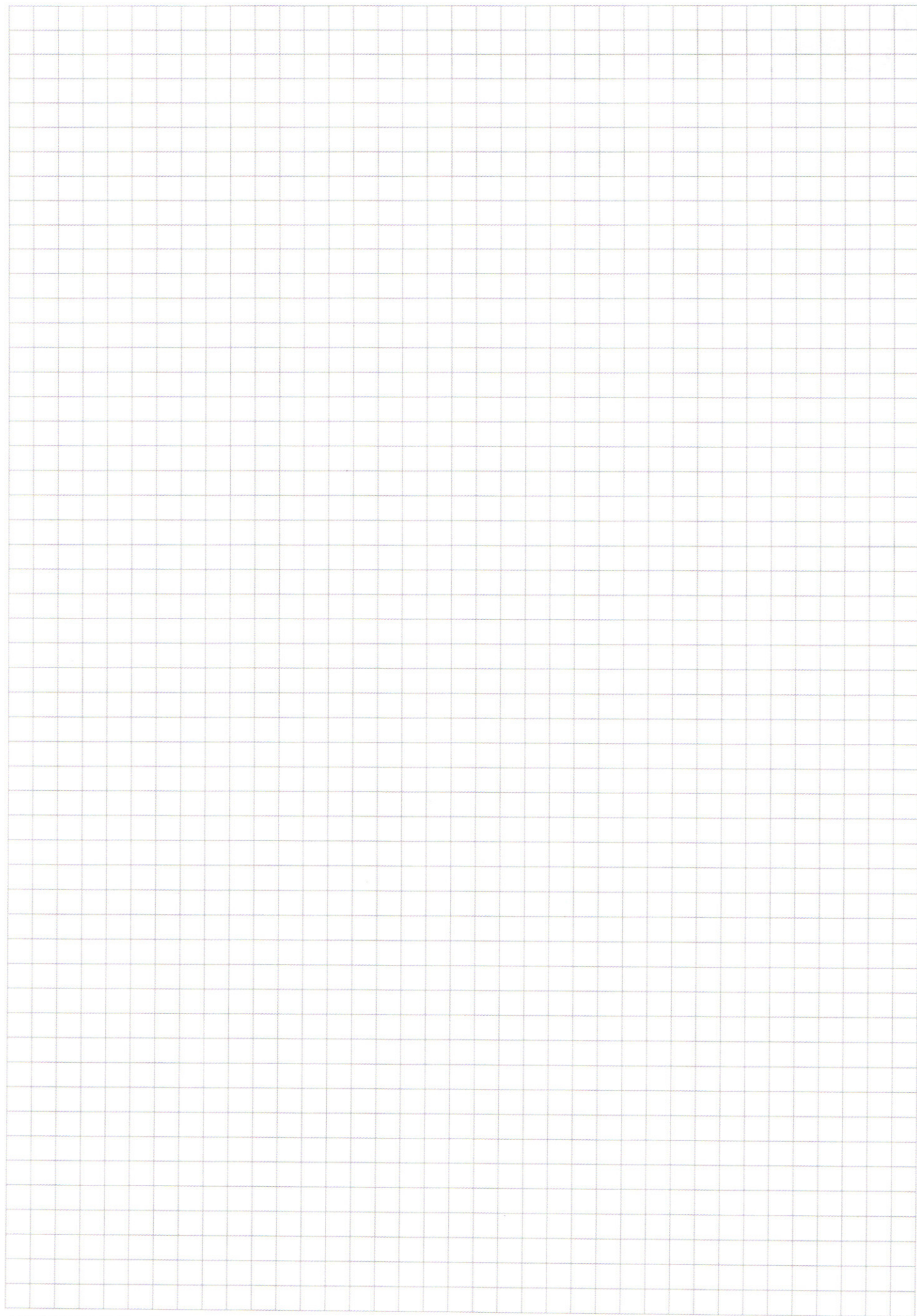
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)