

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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?

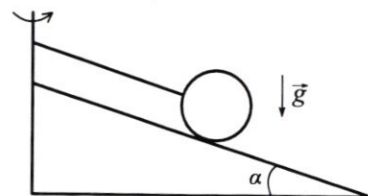
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

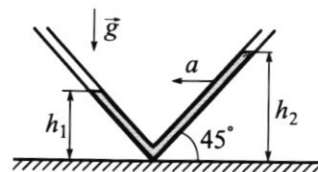


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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

УЗ.

$v_0 = 10 \frac{m}{c}$

$v_k = 2v_0$ - конечная
ск. перед падением

$\alpha = 30^\circ$

1) v_y - ?
2) t - ?
3) H - ?

$H = 15 m.$

по 3.С.Э

$$mgh = \frac{mv_k^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$gh + \frac{v_0^2}{2} = 2v_0^2$$

$$H = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot (10 \frac{m}{c})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = 15 m.$$

$v_y^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh$

2) $v_y = \sqrt{2gh + v_0^2 \sin^2 \alpha}$

$$v_y = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot 15 m + (10 \frac{m}{c})^2 \cdot \frac{1}{4}}$$

$$v_y = 5 \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 3 + 1} \frac{m}{c}$$

$$v_y = 5 \sqrt{13} \frac{m}{c}$$

2) $v_y = v_0 \sin \alpha + gt$

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

$$t = \frac{5 \sqrt{13} \frac{m}{c} - 10 \frac{m}{c} \cdot \frac{1}{2}}{10 \frac{m}{c^2}}$$

$$t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} c$$

Ответ:

1) $v_y = \sqrt{2gh + v_0^2 \sin^2 \alpha} = 5 \sqrt{13} \frac{m}{c}$

2) $t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} c$

3) $H = \frac{3v_0^2}{2g} = 15 m$

U2

S

m

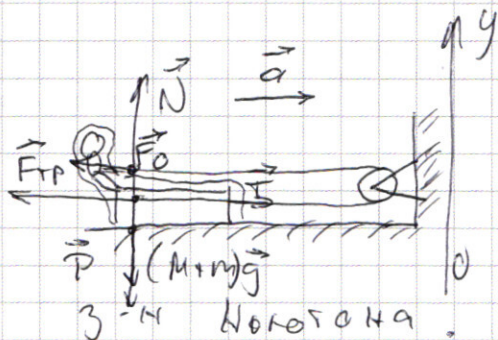
M=2m

μ

1) P - ?

2) F₀ - ?

3) t - ?



Рассмотрим человека с
ящиком, как единое
целое и запишем II-ой
з-н Ньютона

$$\vec{N} + (M+m)\vec{g} = 0 \quad \text{где } N - \text{сила}$$

$$O_y: N - (M+m)g = 0$$

$$N = 3mg$$

по 3-ему з-ну Ньютона

$$\vec{P} = -\vec{N}$$

1) $P = 3mg = N$, где P - вес
человека
и ящика

$$O_y: T - F_{\text{тр}} = 0$$

$$T = F_{\text{тр}}$$

$$T = \mu N$$

$$T = \mu 3mg$$

Сила натяжения нити
вдоль всей нити
одинакова

$$\Rightarrow F_0 = T = \mu 3mg$$

$$O_y: 3ma = F - F_{\text{тр}}$$

$$a = \frac{F}{3m} - \mu g$$

Т.к. движе - плу $S = \frac{at^2}{2}$

$$3) t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2s}{\frac{F}{3m} - \mu g}}$$

Ответ: 1) $P = 3mg$; 2) $F_0 = \mu 3mg$ 3) $t = \sqrt{\frac{2s}{\frac{F}{3m} - \mu g}}$

U3

M, m

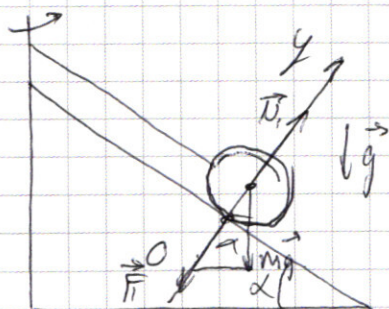
R

α

L

1) F₁ - ?

2) F₂ - ?



Второй з-н Ньютона: на ось O_y

$$O_y: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

по II-ему з-ну Ньютона

$$\vec{F}_1 = -\vec{N}, \quad F_1 = N = mg \cos \alpha = F_2$$

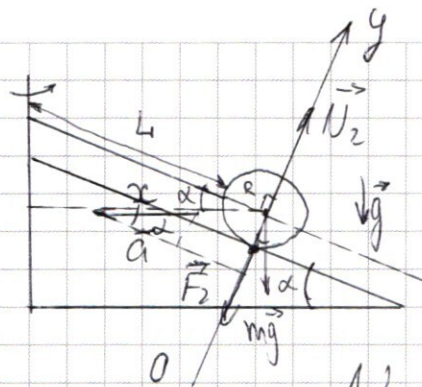
☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$x = (L+R) \cos \alpha; \quad a = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

Второй з-н. Ньютона на ось Oy.

$$Oy: N_2 - mg \cos \alpha = -ma \sin \alpha$$

$$N_2 = m(g \cos \alpha - a \sin \alpha)$$

$$N_2 = m(g \cos \alpha - \omega^2 (L+R) \cos \alpha \sin \alpha)$$

По третьему з-ну Ньютона $F_2 = N_2$

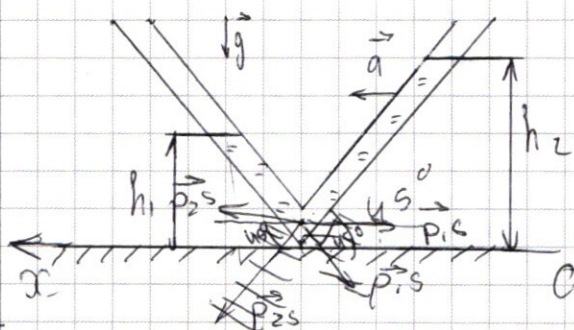
н4. Ответ: $F_1 = mg \cos \alpha$; $F_2 = m(g \cos \alpha - \omega^2 (L+R) \cos \alpha \sin \alpha)$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 10 \text{ см} =$$

$$= 0,1 \text{ м}$$

$$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



Разность давлений

$(p_2 - p_1)$ сообщает
ускорение жидкости
в сообщ. сообщае.

$$1) h_2 = ?$$

Запишем второй з-н. Ньютона на ось

$$2) \text{?}$$

$$Ox: ma = p_2 s \cos 45^\circ - p_1 s \cos \alpha$$

где m - масса всей жидкости, Пусть
 ρ - плотность масла, s - сечение трубки.

$$\rho (h_1 + h_2) a = \rho g h_2 \cos \alpha - \rho g h_1 \cos \alpha$$

$$a(h_1 + h_2) = g h_2 \cos \alpha - g h_1 \cos \alpha$$

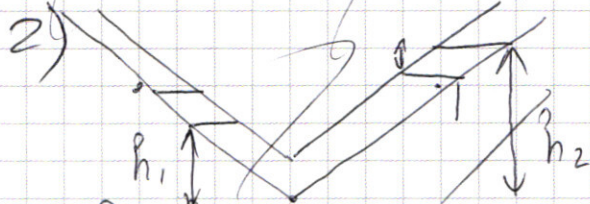
$$h_2 (g \cos \alpha - a) = h_1 (a + g \cos \alpha)$$

$$1) h_2 = \frac{h_1 (a + g \cos \alpha)}{g \cos \alpha - a} = h_1 \sqrt{a^2 - g^2 \cos^2 \alpha}$$

$$h_2 = 0,1 \text{ м} \left(\frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} + \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\sqrt{2}} \right) = 0,1 \text{ м} \left(\frac{4}{10\sqrt{2}} + \frac{10}{10\sqrt{2}} \right) = 0,1 \text{ м} \left(\frac{14}{10\sqrt{2}} \right) = 0,1 \text{ м} \cdot \frac{14}{10\sqrt{2}} = 0,1 \text{ м} \cdot \frac{14}{10 \cdot 1,414} = 0,1 \text{ м} \cdot 0,98 = 0,098 \text{ м} \approx 10 \text{ см}$$

$$h_2 = \frac{0,5 \cdot 0,5 \left(4 + 10 \frac{\sqrt{2}}{2} \right)}{10 \frac{\sqrt{2}}{2} - 4} = \frac{0,5 \left(2 + 5 \frac{\sqrt{2}}{2} \right)}{5 \frac{\sqrt{2}}{2} - 2} =$$

$$= -0,5 \left(4 - 2,5 - \frac{1}{2} \right) = 0,85 \text{ м.}$$

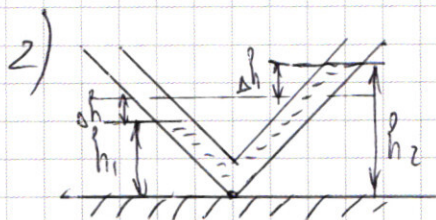


$$\cancel{S} a \left(\frac{h_1 + h_2}{\sin \alpha} \right) = \cancel{S} g h_2 - \cancel{S} g h_1,$$

$$a h_1 + a h_2 = g h_2 \sin \alpha - g h_1 \sin \alpha$$

$$1) h_2 = \frac{h_1 (a + g \sin \alpha)}{g \sin \alpha - a}$$

$$h_2 = \frac{0,5 \text{ м} \left(4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \right)}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - \frac{\sqrt{2}}{2} - 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,85 \text{ м.}$$



$$\Delta h = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

когда ^{1-й} сообщ. сосуды
остановятся двигаться.

что на ρg , жидкости в них сразу не перестанет
т.к. разность Δh ур-ней будет действовать с нек. F
и сообщать ^{ускор.} ~~не~~ a , до тех пор пока уровни
не выравняются.

$$S = \frac{\Delta h}{\sin \alpha};$$

$$v^2 - v_0^2 = 2 a S, \text{ где } v - \text{конечная скорость жидкости в трубе}$$

$$v = \sqrt{2 a S}$$

v_0 - начальная; $v_0 = 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) \quad \ell = \sqrt{2a \frac{(h_2 - h_1)}{\sin \alpha}}, \quad \cancel{\ell = \sqrt{2a}}$$

$$\ell = \sqrt{4 \frac{M}{c^2} \cdot \frac{(0,85M - 0,3M)}{\sqrt{2}/2}}$$

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot 0,75}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{M}{c}$$

$$\ell = 2 \sqrt{\sqrt{2} \cdot 0,75} \cdot \frac{M}{c}$$

$$\ell = \sqrt{\sqrt{2} \cdot 0,03} \cdot \frac{M}{c}$$

$$\ell = \frac{\sqrt{\sqrt{2} \cdot 3}}{10} \cdot \frac{M}{c}$$

$$\ell = \frac{\sqrt[4]{18}}{10} \cdot \frac{M}{c}$$

Ответ: 1) $h_2 = \frac{h_1 (a + g \sin \alpha)}{g \sin \alpha - a} = 0,85M$

2) $\ell = \ell = \sqrt{2a \frac{(h_2 - h_1)}{\sin \alpha}} = \frac{\sqrt[4]{18}}{10} \cdot \frac{M}{c}$

~ 5.

$$t^0 = 27^0C$$

$$T = 300K$$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

1) $\frac{S_n}{S_b} = ?$

2) $\frac{V_{n1}}{V_{b2}} = ?$

$\frac{V_{n1}}{V_{b2}} = \gamma = 5,6$ $p_n = S_n RT$ - ур-ие Менделеева Клоперон для нат. сост. пара.

$$S_n = \frac{p_n M}{RT}$$

$$1) \quad \frac{S_n}{S_b} = \frac{p_n}{RT S_b} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}$$

$$\frac{S_n}{S_b} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

2) Изучающего по усл. в сосуде нет воды

$\Rightarrow \Delta M_n = m_B$, где ΔM_n - ~~умень~~ увеличение массы пара

$$\Delta M_n = \rho_n (V_{n1} - V_{n2})$$

m_B - масса воды.

$$V_{n2} = \frac{V_{n1}}{\gamma}$$

V_{n1}, V_{n2} - объемы пара в нач. и конеч. сост.

$$\Delta M_n = \rho_n V_{n1} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) = m_B = \rho_B V_{B2}; \quad V_{B2} = \frac{\rho_n V_{n1} (1 - \frac{1}{\gamma})}{\rho_B}$$

V_{B2} - конеч. объем воды.

$$M_{n2} = \rho_n V_{n2} = \rho_n \frac{V_{n1}}{\gamma} - \text{конечная масса пара}$$

$$V_{n2} = \frac{V_{n1}}{\gamma}$$

$$2) \frac{V_{n2}}{V_{B2}} = \frac{V_{n1}}{\gamma} \cdot \frac{\rho_B}{\rho_n V_{n1} (1 - \frac{1}{\gamma})} = \frac{1}{(\gamma - 1)} \cdot \frac{\rho_n}{\rho_B}$$

$$\frac{V_{n2}}{V_{B2}} = \frac{1}{4,6} : (2,5 \cdot 10^{-5}) = \frac{2}{23} \cdot 10^5 = 8,69 \cdot 10^4 \text{ 8600}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{pM}{RT\rho_B} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$2) \frac{V_{n2}}{V_{B2}} = \frac{\rho_B}{(\gamma - 1)\rho_n} = 8,69 \cdot 10^4 \text{ 8600}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1.

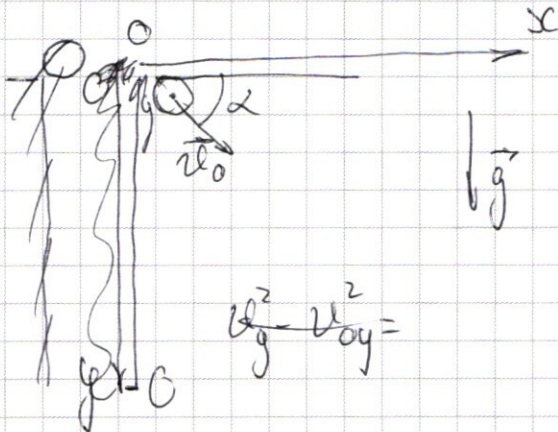
$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_k = 2v_0$$

1) $v_y = ?$

2) $H = ?$



v_y - вертикальная компо-
нента - при пад.
на землю.

$$y = y_0 + g t^2$$

$$v_y = v_{0y} + g_y t$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha + g_y t$$

$$H = v_0 \sin \alpha + \frac{g_y t^2}{2}$$

$$L = v_0 \cos \alpha t$$

$$2 v_0^2 \cos^2 \alpha - v_0^2 \cos^2 \alpha = 2 g H$$

N 2.

S

m

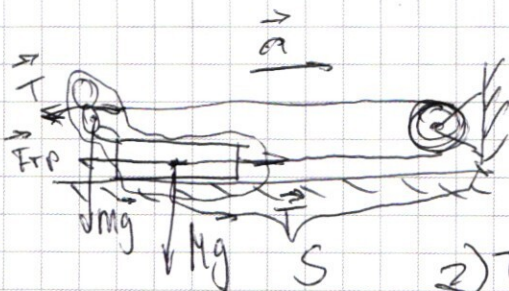
$$M = 2m$$

μ

$F_{\text{тр}} = ?$

$F_{\text{min}} = ?$

F



$$N = M(g + (M+m)g)$$

1) $M = 3mg$

2) $T = F_{\text{тр}}$

3) $T = \mu N = \mu 3mg$

3) $3ma = F - F_{\text{тр}}$

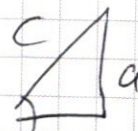
$$3ma =$$

$$3ma + \mu 3mg = F$$

$$a = \frac{F}{3m} - \mu g$$

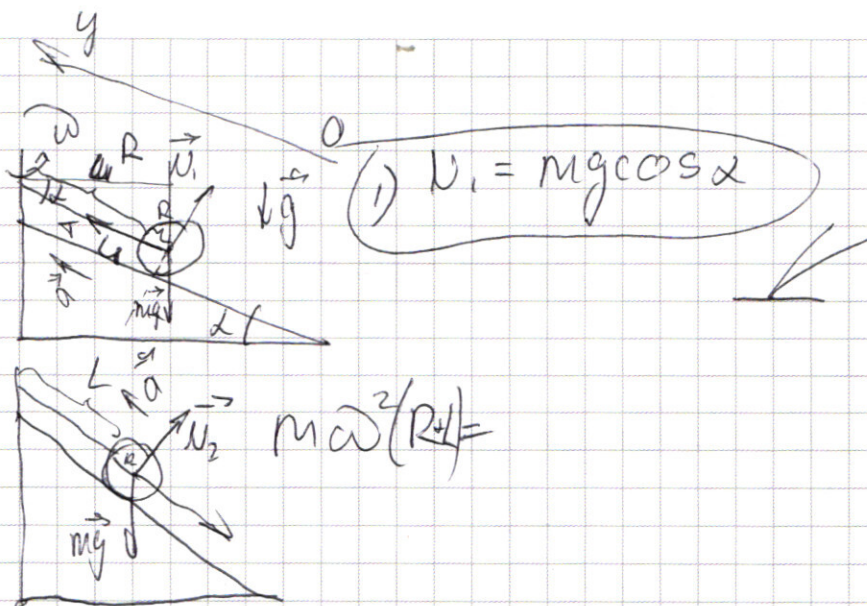
$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S}{\left(\frac{F}{3m} - \mu g\right)}}$$

$$S = \frac{at^2}{2}$$

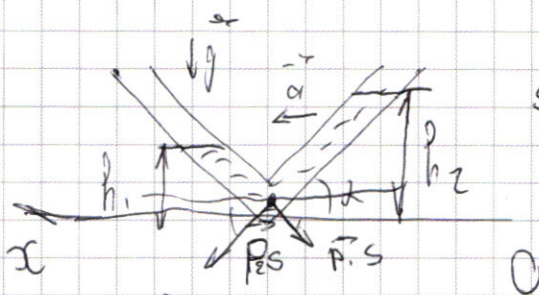


$$a = \sin \alpha c$$

- N3.
- M, ω
- R
- α
- L
- 1) F_1 - ?
- 2) F_2 - ?



- N4.
- $\alpha = 45^\circ$
- $a = 4 \frac{m}{s^2}$
- $h_1 = 10 \text{ cm}$
- 1) h_2 - ?
- 2) α



$$g(h_1 + h_2) \cos \alpha = g h_2 \cos \alpha - g h_1 \cos \alpha$$

$$(h_1 + h_2) a = g h_2 \cos \alpha - g h_1 \cos \alpha$$

$$g h_2 \cos \alpha = a h_1 + a h_2 + g h_1 \cos \alpha$$

$$h_2 = \frac{h_1(a + g \cos \alpha)}{g \cos \alpha - a}$$

$$50 - 16$$

$$a h_1 + a h_2 = g h_2 \cos \alpha - g h_1 \cos \alpha$$

$$h_2 (g \cos \alpha - a) = h_1 (a + g \cos \alpha)$$

$$h_2 = \frac{0,1 \cdot (4 + 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2})}{10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 4} \quad h_2 = \frac{h_1 (a + g \cos \alpha)}{g \cos \alpha - a}$$

$$h_2 = \frac{0,1 (4 + 5 \frac{\sqrt{2}}{2})}{5 \frac{\sqrt{2}}{2} - 2} = \frac{0,1 (4 - 25 \cdot \frac{1}{2})}{\frac{1}{2}} = 1,25 - 0,4 = 0,85 \text{ m}$$



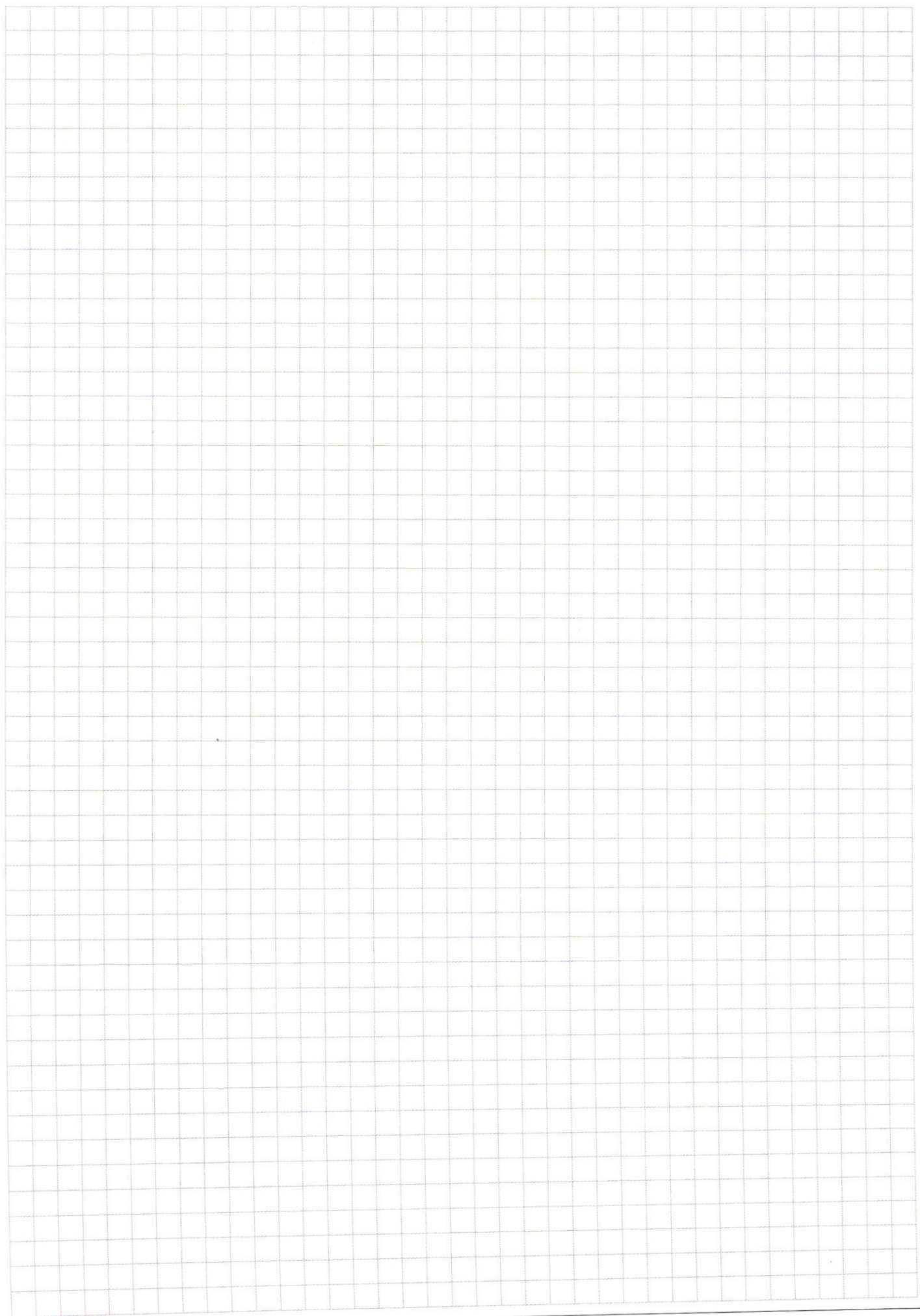
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

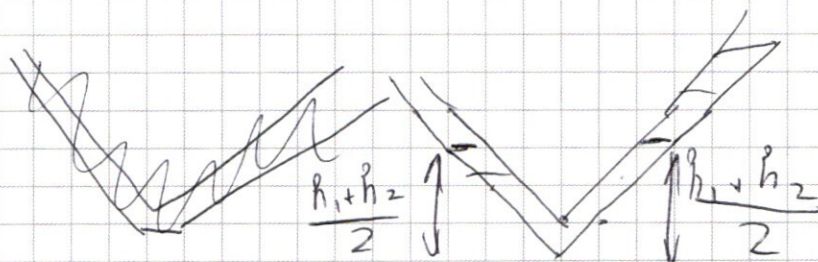


☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)



ус.

$$T = 25^\circ \text{C}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$T = \text{const}$$

$$1) \frac{S_n}{S_b} = \frac{V_{n2}}{V_{n1}} = \gamma = 5,6$$

$$2) \frac{V_{n2}}{V_{b2}} = ?$$

$$pM = \gamma_n RT$$

$$S_n = \frac{pM}{RT}$$

$$p_1 V_{n1} = \frac{S_n V_{n1}}{M} RT$$

$$\frac{S_n}{S_b} = \frac{pM}{RT S_b} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 0,01818 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} =$$

$$= 0,025$$

$$p_2 V_{n2} = \frac{S_n V_{n2}}{M} RT$$

$$p_1 M = \gamma_n RT$$

$$p_2 M = \gamma_n RT$$

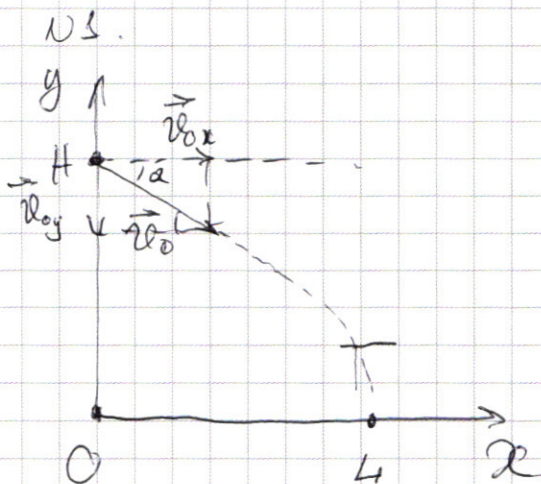
$$\frac{p_2}{p_1} = \gamma$$

$$\times 3,55$$

$$\frac{21,30}{6}$$

$$415$$

$$\begin{array}{r} 213 \ 183 \\ - 166 \ 2,3 \\ \hline 470 \\ - 415 \\ \hline 550 \\ - 504 \end{array}$$



$$v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$$

$$v_0^2 = v^2$$

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

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$v_y = 2v_{0y} \sin \beta$$

$$\frac{v_y}{v_{0y}} = 2 \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

$$v_y = 2v_0 \frac{\sin^2 \alpha}{\sin \beta}$$

$$4v_0^2 \sin^2 \beta - 2v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gH$$

$$2v_0 \cdot \sin \beta = 2v_0 \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\sin \beta}$$

$$\sin^2 \beta = \sin^2 \alpha$$

$$H = 0 \quad 0 = H$$

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2}$$

$$4v_0^2 \sin^2 \beta - 2v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gH$$

3. С. 7

$$H = \frac{2v_0^2}{g} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 10}{10} = 20 \text{ м}$$

3. С. 11

$$m v_0 \cos \alpha = m (2v_0 \cos \beta)$$

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

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2 \cdot 2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$2v_0^2 \sin^2 \beta$$

$$4v_{0y}^2$$

$$\sin \beta = \cos \sqrt{1 - \cos^2 \beta}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$v_y^2 = v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gt$$

$$v_y = \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gt}$$

1) $v_y = 10 \sqrt{\frac{3}{4} + 4} = 10 \sqrt{5.75} = 10 \sqrt{23} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v_y = v_0 \sin \alpha + g t$
 $t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g}$
 $t = \frac{5\sqrt{9} \frac{m}{c} - \frac{10\sqrt{3}}{2}}{10 \frac{m}{c^2}}$
 $t = \frac{25}{10} = 2.5$
 $v_y = \sqrt{100 \cdot \frac{1}{4} + 2 \cdot 10 \cdot 20}$
 $v_y = 5\sqrt{1 + 2 \cdot 2 \cdot 4}$
 $v_y = 5\sqrt{17} \frac{m}{c}$

$t = \frac{\sqrt{17^2 - 1}}{2} c$

$c = \frac{a}{\sin \alpha}$
 $x = (L+R) \cos \alpha$
 $a = \omega^2 x$
 $a = \frac{\omega^2 (L+R) \cos \alpha}{\cos \alpha}$

$\Sigma x: m \frac{a}{\cos \alpha} = T - \cos \alpha m g$
 vv.

$\Delta h = \frac{h_2 - h_1}{2}$
 $2a \Delta h = v^2$
 $v = a t$
 $v = \sqrt{2a \Delta h}$
 $v = \sqrt{2 \cdot a \cdot \frac{h_2 - h_1}{2}}$
 $c = \frac{c}{\Delta h} \Delta h$

13.

$$\Delta M_b = \Delta M_n.$$

$$\rho V_b = \rho_n \cdot V_{n2}$$

$$\rho_n = \text{const}$$

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

$$\frac{V_{n2}}{V_{b1}} = \frac{\rho_b}{\rho_{n2}}$$

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

$$p_2 V_2$$

$$pM = \rho RT$$

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

$$\frac{p V_{n1}}{p V_{n2}} = \frac{m_{n1} RT}{m_{n2} RT}$$

$$\frac{\rho V_{n2}}{V_{n2}} = \frac{m_{n1}}{m_{n2}} \quad \frac{m_{n1}}{m_{n2}} = \gamma$$

$$\rho_n V_{n1} = \gamma V_{n2}$$

$$M_b = \rho_n V_{n2} (\gamma - 1)$$

$$\rho_b V_{b2} = \rho_n V_{n2} (\gamma - 1)$$

$$V_{b2} = \frac{\rho_n V_{n1} (\gamma - 1)}{\rho_b}$$

$$m_{n2} = \rho_n V_{n2}$$

$$V_{n2} = \frac{m_{n2}}{\rho_n} = \frac{V_{n1}}{\gamma}$$

$$\frac{V_{n2}}{V_{b2}} = \frac{V_{n1} \rho_b}{\gamma \rho_n V_{n1} (\gamma - 1)}$$

$$= \frac{\rho_b RT}{\gamma p M (\gamma - 1)} = \frac{2 \cdot 123}{20} = \frac{20}{200}$$

$$\frac{2 \cdot 10^2}{23 \cdot 10^{-2}}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 4,6 \\ 2,5 \\ \hline 230 \\ + 92 \\ \hline 1150 \end{array}$$

$$\frac{2}{23}$$

$$\begin{array}{r} 200 \cdot 123 \\ - 18400 \\ \hline 160 \\ - 138 \\ \hline 220 \end{array} \quad 0,86$$

$$\begin{array}{r} 2 \quad 23 \\ - 0 \quad 0,00 \\ \hline 200 \\ - 200 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$0,0086$$

$$86$$