

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?

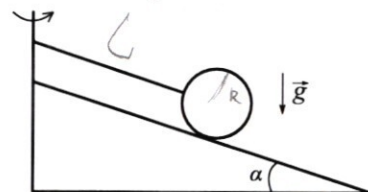
✓ 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

✓ 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.

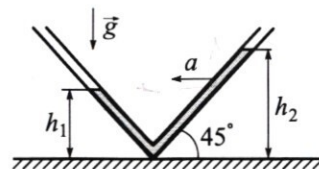


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.

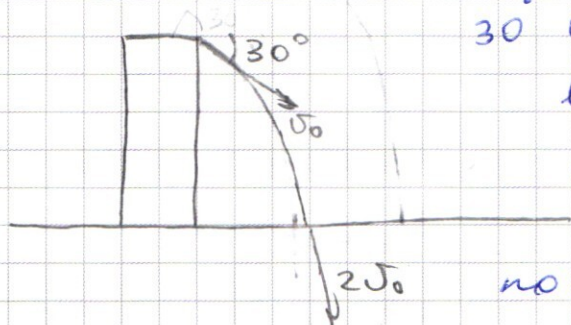
✓ 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

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

Задача 1



Т.к. камень бросили под углом 30° и скоростью v_0 , то вертикальная проекция скорости при бросе была $v_{0y} = \frac{v_0}{2}$, то скорость по гор $v_x = \sqrt{v_0^2 - \frac{v_0^2}{4}} = \sqrt{\frac{3}{4} v_0^2}$

Т.к. на изменение скорости по вертикали влияет только сила тяжести, а на изменение скорости по горизонтали ничего не влияет (т.к. на камень действует сила тяжести перпендикулярно горизонту), то мы можем найти верн. скорость в ~~конце~~ у земли

$$v_{Bk} = \sqrt{4v_0^2 - \frac{3}{4}v_0^2} = \sqrt{\frac{13}{4}v_0^2} = \frac{\sqrt{13}}{2}v_0 = \frac{\sqrt{13}}{2} \cdot 10 \approx 18 \text{ м/с}$$

Т.к. камень разгоняет сила тяжести, то

$$\begin{aligned} gt &= \Delta v_B = -v_{Bn} + v_{Bk} = \frac{\sqrt{13}v_0}{2} - \frac{v_0}{2} = \frac{(\sqrt{13}-1)v_0}{2} \\ &= \frac{(\sqrt{13}-1)v_0}{2g} = \frac{(\sqrt{13}-1) \cdot 10}{2 \cdot 10} = \frac{\sqrt{13}-1}{2} \approx 1,3 \text{ с} \end{aligned}$$

$$8hg = \frac{v_{BK}^2 - v_{BH}^2}{2}$$

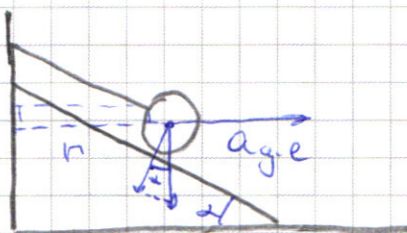
$$h = \frac{v_{BK}^2 - v_{BH}^2}{2g} = \frac{\frac{13}{4}v_0^2 - \frac{1}{4}v_0^2}{2g} = \frac{12v_0^2}{8g} = \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = 15 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_{BK} = \frac{\sqrt{13 \cdot 5}}{2} \approx 9 \text{ м/с}$

2) $t = \frac{\sqrt{13 \cdot 5}}{2} \approx 1,3 \text{ с}$

3) $h = 15 \text{ м}$

③



на шар действует сила тяжести $F = mg$.

т.к. шар на горке, которая под нажимом, то сила действующая на шар - это проекция силы тяжести на перпендикуляр к поверхности горки

||

$$F_H = mg \cdot \cos \alpha$$

так же вращением ~~на~~ у шара наблюдается угловое ускорение

$$a_{угл} = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}, \text{ направленное } \text{ в } \text{ по } \text{ горизон-} \\ \text{ тали}$$

найдем r

$$r = \cos \alpha L + R$$

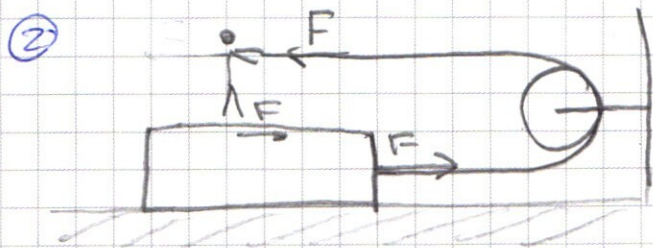
и найдем проекцию силы создаваемой $a_{ге}$ ($F_{ге} = a_{ге} \cdot m = \omega^2 r m$) на перп к плоск горки $F_{ге\text{пер}} = \omega^2 r m \cdot \sin \alpha$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_{\Sigma} = F_A - F_{\text{цент}} = mg \cos \alpha - \omega^2 r m \cdot s \cdot \sin \alpha = mg \cos \alpha - \omega^2 m \cdot s \cdot \sin \alpha \cdot (L \cdot \cos \alpha + R)$$

Ответ: 1) $F_A = mg \cos \alpha$

2) $F_{\Sigma} = mg \cos \alpha - \omega^2 (L \cdot \cos \alpha + R) m \cdot \sin \alpha$



человек действует на
пол с силой $F_A = 2mg$,
человек действует на
шнурик $\Rightarrow$ шнурик на пол с силой $F_H = mg \Rightarrow$

$$F_{\Sigma} = 3mg$$

когда система покоится человек тянет
платформу с силой F , канат передает ей такую же силу F —
вниз на шнурок на него действует
сила трения со стороны шнурика
равная F .

на шнурик действует сила натяжения
каната, которая равна F (так как канат
не растяжим) и сила со стороны
человека равная F

$$F_{\Sigma} = 2F_0$$

чтобы сдвинуть ящик нужно по
чтобы $F_g > F_{тр}$

$$F_{тр} = 3mg\mu$$

$$3mg\mu \leq 2F$$

$$F \geq \frac{3mg\mu}{2} \Rightarrow F_0 = \frac{3mg\mu}{2}$$

когда конструкция в безвесовом состоянии
ящика и человека совпадают,
то

$$\frac{F + F_{трч} - \mu 3mg}{2m} = \frac{F_{трч} + F}{m}$$

$$F_{трч} + F - \mu 3mg = 2F - 2F_{трч}$$

$$3F_{трч} = F + \mu 3mg$$

$$F_{трч} = \frac{F}{3} + \mu mg$$

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

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2Sm}{\frac{2}{3}F - \mu mg}}$$

Ответ: 1) $F_g = 3mg$

2) $F = \frac{3\mu mg}{2}$

3) $t = \sqrt{\frac{2Sm}{\frac{2}{3}F - \mu mg}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤ плотность пара - это масса пара делённая на занимаемый объём

$$\rho_n = \frac{m_n}{V}$$

запишем др-е Менделеева-Клапейрона

$$PV = \nu RT$$

выразим:

$$\frac{\nu}{V} = \frac{P}{RT}$$

$$\nu M = m \Rightarrow \frac{\nu M}{V} = \frac{PM}{RT} = \rho$$

$$\rho_n = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = 0,028 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

!!

$$\frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{0,028}{3000} = 0,000028$$

2) ~~из условия задачи известно~~

~~ФФ~~

$$\frac{m_n}{V} = \frac{8,818 m_k}{V}$$

$$m_n = 8,818 m_k$$

$$\Delta m = m_n - 8,818 m_k = m_k (8,818 - 1)$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\frac{\Delta m}{\rho_B} = V_B$$

$$\frac{m_K}{\rho_H} = V_H$$

$$\frac{V_B}{V_H} = \frac{\Delta m \rho_H}{\rho_B m_K} = \frac{(x-1)m_K \rho_H}{\rho_B \cdot m_K} = \frac{(x-1)\rho_H}{\rho_B} = 0,000028 \cdot 4,6 =$$

$$\approx 0,0001282$$

Ответ: 1) 0,000028

2) 0,0001282

4) ~~правильно~~ ~~неверно~~ ~~правильно~~

при движении трубки останавливает
точка, где вода вверх вправо, а влево,
и вода вправо

ответ:

$$h_2 = \frac{2 \sin \alpha a h_1}{2} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 4 \cdot 10}{2} = 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$



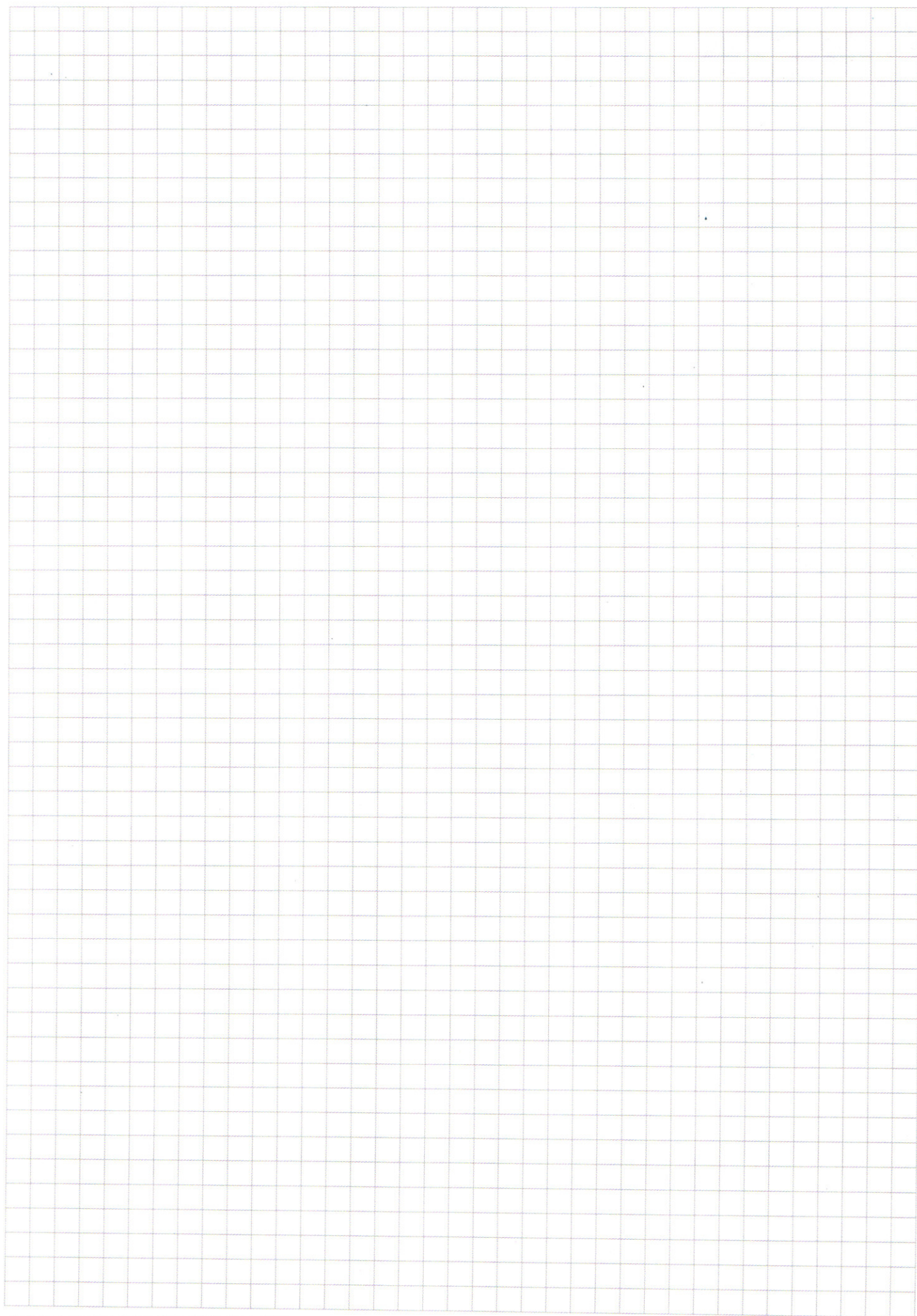
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

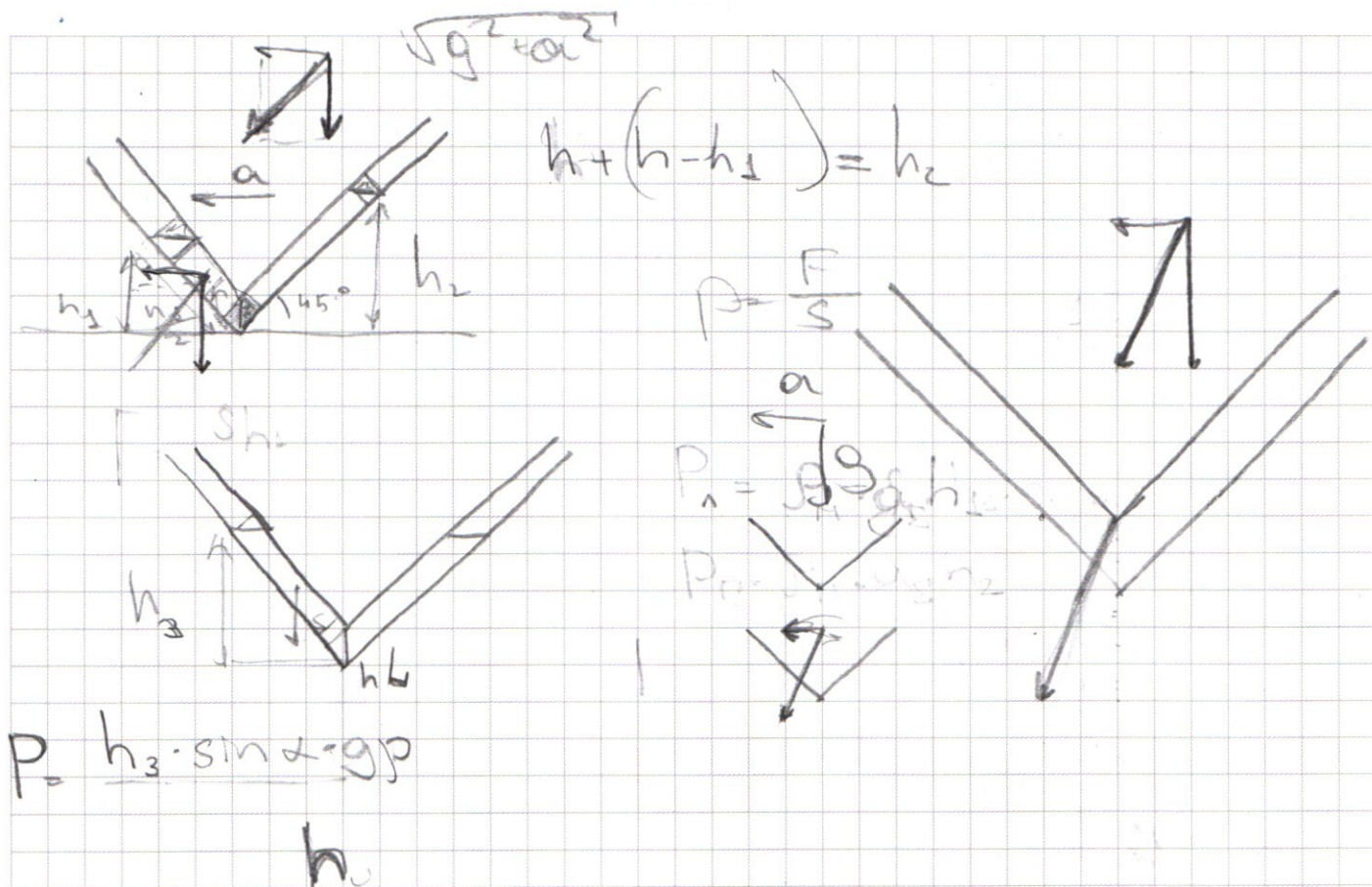
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

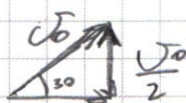
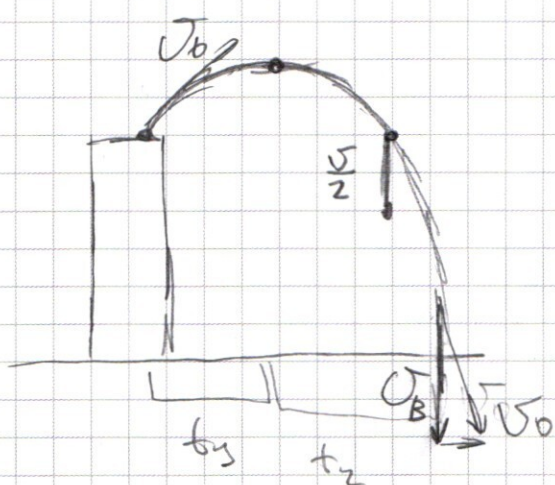
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



5
2

P

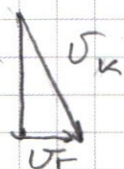
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v^2 - \frac{v^2}{4} = v_r^2$$

$$v_r^2 = \frac{3v_0^2}{4}$$

$$v_k = 2v_0$$



$$v_k^2 - v_r^2 = v_B^2$$

$$v_B^2 = 4v_0^2 - \frac{3v_0^2}{4} =$$

$$\frac{16}{4}v_0^2 - \frac{3}{4}v_0^2 = \frac{13}{4}v_0^2$$

$$v_B = \frac{13}{4} \cdot 100 = \frac{10\sqrt{13}}{2}$$

$$\frac{v_0}{2} = v_{BH} \quad v_{Bk} = \frac{v_0\sqrt{13}}{2}$$

$$gt_1 = \frac{v_0}{2}$$

$$t_1 = \frac{v_0}{2g}$$

$$gt_2 = \frac{v_0\sqrt{13}}{2}$$

$$t_2 = \frac{v_0\sqrt{13}}{2g}$$

$$t_{\Sigma} = \frac{v_0 + v_0\sqrt{13}}{2g} \approx \frac{4,6v_0}{2g}$$

$$\Delta v = \frac{v_0 + v_0\sqrt{13}}{2g}$$

$$t_{\Sigma} = \frac{v_0 + v_0\sqrt{13}}{2g}$$

$$S_a = \frac{v_k^2 - v_H^2}{2}$$

$$S = \frac{v_k^2 - v_H^2}{2g}$$

$$\sqrt{13} \quad \begin{array}{r} \times 3,5 \\ 3,5 \\ \hline 145 \\ 805 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,4 \\ 3,4 \\ \hline 3,4 \\ 3,4 \\ \hline 1368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,6 \\ 3,6 \\ \hline 236 \\ 108 \\ \hline 32,96 \end{array}$$

$$S = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2g} = \frac{\frac{13}{4}v_0^2 - \frac{1}{4}v_0^2}{2g} = \frac{12v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{2g}$$

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$t = t_2 - t_1 \approx \frac{2,6}{2g} \cdot v_0$$

$$h = \frac{2,6 v_0^2}{4g} + \frac{g \cdot 2,6^2}{4g} v_0^2 = \frac{g v_0^2}{4g}$$

$$\begin{array}{r} 2,6 \\ 2,6 \\ \hline 12,6 \\ 52 \\ \hline 6,46 \\ + 2,6 \\ \hline 9,06 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,3^2 \\ 1,3 \\ \hline 1,69 \end{array}$$

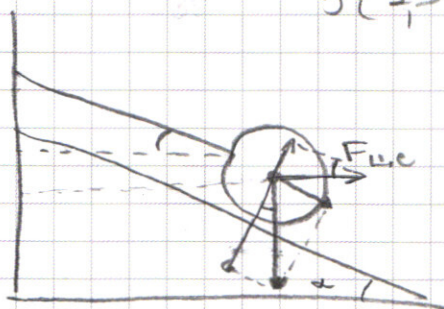
$$1,3 + 5 \cdot 1,3^2 =$$

$$5(1,3 + 1,69) = 15$$

$$\frac{2,6}{4g} v_0^2 + \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{g \cdot 2,6^2 v_0^2}{4g^2} = \frac{2,6^2}{4g} v_0^2$$

②



$$F = F = mg \cos \alpha$$

$$\frac{v^2}{r} = a \quad \sigma = \omega R$$

$$\omega^2 R = a_{y.c}$$

$$F_{y.c} - m\omega^2 R$$

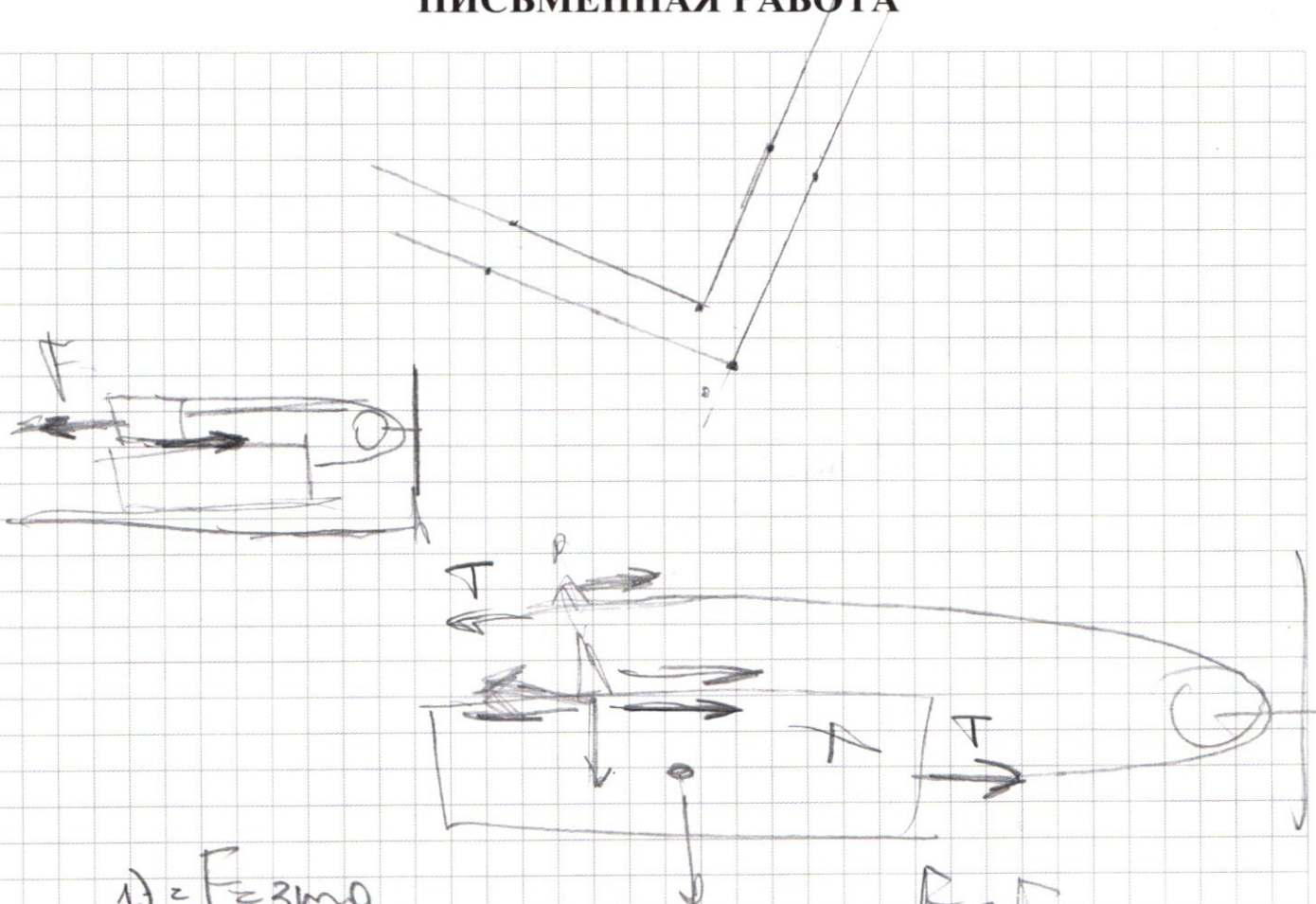
$$R = \cos \alpha L + R$$

$$F_n = F - F_{y.c} \cdot \sin \alpha$$

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

$$= mg \cos \alpha - m\omega^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha L + m\omega^2 \cdot \sin \alpha R$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) F = 3mg$$

$$2) F_{\text{тр}} = 3\mu mg = 2F_0$$

$$F_0 = \frac{3\mu mg}{2}$$

$$3) 2F = F_x$$

$$a = \frac{F_x - F_{\text{тр}}}{m_x}$$

$$a = \frac{F - 3\mu mg + \mu mg + F}{2m} = \frac{F + \mu mg}{m}$$

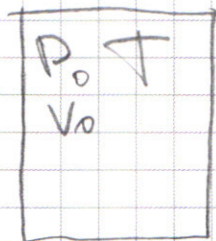
$$\frac{F_0 + F_{\text{тр}}}{2m} = \frac{\mu 3mg - F + F_{\text{тр}}}{m}$$

$$F - F_{\text{тр}} - \mu 3mg = 2F + 2F_{\text{тр}}$$

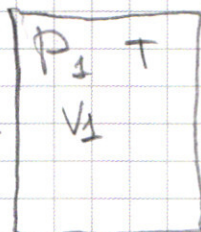
$$F_{\text{тр}} = \mu mg + F$$

$$\frac{at^2}{2} = S \quad t = \sqrt{\frac{2S \cdot m}{F + \mu mg}}$$

5



$T = \text{const}$



$$\begin{cases} P_0 = P_{\Gamma_0} + P_{\text{нп}} & P_{\Gamma_0} = \frac{\nu R T}{V_0} \\ P_1 = P_{\Gamma_1} + P_{\text{нп}} & P_{\Gamma_1} = \frac{\nu R T}{V_1} \end{cases}$$

$$P_{\text{нп}} = \frac{m_{\text{в}}}{V_0}$$

$$P_{\text{нп}} = P_{\text{нп}}$$

$$P_{\Gamma} =$$

$$P V = \nu R T$$

$$\nu M = m$$

$$\frac{P}{RT} = \frac{\nu}{V}$$

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

$$\rho = \frac{\nu M}{V} = \frac{m}{V} = \frac{P M}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 10^{-2} \cdot 300} \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} & \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 10^{-2} \cdot 300} = 10^{-3} \\ & \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 10^{-2} \cdot 300} = 10^{-3} \\ & \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 10^{-2} \cdot 300} = 10^{-3} \\ & \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 10^{-2} \cdot 300} = 10^{-3} \end{aligned}$$

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)