

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.

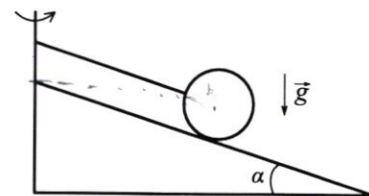
- 2) Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением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

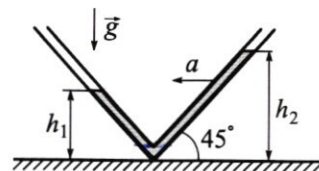
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

Теперь человек движется с ускорением. Значит, действует сила $3ma$

$$F + F_{\text{тр}} - F_{\text{тр}0} = 3ma$$

$$2F - 3mg\mu = 3ma$$

; $3ma$ т.к. человек тоже движется с ускорением. $\Rightarrow$

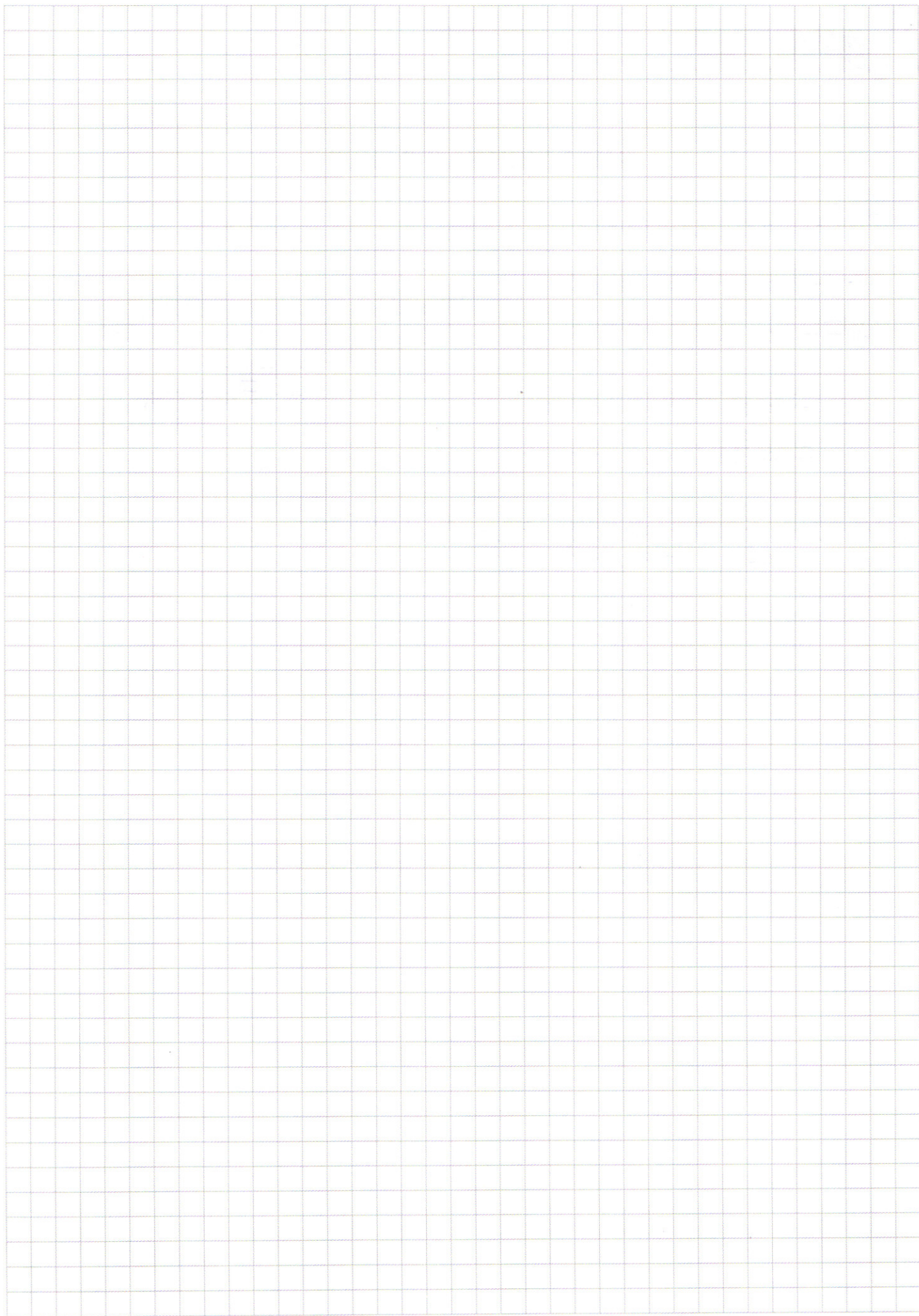
$$\Rightarrow F - F_{\text{тр}} = ma$$

$$F_{\text{тр}} = F - ma$$

$$2F = 3ma + 3mg\mu$$

$$F = \frac{3}{2}ma + \frac{3}{2}mg\mu$$

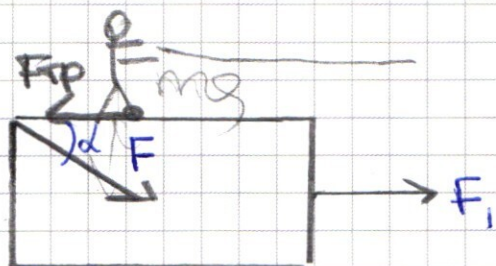
3) Ответ: $\frac{3}{2}ma + \frac{3}{2}mg\mu = \frac{3}{2}m(a + g\mu)$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

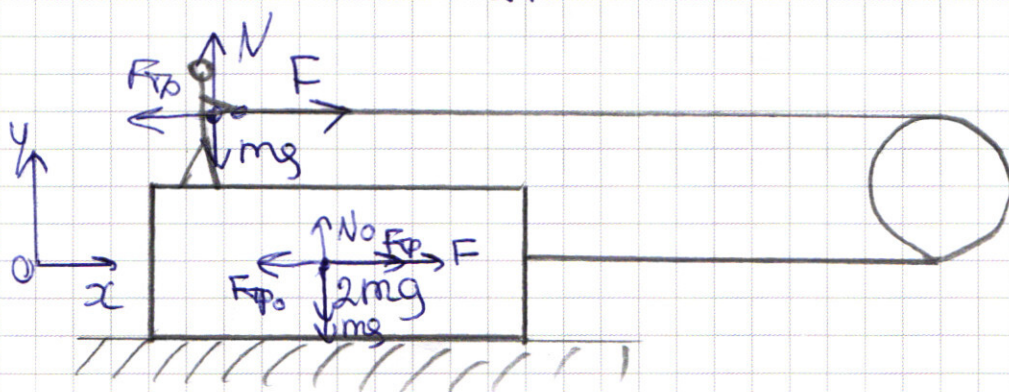
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F \cos \alpha + F_i = 3mg\mu + F \sin \alpha \mu$$

№2.



Нарисуем силы действующие на человека.

$F_{тр}$ - сила трения между человеком и санями

N - реакция опоры (саней)

F - сила натяжения шнурка

mg - сила тяжести

$$\begin{aligned} OY: mg &= N \\ OX: F &= F_{тр} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} OY: mg &= N \\ OX: F &= F_{тр} \end{aligned}} \right\} \text{равенства сил из 2-х осей.}$$

Теперь нарисуем силы действующие на санки.

F - сила натяжения шнурка (каждый)

$2mg$ - сила тяжести

mg - сила реакции опоры со стороны человека

$F_{тр0}$ - сила трения между санями и санями.

N_0 - реакция опоры (стены)

$F_{тр}$ - сила трения со стороны человека.

$$OX: F + F_{тр} = F_{тр0} = 2F$$

$$OY: N_0 = 2mg + mg = 3mg$$

$$1) \text{ Ответ: } N_0 = 3mg$$

$$\left\{ \begin{aligned} F_{тр0} &= 2F \\ F_{тр0} &= N_0 \cdot \mu \end{aligned} \right.$$

$$2) \text{ Ответ: } \frac{3mg\mu}{2}$$

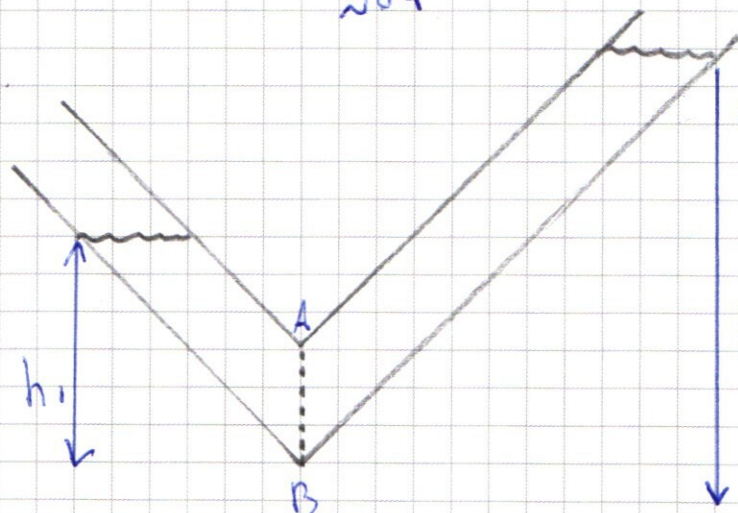
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_8 = \frac{\rho}{\rho} \cdot V \left(1 - \frac{1}{5,6}\right) - \text{объем воды.}$$

$$\begin{aligned} \frac{V}{5,6} : V_8 &= \frac{V}{5,6} : \frac{\rho}{\rho} V \left(1 - \frac{1}{5,6}\right) = \frac{V}{5,6 \cdot V \left(1 - \frac{1}{5,6}\right)} \cdot \frac{\rho}{\rho} = \\ &= \frac{\rho}{\rho} \cdot \frac{1}{5,6 - 1} = \frac{\rho}{\rho} \cdot \frac{1}{4,6} = \frac{0,00025}{4,6} \approx 0,000054 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ответ:} &= \frac{1}{0,00025 \cdot 4,6} = \frac{1000000}{25 \cdot 4,6} = \frac{10000000}{25 \cdot 46} \\ &= \frac{10000000}{1150} = \frac{1000000}{115} \approx 869,6 \end{aligned}$$

2) Ответ: объем ~~в~~ ^{пара} ~~в~~ 869,6 ^{м³} ~~л~~ _{м³}.



Рассмотрим равновесие
на свободной стенке AB
 $\rho g h_1 + h_1 \rho g a = \rho g h_2 -$
 $- h_2 \rho g a$ - равновесие
записываем на
стенке.

$h_1 \rho a$ - сила инерции
записываем за счет ускорения
 ρ - плотность жидкости

$$\rho g h_1 + h_1 \rho g a = \rho g h_2 - h_2 \rho g a$$

$$h_1 \rho (g + a) = h_2 \rho (g - a); h_1 = h_2 \cdot \frac{g - a}{g + a}; h_2 = h_1 \cdot \frac{g + a}{g - a}$$

1) Ответ: $h_2 = 23,3 \text{ м}$.

Запишем закон сообщающихся сосудов:

$$-\rho g h_1 + \rho g h_2 = \rho g (h_2 - h_1); F = \rho g (h_2 - h_1) S; \text{ где } S - \text{площадь}$$

$$a = \frac{\rho g (h_2 - h_1) S}{(h_1 S \rho)}$$

$(h_1 S \rho)$ - масса воды в левом этом трубке

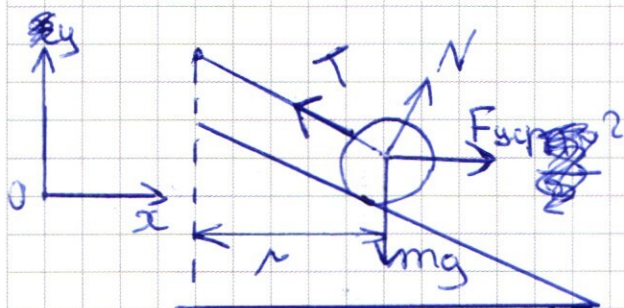
$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_1} = g \left(\frac{h_2}{h_1} - 1 \right)$$

Допустим у нас левая часть трубки имеет высоту h_1 так

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.



Нарисуйте силы действующие
на шар.

mg - сила тяжести

T - натяжение нити

N - сила реакции опоры

$F_{ц.с}$ - центростремительная
сила

$F_{ц.с} = m\omega^2 R$; где R - расстояние
от центра шара до оси вращения

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

$$Ox: m\omega^2 R + N \sin \alpha = T \cos \alpha$$

$$Oy: mg = T \sin \alpha + N \cos \alpha$$

$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$m\omega^2 R + N \sin \alpha = (mg - N \cos \alpha) \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$m\omega^2 (L + R) \cos \alpha + N \sin \alpha = mg \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} - N \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

$$N \left(\sin \alpha + \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} \right) = \frac{mg}{\tan \alpha} - m\omega^2 (L + R) \cos \alpha$$

$$N \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = m \cos \alpha \left(\frac{g}{\sin \alpha} - \omega^2 (L + R) \right)$$

$$N = m \cos \alpha \left(\frac{g}{\sin \alpha} - \omega^2 (L + R) \right) \cdot \sin \alpha$$

2) ответ: $N = m \cos \alpha \sin \alpha \left(\frac{g}{\sin \alpha} - \omega^2 (L + R) \right)$

№ 5.

Напишем уравнение Менделеева-Клапейрона

$$PV = \nu RT; T = \text{const}; P = \text{const} (\text{т.к. пар насыщенный})$$

$$PV = \frac{m}{M} RT;$$

$$P = \left(\frac{m}{V} \right) \frac{RT}{M}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$$

T - температура (27°C) (300K) - в кельвинах

P - давление

m - масса пара

M - молярная масса воды

V - объем пара.

Отношение плотности пара к плотности

воды будет постоянно т.к. пар все время насыщенный и
массу пара уменьши в столько же раз во сколько и объем

Чтобы плотность измерять в $\left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$ надо разделить на 1000.

$$\rho = \frac{PM}{RT \cdot 1000} \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]; \rho = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} =$$

$$= \frac{3,55 \cdot 18}{8,31 \cdot 300} = \frac{3,55 \cdot 6}{8,31 \cdot 100} = \frac{3,55 \cdot 6}{831} = \frac{213}{831} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 0,25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

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

$$\frac{\rho}{P} = \frac{213}{831} \cdot \frac{1}{1000} = \frac{213}{831000} = 0,00025$$

1) Ответ: 0,00025 (плотность пара в 0,00025 раз меньше ^{плотности} воды)

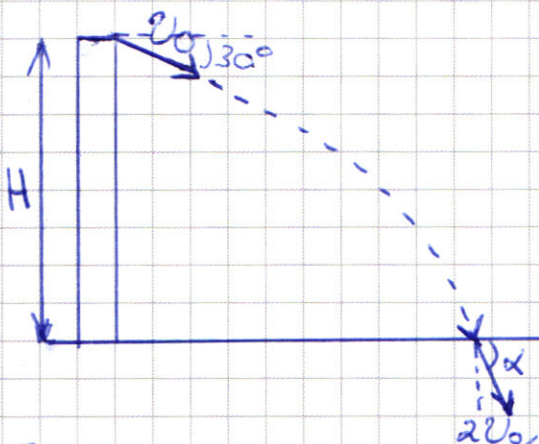
Пусть изначальный объем пара V , тогда стал $\frac{V}{5,6}$ (уменьшился в 5,6 раз)
 $V - V \cdot \frac{1}{5,6} = V \left(1 - \frac{1}{5,6} \right)$ - такой объем пара конденсировался
масса скопелировавшегося пара

$$V \left(1 - \frac{1}{5,6} \right) \rho = m = \rho \cdot V_0; V_0 - \text{объем воды, который стал. (изначально он ноль)}$$

8.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.



Г.к. гайка в полете все
время приближалась к земле,
она была брошена вниз
под углом 30° к горизонту.
Шере она бы могла удалиться
(лететь вверх), но это
противоречит условию.

Горизонтальная составляющая скорости камня

не изменилась (Г.к. ускорение св. падения направлено перпендикулярно и
сопротивление воздуха нет)

$$v_0 \cos 30 = 2v_0 \cos \alpha; \quad \cos \alpha = \frac{\cos 30}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1; \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$2v_0 \sin \alpha$ - вертикальная составляющая при падении

$$v_y = 2v_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = \frac{20 \cdot \sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

1) Ответ: $5\sqrt{13}$

Вертикальная скорость гайки изменяется за счет g

$$\frac{v_k - v_n}{t} = g; \quad t = \frac{v_k - v_n}{g}; \quad v_n = v_0 \cos 60^\circ = 5 \text{ м/с}$$

$$t = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$$

2) Ответ: $\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$

Возьмем среднюю скорость из всех пяти эжекций
и так сделав т.к. она не имеет смысла)

$$\frac{v_k + v_n}{2} \cdot t = H$$

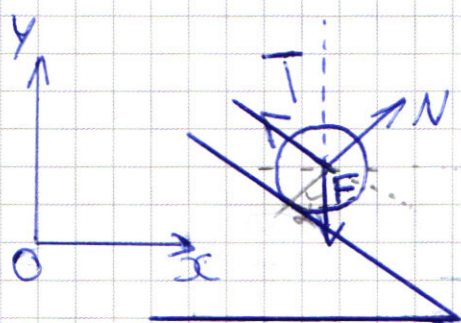
$$\frac{5(\sqrt{13} + 1)}{2} \cdot \frac{\sqrt{13} - 1}{2} = \frac{5}{4} \cdot (13 - 1) = \frac{5}{4} \cdot 12 = 15 \text{ м.}$$

3) Ответ: 15 м.

Ответ: 1) $5\sqrt{13}$ м/с

2) $\frac{\sqrt{13} - 1}{2}$ с

3) 15 м.



№3.

N - сила давления шара на клин
перпендикулярно клину

T - натяжение нити

F - сила тяжести шара (mg)

OY: $mg = N \cos \alpha + T \sin \alpha$; равенство сил на вертикальной оси

Ox: $N \sin \alpha = T \cos \alpha$; равенство сил на горизонтальной оси

$$T = N \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$mg = N \cos \alpha + N \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}$$

$$mg = N \left(\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = N \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = \frac{N}{\cos \alpha}$$

1) Ответ: ~~$\frac{N}{\cos \alpha}$~~ $N = mg \cos \alpha$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

V-объем пере

$$V = \frac{V}{5,6} = V \left(1 - \frac{1}{5,6}\right) - \text{вычисление}$$

$$V \left(1 - \frac{1}{5,6} \right) \cdot P_{\text{rope}} = M_{\text{rope}} = V_{\text{bag}} \cdot \rho_{\text{bag}}$$

Pr. Bogdan

$$V_{\text{gesamt}} = \frac{P_{\text{reng}}}{P_{\text{gesamt}}} \cdot V(1 - \frac{1}{5/6})$$

$$\frac{V}{5,6} = \frac{P_{\text{prop}}}{P_{\text{ges}}} \cdot V \left(1 - \frac{1}{5,6}\right)$$

$$\frac{P_{\text{avg}}}{P_{\text{avg2}}} = \frac{1}{5,6 \left(1 - \frac{1}{5,6} \right)}$$

230
46

[illegible]

20

001

$\frac{900}{100} = \frac{9}{1}$

158

~~912158~~

$$\begin{array}{r} + 25 \\ + 46 \\ \hline 150 \\ 100 \\ \hline 1150 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 115 \\ + 8 \\ \hline 920 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100000 \\ - 920 \\ \hline 800 \\ - 690 \\ \hline 1151100 \\ + 61035 \\ \hline 690 \quad 65 \end{array}$$

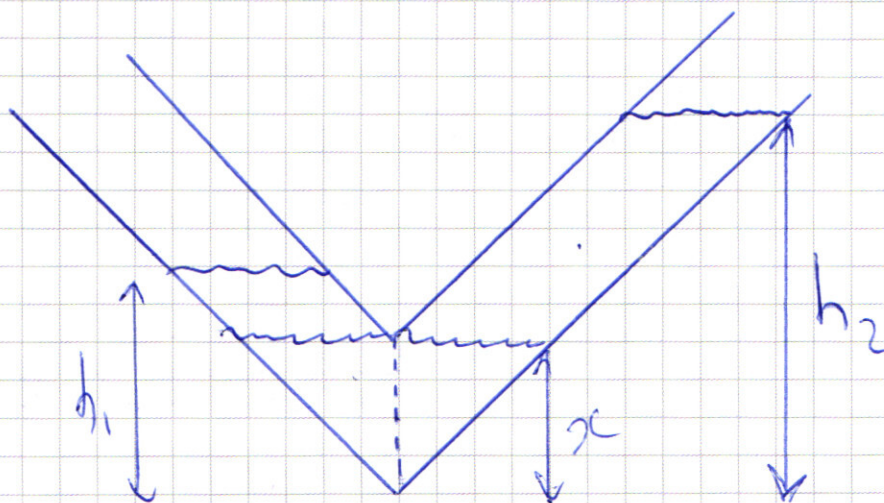
$$\begin{array}{r} 115 \\ 9 \\ \hline 1035 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 650 \\ - 525 \\ \hline 125 \\ + 115 \\ \hline 645 \end{array}$$

86960

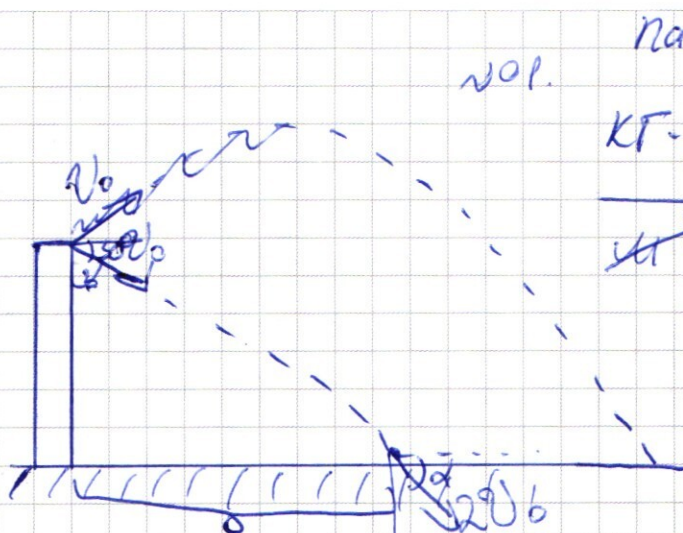
100000

$$\begin{aligned} F &= (h_1 - x) S \rho g + \rho g (h_1 - x) \\ &= \rho g (h_2 - x) \end{aligned}$$



$$m = (h_2 - x) S$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V \cos 30^\circ \cdot t = 5$$

$$V_0 \cos 30^\circ = 2V_0 \cos d$$
$$\cos d = \frac{\cos 30^\circ}{2}$$

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

$$\frac{V_0 + 2V_0 \sqrt{1 - \frac{\cos^2 30^\circ}{4}}}{4} t = H$$

$$H = \frac{2}{276} + 90950000$$

$$b = \frac{7}{22 - 22}$$

$$\text{Па} \cdot \text{м}^3 = \text{Дж} \cdot \text{К} \cdot \text{моль}$$

$$\frac{K_F \cdot \frac{M}{C^2}}{\frac{M^2}{M^2}} \cdot M^3 = x \frac{2 \times 10^8}{K \cdot mole}$$

$$KT \cdot \frac{\mu^2}{\sigma^2}$$

$$2U_0 \sin \alpha =$$

$$= 2V_0 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} =$$

$$= 2V_0 \sqrt{1 - \frac{\cos^2 30^\circ}{4}}$$

$$\begin{array}{r} 3,56 \\ + \\ \hline 2130 \end{array}$$

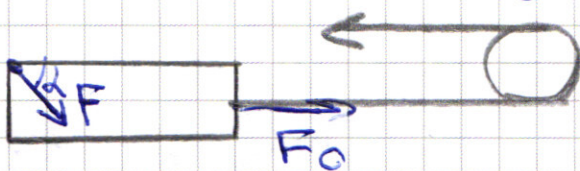
$$\sqrt{4-1} = \sqrt{3}$$

$$\sqrt[3]{2}$$

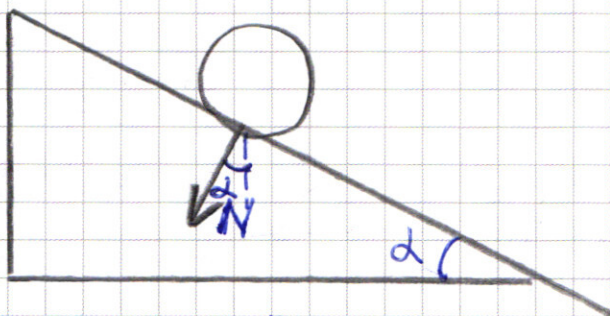
$$\cos 30^\circ$$

$$\begin{array}{r} 5681 \\ \times 501 \\ \hline 5681 \\ 0000 \\ 28405 \\ \hline 28405681 \end{array}$$

$$\frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\text{с}^2}$$



$$F_0 + F \cos \alpha =$$



$$mg \cos \alpha$$

$$\frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{8,31 \cdot 300} = \frac{6 \cdot 35,5}{8,31}$$

$$223 + 22 = 300$$

$$+ \frac{831}{2} = 1662$$

$$\frac{10 \cdot 10}{10} = 10$$

$$\frac{13 - 1}{2} + \frac{13 + 1 - 2\sqrt{13}}{2} =$$

$$\frac{10 \cdot (\sqrt{13} - 1)^2}{2} + \frac{(\sqrt{13} - 1)^2}{2} =$$

$$PV = \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{m}$$

$$2\sqrt{13} - 2 + 13 + 1 - 2\sqrt{13}$$

$$21300 \cdot 831 - 1662 \cdot 225$$

$$\frac{4680}{4155} = 11,26$$

$$\frac{135,5}{2130}$$

$$\frac{480}{4155} = 0,1155$$

$$\frac{831}{4155} = 0,1998$$

$$\frac{831}{3384155} = 0,000245$$

$$\frac{831}{1662} = 0,5$$

$$\frac{23101831}{1662024} = 13,89$$