

Олимпиада «Физтех» по физике, с

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?

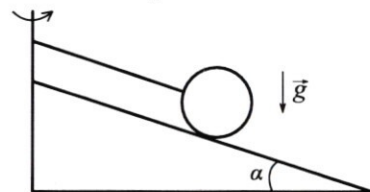
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

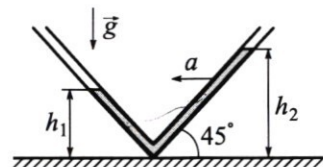


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.

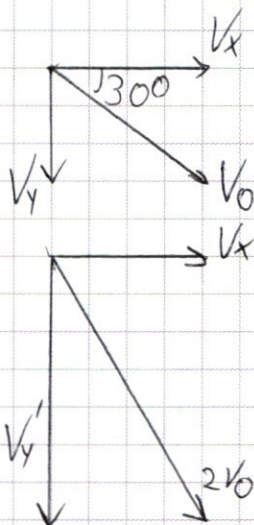
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

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

N 1



V_x - горизонтальная скорость

V_y - вертикальная скорость в начале

V_y' - вертикальная скорость в конце

$$1) V_x^2 + V_y^2 = V_0^2$$

$$V_x^2 + V_y'^2 = 4V_0^2$$

$$V_{xy} = V_0 \cos 60^\circ = \frac{V_0}{2}$$

$$4V_0^2 - V_0^2 = V_x^2 + V_y'^2 - V_x^2 - V_y^2$$

$$3V_0^2 + V_y^2 = V_y'^2$$

$$3V_0^2 + \frac{V_0^2}{4} = V_y'^2$$

$$V_y' = V_0 \sqrt{\frac{13}{4}} = \frac{V_0}{2} \sqrt{13} = \boxed{5 \cdot \sqrt{13} \text{ м/с}}$$

$$2) \text{tg} = V_y' - V_y$$

$$t = \frac{V_y' - V_y}{g} = \frac{V_0}{2g} (\sqrt{13} - 1) = \boxed{\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с.}}$$

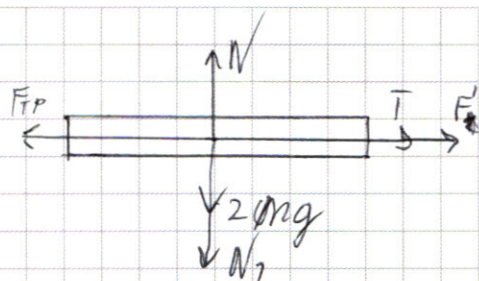
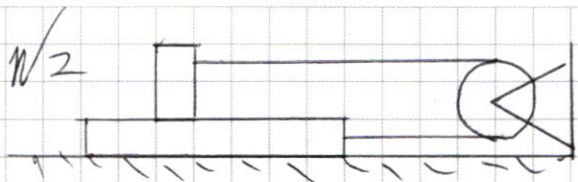
$$3) 2gH = V_y'^2 - V_y^2 = 3V_0^2$$

$$H = \frac{3V_0^2}{2g} = \boxed{15 \text{ м}}$$

Ответ: 1) $V_y' = 5 \cdot \sqrt{13} \text{ м/с}$

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

$$3) H = 15 \text{ м}$$



N_1 - реакция опоры (человек-человек)
 N_2 (человек-земля)

F' - горизонтальная сила взаимодействия человека и колеса

$$N_1 = mg$$

$$F' = T$$

$$N = 2mg + N_1$$

$$F_{TP} = T + F'$$

$$F_{TP} = \mu N$$

$$1) N = 2mg + N_1 = 3mg$$

$$2) \mu N = T + F'$$

$$3\mu mg = 2T$$

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

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

$$F, F_0 = T$$

т.к. колесо не весит

$$3) T + F' - F_{TP} = 2ma$$

$$T - F' = ma$$

$$2T - F_{TP} = 3ma$$

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

$$a = \frac{2T}{3m} - \mu g$$

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

$$t^2 = \frac{2s}{a} = \frac{2s \cdot 3m}{2T - 3\mu mg}$$

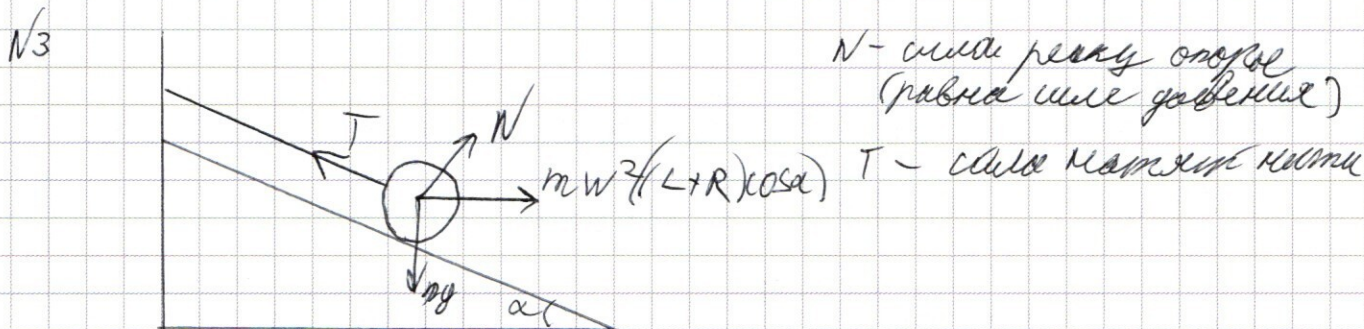
$$t = \sqrt{\frac{6sm}{2T - 3\mu mg}}$$

Ответ: 1) $N = 3mg$

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

$$3) t = \sqrt{\frac{6sm}{2T - 3\mu mg}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$1) N + m\omega^2(L+R)\cos\alpha \sin\alpha = mg \cos\alpha$$

$$N = mg \cos\alpha$$

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

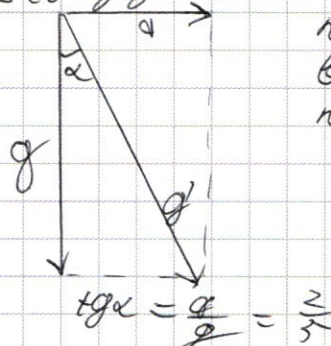
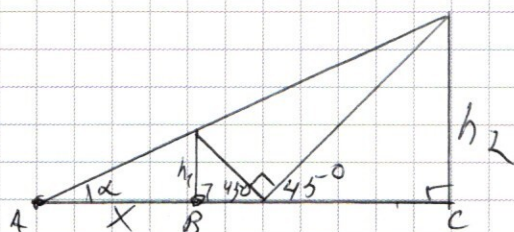
$$N = m \cos\alpha (g - \omega^2(L+R) \sin\alpha)$$

Ответ: 1) $N = mg \cos\alpha$

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

№4

перейдём в систему



проверим
вода течёт
перпендикулярно
вектору g'
(общий уклон)

$$\tan\alpha = \frac{g}{g'} = \frac{2}{5}$$

X - отрезок AB $X = \frac{h_1}{\tan\alpha} = \frac{10}{\frac{2}{5}} = 25 \text{ см}$

(подобие треугол.)

$$\frac{h_1}{X} = \frac{h_2}{X+h_1+h_2}$$

$$h_2 X = h_1 X + h_1^2 + h_1 h_2 \quad h_2 = h_1(h_1 + X) = \frac{10 \cdot 35}{15} = \frac{70}{3} = 23,3 \text{ см}$$

№4 В конической юстиции центр масс воды будет на высоте

$$H_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{h_1 + h_2}{4} = \frac{10 + \frac{40}{3}}{4} =$$

$$= \frac{100}{12} = \frac{25}{3} \text{ см}$$

В начальном же состоянии H_2 находим её из след. ур.

$$h_1 \cdot \frac{h_1}{2} + h_2 \cdot \frac{h_2}{2} = H_2 (h_1 + h_2)$$

$$H_2 = \frac{h_1^2 + h_2^2}{2(h_1 + h_2)} = \frac{1000 + \frac{4900}{9}}{2 \cdot \frac{100}{3}} =$$

$$= \frac{\frac{5800}{9}}{\frac{200}{3}} = \frac{29}{3} \text{ см}$$

$$\Delta H = H_2 - H_1 = \frac{4}{3} \text{ см}$$

ЗЛД:

$$mg \Delta H = \frac{m v_K^2}{2} - \frac{m v_H^2}{2}$$

$$v_K^2 = 2g \Delta H$$

$$v_K = \sqrt{2g \Delta H} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot \frac{4}{3}} = \sqrt{\frac{76 \cdot 5}{3}} = \frac{4}{10} \sqrt{\frac{5}{3}} =$$

$$= 0,4 \sqrt{\frac{5}{3}} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $h_2 = 23,3 \text{ см}$

2) $v = 0,4 \sqrt{\frac{5}{3}} \text{ м/с}$ в момент одинаковых уровней

3) $v = 0$ в момент исчезновения ускорения и выравнивания уровней

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$N5 \quad 1) \quad p V_r = \frac{m}{\mu} RT = \frac{V_r p_r}{\mu} RT$$

$$p = \frac{p_r}{\mu} RT$$

$$p_r = \frac{p \mu}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 78 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,37 \cdot 300 \text{ К}} =$$

$$= \frac{3,55 \cdot 78}{8,37 \cdot 300} \approx \frac{64}{2493} \text{ кг/м}^3$$

$$X = \frac{p_r}{p_B} = \frac{64}{2493} = \boxed{\frac{64}{2493}}$$

$$2) \quad p \gamma V_r = \gamma RT$$

$$p V_r = \gamma' RT$$

$$\gamma \gamma' = \gamma$$

$$V_r = \frac{\gamma' RT}{p}$$

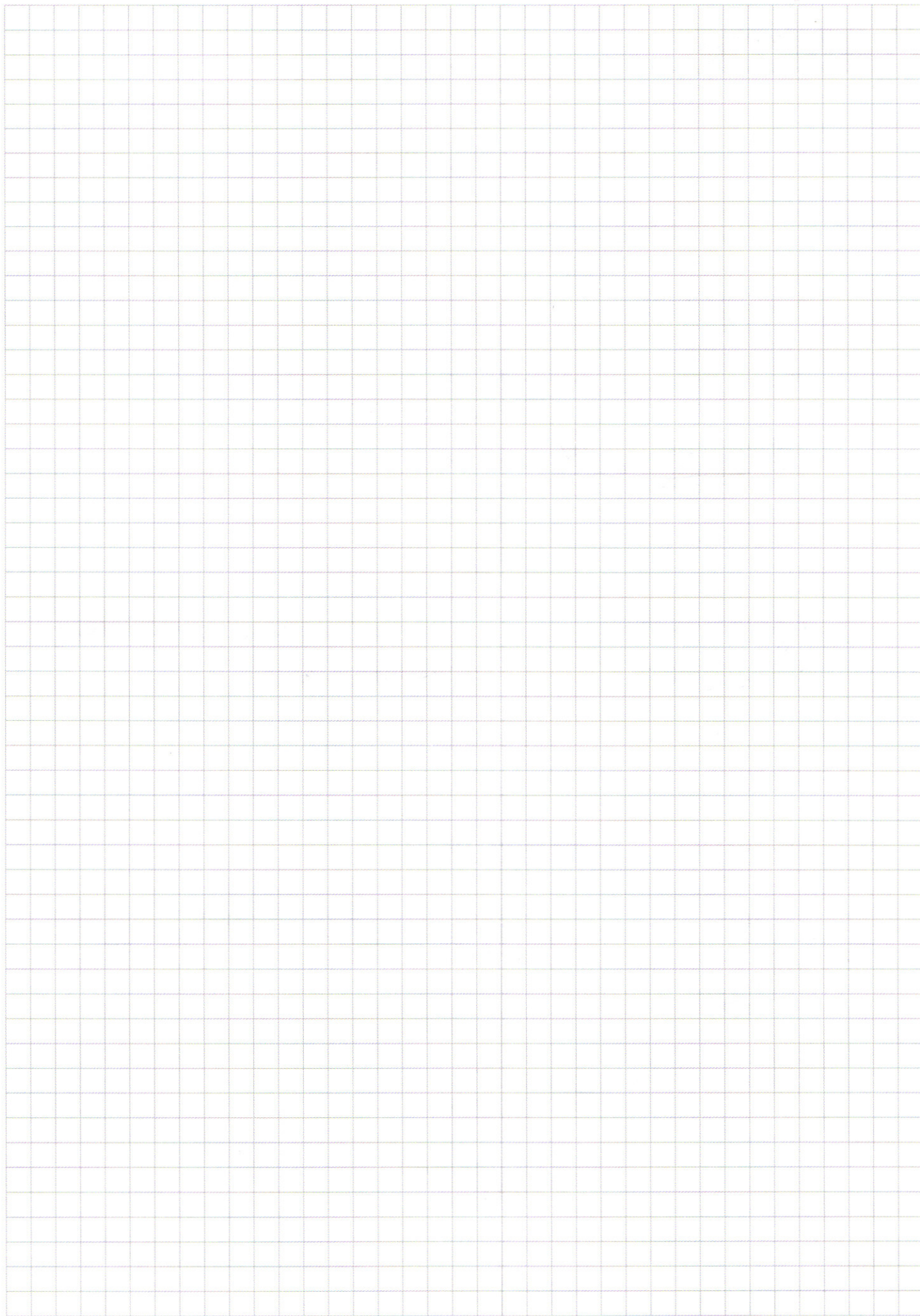
$$V_B = \frac{(\gamma - \gamma') \mu}{p_B} = \frac{\gamma' (\gamma - 1) \mu}{p_B}$$

$$K = \frac{V_r}{V_B} = \frac{\frac{\gamma' RT}{p}}{\frac{\gamma' (\gamma - 1) \mu}{p_B}} = \frac{RT p_B}{p \mu (\gamma - 1)} = \frac{2493}{64} \cdot \frac{2000}{4/6} = \frac{2493000}{294,4}$$

Ответ: 1) $\frac{p_r}{p_B} = \frac{64}{2493}$

2) $\frac{V_r}{V_B} = \frac{2493000}{294,4}$

V - начальное кол-во газа
 V' - конечное



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 3,5 \\ \hline 10 \\ , \\ , \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7 \cdot 9 \\ 63 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 300 \\ \hline 249300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 64 \\ 4,6 \\ \hline 38,4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{36,6}{2} \\ \hline 2294,4 \end{array}$$

$$\frac{h_1 + h_2}{4}$$

$P \propto V$

$$P \propto V = \nu R T$$

$$P \propto V' = \nu' R T$$

$$\nu \nu' = \nu$$

$$\frac{h_1 + h_2}{4}$$

$$\nu_p = \frac{\nu R T}{P} = \frac{5,6 \nu' R T}{P}$$

$$\frac{70}{3} + 10 = \frac{700}{72} = \frac{25}{3}$$

$$\frac{h_1 h_1}{2} + \frac{h_2 h_2}{2} = (h_1 + h_2) H$$

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

$$\nu_B = (\nu - \nu') \mu =$$

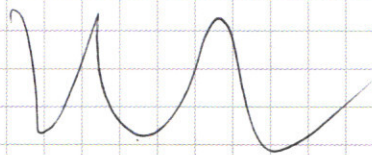
$$\frac{\nu \mu}{P_B} = \frac{1}{5,16}$$

$$\frac{4 \nu' \mu}{P_B}$$

$$H = \frac{100 + \frac{4000}{9}}{2 \cdot \frac{100}{3}} =$$

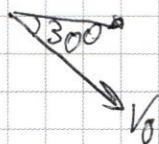
$$= \frac{5800}{9} = \frac{29}{3}$$

$$m g \Delta H = \frac{m \nu^2}{2}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1 +
2 +
3
4
5

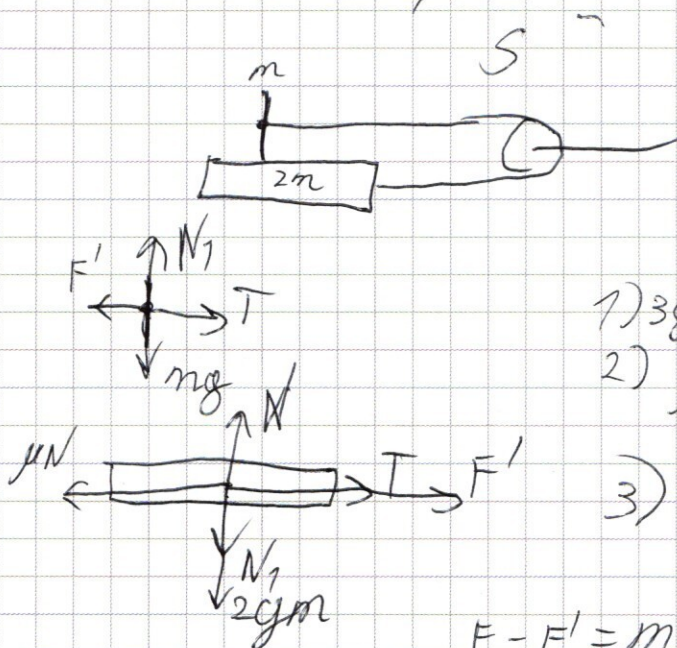


$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$V_0 \cos 30^\circ$$

$$V_0^2 \cos^2 30^\circ + V_0^2 \sin^2 30^\circ = V_0^2$$

$$\frac{3}{4}$$



- 1) $3gm$
- 2) $\frac{\mu 3gm}{2}$
- 3)

$$F - F' = ma$$

$$F' + F - 3\mu gm = 2ma$$

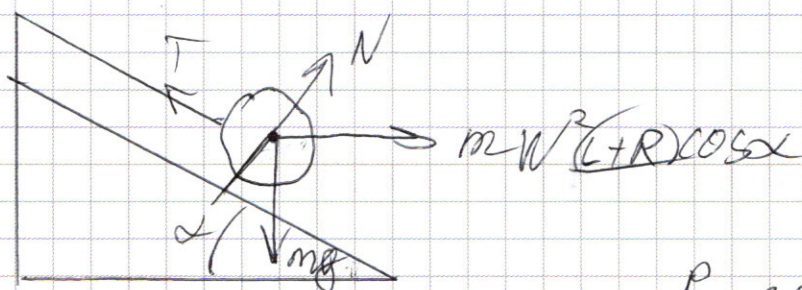
$$2F - 3\mu gm = 2ma$$

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

$$F' = F = T$$

$$2T = \mu N$$

$$T = \frac{\mu 3gm}{2}$$



$$P = 5$$

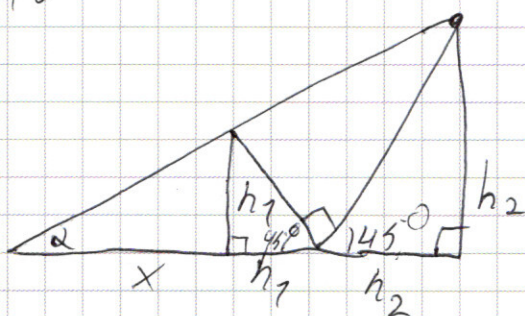
$$N = mg \cos \alpha$$

$$V \cdot \frac{m}{T}$$

$$N + mW^2(L+R)\cos\alpha \cdot \sin\alpha = mg \cos\alpha$$

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

4)



4,7

1,2

$$\frac{h_1}{x} = \frac{h_2}{h_1 + h_2 + x}$$

$$x = 25 \text{ cm}$$

$$\frac{18}{300} = \frac{3}{50}$$

$$x h_2 = h_1^2 + h_1 h_2 + h_1 x$$

$$\frac{3,55}{8,3}$$

$$h_2(x - h_1) = h_1(h_1 + x)$$

$$h_2 = \frac{h_1(h_1 + x)}{x - h_1} = \frac{35(35)}{53} = \frac{40}{3} \text{ cm} \quad (23,333) \text{ cm}$$

$$PV = \frac{P}{u} RT$$

$$P = \frac{P_u}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 78 \text{ K} / \text{моль} \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300^\circ \text{C}}$$

$$= \frac{3,55 \cdot 78}{8,3 \cdot 300}$$