

Олимпиада «Физтех» по физике, (
Вариант 10-02

Класс 10

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

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?

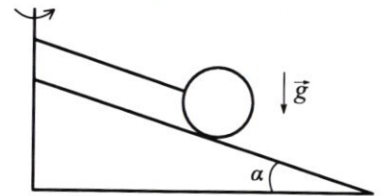
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

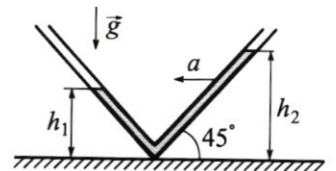


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

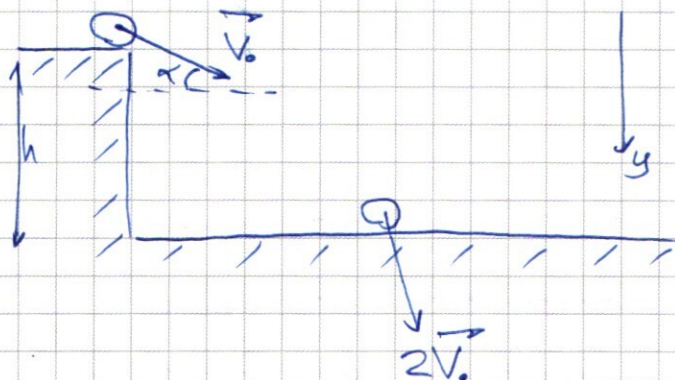


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

N1.



Ч.к. как сказано, то
за все время полета
гайка приближалась
к земле $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ кинули ее к

горизонту, а не вверх.

Теперь найдем высоту:

по З.С.Э.:

$$mgh + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{4mV_0^2}{2}$$

$$2gh + V_0^2 = 4V_0^2$$

$$h = \frac{3V_0^2}{2g} \Rightarrow h = \frac{3 \cdot 100}{2 \cdot 10} = 15 \text{ м}$$

Теперь найдем кинематическую связь:

$$h = \frac{gt^2}{2} + V_0 \sin \alpha t$$

Подставим значения, найдем
время

$$15 = 5t^2 + 5t$$

$$t^2 + t - 3 = 0$$

$$D = 1 + 12 = 13$$

$$t_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{13}}{2} \quad t > 0 \Rightarrow t = \frac{-1 + \sqrt{13}}{2} \text{ с}$$

Вертикальная составляющая (V_{y2})

$$V_{y2} = V_0 \sin \alpha + gt$$

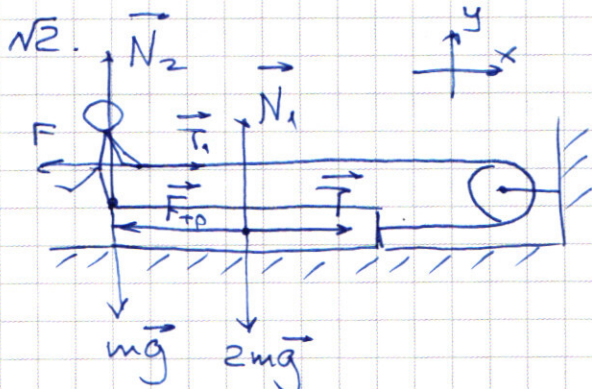
$$V_{y2} = 5 + \frac{-1 + \sqrt{13}}{2} \cdot 10$$

$$V_{y2} = 5 + 5 \cdot (-1 + \sqrt{13}) = 5(1 - 1 + \sqrt{13}) = 5\sqrt{13}$$

Ответ: $V_{y2} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$

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

$$h = 15 \text{ м}$$



1) При движении
эска на пол
будет давить сила

N_1 у эска и плюс сила

N_2 , оказываемая человеком на эска.

Из II З.Н. следует, что $N_2 = mg$ и $N_1 = 2mg$
т.к. ускорения по осе „у“ нет.

Тогда человек с эска давят на пол
с силой $N_1 + N_2 = mg + 2mg = 3mg$

2) Теперь рассмотрим положение, когда
человек толкает с такой силой, что гудь-
гудь не хватает, чтобы сдвинуть эска,
т.е. $a = 0$

(т.к. нить нерастяжима и трения в блоке
нет $\Rightarrow F_0 = T$) т.к. ускорение по осе „у“ = 0

$$F_{тр} = T \Rightarrow F_{тр} = F_0$$

$$F_{тр} = \mu N_{общ} = 3\mu mg$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Итак, получается, чтобы сдвинуть ящик с места, ему нужно приложить силу F чуть большую, чем $F_0 \Rightarrow F > 3\mu mg$, после чего ящик приобретёт ускорение.

3) Если приложить силу $F > F_0$, то:
по II З. Н.

$$F - F_{\text{тр}} = 3ma \Rightarrow a = \frac{F - F_{\text{тр}}}{3m}$$

$$\text{т.к. } a_y = 0 \Rightarrow S = \frac{at^2}{2}$$

$v = 0$

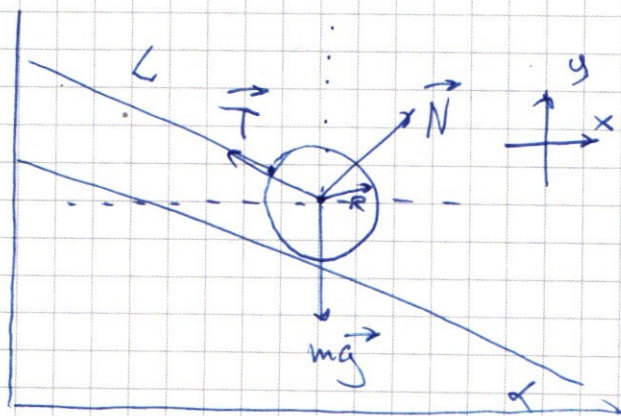
$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{6S \cdot m}{F - F_{\text{тр}}}} = \sqrt{\frac{6S \cdot m}{F - 3\mu mg}}$$

Ответ: $F_{\text{давления}} = 3mg$

$$F_{\text{min}} > 3\mu mg$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot S \cdot m}{F - 3\mu mg}}$$

№3.



по II З. Н. (при $a = 0$)

$$\text{OX: } T \cos \alpha = N \sin \alpha \quad (1)$$

$$\text{OY: } mg = N \cos \alpha + T \sin \alpha \quad (2)$$

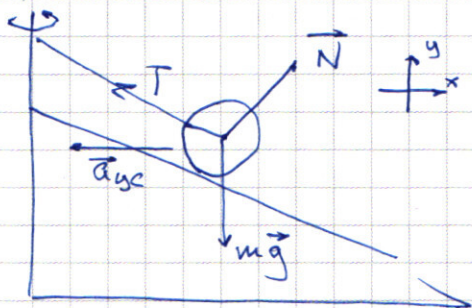
$$T = N \cdot \tan \alpha \quad (\text{из } 1)$$

$$mg = N \cos \alpha + N \tan \alpha \cdot \sin \alpha$$

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

2) Когда шар начнет вращаться, то он приобретёт центростремительное ускорение (a_{yc}) $\Rightarrow$

~~Решение~~



по II з.Н.:

$$(1) OX: N \sin \alpha - T \cos \alpha = m a_{yc}$$

$$(2) OY: N \cos \alpha + T \sin \alpha = mg \quad (\text{п.к. } a_y = 0)$$

$$(3) a_{yc} = \omega^2 \cdot r, \text{ где } r = (R + L) \cos \alpha$$

$$(2) \Rightarrow T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$(2) \rightarrow (1): N \sin \alpha - (mg - N \cos \alpha) \cdot \operatorname{ctg} \alpha = m \omega^2 (R + L) \cdot \cos \alpha$$

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

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

$$= (mg \cdot \operatorname{ctg} \alpha + m \omega^2 (R + L) \cdot \cos \alpha) \cdot \sin \alpha =$$

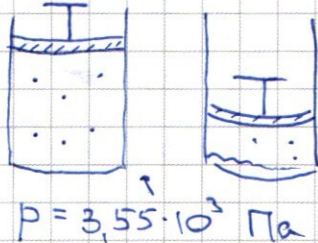
$$= mg \cdot \cos \alpha + m \omega^2 (R + L) \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

Ответ: 1) $N_1 = mg \cos \alpha$

2) $N_2 = mg \cos \alpha + m \omega^2 (R + L) \cdot \operatorname{ctg} \alpha$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5. $T = 27^\circ\text{C}$



$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\rho_g = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu_{\text{вод}} = 0,018 \text{ кг/моль}$$

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

т.к. пар насыщенный, то $\varphi = 100\% \Rightarrow$

$$\Rightarrow p_n = p_0$$

$$p_n V_n = \frac{m_n RT}{\mu_g} \Rightarrow \frac{m_n}{V_n} = \frac{p_n \cdot \mu_g}{RT} = \rho_n$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_g} = \frac{p_n \cdot \mu_g}{R \cdot T \cdot \rho_g} \Rightarrow \frac{\rho_n}{\rho_g} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 300 \cdot 10^3} = 2,6 \cdot 10^{-5}$$

2)

~~$$5,6 \rho_n V_n - \rho_n V_n = \rho_g V_g$$~~

было
пара (кг)

(стало
пара (кг)

сконденсиро-
валось
воды

~~$$\rho_n V_n - \rho_n V_n = \rho_g V_g$$~~

$$5,6 \rho_n V_n - \rho_n V_n = \rho_g V_g$$

было пара

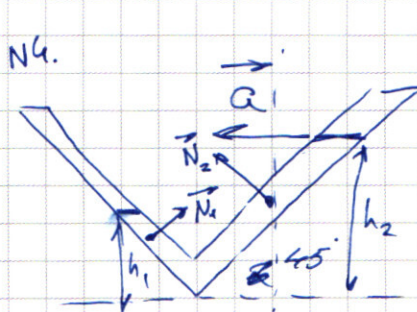
стало
пара

сконденсиро-
валось
воды

$$\rho_n V_n (5,6 - 1) = \rho_g V_g \Rightarrow \frac{V_n}{V_g} = \frac{\rho_g}{\rho_n} \cdot \frac{1}{4,6} = \frac{1}{2,6 \cdot 10^{-5} \cdot 4,6} = 0,08 \cdot 10^5$$

$$= 0,08 \cdot 10^5$$

Ответ: $\frac{\rho_n}{\rho_g} = 2,6 \cdot 10^{-5}$ $\frac{V_n}{V_g} = 0,08 \cdot 10^5$



Жидкость давит на стенки сосуда с некоторой силой N , причем для левой части это будет N_1 , а для правой — N_2 .

$$M(\text{масса масла в правой части}) = \rho \cdot S \cdot h_2 \cdot \cos 45^\circ$$

$$m(\text{масса масла в левой части}) = \rho \cdot S \cdot h_1 \cdot \cos 45^\circ$$

$$\text{по II З.К. и т.к. } a_y = 0$$

$$N_2 \cdot \cos 45^\circ = Mg \Rightarrow N_2 = \rho \cdot S \cdot h_2 \cdot g$$

$$N_1 \cdot \cos 45^\circ = mg \Rightarrow N_1 = \rho \cdot S \cdot h_1 \cdot g$$

$$N_2 \cdot \sin 45^\circ - N_1 \cdot \sin 45^\circ = (m + M)a$$

$$\rho \cdot g \cdot S \cdot h_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - \rho \cdot g \cdot S \cdot h_1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = (\rho \cdot S \cdot h_1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + \rho \cdot S \cdot h_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}) \cdot a$$

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

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

$$h_2 = \frac{0,1 \cdot 14}{8 - 3} = \frac{0,7}{5} \approx 0,23 \text{ м}$$

2) по З.С.Э., рассматривая жидкость в ее центре масс:

$$Mg \frac{h_2}{2} + mg \frac{h_1}{2} = \frac{(M+m)V^2}{2} + \frac{(M+m)h_{\text{цм}}}{2} \cdot g$$

$$h_2^2 \cdot g + h_1^2 g = (h_1 + h_2) V^2 + (h_1 + h_2) \cdot h_{\text{цм}} \cdot g$$

$$h_{\text{цм}} = \frac{h_1 + h_2}{2} \Rightarrow h_{\text{цм}} = \frac{0,1 + 0,23}{2} = 0,165 \text{ м}$$

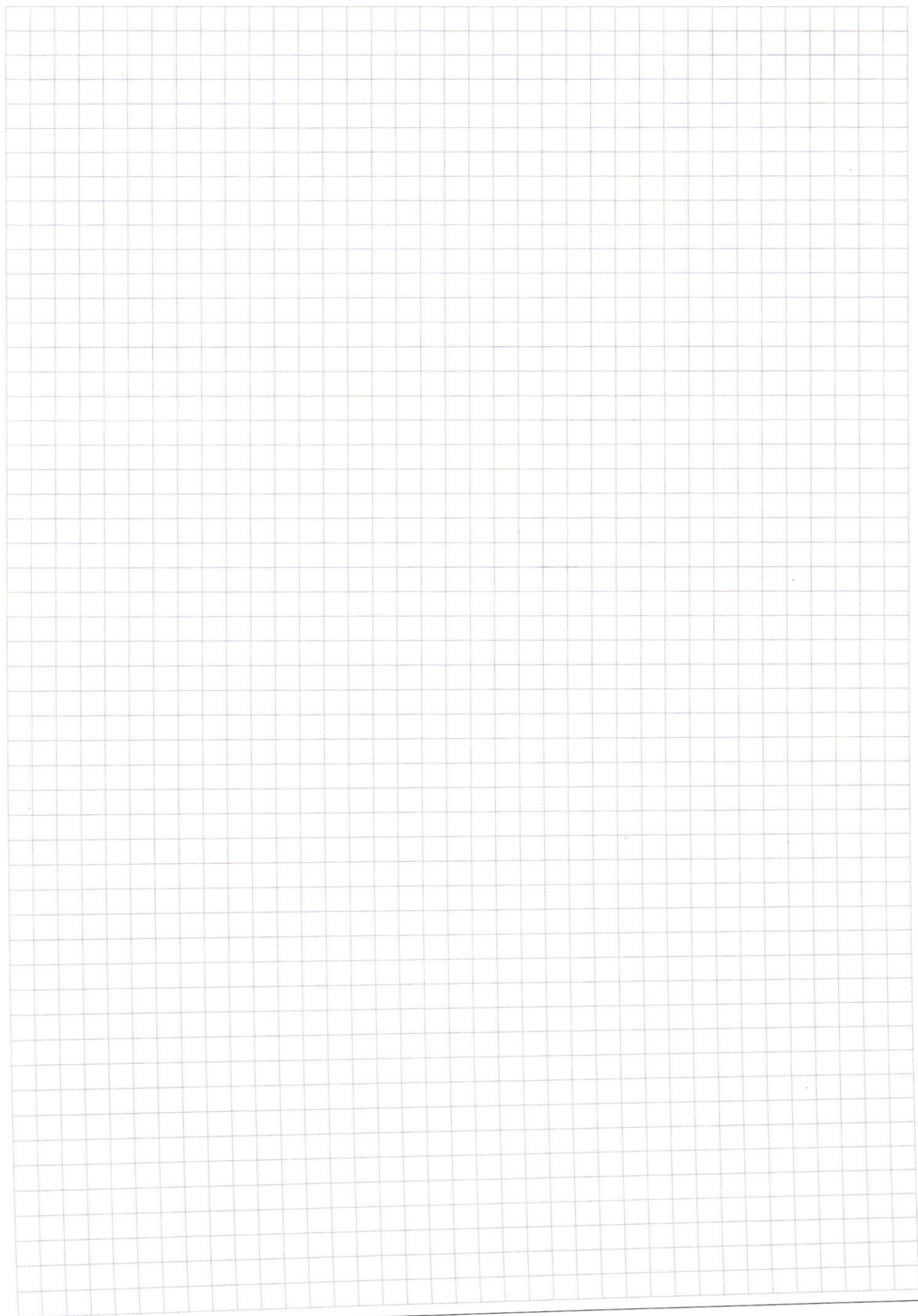
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V = \sqrt{\frac{g(h_1^2 + h_2^2) - h_0 \gamma_{\text{ж}} \cdot g \cdot (h_1 + h_2)}{h_1 + h_2}}$$

$$V = \sqrt{\frac{10 \cdot (0,1^2 + 0,23^2) - 0,165 \cdot 10 \cdot (0,1 + 0,23)}{0,1 + 0,23}} = \sqrt{0,0953} =$$

$$\approx 0,3 \text{ м/с}$$

Ответ: $h_2 \approx 0,23 \text{ м}$
 $V \approx 0,3 \text{ м/с}$

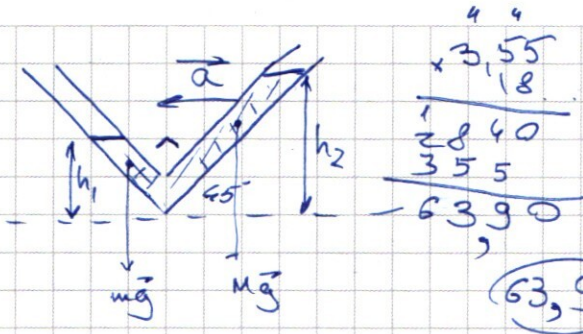


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

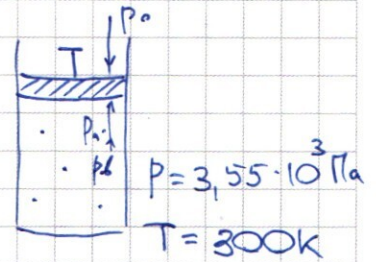
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 3 \\ 26 \\ \times 46 \\ \hline 156 \\ + 104 \\ \hline 1196 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 44 \\ \times 3,55 \\ \hline 2840 \\ + 355 \\ \hline 6390 \end{array}$$

63,9



$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$T = 300 \text{ K}$

$\mu = 100\%$

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

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$

$\mu = \frac{p_n}{p_0} \Rightarrow p_n = p_0$

$p_n + p_b = p_a$

$p_n V_n = \frac{m_n R T}{M}$

$\gamma = 5,6 \text{ рад}$

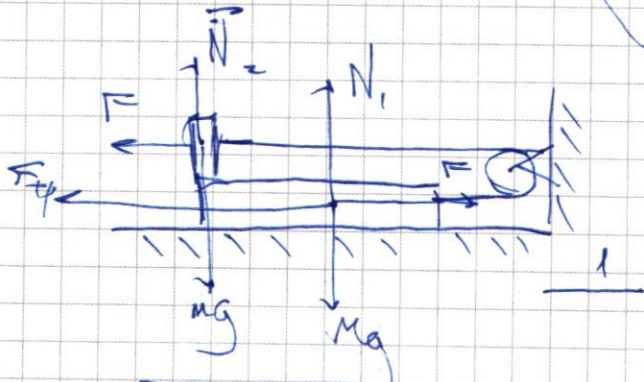
$p_n = \frac{m_n R T}{V_n M}$

$5,6 \rho_n V_n - \rho_n V_n = \rho_b V_b$

$\rho_n V_n \left(\frac{1}{5,6} - 1 \right) = \rho_b V_b$

$\frac{m_n}{V_n} = \frac{p_n M}{R T}$ ✓

$\frac{V_n}{V_b} = \frac{\rho_b}{\rho_n} \cdot \frac{1}{5,6}$ ✓



$F = F_{\text{тр}} = 3 \mu m g$



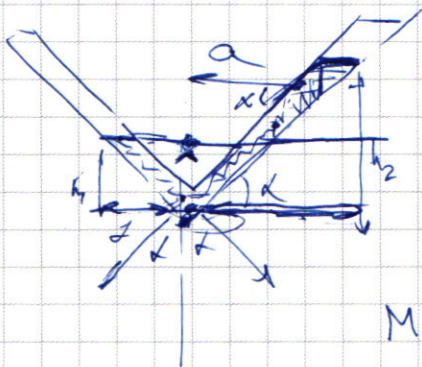
$F_2 - F_{\text{тр}} = 3 m a$

$S = \frac{a t^2}{2}$

$t = \sqrt{\frac{2 S \cdot 3 m}{F_2 - F_{\text{тр}}}}$

$63,9 - 581 \over 580$

$\begin{array}{r} 7713 \\ - 6713 \\ \hline 1000 \\ 2,56 \\ \hline 17 \\ 15 \\ \hline 20 \\ 2 \\ \hline \approx 7,7 \end{array}$



$$mgh_1$$

$$w^2$$

$$\frac{33}{297} \times g$$

$$\begin{array}{r} \times 0,23 \\ 0,23 \\ \hline 1,69 \\ \times 69 \\ \hline 0,0459 \end{array}$$

$$M = g \cdot V = g \cdot S \cdot h_2 \cos \alpha$$

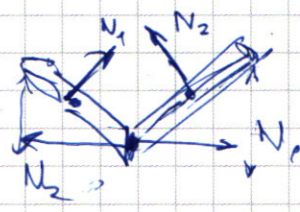
$$m = g \cdot S \cdot h_1 \cos \alpha$$

$$Mg \cdot \frac{h_2}{2} - mg \cdot \frac{h_1}{2} = (M+m) a$$

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

$$(h_2^2 - h_1^2) = (h_2 + h_1) \cdot a$$

$$\begin{array}{r} \times 0,165 \\ 1,33 \\ \hline 1,495 \\ \times 9 \\ \hline 0,5445 \end{array}$$



$$h_2^2 - h_1^2 - \frac{2a}{g} h_2 - \frac{2a}{g} h_1 = 0$$

$$h_2^2 - (0,1)^2 - 0,8h_2 - 0,8h_1 = 0$$

$$D = 0,8^2 - 4 \cdot (-0,8 - 0,01) =$$

$$= 0,64 + 4 \cdot 0,09 = 0,64 + 0,36 = 1$$

$$h_2 = \frac{0,8 \pm 1}{2} =$$

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

$$-h_2^2 + (0,1)^2 - 0,8h_2 - 0,8h_1$$

$$D = 0,64 - 4 \cdot (-0,8 + 0,9) \cdot (-1) = 0,64 - 0,28 =$$

$$= 0,36$$

$$h_2 = \frac{0,8 \pm 0,6}{-2} =$$

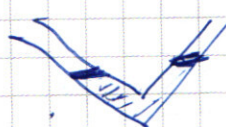
$$(N_2 - N_1) \cos \frac{\sqrt{2}}{2} =$$



$$Mg \frac{h_2}{2} + mg \frac{h_1}{2} = \frac{(M+m)V^2}{2}$$

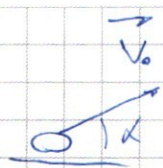
$$\begin{array}{r} 0,23 \\ \times 10 \\ \hline 2,3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,8530 \\ - 0,5445 \\ \hline 0,3145 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 0,3145 \mid 33 \\ 297 \mid 9533 \\ \hline 145 \\ 165 \\ \hline 100 \\ 89 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V_x^2 = (V_0 \cdot \cos \alpha)^2 = \frac{100 \cdot 3}{1} = 75$$

$$400 = V_y^2 + 75$$

$$325 = V_y^2$$

$$\sqrt{325} = 18.03$$

$$\frac{mV_0^2}{2} + mgh = \frac{4mV_0^2}{2}$$

$$V_0^2 + 2gh = 4V_0^2$$

$$h = \frac{3V_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100}{2 \cdot 10} = 15 \text{ м}$$

$$h = \frac{gt^2}{2} + V_0 \sin \alpha t$$

$$V_{y2} = V_y + gt$$

$$4V_0^2 = V_{y2}^2 + V_x^2$$

$$h = \frac{gt^2}{2} + V_0 \sin \alpha t$$

$$V_x = V_0 \cdot \cos \alpha$$

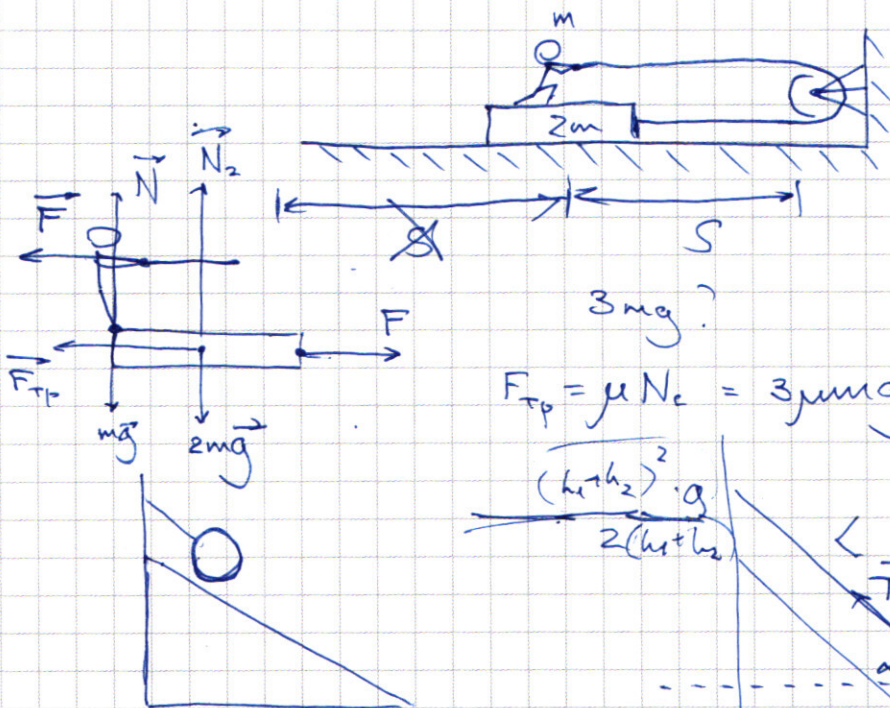
$$15 = 5t^2 + 5t$$

$$5t^2 + 5t - 15 = 0$$

$$t^2 + t - 3 = 0$$

$$D = 1 + 12 = 13$$

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



$\frac{4286}{4285}$
 $\frac{11}{1290}$

$0,853$
 $0,4295$

$3mg$
 $F_{\text{тр}} = \mu N_c = 3\mu mg$

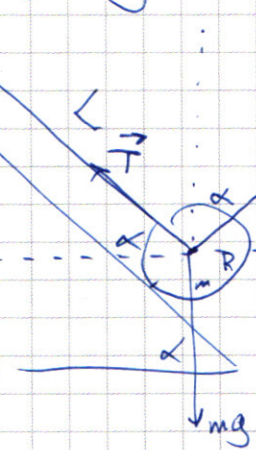
$F_{\text{тр}} \cdot S$
 $V^2 = \frac{(h_1^2 + h_2^2)g}{2(h_1 + h_2)}$

$\frac{(h_1 + h_2)^2 \cdot g}{2(h_1 + h_2)}$

0,4295

$\frac{4295}{33}$
 $\frac{133}{99}$
 $\frac{133}{99}$

$2h_1 V^2 + 2h_2 V^2 = h_1^2 g + h_2^2 g$



$T \cos \alpha = N \sin \alpha \Rightarrow T = N \tan \alpha$

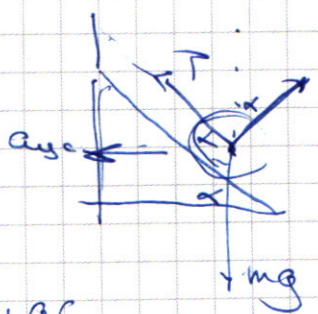
$N \cos \alpha = mg - T \sin \alpha$

$N \cos \alpha = mg - N \tan \alpha \cdot \sin \alpha$

$N (\cos \alpha + \tan \alpha \cdot \sin \alpha) = mg$

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

$\frac{124}{1196}$
 $\frac{8}{9568}$



$N \sin \alpha - T \cos \alpha = m a_{\text{цс}}$

$N \cos \alpha = mg - T \sin \alpha$

$a_{\text{цс}} = \frac{V^2}{r} = \frac{\omega^2 r^2}{r} = \omega^2 r$

$r = R + L \cos \alpha$

$\frac{100}{1000}$
 $\frac{1196}{10000}$
 $\frac{8}{9568}$
 $\frac{432}{9568}$

$0,9533$