

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

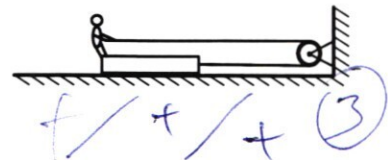
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло:

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?

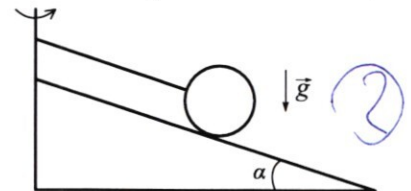
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



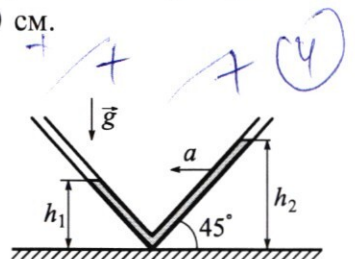
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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.

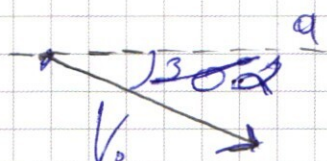
Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.



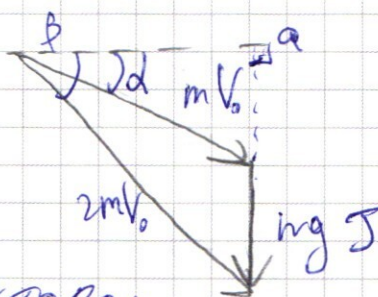
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

ДТК поверхность горы горизонтальна и
Гайка всё время приближается к пове-
рности, гайка брошена вниз.



Рисуем векторный треуголь-
ник по 3.С.У.



$$\cos \alpha \cdot mV_0 =$$

$$= \cos \beta \cdot 2mV_0$$

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2}$$

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

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{3}}{4}\right)^2} =$$

$$= \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$U_x = \sin \beta \cdot 2V_0 =$$

$$= \frac{\sqrt{13}}{2} V_0$$

β - угол между
горизонтально и вектором
скорости перед падением.

1) U_x - вертикальная
компонента скорости гайки
перед падением.

$$2) \quad mgJ = \sin \beta \cdot 2V_0 m - \sin \alpha \cdot mV_0 =$$

$$\# \quad J = \frac{V_0}{g} (2 \sin \beta - \sin \alpha) = \frac{V_0}{g} \left(2 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} - \frac{1}{2} \right) = \frac{V_0}{2g} (\sqrt{13} - 1)$$

$$\# \quad \frac{V_0}{g} J = \frac{V_0}{g} \left(2 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} - \frac{1}{2} \right) \Rightarrow J = \frac{V_0}{2g} (\sqrt{13} - 1)$$

$$3) h = \sin \alpha V_0 t + \frac{g t^2}{2}; \quad h = \frac{1}{2} \cdot V_0 \cdot \frac{V_0}{2g} (\sqrt{13}-1) + \frac{g}{2} \frac{V_0^2}{4g^2} (\sqrt{13}-1)^2$$

$$h = \frac{V_0^2}{4g} (\sqrt{13}-1) + \frac{V_0^2}{8g} (\sqrt{13}-1)^2 = \frac{V_0^2}{4g} \left((\sqrt{13}-1) + \frac{(\sqrt{13}-1)^2}{2} \right) =$$

$$= \frac{V_0^2}{4g} \left(\frac{13-1}{\sqrt{13}+1} + \frac{(13-1)(\sqrt{13}-1)}{2(\sqrt{13}+1)} \right) = \frac{V_0^2 (13-1)}{8g} \left(\frac{2 + (\sqrt{13}-1)}{\sqrt{13}+1} \right) =$$

$$= \frac{V_0^2}{8g} \cdot 12 \frac{(\sqrt{13}+1)}{(\sqrt{13}+1)} = \frac{3V_0^2}{2g}$$

$\sqrt{13} \approx 3,6$, т.к. $3,6^2 = 12,96$, что близко к 13

$$1) U_x = \frac{\sqrt{13}}{2} V_0; \quad U_x = \frac{3,6}{2} \cdot 10 = 18 \frac{м}{с}$$

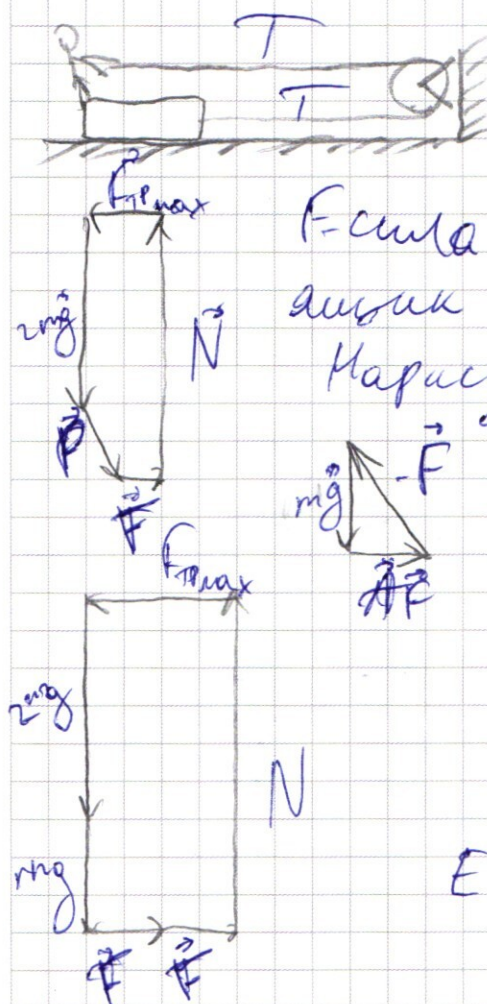
$$2) T = \frac{V_0}{2g} (\sqrt{13}-1); \quad T = \frac{10}{2 \cdot 10} (3,6-1) = 1,3 \text{ с}$$

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

Ответ: 1) $U_x = 18 \frac{м}{с}$; 2) $T = 1,3 \text{ с}$; 3) $h = 15 \text{ м}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 2.



Нарисуем векторный треугольник сил для человека

F - сила, с которой человек давит на блок

Нарисуем то же век. треугол. для человека

сложим два этих треугольника:

$$N = 3mg; F_{\text{тр max}} = 3mg\mu;$$

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

Если $F > F_0$, то $a \cdot 3m = F - F_0$

$$a = \frac{F - F_0}{3m};$$

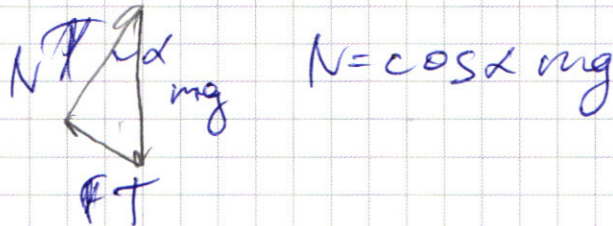
$$S = \frac{a t^2}{2}; t = \sqrt{\frac{2S}{a}}; t = \sqrt{\frac{6Sm}{F - F_0}} = \sqrt{\frac{6Sm}{F - \frac{3}{2}mg\mu}}$$

Ответ: 1) $3mg$; 2) $F_0 = \frac{3}{2}mg\mu$; 3) $t = \sqrt{\frac{6Sm}{F - \frac{3}{2}mg\mu}}$

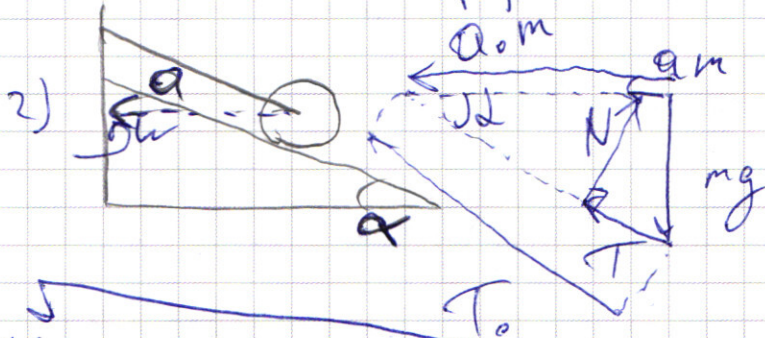
N3



Нарисуем векторный треугольник!



$$N = \cos \alpha \cdot mg$$



Если

$$N = \sin \alpha \cdot m(a_0 - a)$$

$$N = \sin \alpha \cdot m \left(\frac{g}{\tan \alpha} - a \right)$$

$$m a_0 = \cos \alpha T_0$$

$$\frac{mg}{\sin \alpha} = \sin \alpha T_0$$

$$a_0 = \frac{T_0 \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{g}{\tan \alpha}$$

$$a = \cos \alpha L \cdot \omega^2$$

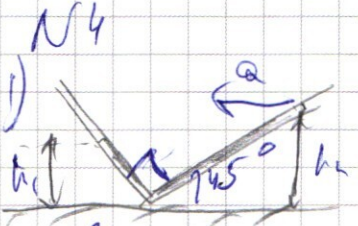
$$N = \sin \alpha \cdot m \left(\frac{g}{\tan \alpha} - \cos \alpha L \omega^2 \right) =$$

$$= \cos \alpha m (g - \sin \alpha L \omega^2) \sin \alpha \tan \alpha$$

Ответ: $\cos \alpha \cdot mg$ и $(g - \sin^2 \alpha L \omega^2) \sin \alpha \tan \alpha m$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

1)  переходим в С.О. трубки:

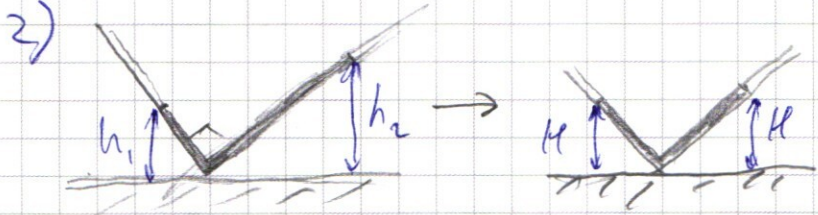
$$\frac{h_2}{\cos \beta} \cdot \operatorname{tg} \beta = \frac{h_1}{\cos 45^\circ}$$

$$h_2 = \frac{h_1}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

если Q направлен в др. сторону, $\operatorname{tg} \beta = \frac{a}{g}$; $h_2 = \frac{g}{a} h_1$

то $h_2 = \operatorname{tg} \beta h_1$; $h_2 = 4 \text{ см}$

$$h_2 = \frac{10}{4} \cdot 10 = 25 \text{ см}$$

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

и запишем З.С.Э.

$$\frac{h_1}{2} m_1 g + \frac{h_2}{2} m_2 g = \frac{H}{2} (m_1 + m_2) g + \frac{m V^2}{2} (m_1 + m_2)$$

$$m_1 = h_1 \sqrt{\rho \sqrt{2}}$$

$$m_2 = h_2 \sqrt{\rho \sqrt{2}}$$

$$\frac{h_1^2 \sqrt{\rho \sqrt{2}}}{2} g + \frac{h_2^2 \sqrt{\rho \sqrt{2}}}{2} g = \frac{(h_1 + h_2)^2 \sqrt{\rho \sqrt{2}}}{2} g + \frac{V^2 \sqrt{\rho \sqrt{2}}}{2} (h_1 + h_2)$$

$$h_1^2 + h_2^2 = \frac{(h_1 + h_2)^2}{2} + V^2 (h_1 + h_2); \quad V^2 = \frac{(h_1 - h_2)^2}{2(h_1 + h_2)} = \frac{(h_1 - h_2)g}{2(h_1 + h_2)}$$

$$V = (h_1 - h_2) \sqrt{\frac{g}{h_1 + h_2}}; \quad V = 0,15 \sqrt{\frac{10}{0,35}} = 0,795 \frac{m}{c} \approx 0,8 m$$

Если в другую сторону было направлено ускорение, то:

$$V = 0,06 \sqrt{\frac{10}{0,14}} \approx 0,5 \frac{m}{c}$$

Ответ: 25 см и ~~0,795~~ 0,8 м

если в гр. скорости, то 44 см и 0,5 м

$$1) R \approx 3,1 \frac{A}{\text{мол} \cdot K}$$

$$PV = \nu RT \Rightarrow PV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$P = \frac{\rho_n}{\mu} RT; \quad \rho_n = \frac{PM}{RT}; \quad \rho_n = \frac{355 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{81 \cdot 300 \cdot 8,31} \approx 0,0256 \frac{kg}{m^3}$$

$$= \frac{3,55 \cdot 18}{3 \cdot 831} \approx 0,0256 \frac{kg}{m^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = 256 \cdot 10^{-7}$$

$$2) PV_1 = \nu_1 RT; \quad PV_2 = \nu_2 RT; \quad \Rightarrow \nu = \frac{V_1}{V_2}; \quad V = V_2 (\nu_1)$$

$$\Delta m = \frac{V_2 (\nu_1)}{\mu}; \quad V_* = \frac{V_2 (\nu_1)}{\mu P}; \quad V_r = \frac{V_2 RT}{P}$$

$$\frac{V_r}{V_*} = \frac{RT \mu P}{P(V-1)}; \quad \frac{V_r}{V_*} = 0,0256 \frac{1500}{1633} = 0,91$$

$$\text{Ответ: } \frac{\rho_n}{\rho_0} = 256 \cdot 10^{-7}; \quad \frac{V_r}{V_*} = 0,91$$

$$* \quad \frac{200}{0,35} =$$

$$= \frac{1200}{35} = \frac{200}{7}$$

$$\begin{array}{r} 200 \overline{) 196} \quad 28,57 \\ \underline{196} \\ 40 \\ \underline{35} \\ 50 \\ \underline{49} \\ 1 \end{array}$$

$$\frac{200}{7} \approx 28,6$$

$$\sqrt{28,6} \approx 5,3$$

$$\text{т.к. } 5,3^2 = 28,09$$

$$\sqrt{28,09}$$

$$\times 5,30$$

$$\begin{array}{r} 0,15 \\ \times 285 \\ \hline 53 \\ \hline 0,795 \end{array}$$

$$\frac{10}{0,14} \approx 72$$

$$\sqrt{72} = 6\sqrt{2} =$$

$$= 6 \cdot 1,4 = 8,4$$

$$\begin{array}{r} 0,06 \\ \times 0,504 \end{array}$$

From $N = 3 \text{ mg}$; $T_{\text{min}} = 3 \text{ mg}$;

$(T - T_0) = 30 \text{ m}$; $a = \frac{T - T_0}{30 \text{ m}}$;

$$J = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 3 \text{ m}}{T - T_0}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 3 \text{ m}}{T - T_0}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \cdot 3 \text{ m}}{T - 3 \text{ mg}}}$$

$$J = \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{0.9}}$$

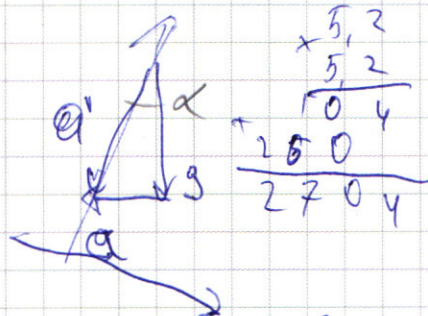
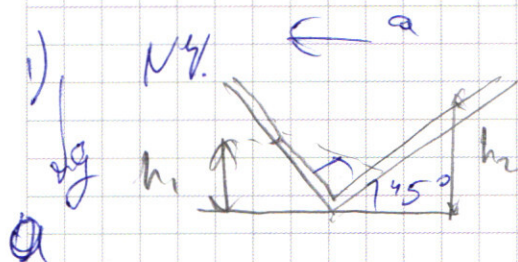
$$\begin{array}{r} \times 5,3 \\ 5,3 \\ \hline 15,9 \\ + 265 \\ \hline 280,9 \\ \times 5,4 \\ 5,4 \\ \hline 21,6 \\ + 270 \\ \hline 291,6 \end{array}$$

$$25 \frac{1000}{35} = \frac{200}{7}$$

$$\begin{array}{r} \times 5,2 \\ 5,2 \\ \hline 10,4 \\ + 260 \\ \hline 270,4 \end{array}$$

$$28,5$$

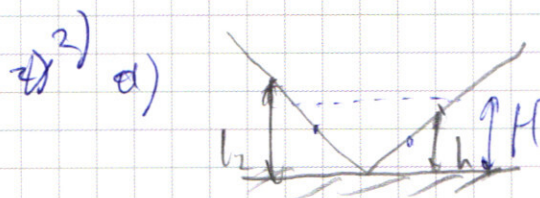
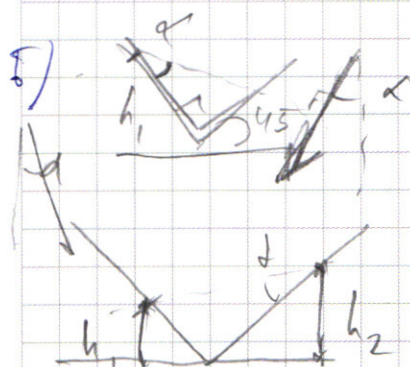
$$\begin{array}{r} \times 5,1 \\ 5,1 \\ \hline 15,1 \\ + 255 \\ \hline 260,1 \end{array}$$



$$h_2 = \tan \alpha h_1 = \frac{a}{g} h_1$$

$$h_2 = 4 \text{ cm}$$

$$h_2 = \frac{h_1}{\tan \alpha} = \frac{g}{a} h_1 = 25 \text{ cm}$$



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

$$\frac{h_1}{2} m_1 g + \frac{h_2}{2} m_2 g = \frac{(m_1 + m_2) H}{2} g + \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$m_1 = K h_1$$

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

$$v^2 = g \frac{(a h_1^2 + c h_2^2 - 2 h_1 h_2)}{2(h_1 + h_2)} = \frac{g (h_1 - h_2)^2}{2(h_1 + h_2)}$$

$$v^2 = \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1 + h_2} - \frac{(h_1 + h_2)}{2} \right) g$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$J_0 = \frac{4}{5} \pi \rho R^5 = \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} \pi \rho R^3 \cdot R^2 = \frac{3}{5} m R^2$$

$$Q = \int \rho a \, dm \quad a = \frac{J \omega}{m} ; \quad a = r^2 \omega^2 ;$$

$$a = \frac{\omega^2}{m} \int r \, dm ; \quad da = \frac{\omega^2}{m} r \, dm \quad dF = \omega^2 r \, dm$$

$$J = \int r^2 \, dm ; \quad dJ = r^2 \, dm$$

$$dF = dJ \frac{\omega^2}{r}$$

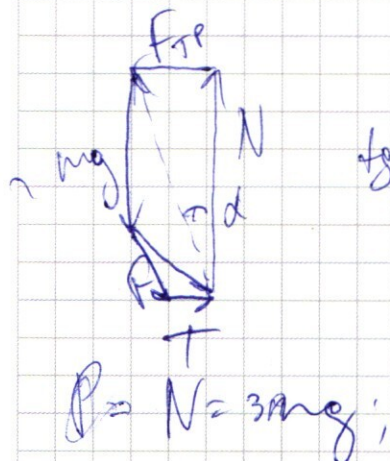
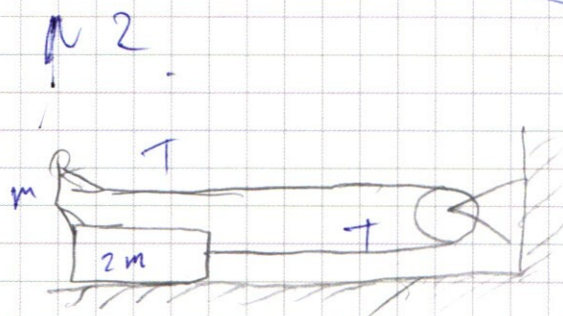
$$\frac{dJ}{da} = \frac{m}{\omega^2} r ; \quad dJ = \frac{m}{\omega^2} da$$

$$F = dF = \frac{r^2 \, dm}{r} \omega^2$$

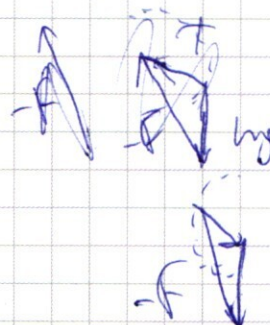
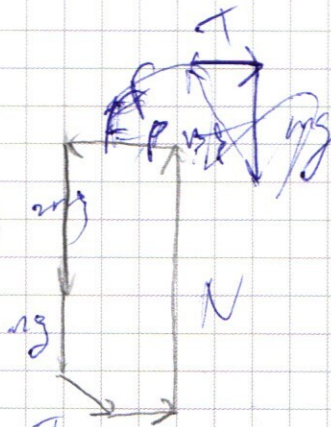
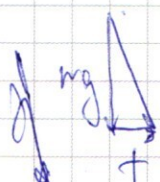
$$\frac{dJ}{dF} = \frac{r}{\omega^2} ; \quad J = \frac{1}{\omega^2} \int r \, dF =$$

$$= \frac{1}{\omega^2} \int r \, da =$$

$$= \frac{\omega^2}{\omega^2} \int r^2 \, dm$$



$$f \, dx = \mu$$

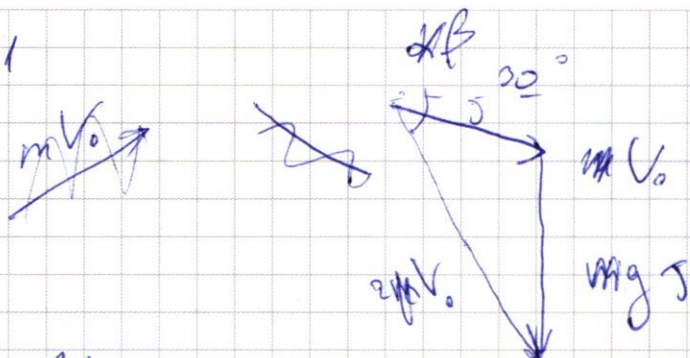


$$P = N = 3mg ;$$

$$N_{\min} = 3mg - T ; \quad N_{\max} = 3mg + T$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1



$$\cos 30^\circ = \frac{V_x}{V_0} = \cos 30^\circ \cdot V_0$$

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

$$V_x = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0$$

$$V_x = V_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$T = \frac{V_0}{g} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \right) =$$

$$= \frac{V_0}{2g} (\sqrt{3} - 1)$$

$$h = U_{ex} T + \frac{g T^2}{2} =$$

$$= V_0 \frac{V_x}{2} T + \frac{g T^2}{2} = \frac{V_0^2}{4g} (\sqrt{3} - 1)$$

$$= \frac{V_0^2}{4g} (\sqrt{3} - 1) + \frac{V_0^2}{8g} (\sqrt{3} - 1)^2 =$$

$$= \frac{V_0^2}{4g} \left((\sqrt{3} - 1) + \frac{(\sqrt{3} - 1)^2}{2} \right) = \frac{V_0^2}{4g} \left(\frac{13 - 1}{\sqrt{3} + 1} + \frac{(\sqrt{3} - 1)^2 (\sqrt{3} - 1)}{2} \right) =$$

$$= \frac{V_0^2}{4g} (13 - 1) \left(\frac{1}{\sqrt{3} + 1} + \frac{\sqrt{3} - 1}{2(\sqrt{3} + 1)} \right) = \frac{V_0^2}{4g} (13 - 1) \frac{1 + \sqrt{3} - 1}{2(\sqrt{3} + 1)} = \frac{V_0^2 \cdot 12}{8g} =$$

$$h = \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = 15 \text{ (м)}$$

$$V_x = 1.8 V_0 = 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

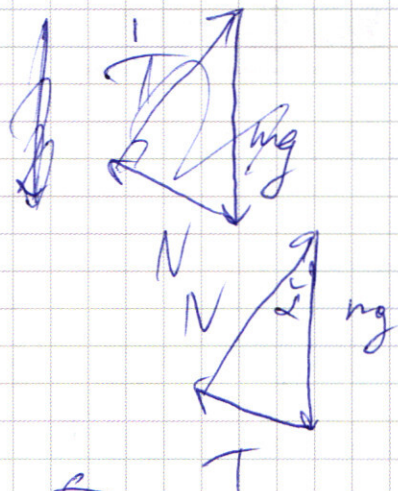
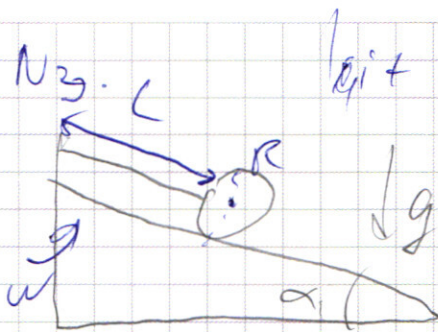
$$T = \frac{V_0}{g} 1.3 = 1.3 \text{ с}$$

$$\begin{array}{r} 13.00 \\ - 12.96 \\ \hline 0.04 \end{array}$$

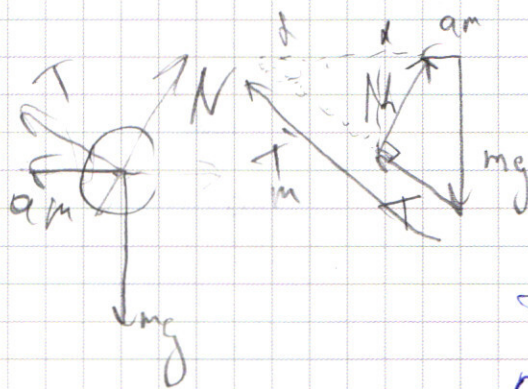
$$\begin{array}{r} 108 \\ \times 36 \\ \hline 648 \\ + 2160 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 36 \\ \hline 216 \\ + 360 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 35^2 \\ + 35^2 \\ \hline 175 \\ + 105 \\ \hline 280 \end{array}$$



$$N = \cos \alpha \cdot mg$$



$$T = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

$$(T - T) \cdot \sin \alpha$$

$$a' m = \cos \alpha T = \frac{mg}{\tan \alpha}$$

$$N = \sin \alpha (a' - a) m = \sin \alpha \left(\frac{mg}{\tan \alpha} - a m \right) =$$

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

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

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

her 2

$$J_0 = \int_0^R r^2 dm$$

$$dm = \frac{4}{3} \pi r^2 dr \rho$$

$$\cancel{4\pi dr \cdot 2r^2} \quad dm = \frac{4}{3} \pi (r^3 + dr^3 - r^3) \rho = \frac{4}{3} \pi \rho dr (r^2 + dr)$$

$$= \frac{4}{3} \pi \rho \int_0^R (r^3 + r^2 dr) = \frac{4}{3} \pi \rho \left(\frac{r^4}{4} + \frac{r^3}{3} \right) \Big|_0^R =$$

$$= 4\pi \rho \int_0^R r^2 dr ; m = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$$

$$J_0 = 4\pi \rho \int_0^R r^4 dr = \frac{4\pi \rho}{5} R^5 = \frac{4}{5} \pi \rho \cdot R^5$$

$$\frac{d\lambda}{dx} = n \lambda^{n-1}$$

$$\int \lambda^k dx = \frac{\lambda^{n+1}}{n+1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$d) V^2 = \frac{10}{2} \frac{(10^2 - 4)^2}{14} = \frac{10}{2} \cdot \frac{144}{14} = \frac{5}{14} \cdot 36^2 = \frac{5 \cdot 18^2 \cdot 2}{7}$$

$$f) V^2 = \frac{10}{2} \cdot \frac{15^2}{25} = \frac{10}{2} \cdot \frac{55.3.3}{5.5} = 45 \quad \frac{10}{14} \cdot 00 =$$

$$= \frac{500}{7}$$

$$1) \quad PV = \frac{1}{2} RT$$

$$R = 8,314$$
$$T = 273$$

$$P = \frac{S_0}{\mu} R T$$

$$Q = \frac{MP}{RT}$$

$$2) \quad PV_1 = V_1 R_T$$

$$P V_2 = V_2 R T$$

$$V = \frac{V_1}{V_2}$$

$$Q_{k \Delta D} = U_2(V - 1)$$

$$m_4 = \frac{V_2 (8-1)}{20}$$

$$V_1 = \frac{V_2 (V - 0)}{\mu S}$$

$$V_1 = \frac{V_2 RT}{P}$$

$$K = \frac{RT \ln 2}{R(\ln 2 - 1)}$$

$$S_n = \frac{6}{\cancel{12}} = 3,55 \cancel{403}$$

$$= \frac{71.3}{831} = \frac{21.3}{831}$$

$$\frac{S_n}{S_0} = 0,0256$$

$$K = \frac{8 \cdot 31.3 \cdot 18 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{3.55 \cdot 4.6}$$

$$K = \frac{831.18}{355.46} = \frac{14956}{16336} \approx \frac{15000}{16330}$$

$$\begin{array}{r} 9910 \\ 2130831 \\ \hline 166100256 \\ \hline 4690 \\ -4155 \\ \hline 5350 \\ 86 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 831 \\
 \times 18 \\
 \hline
 6648 \\
 + 8310 \\
 \hline
 14958
 \end{array}$$

$$\underline{\underline{15000,16}}$$

$$\begin{array}{r} 15000 \quad | 1633 \text{ \textcircled{d}} \\ - 14697 \quad | 0,91 \\ \hline 3030 \\ - 1623 \\ \hline 13970 \end{array}$$