

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

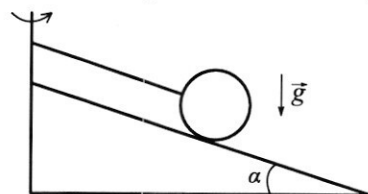
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

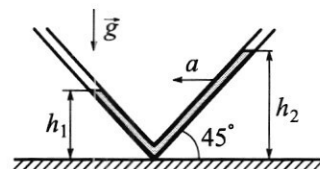


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.

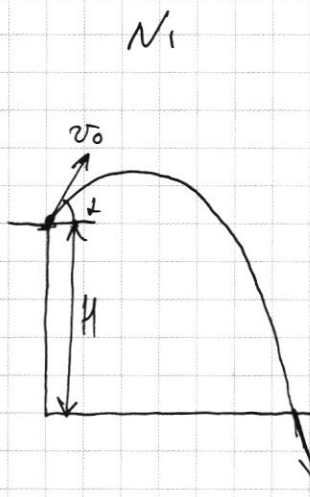
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

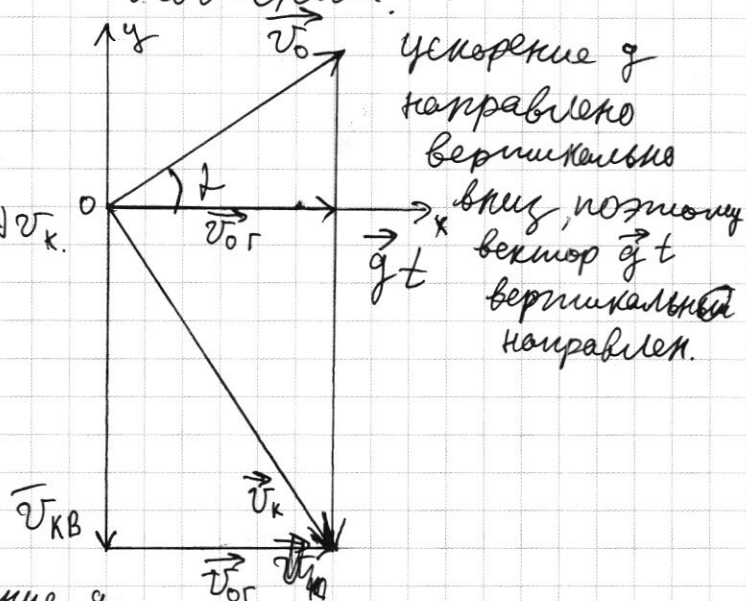
Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $v_0 = 10 \frac{м}{с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $v_k = 2v_0$
 $v_{кв} - ?$
 $t - ?$
 $H - ?$



1) Воспользуемся векторным треугольником скоростей для начального и конечного моментов.



ускорение g направлено вертикально вниз, поэтому вектор $\vec{g}t$ вертикально направлен.

По теореме Пифагора:

$$v_k^2 = v_{кв}^2 + v_{кг}^2$$

$v_{кг} = v_{ог}$ так как ускорение g перпендикулярно и не изменяет горизонт. составляющую скорости.

$$\text{тогда: } v_k^2 = v_{кв}^2 + v_{ог}^2 \Rightarrow v_{кв} = \sqrt{v_k^2 - v_{ог}^2}$$

$$\text{в проекции на } OX \quad v_{ог} = v_0 \cdot \cos \alpha \Rightarrow$$

$$v_{кв} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{\frac{13}{16} v_0^2} = \frac{v_0}{4} \cdot \sqrt{13} \approx \frac{10 \frac{м}{с}}{4} \cdot 3,6 \approx 9 \frac{м}{с}$$

$$2) \vec{g}t = \vec{v}_{кв} - \vec{v}_0 \quad \text{вы: } gt = v_{кв} + v_{ов} = v_{кв} + v_0 \sin \alpha$$

$$t = \frac{v_{кв} + v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{9 \frac{м}{с} + 5 \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} = 1,4 \text{ с.}$$

$$3) \text{З.С.Е: } mgH + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_k^2}{2} \Rightarrow H = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2g}$$

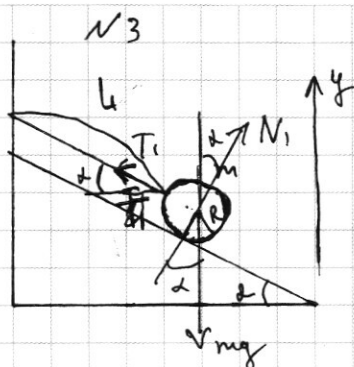
$$H = \frac{400 \frac{м^2}{с^2} - 100 \frac{м^2}{с^2}}{20 \frac{м}{с^2}} = 15 \text{ м} \quad \text{Ответ: } v_{кв} \approx 9 \frac{м}{с}; t = 1,4 \text{ с}; H = 15 \text{ м}$$

Дано:

m, R, l, α, ω

$N_1 - ?$

$N_2 - ?$



$$y: N_1 \cos \alpha + T_1 \sin \alpha = mg$$

$$N_1 = \frac{mg}{\cos \alpha} - \frac{T_1 \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

в проекции на поверхность клина:

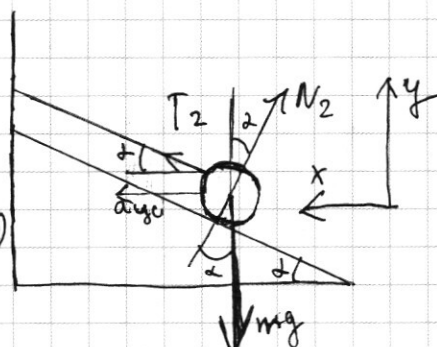
$$T_1 = mg \sin \alpha$$

$$N_1 = \frac{mg(1 - \sin^2 \alpha)}{\cos \alpha} = mg \cos \alpha$$

$$y: N_2 \cos \alpha + T_2 \sin \alpha = mg(1)$$

~~Нужно~~

$$x: m a_{\text{цс}} = T_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha (2)$$



$$T_2 = \frac{m a_{\text{цс}}}{\cos \alpha} + N_2 \tan \alpha$$

$(R+l) \cos \alpha = r$ — расстояние от центра шара до оси вращения

$$m a_{\text{цс}} = m \omega^2 (R+l) \cos \alpha$$

$$T_2 = m \omega^2 (R+l) + N_2 \tan \alpha$$

$$\text{в (1): } N = \frac{mg}{\cos \alpha} - T_2 \tan \alpha; \text{ подставим } T_2:$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha} - \frac{m \omega^2 (R+l) \sin \alpha}{\cos \alpha} - N_2 \tan^2 \alpha$$

$$N(1 + \tan^2 \alpha) = \frac{m}{\cos \alpha} (g - \omega^2 (R+l) \sin \alpha)$$

$$1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \text{ тогда}$$

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

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

$$\text{Ответ: } N_1 = mg \cos \alpha; N_2 = m(g - \omega^2 (R+l) \sin \alpha) \cos \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

Дано:

$$P_H = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$t = 27^\circ \text{C}$$

$$T = \text{const}$$

$$\frac{P_H}{P_B} - ?$$

$$\frac{V_{KH}}{V_{KB}} - ?$$

$$P_B = 1 \frac{2}{\text{мм}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\gamma = 5,6$$

$$M = 18 \frac{2}{\text{моль}} = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$T = 300 \text{ К т.к. } t = 27^\circ \text{C}$$

$$PV = \frac{m_H}{M} RT$$

$$P = \frac{P_H}{M} RT$$

$$P_H = \frac{P_M}{RT}$$

т.к. пар насыщен, и $T = \text{const}$
и он насыщенный и вода конденс.

$$P_H = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}} = \frac{21,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{8,31 \cdot 100 \text{ м}^3} =$$

$$= 2,56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{P_H}{P_B} = \frac{2,56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 2,56 \cdot 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} P_H V_{PH} &= \frac{m_{PH}}{M} RT & V_{PH} &= \frac{m_{PH}}{m_{PK}} & ; & \frac{V_{PH}}{V_{PK}} = \gamma \\ P_H V_{PK} &= \frac{m_{PK}}{M} RT & V_{PK} &= \frac{m_{PK}}{m_{PK}} & ; & \frac{V_{PH}}{V_{PK}} = \gamma \end{aligned}$$

$$m_{PH} = m_{PK} \cdot \gamma$$

$$\Delta m_H = \Delta m_B = m_{PK} \cdot (\gamma - 1); \text{ т.к.}$$

масса воды увеличивается за счёт конденсации пара; $V_{KB} = \frac{\Delta m_B}{P_B}$ т.к. начальным объёмом воды пренебрегаем.

$$\frac{V_{PK}}{V_{KB}} = \frac{m_{PK} P_B}{P_H \cdot m_{PK} (\gamma - 1)} = \frac{831 \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{21,3 \cdot 4,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \frac{831 \cdot 1000}{97,98} \approx$$

$$\approx \frac{831 \cdot 1000}{100} = 8310$$

Ответ: $\frac{P_H}{P_B} = 2,56 \cdot 10^{-6}$; $\frac{V_{KH}}{V_{KB}} \approx 8310$

N2.

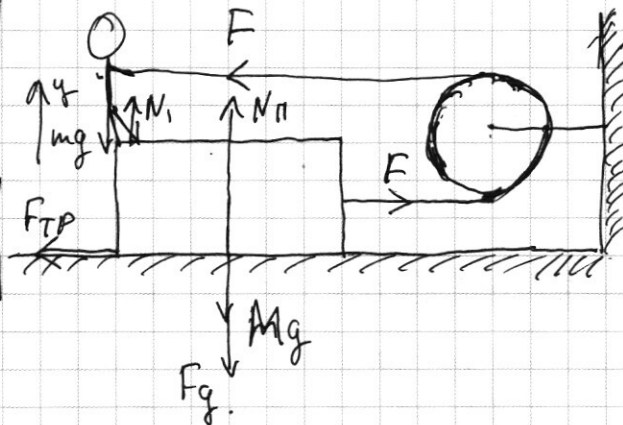
Дано:

$m; M=2m; S; \mu$

$F_g = ?$

$F_0 = ?$

$t = ?$

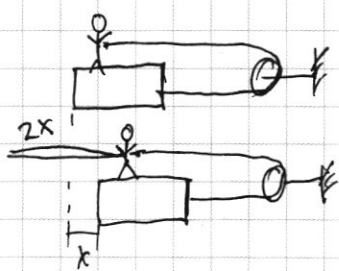


$$N_{II} = F_g$$

$$y: mg = N_I$$

$$1) F_g - Mg = N_I \Rightarrow F_g = Mg + mg = 3mg.$$

2) Если человек стоит на земле и потянул верёвку длиной x , то ящик переместится бы на x ; но человек стоит на ящике поэтому если ящик подвинуть на x то человек потянет кусок верёвки длиной $2x$.



$$\text{з.с.э: } A_T = A_{TP}$$

$$F_0 2x = F_g \cdot \mu x$$

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

$$3) \text{ если } F > F_0 \text{ то } 3ma = 2F - 3mg\mu$$

$$\text{т.к. в первом случае } F_0 = \frac{3mg\mu}{2} \text{ и } F_0$$

$$\text{и } a = 0 \text{ то } 2F_0 - 3mg\mu = 0.$$

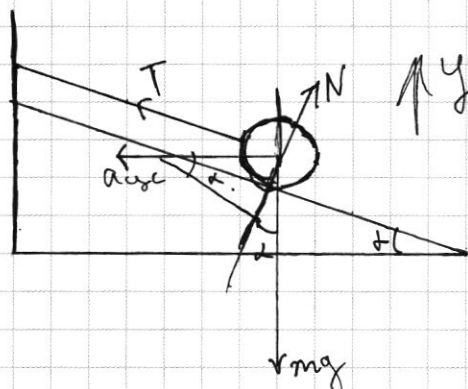
$$a = \frac{2F - 3mg\mu}{3m}$$

т.к. движение равноускоренное то:

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m a_{yc} = m \omega^2 (R+L) \cos \alpha$$

$$T = mg \sin \alpha - m a_{yc} \cos \alpha$$

$$F = mg - T \sin \alpha = mg - mg \sin^2 \alpha - m a_{yc} \cos \alpha \sin \alpha =$$

$$= mg (1 - \sin^2 \alpha) - m a_{yc} \cos \alpha \sin \alpha$$

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

$$T = mg \sin \alpha - m a_{yc} \cos \alpha \quad m a_{yc} = T \cos \alpha - N \sin \alpha$$

$$T = \frac{m a_{yc}}{\cos \alpha} + N \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \quad 1 + \tan^2 \alpha = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha} - \frac{mg \sin \alpha}{\cos \alpha} - N - \tan \alpha \left(\frac{m a_{yc}}{\cos \alpha} + \frac{N \sin \alpha}{\cos \alpha} \right) =$$

$$= \frac{mg}{\cos \alpha} - \frac{m a_{yc} (m \omega^2 (R+L)) \tan \alpha}{\cos \alpha}$$

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

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

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

$$N = mg \sin \alpha - m a_{yc} \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha + m a_{yc} \sin \alpha = m (g \cos \alpha + \omega^2 (R+L) \cos \alpha \sin \alpha) =$$

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

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

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

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

$$N(1 + \tan^2 \alpha) = \frac{mg}{\cos \alpha} - \frac{m \omega^2 (R+L) \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

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

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

$$PV = \frac{m}{M} RT. \quad T = \text{const.} \quad P = P_H - \text{const.}$$

$$P = \frac{P_H}{M} RT. \quad P_H = \frac{P_H M}{RT} = \frac{18 \cdot 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ моль}}{8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 300 \text{ К}}$$

$$t = 27^\circ \quad T = 273 + 27 = 300 \text{ К}$$

$$P_H = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 10^{-3}}{8,31 \text{ Дж/моль} \cdot 300 \text{ К}} = \frac{3,55 \cdot 10^0}{8,31} \cdot 10^{-3} \frac{\text{Па}}{\text{моль}} = 4,27 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Па}}{\text{моль}}$$

$$= 2,56 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Па}}{\text{моль}} \quad 2,56 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Па}}{\text{моль}}$$

$$\frac{3,55}{8,31} = 0,427$$

$$\frac{P_H}{P_0} = 2,56 \cdot 10^{-6}$$

$$P_H V_{H1} = \frac{m_{H1}}{M} RT$$

$$P_H V_{H2} = \frac{m_{H2}}{M} RT$$

$$\frac{V_{H1}}{V_{H2}} = \frac{m_{H1}}{m_{H2}}$$

$$\begin{array}{r} 21,30 \quad 8,31 \quad 2130,0 \quad 831 \\ - 16,62 \quad 1662 \quad 2,56 \\ \hline 4,680 \quad 4680 \quad 415,5 \quad 5250 \\ - 4986 \quad 264 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{V_{\text{пн}}}{V_{\text{пк}}} = 5,6 = \frac{m_{\text{пн}}}{m_{\text{пк}}} \quad m_{\text{пк}} = \frac{m_{\text{пн}}}{5,6} \quad \Delta m_{\text{п}} = \Delta m_{\text{в}} = m_{\text{н}} - m_{\text{к}} =$$

$$= 5,6 m_{\text{н}} - m_{\text{н}} - m_{\text{к}} =$$

$$m_{\text{н}} = m_{\text{пк}} \cdot 5,6 = 4,6 m_{\text{пк}}.$$

$$\text{на } V_{\text{вк}} = \frac{4,6 m_{\text{пк}}}{\rho_{\text{в}}}$$

$$\frac{V_{\text{пк}} V_{\text{пк}}}{V_{\text{вк}}} = \frac{4,6 \rho_{\text{в}} \rho_{\text{в}}}{4,6 \rho_{\text{п}}} = \frac{4,6}{2,56 \cdot 10^{-3}} =$$

$$V_{\text{пк}} = \frac{m_{\text{пк}}}{\rho_{\text{п}}}$$

$$P V = \frac{m}{M} R T.$$

$$P = \frac{P}{m} R T \Rightarrow P_{\text{п}} = \frac{P M}{R T} = \frac{3,55 \cdot 18}{8,31 \cdot 300 \text{ К}} = \frac{3,55 \cdot 6}{831} \frac{\text{кПа}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} = 4,6 \quad \frac{m_{\text{пк}}}{m_{\text{пк}}} = \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{к}}} = 5,6 \quad m_{\text{н}} = 5,6 m_{\text{пк}}.$$

$$4,6 m_{\text{пк}} = m_{\text{в}}$$

$$\frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{в}}} = \frac{3,55 \cdot 6}{831 \cdot 10000} = \frac{3,55 \cdot 6}{831} \cdot 10^{-3}$$

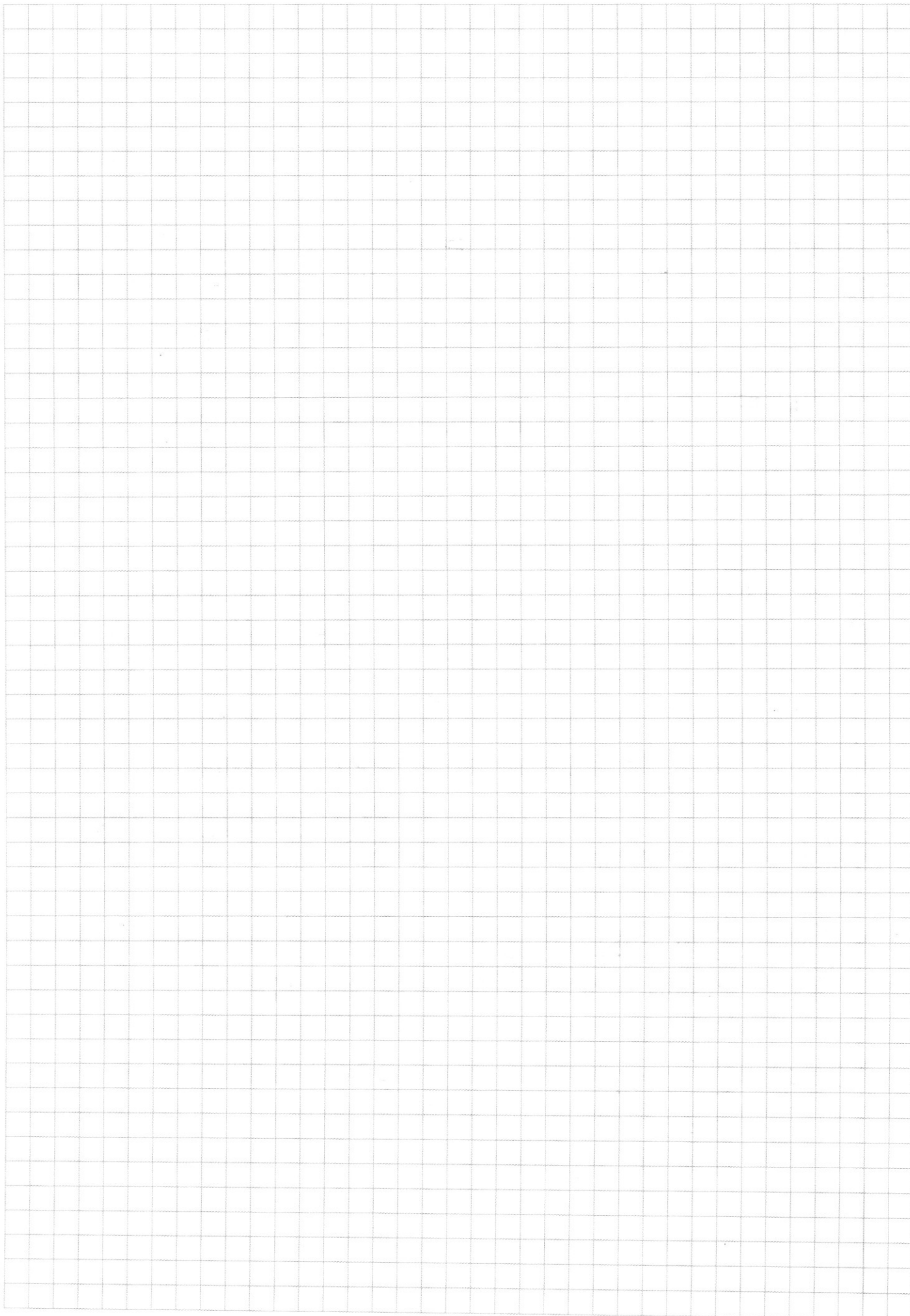
$$\frac{V_{\text{пк}}}{V_{\text{вк}}} = \frac{m_{\text{пк}} \rho_{\text{в}}}{4,6 m_{\text{пк}} \cdot \rho_{\text{п}}} = \frac{\rho_{\text{в}}}{4,6 \cdot \rho_{\text{п}}} = \frac{831 \cdot 10^3}{3,55 \cdot 6 \cdot 4,6} \quad 8,31 \cdot 10$$

$$21,3.$$

$$\begin{array}{r} \times 3,55 \\ 6 \\ \hline 21,30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 21,3 \\ 4,6 \\ \hline + 1278 \\ 852 \\ \hline 97,98 \approx 100 \end{array}$$

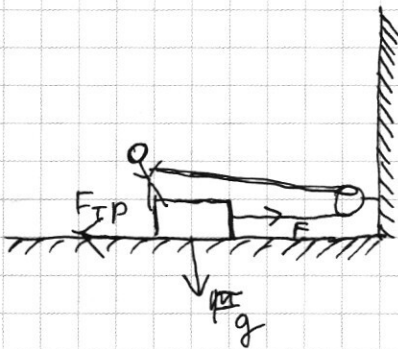
$$\begin{array}{r} - 21,30 \mid 8,31 \\ 16 \quad \mid 2 \end{array}$$



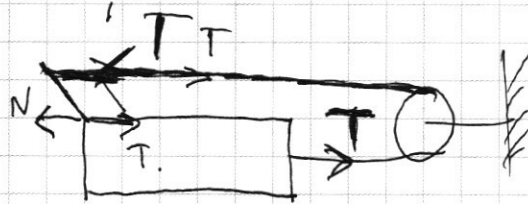
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) F_g = mg + Mg = g(m+M) = 3mg.$$



$$F_T = 2T = F_{TP}$$

$$2) F_0 = \frac{3}{2}mg\mu \quad a=0 \quad 0 = 2F - mg\mu$$

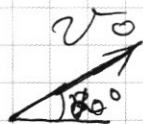
$$3) \quad \cancel{ma = F - mg\mu}$$

$$ma = F - mg\mu$$

$$a = \frac{F}{m} - g\mu$$

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

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



№1.

$$v_0 = 10 \frac{m}{c}$$

$$v_k = 2v_0 = 20 \frac{m}{c}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_k^2 = v_{KB}^2 + v_{or}^2$$

$$v_{KB}^2 = v_k^2 - v_{or}^2 = v_k^2 - (v_0 \cos \alpha)^2$$

$$v_{KB} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = v_0 \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$gt = v_{OB} - v_{KB} = v_0 \sin \alpha + v_0 \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$t = \frac{v_0}{g} \left(\frac{\sqrt{13} + 2}{4} \right)$$

$$\begin{array}{r} \times 36 \\ 36 \\ \hline 216 \\ + 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\frac{3,6}{4} = 0,9$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ \times 35 \\ \hline 175 \\ + 105 \\ \hline 1225 \pm \\ 8 \\ + 37 \\ 37 \\ + 259 \\ \hline 111 \\ \hline 1369 \end{array}$$

$$mgH + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_k^2}{2}$$

$$mgH = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2}$$

$$H = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2g} = \frac{400 - 100}{20} = \frac{300}{20} = 15m$$



R m \mu=0

№3

$$mg \sin \alpha = T$$

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

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

$$P = mg - T \sin \alpha = \frac{mg \cdot \cos^2 \alpha}{\cos \alpha} = mg \cos \alpha$$

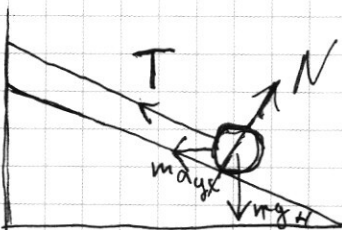
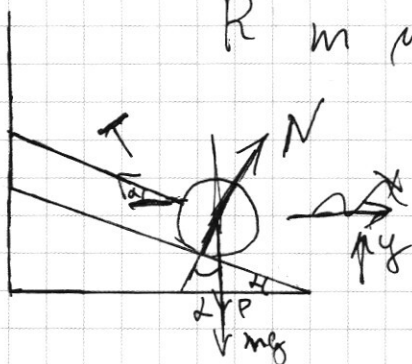
$$P_k = mg \cos \alpha - T \tan \alpha$$

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

$$= mg \cos \alpha - mg \sin^2 \alpha \cos \alpha =$$

$$= mg \cos \alpha (1 - \sin^2 \alpha) = mg \cos \alpha$$

$$m a_{\text{ax}} = m \omega^2 (R + L) \cos \alpha$$



☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)