

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-01

Класс 10

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

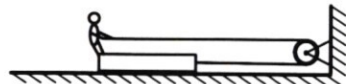
1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

2) Найти время полета камня.

3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

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 $M = 5m$. 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 .

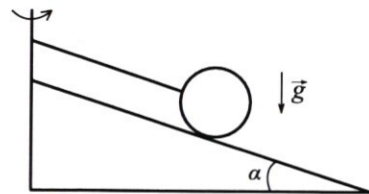


1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

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

3) Какой скорости достигнет ящик, если 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.



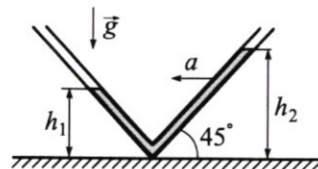
1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.

2) Найти силу натяжения нити, 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 уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

1) Найдите ускорение a трубки.

2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?



Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ 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 $\gamma = 4,7$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_k = 2,5 v_0$$

Найти:

$$1) v_{y2} = ?$$

$$2) t = ?$$

$$3) S = ?$$

v_{y1} - вертикальн. компонента скорости камня при броске

v_{y2} - вертикальн. компонент. скор. камня при падении на Землю

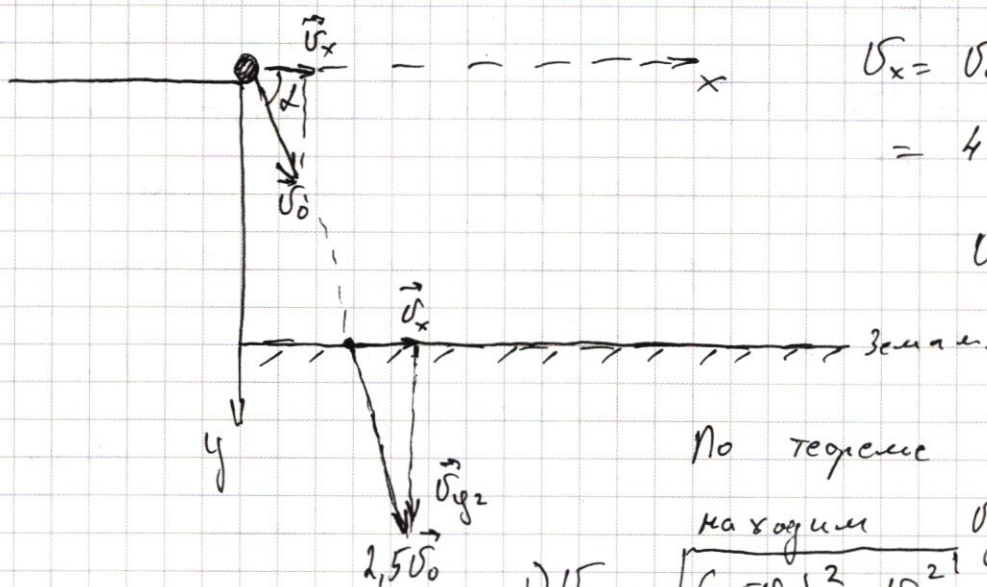
v_x - Горизонтальная компонента скорости камня.

t - время полета

S - горизонтальное смещение камня.

v_k - конечная скорость камня при падении на землю.

По условию сказано, что камень все время приближался к поверхности (горизонтальной) Земли следовательно камень бросают с высоты вниз под углом α к горизонту.



$$v_x = v_0 \cos \alpha = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} = 4 \text{ м/с}$$

$v_x = \text{const}$ (нет ускорения)

По теореме Пифагора

находим

$$1) v_{y2} = \sqrt{(2,5 v_0)^2 - v_x^2} = \sqrt{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 16 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}$$

$$= 8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,6 \text{ м/с}$$

$$2) \quad v_{y2} = v_{y1} + gt$$

время падения

$$= \frac{19,6 \frac{м}{с} - 4\sqrt{3} \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} \approx 1,28 \text{ с.}$$

Находим из этой зависимости

$$t = \frac{v_{y2} - v_{y1}}{g} = \frac{v_{y2} - v_0 \sin \alpha}{g} =$$

$$3) \quad S = v_x t = v_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \frac{м}{с} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,28 \text{ с} \approx 5,1 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $v_{y2} = 19,6 \frac{м}{с}$ 2) $t = 1,28 \text{ с}$ 3) $S = 5,1 \text{ м.}$

5.2

Дано
S, m, m
M = 5 m, F

Найти:

1) $N = ?$

2) $F_0 = ?$

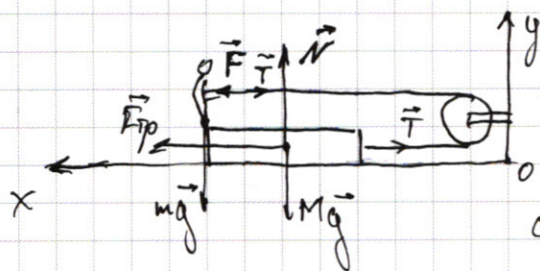
3) $F = ?$
 $v = ?$

N - сила нормального давления. (сила с которой человек давит на пол)

F_0 - минимальная сила с которой человек необход. тянуть канат, чтобы осуж. заданное.

v - скорость, которую достигнет человек, если человек прикладывает силу F

T - сила натяжения каната.



$$\vec{N} + M\vec{g} + m\vec{g} = 0$$

$$1) \quad N = Mg + mg = 6 \text{ мд. (по Oy)}$$

2) Чтобы сдвинуть человека с человека необходимо

приложить силу равную

силе трения по ОХ: $F_0 - T = 0$

$$-T + F_{тр} = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} F_0 - T = 0 \\ -T + F_{тр} = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} F_0 = F_{тр} \\ F_{тр} = \mu N = \\ = 6 \mu \text{ мд} \end{array}$$

$$F_0 = 6 \mu \text{ мд.}$$

3) $F > F_0$ следоват. человек с человеком движется равноускоренно
 $\vec{F} + \vec{T} = m\vec{a}$ (для человека)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} = M\vec{a} \quad (\text{для ящика})$$

по ос: $F - T = ma.$

$$F_{\text{тр}} - T = -Ma.$$

$$F - F_{\text{тр}} = (m+M)a \rightarrow$$

$$a = \frac{F - F_{\text{тр}}}{6m} = \frac{F - 6\mu mg}{6m}$$

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$v_0 = 0$ (т.к. тело находится в покое)

$$S = \frac{v^2}{2a} \rightarrow v = \sqrt{2Sa} = \sqrt{2S \frac{(F - 6\mu mg)}{6m}} =$$

$$= \sqrt{\frac{FS}{3m} - 2\mu g}$$

Ответ: 1) $N = 6mg$ 2) $F_0 = 6\mu mg$ 3) $v = \sqrt{\frac{FS}{3m} - 2\mu g}$

§3

Расси

m, R, α

L

Найти:

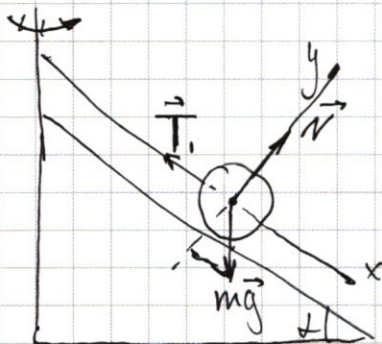
1) $T_1 = ?$

2) $T_2 = ?$

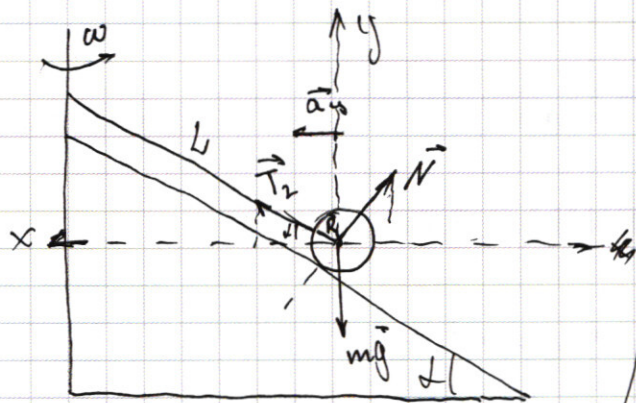
T_1 - сила натяжения нити в сост. покоя

T_2 - сила натяжения нити, если система брошена по х:

1) $T_1 = mg \sin \alpha.$



2)



На ось y: действующая сила:

$$T_2 \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

На ось x:

$$T_2 \cos \alpha - N \sin \alpha = m a_y$$

$$\begin{cases} N \cos \alpha = mg - T_2 \sin \alpha \\ N \sin \alpha = T_2 \cos \alpha - m a_y \end{cases}$$

$$\tan \alpha = \frac{T_2 \cos \alpha - m a_y}{mg - T_2 \sin \alpha}$$

$$T_2 \cos \alpha - m a_y = mg \tan \alpha - T_2 \tan \alpha \sin \alpha$$

$$T_2 (\cos \alpha + \tan \alpha \sin \alpha) = m (g \tan \alpha + a_y)$$

$$T_2 \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = m (g \tan \alpha + \omega^2 (L+R) \cos \alpha)$$

$$\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$$

$$T_2 = m (g \sin \alpha + \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha)$$

Ответ: 1) $T_1 = mg \sin \alpha$

2) $T_2 = m (g \sin \alpha + \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha)$

55

Дано

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$t = 95^\circ \text{C}$$

$$\rho_g = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$M = 18 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{4,7}$$

Найти:

1) $\frac{\rho_n}{\rho_g} = ?$ 2) $\frac{V_n}{V_g} = ?$

$$1) PV = \nu RT \rightarrow P = \frac{\nu RT}{V} = \frac{\rho_n RT}{M}$$

 ρ_n - плотность пара. ρ_g - плотность воды

$$\rho_n = \frac{PM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \cdot 368 \text{ К}} \approx$$

$$\approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_g} = \frac{0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \frac{1}{2000}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) m_{n1} - масса пара в начале опыта

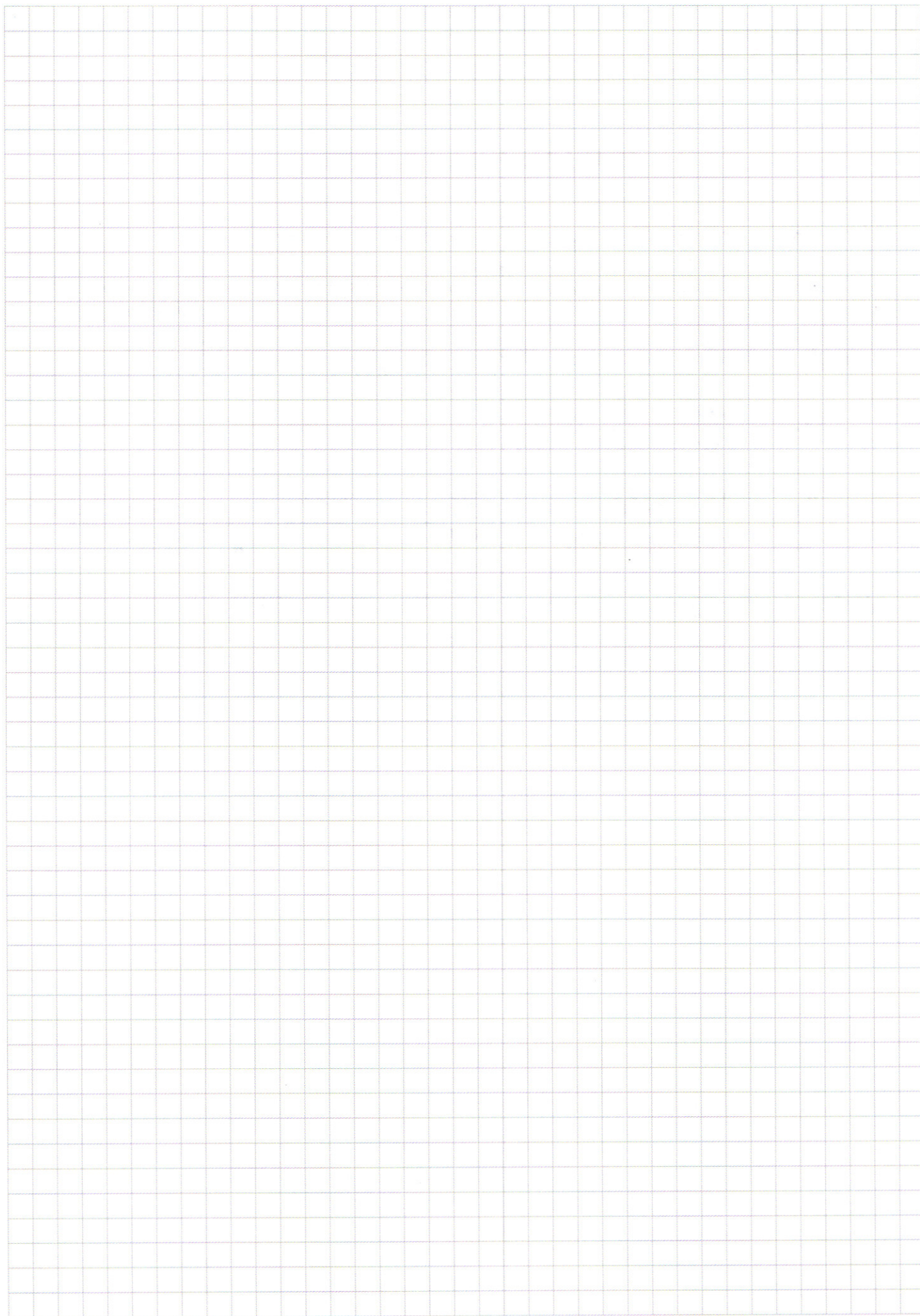
m_{n2} - масса пара в ~~конце опыта~~ после уменьшен. объема.

$$m_b = m_{n1} - m_{n2} = \rho_n V_1 - \rho_n \frac{V_1}{4,7} = \rho_n V_1 \frac{3,7}{4,7}$$

$$V_b = \frac{m_b}{\rho_b} = \frac{\rho_n}{\rho_b} V_1 \frac{3,7}{4,7}$$

$$\frac{V_2}{V_b} = \frac{V_1}{4,7} \cdot \frac{1,25}{3,7 \rho_n V_1} = \frac{\rho_1}{3,7 \rho_n} = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{3,7 \cdot 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \frac{1000}{1,85} \approx 545$$

Ответ: 1) $\rho_n : \rho_b = 1 : 2000$ 2) $V_n : V_b = 545$

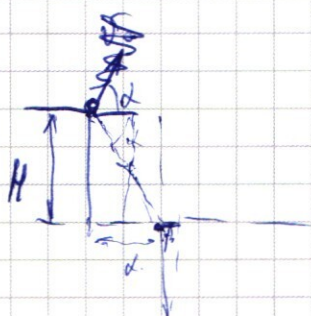


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

51

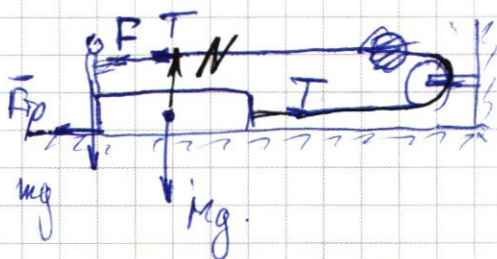


$$H = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

$$H = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2g}$$

$$v = v_0 \cos \alpha t = 4t$$

52



$$1) N = (m + M)g = 6mg$$

$$2) T = F_0$$

$$T - F_{\text{тр}} = 0$$

$$T = \mu N = \mu 6mg$$

$$F_0 = 6\mu mg$$

$$F > F_0$$

$$3) F - T = ma$$

$$T = 6\mu mg = Ma$$

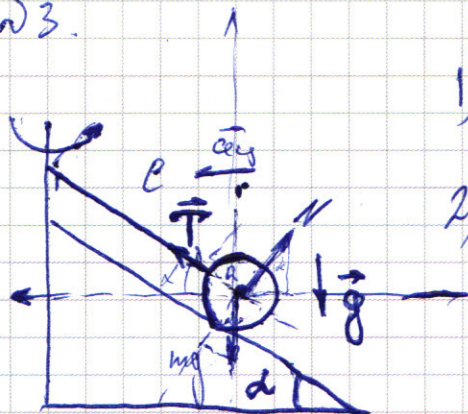
$$T = 6\mu mg + Ma$$

$$F = 6\mu mg = 6ma$$

$$a = \frac{F - 6\mu mg}{6m}$$

$$S = \frac{v_k^2}{2ga} \rightarrow v_k = \sqrt{2Sga} = \sqrt{2S \left(\frac{F - 6\mu mg}{6m} \right)} = \sqrt{\frac{S(F - 6\mu mg)}{3m}}$$

53.



$$1) T = mg \sin \alpha$$

$$2) R = c \cos \alpha$$

$$\begin{cases} T \cos \alpha - N \sin \alpha = m a \\ T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg \end{cases}$$

$$\frac{R}{c} = \frac{\omega^2 R^2}{c}$$

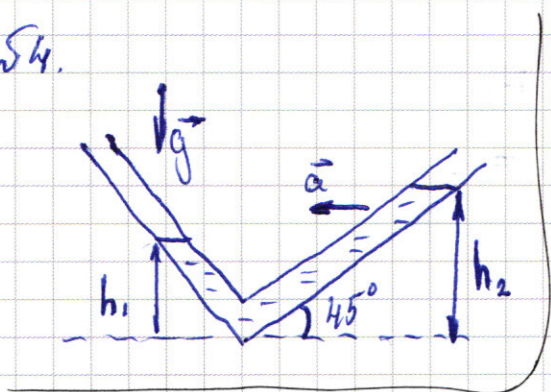
$$T(\sin \alpha + \cos \alpha) = m(a + g)$$

$$T(\sin \alpha + \cos \alpha) = m(\omega^2 R + g)$$

$$T(\sin \alpha + \cos \alpha) = m(\omega^2 (c \cos \alpha) + g)$$

$$T = \frac{m(\omega^2 (c \cos \alpha) + g)}{\sin \alpha + \cos \alpha}$$

54.



$$T \cos \alpha - m a_y = N \sin \alpha$$

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

$$\tan \alpha = \frac{T \cos \alpha - m a_y}{mg - T \sin \alpha}$$

$$mg \tan \alpha - T \tan \alpha \sin \alpha = T \cos \alpha - m a_y$$

$$mg \tan \alpha + m a_y = T(\tan \alpha \sin \alpha + \cos \alpha)$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

55.

$$1) \rho = \frac{mRT}{MV} = \frac{pRT}{M}$$

$$p = \frac{pM}{RT} = \frac{10^{-3} \cdot 18 \cdot 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 85}{8,31 \cdot 368 \text{ К}} = \frac{1530}{3058} = \frac{1}{2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

1700 -

170 = 1530

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ 368 \\ \hline 6648 \\ 4986 \\ 2493 \\ \hline 3058,08 \end{array}$$

$$n = \frac{p_n}{p_b} = \frac{0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 5 \cdot 10^{-4} = \frac{5}{10000} = \frac{1}{2000}$$

$$2) \quad V_n = \frac{V}{4,7}$$

$$\rho = \frac{mRT}{MV}$$

$$m_{n1} = 8V$$

$$m_{n2} = 8 \frac{V}{4,7}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{V}{4,7} \cdot \frac{86 \cdot 4,7}{3,7 \cdot 86} =$$

$$= \frac{86}{3,7 \cdot 8} = \frac{1000}{3,7 \cdot 0,5} =$$

$$= \frac{1000}{1,85} \approx 545$$

$$m_b = m_{n1} - m_{n2} =$$

$$= 8V - 8 \frac{V}{4,7} = 8V \left(\frac{4,7-1}{4,7} \right) =$$

$$= 8V \left(\frac{3,7}{4,7} \right)$$

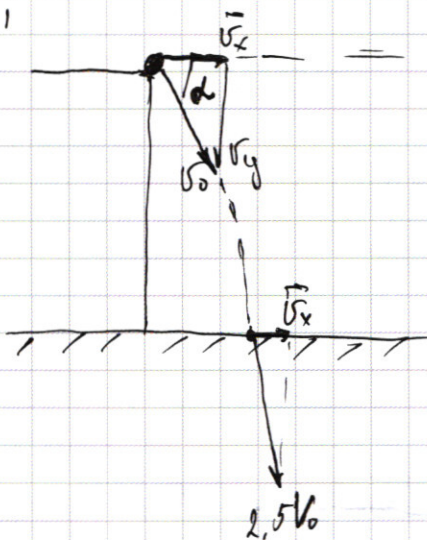
$$V_b = \frac{8V}{86} \frac{3,7}{4,7}$$

$$V_n = \frac{V}{4,7}$$

$$1000 \cdot 1,85$$

$$\begin{array}{r} 100000 \\ 925 \\ \hline 750 \\ 740 \\ \hline 1000 \end{array} \quad \begin{array}{r} 185 \\ 54,54 \\ \hline \end{array}$$

51



$$v_x = \text{const.}$$

$$v_{y1} = \sqrt{v_0^2 - v_x^2} = \sqrt{64 - 16} = \sqrt{48} = 4\sqrt{3}$$

$$1) v_{y2} = \sqrt{(2.5v_0)^2 - v_x^2} = \sqrt{(2.5 \cdot 8)^2 - 16} = \sqrt{400 - 16} =$$

$$v_k = v_n + gt = \sqrt{384} = 8\sqrt{6}$$

$$2) t = \frac{v_k - v_n}{g} = \frac{v_{y2} - v_{y1}}{g} =$$

$$= \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{10} = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} =$$

$$= \frac{20 - 6.8}{10} = \frac{13.2}{10} = 1.32 \text{ c.}$$

1,28

$$4.47 =$$

$$= \frac{384}{6.8} = \frac{384}{2.4} = \frac{14}{96}$$

$$86 \overline{) 116}$$

$$2.4 \cdot 5.76$$

$$245$$

$$v_{y2} \approx 8.25 = 20\%$$

$$3) S = v_x t = 4 \cdot 1.32 \approx 5.3 \text{ m}$$

$$\begin{array}{r} 2.45 \\ 2.45 \\ \hline 12.25 \\ 980 \\ 490 \\ \hline 500.25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3.4 \\ 2.45 \\ 8 \\ \hline 19.60 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19.6 - 6.8 \\ 26 \\ 12.8 \\ 8 \\ \hline 10.24 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.3 \\ 1.28 \\ 4 \\ \hline 5.12 \end{array}$$