

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

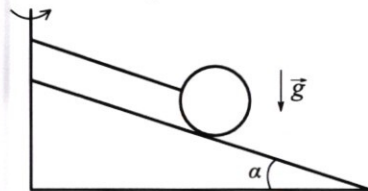
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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? F_0
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

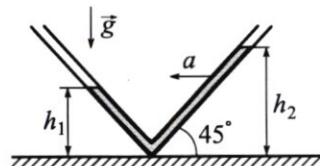
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

- 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

Дано:

$$U_0 = 8 \text{ м/с}$$

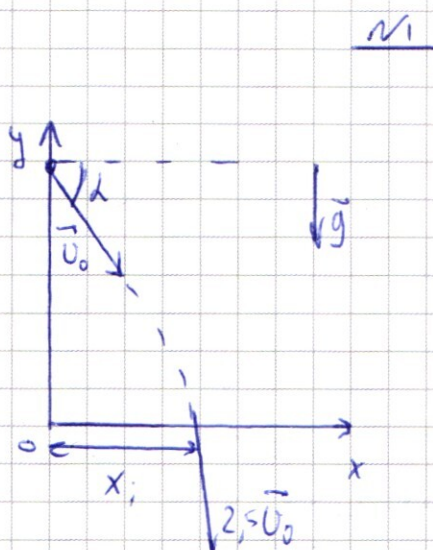
$$\alpha = 60^\circ$$

$$U_k = 2,5 U_0$$

1) $U_y = ?$

2) $T = ?$

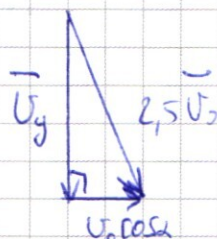
3) $X = ?$



1) В процессе полета на камень не действует сила сопротивления $\Rightarrow$ скорость составляющая по оси $X = \text{const}$

$$\Rightarrow U_x = U_0 \cdot \cos \alpha;$$

Нарисуем Δ скоростей в конце полета камня



По Т. Пифагора найдем U_y :

$$(2,5 U_0)^2 = U_y^2 + U_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$\Rightarrow U_y = \sqrt{6} U_0$$

$$\sqrt{6} \approx 2,4 \Rightarrow U_y = 8 \cdot 2,4 \approx \underline{19,2 \text{ м/с}}$$

2) Запишем уравнение для скорости по оси Oy :

оу: $U_y = U_{y0} + gT$ с учетом $U_y = \sqrt{6} U_0$ получим:

$$U_{y0} = U_0 \sin \alpha$$

$$T = \frac{U_0 (\sqrt{6} - \sin \alpha)}{g}$$

$$\Rightarrow T = \frac{8 \cdot (2,4 - \frac{\sqrt{3}}{2})}{10} \approx \underline{1,44 \text{ с}};$$

3) Запишем ур-е координаты по оси Ox :

$$X = V_0 + U_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}; \text{ Уточним для нашего случая:}$$

$$X = U_0 x T \Rightarrow X = U_0 \cos \alpha \cdot \frac{U_0 (\sqrt{6} - \sin \alpha)}{g}$$

$$X = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,44 = \underline{5,76 \text{ м}}$$

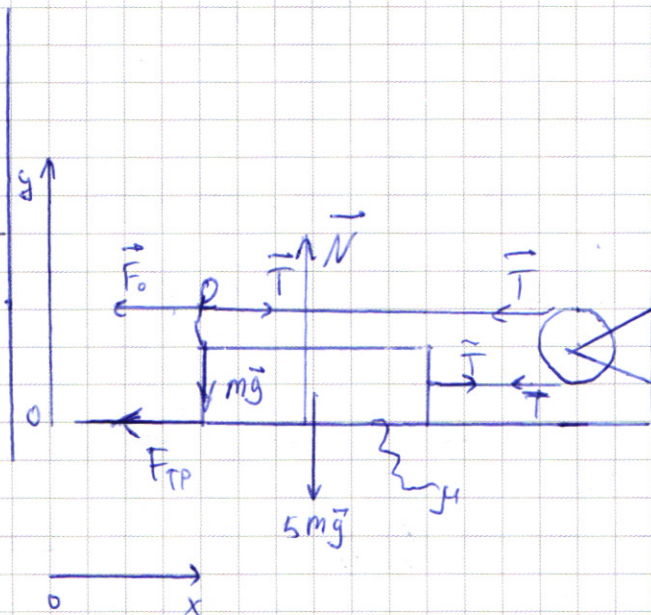
Ответ: 1) 18,2 м/с
2) 1,44 с
3) 5,76 м

№2

Дано:

$S, m, \mu = 5m$
 $\mu; F$

- 1) $N = ?$
- 2) $F_0 = ?$
- 3) $U = ?$



1) Запишем динамическое уравнение движения для левых на ось Oy :

$$N = 5mg + mg \\ \Rightarrow N = 6mg$$

$$F_{тр} = \mu N = 5 F_{тр} = 6 \mu mg;$$

2) По III 3-му Ньютона $\vec{F}_0 = -\vec{T} = 5 \cdot F_0 = T$,

$\Rightarrow$ Запишем динам. уравнение движения на ось Ox :

$$T = 6 \mu mg \Rightarrow F_0 = 6 \mu mg$$

3) Начальная скорость равна нулю, конечная U — запишем ур-е для движения без учета времени:

$$S = \frac{U^2 - 0}{2a} \Rightarrow U = \sqrt{2aS};$$

Ускорение найдем из динам. уравнения движения на ось Ox :

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

$$\Rightarrow U = \sqrt{\frac{(F - 6 \mu mg)S}{3m}}$$

Ответ: 1) $N = 6mg$

2) $F_0 = 6 \mu mg$

3) $U = \sqrt{\frac{(F - 6 \mu mg)S}{3m}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

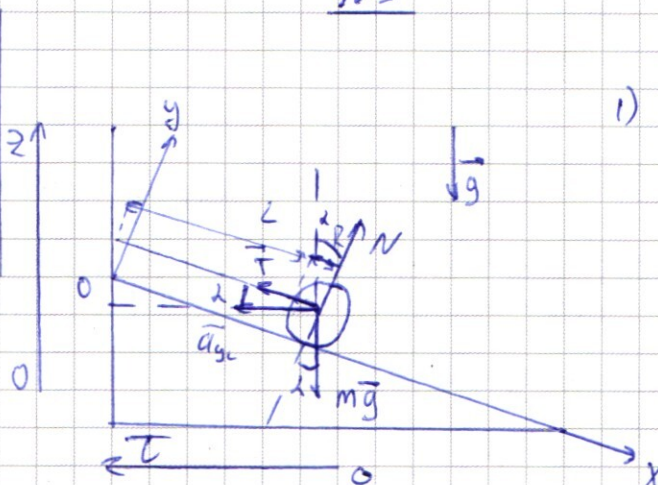
№3

Дано:

R, L, λ, m, g

1) $T_1 = ?$

2) $T_2 = ?$



1) Запишем динамическое уравнение движения для шара:

$$\vec{T}_1 + m\vec{g} + \vec{N} = 0$$

$$\text{отсюда: } T_1 = mg \sin \alpha$$

2) Пропустим ось $OT \parallel$ основанию клина — по ней будет a_{yc} . (Возможен случай, когда T и N — заданы, а L и R — неизвестны, тогда T_2 и N_2 — неизвестны)

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

Запишем динамическое уравнение движения:

$$m\vec{g} + \vec{T}_2 + \vec{N}_2 = m\omega^2(L + R) \cos \alpha$$

У a_{yc} нет вертикальной составляющей (ось Oz)

$$\Rightarrow T_2 + N_2 + mg = 0$$

$$\Rightarrow T_2 \sin \alpha + N_2 \cos \alpha = mg$$

$$\Rightarrow N_2 = \frac{mg - T_2 \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

Теперь запишем динам. уравнение движения на OT :

$$T_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha = m\omega^2(L + R) \cos \alpha$$

С учетом N_2 выразим T_2 получим:

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

Ответ:

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

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

№5

Дано:

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

$$T = 368 \text{ K}$$

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$M = 18 \text{ г/моль} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\gamma = 4,7$$

$$1) \frac{p_{\text{п}}}{p} = ?$$

$$2) \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}}$$

Пар насыщенный, его температура не меняется

$\Rightarrow p_{\text{п}} = \text{const}$, т.к. часть его при повышении давления (вследствии статики) будет конденсироваться.

1) Тогда запишем ур-ие Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT \Rightarrow p = \frac{\nu}{V} RT;$$

$$\text{Тогда } p_{\text{п}} = \frac{\nu M}{RT} \quad p_{\text{п}} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 368} \approx 0,5 \text{ кг/м}^3$$

$$\Rightarrow \frac{p_{\text{п}}}{p} = \frac{0,5 \text{ кг/м}^3}{1000 \text{ кг/м}^3} = \frac{1}{2000} = 5 \cdot 10^{-4}$$

2) Плотность воды $\ll$ плотности пара $\Rightarrow$

Можно считать, что в γ раз изменился объем сосуда, не считывая в данный момент объем скопившейся конденсированной воды.

$$\text{Тогда } V' = \frac{V}{\gamma}; \quad V' - \text{кол-во оставшегося в п.}$$

Пар продолжает быть насыщенным $\Rightarrow$ его давление сохраняется.

$$\Rightarrow p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{\gamma \nu' RT}{V} \Rightarrow V' = \frac{V}{\gamma}; \quad \Rightarrow \Delta V = V \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right)$$

Тогда ΔV - кол-во скопившейся конденсированной пара;

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{\nu M}{\rho} \Rightarrow \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} = \frac{\nu' M \rho}{\gamma \nu M \rho_{\text{п}}} = \frac{\frac{V}{\gamma} \rho}{V \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right) \rho_{\text{п}}} = \frac{\rho}{\rho_{\text{п}}} \cdot \frac{1}{\gamma-1}$$

$$\frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} = 2000 \cdot \frac{1}{4,7-1} = \frac{2000}{3,7} \approx 540$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{1}{2000} = \frac{p_{\text{п}}}{p} \quad 2) \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} = 540$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

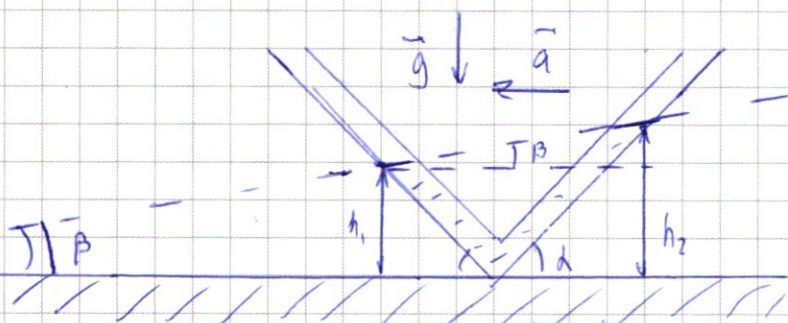
$$h_1 = 8 \text{ м}$$

$$h_2 = 12 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

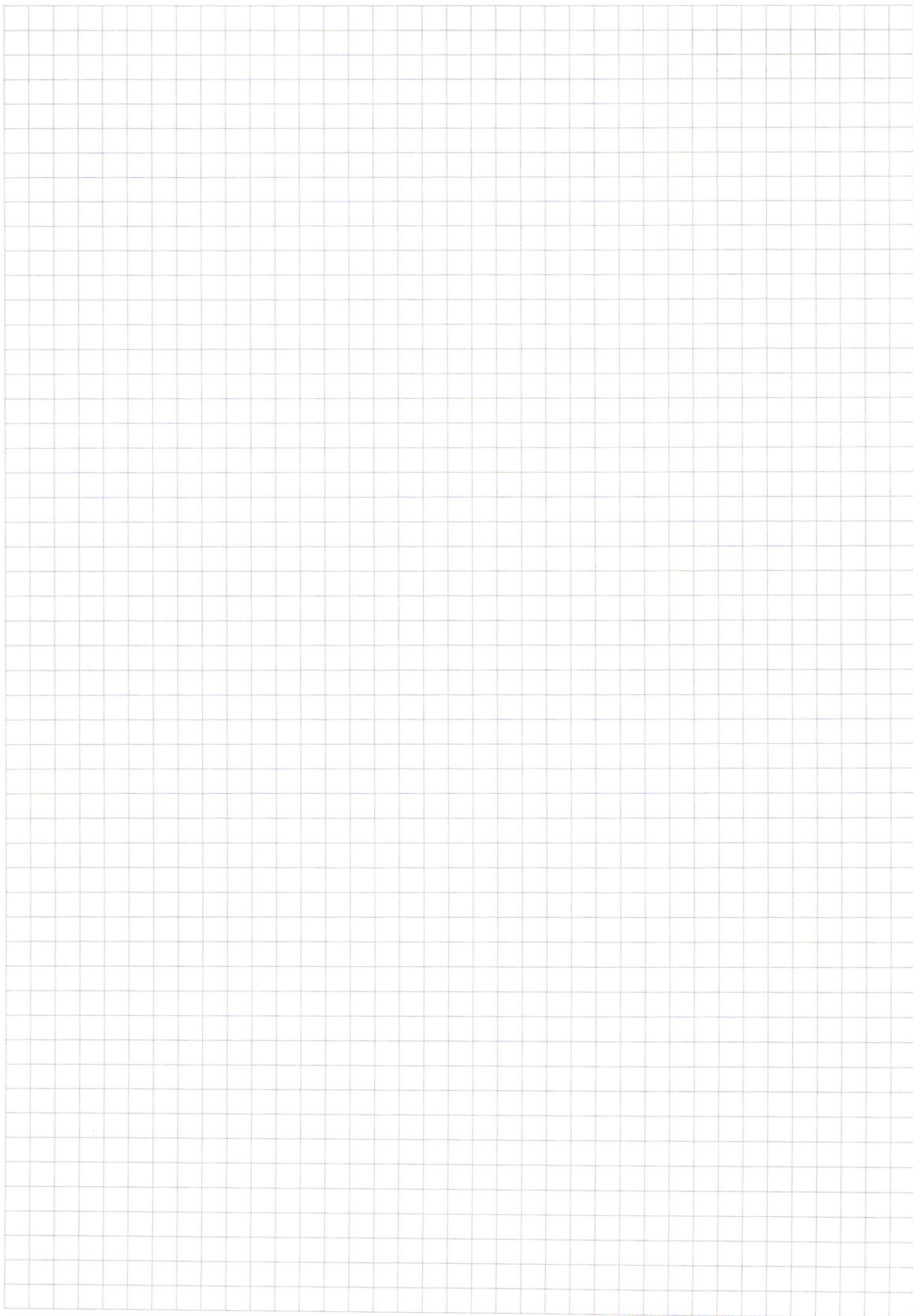
1) $a = ?$

2) $U = ?$



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a}{g}; \quad \text{или} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{h_2 - h_1}{h_1 \operatorname{ctg} \alpha + h_2 \operatorname{ctg} \alpha} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2};$$

$$\Rightarrow \frac{a}{g} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \Rightarrow a = g \left(\frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \right) \quad a = 10 \cdot \frac{4}{20} = \underline{2 \text{ м/с}^2}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Угол в другую сторону!

1) $v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$

$$2,5 v_0 = \sqrt{v_y^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\Rightarrow 6,25 v_0^2 = v_y^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha \quad \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\cos^2 60^\circ = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow 6 v_0^2 = v_y^2$$

$$\Rightarrow v_y = \sqrt{6} v_0$$

$$v_0 \approx 2,4 \text{ м/с}$$

$$\Rightarrow v_y = 2,4 \cdot \sqrt{6} = 18,2 \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} 31 \overline{) 25} \\ \underline{25} \\ 0 \\ \underline{0} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,4 \\ \times 1,8 \\ \hline 18,2 \end{array}$$

2) $\sqrt{6} v_0 = v_0 \sin \omega t + g \tau$

$$\sqrt{6} v_0 - \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 = g \tau$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{v_0 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g}$$

$$\tau = \frac{8 \cdot (2,4 + \frac{1,7}{2})}{10}$$

$$\frac{1,7}{2} = 0,85$$

$$2,4 + 0,85 = 3,25$$

$$\tau = \frac{8 \cdot 3,25}{10} = 2,6 \text{ с}$$

$$\frac{1,55}{10} = \frac{155}{1000} = \frac{31}{200} = 0,155$$

$$\frac{4}{5} \cdot \frac{155}{100} = \frac{31}{25} = 1,24 \text{ с}$$

$$x = v_0 \cos 60^\circ \cdot 2,6 \text{ с} = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,6 = 4 \cdot 2,6 = 10,4 \text{ м}$$

$$v_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,44 = 4 \cdot 1,44 = 5,76 \text{ м}$$

Ответ: 18,2 м/с; 2,6 с; 10,4 м; 1,44 с; 5,76 м

$$\begin{array}{r} 1,44 \\ \times 4 \\ \hline 5,76 \end{array}$$

№5

$$pU = JRT$$

$$pU = \frac{U \cdot p}{M} RT$$

$$\Rightarrow p = \frac{p}{M} RT$$

$$\Rightarrow p_H = \frac{pM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 18}{8,3 \cdot 368} = \frac{1530}{3054} \approx 0,5 \text{ kPa}$$

$$\Rightarrow \frac{p_H}{p} = \frac{0,5}{1000} = \frac{1}{2000} = 0,0005$$

$$pU' = J'RT$$

$$U' = \frac{U}{\gamma}$$

$$p = \frac{J'RT}{U'}$$

$$p = \frac{JRT}{U} \Rightarrow J' = \frac{J}{\gamma} \Rightarrow \Delta J = J - \frac{J}{\gamma} = J \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right)$$

$$U = \frac{M}{p} = \frac{J M}{p}$$

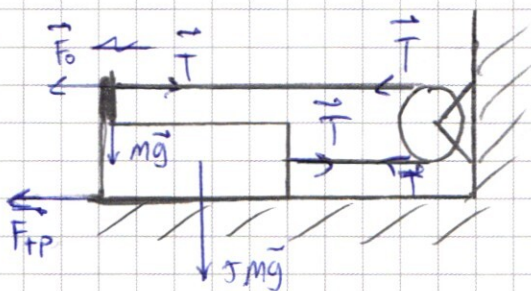
$$\Rightarrow \frac{U_H}{U_B} = \frac{J_H \left(1 - \frac{\gamma - 1}{\gamma} \right) M}{J_H \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right) M} = \frac{J_B \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right) M}{J_B \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right) M} = \frac{J_B}{J_B (\gamma - 1)} = \frac{10^3}{5 \cdot 10^4 \cdot 3,7} = 10^7 \cdot \frac{1}{18,5} = 10^7 \cdot \frac{10}{185} = 10^7 \cdot 54 \cdot 10^{-4} = 540 \cdot 10^3 = 54000$$

$$\begin{array}{r} 1 \overline{) 185} \\ 0 \overline{) 0,0054} \\ 1000 \\ \hline 925 \\ \hline 750 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 37 \overline{) 185} \\ 148 \\ \hline 185 \\ \hline 1598 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2



$$F_{TP} = \mu N = \mu \cdot 6mg$$

$$F_{TP} = \mu \cdot 6mg$$

$$F_0 = T$$

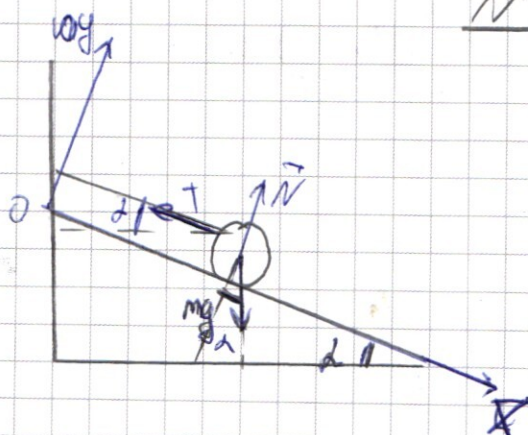
$$T = \mu \cdot 6mg = F_0$$

$$\text{По } \frac{v^2}{2a} = S \Rightarrow v = \sqrt{2aS} \quad 6ma = F - 6\mu mg$$

$$\Rightarrow 2a = \frac{F - 6\mu mg}{6m}$$

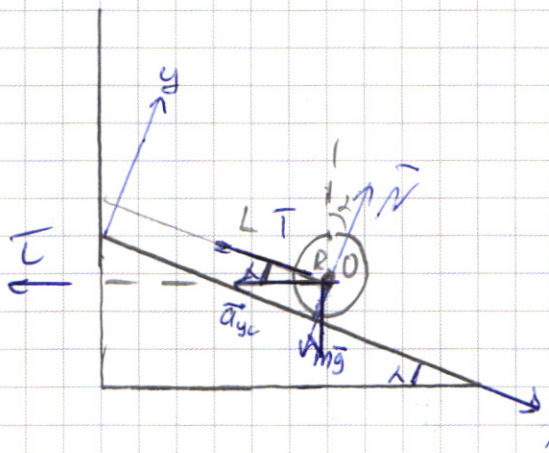
$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{(F - 6\mu mg)S}{3m}}$$

N3



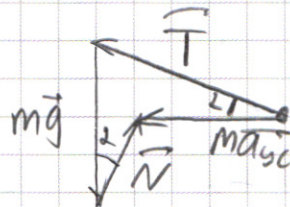
$$\text{ОХ: } T = mg \sin \alpha$$

$$R' = (R + L) \cos \alpha$$



$$\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}_{yc}$$

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



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

$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$\Rightarrow T = m(\omega^2 (L+R) - g)$$

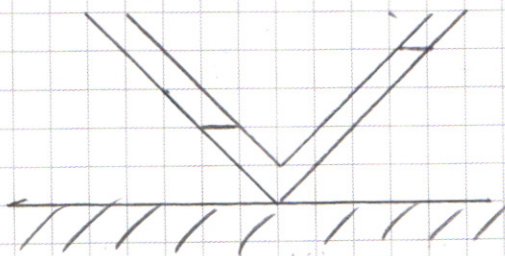
$$mg = T_2 \sin \alpha + \frac{N \cos \alpha}{2}$$

$$\Rightarrow N_2 = \frac{mg - T_2 \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$T \cos \alpha - N_2 \sin \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$T_2 \cos \alpha - (mg - T_2 \sin \alpha) \cdot \tan \alpha = m \omega^2$$

№4



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

$$\Rightarrow T_2 (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \tan \alpha) = m(\omega^2 (L+R) \cos \alpha - \frac{1}{2}g)$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{m(\omega^2 (L+R) \cos \alpha + \frac{1}{2}g \tan \alpha)}{\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \tan \alpha}$$