

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-02

Класс 10

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

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?

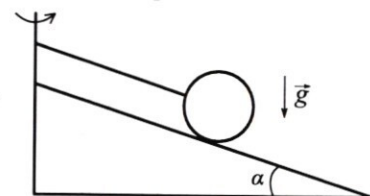
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

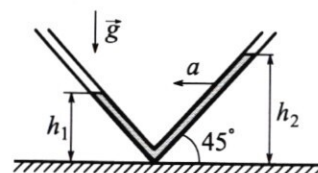


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

Задача 1

$$V_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

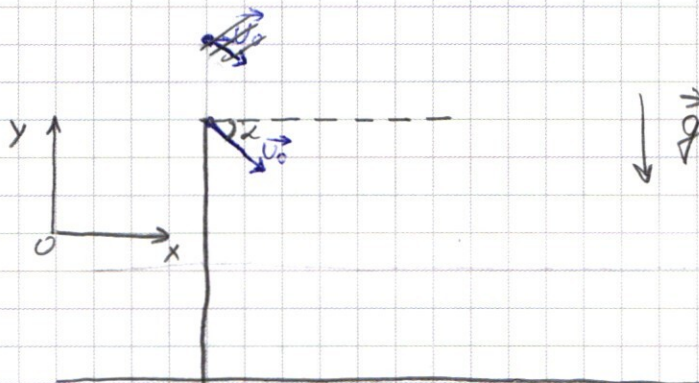
$$\alpha = 30^\circ$$

$$V_1 = 2V_0 \quad (V_1 - \text{конечная скорость})$$

$$1) V_x - ?$$

$$2) t - ?$$

$$3) h - ?$$



1) По условию сказано, что все время в полёте гайка приближалась к горизенту, значит, вектор начальной скорости был направлен к земле.

2) Горизонтальная скорость гайки по оси ox в течение всего времени была постоянной и равна $V_{0x} = V_0 \cdot \cos \alpha$

3) Перед ударом на землю:



Отсюда по т. Пифагора:

$$V_1 = \sqrt{V_y^2 + V_{0x}^2} = \sqrt{V_y^2 + V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \Leftrightarrow V_y = \sqrt{V_1^2 - V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$\Leftrightarrow V_y = \sqrt{V_1^2 - V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = \sqrt{4V_0^2 - V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$U_y = \sqrt{4 \cdot 100 - 100 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = \sqrt{325} = 5\sqrt{13} \text{ м/с.}$$

Ответ №1: $U_y = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$

② Начальная скорость по ОХ: $U_{0x} = U_0 \cdot \sin \alpha$

Конечная скорость по ОХ: $U_x = 5\sqrt{13}$

В проекции на ОХ:

~~$$5\sqrt{13} = U_0 \sin \alpha + g t$$~~
~~$$5\sqrt{13} = U_0 \sin \alpha$$~~
~~$$t =$$~~

~~$$U_x = U_0 \sin \alpha + g t$$~~

$$U_x = U_{0x} + g t$$

$$U_x = U_0 \cdot \sin \alpha + g t$$

$$t = \frac{U_x - U_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$t = \frac{5\sqrt{13} - 10 \cdot \sin 30}{10} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} =$$

$$= \frac{1}{2} (\sqrt{13} - 1) \text{ с}$$

Ответ: №2: $t = \frac{1}{2} (\sqrt{13} - 1) \text{ с}$

③ По ЗСЭ:

$$mgh + \frac{mU_0^2}{2} = \frac{mU_1^2}{2}$$

$$mgh + \frac{mU_0^2}{2} = \frac{4mU_0^2}{2} \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$2gh + U_0^2 = 4U_0^2$$

$$h = \frac{3}{2} \cdot \frac{U_0^2}{g}$$

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

Ответ: №3: $h = 15 \text{ м.}$

Ответ: $U_x = 5\sqrt{13} \text{ м/с}; t = \frac{1}{2} (\sqrt{13} - 1) \text{ с}; h = 15 \text{ м.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

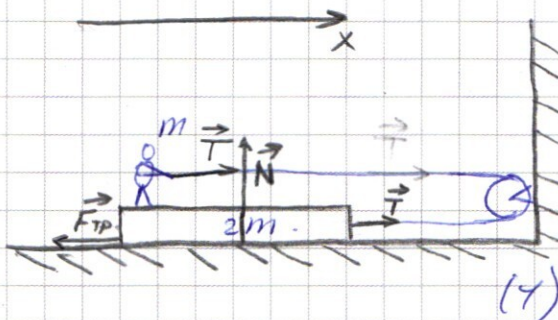
Задание 2

$m_1 = m$ (m_1 — масса человека)

$M = 2m$;

S ;

μ .



Решение.

① $N = (m + M)g = (m + 2m)g = \underline{3mg}$ Н

Ответ №1: $N = 3mg$ Н.

② Составим ~~уравнение~~ уравнение ~~для~~ 2-го з. Ньютона для системы: (человек + ~~ящик~~ ящик):

В проекциях на Ox :

Ox : $2T - F_{тр} = (m + 2m)a$, где a — ускорение системы,
(рис. 1)

чтобы пропустить ленту,

достаточно, чтобы $a = 0$ м/с²:

$$2T - F_{тр} = 0$$

$$2T - \mu g(m + 2m) = 0$$

$$T = \underline{1,5 \mu mg}$$

Ответ №2: $T = 1,5 \mu mg$ Н.

③ Составим ур. 2-го Ньютона в проекциях на Ox :
(для сист. чел. + ящик)

$$2F - \mu g(m + 2m) = (2m + 2m)a_2$$

отсюда: $a_2 = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$ (a_2 — ускорение системы).

$$x_0 = v_0 t + \frac{a_z t^2}{2}, \text{ где } v_0 = 0, \text{ значит:}$$

$$x_0 = \frac{a_z t^2}{2}, \text{ движение происходит вдоль стержня: } x_0 = S$$

$$S = \frac{a_z t^2}{2},$$

$$S = \frac{(2F - 3\mu m g) t^2}{2 \cdot 3m}$$

$$t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu m g}}$$

Ответ: №3: $t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu m g}}$

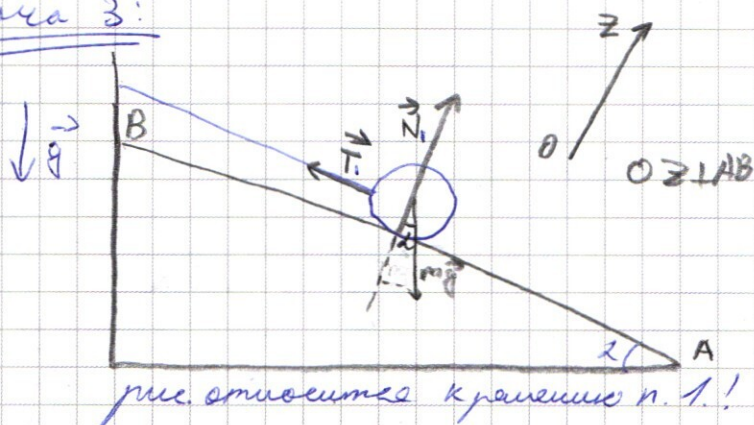
Ответ: №; $N = 3m g$ Н; $T = 1,5\mu m g$ Н; $t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu m g}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3:

$m,$
 $R,$
 $\alpha,$
 L

- 1) N_1 - ?
- 2) N_2 - ?



Решение. (рис. 1).

По 2-ому з. Ньютона в проекции на OZ:

$$OZ: N_1 - mg \cdot \cos \alpha = ma_z, \text{ где } a_z = 0:$$

$$N_1 - mg \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\underline{N_1 = mg \cdot \cos \alpha} \text{ и.}$$

Ответ: 1) $N_1 = mg \cdot \cos \alpha$ и.

(2) Рис. (2).

По 2-ому з. Ньютона:

$$\vec{T}_2 + \vec{N}_2 + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\boxed{OX:} T_2 \cdot \cos \alpha - N_2 \cdot \sin \alpha = ma_x, \text{ где}$$

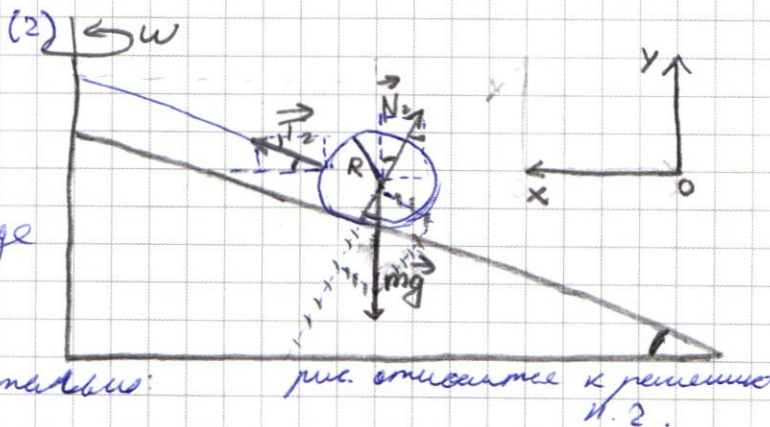
$$a_x = \frac{v^2}{(R+L) \cdot \cos \alpha} = \frac{\omega^2 (R+L)^2 \cdot \cos^2 \alpha}{(R+L) \cdot \cos \alpha} =$$

$$= \omega^2 (R+L) \cdot \cos \alpha, \text{ следовательно:}$$

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

$$\boxed{OY:} N_2 \cdot \cos \alpha - mg + T_2 \cdot \sin \alpha = ma_y, \text{ где } a_y = 0:$$

$$N_2 \cdot \cos \alpha - mg + T_2 \cdot \sin \alpha = 0.$$



Тогда имеем уравнения:

~~$T \cdot \cos \alpha - N_2 \cdot \cos \alpha$~~

$$\begin{cases} T_2 \cdot \cos \alpha - N_2 \cdot \sin \alpha = m \omega^2 (R+L) \cos \alpha \\ N_2 \cdot \cos \alpha + mg + T_2 \cdot \sin \alpha = 0 \Leftrightarrow T_2 = \frac{mg - N_2 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} \end{cases}$$

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

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

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

Ответ: $N_2 = \frac{m(g \cdot \cos \alpha - \omega^2 (R+L) \cdot \cos \alpha)}{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$

~~$N_2 = m g \cos \alpha$~~

Ответ: 1) $N_1 = m g \cdot \cos \alpha$

2) $N_2 = \frac{m(g \cdot \cos \alpha - \omega^2 (R+L) \cdot \cos \alpha)}{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$

Задача 5

1)

1) $p_0 V_0 = \nu R T_0 = \text{const} + (m \cdot k T_0 - \text{const})$

(1) $\begin{matrix} P_0, T_0, V_0 \\ V_0, \text{нагр} \end{matrix}$

$\downarrow T = \text{const}$

2) газ бегун: $pV = \frac{m}{\mu} R T_0$, где

~~$pV = \text{const} + (m \cdot k T_0 - \text{const})$~~

~~$\nu R T_0 = \frac{m}{\mu} R T_0$~~

$\nu = \frac{m}{\mu} \Leftrightarrow m = \mu \cdot \nu$

(2)

$\begin{matrix} P, \nu, \\ T_0, V \\ \text{BOGA} \end{matrix}$

3) из п. 1) $m = \rho_n \cdot \frac{\nu R T_0}{p_0}$, следовательно:

$\mu \nu = \rho_n \cdot \frac{\nu R T_0}{p_0} \Leftrightarrow \rho_n = \frac{\mu p_0}{R T_0}$ (масса нагр)

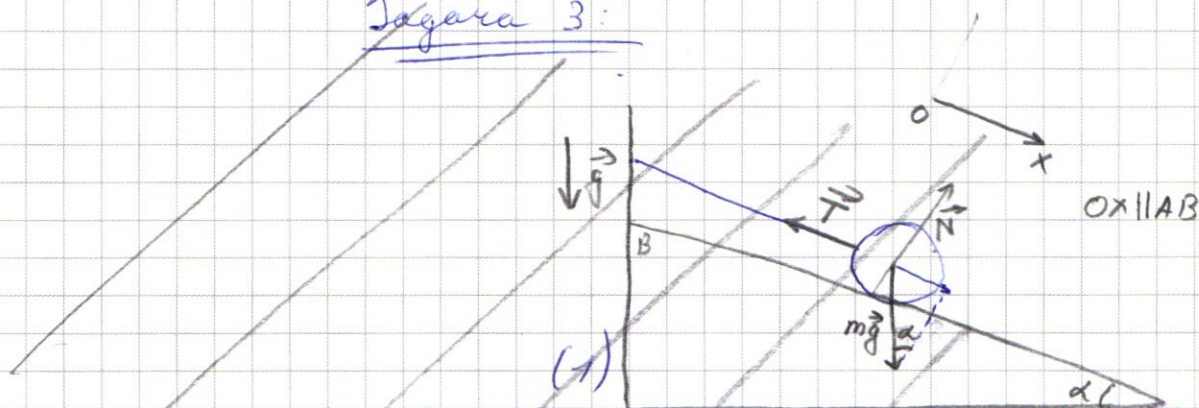
$\frac{\rho_n}{\rho} = \frac{\mu p_0}{\mu p R T_0} \cdot \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{18 \cdot 3550}{8,1 \cdot 300} \approx 28,1$

Ответ: $\nu 1: \frac{\rho_n}{\rho} \approx 28,1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3:

$m,$
 $R,$
 $\alpha,$
 L



Решение: (рис. 1) рис. относится к решению п. 1

① По 2-му 3-му законам Ньютона: в проекциях на OX:

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

~~$$OX: mg \sin \alpha - T = ma, \text{ где}$$~~

~~$$OX: mg \sin \alpha - T = ma, \text{ где } a = 0:$$~~

~~$$mg \sin \alpha - T = 0$$~~

~~$$T =$$~~

$$y_2 = \frac{2}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

(Handwritten scribble)

$$\begin{array}{r} 5 \\ 25 \cdot 13 \\ \hline 204 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 225 \cdot 2 \\ 16 \cdot 20,72 \\ \hline 65 \\ \hline 10 \\ \hline 8 \\ \hline 20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 5 \\ \hline 65 \end{array}$$

(Handwritten scribble)

$$h = \frac{25 \cdot 13}{204}$$

$$\begin{array}{r} 65 \cdot 14 \\ 4 \cdot 11 \\ \hline 25 \end{array}$$

$$T = t_0 + 27.$$

$$T = 273 - 27.$$

$$T = -273 + 27.$$

$$T_0 = 27^\circ \text{C}$$

$$P_0 = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

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

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$PV = \cancel{VR} T = \text{const.}$$

$$\rho_0 = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$\begin{matrix} 27 \\ + 273 \end{matrix}$$

$$P_0 V_0 = \cancel{VR} T_0$$

$$V_0 = \frac{VR T_0}{P_0}$$

$$m_0 = \rho_0 \cdot \frac{VR T_0}{P_0}$$

$$m =$$

$$\cancel{VR} = \frac{m}{\mu} R$$

$$mR = \mu VR$$

$$\mu VR = \rho_0 \cdot \frac{VR T_0}{P_0}$$

$$\mu = \frac{\rho_0 R T_0}{P_0}$$

$$\rho_0 R T_0 = P_0 \mu$$

$$\rho_0 = \frac{P_0 \mu}{R T_0}$$

$$PV = \frac{\rho_B}{\mu_B} RT.$$

$$\cancel{VR} T_0$$

$$P_0 V_0 = \frac{\rho_B}{\mu_B} RT.$$

$$m = \rho_B V_B$$

$$\begin{array}{r} 3555 \\ 75 \end{array}$$

$$PV = \frac{m}{\mu} RT.$$

$$\cancel{VR} T_0 =$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 18.3550 \\ \hline 81.800 \\ 5 \quad 75 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3.355 \\ 81.8 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 3 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 225 \\ 81 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

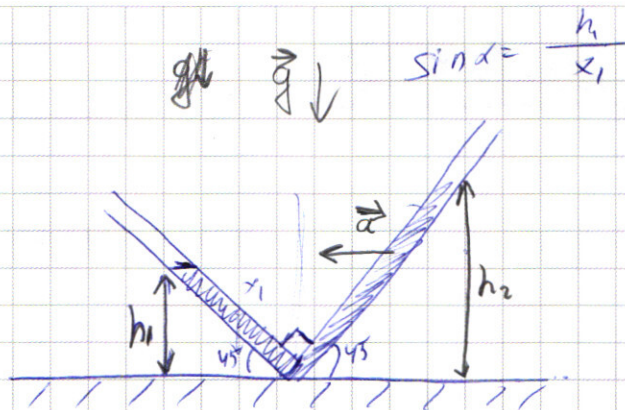
[illegible]

4)

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \frac{m}{c^2}$$

$$h_1 = 0,1 m$$



$$m_1 = \frac{\rho S h_1}{\sin \alpha}$$

$$m_2 = \frac{\rho S h_2}{\sin \alpha}$$

S

$$\rho g h$$

$$\rho g h$$

$$L = 5\sqrt{13} \cdot \frac{1}{2} (\sqrt{13} - 1) + 10$$

u
w
w

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 225 \overline{) 25} \\ 75 \end{array}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{3}{4}$$



$$\begin{array}{r} 25 \overline{) 325} \\ 125 \end{array}$$

$$U_{0y} = U_0 \cdot \sin \alpha$$

$$U_{0x} = U_0 \cdot \cos \alpha$$

④

$$U_{0x} = U_0 \cdot \sin \alpha$$

$$U_{0y} = U_0 \cdot \cos \alpha$$

$$\sqrt{U_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + U_{0y}^2} = 2U_0$$

$$U_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + U_y^2 = 4U_0^2$$

$$100 \cdot \frac{1}{4} + U_y^2 = 4 \cdot 100$$

$$25 + U_y^2 = 400$$

$$U_y = \sqrt{375} = 5\sqrt{15}$$

$$U_0$$

$$\sqrt{U_0^2 \cdot \cos^2 \alpha + U_{0y}^2} = 2U_0$$

$$U_0^2 \cdot \cos^2 \alpha + U_y^2 = 4U_0^2$$

~~100~~

$$75 + U_y^2 = 400$$

$$U_y = \sqrt{325} = 5\sqrt{13}$$

②

$$2T = 3 \mu m g$$

$$T = 1.5 \mu m g$$

$$5\sqrt{15} = 10 \cdot \cos \alpha + 10 +$$

$$5\sqrt{15} = 10 + 5\sqrt{3} + 10 +$$

$$5\sqrt{3} \cdot \sqrt{5} - 5\sqrt{3} = 10 +$$

$$5\sqrt{3}(\sqrt{5} - 1) = 10 +$$

$$t = \frac{5\sqrt{3}(\sqrt{5} - 1)}{10}$$

$$t = \frac{\sqrt{3}}{2}(\sqrt{5} - 1)$$

③ ~~mg~~ $2mgh + \frac{mV^2}{2} = \frac{m(2U)^2}{2} \cdot 1.2$

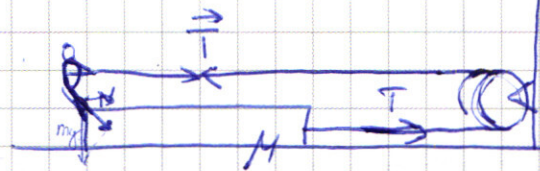
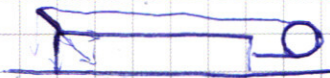
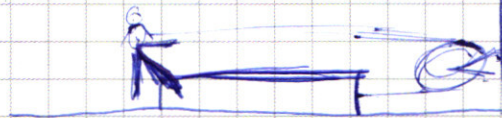
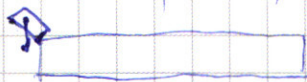
$$V_1^2 = U_y^2 + U_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$2gh + V^2 = 4U^2$$

$$2gh = 3U^2$$

$$h = 1.5 \frac{U^2}{g} = 1.5 \frac{100}{10} = \frac{150}{10} = 15 \text{ м.}$$

$$pN = \frac{p}{\mu} RT$$



$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

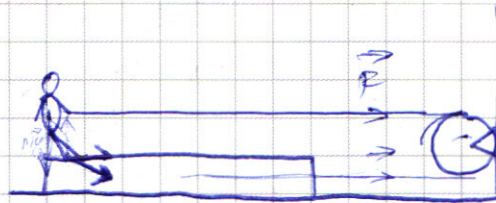
$$F_{\text{тр}} = 1) N = 2m + m = 3m$$

$$N = 2mg$$

$$2) F_{\text{тр}} = 3\mu mg$$

$$T = \mu N = 0$$

1)



$$F - 3\mu mg = 2ma$$

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

$$S =$$

$$2F - 3\mu mg = 3ma$$

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

$$S = \frac{(2F - 3\mu mg)t^2}{2 \cdot 3m}$$

3)

$$t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$$

