

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?

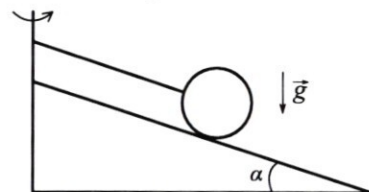
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

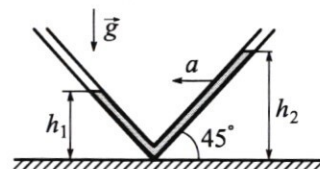


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

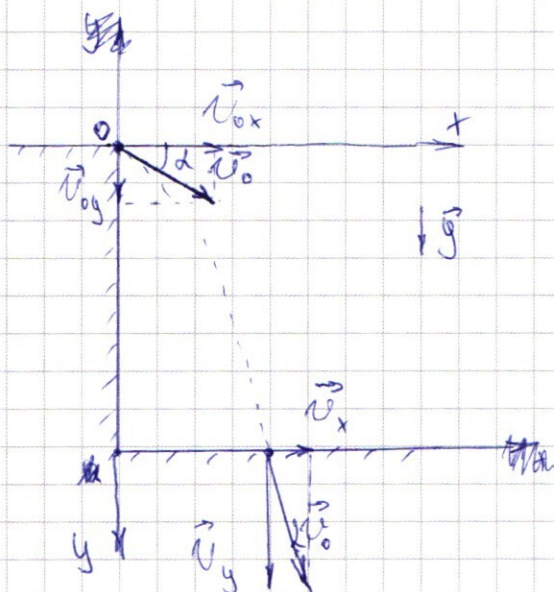


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



$v_0 = 10 \text{ м/с} ; \alpha = 30^\circ$

Решение.

Разложим вектор начальной
и конечной скорости на
две составляющие:
горизонтальную - $v_{0x}, (v_x)$ и
вертикальную - $v_{0y}, (v_y)$:

$\vec{v}_0 = \vec{v}_{0x} + \vec{v}_{0y}$; из теоремы Пифагора:

$v_0^2 = v_{0x}^2 + v_{0y}^2$; или $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$; $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

Аналогично, для конечной скорости:

$\vec{v}_0 = \vec{v}_x + \vec{v}_y$; $4v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$ (1)

$g_x = 0$ - проекция ускорения g на Ox ;

$g_y = +g$ - проекция ускорения g на Oy , тогда

$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ (2)

$v_y = v_{0y} + gt$, где t - время падения точки.

$v_y = v_0 \sin \alpha + gt$ (3)

Подставим (2) в (1), получим:

$4v_0^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + v_y^2 \Rightarrow v_y^2 = (4 - \cos^2 \alpha) v_0^2$

$v_y = \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} \cdot v_0$ (отбросив, что $v_y > 0$).

$$v_y = \sqrt{4 - \frac{3}{4}} \cdot 10 \text{ (м/с)} = 10 \cdot \frac{\sqrt{16-3}}{2} \text{ (м/с)} = 5\sqrt{13} \text{ (м/с)}, \text{ - ответ (1)}$$

$$(\cos^2 \alpha = \cos^2 30^\circ = (\frac{\sqrt{3}}{2})^2 = \frac{3}{4})$$

$$v_y(t) \Rightarrow v_y = v_y - v_0 \sin \alpha$$

$$t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t = \frac{(5\sqrt{13} - 10 \cdot \frac{1}{2} \text{ (м/с)})}{10 \text{ (м/с}^2\text{)}} = \frac{5(\sqrt{13}-1)}{10} \text{ (с)} = \frac{\sqrt{13}-1}{2} \text{ (с)} \text{ - ответ (2)}$$

на Oy: $H = v_{0y}t + \frac{gt^2}{2}$ - высота, которую она сбросила

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2} = t \left(v_0 \sin \alpha + \frac{gt}{2} \right)$$

$$H = \frac{\sqrt{13}-1}{2} \left(10 \cdot \frac{1}{2} + \frac{10}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{13}-1}{2} \right) \right) [H] = \text{с} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}^2} \right) =$$

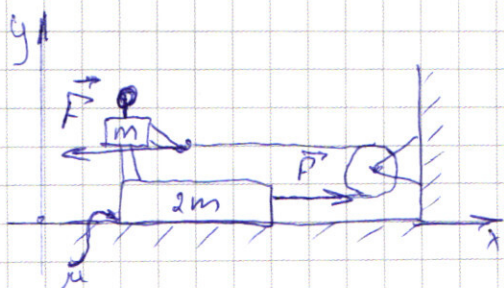
$$= \frac{\sqrt{13}-1}{2} \cdot \left(5 + 5 \cdot \frac{\sqrt{13}-1}{2} \right) = \text{с} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \text{м}$$

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

$$= \frac{5}{4} \cdot ((\sqrt{13})^2 - 1) = \frac{5}{4} \cdot (13-1) = \frac{5}{4} \cdot 12 = 5 \cdot 3 = 15 \text{ (м)}$$

Ответ: 1) $5\sqrt{13}$ м/с; 2) $\frac{\sqrt{13}-1}{2}$ с; 3) 15 м

~ 2



Поч. как человек тянет за канат горизонтально, но дополни- тельной силой давления груза с человеком на пол оказывающейся

не будет, тогда эта сила давления (искомая) равна:

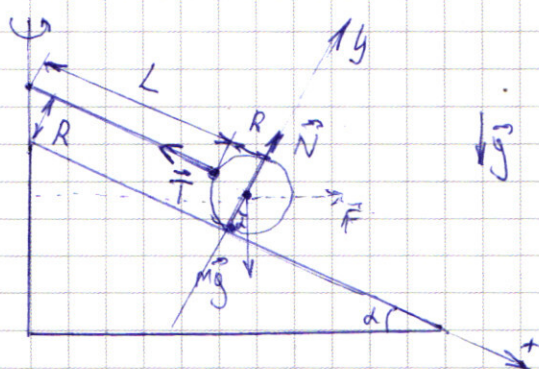
$$P = mg + 2mg = 3mg \text{ - ответ (1). } (2m = M)$$

Поч., человек тянет канат с силой F_0 , тогда запишем первый закон Ньютона в проекции на координатные оси:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

на от: $F_0 - F_{\text{тр}} = 0$ (т.к. при минимальном усилии
теловес не будет сообщать ускорения,
 $F_{\text{тр}}$ - сила трения, а будет (миним.) равна силе с
возникающей между
поверхностями; $F_{\text{тр}} = \mu N$; N - сила реакции
опоры
по 3-ему закону Ньютона $N = P = 3 \text{ мГ}$,
тогда $F_0 = \mu N$; $F_0 = 3 \mu \text{ мГ}$ - ответ (2)

Ответ: 1) 3 мГ ; 2) $3 \mu \text{ мГ}$.



~3

В какое:

Запишем 1-ый 3-ий Ньютона
в проекции на выбранные
координатные оси:

по ox : $mg \sin \alpha - T = 0$

T - сила натяжения нити; $mg \sin \alpha = T$

по oy : $N - mg \cos \alpha = 0$; N - сила реакции опоры (нормаль)
 $N = mg \cos \alpha$.

По 3-ему 3-му Ньютона: $N = P$ - сила давления =>
(используем в 1-ом вопросе)

$P = mg \cos \alpha$ - ответ (1)

При вращении системы:

шар обладает центростремительным ускорением (a_y)

$a_y = \omega^2 r$, где r - расстояние от центра шара до
оси вращения, $r = (L + R) \cos \alpha \Rightarrow a_y = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$

Поскольку при вращательном движении шар
будет двигаться с ускорением $F = ma_y$, направ-
ленная горизонтально, от оси вращения, тогда

1-ый 3-ий Ньютон по oy будет иметь вид:

$$N' + F \cos(90^\circ - \alpha) - mg \cos \alpha = 0 \quad (\text{н.н. относительно рассма-}$$

$$mg \cos \alpha + m \omega^2 (L + R) \cos \alpha \cdot \sin \alpha = \text{равенств плоскости}$$

$= mg \cos \alpha$; N' - новая сила реакции опоры при вращении системы

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

По 3-ему 3-му Ньютона $N' = P'$; P' - искомого давление
по 2-ому вопросу =>

$$P' = m \cos \alpha \cdot (g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha) \text{ - ответ (2)}$$

Ответ: 1) $mg \cos \alpha$; 2) $m(g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha) \cos \alpha$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

а) $PV_0 T$

$t = 27^\circ \text{C} \Rightarrow T = 27 + 273 = 300 \text{K} = \text{const}$

на протяжении
всего процесса

Запишем уравнение

Клапейрона - Менделеева для состояния (а):

$PV_0 = \nu RT/M$, где ν - кол-во вещества водяного пара.

Уз условие задачи $\nu = \text{const}$.

$\nu = \frac{m}{M}$; где m - масса водяного пара, причем $m = \text{const}$,

$M = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$; $m = \rho_p \cdot V_0$; ρ_p - плотность пара,

ρ_p на протяжении всего процесса не изменяется $\Rightarrow$

$PV_0 = \frac{\rho_p V_0}{M} \cdot RT$; $P = \frac{\rho_p}{M} RT \Rightarrow \rho_p = \frac{P \cdot M}{RT}$

$\frac{\rho_p}{P} = \frac{P \cdot M}{P R T}$; $\left[\frac{\rho_p}{P} \right] = \frac{\frac{\text{г}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К}} = \frac{\text{г} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}} = [-]$

$\frac{\rho_p}{P} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{1000 \cdot 8,31 \cdot 300} =$

($\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)

$M = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$= \frac{355 \cdot 18}{831 \cdot 300000} \approx \frac{6390}{249300000} \approx 2,56 \cdot 10^{-5}$

(R - универсальная газовая
постоянная)

$\approx \frac{355 \cdot 2}{273 \cdot 100000} = \frac{2,5}{100000} = 0,000025$

ответ на (1)

$\begin{array}{r} 355 \\ \times 2 \\ \hline 710 \end{array}$

$\begin{array}{r} 355 \\ \times 18 \\ \hline 2840 \\ 3550 \\ \hline 6390 \end{array}$

$\begin{array}{r} 831 \overline{) 3} \\ 6 \\ \hline 23 \\ 21 \\ \hline 21 \\ \hline 0 \end{array}$

$\rho_p = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 300} = 0,025 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$\begin{array}{r} 710 \overline{) 273} \\ 558 \\ \hline 1550 \\ 1560 \\ \hline 0 \end{array}$

$$V_n = \frac{V_0}{5,6} - \text{объем пара (для 2-го вопроса)}$$

$$pV_n = \nu_n RT ; \nu_n - \text{кол-во молекул при этом паре.}$$

$$p \frac{V_0}{5,6} = \nu_n RT ;$$

$$pV_0 = 5,6 \nu_n RT, \text{ из ур-я (1)} \Rightarrow$$

$$5,6 \nu_n = \nu \Rightarrow \nu_n = \frac{\nu}{5,6}$$

(масса пара всегда пара равна массе воды, $m.k. \nu = \text{const}; m = \text{const}; \nu = \frac{m}{M}$)

$$\nu_n = \frac{m_n}{M}, m_n - \text{масса пара (для 2-го вопроса)}$$

$$m_n = p_n V_n \Rightarrow \nu_n = \frac{p_n V_n}{M} (*)$$

$$\nu_v = \nu - \nu_n - \text{кол-во молекул воды; } \nu = 5,6 \nu_n$$

$$\nu_v = 5,6 \nu_n - \nu_n = 4,6 \nu_n$$

$$\nu_v = \frac{m_v}{M}; m_v - \text{масса воды; } m_v = p \cdot V_v$$

$$\nu_v = \frac{p V_v}{M} = 4,6 \nu_n (**)$$

$$\frac{(*)}{(**)} \Rightarrow \frac{1}{4,6} = \frac{p_n V_n}{p V_v} \Rightarrow \frac{V_n}{V_v} = \frac{p}{4,6 p_n}$$

$$\frac{V_n}{V_v} = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{4,6 \cdot 0,025 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \frac{10000000}{46 \cdot 25} = \frac{10000000}{1150} \approx 8600$$

ответ(2)

$$\begin{array}{r} 46 \\ \times 25 \\ \hline 230 \\ + 92 \\ \hline 1150 \\ 10000 \\ 5200 \\ \hline 8000 \end{array}$$

Ответ: 1) 0,000025
2) 8600.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

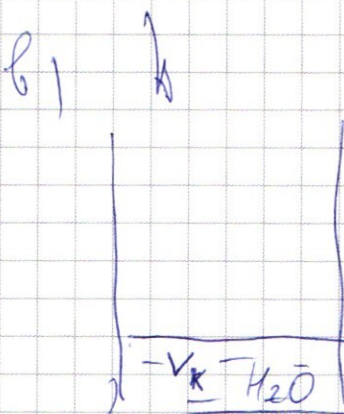
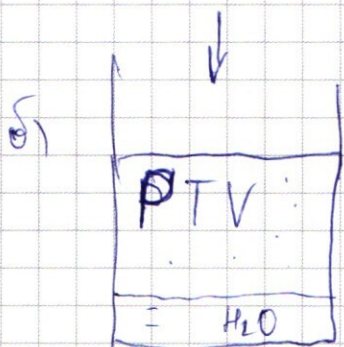
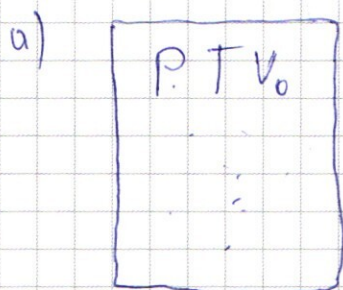
~5

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T = 27^\circ \text{C} = 27 + 273 = 300 \text{ K} = \text{const}$$

$$\varphi = 1 = 100\%$$

$$4) \frac{p_n}{p_b} = ?$$



$$P V_0 = \nu R T = \frac{m}{M} R T =$$

$$= \frac{P V_0}{M} R T$$

- только
для (а).

$$m = m_n = p_n V_0$$

$$P = \frac{p_n}{M} R T ; M_n = \text{const} = M_b = M_k$$

$$m_b = m_n = m = p_b V_k$$

$$p_n V_0 = p_b V_k$$

$$\frac{p_n}{p_b} = \frac{V_k}{V_0}$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$Q = A + \Delta U$$

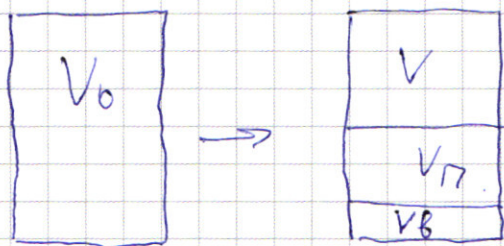
$$Q = c m \Delta T = 0$$

$$A = p_n \Delta V$$

$$\Delta U = \frac{6}{2} \nu R \Delta T = 3 p_n \Delta V$$

$$\frac{V_0}{V_B} = ? \quad \text{еще} \quad f = 5,6$$

$$5,6 V_0 = V_B$$



$$V = V_0 - V_0 - V_B =$$

$$V_B = 4,6 V_0 - V$$

$$V_B = 4,6 V_0 - V$$

$$PV_0 = \nu RT$$

$$V_0 = ?$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$PV = \nu RT$$

$$\frac{V_0}{V} =$$

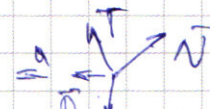
$$m = \rho_0 V_0$$

$$P 5,6 V = 5,6 \nu RT$$

$$\rho_0 V_0 = m = \rho_B V_B$$

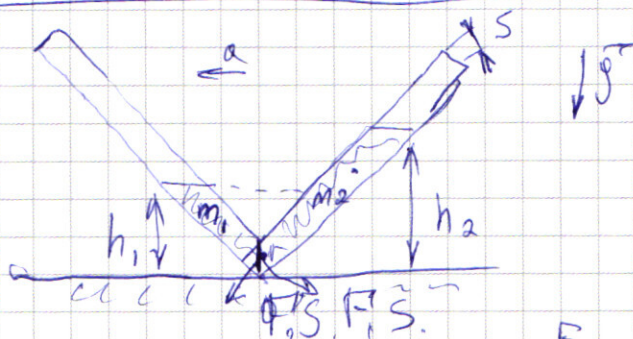
$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{\rho_0 V_0}{M}$$

$$m = \rho_0 V_0 + \rho_B V_B$$



$$T - N = R = ma$$

$$T - N = m \omega^2 r$$



$$m_1 \frac{h_1}{2} g$$

$$m_2 \frac{h_2}{2} g$$

$$P = \frac{F}{S}$$

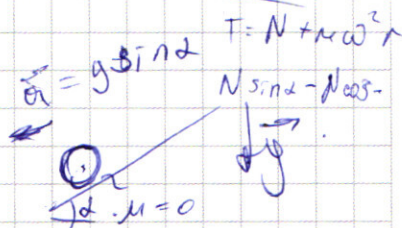
$$F_1 = F_2$$

$$P_0$$

$$F_0 = (m_2 - m_1) \frac{h_2 - h_1}{2} g = A$$

$$A = F$$

$$ma = m_2$$



$$T = N + m \omega^2 r$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1 $v_0 = 10 \text{ м/с}$ $\alpha = 30^\circ$

$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$
 $v_y = v_{0y} + gt = v_0 \sin \alpha + gt$
 $v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha + gt)^2 = 2v_0^2$

$A = F \cdot S =$
 $= 3m(\mu g + a)S =$
 $= 3m\mu g S + 3maS$

$\sqrt{\frac{16-3}{4}} \cdot 10 = 10 \sqrt{\frac{13}{4}} = 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13}$
 $S = \frac{a t^2}{2} \approx 2$

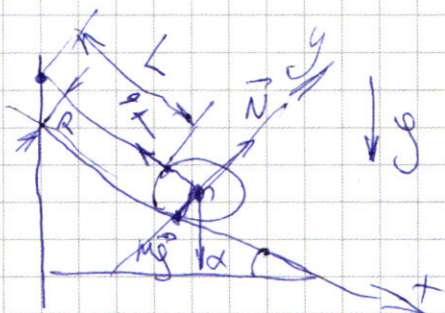
$A = F_0 v_0 t_0 = 3m\mu g S$
 $t_0 = \frac{A}{F_0 v_0}$
 $t < t_0$

$N = F \cdot v$
 $N' = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t}$ $P = N = 3m\mu g$ $F = 3m(\mu g + a)$

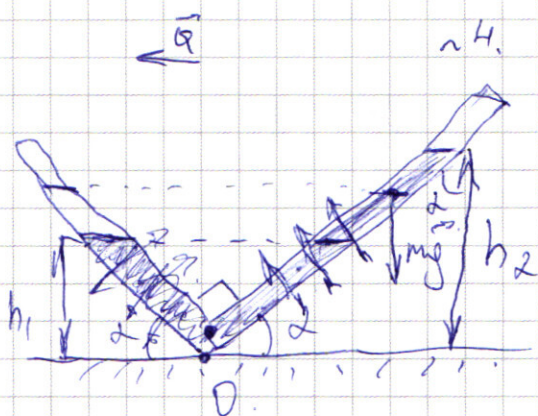
$A = F_0 \cdot S = F_0 v_0 t_0$
 $S' = S = \frac{v - v_0}{2} t$ $S = v_0 t_0$
 $A' = F \cdot S'$

$F - 3m\mu g = 3ma$
 $a = \frac{F - 3m\mu g}{3m}$
 $a = \frac{v - v_0}{t}$

~3.



~4. ?

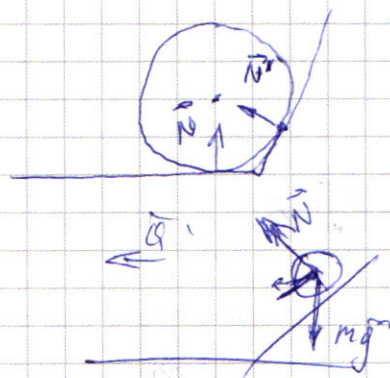
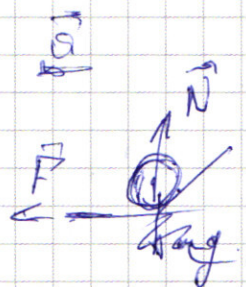
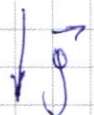


$$ma = F.$$

$$\alpha = 45^\circ$$

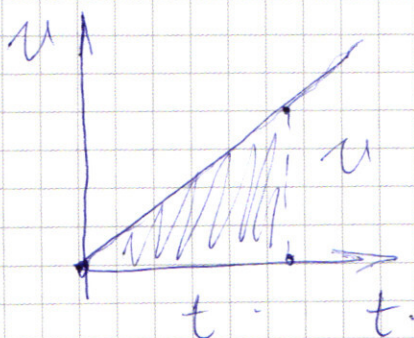
$$g = 4 \text{ m/s}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$



$$A = 3 \mu mg S = \text{const.}$$

$$F \cdot S = 3 \mu mg S = F_0 S$$



$$S = \frac{1}{2} u t = \frac{g t^2}{2}$$

$$S =$$