

Олимпиада «Физтех» по физике, (

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 $2,5V_0$.

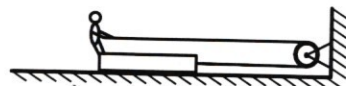
1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

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?

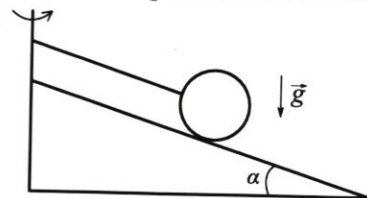
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

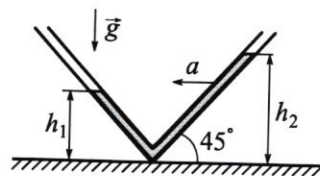


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.

Объем воды 0

$$\begin{aligned} \frac{m}{V} &= \rho \text{ const} \\ \frac{P}{\rho} &= \frac{P}{\rho} \text{ const} \\ \rho &= \text{const} \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1.

Дано: $V_0 = 8 \text{ м/с}$

$\alpha = 60^\circ$ $g = 10 \text{ м/с}^2$

$V_k = 2,5 V_0$

$y(t)$ убывает

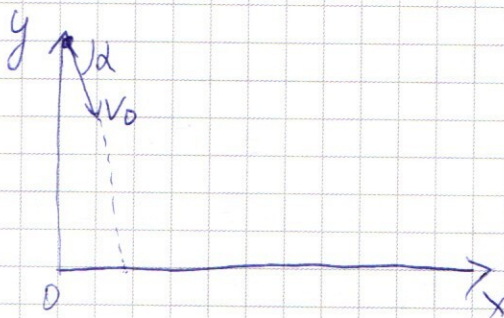
$V_{ky} - ?$

$t_n - ?$

$\Delta x - ?$

Здесь введены обозначения:

V_k - конечная скорость, $y(t)$ -
зависимость y -координаты от време-
ни, t_n - время падения, Δx -
смещение



Пусть h_0 - высота башни, $x_0 = 0$

Так как в любое время приближается, то
 $V_{0y} < 0$, вектор $\vec{V}_0$ направлен вниз.

Тогда тело движется по законам:

$$x(t) = V_0 t \cos \alpha$$

$$y(t) = h_0 - V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

$$\text{Ищем } y(t_n) = 0$$

$$0 = V_0 t_n \sin \alpha + \frac{gt_n^2}{2} - h_0$$

$$t_n = \frac{-V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh_0}}{g}$$

$$= \frac{-8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{8^2 \cdot \frac{3}{4} + 2 \cdot 10 \cdot h_0}}{10}$$

N2,

Дано: S ,

m ,

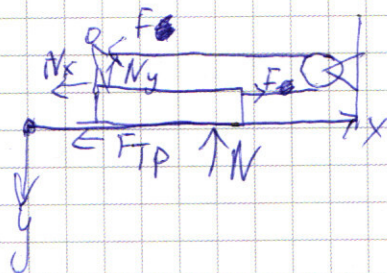
$M = 5m$,

N

$N - ?$

$F_0 - ?$

$V(F) - ?$



Введем систему координат как на рисунке. модуль обозначим N — сила реакции со стороны пола, N_x, N_y — модули сил реакции со стороны

бруса к человеку.

Запишем II з. Н. для бруса и человека, как и

если человек тянет с силой F

На ось x : человек $ma = F - N_x$ (1)

Брус $Ma = F + N_x - F_{TP}$ (2)

на ось y : $0 = mg - N_y$ человек (3)

на ось y : $0 = Mg + N_y - N$ брус (4)

из 3 и 4: $N = (m + M)g = 6mg$

из 1 и 2 $(m + M)a = 2F - F_{TP}$

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

Если сила F минимально, то ускорение близко к нулю, откуда $2F_0 = F_{TP}$
 $F_0 = 3\mu mg$

Для произвольной силы F $a = \frac{2F - F_{TP}}{m + M} = \frac{2F - 6\mu mg}{6m}$

имеем $S = \frac{at^2}{2}$, $v = at = \sqrt{2aS} = \sqrt{5 \cdot \frac{2F - 6\mu mg}{3m} S}$

Ответ: 1) $6mg$, 2) $3\mu mg$, 3) $\sqrt{5 \cdot \frac{2F - 6\mu mg}{3m} S}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$x'(t) = V_0 \cos \alpha$$

$$y'(t) = -V_0 \sin \alpha - g t$$

По условию $V_k = 2,5 V_0 = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + (V_0 \sin \alpha + g t_n)^2}$

$$\frac{25}{4} V_0^2 = V_0^2 \cos^2 \alpha + (V_0 \sin \alpha + g t_n)^2$$

$$t_n = \frac{\sqrt{V_0^2 \left(\frac{25}{4} - \cos^2 \alpha \right)} - V_0 \sin \alpha}{g} =$$

$$= \frac{\sqrt{8^2 \left(\frac{25}{4} - \frac{1}{4} \right)} - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} =$$

$$= \frac{4}{5} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ с} =$$

$$V_{ky} = -V_0 \sin \alpha - g t_n = -V_0 \sqrt{\frac{25}{4} - \cos^2 \alpha} = -8\sqrt{6} \text{ м/с} =$$

$$\Delta x = V_0 \cos \alpha t_n = \frac{V_0^2 \cos \alpha \sqrt{\frac{25}{4} - \cos^2 \alpha} - V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g} =$$

$$= \frac{8^2 \cdot \frac{1}{2} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) - 8^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = 3,2 \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ м}$$

Ответ: 2) $\frac{4}{5} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ с}$; 1) $8\sqrt{6} \text{ м/с}$, 3) $3,2 \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ м}$

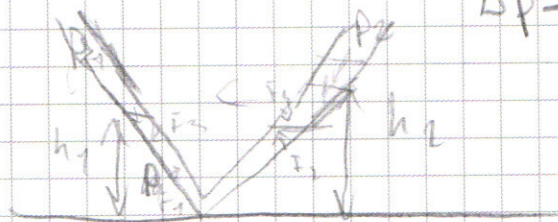
1.4.

разность потенциалов

$$\Delta p = \rho_{\text{ж}} g (h_2 - h_1)$$

P_{const}

P_{const}



m_m

a_1, a_2

с/с

ρ манометра

1. манометр

для манометра 3.11.

$$F_1 + F_2 - F_3 - F_4 - m_m g = 0$$

$$m_m a = (F_2 + F_3 - F_1 - F_4) \cos \alpha$$

$$F = F_2 + F_3 - F_1 - F_4 = 0$$

с/с

$$F_2 - F_4 = m_m g + (F_3 - F_1)$$

$$m_m \frac{h_2}{h_1 + h_2} a =$$

$$m_m a = (2(F_3 - F_1) + m_m g) \cos \alpha$$

$$\frac{m_m}{\cos \alpha} \frac{h_2}{h_1 + h_2} a = m_m a$$

F_3/F_1

$$\text{для второго манометра } m_m \frac{h_1}{h_1 + h_2} a = (F_3 - F_1) \cos \alpha$$

$$m_m a = \left(2 m_m \frac{h_1}{h_1 + h_2} a + m_m g \right) \cos \alpha$$

$$a = \frac{2 h_1}{h_1 + h_2} a + g \cos \alpha$$

$$a (h_2 - h_1) = g \cos \alpha$$

$$a = \frac{g \cos \alpha}{h_2 - h_1}$$

$$\frac{10 \cdot \sqrt{2}}{2} = 35.25$$

$$a (h_2 - h_1) = g \cos \alpha$$

$$a = \frac{g \cos \alpha}{h_2 - h_1} \quad h_1 + h_2 = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 5 \cdot \sqrt{2}$$

Если в ответе 0

AV-?

$a_0 =$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

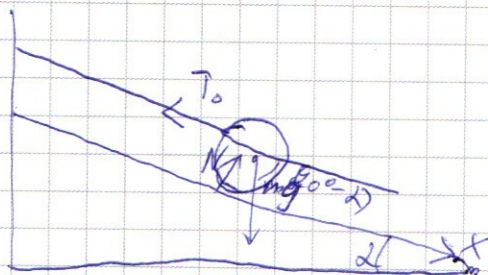
N 3.

Дано: m, R, α, L, ω

$T_0 = ?$

$T = ?$

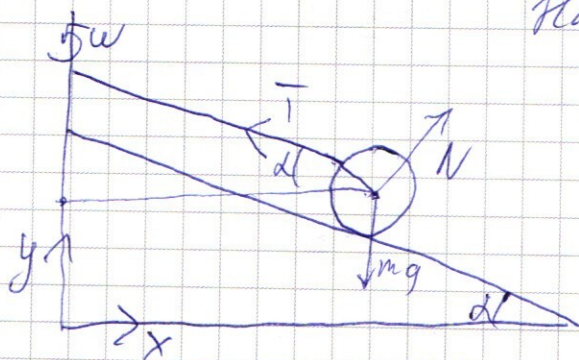
T_0 - сила натяжения в покое,
 T - при вращении ~~с~~ с угловой
скоростью ω .



Проецируя на ось x имеем: $mg \sin \alpha = T_0$
теперь рассмотрим вращающийся шар:

Направления оси как на рисунке
Шар вращается по окружности
радиуса $(L+R) \cos \alpha$

Запишем $\Sigma \tau$ в проекции
на ось



$$(1) \text{ ось } x: -m\omega^2 \overset{(L+R)\cos\alpha}{\underset{\uparrow}{r}} = N \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$\text{ось } y: 0 = T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg$$

$$(2) \quad mg = N \cos \alpha + T \sin \alpha$$

Данности 1 на $\cos \alpha$, 2 на $\sin \alpha$

$$-m\omega^2 R \cos \alpha = N \sin \alpha \cos \alpha - T \cos^2 \alpha$$

$$mg \sin \alpha = N \sin \alpha \cos \alpha + T \sin^2 \alpha$$

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

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

Problem: 1) $mg \sin \alpha$

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

NY.

Dano: α, h_1, h_2

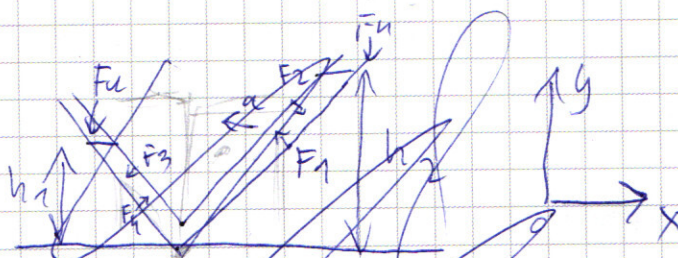
$h_1 = 8 \text{ cm}$

$h_2 = 12 \text{ cm}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

$\alpha = ?$

$V_{\text{min}} = ?$



Обозначим массу жидкости m , силы, действующие на жидкость со стороны трубки как показано на рисунке.

Закрепим II закон. Для жидкости в равновесии на оси:

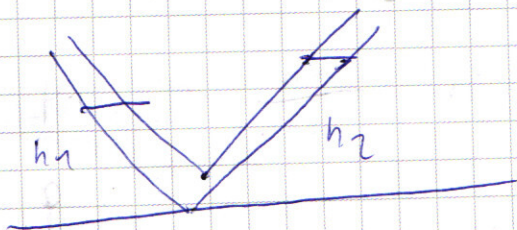
$$0_y: 0 = (F_4 + F_1 - F_3 - F_2) \sin \alpha + P_1 - P_2$$

$$0_x: +ma = (F_4 + F_2 - F_3 - F_1) \cos \alpha$$

Разделим жидкость на две части в месте сгиба. Масса левой части примерно равна

$$m_m \frac{h_1}{h_1 + h_2} \quad \text{правой} \quad m_m \frac{h_2}{h_1 + h_2}$$

Нам на массу действуют силы давления со стороны воздуха F_1, F_2



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

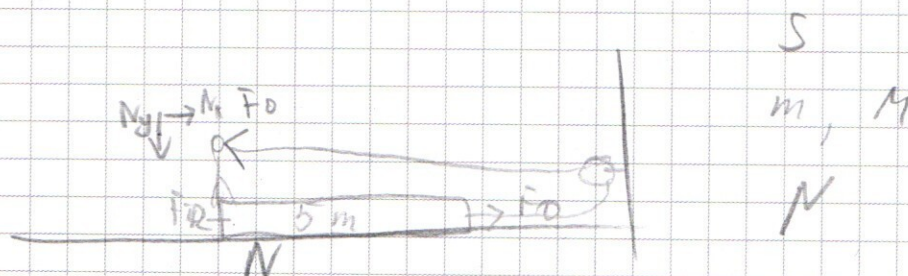
$$\begin{array}{r} 1.71 \\ \times 1.71 \\ \hline 1.71 \\ 1197 \\ \hline 29241 \end{array}$$

$$2\sqrt{6} - \sqrt{3}$$

$$x^2 + xy + y^2 < 3$$

$$y?$$

$$2x^2(x+y) + y^2$$



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

$$F_0?$$

Нелм!

$$F_0 = F_{TP} = 6\mu mg$$

N_x, N_y — давления человек на ящики

$$\text{II з. Н. для ящ. : } Ma = F_0 + N_x - F_{TP} \quad (\text{по } ax)$$

$$\text{для человека : } ma = F_0 - N_x$$

$$(m+M)a = 2F_0 - F_{TP}$$

$$\frac{F_{TP} + 6ma}{2} = F_0$$

$$2F_0 = 6\mu mg$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

$$0 = N_y + 5mg - N$$

$$N = N_y + 5mg = N_y + Mg$$

$$0 = mg - N_y$$

$$N = mg + Mg = 6mg$$

N5.

Дано: $t = 95^\circ\text{C}$

$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$

$\rho = 12 / \text{см}^3$

$N = 182 / \text{мин}$

$\gamma = 4,7$

$\frac{p_n}{p} = ?$

$\frac{V_n}{V_0} = ?$



Запишем уравнение для
капельного состояния:

$$pV = \gamma RT$$

$$T = t + 273 =$$

$$= 368^\circ\text{K}$$

$$\frac{p}{RT} = \frac{\gamma}{V}$$

$$\frac{pN}{\rho RT} = \frac{m}{\rho V} = \frac{p_n}{\rho}$$

Подставим и найдем $\frac{p_n}{\rho} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 182 / \text{мин}}{12 / \text{см}^3 \cdot 8,31 \cdot 368}$

$$= \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 182}{8,31 \cdot 368} \frac{\text{Па} \cdot \text{см}^3}{\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} =$$

$$= \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 182}{8,31 \cdot 368} \cdot 10^{-6} = \frac{8,5 \cdot 182}{8,31 \cdot 368} = 153 \approx 0,5 \cdot 10^4$$

Давление насыщенного пара при данной температуре постоянно, поэтому в процессе p и T постоянны, а γ убывает пропорционально V . Тогда в момент, когда объем пара уменьшится в γ раз, количество водяного пара станет $\frac{V_0}{\gamma}$ (V_0 - нач. кол-во),

а конденсированный пар - $V_0 - \frac{V_0}{\gamma} =$
 $= V_0 \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right)$

Объем конденсированного пар - $\frac{V_0}{\gamma} \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right)$, объем

пара $\frac{V_0}{\gamma} = \frac{V_0 RT}{p \gamma}$, отношение объемов $\frac{V_0 RT}{p \gamma} =$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \frac{pRT}{p \cdot \nu (2-1)} = \frac{12/\text{см}^3 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 368^\circ\text{К}}{8,5 \cdot 10^4 \text{Па} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 3,7}$$

$$= 10^2 \cdot \frac{8,31 \cdot 368}{8,5 \cdot 18 \cdot 3,7} \approx 5,6$$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 368 \\ \hline 6648 \\ 4986 \\ 2493 \\ \hline 305808 \end{array}$$

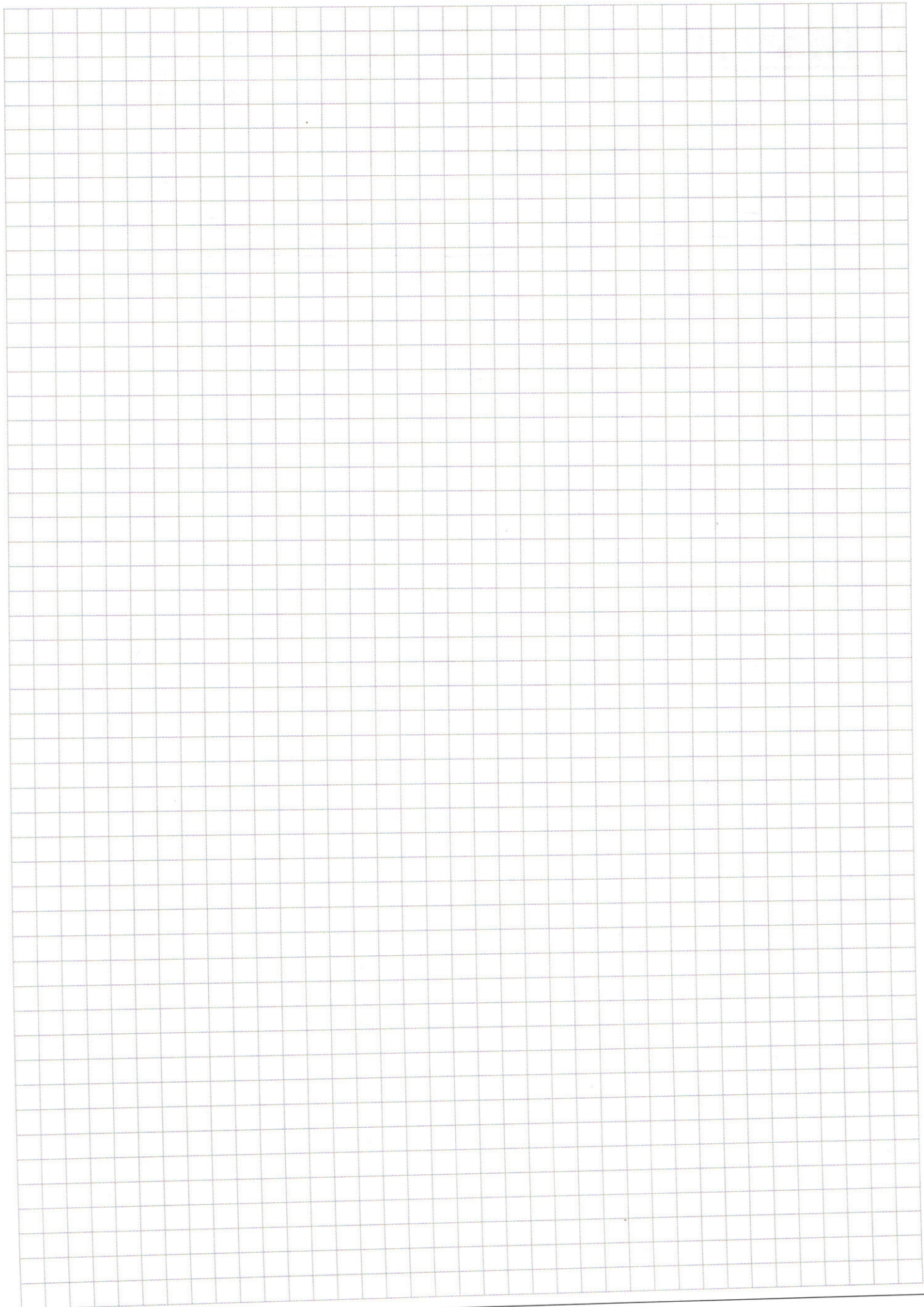
$$\begin{array}{r} \times 8,5 \\ \times 3,7 \\ \hline 595 \\ 235 \\ \hline 3145 \\ 18 \\ \hline 25160 \\ + 3145 \\ \hline 566,10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 305808 \\ \hline 566,10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 540 \\ 566 \\ \hline 3040 \\ 3240 \\ \hline 2700 \\ \hline 305440 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 153 \\ \hline 305808 \end{array}$$

Ответ: $1,5 \cdot 10^{-4}$; 1540.



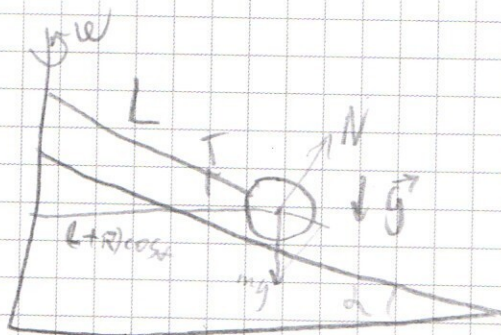
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Если сила равна F , то $a = \frac{2F - F_{ip}}{m + M} =$
 $= \frac{2F - 6mg}{6mg}$, $S = \frac{at^2}{2}$, $v = at =$
 $= \sqrt{2aS} =$

$$= \sqrt{S \cdot \frac{2F - 6mg}{3mg}}$$



m, R

Тогда $W = 0$

$$mg \cos \alpha = T$$

при вращении.

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

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

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

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

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

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

$$mg = T \sin \alpha + N \cos \alpha \quad | \cdot \sin \alpha$$

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

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

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$\rho_0 = 1$$

$$\frac{P_n}{P_0} = ?$$

$$\nu = 182 / \text{мкс}$$

$$\rho_2 = \rho = 12 / \text{см}^3$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{V_n}{V_h} = \gamma = 4,7$$

состояние газа const

А5.



$$PV = \text{const}$$

$$P = P_0$$

$$PV = \gamma RT$$

$$P_n = \frac{m_n}{V_n} = \frac{DM}{V_n} = \frac{PM}{\gamma RT}$$

$$P_n \text{ const} = ? \quad P \frac{DM}{V_n} = \gamma RT$$

пар в равновесии с водой

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{V_n}{V_0} = \gamma V_0 \quad V_0 = ?$$

$P = \text{const}$
(конденсация)
изотермический процесс?

$$\Delta Q = RT = \Delta PV$$

изотерма

$$\text{энергия} \quad \overset{\text{const}}{\downarrow} \quad \frac{m_1 V^2}{2} + \frac{m_2 V^2}{2} + m g (h_2 - h_1)$$

$$\frac{m_1 V^2}{2} + m g (h_2 - h_1) = \frac{m_2 V_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{V^2}{2} = \frac{V_{\text{max}}^2}{2} + g (h_2 - h_1)$$

$$V = \sqrt{V_{\text{max}}^2 + 2g(h_2 - h_1)} - V$$