

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Класс 10

Вариант 10-02

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?

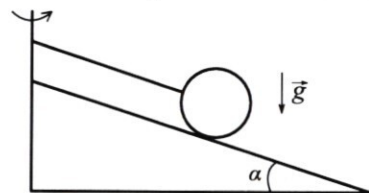
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

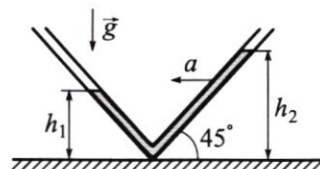


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.



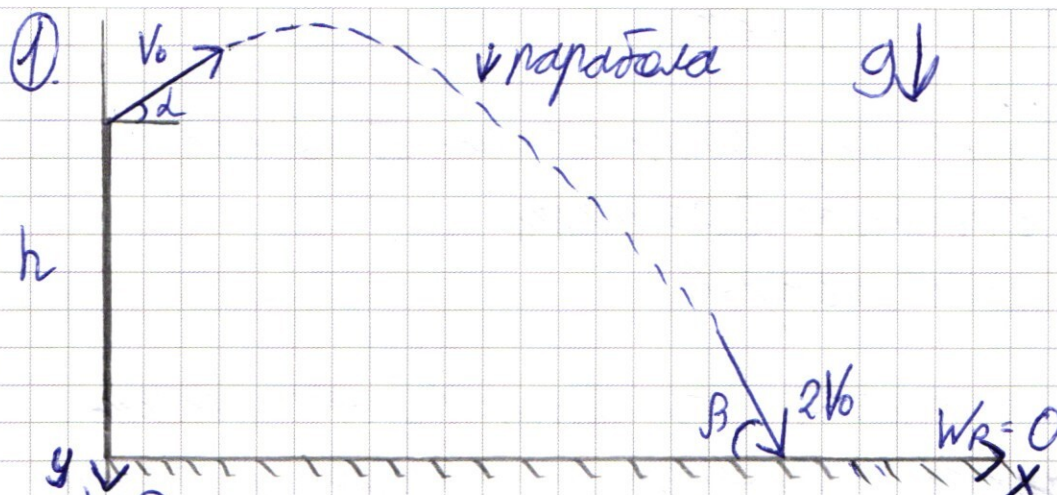
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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



3) ЗСЭ для точки

$$\frac{mV_0^2}{2} + mgh = \frac{m4V_0^2}{2}$$

$$V_0^2 + 2gh = 4V_0^2$$

$$2gh = 3V_0^2$$

$$h = \frac{3V_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100}{20} = 15 \text{ метров}$$

1) По оси x никакие силы не действуют, поэтому проекция скорости на ось x не изменяется.

$$V_0 \cos \alpha = 2V_0 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$V_y = 2V_0 \cdot \sin \beta = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

2) В проекции на ось y

$$V_y = V_{0y} + g t_{\text{полета}}$$

$$2V_0 \sin \beta = -V_0 \sin \alpha + g t_n$$

$$g t_n = 2V_0 \sin \beta + V_0 \sin \alpha$$

$$t_n = \frac{2V_0 \sin \beta + V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{5\sqrt{3} + 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} = \frac{5(\sqrt{3} + 1)}{10} = \frac{\sqrt{3} + 1}{2}$$

$$\approx \frac{3.5 + 1}{2} = \frac{4.5}{2} = 2.25 \text{ секунды.}$$

Ответ: 1) V_y при падении на землю = $5\sqrt{3}$ м/с
 2) t падения ≈ 2.25 секунды
 3) $h = 15$ метров.

2) 1) по вертикальной оси действуют только силы тяжести человека и ящика, поэтому
 $P = (m + M)g = 3mg$.

2) Между человеком и ящиком действует некая сила трения $F_{тр}$.

Второй закон Ньютона для человека:

$$F_0 - F_{тр} = ma$$

Для ящика:

$$F_0 - F_{тр} + F_{тр}' = 2ma$$

Если $a = 0$, то

$$F_0 - 3mg + F_0 = 0$$

$$2F_0 = 3mg$$

$$F_0 = \frac{3mg}{2}$$

$$3) F - F_0 = 3ma$$

$$a = \frac{F - F_0}{3m}$$

$$S = \frac{at^2}{2} = \frac{(F - F_0)t^2}{6m}$$

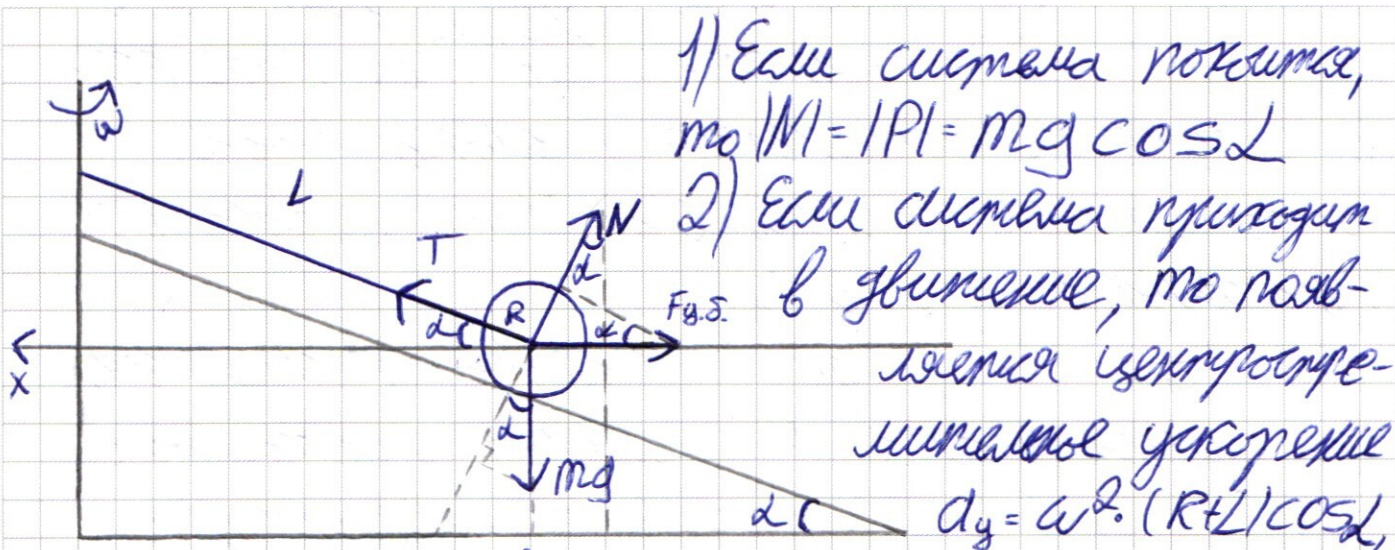
$$t^2 = \frac{6mS}{F - F_0} = \frac{6mS}{F - \frac{3mg}{2}}$$

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

Ответы обведены в рамочки.

3) Дано: m, R
 L, ω, α .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Перейдём в С. О шара. Эта С. О неинерциальная, поэтому появляется сила инерции или центробежная сила $= m \omega^2 (R+L) \cos \alpha$.

$$N + F_{\text{ц.с.}} \cdot \sin \alpha = mg \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha - F_{\text{ц.с.}} \sin \alpha = mg \cos \alpha - m \omega^2 (R+L) \cos \alpha = m \cos \alpha \cdot (g - \omega^2 (R+L)). \quad (g > \omega^2 (R+L)).$$

Ответ: 1) $|N| = |P| = mg \cos \alpha$

2) $|N| = |P| = m \cos \alpha \cdot (g - \omega^2 (R+L)).$

5.

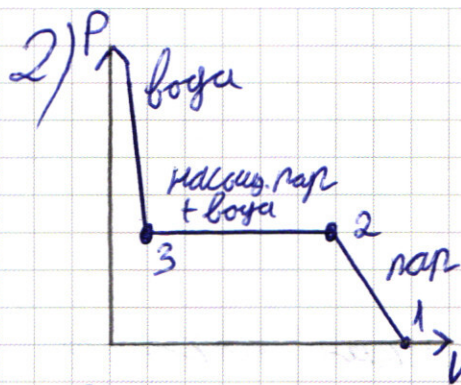
$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$
$T = 300 \text{ К} = \text{const}$
пар

$$M_{\text{вод}} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$\rho_{\text{вод}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$1) \rho_{\text{пара}} = \frac{PM}{RT} = \frac{3550 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = \frac{63,9}{2493} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_{\text{пара}}}{\rho_{\text{вод}}} = \frac{63,9}{2493} : 1000 = \frac{63,9}{2493000} \approx 25 \cdot 10^{-6}$$



Изначально мы находимся в т.2, имея насыщенный пар. Тогда согласно графику давление пара будет сох- (неизменный) раняться до тех пор, пока

в сосуде не останется только вода. Тогда ур-ние Менделеева-Клапейрона для изобарной ситуации:

$PV = \frac{m_p}{M_p} \cdot R T$, где R - газовая постоянная, m_p - масса пара, M - молярная масса воды, P, V, T - давление, объём, температура. К моменту, когда объём увеличился в 4 раз:

$P \cdot \frac{V}{4} = \frac{m_p - m_{\text{сконденсировавшейся воды}}}{M_p} R T$, где $m_{\text{сконденсировавшейся воды}}$ - масса сконденсировавшейся воды.

Разделив второе ур-ние на первое, получим:

$$\frac{1}{4} = \frac{m_p - m_{\text{сконденсировавшейся воды}}}{m_p}$$

$$m_p = 5,6 (m_p - m_{\text{сконденсировавшейся воды}})$$

$$m_{\text{сконденсировавшейся воды}} = 4,6 m_p$$

$$\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{вода}}} = \frac{m_{\text{пара}}}{m_{\text{вода}}} \cdot \frac{\rho_{\text{вода}}}{\rho_{\text{пара}}} = \frac{m_p \cdot \rho_{\text{вода}}}{\rho_p \cdot 4,6 m_p} = \frac{\rho_{\text{вода}}}{4,6 \rho_p}$$

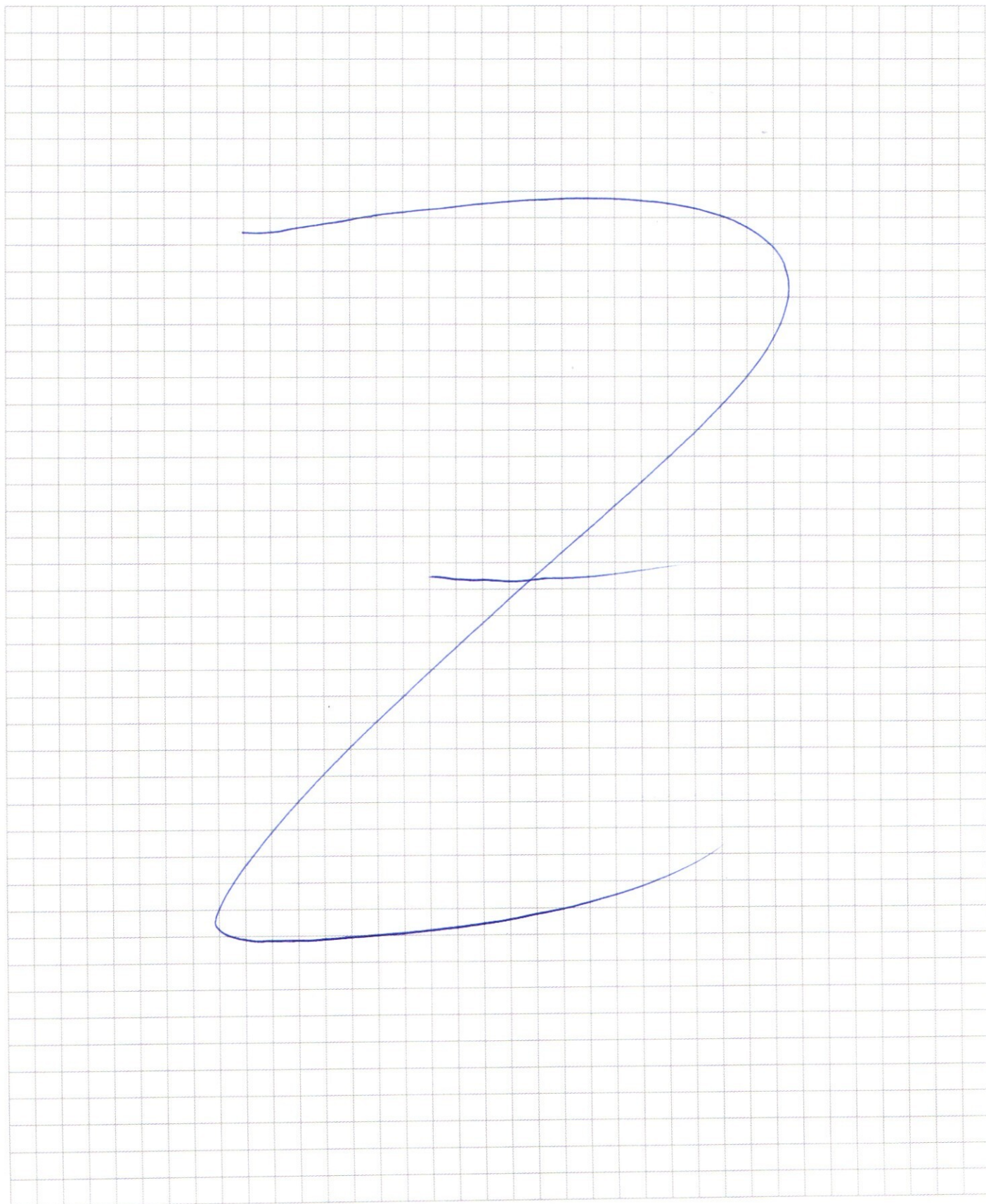
$$= \left(\frac{1000}{1,5} \right) \cdot \frac{1}{4,6} \cdot \frac{1}{\rho_p / \rho_{\text{вода}}} = \frac{1}{4,6} \cdot \frac{1}{25 \cdot 10^{-6}} =$$

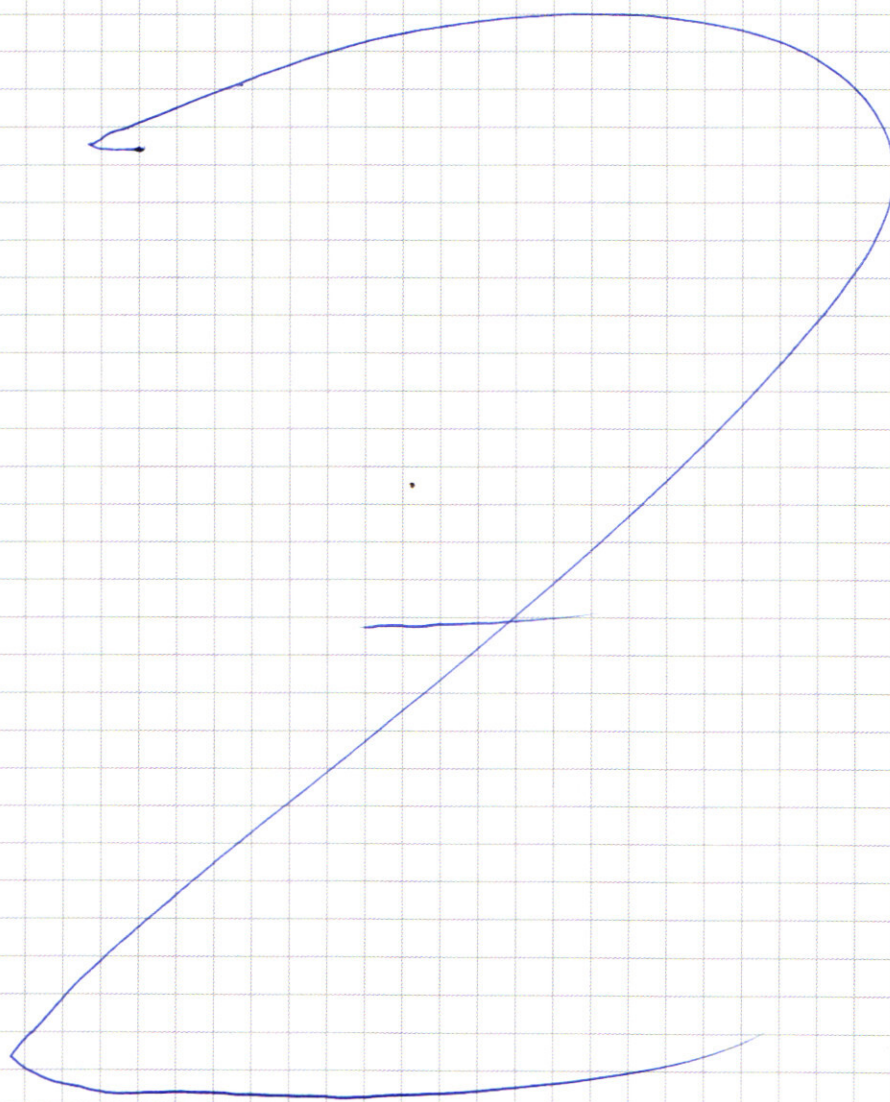
$$= \frac{10^6}{11,5} \approx 8695$$

Ответ: 1) $25 \cdot 10^{-6}$. 2) 8695 раз



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$PV = \frac{M_n}{M_b} \cdot RT$$

$$P \cdot \frac{V}{5,6} = \frac{M_n - M_b}{M_b} RT$$

$$\frac{P}{P} \cdot \frac{V}{5,6V} = \frac{(M_n - M_b)}{M_b} \cdot \frac{M_b}{M_n} \cdot \frac{R}{R} \cdot \frac{T}{T}$$

$$\frac{1}{5,6} = \frac{M_n - M_b}{M_n}$$

$$M_n = 5,6(M_n - M_b)$$

$$\begin{array}{r} 4,6 \\ 2,5 \\ \hline 230 \\ 92 \\ \hline 1450 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 1000000 & 11,5 \\ \hline 920 & 8695 \\ \hline 800 & \\ 690 & \\ \hline 1100 & \\ 1035 & \\ \hline 650 & \\ 575 & \\ \hline 75 & \end{array}$$

$$\frac{96}{92} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{92}{96} = 3$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3,55 \cdot 10^3 \cdot V = \rho \cdot R \cdot 300$$

$$\rho = \frac{3550}{300 R} V$$

$$Q = \frac{P M_n}{RT}$$

$$P \cdot V = \frac{M}{M_n} RT = \rho RT$$

$$\left(P \cdot \left(V - \frac{M_b}{Q} \right) - \frac{(M - M_b) RT}{M_n} \right)$$

$$P \cdot \left(V - \frac{\rho_b \cdot M_b}{Q} \right) = (\rho - \rho_b) RT$$

$$P \cdot \left(\frac{\rho RT}{P} - \frac{\rho_b M_b}{Q} \right) = \rho RT - \rho_b RT$$

$$\rho RT - \frac{P \rho_b M_b}{Q} = \rho RT - \rho_b RT$$

$$\frac{P \rho_b M_b}{Q} = \rho_b RT$$

$$PV = \frac{M}{M_n} RT$$

$$P \cdot \frac{V}{5,6} = \frac{M_n - M_b}{M_n} RT$$

$$V_b = \frac{M_b}{Q_b}$$

$$V = \frac{V}{5,6} + V_b$$

$$V_b = \frac{5,6 V}{5,6} - \frac{V}{5,6} = \frac{4,6 V}{5,6}$$

③

$N = mg \cos \alpha$
 $\cos(90 - \alpha) = \sin \alpha$
 $T \cos \alpha - N \sin \alpha = \omega^2 L \cos \alpha$
 $N \sin \alpha = T \cos \alpha - \omega^2 L \cos \alpha$
 $N = \frac{T \cos \alpha - \omega^2 L \cos \alpha}{\sin \alpha} = (T - \omega^2 L) \cdot \cot \alpha$

④

$\omega = \frac{2\pi}{T}$
 $v = \frac{2\pi R}{T} = \omega R$
 $a = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$

⑤

$PV = \nu RT$
 $\rho = \frac{PM}{RT}$
 $\nu = \frac{V \rho}{M}$
 $\frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0 V_0}{M}$
 $PV = \nu RT$
 $P \cdot (V - \frac{\nu M}{\rho}) = (\nu - \nu_0) RT$
 $PV = \nu RT$
 $P = \frac{\rho RT}{M}$
 $\rho = \frac{PM}{RT}$

Calculations:
 $\frac{3.55}{1.8} = 1.972$
 $2840 + 355 = 3195$
 $3195 \cdot 2 = 6390$
 $6390 + 831 = 7221$
 $7221 - 2493 = 4728$
 $\frac{63900}{24930} = 2.56$
 $\frac{49860}{140400} = 0.355$
 $\frac{140400}{3580} = 392$

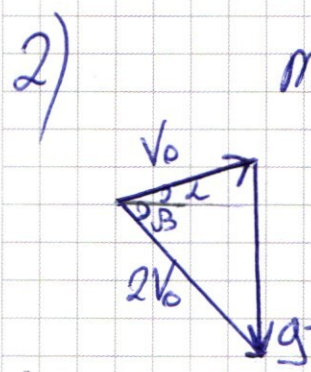
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①. 

$g \downarrow$ 3) $mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m4v_0^2}{2}$

$2gh = 3v_0^2$

$h = \frac{3v_0^2}{2g}$

2) 

м. Косинусов.

$g^2 t^2 = v_0^2 + 4v_0^2 - 2v_0 \cdot 2v_0 \cdot \cos(\alpha + \beta)$

$g^2 t^2 = 5v_0^2 - 4v_0^2 \cos(\alpha + \beta)$

$t = \frac{5v_0^2 - 4v_0^2 \cos(\alpha + \beta)}{g^2}$

$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$

$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$

$V_y = 2v_0 \sin \beta = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$

или $gt = v_0 \sin \alpha + 2v_0 \sin \beta$

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

$V_y = v_0 \sin \alpha + gt$

$t = \frac{V_y - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 5}{10} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ сек.}$

② 1) $N = (m + M)g = 3mg$

2) $F_0 = 3mg$

$F - F_0 = 3ma$

$a = \frac{F - F_0}{3m}$

$F_{\text{уп}} = ma$

$T - F_{\text{уп}} + F_{\text{уп}}' = 2ma$

$T - F_{\text{уп}} + T - ma = 2ma$

$2T - F_{\text{уп}} = 3ma$

