

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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 $2,5V_0$.

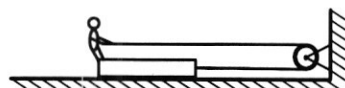
1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

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?

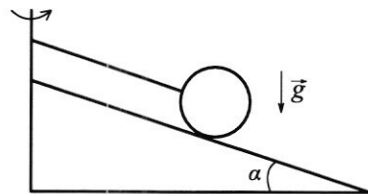
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

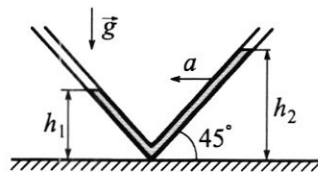


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.

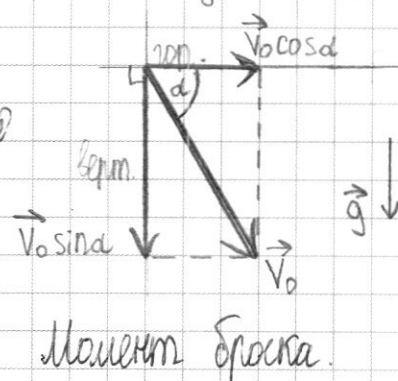
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание 1. В условии сказано, что камень всё время приближался к гор. поверхности Земли $\Rightarrow$ бросить его под углом α к горизонту вверх не можем $\Rightarrow$ бросим вниз. Покажу на рисунке скорости камня в момент броска и в момент падения на Землю, а также их горизонтальные и вертикальные компоненты.

В процессе падения на камень действует только ускорение свободного падения $\vec{g} \Rightarrow$ гор. сост. скорости не изменится, а к вертикальной прибавится $\vec{g}t$, где t — время полёта камня. В проекциях:



$$(V_0 \sin \alpha + gt)^2 + (V_0 \cos \alpha)^2 = (2.5 V_0)^2$$

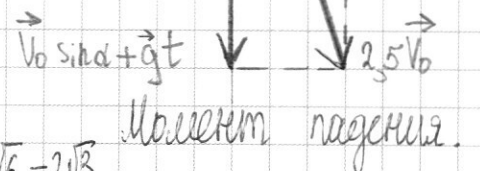
$$V_0^2 \sin^2 \alpha + 2V_0 g t \sin \alpha + g^2 t^2 + V_0^2 \cos^2 \alpha = 6.25 V_0^2$$

Нам дано, что $V_0 = 8 \text{ м/с}$, $\alpha = 60^\circ$, $g = 10 \text{ м/с}^2 \Rightarrow$

$$8^2 \cdot (\sqrt{3}/2)^2 + 2 \cdot 8 \cdot 10 \cdot t \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 10^2 t^2 + 8^2 \cdot 0.5^2 = 6.25 \cdot 8^2$$

$$48 + 80\sqrt{3}t + 100t^2 + 16 = 400$$

$$100t^2 + 80\sqrt{3}t - 336 = 0; \quad 25t^2 + 20\sqrt{3}t - 84 = 0$$



$$D_1 = (20\sqrt{3})^2 + 25 \cdot 84 = 300 + 2100 = 2400 = (20\sqrt{6})^2$$

$$t = \frac{-20\sqrt{3} \pm 20\sqrt{6}}{25}$$

$$t > 0 \Rightarrow t = \frac{20\sqrt{6} - 20\sqrt{3}}{25} = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} \text{ с}$$

Момент падения.

Верт. компонента скорости при падении: $8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 10 \cdot \left(\frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} \right) = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$

Гориз. смещение: $V_0 \cos \alpha t = 4 \cdot \left(\frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} \right)$

Принимая $\sqrt{3} \approx 1.73$ и $\sqrt{6} \approx 2.45$, считаем значения.

Ответ: 1) 19.6 м/с ; 2) 1.268 с ; 3) 5.072 м .

Задание 3. Пусть система покажется. Схематически и расставим силы, действующие на шар ($\vec{N}$ — сила реакции опоры, в данном случае — ~~поверхности~~ клина).

Шар покоится $\Rightarrow$ векторная сумма сил, приложенных ~~к шару~~ ^{по} оси Ox , равна нулю.

В проекциях на данную ось: $T_0 - mg \sin \alpha = 0$

откуда $T_0 = mg \sin \alpha$ — сила натяжения нити, когда система покоится.

Теперь система вращается с угловой скоростью ω .

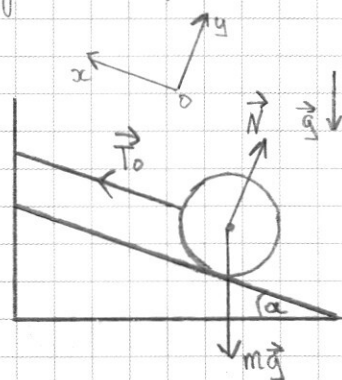
Шарик должен иметь ускорение $a = \omega^2 R_{вр}$.

Шарик не отрываясь от клина $\Rightarrow R_{вр} = (L + R) \cos \alpha$ — это потому, ведь расстояние от точки крепления нити к оси вращения до центра шарика равно $L + R$, и нить наклонена.

При вращении ^{системы} нить всё также должна удерживать шар с силой $mg \sin \alpha$ плюс придавать ему ускорение $\omega^2 R_{вр}$.

откуда $T = T_0 + m \omega^2 R_{вр} = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L + R) \cos \alpha$

ответ: 1) $mg \sin \alpha$; 2) $mg \sin \alpha + m \omega^2 (L + R) \cos \alpha$

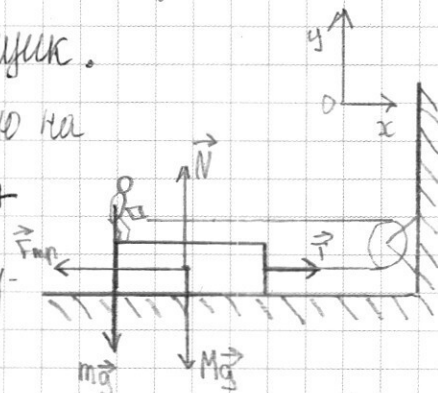


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание 2. Человек касается только каната и ящика.

Покажу на рисунке силы, действующие на ящик.

Заметим, что из сил, имеющих ненулевую проекцию на Ox , на человека действует лишь сила тяжести + какая-либо сила реакции ящика $\Rightarrow$ человек действует на ящик своей полной силой тяжести mg .



Вертикально ящик не движется $\Rightarrow$ сумма проекций сил на Oy равна 0.

$N - mg - Mg = 0$; $N = mg + Mg = mg + 5mg = 6mg$. С такой ~~силе~~ силой пол действует на ящик (как шестовик, а на человека). Но по третьему закону Ньютона с такой же силой ящик с человеком давит на пол и $F_{\text{дав}} = 6mg$.

Сила натяжения нити $\vec{T}$ — это как раз та сила, которую создаёт человек, когда тянёт канат. Ящик начнёт движение, если сумма проекций сил на Ox станет больше нуля, т.е.

$$T - F_{\text{тр}} > 0. \quad F_{\text{тр}} = \mu N = \mu F_{\text{дав}} = 6\mu mg \Rightarrow T - 6\mu mg > 0$$

$$T > 6\mu mg. \quad \text{Т.е. есть } F_0 = 6\mu mg.$$

Если человек приложит к канату силу F ($F > F_0$), то часть (равная $6\mu mg$) от F пойдёт на преодоление силы трения и только $F - 6\mu mg$ на создание ускорения, равного (по 2 зак. Ньютона) $\frac{F - 6\mu mg}{6m} = a$

$$S = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a}, \quad v_0 = 0 \text{ м/с} \Rightarrow S = \frac{v_k^2}{2a}, \quad v_k = \sqrt{2aS} = \sqrt{\frac{F - 6\mu mg}{3m} \cdot S}$$

$$\text{ответ: 1) } 6mg; \quad 2) 6\mu mg; \quad 3) \sqrt{\left(\frac{F}{3m} - 2\mu g\right)S}$$

Задание 5.

Дано:

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

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\rho_v = 12/\text{м}^3$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль}$$

$$\gamma = 4,7$$

$$\rho_n / \rho_v = ?$$

$$V_n / V_v = ?$$

СИ

$$368 \text{ К}$$

$$1000 \text{ г/м}^3$$

$$0,018 \text{ г/моль}$$

Решение:

В начальный момент времени для данных в условии P и t справедливо уравнение Менделеева-Клапейрона: $PV = \frac{m_p}{\mu} RT$ или

$$P = \frac{\rho_n}{\mu} RT, \text{ откуда } \rho_n = \frac{P\mu}{RT}$$

Молярные массы воды и водяного пара совпадают.

$$\rho_n / \rho_v = \frac{P\mu}{RT\rho_v} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} \approx 0,0005$$

Пусть начальный объем сосуда (и пара) — V .

Тогда масса содержащегося пара равна $\rho_n V$. Она не должна изменяться. Также не меняется ρ_n , т.к. пар насыщен, а $T = \text{const}$.

Полный объем ~~пара~~ ^{пара} γ его масса: $\rho_n \cdot \gamma$

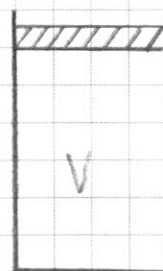
Масса образовавшейся воды равна $\rho_v V_v$.

$$\text{Имеем: } \rho_n V = \rho_n \cdot \gamma + \rho_v V_v \quad V_v = \frac{\rho_n V - \rho_n \gamma}{\rho_v}$$

$$\frac{V}{\gamma} = V_n \quad V_n / V_v = \frac{V}{\gamma} = \frac{\rho_n V - \rho_n \gamma}{\rho_v} = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{\rho_v}{\rho_n - \frac{\rho_n}{\gamma}}$$

$$V_n / V_v = \frac{\rho_v}{\rho_n \gamma - \rho_n} = \frac{\rho_v}{\rho_n (\gamma - 1)} = \frac{1}{0,0005 \cdot (4,7 - 1)} = \frac{2000}{3,7} \approx 545,5$$

ответ: 1) $5 \cdot 10^{-4}$, 2) 545,5.



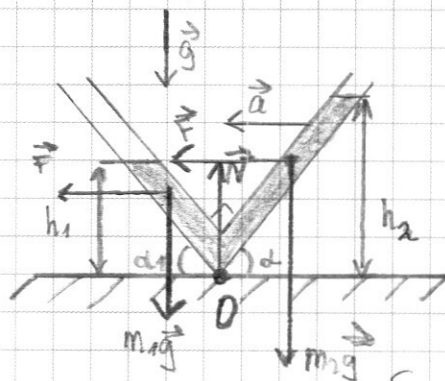
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание 4. Трубка стоит „равно“, т.к. угол $\alpha_1 = \alpha = 45^\circ \Rightarrow$
можно найти высоту столба жидкости в трубке при отсутствии уско-
рения. Логично, что она равна $h_3 = \frac{h_1 + h_2}{2}$

В условии дано: $h_1 = 8 \text{ см}$, $h_2 = 12 \text{ см}$, $g = 10 \text{ м/с}^2$

$h_1 = 0.08 \text{ м}$, $h_2 = 0.12 \text{ м}$.

$a = ?$ $v = ?$



З-м левую „половинку“ водн. масса.

Её масса равна $\rho \cdot S \cdot h_1 \cdot \cos \alpha = m_1 g$ S — площадь поп. сечения трубки.

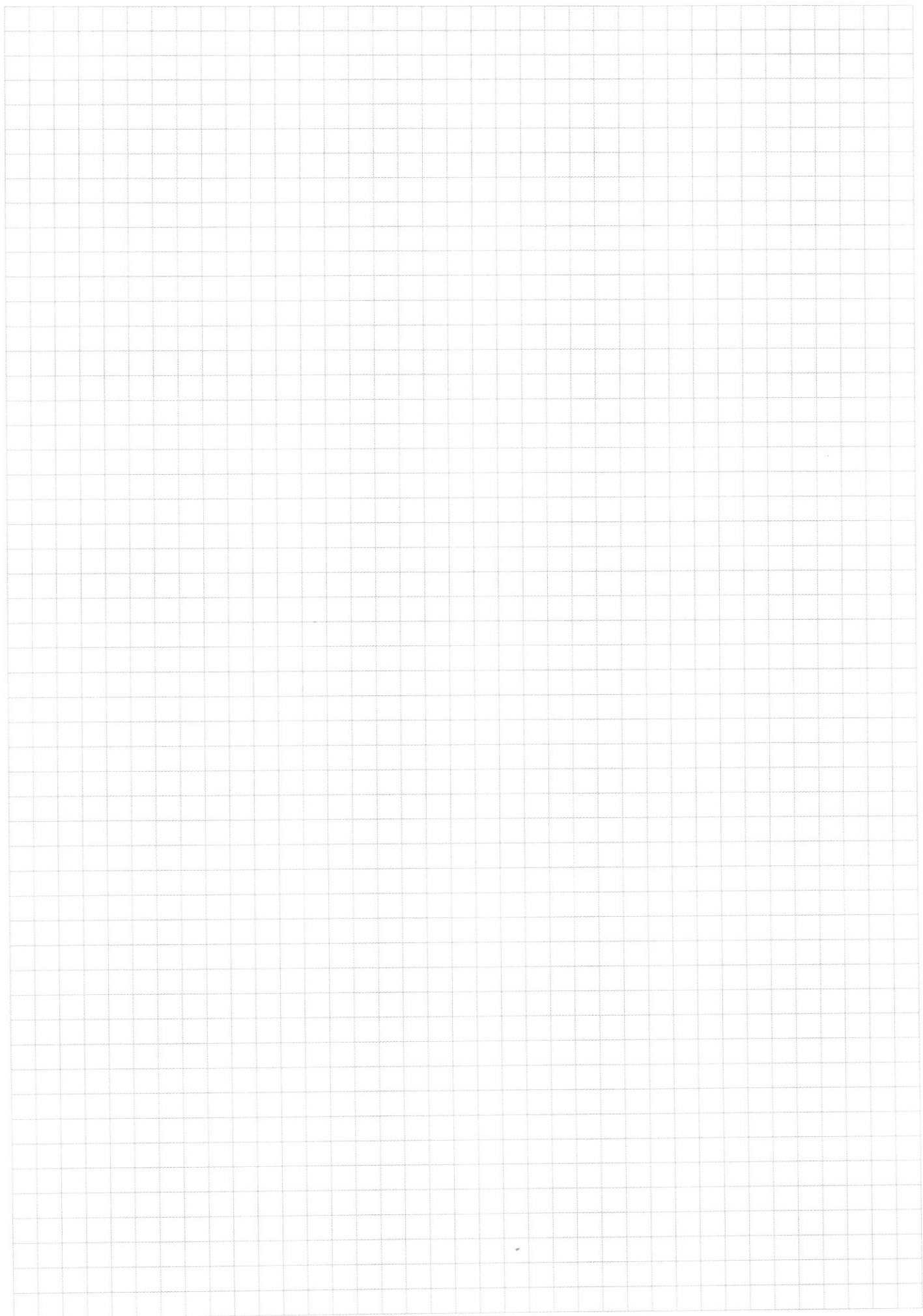
Для правой половины масса $\rho \cdot S \cdot h_2 \cdot \cos \alpha = m_2$

Применим средние силы тяжести к центрам „половинок“.

Запишем равенство моментов сил относительно т.О (трубка не вращается):

$$m_1 g \cdot h_1 / 2 + F h_1 / 2 - m_2 g h_2 / 2 + F h_2 / 2 = 0$$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2}, \text{ или выразить}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{P_1 V}{\gamma_1} \approx \frac{V \left(P_1 - \frac{P_2}{\gamma_1} \right)}{P_2}$$

$$95 + 273 = 373 - 5 = 368$$

$$\frac{P_2}{\gamma_1} \approx \frac{P_2 - \frac{P_2}{\gamma_1}}{P_2} = \frac{P_2 P_2}{\gamma_1 \left(P_1 - \frac{P_2}{\gamma_1} \right)} = \frac{P_2}{\gamma_1 \left(1 - \frac{1}{\gamma_1} \right)} = \frac{P_2}{\gamma_1 - 1} = \frac{P_2}{\gamma_1}$$

$$\frac{85 \cdot 10^4 \cdot 0.018}{831 \cdot 368 \cdot 1000} = \frac{85 \cdot 0.018}{831 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 18}{8310 \cdot 368}$$

$$\begin{array}{r} 1530 \\ \hline 3060080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 831 \\ 3680 \\ \hline 6848 \\ 4986 \\ 2493 \\ \hline 3050080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 831 \\ 3680 \\ \hline 6848 \\ 4986 \\ 2493 \\ \hline 3060080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 85 \\ 18 \\ \hline 680 \\ 85 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1530 \\ \hline 3058080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 3680 \\ 831 \\ \hline 368 \\ 1104 \\ 2944 \\ \hline 3058080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 368 \\ 8310 \\ \hline 368 \\ 1104 \\ 2944 \\ \hline 3058080 \end{array}$$

$$453 \overline{) 305808}$$

$$\begin{array}{r} 1530000 \\ - 1529040 \\ \hline 95960 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 305808 \\ \hline 1529040 \end{array}$$

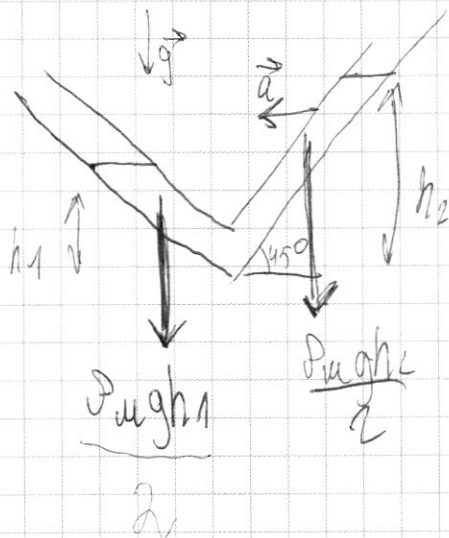
$$\begin{array}{r} + 305808 \\ 5 \\ \hline 1529040 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 305808 \overline{) 152904} \\ 10 \\ \hline 20 \\ 10 \\ \hline 05 \\ 18 \\ \hline 18 \\ 0 \\ \hline 08 \\ 0 \end{array}$$

$$\frac{1}{0.0005} = \frac{10000}{5} = 2000$$

$$\begin{array}{r}
 20000 \overline{) 37} \\
 \underline{-185} \\
 150 \\
 \underline{-148} \\
 200 \\
 \underline{-185}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 37 \overline{) 545} \\
 \underline{381} \\
 163 \\
 \underline{163} \\
 0
 \end{array}$$



первое знач. — 10 см.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$100t^2 + 80\sqrt{3}t - 336 = 0 \quad ; \quad 25t^2 + 20\sqrt{3}t - 84 = 0$$

$$t = \frac{-10\sqrt{3} \pm 10\sqrt{24}}{25} = \frac{10\sqrt{24} - 10\sqrt{3}}{25} = \frac{20\sqrt{6} - 10\sqrt{3}}{25} = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5}$$

$$64 \cdot 6 + 16 = 400? \quad 16 \cdot 25 = 400? \quad \text{yes}$$

$\sqrt{3} \approx 1.73$

$$4.904 = 38.2 = 19.6$$

$$1.73 \cdot 4 = 6.92 + 0.12 = 6.92$$

$$6.92 + 12.68$$

$$16 + (4\sqrt{3} + t)^2 = 400$$

$$16 + 48 + 80\sqrt{3}t + 100t^2 = 400$$

$$100t^2 + 80\sqrt{3}t = 400 - 64$$

$$D_1 = 300 + 25 \cdot 84 = 300 + 2100 = 2400$$

$$\sqrt{2400} = 48.989 \approx 49$$

$$\frac{406 - 205}{5}$$

$$\sqrt{3} \approx 1,732 \quad \sqrt{6} \approx 2,45$$

$$\begin{array}{r} \times 2,45 \\ 4 \\ \hline 9,80 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,73 \\ 2 \\ \hline 3,46 \end{array}$$

$$\frac{4 \cdot 2,45 - 2 \cdot 1,73}{5} = \frac{9,8 - 3,46}{5} = \frac{6,34}{5} = 1,268$$

$$\begin{array}{r} \times 1,268 \\ 4 \\ \hline 5,072 \end{array}$$

$$= 4,8 + 0,068 \cdot 4 = 4,8 + 0,272 = 5,072$$

$$240 : 5 = 48 \text{ м/сек}$$

$$\begin{array}{r} 9,80 \\ - 3,46 \\ \hline 6,34 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6,34 \cdot 5 \\ - 3,17 \\ \hline 1,268 \end{array}$$

$$19,6^2 + 4^2 = 10^2$$

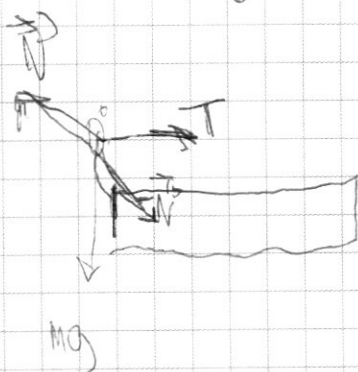
$$\begin{array}{r} \sqrt{19,6} \\ 9,8 \\ \hline 1176 \\ 1764 \\ \hline 196 \\ \hline 38416 \end{array}$$

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

$$v^2 = \omega^2 R^2$$

$$v = \omega R = 1$$

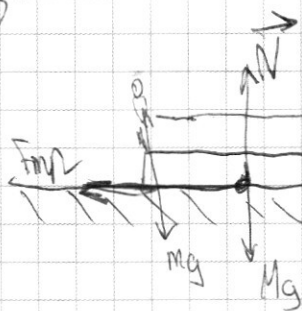
$$\omega R = 1 \text{ рад/сек} \cdot \text{сек}$$



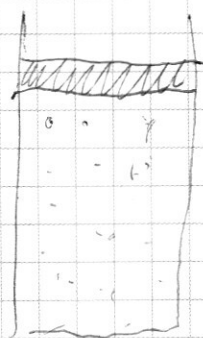
Норм

$$P_2 V$$

$$\frac{P_2 V}{4,7} + m g$$



$$R_{\text{кр}} = (L + R) \cos \alpha$$



$$P V = \frac{m h T}{M} \quad P = \frac{P R T}{M}$$

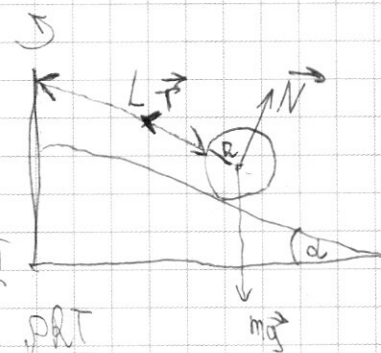
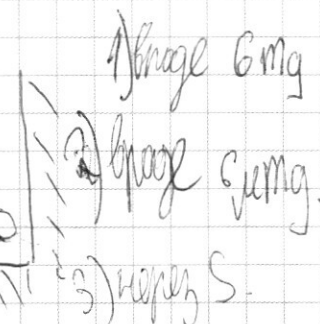
$$P M = P R T$$

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

$$P = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{8,31 \cdot 368}$$

$$V \quad \frac{V}{4,7} \Rightarrow \text{рад}$$

$$m_6 = P_2 V - \frac{P_2 V}{4,7} = V (P_2 - \frac{P_2}{4,7})$$



$$N = m g \cos \alpha$$

$$9,8 + 2,73 = 3,68$$

$$\frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368}$$

$$V_6 = \frac{V (P_2 - \frac{P_2}{4,7})}{P_6}$$