

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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?

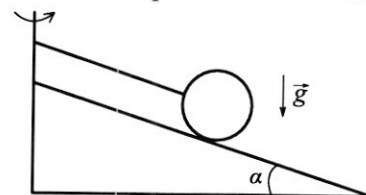
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

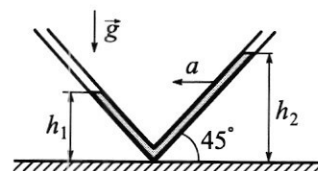


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

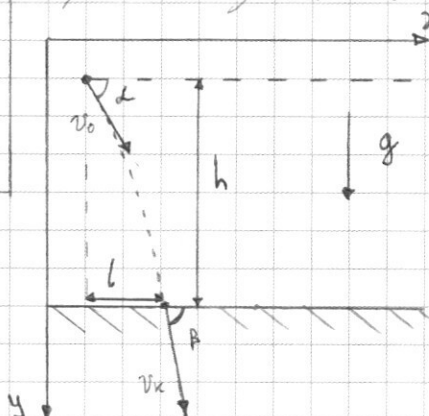
$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\angle = 60^\circ$$

v_k - скорость при ударе о землю -
 $= 2,5 v_0$

Решение:

Т.к. камень всё время приближается к земле, его вертикальная скорость направлена вниз. Т.к. в противном случае он бы какое-то время отдался.



Разложим v_0 и v_k по осям x и y :

$$v_0^2 = v_{0x}^2 + v_{0y}^2$$

$$v_k^2 = v_{kx}^2 + v_{ky}^2$$

$\Leftrightarrow$

$$v_k = 2,5 v_0 - \text{из условия}$$

$$v_{kx} = v_{0x} - \text{т.к. горизонтального ускорения нет.}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} v_k^2 = 6,25 v_0^2 \\ v_{0x}^2 + v_{ky}^2 = 6,25 (v_{0x}^2 + v_{0y}^2) \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow v_{ky} = \sqrt{6,25 v_{0y}^2 + 5,25 v_{0x}^2}$$

$$\text{Т.к. } \angle = 60^\circ: \begin{cases} v_{0x}^2 = (v_0 \cdot \cos \angle)^2 = 64 \cdot \frac{1}{4} = 16 \text{ м}^2/\text{с}^2 = 4 \text{ м}^2/\text{с}^2 \\ v_{0y}^2 = (v_0 \cdot \sin \angle)^2 = 64 \cdot \frac{3}{4} = 48 \text{ м}^2/\text{с}^2 \approx 6,9^2 \text{ м}^2/\text{с}^2 \end{cases}$$

$$\text{Значит } v_{ky} = \sqrt{6,25 \cdot 48 + 5,25 \cdot 16} = \sqrt{25 \cdot 12 + 21 \cdot 4} = \sqrt{384} \text{ м/с} \approx 19,5 \text{ м/с}$$

По оси y камень движется равноускоренно, отсюда:

$$v_{0y} + gt = v_{ky} \Leftrightarrow t = \frac{v_{ky} - v_{0y}}{g} = \frac{\sqrt{384} - \sqrt{48}}{10} \approx 1,26 \text{ с.}$$

По горизонтали камень двигался равномерно:

$$l = v_{0x} \cdot t \approx 5 \text{ м}$$

Ответ: вертикальная компонента скорости при ударе 19,5 м/с, время полёта - 1,26 с, горизонтальное смещение 5 м.

Задача 2. Решение:

$$m = m$$

$$M = 5m$$

$$S = S$$

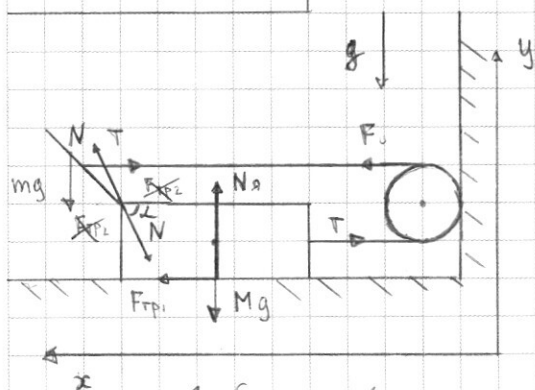
$$\mu = \mu$$

По **II** закону Ньютона ускорение системы равно частному суммы ^{внешних} сил на массу системы.

Напишем II закон Ньютона для системы ящик и человек по оси x . Внешние силы: mg , Mg , T , $F_{тр1}$. N_x ~~$F_{тр2}$~~ - внутр. силы системы.

$$x: (M+m) \cdot 0 = -Mg - mg + N_x \Leftrightarrow N_x = Mg + mg$$

По **III** закону Ньютона на пол действует сила реакции со стороны системы равная по модулю N_x .



Чтобы сдвинуть ящик, нужно преодолеть силу трения между ним и полом, равную $N_x \cdot \mu = F_{тр1}$. По **III** закону Ньютона $F_0 = T$.

~~$$F_{тр1} = T + N_x \cdot \mu - F_{тр2}$$~~

$$F_{тр1} - T - N_x = 0 \text{ - для ящика по } x \quad F_{тр1} = 2N_x = 2T = 2F_0 \Leftrightarrow$$

$$N_x - T = 0 \text{ - для человека по } x \quad \Leftrightarrow F_0 = \frac{F_{тр1}}{2} = \frac{\mu \cdot (M+m)g}{2}$$

$$-mg + N_y = 0 \text{ - для человека по } y$$

Напишем II закон Ньютона для $F > F_0$:

$$(m+M)a = -2T + F_{тр1} = -2F + 2F_0 = +2(F - F_0)$$

Т.к. начальная скорость ящика - 0, легко посчитать скорость через формулу пути без времени:

$$S = \frac{v_k^2}{2a} \Leftrightarrow v_k = \sqrt{2Sa} = \sqrt{\frac{2 \cdot S \cdot 2(F - F_0)}{M+m}} = 2 \sqrt{\frac{S(F - F_0)}{M+m}}$$

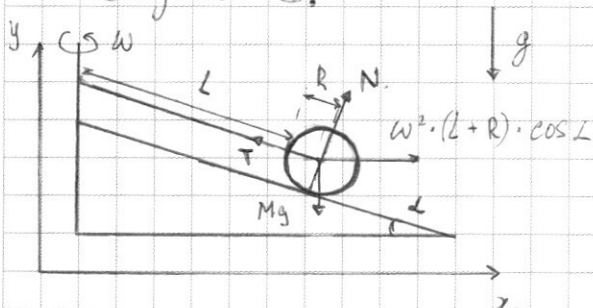
Ответ: ящик с человеком двоят на пол с силой $(M+m)g$,

человек должен тянуть канат с силой $F_0 = \frac{\mu \cdot (M+m)g}{2}$, при

силе $F > F_0$ ящик приобретает скорость ~~при~~ приобретает скорость $v_k = 2 \cdot \sqrt{\frac{S(F - F_0)}{M+m}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3.



Решение:

$w = 0$; Напишем II закон Ньютона:

$$\begin{cases} x: 0 = N \cdot \sin \alpha - T \cdot \cos \alpha \\ y: 0 = N \cdot \cos \alpha - Mg + T \sin \alpha \end{cases}$$

$$T = N \cdot \tan \alpha$$

$$N = \frac{Mg}{\cos \alpha} + T \cdot \tan \alpha$$

$$\Leftrightarrow T = Mg \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \alpha}$$

$$T \cdot (1 + \tan^2 \alpha) = Mg \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \alpha} =$$

$$= Mg \cdot \sin \alpha$$

$$w \neq 0: \begin{cases} -T \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha + w^2(L+R) \cdot \cos \alpha = 0 : x \\ -Mg + T \cdot \sin \alpha + N \cdot \cos \alpha = 0 : y \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = N \cdot \tan \alpha + w^2(L+R) \\ N = \frac{Mg}{\cos \alpha} - T \cdot \tan \alpha \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow T \cdot (1 + \tan^2 \alpha) = Mg \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \alpha} + w^2(L+R) =$$

$$= Mg \cdot \sin \alpha + \frac{w^2(L+R)}{1 + \tan^2 \alpha}$$

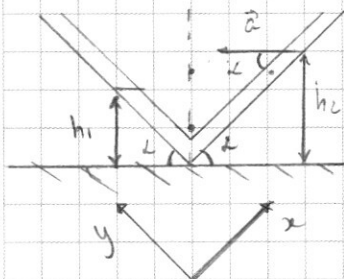
Ответ: когда $w = 0$ $T = Mg \cdot \sin \alpha$, когда $w \neq 0$ $T = Mg \cdot \sin \alpha + \frac{w^2(L+R)}{1 + \tan^2 \alpha}$

Задача 4.

$$\angle = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$



Решение: т.к. установилось равновесие, силы, с которыми действуют столбы жидкости в левом и правом коленях равны.

m_1 - масса ^{масла} в левом колене - $= \rho_m \cdot g \cdot$

$\frac{h_1}{\sin \angle} \cdot S$ - площадь боковой сосуда.

$$m_2 = \rho_m \cdot g \cdot \frac{h_2}{\sin \angle} \cdot S$$

$$\frac{m_1 \cdot g \cdot \cos \angle + m_1 \cdot a \cdot \cos \angle}{S} = p_1$$

$$\frac{m_2 \cdot g \cdot \cos \angle - m_2 \cdot a \cdot \cos \angle}{S} = p_2$$

$$p_1 = p_2$$

давления столбов в нижней точке сосуда

и

$$(m_2 - m_1)g = (m_2 + m_1)a \Leftrightarrow a = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} \right) g = \frac{\rho_m \cdot g \cdot \frac{h_2 - h_1}{\sin \angle} \cdot S}{\rho_m \cdot g \cdot \frac{h_2 + h_1}{\sin \angle} \cdot S} \cdot g = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} g =$$

$$= \frac{4}{20} \cdot 10 = 2 \text{ м/с}^2$$

Максимальная скорость достигается, когда потенциальная энергия минимальна. Она минимальна, когда уровни жидкости в коленях равны. Это видно из формулы координаты центра масс.

Жидкость разгоняется за счёт разности сил тяжести слева и справа. Значит, когда они станут равны, скорость будет максимальной. (После равенства уровней равнодействующая поменяет знак и жидкость замедлится)

В случае равенства уровней центр масс находится на высоте

$$\left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \cdot \frac{V}{5m} \text{ В начальном положении его можно представить: } h_{cm} = \frac{4m \cdot \frac{h_1 + h_2}{2} + m \cdot \frac{h_1 + h_2}{2}}{5m} = 0,3 h_1 + h_2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

из ЗСЭ:

$$5m \cdot 0,3(h_1 + h_2) = \frac{mv^2}{2} + 5m \cdot 0,25(h_1 + h_2) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 60 - 50 = v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{10} \text{ м/с}$$

Ответ: ускорение сосуда $a = 2 \text{ м/с}^2$, максимальная скорость жидкости $\sqrt{10} \text{ м/с}$.

Задача 5

2) Предположим, что объём воды пренебрежимо мал.

Тогда: $P_1 = P_{\text{возд}} + P_{\text{н}20}$, $P_2 = P_{\text{возд}} \cdot j + P'_{\text{н}20}$

$T = \text{const}$, пар в обоих случаях насыщенный.

$$P_1 = P_2 \Leftrightarrow (j-1)P_{\text{возд}} = P_{\text{н}20} - P'_{\text{н}20} = \eta_1 \cdot RT - \eta_2 \cdot RT \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow P_{\text{возд}} = \frac{(\eta_1 - \eta_2)RT}{j-1}$$

$$P_1 = \frac{(\eta_1 - \eta_2)RT}{j-1} + \eta_1 RT = P_2 = \frac{(\eta_1 - \eta_2)RTj}{j-1} + \eta_2 RT \Leftrightarrow$$

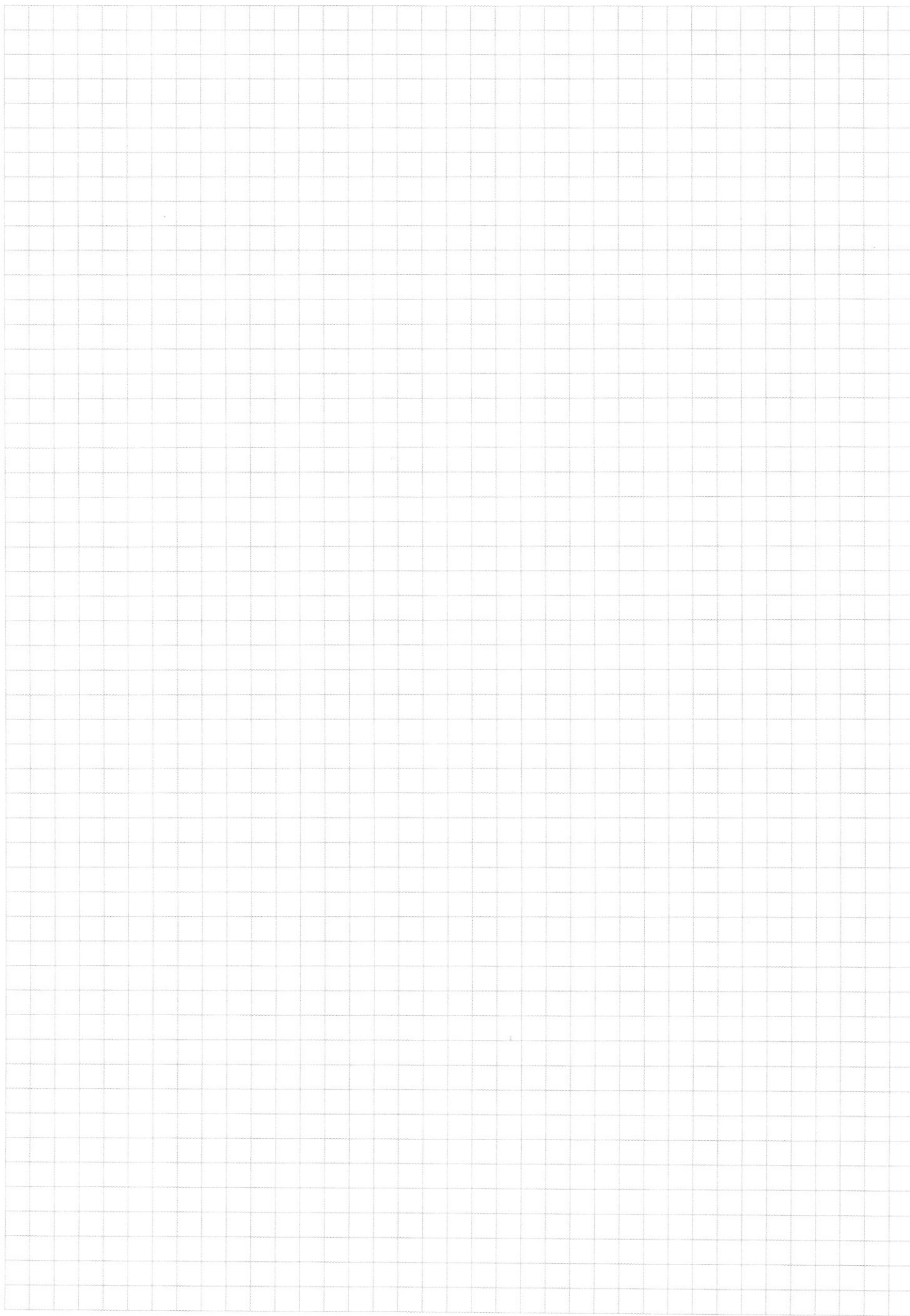
$$\Leftrightarrow \cancel{\eta_1 - \eta_2} + \eta_1 j - \eta_2 j = \cancel{\eta_1 - \eta_2} + \eta_1 j - \eta_2 j$$

$$\cancel{j\eta_1 - j\eta_2 + j\eta_2 - \eta_2} \quad \text{Пусть}$$

$$1) \quad PV = \eta RT = \frac{\rho_{\text{н}} V}{\mu} RT \Leftrightarrow \rho_{\text{н}} = \frac{P \cdot \mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^{-4} \cdot 18}{1000 \cdot 8,31 \cdot (95 + 273)} \approx 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{\rho_{\text{н}}}{\rho} = \frac{0,5}{1000} = 5 \cdot 10^{-4}$$

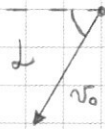
Ответ: отношение плотности пара к плотности воды $5 \cdot 10^{-4}$.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



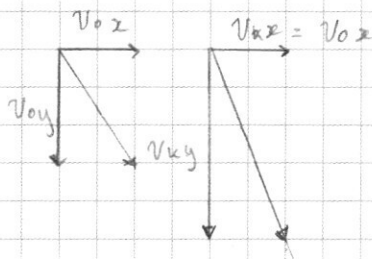
Т.к. камень все время падает верт.
состав. v_0 напр. вниз.

$$\text{По ЗСЭ: } mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_k^2}{2} \Leftrightarrow h_0 = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2g}$$

Т.к. ускорения по оси x нет:

$$\begin{aligned} v_0^2 &= v_0^2 \sin^2 \alpha + v_0^2 \cos^2 \alpha & (v_0^2 \sin^2 \alpha + v_0^2 \cos^2 \alpha) \cdot 6,25 = \\ v_k^2 &= v_0^2 \sin^2 \alpha + (v_0 \cos^2 \alpha + gt)^2 \Leftrightarrow & = v_0^2 \sin^2 \alpha + g^2 t^2 + 2v_0 \cos^2 \alpha gt + \\ v_0^2 &= \frac{v_k^2}{2,5^2} & + v_0^2 \cos^2 \alpha \end{aligned}$$

$$5,25 \cdot (v_0^2 \sin^2 \alpha + v_0^2 \cos^2 \alpha) = g^2 t^2 + 2gt \cdot v_0 \cos^2 \alpha$$



$$\begin{aligned} v_0 &= \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} \\ v_k &= \sqrt{v_{0x}^2 + v_{ky}^2} \\ v_k &= 2,5 v_0 \end{aligned}$$

$$6,25 (v_0^2 x + v_0^2 y) =$$

$$= v_0^2 x + v_k^2 y \Leftrightarrow$$

$$t = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2g} =$$

$$= \frac{384 - 48}{20} =$$

$$\Leftrightarrow v_k^2 y = 5,25 v_0^2 x + 6,25 v_0^2 y$$

$$6,25 = \frac{6 \cdot 4 + 1}{4} = \frac{25}{4}$$

$$25 \cdot 12 = 300$$

$$\frac{5,25 \cdot 64}{20} = \frac{320 + 16}{20} = \frac{336}{20}$$

$$5,25 = \frac{5 \cdot 4 + 1}{4} = \frac{21}{4}$$

$$21 \cdot 4 = 84$$

$$18^2 = 180 + 144$$

$$19^2 = 180 + 151 = 361$$

$v_0^2 =$

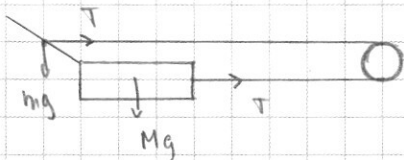
$$\begin{array}{r} 84 \\ \times 2 \\ \hline 168 \\ 168 \\ \hline 336 \\ 1755 \\ \hline 195 \\ \hline 38025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 6,5 \\ \hline 13 \\ 390 \\ \hline 4225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 6,7 \\ \hline 28 \\ 402 \\ \hline 4458 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ \times 6,8 \\ \hline 54 \\ 544 \\ \hline 544 \\ 408 \\ \hline 24 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ \times 6,9 \\ \hline 55 \\ 621 \\ \hline 621 \\ 421 \\ \hline 421 \end{array}$$



$$N_2 \rightarrow m a_x$$

$$8.5 \cdot 18 = 17 \cdot 9 = \frac{1530}{368}$$

$$\begin{array}{r} 1530 \\ - 1168 \\ \hline 362 \end{array} \quad \begin{array}{r} 368 \\ 4, 11 \\ \hline 420 \end{array}$$

$$4m = \frac{h_1 + h_2}{4} + 2m \cdot \frac{h_1 + h_2}{2}$$

$$5m$$

$$4488$$

$$1200 + 240 + 48$$

$$\frac{6}{5}$$

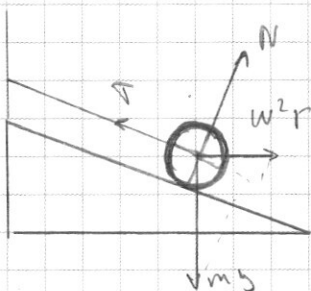
$$\frac{h_1 + h_2}{4} \cdot 4m + \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot m$$

$$\frac{1,5 h_1 + h_2}{5} = 0,3 h_1 + h_2$$

$$0,25 h_1 + h_2$$

$$T = mg \cdot \sin \alpha$$

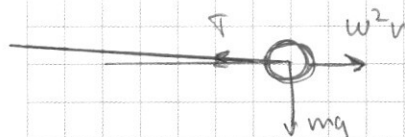
$$N = mg \cdot \cos \alpha \quad 100 + 268 \quad 368$$



$$N = 0$$

$$mg = T \sin \alpha \quad \omega^2 r = T \cos \alpha$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha (1 + g^2)} = \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = \sin \alpha$$



$$PV = \eta RT = \text{const}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$PV = \eta RT = \frac{P \cdot V}{M}$$

$$mg =$$



$$\frac{1}{5} m_2 g = \frac{5}{3} m_2 a$$

$$a = \frac{1}{5} g$$

$$P_1 = P_2 = \rho g h_1 + \frac{m_2 a \cdot \cos 45^\circ}{5} = \rho g h_2 - m_2$$

$$S - \rho g h_1 + \frac{\rho g h_1 \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha} = \rho g h_2 - \frac{\rho g h_1 \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

$$3 \rho g h_1 = \rho g h_2$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

