

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-01

Класс 10

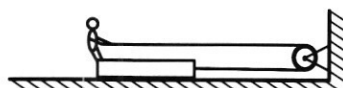
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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.

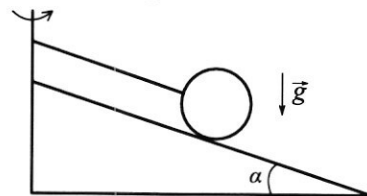
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

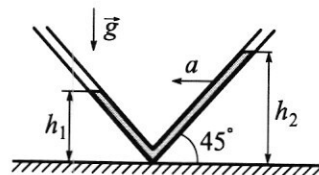
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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

Решение

Дано:

$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

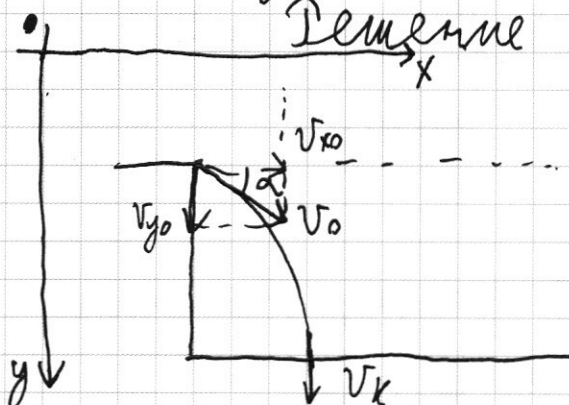
$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_k = 2,5 V_0$$

$$V_{yk} = ?$$

$$t = ?$$

$$S_x = ?$$



Камень всё время приближается к горизонтальной поверхности Земли $\Rightarrow V_y > 0$ в любой момент времени $\Rightarrow$ камень был брошен вниз $V_{y0} > 0$

$$\frac{V_{x0}}{V_0} = \cos \alpha \quad V_{x0} = V_0 \cdot \cos \alpha = 8 \text{ м/с} \cdot \cos 60^\circ = 4 \text{ м/с}.$$

↑ в начале ↑ в конце.

трения нет $\Rightarrow V_x = \text{const} \quad V_{x0} = V_{xk} = 4 \text{ м/с}.$

По теореме Пифагора $V_k^2 = V_{xk}^2 + V_{yk}^2$

$$V_{yk} = \sqrt{V_{k}^2 - V_{xk}^2} = \sqrt{(2,5 V_0)^2 - V_{xk}^2} = \sqrt{400 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 16 \text{ м}^2/\text{с}^2} = \sqrt{384 \text{ м}^2/\text{с}^2}$$

$\sqrt{6} \approx 1,41, 1,73$

$$= 2 \sqrt{96} \text{ м/с} = 4 \sqrt{24} \text{ м/с} = 8 \sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,5 \text{ м/с}.$$

↑ t - время всего полёта

$$oy: V_{yk} = V_{y0} + a_y \cdot t \quad a_y = g \quad V_{y0} = \sin \alpha V_0 = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3} \text{ м/с}.$$

$$V_{yk} = V_{y0} + g \cdot t \quad t = \frac{(V_{yk} - V_{y0})}{g} = \frac{(8\sqrt{6} \text{ м/с} - 4\sqrt{3} \text{ м/с})}{10 \text{ м/с}^2} =$$

$$= \frac{4\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1) \text{ с}}{10} \quad \sqrt{2} \approx 1,41, \sqrt{3} \approx 1,73 \quad 10 \text{ м/с}^2$$

$$t = 0,4 \cdot 1,73 (2 \cdot 1,41 - 1) \text{ с} = 1,82 \cdot 0,692 \text{ с} \approx 1,26 \text{ с}$$

$$ox: S_x = V_x t = 4 \text{ м/с} \cdot 1,26 \text{ с} = 5,04 \text{ м}. \quad \text{Ответ: } V_{yk} = 19,5 \text{ м/с} \quad t = 1,26 \text{ с} \quad S_x = 5,04 \text{ м}$$

Задача 2

Дано:

m

$M = 5m$

M

S

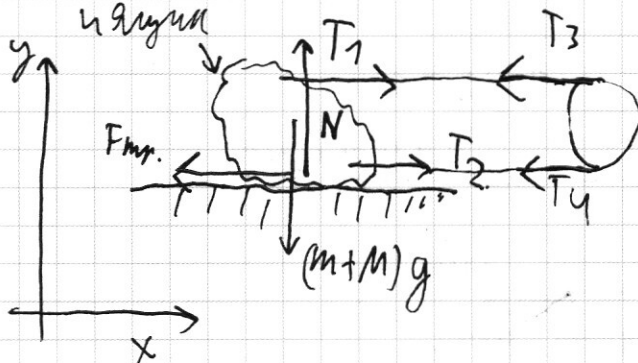
$F_g = ?$

$F_{\min} = ?$

$v = ?$

Решение:

система человек
и груз



По II закону Ньютона:

$$\vec{T}_1 + \vec{N} + \vec{T}_2 + (m+M)\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр.}} = m\vec{a}$$

по y: $N - (m+M)g = ma_y = 0$
 $\downarrow a_y = 0$

$N = (m+M)g$

F_g — сила давления человека и груза на пол.

По III закону Ньютона: $N = F_g$ $F_g = (m+M)g = 6mg$

Клинья невелика $\Rightarrow T_1 = T_3, T_2 = T_4$, тиренья в горизонтальном $\Rightarrow$

$T_3 = T_4 \Rightarrow T_1 = T_2$

По III закону Ньютона: $F = T_1$ F — сила действия человека на канат.

По II закону Ньютона (для системы человек + груз)

по x: $T_1 + T_2 - F_{\text{тр.}} = ma_x$ $2T_1 - F_{\text{тр.}} = ma_x$

груз — грузик $\Rightarrow F_{\text{тр.}} = F_{\text{тр. max}} = \mu N = \mu \cdot 6mg$

(1): $2F - 6\mu mg = ma_x$ $2F = ma_x + 6\mu mg$ $F = \frac{ma_x + 6\mu mg}{2}$

$6\mu mg$ — const, F — минимально при $a_x = 0$

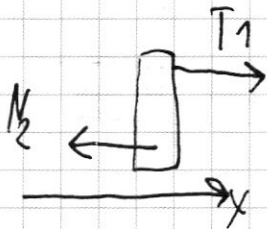
$F_{\min} = \frac{0 + 6\mu mg}{2}$ $F_{\min} = 3\mu mg$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

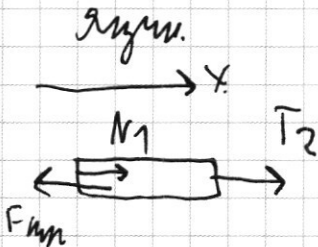
Задача 2 (начало решения на стр. 2.)

N_1 - сила с которой человек действует на ящик по ОХ

N_2 - сила с которой действует человек на человека по ОХ



По II закону Ньютона:
ОХ: $T_1 - N_2 = m a_{\text{ч.}}$ ускорение человека.



По II закону Ньютона: $N_1 = N_2$

По II закону Ньютона для ящика:
ускорение ящика.

$$\text{ОХ: } T_2 + N_1 - F_{\text{тр}} = M a_{\text{я.}}$$

$a_{\text{я.}} = a_{\text{ч.}}$, т.к. они движутся вместе.

$$T_1 - N_1 = m a_{\text{ч.}}$$

$$T_1 + N_1 - F_{\text{тр}} = 5 m a_{\text{ч.}}$$

$$\frac{T_1 + N_1 - F_{\text{тр}}}{T_1 - N_1} = 5$$

$$F_{\text{тр}} = 4 T_1 - 6 N_1 \quad (1): \quad 2 F - 6 m g = m a_{\text{ч.}}$$

$$m a_{\text{ч.}} = \frac{2 F - 6 m g}{m}$$

$$\begin{cases} F - N_1 = 2 F - F_{\text{тр}} \\ F + N_1 - F_{\text{тр}} = 10 F - 5 F_{\text{тр}} \end{cases}$$

$$F - N_1 = 2 F - 6 m g$$

$$F + N_1 - F_{\text{тр}} = 10 F - 30 F_{\text{тр}}$$

$$2 N_1 - F_{\text{тр}} = 8 F - 24 F_{\text{тр}} \quad N_1 = \frac{8 F - 23 F_{\text{тр}}}{2}$$

$$2 N_1 - F_{\text{тр}} = 8 F - 4 F_{\text{тр}} \quad N_1 = \frac{8 F - 3 F_{\text{тр}}}{2}$$

$A_{\text{тр}} = -5 \cdot F_{\text{тр}}$ $A_N = 5 \cdot N_1$ $A_T = 5 \cdot T_1$
работы над ящиком сила трения, давление человека и сила натяжения.
соответственно.

Задача 2 (написано на лист. 2, 3)

По закону сохранения энергии для ягуна.

$$\frac{MV^2}{2} = A_R + A_T + A_m = S(N_1 + T_1 - F_{mn}) = S(4F - 1,5F_{mn} + F - F_{mn}) = S(5F - 2,5F_{mn})$$

$$V = \sqrt{\frac{5S(2F - F_{mn})}{m}} = \sqrt{\frac{10SCF - 3\mu mg}{5m}} = \sqrt{\frac{2SCF - 3\mu mg}{m}}$$

Ищем: $F_g = 6mg$ $F_{min} = 3\mu mg$ $V = \sqrt{\frac{2SCF - 3\mu mg}{m}}$

Задача 3

Решение:

Дано:

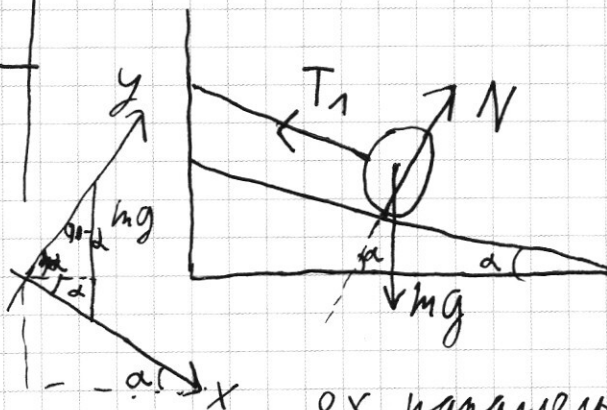
$\alpha, m, R,$

L, W

$T_1 = ?$

$T_2 = ?$

система покоится.



$F_{mn} = 0$ по усл.

оx параллельна поверхности клина.

По II закону Ньютона: оу: $N - \cos_{90-\alpha} mg = m a_y = 0$

$$N = \cos \alpha mg$$

$$\text{оx: } \sin \alpha mg - T_1 = 0$$

$\downarrow a_y = 0$

$$T_1 = \sin \alpha mg$$

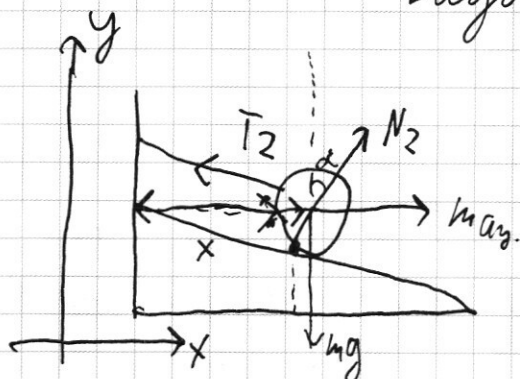
система находится: перейдем в систему отсчета,

~~связь вращательная. Вместе с~~ связанную с клином,

тогда шар будет покоиться, а на него будет действовать сила $F_y = m a_y$. a_y - центростремительное ускорение, направленное от оси вращения.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3 (начало решения на стр. 4).



$$x = \cos \alpha \cdot (R + L)$$

x — расстояние до оси вращения
инд. от центра масс шарика.

$$a_y = \omega^2 R x = \cos \alpha (R + L) \omega^2$$

По II закону Ньютона:

$$Oy: \cos \alpha N_2 + \cos \alpha T_2 - mg = \overset{a_y}{\overset{a_y=0}} \overset{a_y=0}{\overset{a_y=0}} = 0.$$

$$Ox: m a_y + \cos \alpha N_2 - \cos \alpha T_2 = \overset{a_y=0}{\overset{a_y=0}} \overset{a_x=0}{\overset{a_x=0}} = 0$$

$$\begin{cases} \cos \alpha N_2 + \sin \alpha T_2 = mg \\ m a_y + \sin \alpha N_2 = \cos \alpha T_2 \end{cases}$$

$$\cos \alpha N_2 = mg - \sin \alpha T_2$$

$$\sin \alpha N_2 = \cos \alpha T_2 - m a_y$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\cos \alpha T_2 - m a_y}{mg - \sin \alpha T_2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha mg - \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha T_2 = \cos \alpha T_2 - m a_y$$

$$m (\operatorname{tg} \alpha g + a_y) = T_2 (\cos \alpha + \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha) =$$

$$T_2 \left(\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = T_2 \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = \frac{T_2}{\cos \alpha}$$

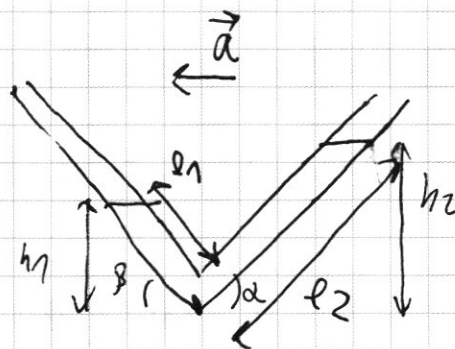
$$T_2 = m (\sin \alpha g + \cos \alpha a_y) = m (\sin \alpha g + \cos \alpha \omega^2 (R + L))$$

$$\text{Ответ: } T_1 = \sin \alpha mg \quad T_2 = m (\sin \alpha g + \cos \alpha \omega^2 (R + L))$$

Задача.

Решение:

Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $h_1 = 8 \text{ см}$
 $h_2 = 12 \text{ см}$
 $a = ?$
 $v_{\text{max}} = ?$



$\alpha = 45^\circ$ $\beta = 180^\circ - 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$

Перейдем в систему отсчета, движущуюся ^{трубки} влево.

(~~хуже~~ ~~перейдем~~ ~~а~~ ~~когда~~ ~~когда~~ ~~масса~~ ~~будет~~ ~~неподвижна~~, а на ней будет действовать сила $\vec{F} = -m \cdot \vec{a}$)

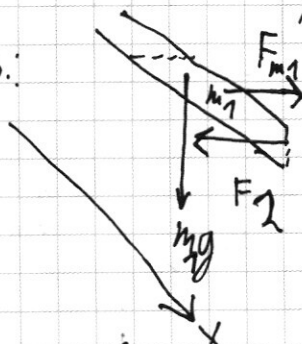
m — масса массы. Пусть левая часть массы действует на правую (силой F_1 , тогда

и правая на левую F_2 По III закону Ньютона

$F_2 = F_1$

левая часть:

m_1 — масса
 масса в левой
 части



$F_{m1} = m_1 \cdot a$ — сила, возникающая из-за ^{перехода в другую систему отсчета} ~~перехода в другую систему отсчета~~ ^{максим} ~~максим~~ ^{действием} ~~действием~~ ^{сил} ~~сил~~

перпендикулярна OX ,
 $F_{m1} = 0$

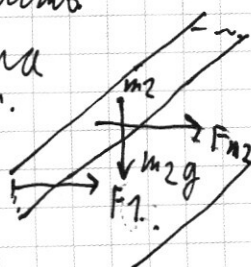
По II закону Ньютона:

$Ox: \cos 45^\circ m_1 g + \cos 45^\circ F_{m1} - m_1 \cos 45^\circ F_2 = m_1 a_x = 0$

$m_1 g + F_{m1} = F_2$

правая часть

m_2 — масса массы
 в правой части
 трубки.



$F_{m2} = m_2 a$ — сила, возникающая при ^{переходе в другую систему отсчета} ~~переходе в другую систему отсчета~~ ^{ах} ~~ах~~

По II закону Ньютона: $a_x = 0$

$Ox: \cos 45^\circ F_1 + \cos 45^\circ F_{m2} - \cos 45^\circ m_2 g = m_2 a_x = 0$
 $F_1 + F_{m2} = m_2 g$ $F_2 + F_{m2} = m_2 g$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4 (какое решение на стр. 6)

$$m_1 = \rho_1 \cdot S \cdot \rho_m = \frac{h_1}{\sin 45^\circ} S \rho_m.$$

S - площадь поперечного сечения трубки, ρ_m - плотность
материала.

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{12 \text{ см}}{8 \text{ см}} = 1,5.$$

$$m_2 = \rho_2 \cdot S \cdot \rho_m = \frac{h_2}{\sin 45^\circ} S \rho_m.$$

мым данно $\sin 45^\circ$ ~~есть~~ сила, выходящая атмосферным давлением, но она для отрыва. $\frac{m_2}{m_1} = \frac{F+F_2}{F_2-F}$ ~~$1,5 F_2 - 1,5 F = F + F_2$~~ в уравнении (1)

$$\begin{cases} m_1 g = F_2 - F_{m1} \\ m_2 g = F_{m2} + F_2 \end{cases}$$

$$0,5 F_2 = 2,5 F \quad F_2 = 5 F$$

$$m_1 a g = 4 F$$

$$\begin{cases} m_1 (g + a) = F_2 \\ m_2 (g - a) = F_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 g + F_{m1} = F_2 \\ m_2 g - F_{m2} = F_2 \end{cases} \quad \begin{cases} m_1 g + m_1 a = F_2 \\ m_2 g - m_2 a = F_2 \end{cases}$$

$$(1): \frac{m_2 (g - a)}{m_1 (g + a)} = 1. \quad \frac{m_2}{m_1} = \frac{g + a}{g - a}.$$

$$1,5 = \frac{g + a}{g - a}$$

$$1,5g - 1,5a = g + a.$$

$$0,5g = 2,5a.$$

$$a = 0,2g = 0,2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 2 \text{ м/с}^2.$$

При изгибании трубки ускорение отклоненного
трубки мало будет передвигаться в начальном направлении.

$$m_1 g h_{1, \text{м}} = m_1 h_1 + m_2 h_2 \quad (m_1 h_1 + m_2 h_2) g \quad h_{1, \text{м}} - \text{углубление}$$

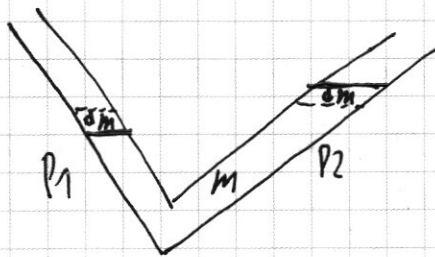
По закону сохранения энергии.

$$E = E_p + E_k = \text{const.}$$

потенциальная энергия E_k - кинетическая энергия $E_k = E - E_p$
энергия $E_{k \text{ max}} \text{ при } E_{p \text{ min.}}$

Задача 7 (параметры на стр. 6, 7)

$$E_k = \frac{mV^2}{2} \quad V_{\max} \text{ при } E_{k\max} \Rightarrow \text{при } E_{p\min}$$



Давление правого столба
 больше $\Rightarrow$ масса будет
 см. $h_2 > h_1$ переместится влево.
 $p_2 = \rho g h_2$
 $p_1 = \rho g h_1$

Пусть за небольшое время dt масса m в правом столбе dm переместится в левый. В этот момент можно сказать что dm с верха правого столба переместилось на верх левого

$$E_{p0} = m \cdot h_2 \cdot g + h_2 \cdot dm \cdot g \quad E_{p1} = m h_1 g + h_1 \cdot dm \cdot g$$

$\downarrow$
 высота центра масс масса, которую мы считаем перемещенной

$E_{p0} - E_{p1} = dm g (h_2 - h_1) > 0 \Rightarrow$ потенциальная энергия уменьшилась. Это есть, при небольшом разнице уровней масса потенциальная энергия меньше.

минимальная возмущающая разность уровней - 0.

$$h_2 - h_1 = 0 \quad h_2 = h_1 \quad V_{\max} = \frac{h_1 \cdot S \cdot \rho}{\sin \alpha} + \frac{h_2 \cdot S}{\sin \alpha} = \frac{2 h_1 \cdot S}{\sin \alpha}$$

$$h_1 + h_2 = 2 h_{1y} \quad h_{1y} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{20 \text{ см}}{2} = 10 \text{ см}$$

масса не считаемся $\Rightarrow$ движется со своей скоростью

$$E_{p0} + E_{k0} = E_{p1} + E_{k\max} \quad E_{k\max} = E_{p0} - E_{p\min}$$

$$E_{p0} = \frac{h_1}{\sin \alpha} S \rho g \cdot h_1 + \frac{h_2}{\sin \alpha} S \rho g \cdot h_2 \quad E_{p\min} = 2 \frac{h_{1y}}{\sin \alpha} \cdot S \cdot \rho g \cdot h_{1y}$$

$$\frac{\rho (h_1 + h_2) S V_{\max}^2}{2 \sin \alpha} = \frac{S \rho g}{\sin \alpha} (h_1^2 + h_2^2) - \frac{S \rho g}{\sin \alpha} \cdot 2 h_{1y}^2 \quad (h_1 + h_2)^2 V_{\max}^2 = 2 (h_1^2 + h_2^2) - 4 h_{1y}^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 173 \\ \times 173 \\ \hline 519 \\ 1211 \\ 173 \\ \hline 29929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 182 \\ \times 692 \\ \hline 182 \\ 1384 \\ 5536 \\ 692 \\ \hline 125944 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 47 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 815.18 \\ \times 37.813 \\ \hline \end{array} \quad 1 \frac{1}{2}$$

$$\begin{array}{r} 173 \\ \times 4 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} 68 \\ 692 \end{array}$$

$$\sqrt{5} \times 2(\sqrt{2}-1)$$

$$7.7 \quad 173.7 \quad 692.$$

$$\begin{array}{r} 173 \\ \times 173 \\ \hline 173 \\ 173 \\ \hline 173 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1728 \\ \times 1728 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 173 \\ \times 173 \\ \hline 173 \\ 173 \\ \hline 173 \end{array}$$

$$12.6 + 692. \\ 1952.$$

$$p_0 V_0 = \nu R T$$

$$\frac{p_1 V_0}{\gamma_1} = \nu_1 R T$$

$$m_1 - m_0 = m_f.$$

$$V_f = \frac{m_f m_0}{\rho}$$

$$p_0 V_0 = \frac{m_0}{M_0} R T$$

$$p_1 V_0 = \frac{m_1 m_0}{M_0} R T.$$

$$V_h = \frac{V_0}{\gamma_1}.$$

$$\begin{array}{r} 2.2 \\ \times 2.2 \\ \hline 4.4 \\ 44 \\ \hline 5.324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2.25 \\ \times 2.25 \\ \hline 4.5 \\ 450 \\ \hline 5.0625 \end{array}$$

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{\gamma_1 m_1}{m_0}$$

$$\begin{array}{r} 20000 \overline{) 3.7} \\ 185 \\ \hline 150 \\ 148 \\ \hline 200 \\ 195 \\ \hline 5 \end{array}$$

$$545.5$$

$$\begin{array}{r} 546 \\ 37 \\ \hline 3822 \\ 1638 \\ \hline 20202 \end{array}$$

Задача 4 (начало решения на стр. 67, 8)

$$V_{max} = \sqrt{g \left(\frac{2h_1^2 + 2h_2^2 - 4h_1 h_2}{h_1 + h_2} \right)} = \sqrt{10 \text{ м/с}^2 \cdot \left(\frac{288 \text{ см}^2 + 128 \text{ см}^2 - 400 \text{ см}^2}{20 \text{ см}} \right)} =$$

$$= \sqrt{100 \text{ см/с}^2 \cdot 0,8 \text{ см}} = \sqrt{80 \text{ см/с}^2} = 4\sqrt{5} \text{ см/с} \approx 9 \text{ см/с}.$$

Объем: $a = 2 \text{ м/с}^2$ $V_{max} = 9 \text{ см/с}.$

~~Задача 5~~

Задача 5.

Дано:

$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}.$

$t = 0,5 \text{ с}$

$\gamma = 4,7$

$M = 182 \text{ г/моль}$

$M = 182 \text{ г/моль}$

$\frac{p_1}{p_2} = ?$ $\frac{V_1}{V_2} = ?$

Решение:

По закону Менделеева-Клапейрона: для пара

$pV = \nu RT$

$pV = \frac{m}{M} RT$

$p = \frac{p_1 RT}{M}$

$p_1 = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 182 \text{ г/моль}}{8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot (0,5 + 273) \text{ К}} \approx \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 182}{8,31 \cdot 370} \text{ Па} \approx$

$= \frac{8,5}{8,5} \cdot \frac{182}{37} \text{ Па} \approx 0,5 \text{ Па}$

$\frac{p_1}{p_2} = \frac{0,5 \text{ Па}}{1000 \text{ Па}} = 0,0005 = 5 \cdot 10^{-4}$

↑ давление пара в конце.

пар находится. $\Rightarrow p_0 = p_1$

(1) $p_0 V_0 = \nu_0 RT$

(2) $p_1 V_1 = \nu_1 RT$

$V_1 = \frac{V_0}{\gamma}$

(1) : (2)

$\frac{p_0 V_0}{p_1 V_1} = \frac{\nu_0 RT}{\nu_1 RT} \Rightarrow \gamma = \frac{\nu_0}{\nu_1}$

масса пара в начале.

масса пара в конце.

$m_0 = \nu_0 \cdot M$

$m_1 = \nu_1 \cdot M$

$V_0 = \frac{m_0}{p_0}$

$V_1 = \frac{m_1}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_1}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$