

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 $2,5V_0$.

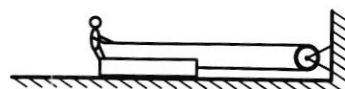
1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

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?

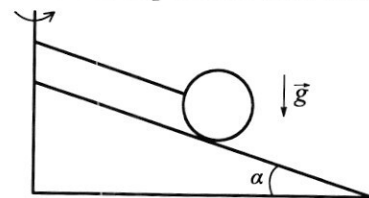
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

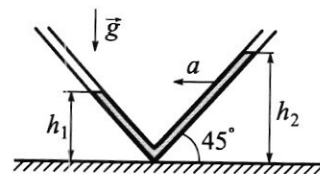


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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

Дано:

$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_k = 2,5 V_0$$

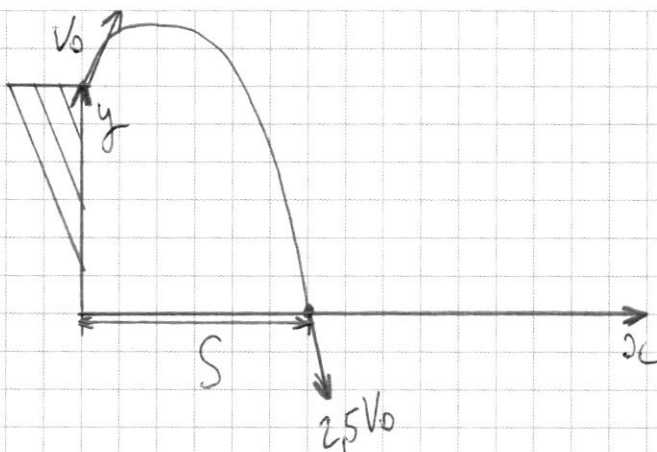
Найти:

1) V_{yk}

2) $t_{\text{пол}}$

3) S

Решение:



V_{yk} - конечная
скорость по о. y

$t_{\text{пол}}$ - время
полета

S - расстояние
по оси x

1) $V_{ak} = V_{a0} = V_0 \cos \alpha$

$$V_k = \sqrt{V_{ak}^2 + V_{yk}^2}$$

$$V_k^2 = V_{ak}^2 + V_{yk}^2$$

$$V_k^2 - V_{ak}^2 = V_{yk}^2$$

$$\sqrt{V_k^2 - (V_0 \cos \alpha)^2} = V_{yk}$$

$$V_{yk} = \sqrt{2,5^2 V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{6,25 V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$V_{yk} = \sqrt{6,25 \cdot 64 - \frac{64 \cdot 1}{4}} \text{ м/с} = \sqrt{6,25 \cdot 64 - 16} \text{ м/с}$$

$$= \sqrt{390 - 16} \text{ м/с} = \sqrt{374} \text{ м/с} \approx 19 \text{ м/с}$$

2) $t_{\text{пол}} = t_{\text{max}}$

$$V_y = V_{yk}$$

$$V_{yk} = V_0 \sin \alpha - g t_{\text{пол}}$$

Handwritten calculations for V_{yk} and $t_{\text{пол}}$ are shown, including a vertical multiplication table for $19 \cdot 19 = 361$ and a horizontal multiplication table for $19 \cdot 19 = 361$.

Handwritten calculations for V_{yk} and $t_{\text{пол}}$ are shown, including a vertical multiplication table for $19 \cdot 19 = 361$ and a horizontal multiplication table for $19 \cdot 19 = 361$.

$$V_{yk} - V_0 \sin \alpha = -g t_{\text{max}}$$

~~$$V_{yk} = V$$~~

$$V_0 \sin \alpha - V_{yk} = g t_{\text{max}}$$

$$\frac{V_0 \sin \alpha - V_{yk}}{g} = t_{\text{max}}$$

~~$$\frac{8 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 19 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} \approx t_{\text{max}}$$~~

(т.к. V_{yk} направлена против о.у.)

$$\frac{8\sqrt{3} + 19}{5} \text{ с} \approx t_{\text{max}}$$

$$\sqrt{3} \approx 1,7$$

$$\frac{2 \cdot 13,6 + 19}{5} \text{ с} \approx t_{\text{max}}$$

$$4,48 \text{ с} \approx t_{\text{max}}$$

$$3) S = V_0 \cos \alpha t_{\text{max}}$$

$$S = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} \cdot 4,48 \approx 18 \text{ м.}$$

~~$$\frac{8 \cdot 4,48}{2}$$~~

$$\begin{array}{r} 2 \\ 4,5 \\ \times 4 \\ \hline 18,0 \end{array}$$

Ответ: $V_{yk} \approx 19 \text{ м/с}$; $t_{\text{max}} \approx 4,48 \text{ с.}$; $S \approx 18 \text{ м.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

25

Дано:

$$T_0 = 95^\circ\text{C} = (273 + 95)\text{K} = 368\text{K}$$

$$P_0 = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$V_k = \frac{V_0}{4,7}$$

$$\rho_B = 12/\text{см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 182/\text{моль} = 0,018 \text{ кг/моль}$$

$$V_k = \frac{V_0}{4,7}$$

Найти:

1) K_1

2) K_2

Решение:

$$1) P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$P_0 = \nu R T_0$$

$$\frac{P_0}{R T_0} = \nu$$

$$p_n = \frac{m_n}{V_0} = \frac{\nu \mu}{V_0} = \nu \mu$$

$$p_n = \frac{P_0 \mu}{R T_0}$$

$$K_1 = \frac{p_n}{\rho_B} = \frac{P_0 \mu}{R T_0 \rho_B} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 0,018 \text{ кг/моль}}{8,31 \cdot 368 \text{ К} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3} \approx \frac{1}{2 \cdot 10^3}$$

$$2) K_2 = \frac{V_n}{V_B} = \frac{m_n}{p_n} = \frac{\frac{m_n}{\rho_B}}{\frac{m_B}{\rho_B}} = \frac{\frac{\nu_k \cdot \mu}{\rho_B \cdot K_1}}{\frac{(\nu - \nu_k) \mu}{\rho_B}} = \frac{\nu_k \cdot \mu \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot K_1 (\nu - \nu_k) \mu} = \frac{\nu_k}{K_1 (\nu - \nu_k)}$$

$$P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$P_0 \frac{V_0}{4,7} = \nu_k R T_0$$

$$4,7 = \frac{\nu}{\nu_k}$$

$$\frac{\nu}{\nu_k} = 4,7$$

$$\nu = 4,7 \nu_k$$

$$4,7 - 0,21 \nu \approx \nu_k$$

$$K_2 = \frac{0,21 \nu}{\frac{1}{2 \cdot 10^3} \cdot 0,79 \nu} =$$

$$\approx \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,21}{0,8} =$$

$$\approx \frac{400}{0,8} \approx 500$$

Ответ: $K_1 \approx \frac{1}{2 \cdot 10^3}$ $K_2 \approx 500$

Дано: $S, m, M=5m, \mu, F$

λ - угол упора шарика.

Найти:

1) N .

2) F_0 .

3) V_k .

Решение:

$$1) N = (m+M)g + F \sin \alpha = 6mg + F \sin \alpha$$

$$2) F_0 = \mu N_0$$

$$F_0 = \mu (6m + F_0 \sin \alpha)$$

$$F_0 = 6\mu m + F_0 \mu \sin \alpha$$

$$F_0 (1 - \mu \sin \alpha) = 6\mu m$$

$$F_0 = \frac{6\mu m}{1 - \mu \sin \alpha}$$

F_0 - минимальная при минимальном угле упора шарика $\lambda = 0$

$$F_0 = \frac{6\mu m}{1 - \mu \sin 0} = 6\mu m$$

$$3) S = \frac{V_k^2 - V_0^2}{2a} = \frac{V_k^2}{2a}$$

$$= \frac{V_k^2 \cdot 3m}{F - 6\mu m} = S$$

$$V_k = \sqrt{\frac{S(F - 6\mu m)}{3m}}$$

$$V_0 = 0$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F - F_{\text{упр}}}{6m}$$

$$= \frac{F - N_0 \mu}{6m} = \frac{F - 6\mu m}{6m}$$

Ответ: $N = 6mg + F \sin \alpha, F_0 = 6\mu m;$

$$V_k = \sqrt{\frac{S(F - 6\mu m)}{3m}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 3.

Дано: m, R, L, α, ω

Найти:

1) P_n

2) $P_{\text{вращ}}$

Решение:

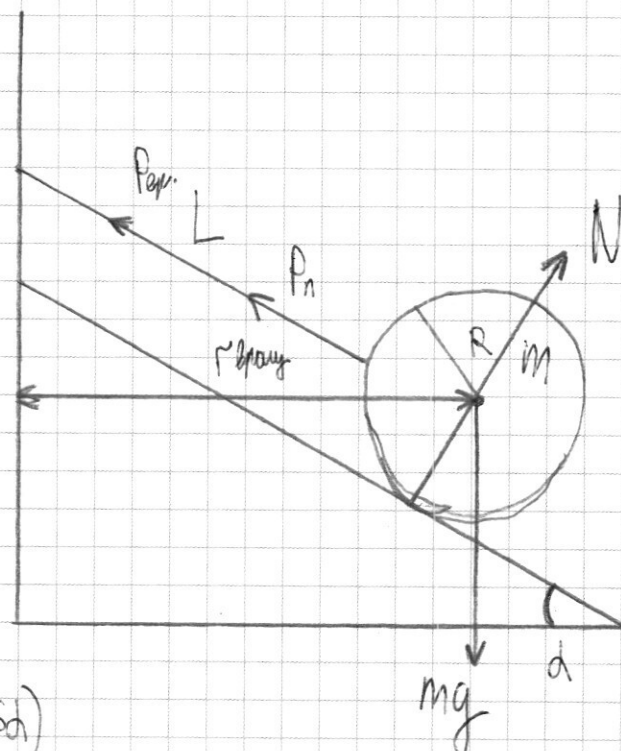
1) $P_n = mg \sin \alpha$

2) $P_{\text{вращ}} = mg \sin \alpha + m a_{\text{в}} \cos \alpha$

$P_{\text{вращ}} = mg \sin \alpha + m \omega^2 r_{\text{вращ}} \cos \alpha$

$P_{\text{вращ}} = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L \cos \alpha + R) \cos \alpha)$

$r_{\text{вращ}} = L \cos \alpha + R$



Ответ: 1) $P_n = mg \sin \alpha$

2) $P_{\text{вращ}} = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L \cos \alpha + R) \cos \alpha)$

~ 4.

Дано:

$\alpha = 45^\circ$

$h_1 = 8 \text{ см}$

$h_2 = 12 \text{ см}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

Найти:

1) a

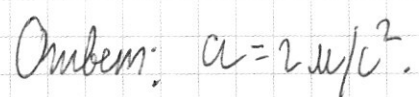
2) V_k

~~$\frac{1}{a} = \frac{h_1 + h_2}{(h_2 - h_1)g}$~~

$\frac{h_1 + h_2}{h_2 - h_1} = \frac{g}{a}$

(т.к. уровень воды в
трубке перпендикулярен
общему ускорению a соот.)

$a = \frac{(h_2 - h_1)g}{h_1 + h_2} = \frac{(12 \text{ см} - 8 \text{ см}) 10 \text{ м/с}^2}{12 \text{ см} + 8 \text{ см}} = 2 \text{ м/с}^2$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$T_0 = 95^\circ\text{C} = (273 + 95)\text{K} = 368\text{K}$$

$$P_0 = 8,5 \cdot 10^4 \text{Па}$$

$$V_k = \frac{V_0}{4,7}$$

$$\rho_0 = 12/\text{см}^3$$

$$\mu = 182/\text{моль}$$

Найти:

$$1) \frac{P_n}{\rho_0} = K_1$$

$$2) \frac{V_n}{V_0} = K_2$$

$$P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$P_0 V_0 = \frac{\nu}{V_0} V_0 R T_0$$

$$P_0 V_0 = \omega R T_0$$

$$P_0 = \omega R T_0$$

$$\omega = \frac{P_0}{R T_0}$$

$$\frac{8,5 \cdot 10^4}{8,3 \cdot 368} = \frac{1}{2} \text{м/м}^3$$

реш.

Решение:

$$P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$P_0 V_0 = \omega R T_0$$

$$P_0 = \omega R T_0$$

$$\omega = \frac{P_0}{R T_0}$$

$$\frac{P_0}{R T_0} = \omega \quad \omega = \frac{\nu}{V_0}$$

$$P_n = \frac{m_n}{V_0} = \frac{\omega \cdot \mu}{V_0} = \omega \mu$$

$$P_n = \frac{P_0}{R T_0} \mu$$

$$\frac{P_n}{\rho_0} = \frac{P_0 \mu}{R T_0 \rho_0} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{Па} \cdot 182/\text{моль}}{8,3 \cdot 368 \text{K} \cdot 12/\text{см}^3} =$$

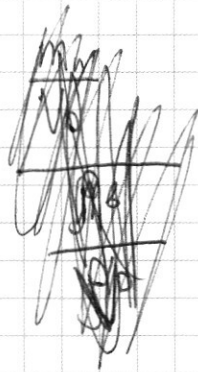
$$\frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,3 \cdot 368 \cdot 10^3} \approx \frac{1}{20000}$$

$$\frac{368 \cdot 18}{36} = 18,2 \cdot 10^3$$

20000

$$\frac{p_n}{p_0} =$$

$$\frac{V_n}{V_0}$$



$$\frac{\frac{m_n}{V_n}}{\frac{p_0}{V_0}}$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{\frac{p_n}{p_0}}{\frac{p_0}{p_0}}$$

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0 \\ p_0 V_0 = \alpha \nu R T_0 \end{cases}$$

$$\frac{p_0 V_0}{p_0 V_0} = \frac{\nu R T_0}{\alpha \nu R T_0}$$

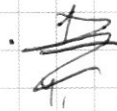


$$\frac{4,7}{4,7} = \frac{1}{\alpha}$$

$$\begin{aligned} 4,7 \alpha &= 1 \\ \alpha &= \frac{1}{4,7} \end{aligned}$$

$$\frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}$$



$$\begin{array}{r} 100947 \\ - 941029 \\ \hline 60 \\ - 47 \\ \hline 13 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

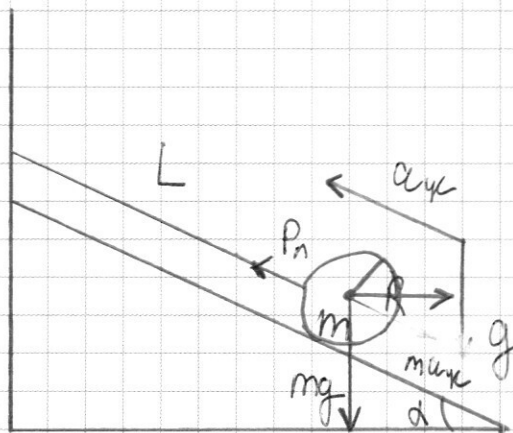
№3.

Дано: m, R, ϕ, L, ω

Найти:

1) P_n

2) P_θ



Решение:

1) $P_n = mg \sin \alpha$

2) $P_\theta = m(g \sin \alpha + a_{cm} \cos \alpha) = m(g \sin \alpha + ((R+L)\omega^2) \cos \alpha)$

Ответ: $P_n = mg$

1
273
+ 95

368

