

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

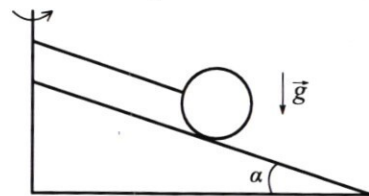
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

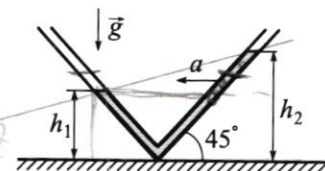


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.



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

$$d_{\max} = w^2 R = \frac{F}{m} = \frac{h_2 - h_1 g}{2h_1 + h_2}$$

$$a_y + 2w^2 x = 0$$

$$m a_x = -2 \rho S x$$

Δm

$$\frac{mg(h_2 - h_1)}{2} + mgh_1 =$$

$$\frac{10}{0.31} = 30$$

$$\frac{23 \frac{1}{3}}{23 \frac{1}{3} + 10 + 4} = \frac{70}{70 + 30 + 4} = \frac{70}{104} = \frac{35}{52}$$

$$\frac{4}{10} = \frac{x}{x + 10 + 10 \cdot \frac{10}{4}}$$

$$\frac{10}{3.33} = 0.3$$

$$10 + 4 + \frac{4}{10} x = x$$

$$13 \cdot 4 = 52$$

$$14 = \frac{6}{10} x$$

$$\frac{2x^2 + 2y^2 - x^2 - y^2 - 2xy}{2(h_1 + h_2)}$$

$$0.4$$

$$13.3 \cdot 0.4$$

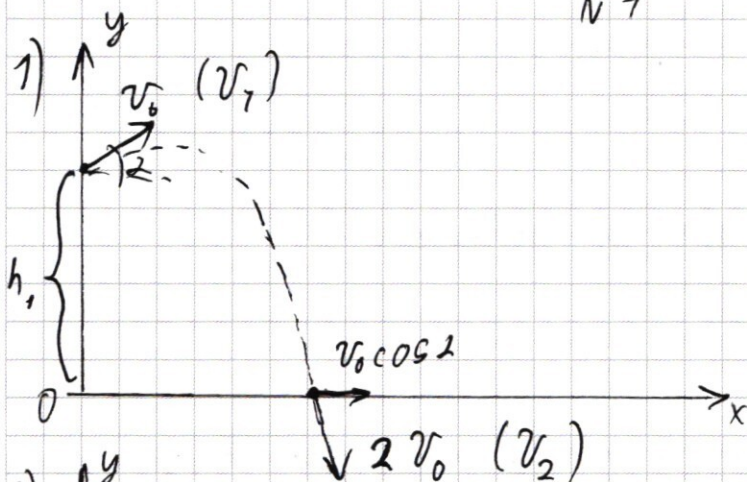
$$\sqrt{5 \cdot \frac{13 \frac{1}{3} \cdot 13 \cdot \frac{1}{3}}{33 \frac{1}{3}}}$$

$$\frac{7.1 \cdot 3 \cdot 10}{8.31} = \frac{213}{8.31}$$

2.

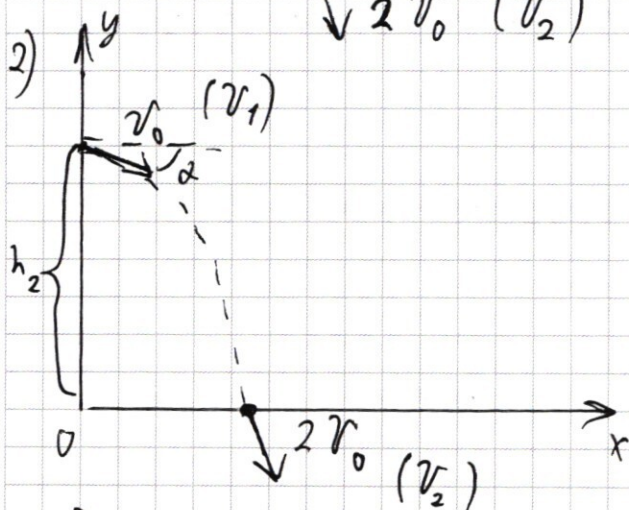
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1



Дано: $v_0 = 10 \text{ м/с}$;
 $\alpha = 30^\circ$;

Найти: v_{2y} ; t_n ; h



Решение:

Движение гайки вдоль Ox равномерное, прямо-
линейное $\Rightarrow v_{1x} = v_{2x} = v_0 \cos \alpha$

$$v_{2y} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}$$

$$v_{2y} = 10 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 5\sqrt{13} \approx 5 \cdot 3,5 = 17,5 \text{ м/с}$$

Далее задачу можно разбить на 2 случая
(см. рис)

1) случай:

Движение по оси Oy равноускоренное $\Rightarrow$

$$Oy: v_0 \sin \alpha - g t_1 = -v_{2y}$$

$$\frac{v_0 \sin \alpha + v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}}{g} = t_1 - \text{время полёта случай 1}$$

$$t_1 = \frac{5 + 17,5}{10} = 2,25 \text{ сек}$$

Запишем ~~уравнение~~ ^{кин} уравнение движения:

$$Oy: \boxed{h_1 = \frac{g t_1^2}{2} - v_0 t_1 \sin \alpha}$$

$$h_1 = 5 \cdot (2,25)^2 - 5 \cdot 2,25 = 11,25 - 1,25 = 10,00 \text{ м}$$

← высота в первом случае
② случай:

Движение по оси Oy равноускоренное $\Rightarrow$

$$Oy: -v_0 \sin \alpha - g t_2 = -v_{2y}$$

$$t_2 = \frac{v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - v_0 \sin \alpha}{g} - \text{время полёта случай 2}$$

$$t_2 = \frac{17,5 - 5}{10} = 1,25 \text{ сек}$$

Запишем ~~уравнение~~ ^{кин} уравнение движ:

$$Oy: \boxed{h_2 = v_0 \sin \alpha t_2 + \frac{g t_2^2}{2}} - \text{высота, случай 2}$$

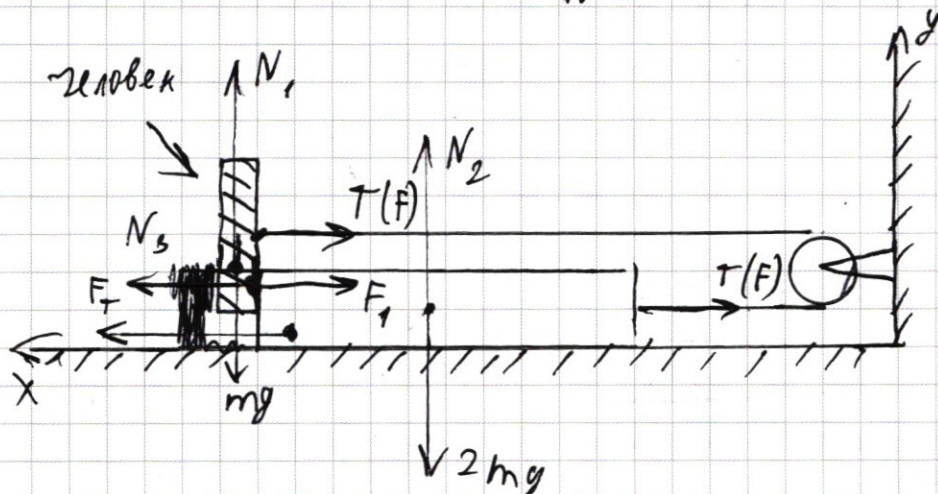
$$h_2 = 5 \cdot 1,25 + \frac{10 \cdot 1,25^2}{2} = 5 \cdot 1,25 + 7,8125 = 12,8125 \text{ м}$$

Ответ: I сл: 17,5 м/с; 2,25 сек; 10,00 м

II сл: 17,5 м/с; 1,25 сек; 12,81 м

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 2



Дано: $S; m;$

$M = 2m; \mu$

Найти: $N_2; F_0; t$

Решение:

По 2-й и 3-й Ньютону (доска движется без ускорения)

Оу: $N_1 = mg$ (для человека)

$N_2 = N_1 + 2mg$ (для доски)

$N_2 = 3mg$

Ох: $N_3 = T$ (человек)

$T + F_1 = F_T$ (доска)

$F_1 = N_3$ (по III 3-й Ньютону)

$F_T = \mu N_2$ (по 3-й Ампера-Кулона) $\Rightarrow$

$\Rightarrow F_T = 2T \Rightarrow T = \frac{3\mu mg}{2} = 1.5\mu mg$ ($T = F_0$)

Пусть доска движется с ускорением ($T > F_0$)

По 2-й и 3-й Ньютону:

Ох: $F - N_3 = ma$ (человек)

$$F_1 + F - F_T = 2ma$$

$$F_T = 3N_2 \quad (3\text{-й закон Ньютона})$$

$$F_1 = N_3 \quad (3\text{-й закон Ньютона})$$

$$2F - 3mg = 3ma \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{ускорение человека} \\ \text{равно ускорению груза} \end{array} \right.$$

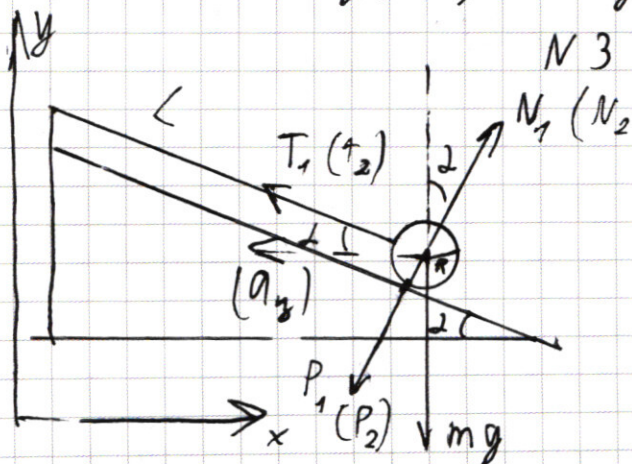
$$a = \frac{2F - 3mg}{3m}$$

~~кин~~ ~~уравн.~~ ~~движ.~~ уравн. движ.:

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3mg \cdot m}}$$

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

Ответ: $3mg$; $1,5 mg$; $\sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3mg}}$



Дано: m ; R ; L ; α

W

Найти: P_1 ; P_2

Решение:

1) Пусть система покоится

По 2 3-му Ньютона:

$$\left. \begin{array}{l} \text{оу: } mg = T_1 \sin \alpha + N_1 \cos \alpha \\ \text{ох: } T_1 \cos \alpha = N_1 \sin \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} mg = N_1 \cos \alpha + \frac{N_1 \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \\ P_1 = N \quad (\text{по 3 3-му Ньютона}) \end{array} \right\} \Rightarrow$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$mg = \frac{P_1}{\cos \alpha} \Rightarrow P_1 = mg \cdot \cos \alpha$$

2) Пусть система вращается с угловой скоростью ω :

По 2 3-му Ньютона:

$$Ox: T_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha = ma_y$$

$$Oy: mg = T_2 \sin \alpha + N_2 \cos \alpha$$

$$N_2 = P_2 \quad (\text{по 3-му Ньютона})$$

$$\left. \begin{aligned} ma_y + N_2 \sin \alpha &= T \cos \alpha \\ mg - N_2 \cos \alpha &= T \sin \alpha \end{aligned} \right\} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{mg - N_2 \cos \alpha}{ma_y + N_2 \sin \alpha}$$

$$ma_y \operatorname{tg} \alpha + N_2 \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha = mg - N_2 \cos \alpha$$

$$N_2 \cdot (\sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha + \cos \alpha) = mg - a_y \operatorname{tg} \alpha$$

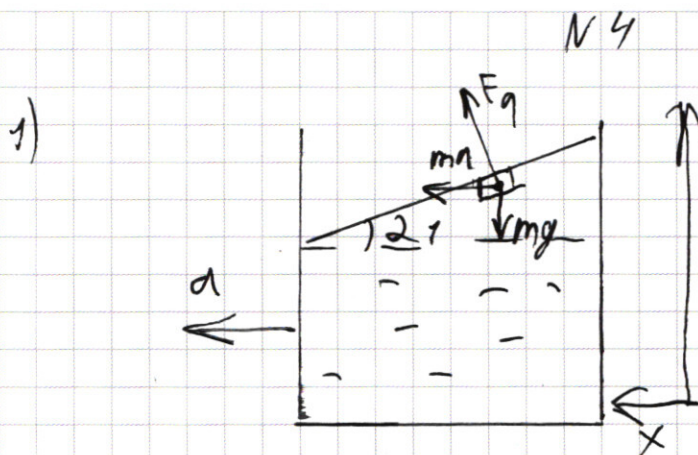
$$\frac{P_2}{\cos \alpha} = m (g - a_y \cdot \operatorname{tg} \alpha)$$

$$P_2 = m (g - a_y \operatorname{tg} \alpha) \cdot \cos \alpha$$

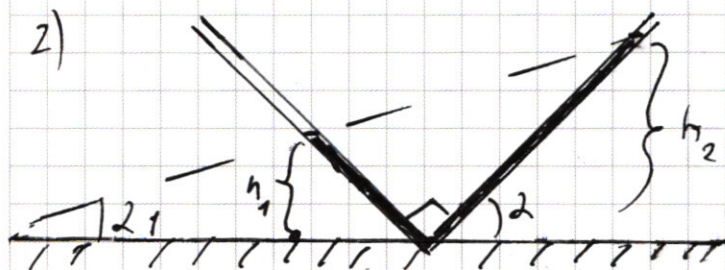
$$a_y = \omega^2 (R + L)$$

$$P_2 = m (g - \omega^2 (R + L) \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cos \alpha$$

Ответ: $mg \cos \alpha$; $m (g - \omega^2 (R + L) \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cos \alpha$



Дано: $h_1 = 0,1 \text{ м}$
 $a = 4 \text{ м/с}^2$; $\alpha = 45^\circ$
 Найти: h_2 ; V



Решение:

1) Рассмотрим произвольный сосуд, движущийся с ускорением a . Выделим вблизи поверхности "кусочек" жидкости массой m .

По 2-му и 3-му Ньютонам:

$$\begin{cases} \text{Oy: } F_A \cos \alpha = mg \\ \text{Ox: } F_A \sin \alpha = ma \end{cases} \Rightarrow \frac{a}{g} = \tan \alpha$$

Вернемся к нашей задаче:

$$\begin{cases} \tan \alpha = \frac{a}{g} \\ \tan \alpha = \frac{h_2}{h_2 \tan \alpha + h_1 \tan \alpha + h_1 \tan \alpha} \end{cases} \Rightarrow$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$\frac{a}{g} h_2 + \frac{a}{g} h_1 + h_1 = h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{\frac{a}{g} + 1}{1 - \frac{a}{g}} h_1$$

$$h_2 = \frac{a+g}{g-a} h_1, \quad h_2 = \frac{14}{6} \cdot 10 = 23,3 \text{ см}$$

3(7); 2-3

M — масса боба v — его скорость отн. трубки:

$$\frac{Mg h_1}{2} \cdot \frac{h_1}{h_1 + h_2} + \frac{Mg h_2}{2} \cdot \frac{h_2}{h_1 + h_2} = \frac{Mv^2}{2} + \frac{Mg(h_1 + h_2)}{4}$$

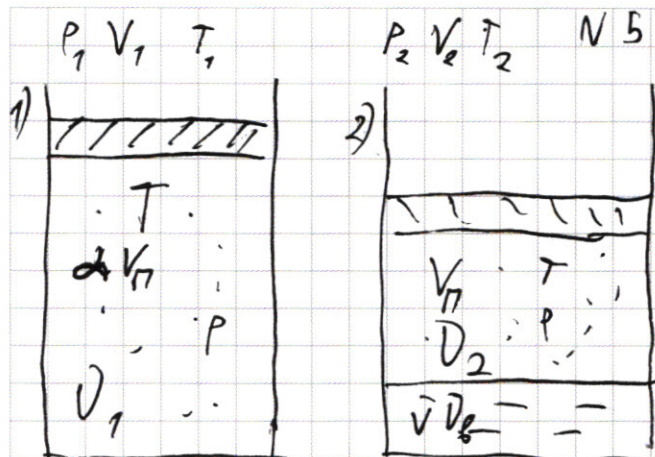
$$\frac{g}{2} \cdot \frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1 + h_2} = \frac{v^2}{2} + \frac{g}{2} \cdot \frac{h_1 + h_2}{2}$$

$$v^2 = g \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1 + h_2} - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)$$

$$v = \sqrt{g \frac{(h_2 - h_1)^2}{2(h_1 + h_2)}}$$

$$v = \sqrt{10 \cdot \frac{(23,3)^2}{2 \cdot (33,3) \cdot 0,01}} = 13,3 \cdot \sqrt{\frac{0,75}{10^{-2}}} \approx 53,3 \text{ см/с}$$

Ответ: 23,33 см; 53,3 см/с
(0,23 м) (0,53 м/с)



Дано: $T = 300 \text{ K}$;

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3; M = 18 \text{ г/моль}$$

$$\alpha = 5,6$$

Найти: $\frac{\rho_n}{\rho}; \frac{V_n}{V}$

Решение:

Пар насыщенный как вначале, так и в конце $\Rightarrow$

$$P_1 = P_2 = P = P_{\text{нас}} \Rightarrow \rho_{\text{п нас}} = \rho_1 = \rho_2 = \rho_n$$

$$T_1 = T_2 = T \text{ (изотерма)}$$

из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$\left. \begin{aligned} \alpha P V_n &= V_1 R T \\ P V_n &= V_2 R T \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \alpha$$

$$V_0 = V_1 - V_2 = V_2 (\alpha - 1)$$

$$\left\{ \begin{aligned} V_0 &= \frac{m_0}{\rho_0} = \frac{V_2 (\alpha - 1) \cdot M}{\rho} \\ V_n &= \frac{V_2 R T}{P} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_n}{V_0} = \frac{R T \rho}{(\alpha - 1) M P}$$

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

$$\frac{\rho_n}{\rho} = \frac{18 \cdot 3,55 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 300 \cdot 1} \approx 2,55 \cdot 10^1$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{8,31 \cdot 300 \cdot 1}{4,6 \cdot 18 \cdot 3,55 \cdot 10^3} = \frac{4,6}{2,55 \cdot 10} \approx 1,82 \cdot 10^{-1}$$

Ответ: $\frac{1,82}{10}; 2,55 \cdot 10^1$ (25,5; 0,182)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{\frac{10}{2} \cdot \frac{1}{0,1(3)}} \cdot 0,1(3) = \sqrt{15} \cdot 0,1(3)$$

$$\frac{6 \cdot 10 \cdot 3,55}{8,37} = \frac{7,1 \cdot 3 \cdot 10}{8,37} \approx \frac{213}{8,37} \quad 8,37 \cdot 25 =$$

$$\left(\frac{h_1 - h_2}{2}\right)^2 g = \frac{v^2}{2} / \eta, \epsilon h_2$$