

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

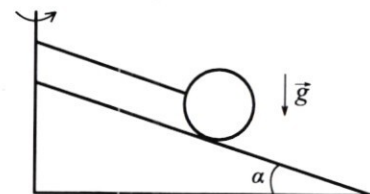
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

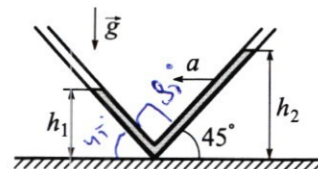


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.



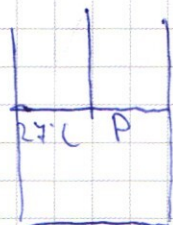
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$pV = \nu RT$$

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

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

$$\rho_n = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{8,3 \cdot 300} = \frac{35,5 \cdot 18}{6,6 \cdot 3} = 0,025 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \text{const, т.к. пар. не меняется.}$$

$p = \text{const}$, V — объем в конце.

$$\nu = \frac{m}{M}; m = \nu M = pV$$

$$V = \frac{\nu M}{p} \quad (a)$$

$$p \nu V_n = \nu_1 RT$$

$p \nu V_n = \nu_2 RT$, ν_2 — количество молекул в-ва пара
 $\nu_1 - \nu_2 \neq$ молекул в-ва в начале в конце.

$\frac{V_n}{V_0} = ?$ V_n — начальный объем в цилиндре (предположим объем в начале)

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{0,025}{1000} = \frac{25 \cdot 10^{-4}}{1000} = 0,25 \cdot 10^{-4}$$

$$\nu_1 = \frac{V_1 M}{p}; \nu_2 = \frac{V_2 M}{p}$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{\nu_2 M \cdot p}{\rho_n (\nu_1 - \nu_2) M} = \frac{p \nu_2}{\rho_n (\nu_1 - \nu_2)}$$

$$\nu_1 = \frac{p}{\rho_n} \cdot \frac{1}{\gamma - 1}$$

$$V_n = \frac{\nu_2 RT}{p} = \frac{\nu_2 M}{p}$$

$$\frac{V_n}{V_0} = 4 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{4,6} \approx 0,04 = 0,04 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{\nu_2}{\nu_1 - \nu_2} = \frac{1}{\gamma - 1}$$

$$\gamma = \frac{\nu_1}{\nu_2}$$

$$\frac{\nu_1 - \nu_2}{\nu_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} - 1 = \gamma - 1 \quad (b)$$

☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

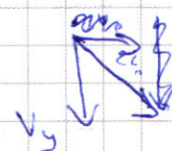
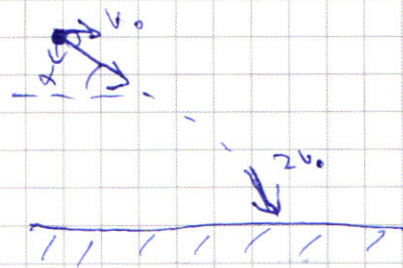
Страница № 1

(Нумеровать только чистовики)

Ответ: 1) $0,25 \cdot 10^{-4}$ 2) 10^4 .

21.

$v_y = ?$



$$4v_0^2 = v_y^2 + v_x^2$$

$$\begin{cases} H = v_0 \sin \alpha \cdot T + \frac{gT^2}{2} \\ H = \frac{v_0 \sin \alpha + v_y}{2} \cdot T \\ H = \frac{v_y^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \end{cases}$$

$$3) \text{ (a) } mgh = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{m(v_0 \sin \alpha)^2}{2}$$

$$gh + \frac{v_y^2}{2} = \frac{v_0^2}{2}$$

$$4v_0^2 - v_0^2 = 2gh$$

$$3v_0^2 = 2gh \Rightarrow H = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 10^4}{2 \cdot 10} = \frac{300}{20} = 15$$

$$2gh = v_y^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$v_y^2 = 2gh + v_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$v_y = \sqrt{2gh + v_0^2 \sin^2 \alpha}$$

$$\begin{aligned} v_y &= \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 15 + 10^2 \cdot \frac{1}{4}} = \sqrt{300 + 25} = \sqrt{325} \text{ м/с} \\ &= \sqrt{25 \cdot 13} = 5\sqrt{13} \end{aligned}$$

Ответ на (1)

$$\begin{aligned} 2H &= (v_0 \sin \alpha + v_y) T \Rightarrow T = \frac{2H}{v_0 \sin \alpha + v_y} = \frac{2 \cdot 15}{10 \cdot \frac{1}{2} + 5\sqrt{13}} = \frac{6}{5 + 5\sqrt{13}} = \frac{6}{5(1 + \sqrt{13})} \text{ с} \end{aligned}$$

— Ответ на (2)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Р-7
Зн:

$$OX: mg \sin \alpha = T$$

$$OY: N = mg \cos \alpha$$

$N = P$ по модулю.

$$P = mg \cos \alpha$$

P_2 ?

Вращение с ω :

$$a_{\text{цм}} = \omega^2 (R + r)$$

радиус до
м. центра
вращения

Радиус до оси вращения $a_{\text{цм}}$:
 $\cos \alpha (L + R)$

$$a_{\text{цм}} = \omega^2 \cos \alpha (L + R)$$

Изн:

OX :

$$T + m a_{\text{цм}} = mg \sin \alpha$$

OY :

$$N = mg \cos \alpha$$

OX :

$$m a_{\text{цм}} \cos \alpha = T - mg \sin \alpha$$

OY :

$$m a_{\text{цм}} \sin \alpha = mg \cos \alpha - N$$

$$N = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L + R) \cos \alpha \sin \alpha$$

$$N = P_2 \text{ по модулю. } P_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha)$$

В2.

Т.к. человек оказывает
необходимую, силу, с

и. он действует на
плату, равно
силе

трения, с и. он ~~действует на систему~~ действует.

на него. Он действует на систему с той же

$F_{тр}$ модулю. (III закон) $\Rightarrow$ Система, к которой действует
система $2F_0$.

Каждый корпус $\Rightarrow$ тел. может двигаться с корпус другой,
только

Все $F_{кс}$ тел. ~~двигается~~ тел. действует на систему; тогда

$F_{кс}$, с и. ~~система~~ без тел. действует на плат

$$Mg = 2mg$$

Общая сила давления на плат при

$$F_{общ} : mg + 2mg = (3mg) \quad \text{— Ответ на (1)}$$

$$2) \quad 2F_0 = F_{тр} = 3mg$$

$$F_0 = \frac{3}{2} mg \quad \text{— и.к. сила — Ответ на (2)}$$

$$3) \quad 2F - F_{тр} = (m+M)a \Rightarrow a = \frac{2F - 3mg}{3m}$$

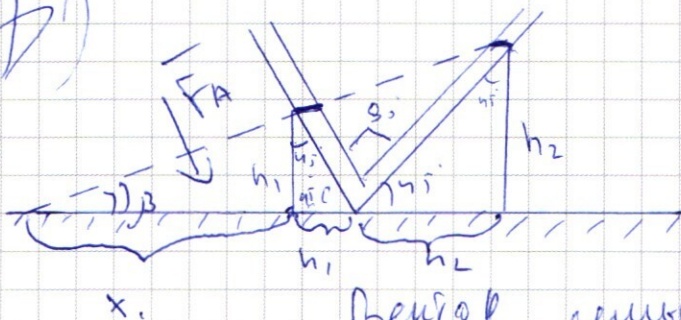
$$S = v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2} \quad ; \quad S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow 2S = at^2$$

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad ; \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3mg}}$$

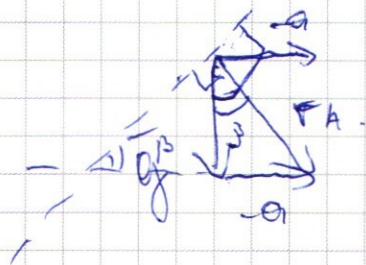
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$(p_0 - p) S = m g \sin \alpha$$

а) 1)



Вектор силы Архимеда направлен вверх.



Углы α и β - с одной стороны перпендикулярны.

$$\tan \beta = \frac{\alpha}{g} = 0,4$$

$$\tan \beta = \frac{h_1}{x} \Rightarrow x = \frac{h_1}{\tan \beta} = 25 \text{ см}$$

Углы наклона большого и малого

треугольника:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{x + h_1 + h_2}{x}$$

$$1 + \frac{h_1}{x} + \frac{h_2}{x} - \frac{h_2}{h_1} = 0$$

$$h_2 \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{h_1} \right) = -1 - \frac{h_1}{x}$$

$$h_2 = \frac{1 + \frac{h_1}{x}}{\frac{1}{x} - \frac{1}{h_1}} = \frac{1 + 0,4}{0,1 - 0,04} = \frac{1,4}{0,06} = 23 \text{ см}$$

Получено
полн

§. 2) & масса внутри будет оставаться
под действием

При изменении ширины, т.е. изменении разности
уровней масса протечет. $\Rightarrow$ & масса
будет за счет разности из-за разности давлений
Всеголишу трудит.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on grid paper:

Diagram 1 (Top Left): A rectangle with dimensions $1,4 \cdot 0,06$. Below it, a calculation: $\frac{14 \cdot 10^{-1}}{6 \cdot 10^{-2}} = 23 \text{ см.}$

Diagram 2 (Top Center): A triangle with height h_2 and base h_1 . To the right, a calculation: $\frac{1}{25} = 0,04$. Below that, $0,10 - 0,04 = 0,06$. Further right, $\frac{1}{10} - \frac{1}{25} = \frac{1}{50}$. Below that, $\frac{25 - 10}{250} = \frac{1}{50}$.

Diagram 3 (Top Right): A triangle with height h_2 and base h_1 . To the right, a calculation: $\frac{7}{10} - \frac{13}{2,3}$.

Diagram 4 (Middle Left): A triangle with height h_2 and base h_1 . To the right, a calculation: $\frac{1000}{0,025} = 4 \cdot 10^4$. Below that, $\frac{1000}{250 \cdot 10^{-4}} = 0,213 \cdot 10^4$. Further right, $\frac{12,5}{3,5 \cdot 1000} = 3,57$.

Diagram 5 (Middle Right): A triangle with height h_2 and base h_1 . To the right, a calculation: $\sqrt{125} = 5\sqrt{5}$.

Diagram 6 (Bottom Left): A triangle with height h_2 and base h_1 . To the right, a calculation: $\frac{PM}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{9,5 \cdot 1000}$.

Diagram 7 (Bottom Center): A triangle with height h_2 and base h_1 . To the right, a calculation: $\frac{1}{1 + \frac{h_1}{x}} + \frac{h_2}{x} = \frac{h_2}{h_1}$.

Diagram 8 (Bottom Right): A triangle with height h_2 and base h_1 . To the right, a calculation: $\frac{1}{1 + \frac{h_1}{x}} + \frac{h_2}{x} = \frac{h_2}{h_1}$.

$$p = \frac{RT}{V} \quad p = \frac{\frac{m}{M} RT}{V} \quad ; \quad p = \frac{pRT}{V}$$

$$pV = RT$$

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

$$M p V = m R T$$

$$M p = p R T \quad \rho = \frac{M p}{R T} =$$

$$\left(\frac{m}{m^3} \right) = \frac{0,018 \cdot 3,55 \cdot 10^3}{8,5 \cdot 300} =$$

$$= \frac{18 \cdot 3,55}{8,5 \cdot 300} =$$

$$= \frac{63,9}{8,5 \cdot 300} =$$

$$\frac{21,3}{300}$$

$$\frac{21,3}{8,5 \cdot 100} \quad \frac{21,3}{850} =$$

$$= 0,025 \frac{m}{m^3}$$



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)

