

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

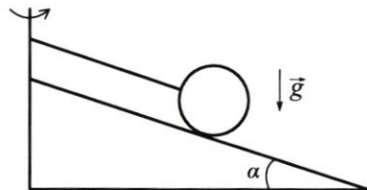
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

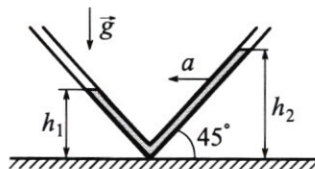


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

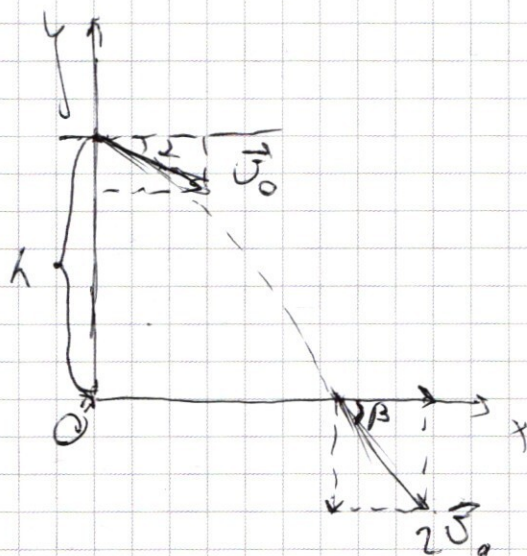


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



- 1) П.т.к на пайку не действуют горизонтальные силы натяжения:

$$U_0 \cdot \cos \alpha = 2U_0 \cdot \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2}$$

$$\sin^2 \beta = 1 - \cos^2 \beta = 1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}$$

(где U_y — вертикальная составляющая скорости)

$$U_y = 2U_0 \cdot \sin \beta = 2U_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}}$$

$$U_y = \sqrt{4 - \frac{3}{4}} \cdot 20 = \sqrt{13} \cdot 5 \approx 18 \text{ м/с}$$

$\sqrt{13} \approx 3,6$

$$U_y = 2U_0 \cdot \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}} \cdot 2U_0$$

$$U_y = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} \cdot 20 = \sqrt{13} \cdot 5 \approx 18 \text{ м/с}$$

$$2) t = \frac{U_{0y} - U_{0y}}{2a} = \frac{-U_0 \cdot \sin \alpha + 2U_0 \cdot \sin \beta}{2g}$$

$$t = 10(2 \cdot 0,9 - 0,5)$$

$$t = \frac{10(2 \cdot 0,9 - 0,5)}{2 \cdot 10} = \frac{1,3}{2} = 0,65 \text{ с}$$

$$3) h = \frac{(2U_0 \cdot \sin \beta)^2 - (U_0 \cdot \sin \alpha)^2}{2g}$$

$$h = \frac{1,8^2 \cdot 10^2 - 0,5^2 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = \frac{(3,24 - 0,25) 10}{2}$$

$$= 2,99,5 \approx 14,95 \text{ м}$$

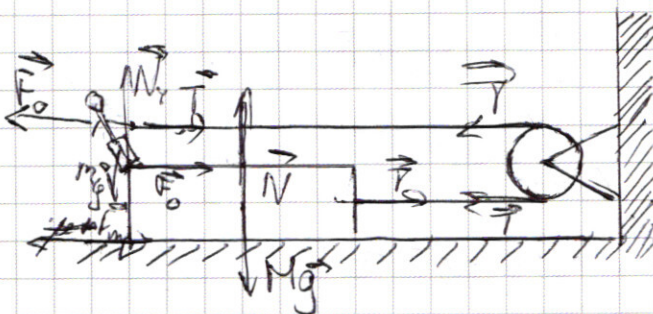
Отв: 1) 14,95 м

2) 0,65 с.

3) 14,95 м.

2) Так как человек упирается ногами, то сила с которой человек тянет передается бруску

2. Итого:



$\vec{F}_{\text{тр}} + \vec{T} + \vec{F}_0 + \vec{N} + m\vec{g} = 0$
(при таком случае F_0 - сила, к которой движется равнодействующая)

$$m\vec{g} + \vec{N} = \vec{F}_0 + \vec{T} = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} F_0 = T \\ N = Mg + mg \\ F_0 + T - F_{\text{тр}} = 0 \end{cases}$$

$$2F_0 \leq \mu(M+m)g$$

$$F_0 \leq \frac{3\mu mg}{2}$$

1) $N = (M+m)g \approx 3mg$
т.к. на опору
давит брусок,
а на брусок сидит

$$3) \begin{cases} F - T = ma \\ F + T - F_{\text{тр}} = Ma \end{cases}$$

$$a \leq \begin{cases} F + ma \leq T \\ 2F + ma - \mu 3mg = 2ma \end{cases}$$

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

$$S = \frac{at^2}{2}$$

$$t \leq \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5m}{2F - 3\mu mg}}$$

Результат

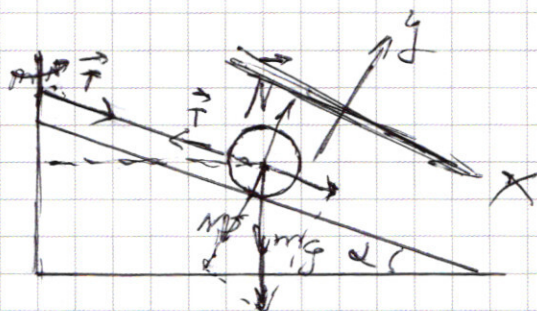
1) ~~$\frac{3\mu mg}{2}$~~ $3mg$

2) $\frac{3\mu mg}{2}$

3) $\sqrt{\frac{2 \cdot 5m}{2F - 3\mu mg}}$

13.

1)



$$\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = 0$$

$$\text{Ox: } T = mg \cdot \sin \alpha$$

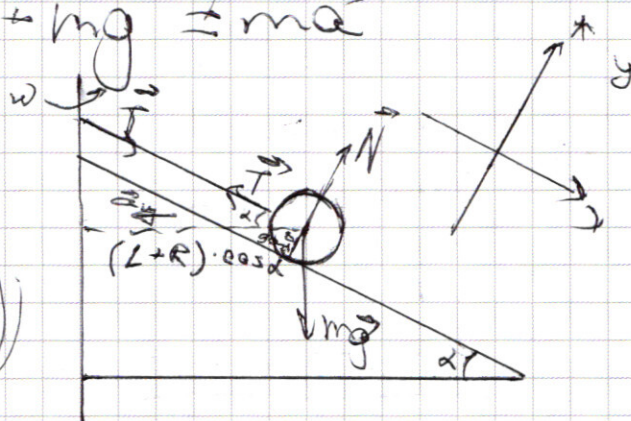
$$\text{Oy: } N = mg \cos \alpha$$

2) ~~1)~~ $\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$

$$a_y = \frac{v^2}{Rr} = \omega^2 r$$

$$r = (L+R) \cos \alpha$$

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



$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} = m\vec{a}$$

$$mg \cos \alpha - N = m a_y \sin \alpha$$

$$N = m (g \cos \alpha - a_y \sin \alpha)$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ:

$$1) mg \cdot \cos \alpha$$

$$2) m (g \cos \alpha - \omega^2 (L+R) \cos \alpha \cdot \sin \alpha)$$

вб.

1) ~~Вид~~ так как на
переходе из состояния
состояние переходит в жидкое, а
также процесс происходит при
неизменности

1) Из закона Менделеева-Клапейрона:

$$\rho V = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\begin{array}{r} 710 \quad 1237 \\ - 554 \quad 25 \\ \hline 1560 \\ - 1389 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{m}{V} = \rho = \frac{p \mu}{RT}$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{R T_0}{R T} \Rightarrow p = p_0 \frac{T_0}{T}$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{R T_0}{R T} \Rightarrow \frac{p}{p_0} = \frac{1.10^3 \cdot 300}{7.1 \cdot 10^5} = \frac{3.3 \cdot 10^5}{7.1 \cdot 10^5} \approx 0.46$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{R T_0}{R T} \Rightarrow \frac{p}{p_0} = \frac{1.10^3 \cdot 300}{7.1 \cdot 10^5} = \frac{3.3 \cdot 10^5}{7.1 \cdot 10^5} \approx 0.46$$

2)

$$\cancel{PV} = \cancel{\mu} RT$$

$$\cancel{m} = \frac{\cancel{p} \cancel{V}}{RT}$$

$$p \frac{V}{5,6} = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\frac{V}{5,6} \text{ моль} \leftarrow m = \frac{pV}{RT \cdot 5,6}$$

$$m_0 = m - m_0 = \frac{4,6 p V}{RT \cdot 5,6}$$

$$V_0 = \frac{4,6 p V}{p \cdot RT \cdot 5,6}$$

$$\frac{V_0}{V} = \frac{\cancel{p} \cdot \cancel{V} \cdot \cancel{p} RT \cdot 5,6}{5,6 \cdot 4,6 \cdot p V}$$

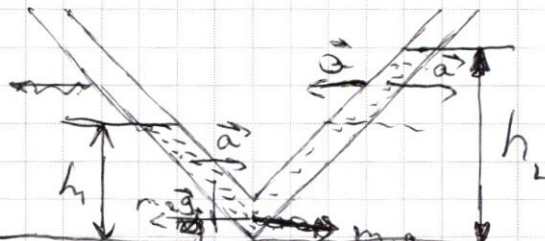
$$= \frac{pRT}{4,6 \cdot p \mu}$$

$$\frac{V_0}{V} = \frac{1000 \cdot \overset{2,47}{\cancel{8,31}} \cdot \overset{25}{\cancel{300}}}{\cancel{18} \cdot 10^3 \cdot \cancel{4,6} \cdot \overset{2,3}{\cancel{3,55}}} = \frac{10^3 \cdot 13,850}{1033} \approx 8,10^3$$

Answer: 1) $3 \cdot 10^{-5}$
2) $8 \cdot 10^3$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

✓4



1) по 3. Пускаем и к-ому закону Ньютона:
 $m_1 a + m_1 g \sin \alpha = m_2 g \sin \beta$

$$(h_1 + h_2) \sin \alpha = (h_2 - h_1) \sin \beta$$

$$h_1 \sin \alpha + h_2 \sin \alpha = h_2 \sin \beta - h_1 \sin \beta$$

$$h_1 (a + g) = h_2 (g - a)$$

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

$$h_2 = \frac{10 \cdot 14}{6} \approx 23 \text{ см}$$

$$h_2 \approx 23 \text{ см}$$

2)

П.к. скорость жидкости
ускор. упадет

$$v = \frac{4 \sqrt{13} \cdot 10^{-2} \cdot 4.3 \cdot 6 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1.4}} \approx \frac{(h_2 - h_1) \sin \alpha}{\sin \beta} \cdot \frac{v^2}{2a}$$

$$v \approx \frac{4.3 \cdot 6}{1.2} = 1.2 \text{ м/с}$$

1) 23 см
2) 1.2 м/с

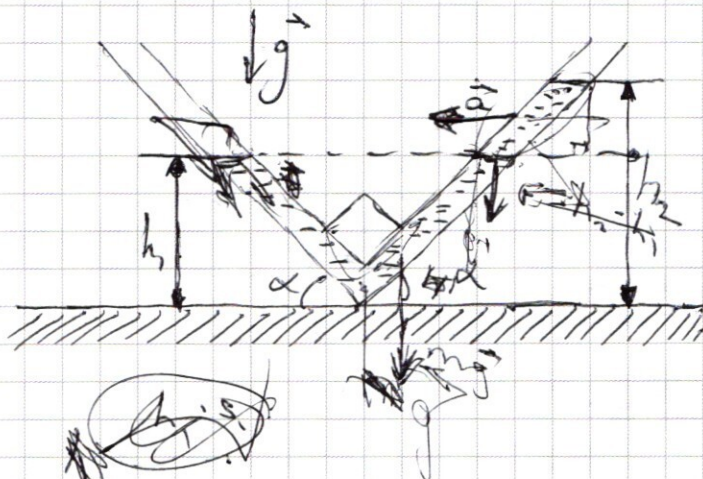
$$v = \sqrt{\frac{2a(h_2 - h_1)}{\sin \alpha}}; v = \sqrt{\frac{16 \cdot 13}{52}} \approx 1.2 \text{ м/с}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F = (h_2 - h_1) \cdot 5 \cdot 980 \cdot g$$

~~ma~~
~~mg~~
~~ma~~
~~mg~~
~~mg~~

$$\begin{array}{r} 3,6 \\ \times 3,6 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 12,96 \\) \\ 13,850 \quad 1633 \end{array}$$

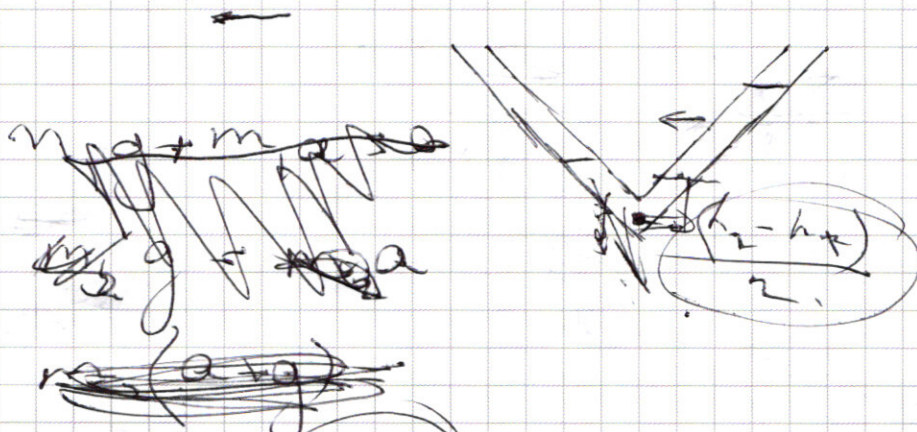
$$\begin{array}{r} -13850 \quad 1633 \\ 13034 \quad 5 \\ \hline 8160 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 122 \\ 1633 \\ \hline 11431 \\ 1633 \\ 8 \\ \hline 19064 \end{array}$$

$$V_p = DRY$$

$$\frac{RT}{P} = f$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 12,87 \\ \hline 13,85 \\ 23 \\ \hline 0,01 \\ 1013 \\ \hline 1,639 \end{array}$$



$$m_1 a + m_1 g \sin \alpha = m_2 g$$

$$m_1 a = (m_2 - m_1) g$$

$$m_1 a \sin \alpha = \rho (h_2 - h_1) \sin \alpha$$

$$a h_1 + a h_2 = h_2 g - h_1 g$$

$$h_2 \leq \frac{h_1 (a \sin \alpha)}{g - a}$$

$$h_{\text{max}} \leq \frac{10 \cdot 14}{6} = \frac{140}{6} \approx \frac{70}{3} \approx 23 \frac{1}{3}$$

$h_{\text{max}} \approx 23$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram 1 (Left): A particle is launched from height h on an inclined plane at angle α . The initial velocity is U_0 . The horizontal distance is $2U_0 \cos \beta$. The vertical distance is h .

Diagram 2 (Right): A particle is launched from height h on an inclined plane at angle α . The initial velocity is U_0 . The horizontal distance is $2U_0 \cos \beta$. The vertical distance is h .

Equations:

$$U_0 \cdot \sin \alpha = 2U_0 \cdot \sin \beta$$

$$U_0 \cdot \cos \alpha = 2U_0 \cdot \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{4} \left(1 - \frac{3}{16} \right) = \frac{13}{16}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$U_y = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$h = (2U_0 \cdot \sin \beta)^2 - (U_0 \cdot \sin \alpha)^2$$

$$2U_0 \cdot \sin \beta - U_0 \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2}$$

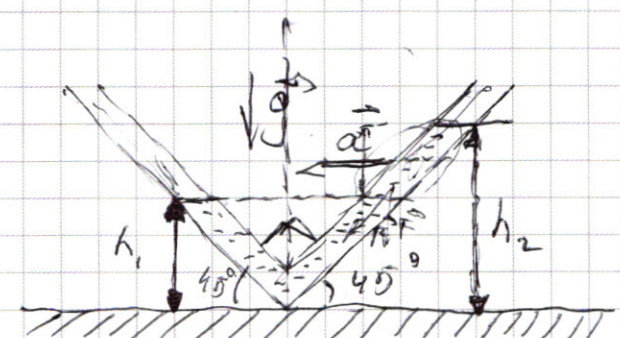
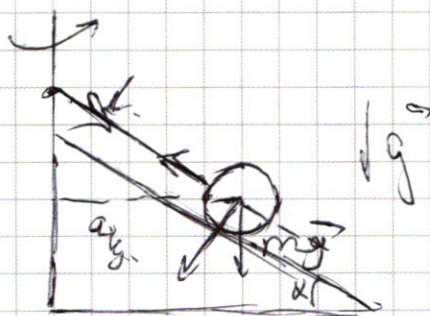
Free-body diagram (Bottom): A block of mass m is on a horizontal surface. Forces acting on it are: tension T to the right, normal force N upwards, weight Mg downwards, and friction F_0 to the left. The equation $F_0 + T = \mu(m+M)g$ is written.

Other calculations:

$$3,5 \cdot 3,5 = 12,25$$

$$x = \frac{3,5}{2} = 1,75$$

$$F_0 = T$$



$$pV = \nu RT$$

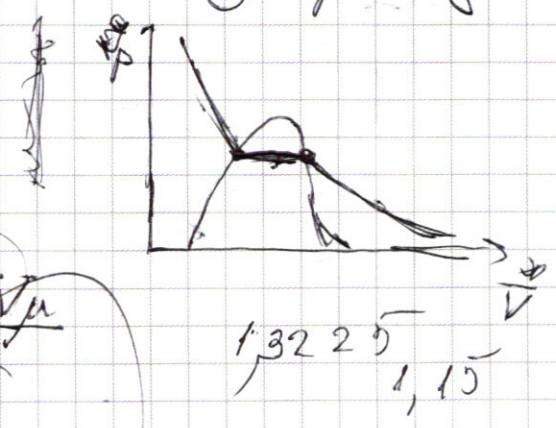
$$V = \frac{\nu RT}{p}$$

$$1) \frac{V_{\text{нагр}}}{V_{\text{нас}}} = 1$$

$\downarrow$
 $V_{\text{нагр}} = V_{\text{нас}}$

$$\frac{pM}{RT} = \frac{m}{V} = \rho$$

$$pV = \frac{mRT}{M}$$



~~$pV = \text{const}$~~
 $p = \text{const.}$

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

$$M = \frac{pV\mu}{5,6RT}$$

$$V_{\text{нагр}} = \frac{5,6 p V \mu}{RT \rho}$$

$$\frac{4,6 p \mu}{RT \rho}$$

1,2
1,44
1,1
1,1
1,21

$$\frac{4,6 \cdot 355 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 27} \cdot 100$$

$$\frac{106}{1,1}$$

355/5
71/-

1 4
1 4
+ 5 6
1 4
1 9 0