Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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 $\alpha = 30^0$ 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?

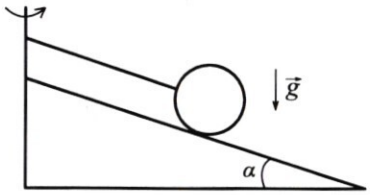
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с^2. Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

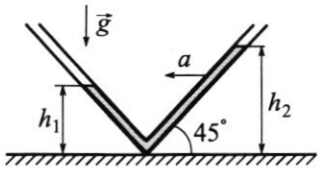
1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^0$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с^2 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/с^2. Действие сил трения пренебрежимо мало.



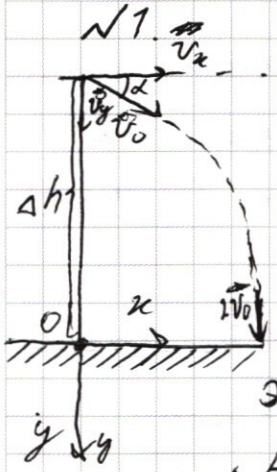
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27 ^{0}C и давлении $P = 3{,}55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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/см^3, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.



т.к на ~~шайбу~~ гайку действует только сила тяжести, то изменение кинетической энергии гайки = изменению её потенциальной энергии => ~~[illegible]~~ так и запишем

$$\Delta E_к = \Delta E_п$$

$$\frac{m(2v_0)^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = mg\Delta h$$

$$3v_0^2 = 2g\Delta h \Rightarrow \Delta h = 3\frac{v_0^2}{2g} = 3\frac{100}{20} = 15\,м$$ ответ

Δh => и есть высота с которой она падала.

пусть v_x и v_y - проекции нач. скор. v_0 на x и y => $v_x = const$ => в конце полета, пусть $v_{yк}$ - сост. скорости шайбы в конце пол =>

$$(2v_0)^2 = v_x^2 + v_{yк}^2$$

$$4v_0^2 = \cos^2\alpha \cdot v_0^2 + v_{yк}^2$$

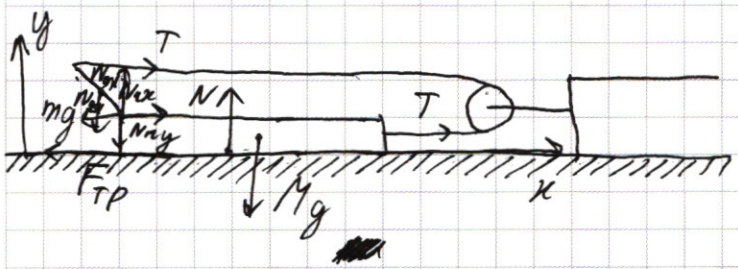
$$v_0^2\left(4 - \frac{3}{4}\right) = v_{yк}^2$$

$$v_{yк} = v_0\sqrt{\frac{13}{4}} = v_0\sqrt{3.25} \approx 10 \cdot 1.8 \approx 18\,м/с$$

тогда время полёта равно:

$$t_п = \underbrace{\left(\frac{(v_y + (v_y + v_{yк}))}{2}\right)^{-1}}_{\text{средняя скорость}} \cdot \Delta h = \frac{\Delta h \cdot 2}{v_0 \sin\alpha \cdot 2 + v_{yк}} = \frac{30}{28} \approx 1.05\,с.$$,ответ

№2.



запишем равенство сил для человека и ящика по вертикали:

$mg = N_{чy}$ его сила с котор. он действ. на ящик по верт. ($N_{чx}$ - по гориз.)

$N = Mg + N_{чy} = Mg + mg = 3mg$

мин. сила давл., теперь запишем равенство всех сил ещё и по горизонтали, когда ящик вот-вот поедет:

для человека: $T = N_{чx}$ - противоположна $N_{чx}$ и равна ей по модулю по 3 З.Н., $N_{яx}$ - аналогично. => $T = N_{чx}$; для бруска (ящика):

$T + N_{чx} = F_{тр}$

$2T = \mu N = 3\mu mg$, F_0 - минимальная сила с которой надо тянуть ч. и она равна T => $2F_0 = 3\mu mg$

$F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$, теперь пусть он тянет с пост. силой $F > F_0$ => $T = F$ => 2 З.Н. для бруска по гориз. =>

$Ma_x = T + N_{чx} - \mu N = 2T - 3\mu mg$ =>

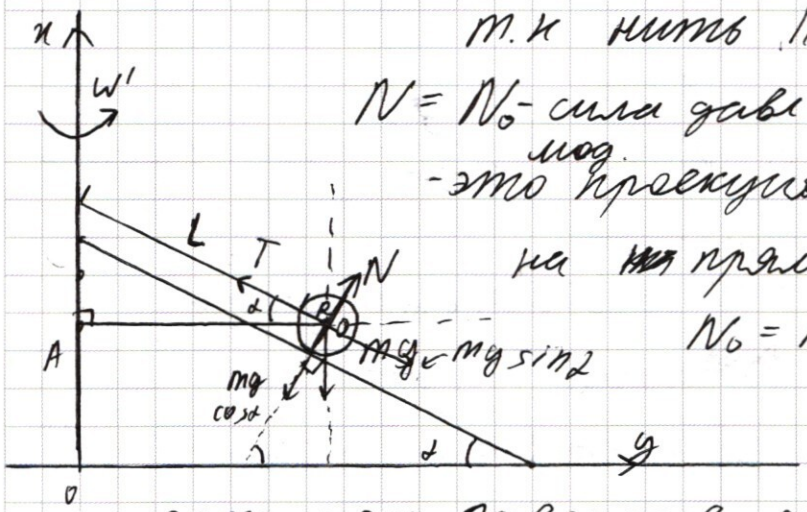
$a_x = \frac{2T - 3\mu mg}{2m} = \frac{T}{m} - \frac{3}{2}\mu g = \frac{F}{m} - \frac{3}{2}\mu g$

$\frac{a_x t_1^2}{2} = S$ => $t = \sqrt{\frac{2S}{a_x}} = \sqrt{\frac{2S}{\frac{F}{m} - \frac{3}{2}\mu g}}$ - Ответ.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.



т.к нить ∥ пл. клина, то

$N = N_0$ - сила давл на клин при $\omega' = 0$

- это мод. проекция силы тяжести на прям ⊥ пл. клина и => $N_0 = mg\cos\alpha$ - ответ, теперь, когда $\omega' = \omega$ =>

запишем равенство сил по x и y для шара; тогда $N = уже\ N_1$:

$x: T\cos\alpha = N_1\cos(90-\alpha) + m\omega^2(R+L)\cos\alpha$ (1)

$y: T\sin\alpha + N_1\cos\alpha = mg \Rightarrow N_1 = mg/\cos\alpha - T\,tg\alpha$ (2)

из (1):

$T = N_1 tg\alpha + m\omega^2(R+L)$ => подст в (2):

$$N_1 = \frac{mg}{\cos^2\alpha} - N_1 tg^2\alpha - m\omega^2(R+L)tg\alpha$$

$$N_1 = (mg\cos^{-1}\alpha - m\omega^2(R+L)tg\alpha)/(1+tg^2\alpha)$$

и это ответ.

№5.

Пусть m - масса пара в начальный момент, T - его температура, а $\rho_п$ - его плотность; тогда:

$$P\cdot\frac{m}{\rho_п}=\frac{m}{\mu}RT \Rightarrow \rho_п=\frac{P\mu}{RT}=\frac{3.55\cdot10^{3}\cdot18\cdot10^{-3}}{8.3\cdot(273+27)}$$

, сразу и перев. в $\frac{кг}{моль}$

$$=\frac{\overset{\approx 3.6}{3.55}\cdot18}{8.3\cdot300}\approx\frac{3.6\cdot6}{8.3\cdot100}=\frac{3.6\cdot6}{8\cdot100}=\frac{3\cdot3.6}{4\cdot100}=2.7\cdot10^{-2}\ кг/м^3$$

$$\Rightarrow\frac{\rho_п}{\rho_в}=\frac{2.7\cdot10^{-2}}{10^{3}}=2.7\cdot10^{-5}=0,000027 \text{ - ответ}$$

, перевёл $\rho_в$ в СИ, теперь пусть в начале объём пара был равен V, теперь найдем изменение объема пара ΔV и тогда объем воды $V_в$:

$$\Delta V=V-\frac{V}{\gamma}=V\left(1-\frac{1}{\gamma}\right)$$

$\frac{V}{\gamma}$ - объем пара после его уменьш. в γ раз

$$V_в=\frac{\Delta V\cdot\rho_п}{\rho_в}=V\left(1-\frac{1}{\gamma}\right)\cdot2.7\cdot10^{-5}=V\left(1-\frac{1}{\gamma}\right)\cdot\frac{P\mu}{RT\rho_в}$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{\frac{V}{\gamma}}{V_в}=\frac{\frac{V}{\gamma}}{V\left(1-\frac{1}{\gamma}\right)\cdot2.7\cdot10^{-5}}=\frac{V\cdot10^{5}}{V(\gamma-1)\cdot2.7}=$$

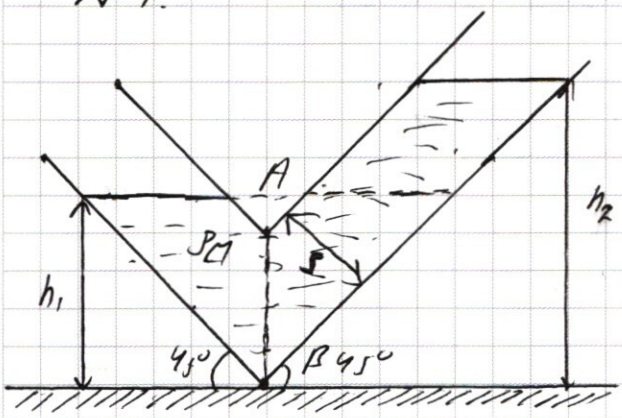
$$=\frac{10^{5}}{4.6\cdot2.7}\approx\frac{10^{5}}{12.5}=\frac{10^{6}}{125}=\frac{8\cdot10^{6}}{8\cdot125}=\frac{8\cdot10^{6}}{10^{3}}=$$

$=8000.$ - ответ

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.



Так как стенки сосуда наклонены и наклон под равн. углом, то разность сил на AB в левой и правой части должна сообщать ускорение a, всей массе воды по всей длине; так и запишем:

$$\rho_M g h_2 \frac{S}{\cos 45} - \rho_n g h_1 \frac{S}{\cos 45} = \rho_M (h_1+h_2) \cos 45 \cdot S \cdot a$$

$$\Downarrow$$

$$\rho_M g h_2 - \rho_n g h_1 = \rho_M (h_1+h_2) \cdot a$$

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

$$4 = 10\left(\frac{h_2-10}{h_2+10}\right)$$

$$4h_2 + 40 = 10h_2 - 100$$

$$6h_2 = 140$$

Ответ: $h_2 \approx$ 23см

№4. ч. 2.

далее, после остановки вода начнет колебаться => запишем ЗСЕ для самого верхнего уровня воды где $E_к = 0$ и для ~~[illegible]~~ точки равенства высот в коленах:

$$m_1 g (h_2 - h_1)/2 = \frac{m_1 v^2}{2} + m_1 g \frac{(h_2 - h_1)}{2} / 2$$

, масса бегающей части

(0 $E_п$ на высоте h_1) ⇓

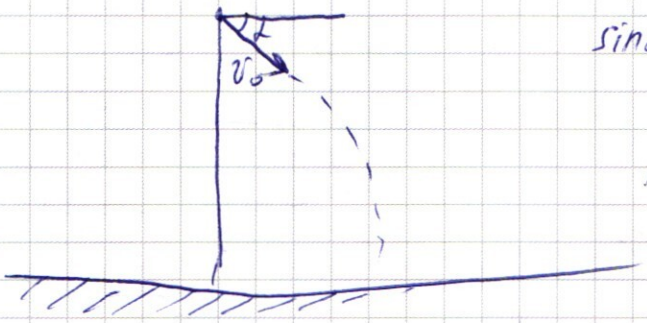
$$g \frac{(h_2 - h_1)}{4} = \frac{v^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{g\left(\frac{h_2 - h_1}{2}\right)} = \sqrt{5 \cdot 13 \cdot 10^{-2}} = \sqrt{0.65}$$

$\approx 0{,}8$ м/с

Ответ: 23 см; 0,8 м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

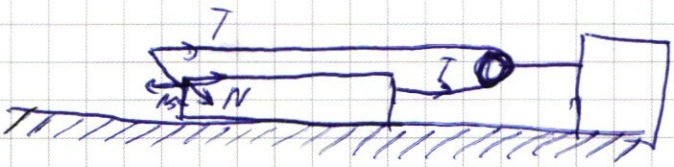


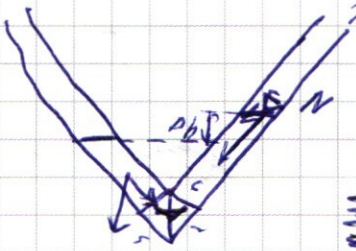
$\sin\alpha \cdot v_0 + \frac{gt^2}{2} = h$

3.6

$\Delta E_k = E_n$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 16 \\ \times\ 6 \\ \hline 116 \end{array}$$





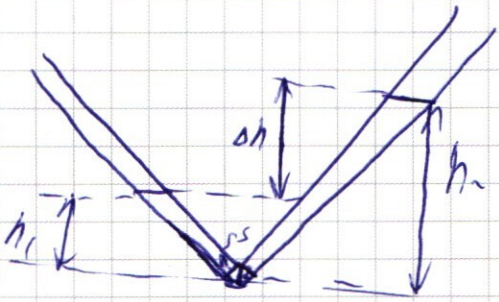
$3mg$

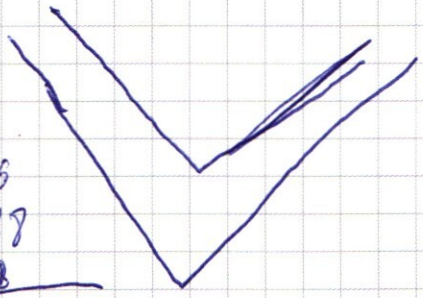
$2T =$

$N\cos\alpha = \rho S h_2 \cdot a$

$S\rho_в g h_2 \cos\alpha -$

$- \rho_в g h_1 \cos\alpha = \rho_в g S h a$

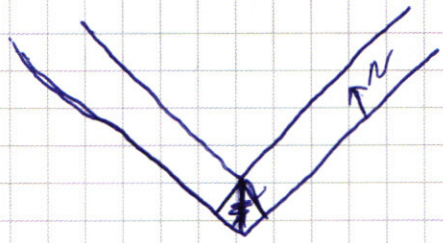




$$\begin{array}{r} 6 \\ 18 \\ \times\ 18 \\ \hline 144 \\ 180 \\ \hline 324 \end{array}$$

$T_н = 300\,K$

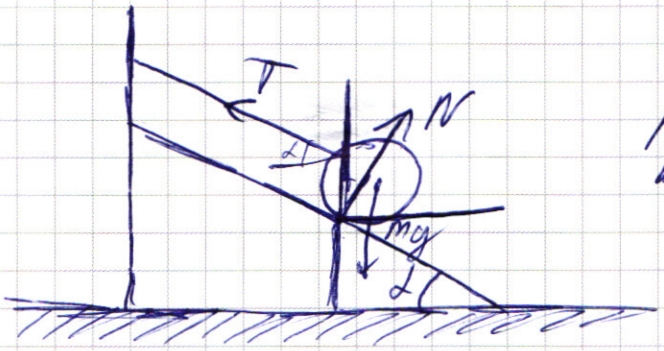
$P_н = 3{,}55 \cdot 10^{7}$



$P_н \cdot \frac{m}{\rho_п} = \frac{m}{\mu} RT$

$\frac{mg \sin\alpha}{s}$

$$\boxed{\frac{P_н \cdot \mu}{RT} = \rho_п}$$



$N = mg\cos^2\alpha - T\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = 0$

$mg\cos\alpha - T\,tg\alpha = N$

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

$\Delta V_п = V_п \cdot (1 - 5.6^{-1})$

$$\frac{V_п}{5.6\left(V_п\left(1-\frac{1}{5.6}\right)\cdot\frac{P_н \mu}{\rho_в RT}\right)}$$

$\Delta m_п = \Delta V_п \cdot \rho_п$

$V_в = \frac{\Delta m_п}{\rho_в} = \Delta V_п \cdot \frac{\rho_п}{\rho_в}$

$$\frac{V_п}{V_п(5.6-1)\cdot\frac{P_н \cdot \mu}{\rho_в RT}}$$

$$\begin{array}{r} 46 \\ \times\ 27 \\ \hline 322 \\ 92 \\ \hline 1242 \end{array}$$

$100 \cdot 8 = 800$

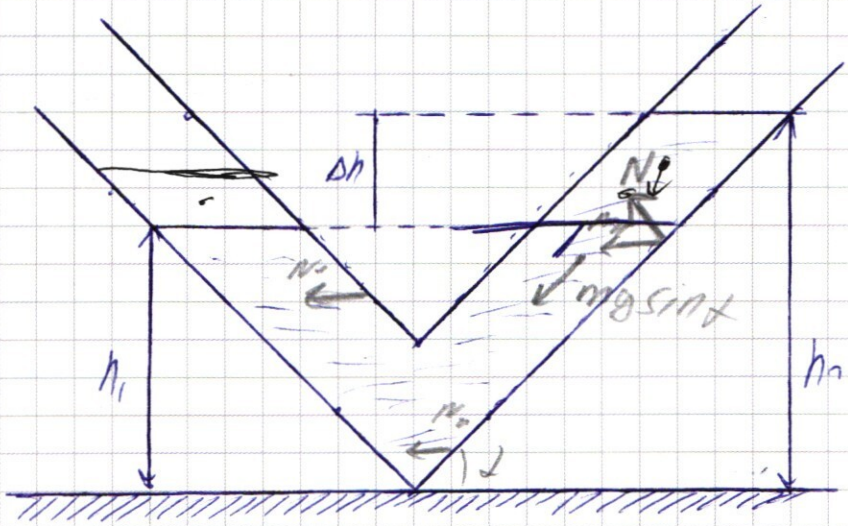
$2 \cdot 25 \cdot 4 = 100 =$

$= 1000$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$ma\cos\alpha$

$(a+g)\cos\alpha\, S$

$$\rho_в g h_2 S - \rho_в g h_1 S = a \cdot \rho(h_1+h_2)\cdot \cos^{-2}\alpha\, S$$

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)