Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

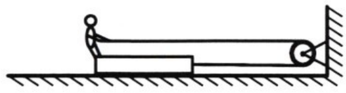
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^0$ 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/с^2. Сопротивление воздуха не учитывать.

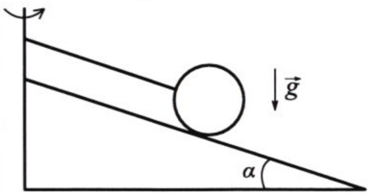
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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?

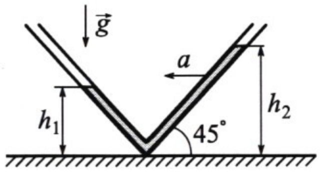
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L, привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

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 $\alpha = 45^0$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленах 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/с^2. Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95 ^{0}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/см^3, $\mu = 18$ г/моль.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

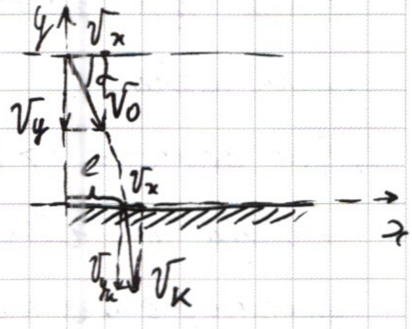
1) рассмотрим горизонтальную компоненту скорости камня. Она постоянна и равна $V_x = V_0 \cdot \cos\alpha$ (по модулю) т.к. α – угол к горизонту.

Тогда, по теореме Пифагора $V_к^2 = V_x^2 + V_{yк}^2$, где
$V_к$ – скорость в момент ~~падения на землю~~ соприкосновения с землёй
$V_{yк}$ – это вертикальная компонента скорости $V_к$ (по модулю)

Тогда $V_{yк} = \sqrt{V_к^2 - V_x^2} = V_0\sqrt{2,5^2 - \cos^2\alpha} = \cancel{V_0}\, 8 м/с \sqrt{2,5^2 - \cos^2 60°} = 8 м/с \sqrt{6,25 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = 8 м/с \sqrt{6}$ (~~нау~~ найдено по модулю)

2) Т.к. тело всегда приближалось к поверхности Земли, то вертикальная компонента всегда направлена вниз.

Тогда верен (рис 1)



Тогда время можно найти так

$$\tau = \frac{V_{yк} - V_y}{g} = \frac{V_0\sqrt{6} - V_0\sin\alpha}{g} = \frac{V_0}{g}\cdot\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 0,8с\cdot\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

3. Т.к. V_x – постоянная величина, то горизонтальное смещение камня равно $l = \tau\cdot V_x = V_0\cdot\cos\alpha\cdot\frac{V_0}{g}\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 3,2м\cdot\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

Ответ: $V_{yк} = \cancel{8 м/с}\; 8\cdot\sqrt{6}\cdot м/с \approx 19,51$ м/с
$\tau = 0,8\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)с \approx 2,54с$
$l = 3,2\cdot\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)м \approx 10,17м$

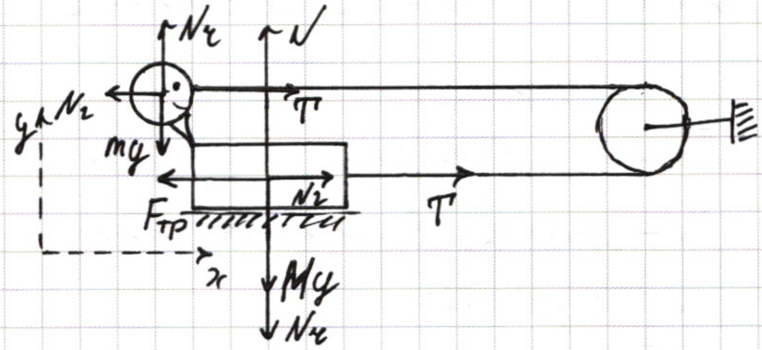
N 2

1) Сила реакции опоры, с которой действует человек на ящик может быть разложена на 2 составляющие.

$N_ч$ — вертикальная составляющая

$N_г$ — горизонтальная ~~ны~~ составляющая.

Учитывая это и 3 закон Ньютона выполним рисунок и расставим силы на нём.



Запишем условия равновесия на оси x и y

Человек $O.x.$ $N_г = T$

$O.y.$ $N_ч = mg$

Ящик $O.x$ $F_{тр} = N_г + T$

$O.y.$ $N = Mg + N_ч$

Тогда, сила с которой система действует на пол, $N = Mg + mg = 6mg$

2) Сила трения $F_{тр}$, когда ~~начал~~ ящик движется $F_{тр} = \mu N$

Тогда $\mu N = 2T \Rightarrow \mu 6mg = 2T \Rightarrow T = 3\mu mg$ — минимальная сила тяги

3) Т.к. если $T = F > F_0$ равенство $F_{тр} \pm 2T$ не может соблюдаться, тогда итоговая избыточная горизонтальная сила, действующая на систему равна $\Delta F = 2F - F_{тр} = 2F - 6\mu mg$

Эта сила совершила избыточную работу $\Delta A = S \cdot \Delta F$

и по закону сохранения энергии $\Delta A = \frac{6mv^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ скорость тела $v = \sqrt{\frac{S(2F - 6\mu mg)}{3m}}$

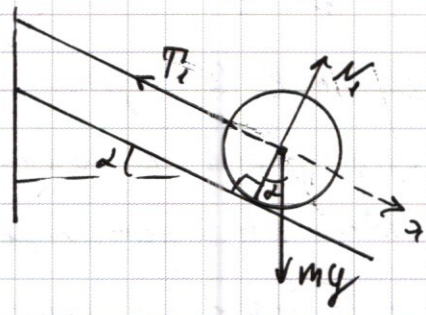
Ответ: 1) $N = 6mg$

2) $T = 3\mu mg$

3) $v = \sqrt{\frac{S(2F - 6\mu mg)}{3m}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



1) Выполним рисунок

Т.к. все 3 силы пересекаются в единой точке, то шар может находиться в состоянии равновесия

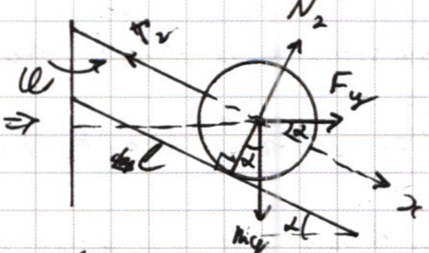
Запишем условие равновесия на ось x

$T_1 = mg\cdot\sin\alpha$

2) В случае вращения шара перейдём в его С.О. Выполним рисунок

Силы, действующие на шар пересекаются в 1 точке, его центре, ⇒

⇒ равновесие, шарику ∥ плоскости клина возможно. Запишем усл. равновесия на ось x



$T_2 = mg\cdot\sin\alpha + F_ц\cdot\cos\alpha$

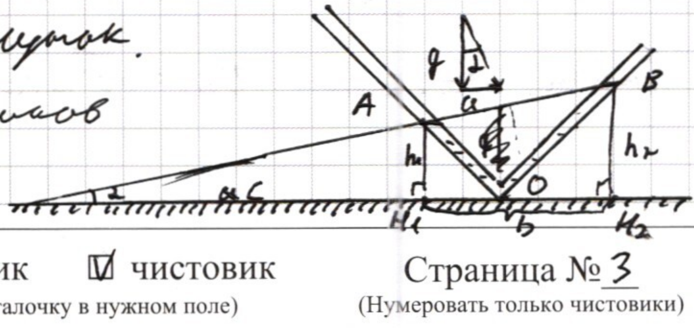
Посчитаем $F_ц = \omega^2\cdot m\cdot(L+R)\cdot\cos\alpha \Rightarrow T_2 = mg\cdot\sin\alpha + \omega^2 m(L+R)\cdot\cos^2\alpha$

Ответ: $T_1 = mg\cdot\sin\alpha$

$T_2 = mg\cdot\sin\alpha + \omega^2 m(L+R)\cdot\cos^2\alpha$

№4

1) Перейдём в С.О. трубки, получим новое ускорение свободного падения ~~шар~~ направлено под углом α к вертикали и линия, соединяющая поверхности жидкости перпендикулярна новому ускорению. Выполним рисунок.



Тогда из подобия треугольников

$\frac{CX}{h_1} = \frac{CX + b}{h_2} \Rightarrow CX\,h_2 = CX\,h_1 + b h_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow CX = b\,\frac{h_1}{h_2 - h_1}$

Т.к. $\triangle AH_1O$ и $\triangle$ ~~АН~~ BH_2O – прямоугольные с углом в $45°$, то
$AH_1 = H_1O = h_1$ $BH_2 = H_2O = h_2$ $\Rightarrow b = \cancel{H_1+H_2}\ h_1+h_2$
Тогда $c = \frac{h_1+h_2}{h_2-h_1}\cdot h_1$
Тогда $\frac{a}{g} = \frac{h_1}{c} \Rightarrow a = \frac{h_2-h_1}{h_1+h_2}\cdot g = \frac{1}{5}g = 2\,м/с^2$

2) Перейдём в С.О. уже равно двигающейся трубки.
Предположим ~~нечто с~~ некий Δh воды ушло из правой части $\Rightarrow$
$\Rightarrow$ в левой Δh воды стало больше. Тогда можно считать, что столб воды Δh опустили на некую высоту равную $h_2-h_1-\Delta h$ (Δh взяли вертикальную) предел трубки имеющей сечения S $\Rightarrow$ масса всей воды в ~~по~~ трубке $m_0 = (h_1+h_2)\sqrt{2}\,S\rho_B$
Запишем закон сохранения энергии для воды т.к.
~~Она движется~~ вся она движется с равной скоростью.
$$\frac{m_0\cdot v_B^2}{2} = \Delta h\cdot\sqrt{2}\cdot\rho_B S\cdot(h_2-h_1-\Delta h)\cdot g,$$ где $\Delta h\sqrt{2}\cdot\rho_B S$ – масса столба воды Δh, который переместился в левую часть
$h_2-h_1-\Delta h$ – высота на которую опустился его центр масс.

тогда: $$v_B^2\frac{(h_1+h_2)\sqrt{2}\,S\rho_B}{2} = \Delta h\sqrt{2}\,\rho_B S(h_2-h_1-\Delta h)\cdot g$$

$$v_B^2\,\frac{(h_1+h_2)}{2} = \Delta h(h_2-h_1)g - \Delta h^2 g \Rightarrow v_B \text{ – максим, если}$$

$\Delta h\,(h_2-h_1)g - \Delta h^2 g$ – максимально $\Rightarrow$
$\Rightarrow \Delta h = \frac{h_2-h_1}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_B = \sqrt{\frac{g(h_2-h_1)^2\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{4}\right)}{h_2+h_1}} = \sqrt{2}\,м/с \approx 1{,}41\,м/с$$

Ответ: $a = 2\,м/с^2$ $v_B = \sqrt{2}\,м/с \approx 1{,}41\,м/с$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

1) т.к. процесс изотермический, то давление водяного пара остаётся постоянным на протяжении всего опыта. Запишем уравнение Менделеева Клапейрона

$PV = \nu RT$

$PV = \frac{m}{\mu} RT$

$P\mu = \rho_n RT \Rightarrow \rho_n = \frac{P\mu}{RT} \approx 0{,}5\ г/м^3$

2) т.к. пар конденсируется, но его плотность остаётся неизменной, предположим, что его объём V, запишем систему

$V_{пн} = \frac{V}{\gamma}$ – новый объём пара

$V_в = \frac{(V - V_{пн}) \cdot \rho_n}{\rho_в} = V \frac{(\gamma - 1) \cdot \rho_n}{\rho_в \gamma}$ (т.к. в условии, что объём пара уменьшился в γ раз) тогда

$\frac{V_{пн}}{V_в} = \frac{\rho_в}{(\gamma - 1)\rho_n} = \frac{20}{37} \approx 0{,}54$

Ответ: $\rho_n \approx 0{,}5\ г/м^3$

$\frac{V_{пн}}{V_в} \approx 0{,}54$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) пусть сечение трубки S, тогда $m_0=\sqrt{2}(h_1+h_2)\cdot S\cdot \rho_в$

при выгибании в правом колене на Δh ⇒

⇒ тогда эти кусочки $\sqrt{2}\Delta h\cdot S\cdot \rho_в=\Delta m$ ⇒ тогда эти ~~т.к.~~

$$(h_2-h_1-\Delta h)\cdot\Delta m\cdot g=\frac{m_0 v_в^2}{2}$$

$$2(h_2-h_1-\Delta h)\cdot\sqrt{2}\Delta h\cdot \cancel{S\rho_в}=\sqrt{2}(h_1+h_2)\cdot\cancel{S\rho_в}\cdot v_в^2$$

$$h_2\Delta h-h_1\Delta h-\Delta h^2=h_1+h_2$$

$\cancel{\Delta h^2=(h_1-h_2)\Delta h}$

$$(h_2-h_1)\Delta h g-\Delta h^2 g=(h_1+h_2)v_в^2 \qquad v_в^{\max}=\sqrt{\frac{(h_2-h_1)^2\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{4}\right)}{h_1+h_2}g}$$

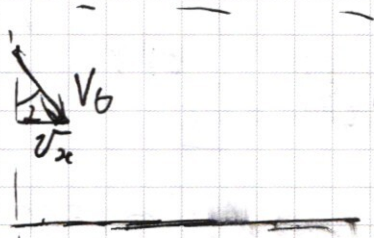
максимум это тогда, когда $\Delta h=\frac{h_2-h_1}{2}$

№5

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



$\frac{V_0}{2}\cdot\sqrt{3}$

$1{,}71 \cdot 1{,}71 = 2{,}9241$

$1{,}41 \cdot 1{,}41 = 1{,}9881$

$2{,}5 \cdot 2{,}5 = 6{,}25$

1. $V_x = V_0 \cdot \sin\alpha$

$V_{yн} = \sqrt{2{,}5^2 V_0^2 - V_0^2 \cdot \sin^2\alpha} = V_0\sqrt{6{,}25 - 0{,}75} = \quad \frac{3}{4} = 0{,}75$

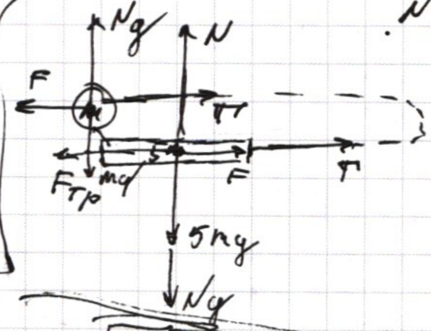
$= \sqrt{5{,}5}\, V_0 \quad \sqrt{\frac{5^2-3}{4}} = \sqrt{\frac{25-3}{4}} = \cancel{\frac{11}{2}} \quad \sqrt{5{,}5}\,V_0 = 8\sqrt{5{,}5}$ м/с

2. $t = \cancel{V_y - V_{yн}} = \frac{V_{yн} - V_y}{g} = \frac{\sqrt{5{,}5}\,V_0 - \frac{1}{2}V_0}{g} =$

$= \frac{8\sqrt{5{,}5} - 4}{10 \text{ м/с}}$

3. $S = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 \cdot t$

N2



$N = 5mg + N_g = 6mg$

$F = T \Rightarrow$

$F_{тр} = 2T$

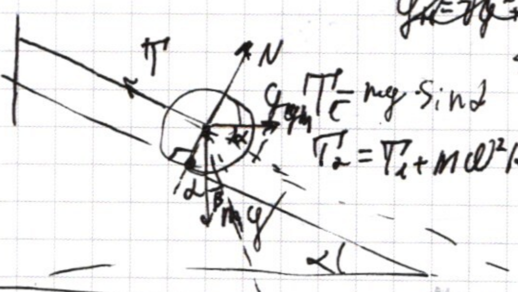
2. $\mu\, 6mg = 2T$

$T = 3\mu mg$

3. $(2F - 6mg)\cdot S = \frac{mV^2}{2}$

$V = \sqrt{\frac{4FS - 12mgS}{m}}$

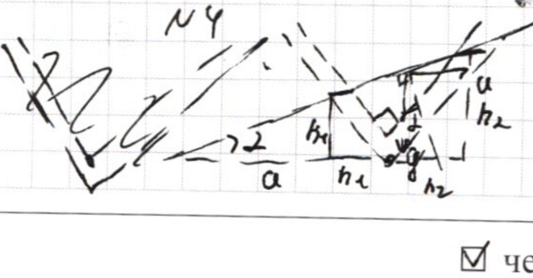
N3



$T_1 = mg\sin\alpha$

$T_2 = T_1 + m\omega^2 R\cos\alpha$

N4



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

$a h_2 = a h_1 + h_1^2 + h_1 h_2$

$(h_2 - h_1)a = h_1^2 + h_1 h_2$

$a = \frac{h_1^2 + h_1 h_2}{h_2 - h_1}$

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

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$\frac{4^2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{4}}{20} = \frac{4^2}{8} = 2$$

$\sqrt{2} = 1,41$

$\sqrt{3} = 1,73$

$$\frac{8,5 \cdot 10^4 \text{Па} \cdot 18 \text{г/моль}}{8,31 \cdot 368 \text{K}} \approx$$

$\approx 0,52$ г/моль

273 + 95 = 368

85 × 18 = 1530

1530 : 368K = 4

368 × 4 = 1472

$1,72 \times 1,72 = 1,9584$

$1,73 \times 1,73 = 1,9929$

1530 : 368 = 4,16

$\frac{2}{3,7} = \frac{20}{37}$

200 : 37 = 0,54

37 × 5 = 185

37 × 4 = 148

a

24

$2,5 \times 2,5 = 6,25$

$1,73 \times 1,41 = 2,4393$

$2,4393 \times 8 = 19,5144$

$8 \times 2 = 16 + 4 = 20$

$2,4393 + 0,865 = 3,3043$

$0,8 \times 3,3043 = 2,54344$

$2,54344 \times 4 = 10,17376$

1,73 : 2 = 0,865

черновик ☐ чистовик Страница №__

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