Часть 1

Олимпиада: **Физика, 9 класс (1 часть)**

Шифр: **21204070**

ID профиля: **195846**

Вариант 2

Чистовик №1

Обозначим скорость, с которой девочка бросала мячи, как $\vec{v}_0$, а время, прошедшее между бросками мячей, как t_1.

Введём ось Oy, направленную вертикально вверх. За точку отсчёта примем место, с которого девочка бросала мячи. Тогда координаты мячей по Oy до момента столкновения описываются так: (время отсчитывается с момента броска первого мяча):

1) $y_1(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$

2) $y_2(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \le t_1 \\ v_0(t-t_1) - \frac{g(t-t_1)^2}{2} & \text{при } t > t_1 \end{cases}$

так как ~~на~~ мячи ~~действует~~ летят с ускорением $\vec{g}$, направленным вниз.

Найдём t_1. Известно, что в момент t_1 первый мяч остановился, значит:

$$v_0 - gt_1 = 0 \qquad t_1 = \frac{v_0}{g}$$

Теперь найдём v_0. Известно, что в момент τ мячи столкнулись, значит, $y_1(\tau) = y_2(\tau)$

$$v_0\tau - \frac{g\tau^2}{2} = v_0\left(\tau - \frac{v_0}{g}\right) - \frac{g\left(\tau - \frac{v_0}{g}\right)^2}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{g} = \frac{-g\left(\tau - \frac{v_0}{g}\right)^2}{2} + \frac{g\tau^2}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{g} = \frac{g}{2}\left(\tau^2 - \tau^2 + 2\frac{\tau v_0}{g} - \frac{v_0^2}{g^2}\right)$$

Чистовик №2
продолжение 1

$$v_0^2 = \tau v_0 g - \frac{v_0^2}{2}$$

$$1{,}5 v_0^2 = \tau v_0 g \qquad v_0 = \frac{2}{3}\tau g$$

Максимальная высота, которой достиг первый мяч, равна $y_1(t_1)$, или $v_0 \cdot \frac{v_0}{g} - \frac{g\left(\frac{v_0}{g}\right)^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} = \cancel{\frac{8}{9}}\ \frac{2}{9} g\tau^2$

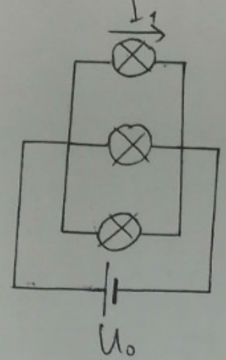
Второй мяч летел до столкновения $\tau - t_1$, или $\tau - \frac{v_0}{g}$, или $\tau - \frac{2}{3}\tau = \frac{1}{3}\tau$

Ответ: $\frac{1}{3}\tau$; $\frac{2}{9} g\tau^2$; $\frac{2}{3} g\tau$.

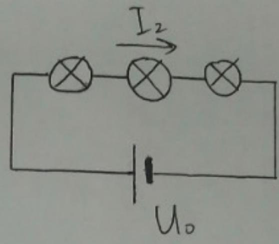
21204070 (U195846 M1280841)

Чистовик ~3
3

1)



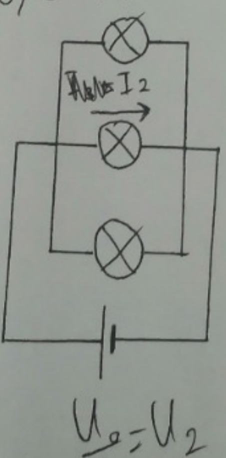
2)



Рассмотрим первый случай. Так как лампочки одинаковы и включены параллельно, то ~~на каждой~~ ~~напряжение на~~ разность потенциалов на концах каждой лампочки равны. Обозначим их U_1. Лампочки включены параллельно, значит, $U_1 = U_0$. Если ~~через~~ напряжения на лампочках равны, то равны и силы тока, проходящего через лампочки. Обозначим их I_1. $P_1 = I_1 \cdot U_1$, значит, $I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{P_1}{U_0} = 0{,}4$ А.

Рассмотрим второй случай. Так как лампочки одинаковы и включены последовательно, то напряжения на каждой лампочке равны U_2, а силы токов — I_2. $3U_2 = U_0 \Rightarrow U_2 = \frac{U_0}{3}$. $I_2 U_2 = P_2$, $I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{3P_2}{U_0} = 0{,}25$ А.

3)



$\frac{U_0}{3} = U_2$

Теперь рассмотрим третий случай. Аналогично первому случаю, разность потенциалов на каждой лампе равны $\frac{U_0}{3}$. Нам известно, что при напряжении $\frac{U_0}{3} = U_2$ через лампу проходит ток I_2, из второго случая. Тогда мощности на каждой лампе равны $\cancel{P_2}$ $U_2 \cdot I_2 =$

Чистовик №4
продолжение 3

$= P_2 = 0{,}5$ Вт.

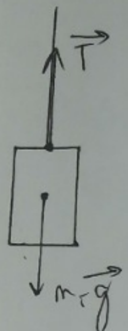
Ответ: 0,4А; 0,25А; 0,5Вт.

~~Черн~~ Чистовик ~5

2

Обозначим площадь поршня, его массу, массу груза как S, $m_п$, $m_г$ соответственно.

Рассмотрим силы, действующие на груз:

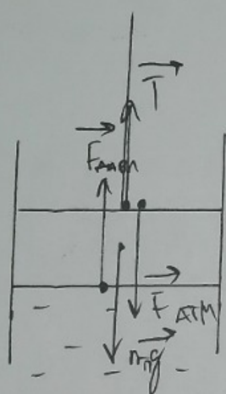


Так как груз не ускоряется, $\vec T + m_г \vec g = \vec 0$ по I закону Ньютона.

$T = m_г g$.

Также на груз действуют силы атмосферного давления, но они компенсируют друг друга.

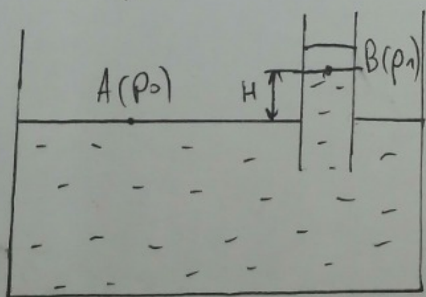
Рассмотрим силы, действующие на поршень:



Помимо силы тяжести $m_п \vec g$ и силы натяжения нити $\vec T$, на него действуют сила атмосферного давления $\vec F_{АТМ}$, равная по модулю $p_0 \cdot S$, и сила давления воды $\vec F_{ДАВЛ}$, равная по модулю $p_1 \cdot S$, где p_1 – давление в воде под поршнем.

Поршень не ускоряется, значит, по I з. Н., $\vec T + \vec F_{ДАВЛ} + \vec F_{АТМ} + m_п \vec g = \vec 0$, $T + F_{ДАВЛ} = m_п g + F_{АТМ}$

Найдем p_1.



Давление воды в точке A равно атмосферному (равно p_0). В то же время, оно равно давлению в точке B (p_1) + $\rho g H$.

$p_0 = p_1 + \rho g H$ $\quad p_1 = p_0 - \rho g H = 100$ кПа $- 1000$ кг/м$^3 \cdot 10$ м/с$^2 \cdot 0{,}2$ м $= 98$ кПа

Чистовик №6

продолжение 2

По доказанному ранее, $T + F_{давл} = m_п g + F_{атм}$.

$T + (p_0 - \rho g H)S = m_п g + p_0 S$

$m_г g + (p_0 - \rho g H)S = m_п g + p_0 S$

$m_г g = m_п g + \rho g H S \qquad m_г = m_п + \rho H S$

$m_п = m_г - \rho H S = 0{,}25кг - 1000кг/м^3 \cdot 0{,}2м \cdot 0{,}0009м^2 = 0{,}07кг = 70г.$

~~Найдём расстояние H_1, на котором~~

Найдём высоту H_1, на которую поднимется нижний край поршня от поверхности воды, если заменить груз $m_г$ на груз массой $m_1 = \frac{m_г}{10}$.

$m_1 g + (p_0 - \rho g H_1)S = m_п g + p_0 S$

$m_1 g - m_п g = \rho g H_1 S \qquad m_1 - m_п = \rho H_1 S$

$H_1 = \frac{m_1 - m_п}{\rho S} = -0{,}05м = -5см.$

$H_1 < 0$, значит, нижний край поршня не поднимется на H_1, а опустится на $-H_1 = 5$ см

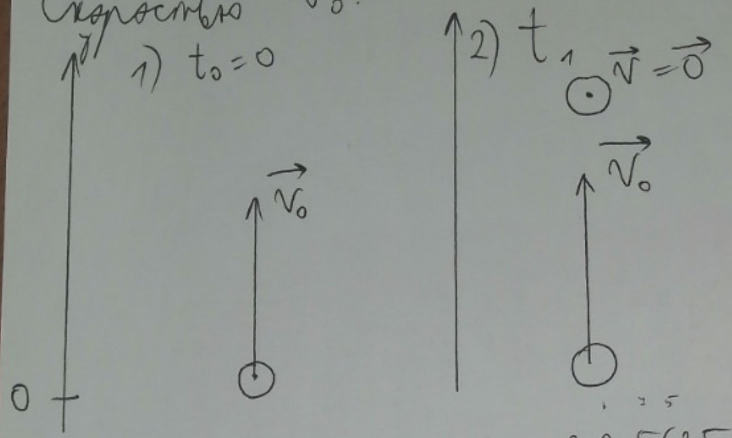
Ответ: 98кПа; 70г; 5см.

21204070 (U195846 M1280841)

~~Чистовик~~ ~1 Черновик

1

Пусть девочка бросала мячи с начальной скоростью v_0.



3) τ

8

0,5   0,25   0,125   0,0,5625   0,028125

0,000001

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 9 класс (2 часть)**

Шифр: **21204070**

ID профиля: **195846**

Вариант 2

Черновик

$\cancel{y = 3x - \frac{x^2}{5H} \cdot 4 = \frac{4}{5H}x^2 + 3x = y}$

$\cancel{-\frac{4}{5}H + 3H = H}$

$y = 3x - \frac{2x^2}{H}$

$H = 3H - 2H$ $\quad$ $H = 1{,}5H - 0{,}5H$

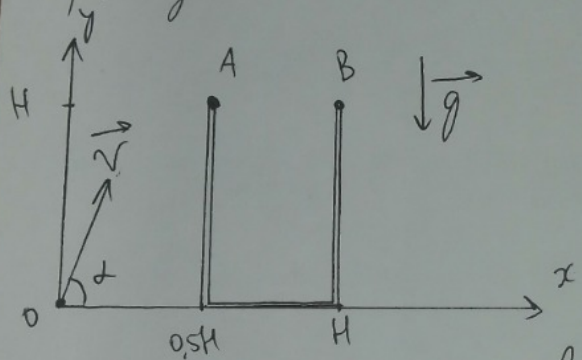
Чистовик №1

1) Если струя ~~воды~~ имеет площадь сечения S, и вода летит со скоростью v, то объемный расход воды равен $vS=\sqrt{2{,}5gH}\,S$

Найдем объем бочки. Площадь её дна равна $\pi\cdot(0{,}25H)^2=\frac{\pi}{16}H^2$, а её высота H, значит, её объём равен $\frac{\pi}{16}H^3$. Бочка наполнится за время

$$\frac{\frac{\pi}{16}H^3}{\sqrt{2{,}5gH}\,S}=\frac{\pi H^3\cdot\sqrt{2}}{16\cdot\sqrt{5Hg}\cdot S}=\frac{\pi H^2\cdot\sqrt{H}\cdot\sqrt{10}}{16\cdot 5\sqrt{g}\,S}=\frac{\pi H^2\sqrt{10gH}}{80gS}$$

2) Введём систему координат, как на картинке



Рассмотрим каплю воды, вылетевшую из шланга и не касающуюся бочки. Её перемещение за время t с момента её вылета из шланга $\vec{S}(t)$ равно $\vec{v}t+\frac{\vec{g}t^2}{2}$

$$\begin{cases} y(t)=v\sin\alpha\, t-\frac{gt^2}{2} \\ x(t)=v\cos\alpha\, t \end{cases}$$

$$t=\frac{x}{v\cos\alpha}$$

$$y(x)=x\cdot \operatorname{tg}\alpha-x^2\frac{g}{2v^2\cos^2\alpha}=x\operatorname{tg}\alpha-x^2\frac{g}{5gH\cdot\cos^2\alpha}=$$

$$=x\operatorname{tg}\alpha-x^2\cdot\frac{1}{5H}\cdot\frac{1}{\cos^2\alpha}=x\operatorname{tg}\alpha-x^2\frac{1}{5H}(1+\operatorname{tg}^2\alpha)$$

Чистовик №2

продолжение 5

Полёт капель воды в ~~данной~~ нашей системе отсчёта описывается уравнением $y = x\,tg\,\alpha - x^2 \frac{1}{5H}(1+tg^2\alpha)$

Найдём, при каких $tg\,\alpha$ струя попадёт в точку $A(0{,}5H;\ H)$

$$H = 0{,}5H \cdot tg\,\alpha - \frac{0{,}25H^2}{5H}(1+tg^2\alpha)$$

$$H = 0{,}5H \cdot tg\,\alpha - 0{,}05H - 0{,}05H\,tg^2\alpha$$

$$20H = 10H \cdot tg\,\alpha - H - H\,tg^2\alpha$$

$$20 = 10\,tg\,\alpha - 1 - tg^2\alpha$$

$$tg^2\alpha - 10\,tg\,\alpha + 21 = 0$$

$$(tg\,\alpha - 7)(tg\,\alpha - 3) = 0$$

при $tg\,\alpha = 7$ и $tg\,\alpha = 3$, или при $\alpha = 71{,}565°$ и ~~...~~ $\alpha = 81{,}870°$.

3) Найдём, при каких $tg\,\alpha$ струя пролетит выше точки $A(0{,}5H;H)$, но ниже точки $B(H;H)$:

$$\begin{cases} 0{,}5H\,tg\,\alpha - 0{,}05H - 0{,}05H\,tg^2\alpha > H \\ H\,tg\,\alpha - \frac{H^2}{5H}(1+tg^2\alpha) < H \end{cases}$$

$$\begin{cases} tg^2\alpha - 10\,tg\,\alpha + 21 < 0 \quad \text{(из п. 2)} \\ tg\,\alpha - \frac{1}{5} - \frac{1}{5}tg^2\alpha < 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} tg\,\alpha \in (3;7) \\ tg^2\alpha - 5\,tg\,\alpha + 6 > 0 \end{cases}$$

Чистовик №3
продолжение 5

$$\begin{cases} tg\,\alpha \in (3;7) \\ (tg\,\alpha-3)(tg\,\alpha-2)>0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} tg\,\alpha \in (3;7) \\ tg\,\alpha \in (-\infty;2)\cup(3;+\infty) \end{cases}$$

$tg\,\alpha \in (3;7)$

Струя ~~уже~~ попадёт в бочку при $3<tg\,\alpha<7$, или при $71{,}565°<\alpha<81{,}870°$.

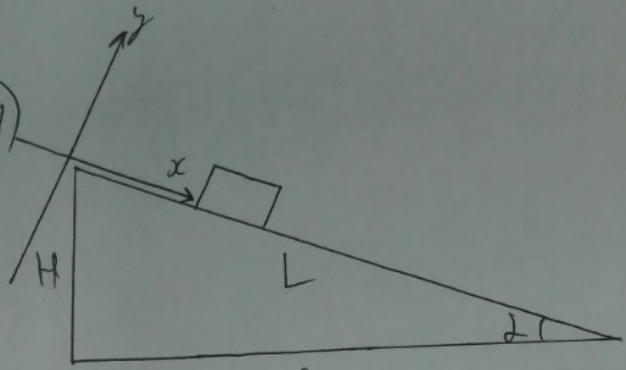
Ответ: $\frac{\pi H^2\sqrt{10gH}}{80gS}$; $71{,}565°$ и $81{,}870°$; при α от $71{,}565°$ до $81{,}870°$.

Черновик №4

4

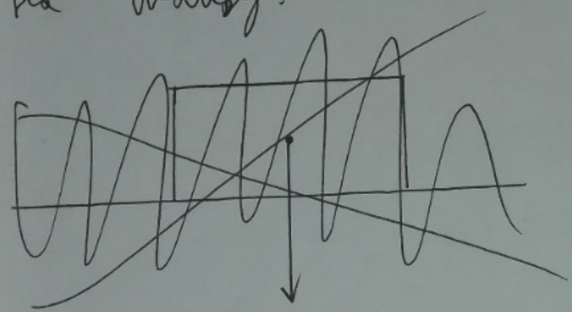
~~Введём оси~~

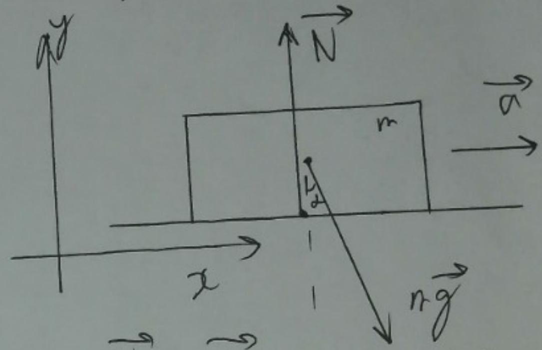
1)



Введём оси Ox и Oy как на картинке.

Рассмотрим силы, действующие на шайбу:





По II закону Ньютона, $\vec a = \frac{\vec N + m\vec g}{m}$, $m\vec a = \vec N + m\vec g$

$Oy: N = mg\cos\alpha$

$Ox: ma = mg\sin\alpha$ $\quad a = g\sin\alpha$

$a = \frac{4}{5}g$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{4}{5}$

Найдём длину траектории скатывания шайбы L:

$\sin\alpha = \frac{H}{L}$ $\quad L = \frac{H}{\sin\alpha} = 1{,}25H$

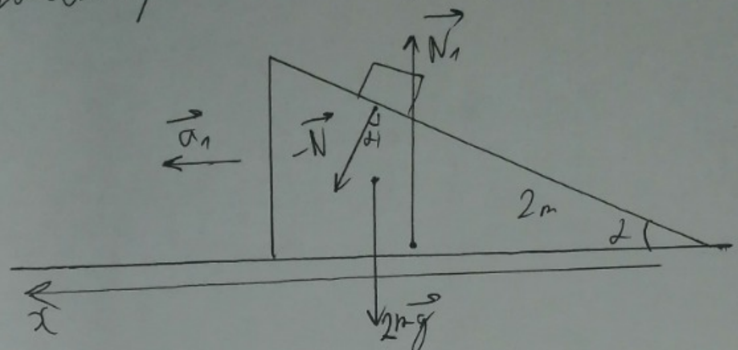
Теперь найдём время скатывания шайбы t_1:

$\frac{at_1^2}{2} = L$ $\quad \frac{2}{5}gt_1^2 = \frac{5}{4}H$ $\quad gt_1^2 = \frac{25}{8}H$ $\quad t_1^2 = \frac{25H}{8g}$

$t_1 = \sqrt{\frac{25H}{8g}} = \sqrt{2}\cdot\sqrt{\frac{25}{16}\frac{H}{g}} = 1{,}25\sqrt{\frac{2H}{g}}$

Чистовик №5
продолжение 4

2) Рассмотрим силы, действующие на клин:



II з. Н.:

$2m\vec{a}_1 = \vec{N}_1 + (-\vec{N}) + 2m\vec{g}$

$Ox:\ 2ma_1 = N\sin\alpha = mg\cos\alpha\cdot\sin\alpha$

$a_1 = \dfrac{g\cos\alpha\sin\alpha}{2} = \dfrac{g\cdot 3\cdot 4}{2\cdot 25} = g\cdot\dfrac{6}{25} = 0{,}24g$

3) ~~После того как клин перестали удерживать, сумма сил,~~

Найдём ускорение шайбы в абсолютной системе отсчёта $\vec{a}_2$:

$\vec{a}_2 = \vec{a} + \vec{a}_1$

В проекции на вертикальную ось Oy:

$a_{2y} = a_y + a_{1y}$ $\qquad a_{2y} = a_y + 0$

$a_{2y} = a_y$

Ускорение $\vec{a}_2$ в проекции на вертикальную ось равно $\vec{a}$, значит, шайба достигнет пола за то же время, за которое она достигла его в п. 1.

Ответ: $1{,}25\sqrt{\dfrac{2H}{g}}$; $0{,}24g$; $1{,}25\sqrt{\dfrac{2H}{g}}$