Часть 1

Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

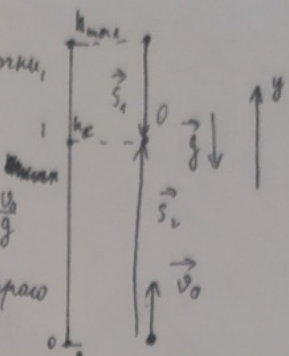
Шифр: **21205417**

ID профиля: **371193**

Вариант 2

Чистовик

Вариант 10-02. №1.



1) В момент, когда шарик достигает высшей точки, у него нет скорости. По формуле без времени в проекции на ось y: $2 \cdot h_{max} \cdot (-g) = 0^2 - v_0^2$

$h_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$. Кроме того, $\vec{v} = \vec{v_0} + \vec{a}t$, $0 = v_0 - gt_0$, $t_0 = \frac{v_0}{g}$

За одинаковое время ~~~~ после броска второго шарика оба шарика достигнут точки O.

Тогда перемещение первого шарика (ось y) $-S_1 = 0 \cdot t - \frac{gt^2}{2}$, $S_1 = \frac{gt^2}{2}$ (по формуле $\vec{S} = \vec{v_0}t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$)

Перемещение второго шарика $S_2 = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0 t - S_1$; $S_2 + S_1 = v_0 t$

При этом $S_1 + S_2 = h_{max} \Rightarrow h_{max} = v_0 t$; $t = \frac{h_{max}}{v_0} = \frac{v_0^2}{2v_0 g} = \frac{v_0}{2g}$

Тогда время первого шарика до встречи: $t_1 = t_0 + t = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{3v_0}{2g}$.

2) Время второго мяча до столкновения: $t_2 = t$.

$\frac{t_1}{t_2} = \frac{t_0 + t}{t} = \frac{t_0}{t} + 1 = \frac{v_0}{g} : \frac{v_0}{2g} + 1 = 2 + 1 = 3$.

3) $h_c = S_2 = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \cdot \frac{v_0}{2g} - \frac{g \cdot \frac{v_0^2}{4g^2}}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{4v_0^2 - v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g}$.

Ответ: 1) $t_1 = \frac{3v_0}{2g}$; 2) $\frac{t_1}{t_2} = 3$; 3) $h_c = \frac{3v_0^2}{8g}$.

№3

$T = 81°C$, $V_1 = 1{,}7$ л, $V_0 = 7V_1$, $\frac{p_1}{p_0} = 3{,}6$; $p_{нп} = 0{,}5 \cdot 10^5$ Па, $\mu = 18 \frac{г}{моль}$

1) $p_0 = ?$

2) $m_0 = ?$

Решение: ~~Так как $\frac{p_1}{p_0} \neq \frac{V_1}{V_0}$, то часть пара:~~

1) Так как $p_1 V_1 \neq p_0 V_0$ (закон Бойля – Мариотта), часть пара сконденсировалось в воду, поэтому пар стал насыщенным. $\Rightarrow p_1 = p_{нп}$, $\frac{p_{нп}}{p_0} = 3{,}6$; $p_0 = \frac{p_{нп}}{3{,}6}$. (в начале был ненасыщенным).

$p_0 = \frac{0{,}5 \cdot 10^5}{3{,}6} = \frac{10^5}{7{,}2} = \frac{10^6}{72} \approx 0{,}139 \cdot 10^5$ Па $\approx 13{,}9$ кПа.

2) Уравнение Менделеева – Клапейрона для первоначального состояния: (ненасыщенный пар)

$p_0 V_0 = \frac{m_0}{\mu} RT$

$m_0 = \frac{p_0 V_0 \mu}{RT} = \frac{7 p_0 V_1 \mu}{RT}$.

$m_0 = \frac{7 \cdot \frac{1}{72} \cdot 10^6 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot (81 + 273)} \approx \frac{2{,}975}{8{,}31 \cdot 354} \approx 0{,}00101$ кг ≈ 1 г.

Ответ: 1) $p_0 \approx 13{,}9$ кПа; 2) $m_0 \approx 1$ г.

Чистовик.

№2.

1) Рассмотрим ситуацию, когда сосуд не вращается. Так вода неподвижна, то $\vec{F_a}$ направлена вертикально

$F_a = \rho g V_ш = \rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$

2 З Н для шара: $\vec{F_a} + m\vec{g} + \vec{N_{ст_1}} + \vec{N_1} = 0$

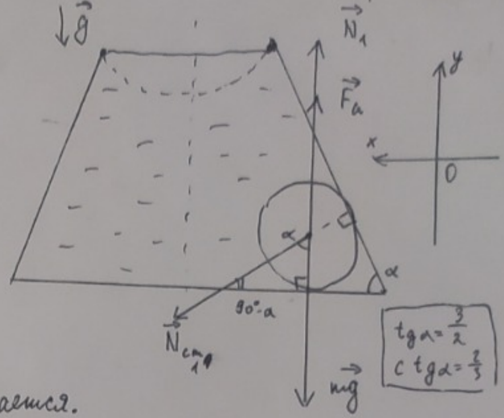
$Ox: \ N_{ст_1} \cos(90° - \alpha) = 0 \Rightarrow N_{ст_1} = 0$

$Oy: \ F_a + N_1 - mg = 0$

$m = 6\rho V_ш$

$\rho g V_ш + N_1 - 6\rho g V_ш = 0; \quad N_1 = 5\rho g V_ш =$

$= 5 \cdot \rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = \underline{\frac{20}{3}\rho g \pi R^3}.$

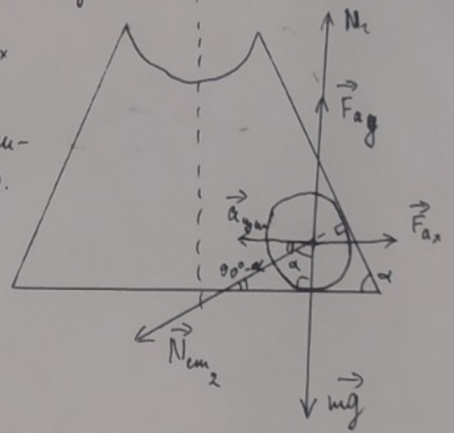


2) Рассмотрим силы на шар, когда сосуд вращается.

Если бы вместо шара, была вода, то у неё было бы центростремительное ускорение, которое бы уравновешивалось силой Архимеда.

$a_{y_{воды}} = \omega^2 \cdot 1{,}5R; \quad F_{a_{воды}} = \rho \cdot a_{y_{воды}} \cdot V = 1{,}5\rho\omega^2 R V = F_{ax}$

В нашем случае в сосуде находится шар, но сила Архимеда останется такой же. (Рассматривалась горизонтальная составляющая сил Архимеда).



2 З Н для шара: $\vec{N_2} + m\vec{g} + \vec{F_{ay}} + \vec{F_{ax}} + \vec{N_{ст_2}} = m\vec{a_{yш}}$

$Ox: \ N_{ст_2} \cos(90° - \alpha) - F_{ax} = m a_{yш}$

$Oy: -N_{ст_2}\cos\alpha + N_2 - mg + F_{ay} = 0$

$$\begin{cases} N_{ст_2} \sin\alpha = 6\rho a_{yш} V + 1{,}5\rho\omega^2 R V_ш \\ N_2 = -F_{ay} + mg + N_{ст_2}\cos\alpha \end{cases}$$

$a_{yш} = \omega^2 R \cdot 1{,}5$

$$\begin{cases} N_{ст_2}\sin\alpha = 6 \cdot 1{,}5\rho\omega^2 R V_ш + 1{,}5\rho\omega^2 R V_ш = 10{,}5\rho\omega^2 R V_ш \\ N_2 = 6\rho g V_ш - \rho g V_ш + N_{ст_2}\cos\alpha = N_1 + N_{ст_2}\cos\alpha \end{cases}$$

$N_2 = N_1 + \frac{10{,}5\rho\omega^2 R V_ш}{\sin\alpha}\cos\alpha = 10{,}5\rho\omega^2 R V_ш \, ctg\alpha + N_1 =$

$= 10{,}5 \cdot \rho\omega^2 R \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot \frac{2}{3} + N_1 = \frac{28}{3}\rho\pi\omega^2 R^4 + \frac{20}{3}\rho g \pi R^3 = \underline{\frac{4}{3}\rho\pi R^3(7\omega^2 R + 5g)}$

Ответ: 1) $N_1 = \frac{20}{3}\rho g \pi R^3$; 2) $N_2 = \frac{4}{3}\rho\pi R^3(7\omega^2 R + 5g)$.

2

21205417 (U371193 M1280745)

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

Шифр: **21205417**

ID профиля: **371193**

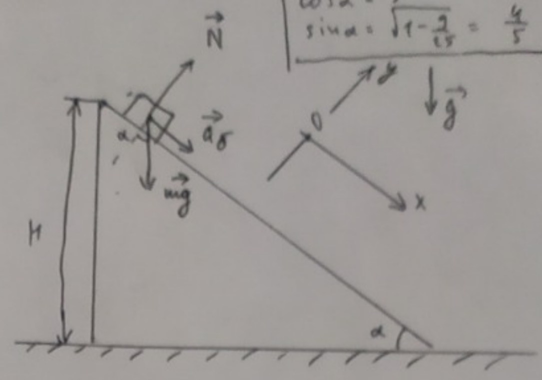
Вариант 2

Чистовик

№4 Вариант 10-02

1) Если клин стоит, то $\vec{N} \perp$ поверхности, брусок движется по прямой вдоль пов-ти клина

$$\cos\alpha = \frac{3}{5}$$
$$\sin\alpha = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$



2 З Н для бруска: Ox: $mg\sin\alpha = ma_{б_0}$

$a_{б_0} = g\sin\alpha$

Перемещение $S = \frac{H}{\sin\alpha}$

$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}\, t^2}{2}$

Ox: $S = 0 + \frac{a_{б_0} t_0^2}{2}$

$t_0^2 = \frac{2S}{a_б}$; $t_0^2 = \frac{2H}{\sin\alpha \cdot g\sin\alpha} = \frac{2H}{g\sin^2\alpha} =$

$= \frac{2H}{g\cdot\frac{16}{25}} = \frac{25H}{8g}$; $t_0 = \sqrt{\frac{25H}{8g}} = \frac{5}{2}\sqrt{\frac{H}{2g}}$

2) 2 З Н для клина, когда его двигают: Ox':

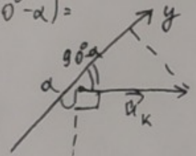
$F - N\sin\alpha = 2m \cdot a_к$ (по 3 З Н на клин действует $-\vec{N}$ со стороны бруска)

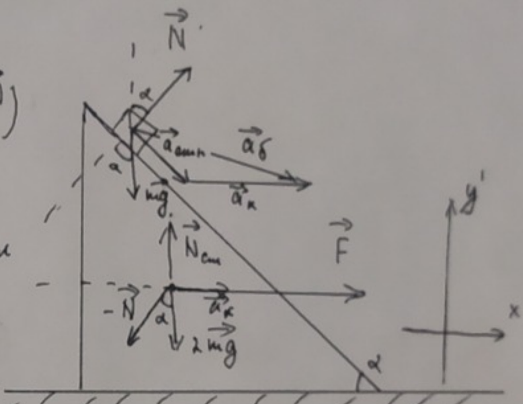
2 З Н для бруска: Oy: $N - mg\cos\alpha = ma_{б_y}$

По закону сложения ускорений: $\vec{a}_б = \vec{a}_{отн} + \vec{a}_{кл}$

$a_{б_y} = a_{кл_y} = a_{кл}\cdot\cos(90^\circ - \alpha) =$

$= a_{кл}\sin\alpha$





Тогда $N = m(g\cos\alpha + a_{кл}\sin\alpha)$

Так как $F = mg$, $mg - m\sin\alpha(g\cos\alpha + a_{кл}\sin\alpha) = 2ma_к$

$mg - mg\cdot\frac{4}{5}\cdot\frac{3}{5} - ma_{кл}\cdot\frac{4^2}{5^2} = 2ma_{кл}$

$g - \frac{12}{25}g = 2a_к + \frac{16}{25}a_{кл}$; $\frac{13}{25}g = \frac{66}{25}a_{кл}$; $a_{кл} = \frac{13}{66}g$

3) 2 З Н для бруска Oy': $N\cos\alpha - mg = ma_{y'}$

$m\cos\alpha(g\cos\alpha + a_{кл}\sin\alpha) - mg = ma_{y'}$

$mg\cos^2\alpha + ma_{кл}\cos\alpha\sin\alpha - mg = ma_{y'}$

$g\cdot\frac{9}{25} + a_{кл}\cdot\frac{3}{5}\cdot\frac{4}{5} - g = a_{y'}$; $a_{y'} = -\frac{16}{25}g + \frac{12}{25}\cdot g\cdot\frac{13}{66} = -\frac{16}{25}g + \frac{156}{1650}g = -\frac{900}{1650}g = -\frac{6}{11}g$

Так как клин двигается вдоль стола, то перемещение по оси $Oy' = -H$.

Тогда $-H = 0 - \frac{6\cdot g t^2}{11\cdot 2} = -\frac{3}{11}gt^2$; $t = \sqrt{\frac{11H}{3g}}$

Ответ: 1) $t_0 = \frac{5}{2}\sqrt{\frac{H}{2g}}$; 2) $a_к = \frac{13}{66}g$; 3) $t = \sqrt{\frac{11H}{3g}}$

1

Чистовик.

№5.

1) Так как $\frac{dp}{p} \ll 1$, $\frac{dV}{V} \ll 1$, $\frac{dT}{T} \ll 1$, то данный процесс можно считать бесконечно малым, поэтому $\frac{dp}{p}+\frac{dV}{V}=\frac{dT}{T} \Rightarrow \frac{dT}{T} = -1+2 = 1\%$ (из уравнения Менделеева - Клапейрона, записанного для нач. и конеч. положений)

2) Процесс можно считать политропным, поэтому $pV^n = const$.

$$p(V)=\frac{const}{V^n} = const\cdot V^{-n};\quad \frac{dp}{dV} = (const\cdot V^{-n})' = const\cdot(V^{-n})' = -n\frac{const\cdot V^{-n}}{V} = -\frac{pn}{V}$$

$$\frac{dp}{p} = -n\frac{dV}{V} \Rightarrow n = -\frac{dp}{p}:\frac{dV}{V};\quad n=-(-1\%):(2\%)=\frac{1}{2}.$$

$$n=\frac{C-C_p}{C-C_V}=\frac{1}{2};\quad 2C-2C_p = C - C_V;\quad C=-C_V+2C_p = -\frac{i}{2}R+2\cdot\left(\frac{i+2}{2}\right)R = \frac{i+4}{2}R = \frac{3+4}{2}R = 3{,}5R$$

$$Q = C\nu\Delta T = \frac{7}{2}\nu R\Delta T;\quad \Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$$

$$\frac{Q}{\Delta U} = \frac{7}{3}.$$

Ответ: 1) $\frac{dT}{T} = 1\%$; 2) $\frac{Q}{\Delta U} = \frac{7}{3}$.

(температура увеличилась на 1 %)

2

Пояснение к пункту 1): В начале: $pV=\nu RT$

После процесса: $(p+dp)(V+dV)=\nu R(T+dT)$

$$\begin{cases} pV=\nu RT \\ pV+dpV+pdV+\underbrace{dp\,dV}_{0} = \nu RT+\nu RdT \end{cases}$$

$$dpV+pdV=\nu RdT \quad |:\nu RT$$

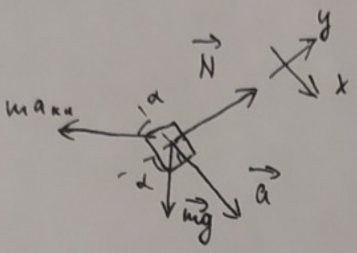
$$\frac{dpV}{pV}+\frac{pdV}{pV}=\frac{dT}{T};\quad \boxed{\frac{dp}{p}+\frac{dV}{V}=\frac{dT}{T}}$$

Черновик

$-1 = \frac{c - c_p}{c - c_V}$; $-c + c_V = c - c_p$; $c = \frac{c_V + c_p}{2} = \frac{2{,}5 + 1{,}5}{2} = 2R$

$p \sim T$; $\frac{p}{T} = k$ $\qquad \frac{dp}{p} = \frac{dT}{T}$

$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T}$ $\qquad V_0 = V$



$mg\sin\alpha - ma_{кл}\cos\alpha = ma_{...}$

$a = g\sin\alpha - a_{кл} =$

$\frac{H}{\sin\alpha} = \frac{at^2}{2}$; $t^2 = \frac{2H}{a\sin\alpha} =$

$= \frac{2H}{g\sin^2\alpha - a_{кл}\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{2H}{g\cdot\frac{16}{25} - \frac{13}{66}\cdot\frac{12}{25}g}$; $t \approx 2{,}09\sqrt{\frac{H}{g}}$

$n = \frac{c - c_p}{c - c_V}$; $nc - nc_V = c - c_p$; $c(n-1) = nc_V - c_p$

$c = \frac{nc_V - c_p}{n-1}$; $c = \frac{\frac{1}{2}c_V - c_p}{-\frac{1}{2}} = 2c_p - c_V = c_V + 2R$ $\qquad \frac{Q}{\Delta U} = 1 + \frac{2R}{\frac{3}{2}R} = \left(1 + \frac{4}{3}\right) = \frac{7}{3}$.

21205417 (U371193 M1280746)