Часть 1

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

Шифр: **21206257**

ID профиля: **806237**

Вариант 2

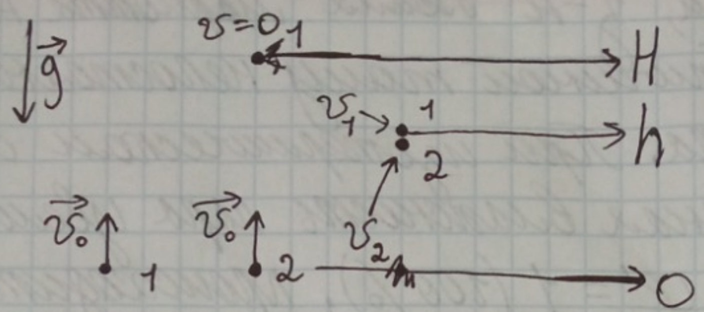
Чистовик

(1) $\vec{v}_0, \vec{g}$

1) t_1 - ?

2) $\frac{t_1}{t_2}$ - ?

3) h - ?



1) $t_1 = t_{вверх} + t_1'$; $t_{вверх} = \frac{v - v_0}{-g} = \frac{0 - v_0}{-g} = \frac{v_0}{g}$

$H = \frac{v^2 - v_0^2}{-2g} = \frac{0 - v_0^2}{-2g} = \frac{v_0^2}{2g}$; с другой стороны:

$H = (H-h) + h = \left(vt_1' + \frac{gt_1'^2}{2}\right) + \left(v_0 t_1' - \frac{gt_1'^2}{2}\right) =$

$= 0 + \cancel{\frac{gt_1'^2}{2}} + v_0 t_1' - \cancel{\frac{gt_1'^2}{2}} = v_0 t_1'$;

$\frac{v_0^{\cancel{2}}}{2g} = \cancel{v_0} t_1'$; $t_1' = \frac{v_0}{2g}$; $t_1 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{3}{2}\frac{v_0}{g}$

2) $t_2 = t_1' = \frac{\cancel{3}\,1}{2}\frac{v_0}{g}$; $\frac{t_1}{t_2} = \frac{3}{\cancel{2}}\frac{\cancel{v_0}}{\cancel{g}} \cdot \frac{\cancel{2}}{\cancel{3}\,1}\frac{\cancel{g}}{\cancel{v_0}} = 3$

3) $h = v_0 t_1' - \frac{gt_1'^2}{2} = \cancel{\frac{3}{2}\frac{v_0^2}{g}}\ \frac{v_0^2}{2g} - \frac{\cancel{g}}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g^{\cancel{2}}} =$

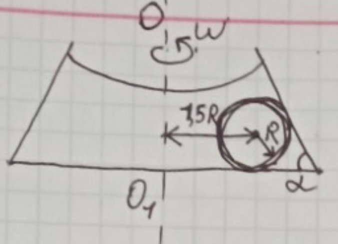
$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3}{8}\frac{v_0^2}{g}$

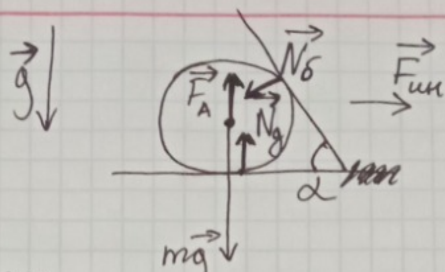
Ответ: 1) $\frac{3}{2}\frac{v_0}{g}$; 2) 3 ; 3) $\frac{3}{8}\frac{v_0^2}{g}$

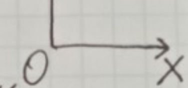
21206257 (U806237 M1282746)

② $\omega;\ \rho;\ \rho_ш = 6\rho;\ R;\ R' = 1{,}5R;\ tg\alpha = \frac{3}{2}$

1) N_1 - ?
2) N_2 - ?



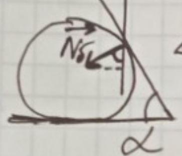




Начнём с 2). Шар покоится. Запишем II з-н Ньютона с учётом силы инерции (она необходима, т.к. система неинерциальная).

$$\vec{mg} + \vec{F_A} + \vec{N_g} + \vec{N_б} + \vec{F_{ин}} = 0$$

OY: $\cancel{mg}\ \cancel{F_A + N_g + N_б}\ F_A + N_g = mg + N_б\cos\alpha$



вот почему $N_{бy} = N_б \cdot \cos\alpha$

OX: $F_{ин} = N_б \sin\alpha$

$F_{ин} = m\cdot a;\ m = \rho_ш V;\ \rho_ш = 6\rho;\ V = \frac{4}{3}\pi R^3;\ \underline{m = 8\rho\pi R^3}$

$a = \frac{v^2}{R'} = \omega^2 R' = \omega^2 \cdot 1{,}5R;\ F_{ин} = 8\rho\pi R^3 \cdot \omega^2 \cdot 1{,}5R = 12\rho\pi\omega^2 R^4;\ \underline{N_б \sin\alpha = 12\rho\pi\omega^2 R^4}$

$F_A = \rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3;\ mg = 8\rho\pi g R^3;$

OY: $\frac{4}{3}\rho\pi g R^3 + N_g = 8\rho\pi g R^3 + N_б\cos\alpha;$

$N_g = \frac{20}{3}\rho\pi g R^3 + N_б \cdot \frac{\sin\alpha}{tg\alpha};\ N_g = \frac{20}{3}\rho\pi g R^3 + \frac{12\rho\pi\omega^2 R^4}{\frac{3}{2}};$

$N_g = \frac{20\rho\pi g R^3 + 24\rho\pi\omega^2 R^4}{3} = \frac{4}{3}\rho\pi R^3(5g + 6\omega^2 R)$

По III з-ну Ньютона: $N_g = N_2 = \frac{4}{3}\rho\pi R^3(5g + 6\omega^2 R)$

1) При $\omega = 0$ (нет вращения) силы инерции и $N_б$ не будет. Тогда, по II з-ну Ньютона:

OY: $mg = F_A + N_g';\ N_g' = mg - F_A = 8\rho\pi g R^3 - \frac{4}{3}\rho\pi g R^3 = \frac{20}{3}\rho\pi g R^3;\ N_g' = N_1$ (по III з-ну Ньютона)

Ответ: 1) $\frac{20}{3}\rho\pi g R^3$; 2) $\frac{4}{3}\rho\pi R^3(5g + 6\omega^2 R)$

③ $T = 81°C$
$p_н(T) = 0{,}5 \cdot 10^5$ Па
$V' = \frac{1}{7}V = 1{,}7$ л
$p' = 3{,}6p$
$M = 18 \frac{г}{моль}$
$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

1) p – ?
2) m – ?

Как видим, з-н Бойля-Мариотта не выполняется. Причиной тому непостоянство массы пара. При изотермическом сжатии относительная влажность пара увеличивается. Когда $\varphi' = 1$ (100%), происходит конденсация пара.

$$\varphi' = \frac{p'}{p_н(T)} = 1 \Rightarrow p' = p_н(T);\ 3{,}6p = p_н(T);$$

1) $$p = \frac{p_н(T)}{3{,}6} = \frac{5 \cdot 10^4 \text{ Па}}{3{,}6} \approx 1{,}4 \cdot 10^4 \text{ Па} = 0{,}14 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Пар можно считать идеальным газом $\Rightarrow$

$$\Rightarrow pV = \frac{m}{M}RT;\quad V = 7V';\quad 2)\ m = \frac{pVM}{RT} =$$

$$= \frac{0{,}14 \cdot 10^5 \cancel{Па} \cdot 7 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-3} \cancel{м^3} \cdot 18 \text{ г} \cdot \cancel{моль} \cdot \cancel{K}}{\cancel{моль} \cdot 8{,}31 \frac{\cancel{Дж}}{\cancel{Па \cdot м^3}} \cdot 354 \cancel{K}} \approx$$

$$\approx 0{,}01 \cdot 10^2 \text{ г} = 1 \text{ г}$$

Ответ: 1) ~~p~~ $0{,}14 \cdot 10^5$ Па; 2) 1 г

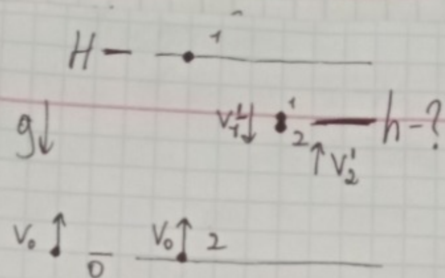
21206257 (U806237 M1282746)

V_0, g

$t_1^{?}$ – ?

$\frac{t_1}{t_2}$ – ?

h – ?



$t_1'' = \frac{V-V_0}{g} = \frac{V_0}{g}$

$t_1' = \frac{v_0}{2g}$; $\boxed{t_1 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{3}{2}\frac{v_0}{g}}$

$H = \frac{V_1'}{2}\cdot t_1' + \frac{V_0 + V_2'}{2}\cdot t_1'$

$V_1' = 0 + g t_1' = g t_1'$; $V_2' = V_0 - g t_1'$

$H = \frac{g t_1'^2}{2} + \frac{(2V_0 - g t_1')t_1'}{2} = V_0 t_1'$;

$H = \frac{v_0^2}{2g}$; $\frac{v_0}{2g} = t_1'$

$t_2 = t_1' = \frac{v_0}{2g}$

$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{3}{2}\frac{v_0}{g}}{\frac{v_0}{2g}} = 3$

$H - h = \frac{V_1'}{2}\cdot t_1' = \frac{g t_1'^2}{2}$

$h = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g t_1'^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g v_0^2}{4g^2\cdot 2} = \frac{4v_0^2 - v_0^2}{8g} = \frac{3}{8}\frac{v_0^2}{g}$

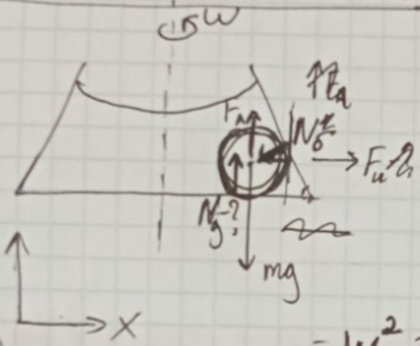
$\omega, \rho, 6\rho,$

$R,\ 1{,}5R,$

$\alpha\ (tg\alpha = \frac{3}{2})$

N_1 – ?

N_2 – ?



OY: $mg + N_б\cos\alpha = N_g + F_A$

OX: $N_б \sin\alpha = F_u$

$F_{ин} = ma = 6\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3 a = 8\rho\pi R^3 a_z = \omega^2\, 1{,}5R\cdot 8\rho\pi R^3 = 12\rho\pi\omega^2 R^4$

$N_б \sin\alpha = F_{ин}$; $F_A = \rho g\frac{4}{3}\pi R^3$; $mg = 8\rho\pi R^3 g$

$N_б = \frac{F_{ин}}{\sin\alpha}$

$8\rho\pi R^3 g + \frac{F_{ин}}{tg\alpha} = N_g + \frac{4}{3}\rho g\pi R^3$; $N_g = \frac{20}{3}\rho g\pi R^3 + \frac{2\cdot 12\rho\pi\omega^2R^4}{3}$

$N_g = \frac{20\rho g\pi R^3 + 24\rho\pi\omega^2 R^4}{3} = \frac{4\rho\pi R^3(5g + 6\omega^2 R)}{3} = N_2$

$N_1 = mg - F_A = 8\rho\pi g R^3 - \frac{4}{3}\rho\pi g R^3 = \frac{20}{3}\rho\pi g R^3$

$T = 81°C$

$p_н(T) = 0{,}5\cdot10^5$ Па

$V' = \frac{1}{7}V = 1{,}7$ л

$p' = 3{,}6p$

$M = 18\ \frac{г}{моль}$

$R = 8{,}31\ \frac{Дж}{моль\cdot К}$

p – ?

m – ?

$pV = \frac{m}{\mu}RT$; $\varphi = \frac{p}{p_н} = \frac{m}{V\rho_н}$; $\varphi' = \frac{3{,}6p}{p_н} = \frac{3{,}6m'}{V'\rho_н} = 1$

$3{,}6m' = V'\rho_н$

$3{,}6p = p_н$

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

$p = \frac{p_н}{3{,}6} = \frac{5\cdot10^4\ Па}{3{,}6} \approx 1{,}39\cdot10^4$

$\frac{V}{7} = 1{,}7\ л \Rightarrow V = 11{,}9\cdot10^{-3}\ м^3$

$m = \frac{1{,}4\cdot10^5\ Па\cdot 11{,}9\cdot10^{-3}\ м^3\cdot 18\ г\cdot моль\cdot К}{моль\cdot 8{,}31\ Дж\cdot 354\ К} \approx 0{,}14\cdot10^5$

$\approx 0{,}1\cdot10^2\ г = 10\ г$

Часть 2

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

Шифр: **21206257**

ID профиля: **806237**

Вариант 2

Чистовик

④ $\cos\alpha = \frac{3}{5}$

$H,\ m,\ 2m$

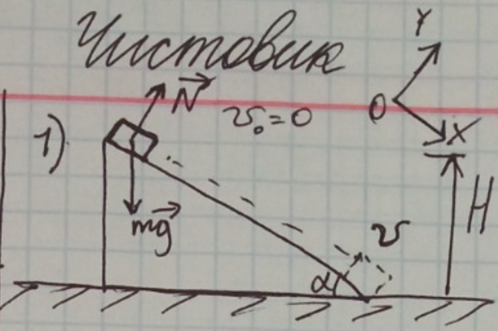
1) τ − ?

2) $a_к$ − ?

$(F = mg)$

3) t − ?

1)



ЗСЭ: $\cancel{m}gH = \frac{\cancel{m}v^2}{2}$

$v = \sqrt{2gH}$

$a = \frac{v - v_0}{\tau}$;

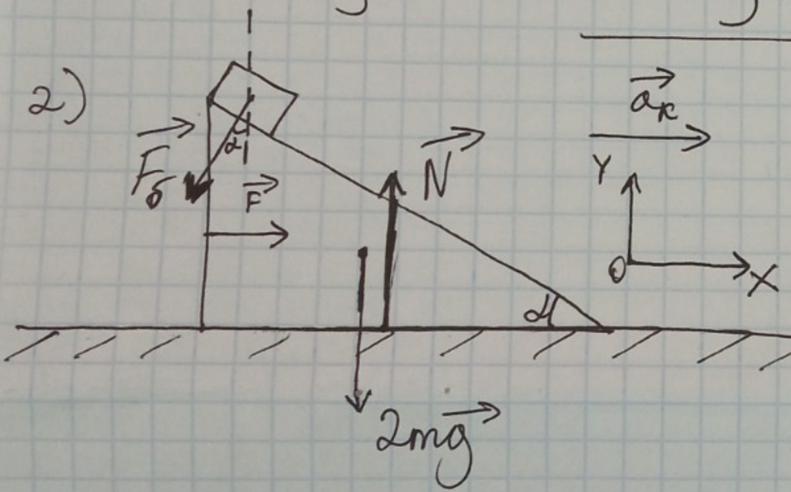
по II з-ну Ньютона: $\cancel{m}g\sin\alpha = \cancel{m}a$

$g\sin\alpha = \frac{\sqrt{2gH} - 0}{\tau}$; $\tau = \frac{\sqrt{2gH}}{g\sin\alpha}$

$\sin\alpha = \sqrt{1 - \cos^2\alpha} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

$$\tau = \frac{5\sqrt{2gH}}{4g} = \frac{1{,}25\sqrt{2gH}}{g}$$

2)



II з-н Ньютона для клина:

$2mg + F_б\cos\alpha = N$

~~$F_б\sin\alpha = Ma$~~

$F - F$

21206257 (U806237 M1282747)

Чистовик   стр. 1

5) $i=3$
$p'=0{,}99p$
$V'=1{,}02V$

1) ΔT – ?
2) $\frac{Q}{\Delta U}$ – ?

1) I з-н термодинамики: $Q=\Delta U+A$; $\Delta U=\frac{3}{2}\nu R\Delta T$ $(i=3)$

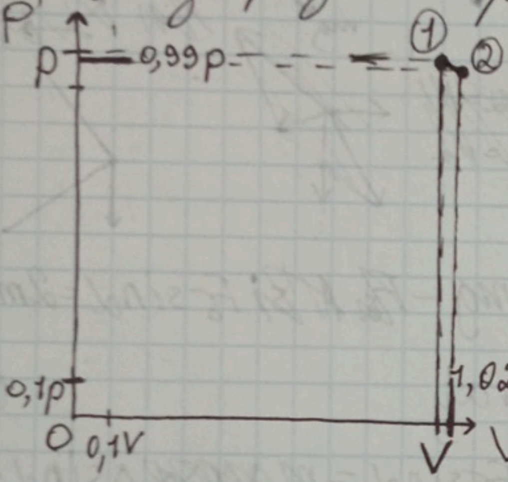
Газ идеальный $\Rightarrow pV=\nu RT$ (1)

$p'V'=\nu RT'$; $0{,}99p\cdot 1{,}02V=\nu RT'$ (2)

Поделим (2) на (1): $\frac{T'}{T}=1{,}0098$; $T'=1{,}0098T$.

Это значит, что T увеличилась на 0,98 %.

2) Изобразим график $p(V)$:



Относительные изменения величин малы $\Rightarrow$ можно считать, что ~~процесс~~ график нашего процесса в координатах $p(V)$ – это прямая. Тогда рассчитаем S получившейся трапеции, это будет численное значение работы.

$$S=\frac{1}{2}\cdot(p+0{,}99p)\cdot 0{,}02V=1{,}99p\cdot 0{,}01V=0{,}0199pV$$

$Q=\Delta U+A \;\Big|\cdot\frac{1}{\Delta U}$ $\quad \frac{Q}{\Delta U}=1+\frac{A}{\Delta U}$; $\frac{A}{\Delta U}=\frac{0{,}0199pV}{\frac{3}{2}\nu R\Delta T}=$

$=\frac{0{,}0199pV}{1{,}5\cdot\nu R\cdot 0{,}0098T}=\frac{0{,}0199pV}{0{,}0147\nu RT}$; $(pV=\nu RT)$

$$\frac{Q}{\Delta U}=1+\frac{0{,}0199}{0{,}0147}\approx 1+1{,}3537\approx 2{,}35$$

Ответ: 1) увеличилась на 0,98 %; 2) 2,35.

21206257 (U806237 M1282747)

$a\uparrow$ $mg + F_u - N = ma$ $mg + F_u - N = 0$

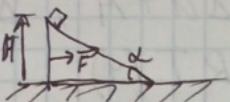
α: $\cos\alpha = \frac{3}{5}$

$H, m, 2m, F = mg$

1) F – ?

2) a – ?

3) t – ?



1)

$gH = \frac{v^2}{2}$

$v^2 = 2gH$

$l = \frac{v^2}{2g\sin\alpha}$ $v_{cp} = \frac{\sqrt{2gH}}{2}$

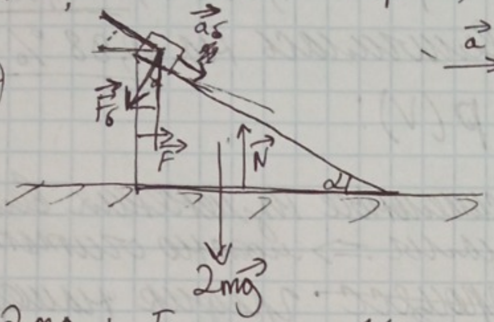
$\sin\alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

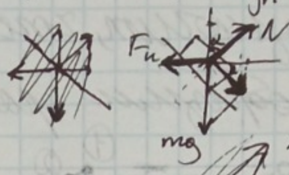
$tg\alpha = \frac{4}{5} \cdot \frac{5}{3} = \frac{4}{3}$

$l = v_{cp}\tau$, $\tau = \frac{l}{v_{cp}} = \frac{H \cdot 2}{\sin\alpha \sqrt{2gH}} = \frac{5 \cdot 2H}{4\sqrt{2gH}}$

$\tau = \frac{\sqrt{2gH}}{g\sin\alpha} = \frac{2gH}{g\sin\alpha\sqrt{\ldots}}$ $\frac{2H}{\sin\alpha\sqrt{\ldots}}$

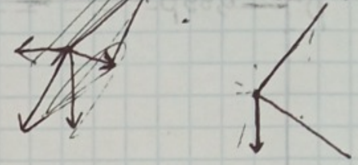
2)





$mg\cos\alpha = N$

$mg\sin\alpha = ma$



$2mg + F_б \cos\alpha = N$

$F - F_б\sin\alpha = 2ma$ $mg - F_б \sin\alpha = 2ma$

$mg - N'\cos\alpha = ma'_y$

$N'\sin\alpha - F_u = ma'_x$ $F_б \sin\alpha = mg\sin\alpha\cdot\cos\alpha + ma$

$N'\sin\alpha = ma'_x + ma$ $mg = 3ma + mg\sin\alpha\cdot\cos\alpha$

$a = \frac{g(1 - \sin\alpha\cdot\cos\alpha)}{3}$

3) $mg\sin\alpha\, l - ma\, l\cos\alpha = m\left(\frac{v^2}{2} - 0\right)$

$v'^2 = 2l(g\sin\alpha - a\cos\alpha) = 2\frac{H}{\sin\alpha}(\ldots) = 2gH - 2aH\cdot\frac{1}{tg\alpha} =$

$= 2gH - 2aH\cdot\frac{4}{3} = 2H\left(g - \frac{4}{3}a\right)$

$t = \frac{\sqrt{2H(g - \frac{4}{3}a)}}{g\sin\alpha}$; $\frac{H}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{2H(g-\frac{4}{3})a}}{2}\cdot t$

$= \frac{2\sqrt{\ldots}}{g\sin\alpha - \frac{4}{3}a\sin\alpha}$

$t = \frac{H\cdot 2}{\sin\alpha\sqrt{2H(g - \frac{4}{3}a)}} = \frac{2H\sqrt{\ldots}}{2gH\sin\alpha - \frac{8}{3}aH\sin\alpha}$

$\frac{3}{2}kT \cdot N_A$

$i = 3$

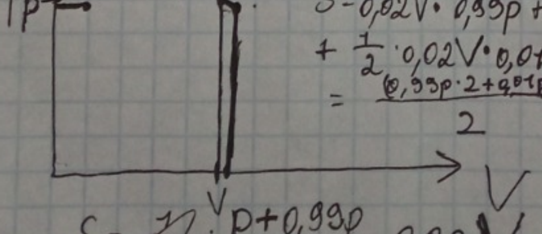
$p' = 0{,}99p$

$V' = 1{,}02V$

1) ΔT – ?

2) $\frac{Q}{\Delta U}$ – ?

$Q = \Delta U + A$; $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$; $pV = \nu RT$



$S = 0{,}02V\cdot 0{,}99p + \frac{1}{2}\cdot 0{,}02V\cdot 0{,}01p = \frac{(0{,}99p\cdot 2 + 0{,}01p)\, 0{,}02V}{2}$

$0{,}99p\cdot 1{,}02V = \nu RT'$

$\nu R\Delta T = 0{,}0098pV$

$\frac{T'}{T} = \frac{0{,}99\cdot 1{,}02}{1}$

$\frac{T'}{T} = 1{,}0098$

$T' = 1{,}0098T = T + 0{,}0098T = 100\%T + 0{,}98\%T$

$S = \frac{p + 0{,}99p}{2}\cdot 0{,}02V = A$

$T\uparrow$, $\Delta T = 0{,}98\%$

$Q = \frac{3}{2}\nu R\cdot 0{,}0098T + 1{,}99p\cdot 0{,}01V$

$\frac{Q}{\Delta U} = 1 + \frac{0{,}0199pV}{1{,}5147pV} \approx 1 + 0{,}01313 79 = 1{,}013138$