Часть 1

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

Шифр: **21205049**

ID профиля: **319420**

Вариант 1

№1. Дано: H; t - ? ; v_0 - ? ; H_1 - ?

Решение:

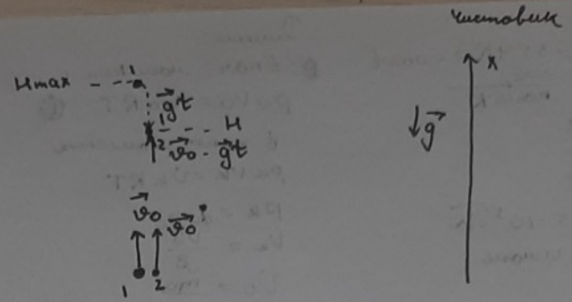
по ЗСЭ для 1 шара:

$E_п = E_к$

$\frac{m v_0^2}{2} = mg H_{max}$

$H_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$

чистовик



Пусть шары до столкновения летели время t, тогда

$v_{c_2} = v_0 - gt$

$v_{c_1} = gt$

$h_1 = \underset{0}{v_0'} t + \frac{gt^2}{2}$ - рас-ние с H_{max} до высоты H для 1 шара

$h_2 = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ - рас-ние до H для 2 шара

$h_2 = H$

$H = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$; $h_1 = H_{max} - H = \frac{gt^2}{2}$

$H + \frac{gt^2}{2} = v_0 t$; $\frac{v_0^2}{2g} = H + \frac{gt^2}{2}$

$H + \frac{gt^2}{2} = \sqrt{2gH + g^2t^2}\, t \uparrow^2$; $v_0 = \sqrt{2gH + \frac{2g^2t^2}{2}}$

$H^2 + Hgt^2 + \frac{g^2t^4}{4} = 2gHt^2 g^2t^4$

$\frac{3g^2t^4}{4} + gHt^2 - H^2 = 0$

$t^2 = x$

$\frac{3g^2}{4} x^2 + gHx - H^2 = 0$

$D = g^2H^2 + 3g^2H^4 = 4g^2H^4 > 0$

$x_{1,2} = \frac{(-gH \pm 2gH)2}{3g^2}$

$x_1 = -\frac{2gH}{g^2} < 0$ - неуд. усл.

$x_2 = \frac{2gH}{3g^2} = \frac{2H}{3g} = t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{3g}}$

$H_1 = h_1 + H_{max} = \frac{gt^2}{2} + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{g \cdot 2H}{3g \cdot 2} + \frac{8gH}{3 \cdot 2g} =$

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

Ответ: $t = \sqrt{\frac{2H}{3g}}$; $v_0 = \sqrt{\frac{8}{3} gH}$; $H_1 = \frac{5H}{3}$.

$v_0 = \sqrt{2gH + g^2t^2} =$

$= \sqrt{2gH + g^2 \cdot \frac{2H}{3g}} =$

$= \sqrt{2gH + \frac{2}{3}gH} = \sqrt{\frac{8}{3}gH}$

Чистовик

№2. Дано:

ω

$\rho_в = \rho$

$\rho_ш = 3\rho$

$R_ш = R$

$R_{вр.} = 2R$

$tg\alpha = 2$

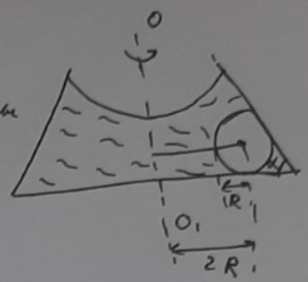
N_0 - ?

N_2 - ?

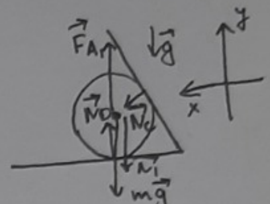
Решение:

1сл. сосуд не вращается

тогда на шар действуют сила архимеда, сила тяжести, сила реакции опоры со стороны сосуда.



Если сосуд соприкасается и со стенками, и с полом, то вектор силы реакции опоры на стенки пер-лярен ей и имеет проекцию на ось Ox. Так.это единс- 1сл. твенная сила, имеющая проекцию на данную ось, то под её действием шар будет двигаться влево до тех пор, пока он перестанет соприкасаться со стенкой.



Значит если сосуд не вращается, то сила реакции опоры со стороны стенки сосуда равна 0.

по I з.Н.:

$\vec{F_A} + \vec{N_0} + m\vec{g} = 0$

$Oy: F_A + N_0 - mg = 0$

$N_0 = mg - F_A$

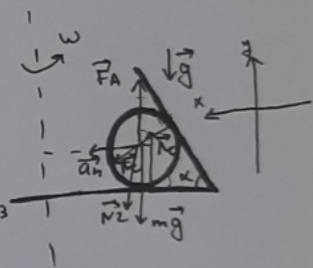
$F_A = \rho_ж g V_T = \rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$

$mg = \rho V_T g = 3\rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \Rightarrow N_0 = mg - F_A = \frac{12}{3}\cancel{\pi R^3} \rho g \pi R^3 \cdot \left(4 - \frac{4}{3}\right) = \frac{8}{3}\pi\rho g R^3$

$\vec{N_1} = -\vec{N_0} \Rightarrow N_1 = N_0 = \frac{8}{3}\pi\rho g R^3$

2сл. сосуд вращается вокруг OO' с ω.

Тогда на тело действуют $\vec{F_A}$, $\vec{F_m}$, $\vec{N_{01}}$, $\vec{N_c}$ и оно вращается с $\vec{a_n}$. ($\vec{a_t} \perp$ плоскости рисунка)



по II з.Н:

$\vec{F_A} + m\vec{g} + \vec{N_{01}} + \vec{N_c} = m\vec{a_n}$

$Oy: F_A + N_{01} - mg - N_c \cdot \cos\alpha = 0$

$Ox: N_c \cdot \sin\alpha = ma_y. \Rightarrow N_c = \frac{ma_y}{\sin\alpha}$

$m = \rho V_T = 3\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = 4\rho\pi R^3$

$a_y = 2\omega^2 R$

$F_A = \rho_ж g V_T = \frac{4}{3}\rho g \pi R^3$

$N_{01} = mg + N_c \cdot \cos\alpha - F_A$

$N_{01} = \frac{8}{3}\rho g \pi R^3 + \frac{ma_y \cos\alpha}{\sin\alpha}$

$N_{01} = \frac{8}{3}\rho g \pi R^3 + \frac{8\rho\pi R^3 \omega^2 R}{tg\alpha} =$

$= 8\rho\pi R^3\left(\frac{g}{3} + \frac{\omega^2 R}{tg\alpha}\right) = 8\rho\pi R^3\left(\frac{g}{3} + \frac{\omega^2 R}{2}\right)$

$\vec{N_2} = -\vec{N_{01}} \Rightarrow N_2 = N_{01} = 8\rho\pi R^3\left(\frac{g}{3} + \frac{\omega^2 R}{2}\right)$

Ответ: $N_1 = \frac{8}{3}\rho g \pi R^3$; $N_2 = 8\rho\pi R^3\left(\frac{g}{3} + \frac{\omega^2 R}{2}\right)$.

Черновик

№1.

$\cdot H_{max}$

$\downarrow gt$

$h - \cdot \uparrow v_0 - gt$

$\uparrow v_0$

$v = v_0 - gt$

y

$V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$F_A = \rho_ж g V_T$

$\cancel{h_1 = \frac{gt^2}{2}}$

$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$

v

$H_{max} - H = \frac{gt^2}{2}$

$\frac{m v_0^2}{2} = mgH_{max}$

$\cancel{v_0 = \sqrt{2g}}$

$H_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$

$\frac{v_0^2}{2g} - v_0 t + \cancel{\frac{gt^2}{2}} = \cancel{\frac{gt^2}{2}}$

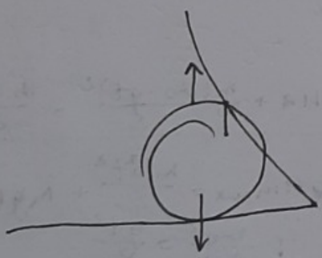
$\boxed{v_0 = 2gt}$

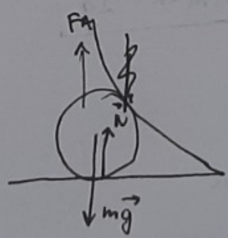
$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m(v_0 - gt)^2}{2} + mgH$

$v_0 = \frac{2H + gt^2}{2t}$

$\frac{v_0^2}{2g} - H = \frac{gt^2}{2}$

$\cancel{\frac{H}{t} + \frac{gt}{2} - \frac{gt^2}{2} = H}$

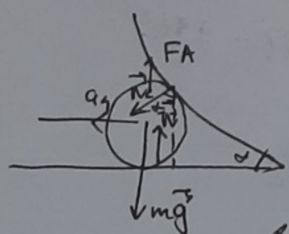




$\vec{P} = -\vec{N}$

$\rho g V_T + N = mg$

$N = mg - \rho g V_m = g(3\rho \frac{4}{3}\pi R^3 - \rho \frac{4}{3}\pi R^3 = \boxed{\frac{8}{3} g\rho\pi R^3}$



$N_2 = \frac{8}{3} g \rho \pi R^3 + \frac{2\omega^2 R}{tg\alpha}$

$F_A + N_2 - mg - N_c \cdot \cos\alpha = 0$

$N_c \cdot \sin\alpha = 2\omega^2 R \quad N_c = \frac{2\omega^2 R}{\sin\alpha}$

21205049 (U319420 M1281613)

$T = const = 81°C$

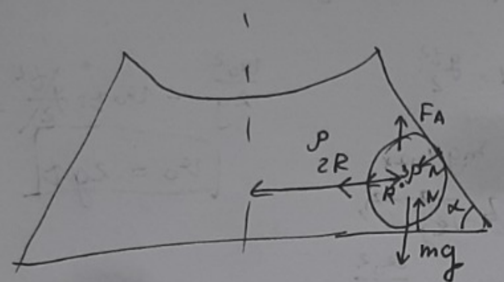
$p_0 V_0 = \nu_0 R T_0$

$\frac{9}{5} p_0 \frac{2V_0}{7} = \nu_1 R T_0$

$p_0 V_0 = \cancel{\nu_0}\frac{m_0}{\mu} R T_0$

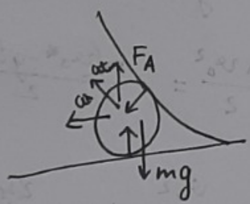
$\frac{9}{5} p_0 \frac{2V_0}{7} = \frac{m_1}{\mu} R T_0$

$\frac{35}{18} = \frac{m_0}{m_1} \Rightarrow m_1 = \frac{m_0 \cdot 18}{35} = \frac{54}{35} г = 1\frac{19}{35} г.$



$\omega^2 R$ м/с

$a_y = 2\omega^2 R$



~~$H_{max} = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$~~

$\frac{m v_0^2}{2} = mgH_{max}$

$\boxed{H_{max} = \frac{v_0^2}{2g}}$

$mgH + \frac{m(v_0 - gt)^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2}$

$mgH_{max} = \frac{mg^2t^2}{2} + mg(H_{max} - H)$

$\cancel{\frac{v_0^2}{2g} = \frac{gt^2}{2}}$

$\cancel{v_0 = gt}$

$H = \frac{gt^2}{2}$

$\frac{м}{с^2}$

8 м/с²·м

$\frac{кг}{м^3} \cdot \frac{м}{с^2} \cdot м^3$

$\frac{кг}{м^3} \cdot м^3 \cdot \left(\frac{м}{с^2} + \frac{м}{с^2}\right)$ $\frac{кг \cdot м}{с^2}$

№3. Дано:

$T = 81°C = 354 K = const$

$R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$m_0 = 32$

$\alpha = 1,8$

$\beta = 3,5$

$p_{нп} = 0,5 \cdot 10^5$ Па

$\mu_п = 18$ г/моль

$p_0 - ?$

$V_к - ?$

Решение:

в нач. момент:

$p_0 V_0 = \nu_0 RT$

в конеч. момент

$p_к V_к = \nu_к RT$

$p_к = \alpha p_0$

$V_к = \frac{V_0}{\beta}$

$\nu_0 = \frac{m_0}{\mu_п}$

$\nu_1 = \frac{m_1}{\mu_п}$

$\alpha p_0 \frac{V_0}{\beta} = \frac{m_1}{\mu_п} RT$ ②

$p_0 V_0 = \frac{m_0}{\mu_п} RT$ ① $\Rightarrow$

$\alpha p_0 V_0 \mu_п = \beta m_1 RT$

$p_0 V_0 \mu_п = m_0 RT$

$\alpha = \beta \frac{m_1}{m_0}$

$\frac{m_1}{m_0} = \frac{\alpha}{\beta}$

$m_1 = \frac{\alpha m_0}{\beta} = \frac{1,8 \cdot 3}{3,5} = \frac{54}{35}$ г

т.к. $m_0 > m_1 \Rightarrow$ некоторое кол-во пара сконденсировалось $\Rightarrow$ в конечный момент пар стал насыщенным $\Rightarrow$ $\cancel{\alpha p_0 = p_{нп}}$ $\cancel{p_0 = \frac{p_{нп}}{\alpha}}$

$\alpha p_0 = p_{нп} \Rightarrow p_0 = \frac{p_{нп}}{\alpha} = \approx 2,78 \cdot 10^4$ Па

$p_{нп} V_к = \frac{m_1}{\mu_п} RT \Rightarrow V_к = \frac{m_1 RT}{\mu_п p_{нп}} = \frac{54 \cdot 8,31 \cdot 354}{35 \cdot 18 \cdot 0,5 \cdot 10^5} \approx 5,04$ л

Ответ: $p_0 = 2,78 \cdot 10^4$ Па; $V_к = 5,04$ л

Часть 2

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

Шифр: **21205049**

ID профиля: **319420**

Вариант 1

Чистовик

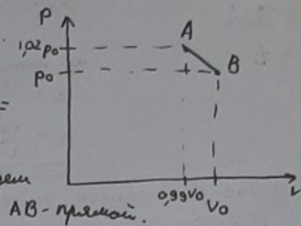
№5. Дано:
идеальный одноатомный газ ⇒ $i = 3$
$\alpha = 1{,}02$ - изм. p
$\beta = 0{,}99$ - изм. V
$\Delta p, \Delta V, \Delta T \ll 1$.
γ_1 - ?, где γ - коэф. изменения T
$\frac{Q}{A}$ - ?

Решение:
ур-ние Менделеева-Клапейрона:
$p_0 V_0 = \nu R T_0$
$\alpha p_0 \beta V_0 = \nu R \gamma T_0$
$\alpha\beta = \gamma \Rightarrow \gamma = 1{,}02 \cdot 0{,}99 = 1{,}0098 \Rightarrow$ температура газа выросла на $0{,}98\%$.

I начало термодинамики:

$Q = \Delta U + A$, где A - работа газа.

$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} \Delta(pV) =$
$= (\alpha p_0 \beta V_0 - p_0 V_0) = \frac{3}{2}(\alpha\beta - 1) p_0 V_0 =$
$= \frac{3}{2} \cdot (\gamma - 1) \cdot p_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 0{,}0098 p_0 V_0$



$A = S_{\text{фиг}}$, т.к. Δp и $\Delta V \ll 1$, то будем считать AB - прямой.

⇓

$A = S_{\text{фиг}} = S_{\text{тр}} = \frac{p_0 + 1{,}02 p_0}{2} \cdot (V_0 - 0{,}99 V_0) = \frac{V_0}{100} \cdot \frac{1{,}01 p_0}{100}$

$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \cdot \frac{98}{10^4} p_0 V_0 + \frac{101}{10^4} p_0 V_0 = \frac{p_0 V_0}{10^4}\left(\frac{3 \cdot 98}{2} + 101\right) =$
$= \frac{p_0 V_0}{10^4}(147 + 101)$

$\frac{Q}{A} = \frac{\cancel{p_0 V_0} \cdot \cancel{10^4}(147 + 101)}{\cancel{10^4} \cdot \cancel{p_0 V_0} \cdot 101} = 2 + \frac{37}{101}$

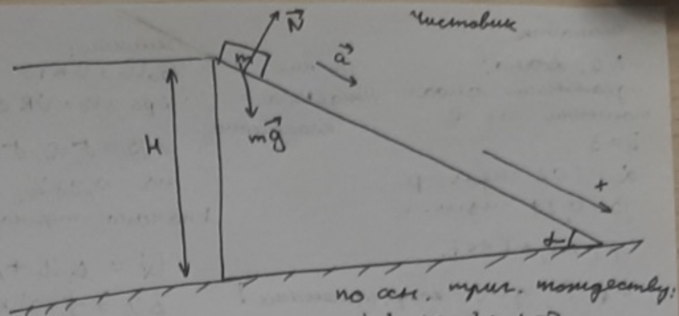
Ответ: T газа выросла на $0{,}98\%$; $\frac{Q}{A} = 2\frac{37}{101}$.

№4

Дано:
H - высота клина
m - масса шайбы ~~груза~~
3m - масса клина
$\cos\alpha = \frac{4}{5}$
$F = 2mg$
1) t - ?
2) A - ?
3) t - ?

Решение:

Чистовик

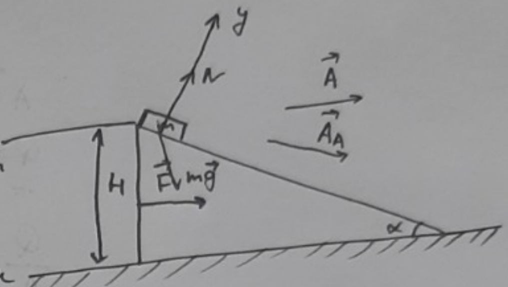


1) по ЗСЭ: $E_п = E_к$
$mgH = \frac{m v^2}{2}$
$v = \sqrt{2gH}$
по II з.Н. для шайбы:
$m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$
Ox: $mg\sin\alpha = ma$
$a = g\sin\alpha$

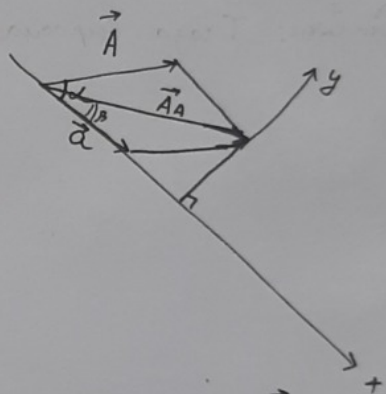
по осн. триг. тождеству:
$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1 \Rightarrow$
$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$

из кинематики:
$a = \frac{v - v_0}{t}$; $v_0 = 0$ м/с; т.к. в начале шайба покоилась
$t = \frac{v}{a} = \frac{\sqrt{2gH}}{g\sin\alpha} = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

2) Рас-рим силы, действующие на клин: сила, с которой на него действует извне $F = 2mg$; сила, с которой на клин действует шайба, P.

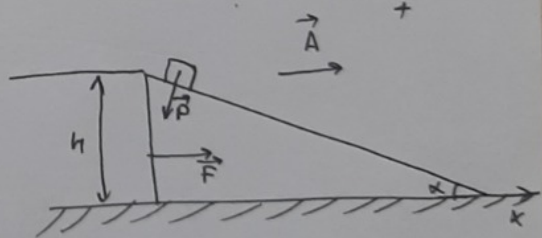


найдём P.
Шайба движется с ускорением $a = g\sin\alpha$ вдоль клина и с ускорением клина A вдоль поверхности стола, тогда A_A - абсолютное ускорение шайбы найдём как: $\vec{A_A} = \vec{A} + \vec{a}$



по т. косинусов:
$A_A^2 = A^2 + a^2 + 2Aa\cos\alpha$
по т. синусов:
$\frac{A_A}{\sin\alpha} = \frac{A}{\sin\beta}$
$\sin\beta = \frac{\sin\alpha A}{A_A}$

для шайбы по II з.Н.: $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{A_A}$
Oy: $N - mg\cdot\cos\alpha = m\cdot A_A\cdot\sin\beta = mA\sin\alpha$
$N = m(g\cos\alpha + A\sin\alpha)$
$\vec{P} = -\vec{N} = P = N = m(g\cos\alpha + A\sin\alpha)$



для клина по II з.Н.:
$\vec{P} + \vec{F} = 3m\vec{A}$
Ox: $F - P\cdot\sin\alpha = 3mA$
$2mg - m(g\cos\alpha + A\sin\alpha) = 3mA$
$2g - g\cos\alpha + A\sin\alpha = 3A$
$A = \frac{g(2-\cos\alpha)}{3-\sin\alpha} = \frac{g}{2}$

3) из п.1) $v = \sqrt{2gH}$
из п.2) $A_A^2 = A^2 + a^2 + 2A\cdot a\cdot\cos\alpha = \frac{g^2}{4} + g^2\cdot\sin^2\alpha + 2\cdot\frac{g}{2}\cdot g\cdot\sin\alpha\cos\alpha = g^2\left(\frac{1}{4} + \frac{9}{25} + \frac{12}{25}\right)$
$\Rightarrow A_A = \frac{g}{10}\sqrt{109} \Rightarrow t = \frac{v}{A_A} = \frac{\sqrt{2gH}\,10}{g\sqrt{109}} = \frac{10\sqrt{109}}{109}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

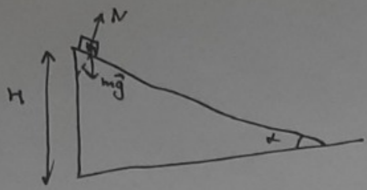
Ответ: $t = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}$; $A = \frac{g}{2}$; $t = \frac{10\sqrt{109}}{109}\sqrt{\frac{2H}{g}}$.

21205049 (U319420 M1281614)

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$ Черновик

$\sin\alpha = \frac{3}{5}$

$t - ?$



по ЗСЭ:

$mgH = \frac{mv^2}{2}$

$v = \sqrt{2gH}$

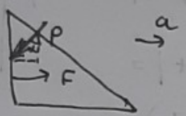
$mg \cdot \sin\alpha = ma$

$a = g\sin\alpha$

$t = \frac{v_k - v_0}{a} = \frac{\sqrt{2gH}}{g\sin\alpha} = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

$\cancel{N = mg\cos\alpha}$

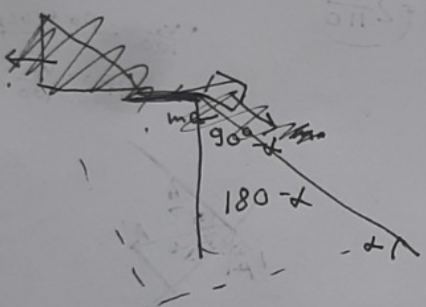
$\cancel{P} = N = P = mg\cos\alpha = mg\,\frac{4}{5}$

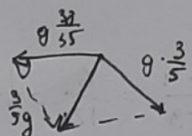


$F - P\cdot\sin\alpha = 3ma$

$2mg - mg\sin\alpha\cdot\cos\alpha = 3ma$

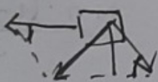
$a = g\,\frac{\left(2 - \frac{12}{25}\right)}{3} = g\,\frac{38}{75}$





$a = g\left(\frac{2 - \sin\alpha\cos\alpha}{3}\right)$

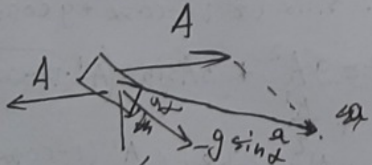
$a_k = \sqrt{\frac{38^2}{75^2}g^2 + \frac{9}{25}g^2 - 2\cdot\frac{38}{75}\cdot\frac{3}{5}g^2\,\frac{4}{5}}$

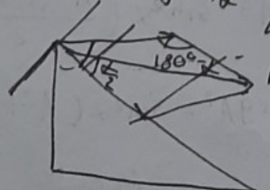


$g\cdot\frac{3}{5}$

$a_k = g\cdot$

$a_k = g\sqrt{\frac{4 - 4\sin\alpha\cos\alpha + \sin^2\alpha\cos^2\alpha}{9} + \sin^2\alpha - 2\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}(2 - \sin\alpha\cos\alpha)}$





$A'\sqrt{A^2 + g^2\sin^2\alpha + 2\cdot A\cdot g\sin\alpha\cos\alpha}$

$a_k = \frac{g}{3}\sqrt{4 - 4\sin\alpha\cos\alpha + \sin^2\alpha\cos^2\alpha + 9\sin^2\alpha - 36\cos\alpha\sin\alpha + 18\sin^2\alpha\cos^2\alpha}$

$a_k = \frac{g}{3}\sqrt{4 - 40\sin\alpha\cos\alpha + 19\sin^2\alpha\cos^2\alpha + 9\sin^2\alpha}$

$A'\cdot\sin\frac{\alpha}{2} =$

$2mg - m\sin\alpha(\cdot\cdot\cdot) = 3Am$

$m\,\frac{A'\cdot(1-\cos\alpha)}{2} = N - mg\cdot\cos\alpha$

$N = m\left(\frac{A'(1-\cos\alpha)}{2} + g\cos\alpha\right)$

Черновик.

№5. $i=3$

$p_0 V_0 = \nu_0 R T_0$

$1{,}02 p_0 \, 0{,}99 V_0 = \nu R T_1$

$\frac{T_0}{T_1} = \frac{1}{1{,}02 \cdot 0{,}99} = \frac{10^4}{102 \cdot 99} = \frac{10^4}{(100+2)(100-1)} =$

$10000 + 100 - 2$

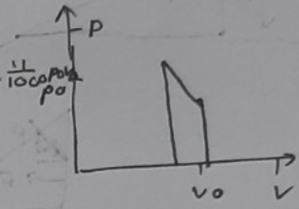
$\frac{T_1}{T_0} = \frac{98 + 10000}{10^4} = \frac{98}{10^4} + 1 = 0{,}0098$

$0{,}98$

$Q = \Delta U + A$

$Q = \frac{3}{2} \Delta(pV) + A_s$

$Q = \frac{3}{2}(1{,}02 \cdot 0{,}99 - 1) p_0 V_0 + \frac{11}{1000} p_0 V_0$



$\frac{Q}{A} = \frac{147 \cdot 1000}{10000 \cdot 11} + 1 =$

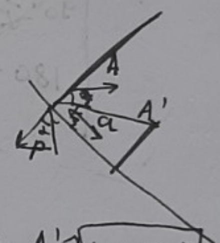
$= 1 + \frac{147}{110} = 2\frac{37}{110}$

$\cdot \frac{V_0}{100} \quad \frac{p_0 + 1{,}02 p_0}{2} =$

$1{,}1 p_0 \cdot \frac{V_0}{100} = \frac{p_0 V_0 11}{1000}$

$A_1 \qquad 3mA = F$

$\frac{10-4}{15-3} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$



$\frac{m A' \sqrt{1-\cos\alpha}}{2} = N - mg \cdot \cos\alpha$

$N = P = \frac{mA'}{2}\sqrt{1-\cos\alpha} + g\cos\alpha$

$3mA = F - P\sin\alpha$

$2mg - \sin\alpha\left(\frac{A'}{2}\sqrt{1-\cos\alpha} + g\cos\alpha\right) = 3A$

$\cancel{4g^2 = \frac{9A^2}{4}} + \cancel{3A\sin\alpha(A'\sqrt{1-\cos\alpha} + 2g\cos\alpha)}$

$(2g - 3A)^2 = \sin^2\alpha\left(\frac{A'^2(1-\cos\alpha)}{2} + A'\sqrt{1-\cos\alpha}\, g\cos\alpha + g^2\cos^2\alpha\right)$

$4g^2 + 12Ag + 9A^2 = \sin^2\alpha(A^2 + g^2\sin^2\alpha + 2 \cdot A \cdot g\sin\alpha\cos\alpha)$

$g \cdot \sin\alpha$

$\frac{(1-\cos\alpha)}{\sqrt{\frac{2}{4}}}$

$\frac{25}{9} = \frac{100}{109} \frac{10}{10}$

$\sqrt{\frac{4}{9}} \quad \frac{5}{3} Ag$

$1{,}09. \quad 25 + 36 + 48$

$\frac{109}{100}$

21205049 (U319420 M1281614)