Часть 1

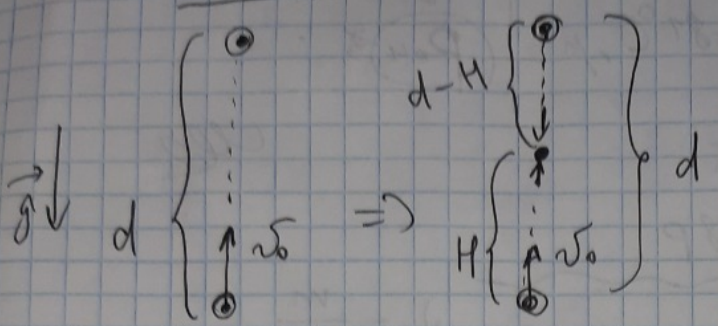
Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21204170**

ID профиля: **330587**

Вариант 1

Задача 1



Дано: H

Найти:

t_2 – время полета 2 мяча до столкновения

ϑ_0 – нач. скорость мячей

S – путь 1 мяча до столкновения

Решение:

Пусть максимальная высота подъема 1 мяча – d

тогда из формул кинематики найдем, что

1) $d = \dfrac{\vartheta_0^2}{2g}$

Два мяча двигались навстречу друг другу равноускор. и суммарно прошли расстояние d (от начала броска 2 мяча):

2) $d = \vartheta_0 t_2 + \dfrac{g t_2^2}{2} + \vartheta_0 t_2 - \dfrac{g t_2^2}{2}$

(2) ⇒ 3) $d = 2\vartheta_0 t_2$

Используя (1) и (3), получим, что $\vartheta_0 = 4 g t_2$ (4)

Для 2 мяча заметим: $H = \vartheta_0 t_2 - \dfrac{g t_2^2}{2}$ (5)

(4), (5) ⇒ $H = t_2^2 \cdot (3{,}5 g) \Rightarrow t_2 = \sqrt{\dfrac{H}{3{,}5 g}}$ (6)

(4), (6) ⇒ $\vartheta_0 = 4g\sqrt{\dfrac{H}{3{,}5 g}} \Rightarrow \vartheta_0 = \sqrt{\dfrac{16}{3{,}5} gH}$

Имеем:

$S = d + (d - H) = 2d - H = 4\vartheta_0 t_2 - H$; использовали (3)

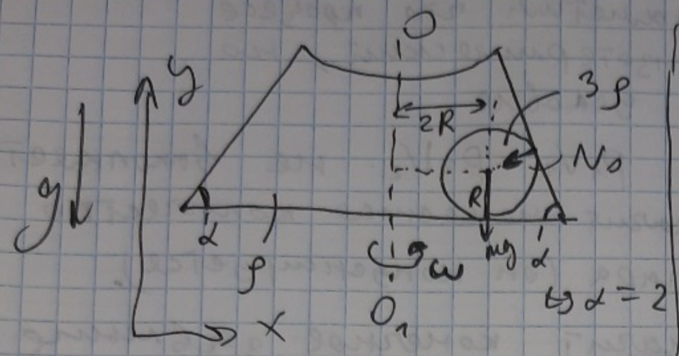
$S = 16 g t_2^2 - H = 16 g \dfrac{H}{3{,}5 g} - H = H\left(\dfrac{16}{3{,}5} - 1\right)$

Ответ: $t_2 = \sqrt{\dfrac{H}{3{,}5 g}}$; $\vartheta_0 = \sqrt{\dfrac{16}{3{,}5} gH}$; $S = H\left(\dfrac{16}{3{,}5} - 1\right)$

Задача 2

Дано: ρ, ω, R, $tg\alpha$

Найти: N_1, N_2



Решение:

1) Если сосуд не вращается, то на шар действуют силы:

mg – сила тяжести

N_1 – сила р. опоры снизу

$F_{Арх}$. – сила Архимеда

$F_{Арх} = \rho g V$;

V – объем шара, $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$$mg = N_1 + F_{Арх} \quad \text{(в проекции на ось } y\text{)}$$

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

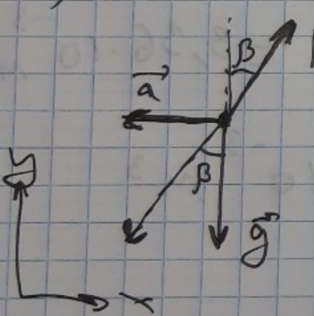
$$N_1 = 3\rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 - \rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$N_1 = \frac{8}{3}\pi R^3 \rho g$$

2) Если сосуд вращается, то $\Rightarrow$ а) На шар действует сила N_0 со стор. боковой стенки

б) сила Архимеда действует под углом из-за центростр. ускор. a;

$$a = 2\omega^2 R$$

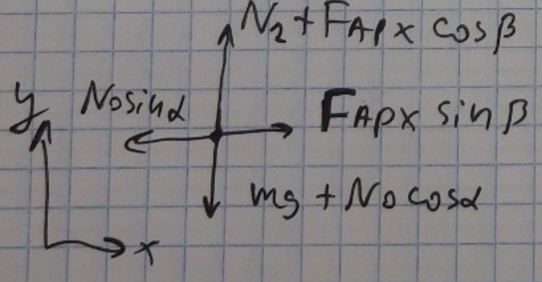


Введем угол β (на рис. слева)

$$\sin\beta = \frac{a}{\sqrt{a^2+g^2}}$$

$$\cos\beta = \frac{g}{\sqrt{a^2+g^2}}$$

Силы на шар (в проекциях на оси x, y)



2 закон Ньютона для шара:

$$\begin{cases} y: & N_2 + F_{Арх}\cos\beta = mg + N_0\cos\alpha \quad (а) \\ x: & -ma = F_{Арх}\sin\beta - N_0\sin\alpha \quad (б) \end{cases}$$

Из (б) $\Rightarrow$ $N_0 = \frac{F_{Арх}\sin\beta + ma}{\sin\alpha}$

Подставим в (а) $\Rightarrow$ $N_2 + F_{Арх}\cos\beta = mg + \frac{1}{tg\alpha}(ma + F_{Арх}\sin\beta)$

Отсюда:

$$N_2 = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho\left(3g - g^2\frac{1}{\sqrt{g^2+4\omega^4R^2}} + 0{,}5g\frac{2\omega^2 R}{\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}} + \frac{8}{3}\omega^2 R\right)$$

Ответ: $N_1 = \frac{8}{3}\pi R^3 \rho g$; $N_2 = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho\left(3g + \frac{8}{3}\omega^2 R + \frac{\omega^2 g R - g^2}{\sqrt{g^2+4\omega^4R^2}}\right)$

Задача 3

Дано:

$m = 3$ г

$T = 81°C = const$

$V \Rightarrow \frac{V}{3,5}$

$p \Rightarrow 1,8p$

$p_н = 0,5 \cdot 10^5$ Па

$\mu = 18$ г/моль

Найти: p; $\frac{V}{3,5}$

Решение:

Заметим, что процесс изотермический, но условие

$p_1V_1 = p_2V_2$ не выполняется.

Значит меняется количество пара (он конденсируется).

Значит конечное давление

$1,8p = p_н \Rightarrow p = \frac{p_н}{1,8}$.

$p \approx 2,8 \cdot 10^4$ Па

Запишем ур-ие Менделеева-К. для газа в нач. ~~[illegible]~~ сост.:

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

$$\frac{p_н}{1,8}V = \frac{mRT}{\mu}$$

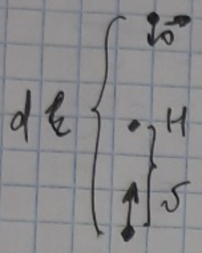
Отсюда: $\frac{V}{3,5} = \frac{18}{35} \cdot \frac{mRT}{p_н\mu} \approx 3,36 \cdot 10^{-3}$ м^3

Ответ: $2,8 \cdot 10^4$ Па; $3,36 \cdot 10^{-3}$ м^3

21204170 (U330587 M1281641)

Черновик 1

①

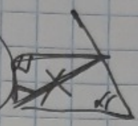


$$\frac{v_0^2}{2g} = 2vt_2$$

$$4g\,t_2 = v$$

1) $$\frac{g\left(\frac{v}{g}\right)^2}{2} = \frac{v^2}{2g} = d$$

$$d = \frac{v^2}{2g}$$



$$\cancel{vt + \frac{gt^2}{2} = d}$$

$$\cancel{vt + \frac{gt^2}{2} = \frac{v^2}{2g}}$$

105902,64

$$\frac{18 \cdot 2 \cdot 8{,}31 \cdot (81+273)}{35 \cdot 0{,}5 \cdot 10^5 \cdot 18}$$

354

315

$336{,}2 \cdot 10^{-5}$

$3{,}36 \cdot 10^{-3}$

$$vt + \frac{gt^2}{2} + vt - \frac{gt^2}{2} = d$$

$$2vt = d$$

$$2vt = \frac{v^2}{2g}$$

$$4gt = v$$

$$\sqrt{\frac{16g^2 H}{3{,}5g}}$$

$\cancel{16g}$

16

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

$$4gt^2 - \frac{gt^2}{2} = H$$

$$t^2\left(4g - \frac{g}{2}\right) = H$$

1) $$\boxed{t = \sqrt{\frac{H}{4g - \frac{g}{2}}}}$$

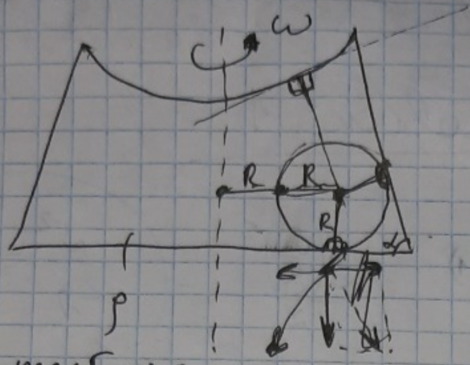
$$v = 4gt = \boxed{4g\sqrt{\frac{H}{4g - \frac{g}{2}}}}$$ 2

$$S = d + (d - H) = 2d - H = 4vt - H =$$

$$= 4t \cdot 4gt - H = 16gt^2 - H = 16g \cdot \frac{H}{4g - \frac{g}{2}} - H =$$

$$= H\left(\frac{16}{4 - \frac{1}{2}} - 1\right)$$

Черновик 2



$$N + \rho g V = mg$$

$$N = g(\overset{3\rho V}{\cancel{m}} - \rho V)$$

$$\cancel{3g\; N = \rho V g}$$

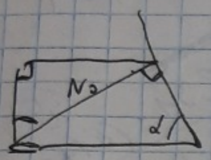
$$N = 2\rho V g$$

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

(1) $$N = \frac{8}{3}\pi R^3 \rho g$$

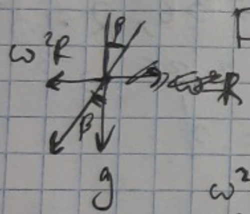
$$\begin{array}{r} 273 \\ +\ 81 \\ \hline 354 \end{array}$$

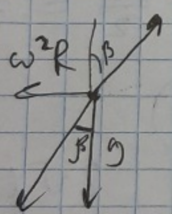
$$N_0 = \frac{ma + F_A \sin\beta}{\sin\alpha}$$

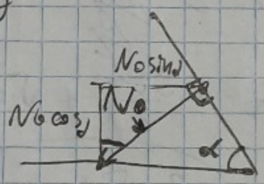


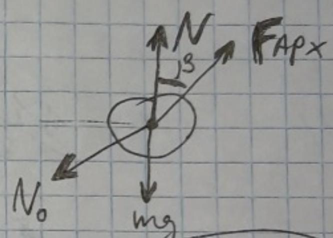
$$a_y = 2\omega^2 R$$

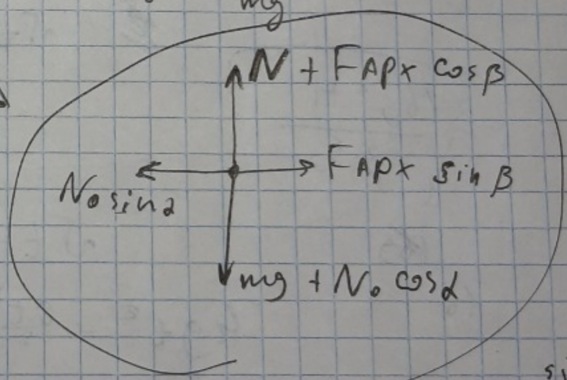
$$F_{Apx} = \rho g V$$











$$\begin{cases} N_0 \sin\alpha = F_{Apx}\sin\beta \\ mg + N_0\cos\alpha = N + F_{Apx}\cos\beta \end{cases}$$

$$N_0 = F_{Apx}\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$$

$$N = mg + N_0\cos\alpha - F_{Apx}\cos\beta$$

$$N = mg + \overset{\rho g V}{F_{Apx}}\left(\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}\cdot\cos\alpha - \cos\beta\right)$$

$$\sin\beta = \frac{\omega^2 R}{\sqrt{\omega^4 R^2 + g^2}}; \quad \cos\beta = \frac{g}{\sqrt{\omega^4 R^2 + g^2}}$$

$$N_2 + F_{Apx}\cos\beta = mg + \frac{1}{tg\alpha}(F_{Apx}\sin\beta + ma)$$

$$N_2 + \rho g V\cos\beta = \overset{3\rho g V}{\cancel{mg}} + 0{,}5(\rho g V\sin\beta + 6\rho V\omega^2 R)$$

$$N_2 = \rho g V(3g - g\cos\beta + 0{,}5g\sin\beta + 3\omega^2 R)$$

Черновик 3

m, T = конст, $T_1 = 81°C$, μ | $p_{\text{н}}$? T_1

$V \to \frac{V}{3,5}$

$p \to 1,8p$

$\nu_1 = \frac{m}{\mu}$

$p_1 V_1 = \nu_1 R T$

$p_{\text{н}} V_2 = \nu_2 R T$

$p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} R T$

$1,8p \cdot \frac{V}{3,5} = \frac{m}{\mu} R T$

$p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T$

$p_{\text{н}} \frac{V_2}{3,5} = \nu_2 R T$

$p_1 \cdot 1,8 = p_{\text{н}}$

$p_1 = \frac{p_{\text{н}}}{1,8}$ (1)

$\frac{p_{\text{н}}}{1,8} V = \frac{m}{\mu} R T$

(2) $V_2 = \frac{1,8 m R T}{p_{\text{н}} \mu} / 3,5$

~~$\frac{1,8 m R T}{\mu}$~~

21204170 (U330587 M1281641)

Часть 2

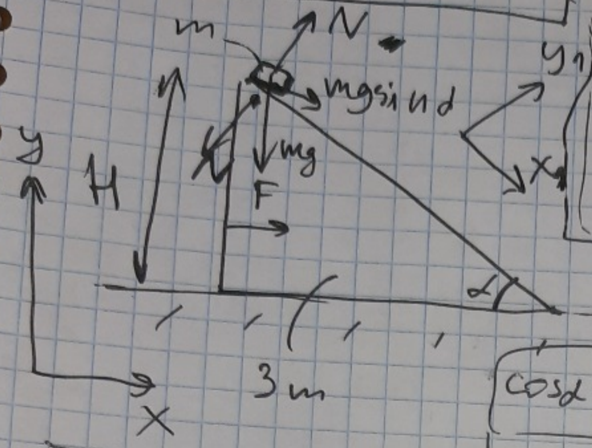
Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

Шифр: **21204170**

ID профиля: **330587**

Вариант 1

Задача 4



Дано: m, $\cos\alpha$, H, F

$\boxed{\cos\alpha = \frac{4}{5}}$

$\boxed{F = 2mg}$

Найти:

t_1 – время свезжание шайбы при неподвижном клине

a – ускорение клина (с учетом F)

t_2 – время свезжание шайбы с учетом F

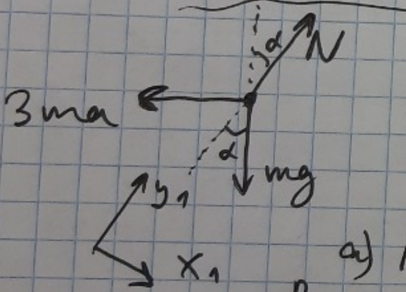
$\cos\alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{3}{5}$

Решение:

1) Если клин неподвижен, то ускорение шайбы в проекции на OX_1 – $g\sin\alpha$;
общее расстояние спуска – $\frac{H}{\sin\alpha}$

Итого: $\frac{g\sin\alpha\, t_1^2}{2} = \frac{H}{\sin\alpha} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\alpha}} = \sqrt{\frac{50H}{9g}}$

2) Используем тот факт, что шайба не „проваливается" сквозь клин: перейдем в систему отсчета клина и запишем силы на шайбу:



В проекции на Oy_1 получим:

$N - mg\cos\alpha - 3ma\sin\alpha = 0$; N – реакция опоры на шайбу

а) $N = mg\cos\alpha + 3ma\sin\alpha$

В то же время для клина (в неподвижной системе), в проекц. на Ox

б) $F - N\sin\alpha = 3ma$; подставим сюда N из (а)

$3ma = F - mg\sin\alpha\cos\alpha - 3ma\sin^2\alpha$; подставим $F = 2mg$

$$a = g\,\frac{2 - \sin\alpha\cos\alpha}{3 + 3\sin^2\alpha}$$

Учитывая, что $\cos\alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{3}{5}$, $a = \frac{19}{51}g$

Запишем 2 закон Ньютона для шайбы в движ. сист. (в проекц. на Ox_1)

$mg\sin\alpha - 3ma\cos\alpha = ma_0$, где a_0 – ускорение ш. вдоль склона

Учитывая $\frac{a_0 t_2^2}{2} = \frac{H}{\sin\alpha}$, получим $t_2 = \sqrt{\frac{90H}{g}} = 3\sqrt{\frac{10H}{g}}$

Ответ: $\sqrt{\frac{50H}{9g}}$; $\frac{19}{51}g$; $3\sqrt{\frac{10H}{g}}$

Задача 5

Дано: ид. газ;
$p \Rightarrow k_1 p$; $k_1 = 1{,}02$
$V \Rightarrow k_2 V$; $k_2 = 0{,}99$
газ одноатомный

Найти:
$\frac{T_2}{T_1}$ – ~~на~~ во сколько раз изменилась темп.;
X – отношение полученной теплоты к работе газа

Решение: 1) из закона менделеева-к. получим:

$$\frac{T_2}{T_1} = k_1 k_2 = 1{,}0098 \Rightarrow$$ Темп. повысилась на 0,98 %

2) Воспользуемся ~~з~~ знанием о политропическом процессе $pV^n = const$, найдем ~~з~~ работу для него.

$$\begin{cases} p_1 V_1^n = const = a \\ p_2 V_2^n = a = const \end{cases}$$ (взяли $a = const$)

$p(V) = aV^{-n}$, n – показатель политропы

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p(V)dV = \frac{a}{1-n} \cdot V^{1-n}\Big|_{V_1}^{V_2} = \frac{V}{1-n} \cdot \frac{a}{V^n}\Big|_{V_1}^{V_2} = \frac{1}{1-n} pV\Big|_{V_1}^{V_2}$$

$$\Delta(pV) = \Delta(\nu RT)$$

Значит $$\boxed{A = \frac{1}{1-n}\nu R\Delta T}$$

Найдем n: $pV^n = k_1 p (k_2 V)^n$; (для нач. и конечн. сост. газа)

$$k_1 = \left(\frac{1}{k_2}\right)^n$$

$$\ln k_1 = n \ln\left(\frac{1}{k_2}\right) \Rightarrow n = \frac{\ln k_1}{\ln \frac{1}{k_2}} \approx 1{,}97$$

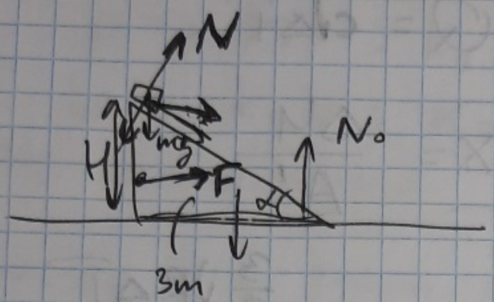
Из I закона Термодинамики:

$$Q = A' + \Delta U \Rightarrow X = 1 + \frac{\Delta U}{A'}$$

$$X = 1 + \frac{\frac{3}{2}\nu R\Delta T}{\frac{1}{1-n}\nu R\Delta T} = 1 + \frac{3(1-n)}{2} \approx -0{,}455$$

Ответ: Увеличилась на 0,98 %; $-0{,}455$

Черновик 1 -



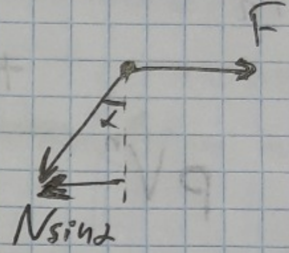
$$\frac{H}{\sin\alpha} = \frac{g\sin\alpha \cdot t^2}{2}$$

1 $$\boxed{t = \sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\alpha}}}$$

$\frac{1}{1-n} = \alpha$
$R(\frac{1}{2}+\alpha)$
$\nu R \Delta T \alpha$

$$\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$



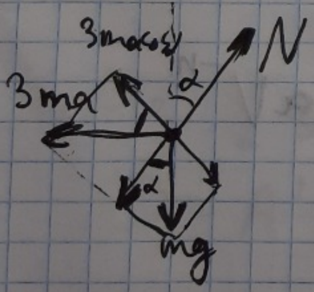
OX: $F = \frac{\Delta p_x}{\Delta t}$

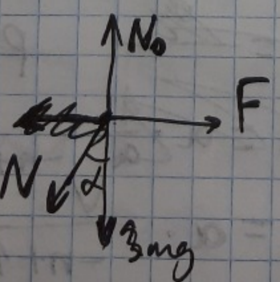
Oy: $\cancel{3mg + mg}$ $N_0 - mg - 3mg = \frac{\Delta p_y}{\Delta t}$

$$F\Delta t = (m\Delta v_1 + 3m\Delta v_2)$$

$$(N_0 - 4mg)\Delta t = m\Delta v_y$$

$$\frac{F}{N_0 - 4mg} = \frac{\Delta v_1 + 3\Delta v_2}{\Delta v_y}$$





$$N_0 = 3mg + N\cos\alpha$$

$$F - N\sin\alpha = 3ma$$

$$N = \frac{F - 3ma}{\sin\alpha}$$

$$N = mg\cos\alpha + 3ma\sin\alpha$$

$$\frac{F - 3ma}{\sin\alpha} = mg\cos\alpha + 3ma\sin\alpha$$

$$2mg - 3ma = mg\cos\alpha\sin\alpha + 3ma\sin^2\alpha$$

Черновик 2

$$\sqrt{\frac{2H}{g\cdot\frac{9}{25}}} \qquad \sqrt{\frac{50H}{9g}}$$

$$3a = 2mg - g\sin\alpha\cos\alpha - 3a\sin^2\alpha$$

$$3a(1+\sin^2\alpha) = \cancel{2g}\, g(2-\sin\alpha\cos\alpha)$$

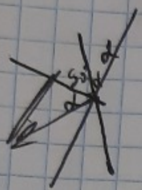
~~2mg~~

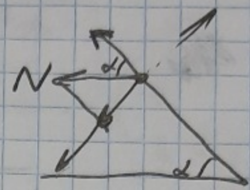
~~$ma(3\sin^2\alpha +$~~

$$3ma(\sin^2\alpha + \cancel{3}1) = mg(2-\sin\alpha\cos\alpha)$$

$$\cos\alpha = \frac{4}{5}$$

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





$$\frac{9}{25}+1 = \frac{34}{25}$$

0,0198

$$\frac{9}{25}+1=\frac{34}{25}$$

$$2-\frac{4}{5}\cdot\frac{3}{5} = \frac{50-12}{25} = \frac{38}{25}$$

$$2-\frac{12}{25} = \frac{50-12}{25}$$

$$\frac{38}{25}$$

$$3a\cdot\frac{34}{25} = g\cdot\frac{38}{25}$$

$$3a\cdot\frac{34}{25} = g\cdot\frac{38}{25}$$

$$17\cdot 3a = 19g$$

$$\frac{16}{25} \quad \frac{9}{25} \quad 3a\cdot 17 = g\,19$$

$$17a = 6g$$

$$a = \frac{6}{17}g \quad 2$$

$$a = g\,\frac{19}{51}$$

$$ma_0 = mg\sin\alpha - 3ma\cos\alpha$$

$$a_0 = g\cdot\frac{3}{5} - 3\cdot\frac{6}{17}g\cdot\frac{4}{5}$$

$$\frac{a_0t_0^2}{2} = \frac{H}{\sin\alpha}$$

$$3a(1+\sin^2\alpha) = 2mg - g\sin\alpha\cos\alpha$$

$$a_0 = g\sin\alpha - 3a\cos\alpha \qquad 27$$

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

$$g\cdot\frac{3}{5} - 3\cdot\frac{19}{51}g\cdot\frac{4}{5}$$

$$\frac{3}{5} - \frac{19}{27}\cdot\frac{4}{5}$$

$$\frac{2-\frac{12}{25}}{3+3\cdot\frac{9}{25}} = \frac{\frac{50-12}{25}}{\frac{75+27}{25}}$$

$$\frac{81-76}{135} \quad \frac{\cancel{8}}{\cancel{135}}$$

$$\frac{38}{102}$$

$$\frac{1}{27}g$$

$$\frac{\frac{g}{27}t_2^2}{2} = H\cdot\frac{5}{3}$$

$$t_2^2\cdot g\,\frac{1}{27} = H\,\frac{10}{3} \qquad \frac{1}{9}gt_2^2 = 10H$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{90H}{g}}$$

21204170 (U330587 M1281642)

Черновик 3

$$p \to k_1 p$$
$$V \to k_2 p$$
$$pV^n = const$$
$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases}$$

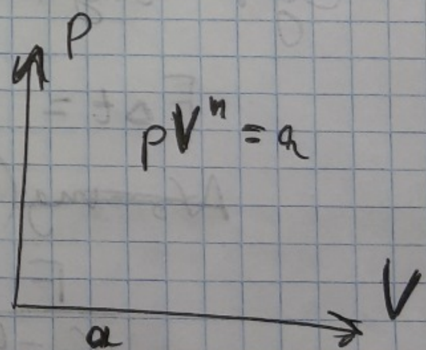
$$Q = A' + \Delta U$$
$$Q = c\nu\Delta T$$
$$X = \frac{\Delta U}{A'}$$
$$\frac{\frac{3}{2}\nu R \Delta T}{\nu R \Delta T \frac{1}{1-n}} = \frac{3}{2}(1-n)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = k_1 k_2 = 1{,}0098$$
$$+\ 0{,}98\%$$

$$pV^n = k_1 p \cdot (k_2 V)^n$$
$$k_1 = \cancel{\frac{V}{k_2 V}} \left(\frac{1}{k_2}\right)^n$$
$$\ln k_1 = n \ln\left(\frac{1}{k_2}\right)$$
$$n = \frac{\ln k_1}{\ln\left(\frac{1}{k_2}\right)}$$

$$(x^a)' = a x^{a-1}$$
$$\int x^a = \frac{x^{a+1}}{a}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$
$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$
$$\boxed{\begin{cases} p_1 V_1^n = a \\ p_2 V_2^n = a \end{cases}}$$



$$p(V) = \frac{a}{V^n}$$
$$p = aV^{-n}$$
$$A = a \cdot \frac{V^{-n+1}}{-n+1}$$
$$A = a\frac{V^{1-n}}{1-n}$$
$$= \frac{a}{1-n}\left(V_2^{1-n} - V_1^{1-n}\right)$$

Черновик 4

$p_1 V_1^n = a$

$p_2 V_2^n = a$

$$\boxed{A = \cancel{a}\,\frac{a}{1-n}\left(V_2^{1-n} - V_1^{1-n}\right)}$$

aV^{1-n}

$\frac{aV}{V^n}$

pV

$\ln(1{,}02) = 0{,}0198026$

$\ln\left(\frac{1}{0{,}99}\right) = 0{,}01005$

$1 + \frac{3(1-1{,}97)}{2}$ $-0{,}97$ $2{,}91$

$-1{,}455$

$\frac{4}{5}$

$25-16 = \frac{9}{25} \Rightarrow \frac{3}{5}$

$\frac{g t_2^2}{57} = \frac{5}{3} H$ $\frac{2H \cdot 25}{g\,s}$

$\frac{57 \cdot 5}{3}$

$\frac{5 t_2^2}{17} = 5H$

$$\frac{2 - \frac{12}{25}}{3 + 3\cdot\frac{9}{25}}$$

$\frac{38}{75+27}$ 102

$\frac{3}{5} - \frac{3\cdot 4}{5} \cdot \frac{19}{57}$ 27

$\frac{19}{57}$

$\frac{81-76}{135}$

$27 \cdot 3$