Часть 1

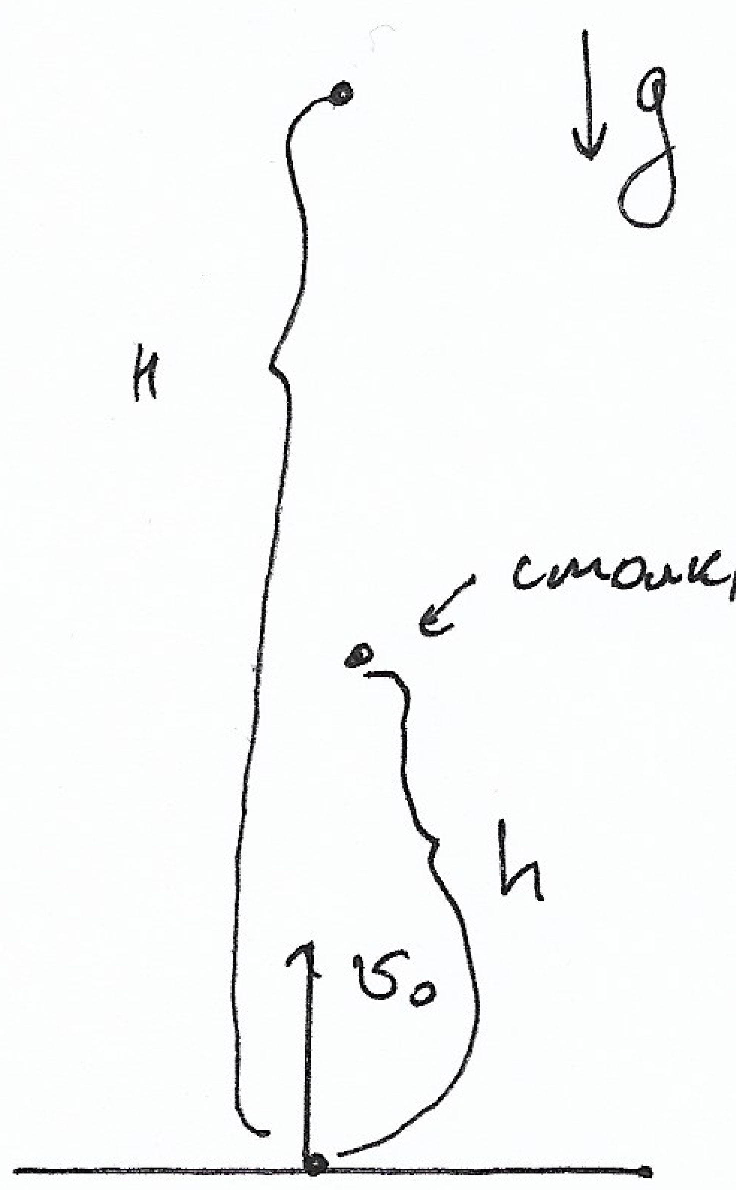
Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21204729**

ID профиля: **339963**

Вариант 2

№1. Чистовик ①



Во-первых, найдём высоту подъёма первого мяча через ЗСЭ:

$$(1) \quad \frac{mv_0^2}{2} = mgH \Rightarrow H = \frac{v_0^2}{2g}$$

А время подъёма мяча на эту высоту, соответственно:

$$(2) \quad v_0 = g\tau; \; \tau = \frac{v_0}{g}$$ – время полёта до вершины

Теперь найдём время полёта второго мяча до столкновения. Для этого запишем ~~координату~~ закон движения второго мяча в падающей СО. В ней 1 мяч покоится, а второй летит вверх со скоростью v_0. Тогда:

$$(3) \quad \tau_1 = \frac{H}{v_0} = \frac{\frac{v_0^2}{2g}}{v_0} = \frac{v_0}{2g} = \frac{\tau}{2}$$ – время полёта второго мяча до столкновения

Значит, время полёта первого мяча:

$$(4) \quad \tau_0 = \tau + \tau_1 = \frac{3}{2}\tau = \frac{3v_0}{2g}$$

Отношение времён τ_0 и τ_1:

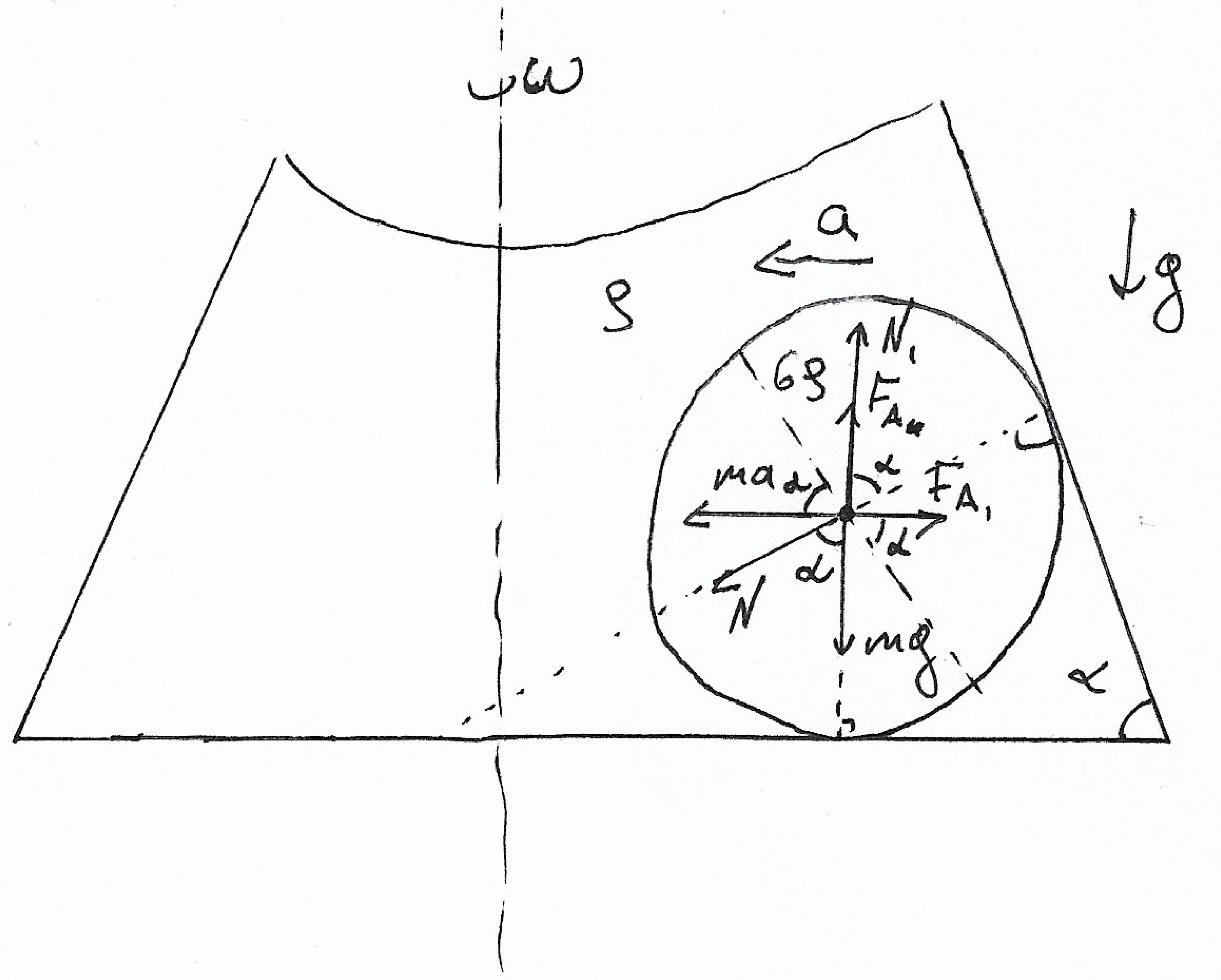
$$(5) \quad \frac{\tau_0}{\tau_1} = \frac{\frac{3}{2}\tau}{\frac{1}{2}\tau} = 3$$

Зная τ_1, найдём h – высоту столкновения:

$$(6) \quad h = v_0\tau_1 - \frac{g\tau_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2}\cdot\frac{v_0^2}{4g^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

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

№2 Чистовик ②



Решим задачу в общем виде, считая, что есть некоторое ускорение a, направленное к оси OO_1:

F_{A_1} – гор. сила Архимеда

F_A – сила Архимеда

N; N_1 – силы реакции опоры шаг-стакана

Из-за ускорения a возникает горизонтальная сила Архимеда. Так как мы ничего не можем сказать про N_*, запишем второй з-н Ньютона на ось $\perp N$:

(1) $(N_1+F_A)\sin\alpha + ma\cos\alpha = mg\sin\alpha + F_{A_1}\cos\alpha$

(2) $F_A = \rho g V = \rho g \frac{4}{3}\pi R^3$; $m = 6\rho V$

(3) $F_{A_1} = \rho a V = \rho a \frac{4}{3}\pi R^3$

Из (1) выразим N_1:

$$N_1 = mg + F_{A_1}\operatorname{ctg}\alpha - ma\operatorname{ctg}\alpha - F_A$$

$$N_1 = m(g - a\operatorname{ctg}\alpha) + F_{A_1}\operatorname{ctg}\alpha - F_A$$

$$N_1 = 6\rho V(g - a\operatorname{ctg}\alpha) - \rho V(g - a\operatorname{ctg}\alpha)$$

$$\boxed{N_1 = 5\rho V(g - a\operatorname{ctg}\alpha) = \frac{20}{3}\pi R^3\rho(g - a\operatorname{ctg}\alpha)}$$

№2 Чистовик 3

Заметим, что мы получили формулу на N_1 для a. В первом случае $a = 0$, а во втором

$$a = \omega^2 \cdot 1{,}5R = \omega^2 \cdot \frac{3}{2}R$$

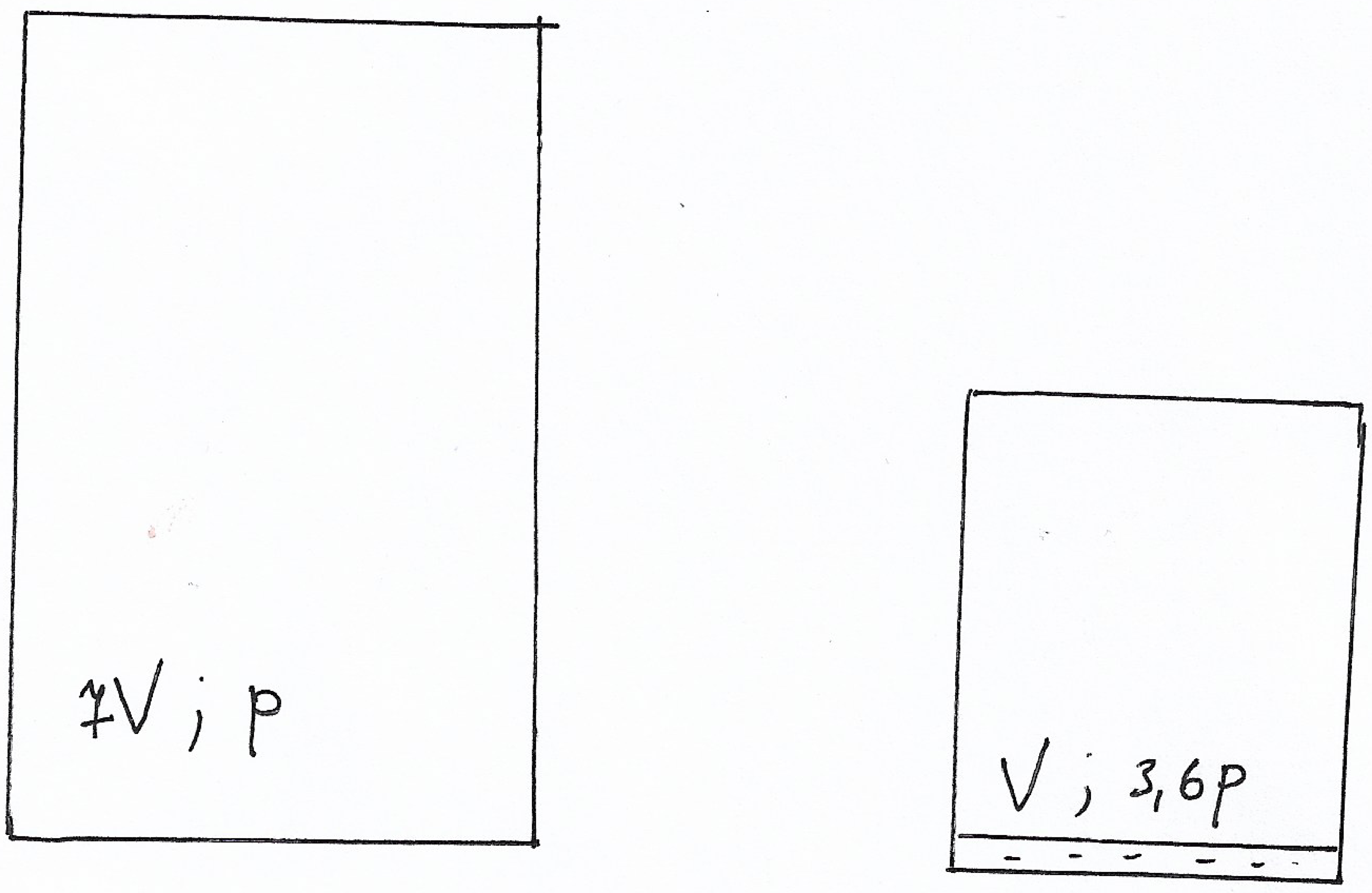
Подставим оба значения, чтобы получить N_1 и N_2:

$$N_1 = \frac{20}{3}\pi R^3 \rho g \qquad ctg\alpha = \frac{1}{tg\alpha} = \frac{2}{3}$$

$$N_2 = \frac{20}{3}\pi R^3 \rho\left(g - \frac{2}{3}\cdot\frac{3}{2}\omega^2 R\right) = \frac{20}{3}\pi R^3 \rho\left(g - \omega^2 R\right)$$

Ответ: $N_1 = \frac{20}{3}\pi R^3 \rho g$; $N_2 = \frac{20}{3}\pi R^3 \rho (g - \omega^2 R)$

№3. Чистовик



Сначала, предположим, что в конечном состоянии пар не является насыщенным и вода не сконденсировалась. Тогда, так как пар по условию - идеальный газ, то запишем ур-ние Менделеева-Клапейрона:

(1) $7pV = \nu RT$

(2) $3{,}6pV = \nu RT$ $\Rightarrow$ $7pV = 3{,}6pV$ $\Rightarrow$ $7 = 3{,}6$ $\Rightarrow$ $\Rightarrow$

$p \neq 0$

$V \neq 0$

пар в конечном ~~сост~~ состоянии насыщенный.

Значит:

(3) $3{,}6p = p_н$ $\Rightarrow$ $\boxed{p = \frac{p_н}{3{,}6}} \approx 13{,}9$ кПа

Теперь подставим p в (1):

$$\frac{7}{3{,}6} p_н V = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \boxed{m = \frac{7}{3{,}6} \frac{\mu p_н V}{RT}} \approx 1 \text{ г}$$

Ответ: 13,9 кПа ; 1 г

Черновик

$7pV = (\nu_1 + \nu) RT$

$3{,}6p = p_н + \cancel{4}\frac{\nu_1 RT}{V}$

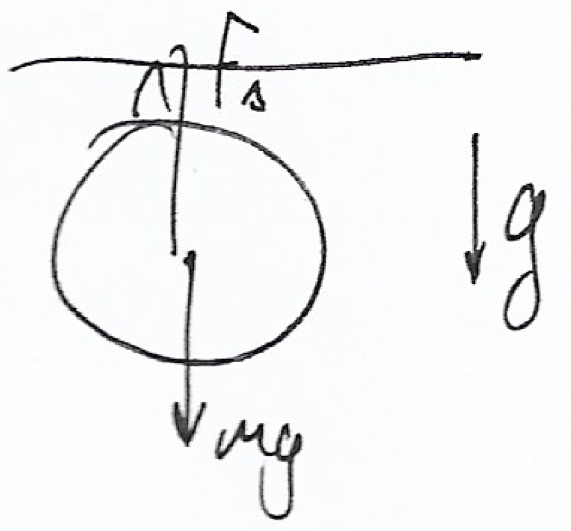
$7p = \frac{\nu RT}{V} + \frac{\nu_1 RT}{\cancel{4}V}$

$3{,}4p = \frac{\nu RT}{V} - p_н$

$T = 354 K$ $1 л = 1 дм^3 = 0{,}001 м^2$

$\cancel{4} V =$

$$\frac{85}{2941{,}7}$$



~~Si~~

$$\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$$

$mg = F_A$

Часть 2

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

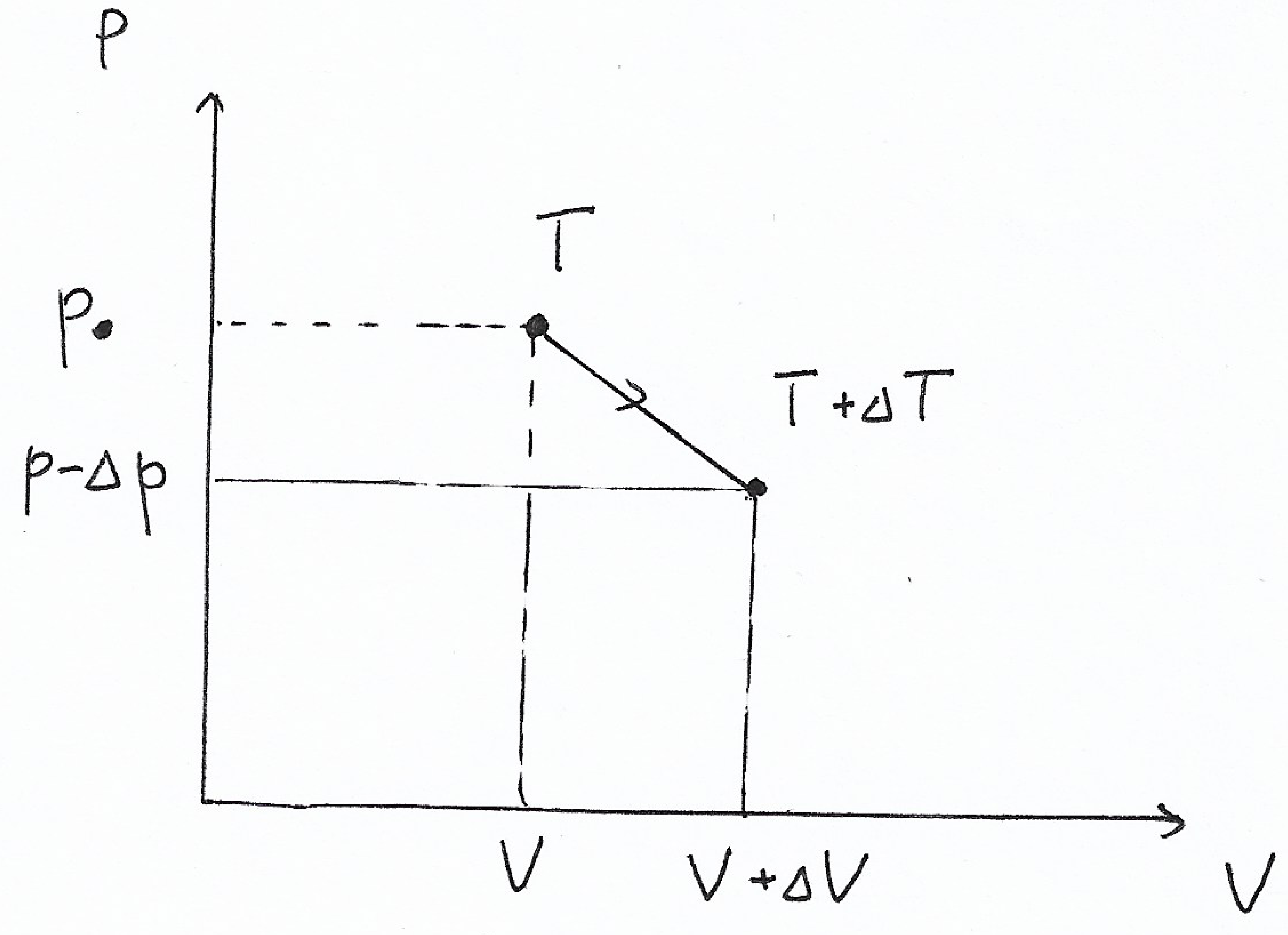
Шифр: **21204729**

ID профиля: **339963**

Вариант 2

№5 Чистовик (1)

Нарисуем график процесса в pV координатах:



Запишем ур-ние Менделеева-Клапейрона на оба случая:

(1) $pV = \nu RT$

(2) $(p-\Delta p)(V+\Delta V) = \nu R(T+\Delta T)$

Разделим (2) на (1):

$$\left(1-\frac{\Delta p}{p}\right)\left(1+\frac{\Delta V}{V}\right) = 1+\frac{\Delta T}{T}$$

$$1+\frac{\Delta V}{V}-\frac{\Delta p}{p}-\frac{\Delta p}{p}\cdot\frac{\Delta V}{V} = 1+\frac{\Delta T}{T}$$

Заметим, что произведение $\frac{\Delta p}{p}\cdot\frac{\Delta V}{V}$ много меньше чем $\frac{\Delta p}{p}$ и $\frac{\Delta V}{V}$ $\Rightarrow$ им можно пренебречь

$$\boxed{\frac{\Delta V}{V}-\frac{\Delta p}{p}=\frac{\Delta T}{T}} = 1\%$$

Запишем 1-й термодинамики на газ:

(3) $Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + A$

Найдём работу газа A. Мы знаем, что все изменения величин в процессе малы $\Rightarrow$ можно процесс считать примерно линейным.

Значит:

(4) $A = \frac{p + p - \Delta p}{2} \Delta V \qquad p \gg \Delta p$

$\boxed{A = p \Delta V}$

· Из (1) выразим p:

$p = \frac{\nu RT}{V} \Rightarrow A = \frac{\Delta V}{V} \nu RT$

Теперь найдём нужное нам отношение величин α:

$\alpha = \frac{Q}{\Delta U} = 1 + \frac{A}{\Delta U} = 1 + \frac{\frac{\Delta V}{V} \nu RT}{\frac{3}{2} \nu R \Delta T} = 1 + \frac{2}{3} \frac{\Delta V}{V} \frac{T}{\Delta T}$

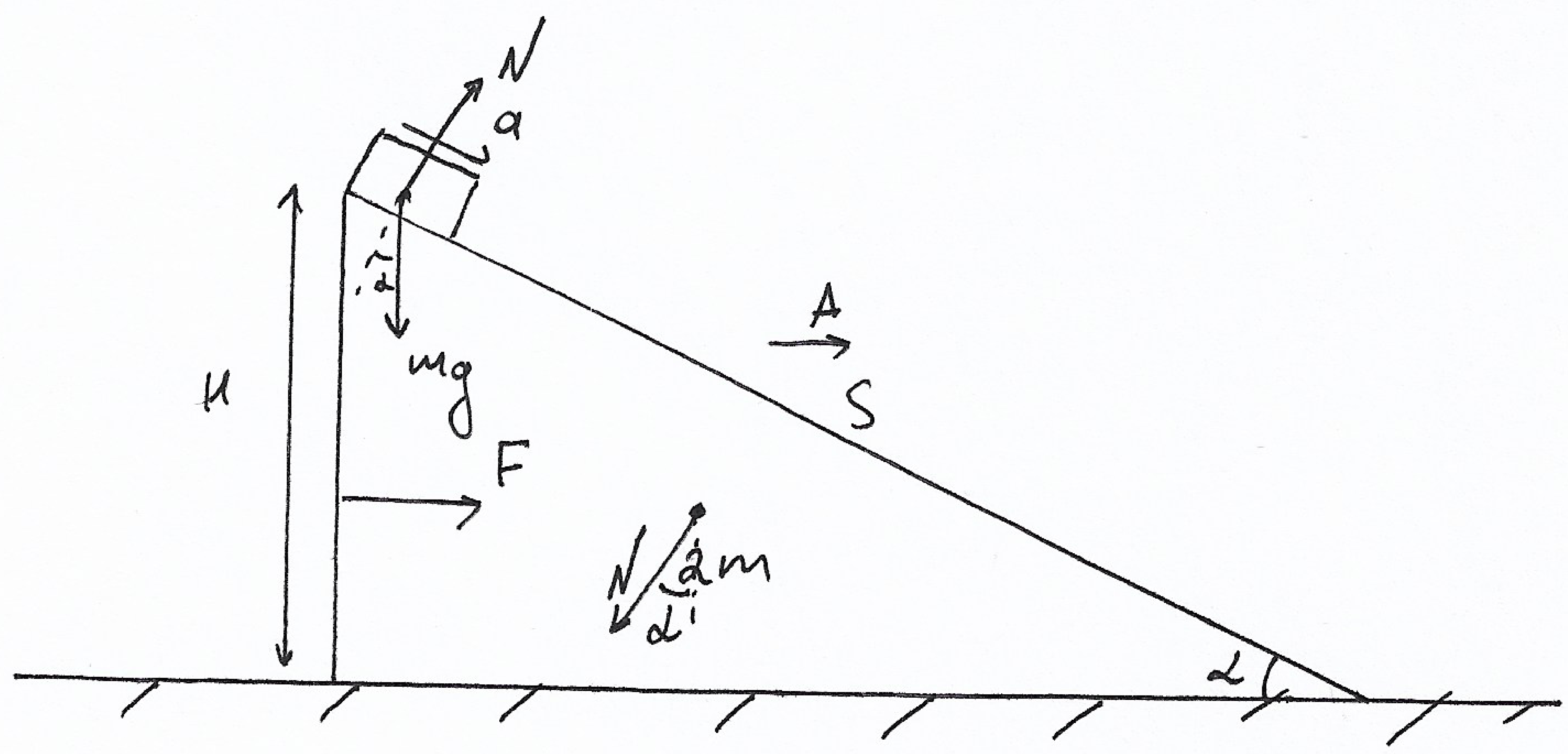
Значит:

$\boxed{\alpha = 1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{\frac{\Delta V}{V}}{\frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta p}{p}}} = \frac{7}{3}$

Ответ: 1 % ; $\frac{7}{3}$

увеличилась на

№4 Чистовик ③



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

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

Найдём длину гипотенузы клина:

(1) $S = \frac{H}{\sin\alpha} = \frac{5}{4}H$

(2) $ma = mg\sin\alpha$ - 2-й закон Ньютона на брусок

(3) $\frac{a\tau^2}{2} = S$; τ - время спуска

Из (3), видно:

$$\tau = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\alpha}} = \boxed{\frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}}$$

Обозначим ускорение клина за A. Тогда, запишем второй закон Ньютона на клин на горизонтальную ось:

(4) $2mA = F - N\sin\alpha$; $F = mg$

(5) $N = mg\cos\alpha$

Из (4) и (5):

$$2mA = mg - mg\sin\alpha\cos\alpha$$

$$\boxed{A = \frac{g}{2}(1 - \sin\alpha\cos\alpha)} = \frac{13}{50}g$$

Теперь найдём время через которое брусок достигнет стола.

Черновик.

$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

$a\sin\alpha$

$$\sqrt{\frac{625}{161}\frac{H}{g}} = \tau_0$$

$$A = \frac{\Delta V}{V}\nu RT \qquad \frac{a\cos\alpha\,\tau^2}{2} - \frac{A\tau^2}{2} = S\cos\alpha$$

$$\tau^2 = \frac{2S\cos\alpha}{a\cos\alpha - A}$$

$$Q = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \frac{\Delta V}{V}\nu RT$$

$$\tau^2 = \frac{2H\cos\alpha}{a\sin\alpha\cos\alpha -} \qquad \frac{\frac{10}{4}H}{\frac{161}{250}g} =$$

$$\eta = \frac{\frac{3}{2}\nu R\Delta T + \frac{\Delta V}{V}\nu RT}{\frac{3}{2}\nu R\Delta T}$$

$$\tau = \sqrt{\frac{2H}{a\sin\alpha}}$$

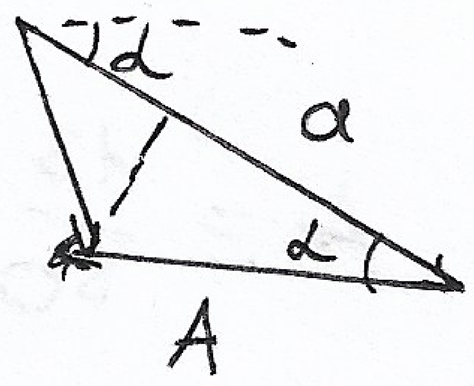
$$\frac{2500}{644} = \frac{1250}{322} = \frac{625}{161}$$

$$\eta = 1 + \frac{\frac{\Delta V}{V}T}{\frac{3}{2}\Delta T} = 1 + \frac{2}{3}\frac{\Delta V}{V}\frac{T}{\Delta T}$$

$$\eta = 1 + \frac{2}{3}\frac{\Delta V}{V}\frac{1}{\frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta p}{p}} = 1 + \frac{2}{3}\frac{\frac{\Delta V}{V}}{\frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta p}{p}}$$

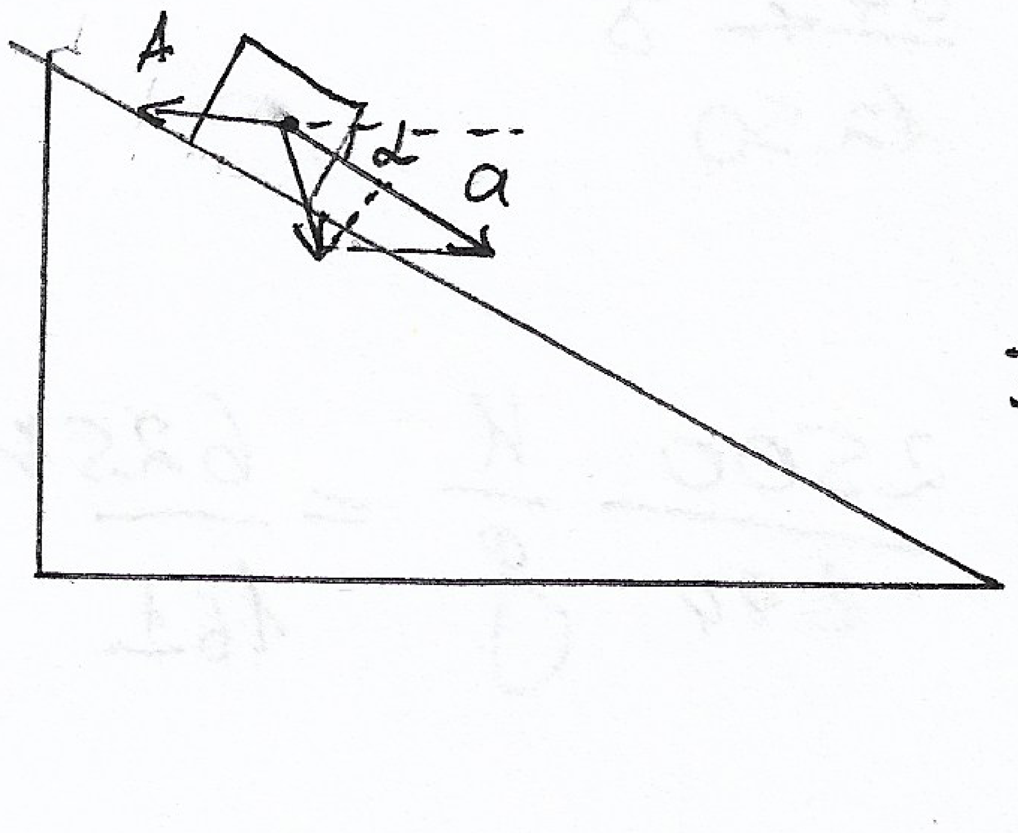
$$1 - \frac{9}{25} \qquad a_1 = \frac{161}{250}g$$

$$1 + \frac{4}{3}$$



$$\tau^2 = \sqrt{\frac{2H\cos\alpha}{\underbrace{(a\cos\alpha - A)}_{a_1}\sin\alpha}}$$

25



$$a - A\cos\alpha = a_1$$

$$\frac{4}{5}g - \frac{13}{50}g\cdot\frac{3}{5} = a_1$$

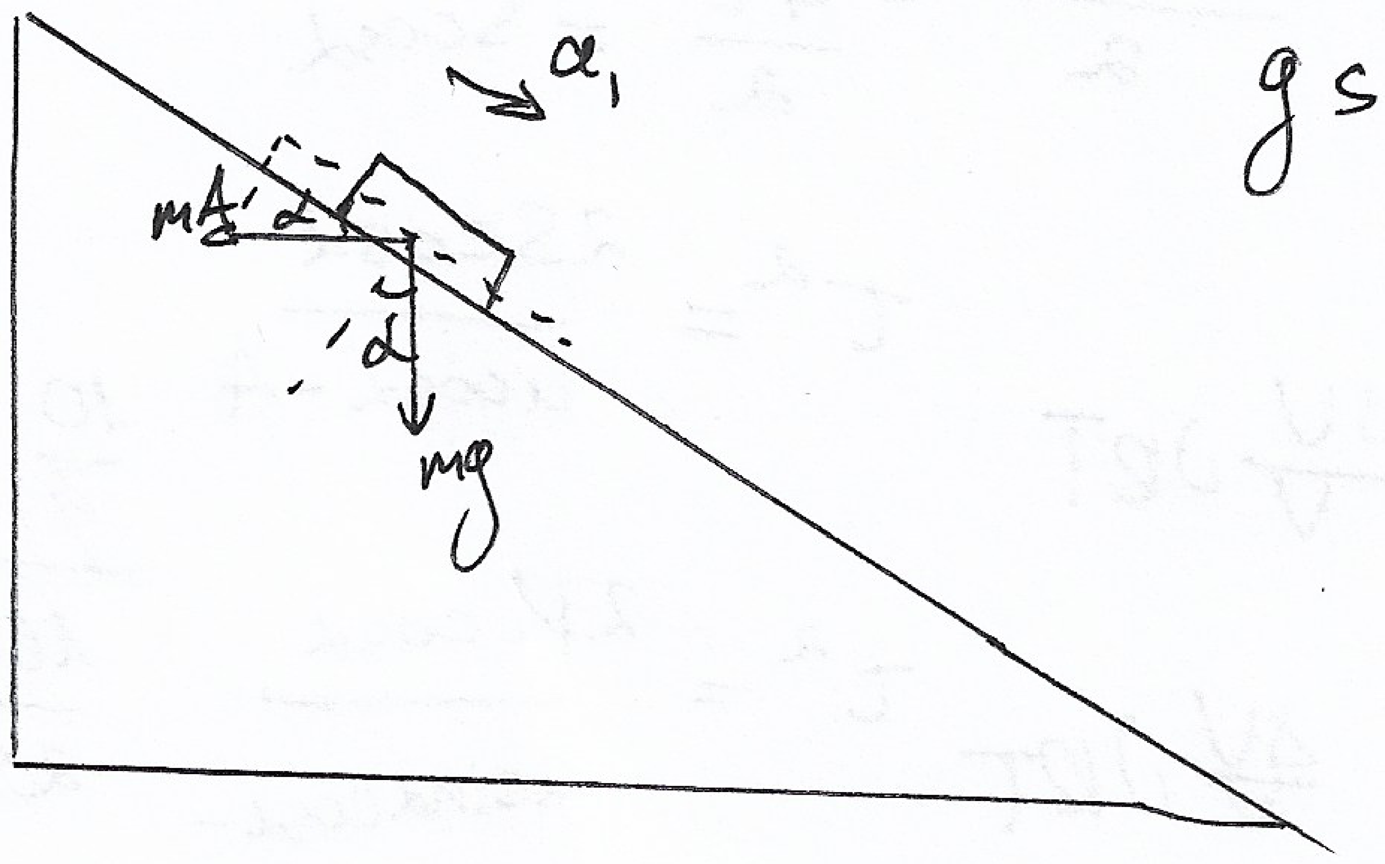
$$\frac{12}{25}$$

$$\left(\frac{4}{5} - \frac{39}{250}\right)g$$

Черновик

$$mg\sin\alpha - mA\cos\alpha = ma_1$$

$$g\sin\alpha - A\cos\alpha = a_1$$



$$\sqrt{\frac{2H}{a_1\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\alpha - A\cos\alpha\sin\alpha}}$$

$$\left(\frac{4}{5} - \frac{13}{50}\cdot\frac{3}{5}\right)\frac{4}{5}$$

$$\frac{16}{25} - \frac{13}{50}\cdot\frac{12}{25}$$

$$\frac{2}{\frac{16\cdot 50 - 13\cdot 12}{25\cdot 250}} \quad \frac{2H\cdot\frac{3}{5}}{a\frac{12}{25} - A\frac{4}{5}} = \frac{2H\cdot\frac{6}{5}}{g\cdot\frac{8}{5}\cdot\frac{12}{25} - \frac{13}{50}\cdot\frac{4}{5}g} = \frac{\frac{6}{5}H}{\frac{44}{250}g}$$

96 $\quad 52$ $\quad 250$ $\quad 250$ $\quad 3$ $\quad 22$ $\quad 11$ $\quad 25$

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

$$\frac{25\cdot 50\cdot 2}{16\cdot 50 - 13\cdot 12} = \frac{2500}{644}$$

$$\frac{a_1\tau^2}{2} = \frac{H}{\sin\alpha}$$

$$\frac{48}{125} - \frac{52}{250}$$

$$A = \frac{13}{50}$$

$$\frac{16}{25} - \frac{13}{50}\cdot\frac{12}{25} = \frac{2H}{\frac{644}{1250}g}$$

$$\frac{H\cdot\frac{6}{5}}{\frac{44}{250}g}$$

$$\frac{644}{250}$$

$$\frac{2500}{644}\frac{H}{g} = \frac{625}{161}\frac{H}{g} \quad \frac{\cancel{250}}{\cancel{22}}\cdot\frac{\cancel{6}}{\cancel{5}}$$

25 $\quad 11$ $\quad 3$

№4 ~~Чистовик~~ (4)

Черновик

Введём горизонтальную систему координат.
В ней пускай x_1 - координата груза, а x_2 - координата клина. Тогда:

(6) $x_1(t) = \frac{a\cos\alpha\, t^2}{2}$

(7) $x_2(t) = \frac{At^2}{2}$

Заметим, что груз достигнет подножия клина когда:

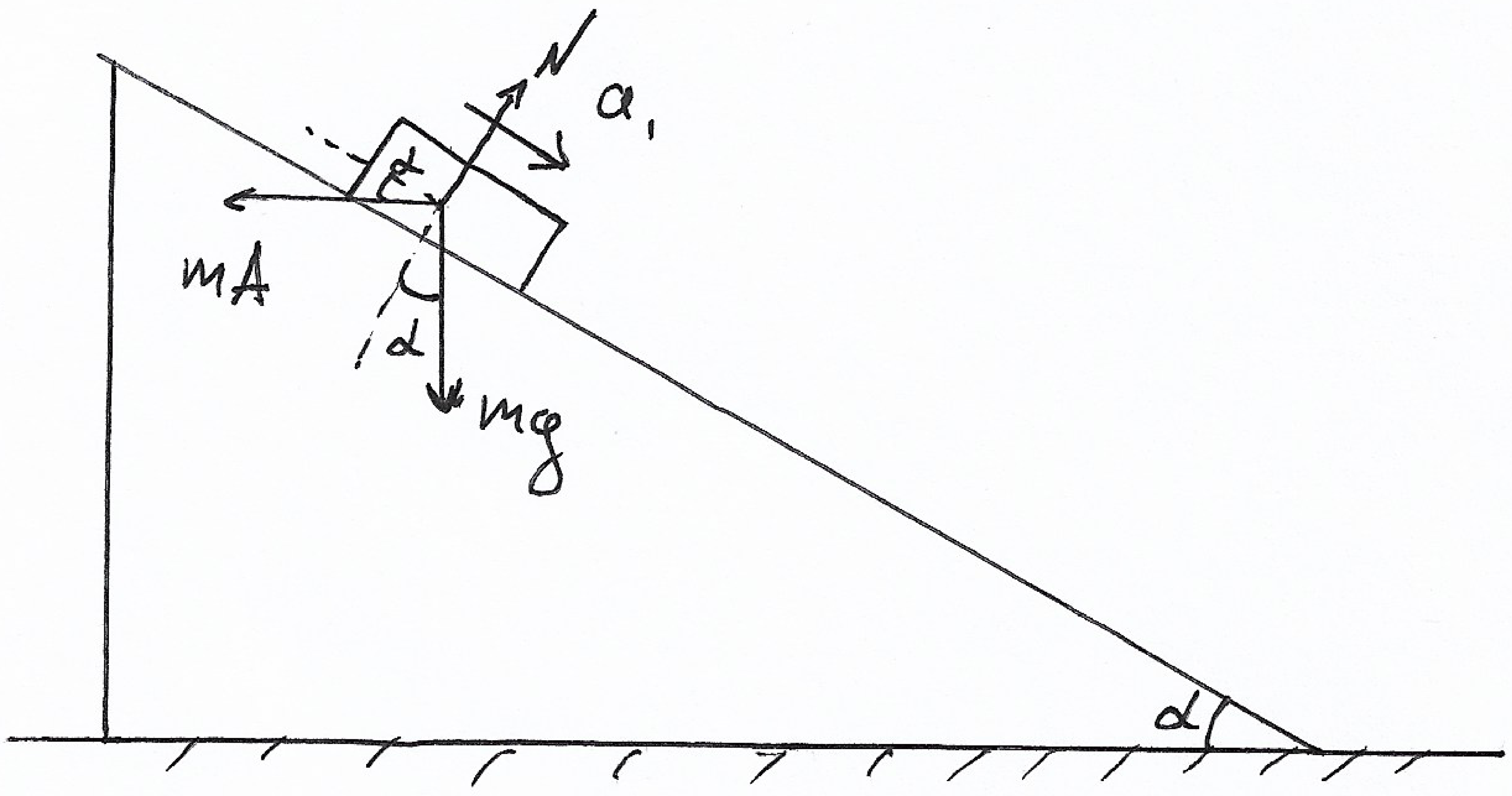
(8) $x_1 - x_2 = S\cos\alpha$

Запишем это и найдём время τ.

$(a\cos\alpha - A)\tau^2 = 2S\cos\alpha$

$$\tau = \sqrt{\frac{2S\cos\alpha}{a\cos\alpha - A}} = \sqrt{\frac{2H\cos\alpha}{g\cos\alpha\sin^2\alpha - A\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{75}{11}\frac{H}{g}}$$

№4 Чистовик (4)



Перейдём в неинерциальную СО клина и добавим силу инерции. Тогда второй з-н Ньютона будет выглядеть следующим образом:

(6) $ma_1 = mg\sin\alpha - mA\cos\alpha \Rightarrow a_1 = g\sin\alpha - A\cos\alpha$

(7) $\tau_1 = \sqrt{\frac{2H}{a_1\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2H}{(g\sin\alpha - A\cos\alpha)\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{625}{161}\frac{H}{g}}$

Ответ: $\sqrt{\frac{80}{16}\frac{H}{g}}$ $\sqrt{\frac{25}{8}\frac{H}{g}}$; $\frac{13}{50}g$; $\sqrt{\frac{625}{161}\frac{H}{g}}$