Часть 1

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

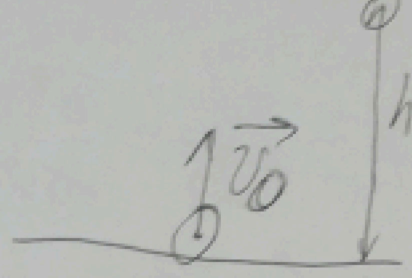
Шифр: **21205443**

ID профиля: **807984**

Вариант 2

Чистовик стр. №1 Вариант 10-02

№1



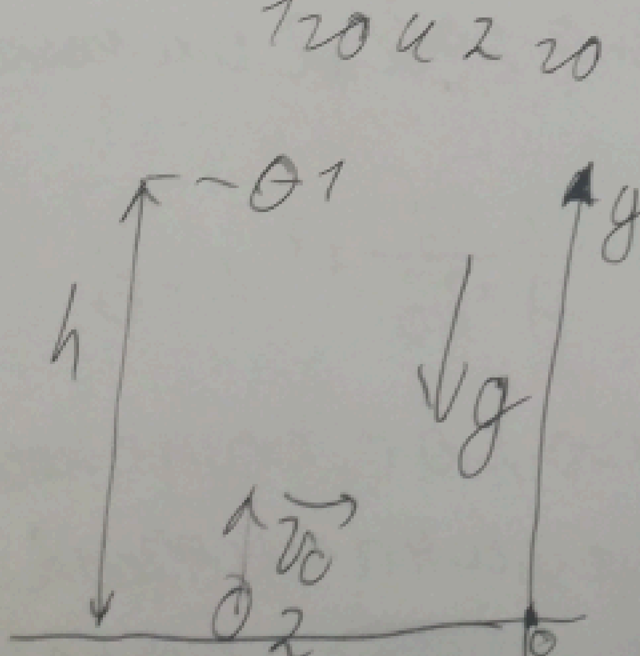
найдём, на какую высоту поднимается первый мяч: т.к. при максимальной высоте максимальна потенц. энергия, а значит минимальна кинетическая, а значит скорость на верху = 0

~~зсэ~~ Зная это, запишем ЗСЭ

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh$$ (m - масса шара) (0 потенц. энергии взяли у поверхности)

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

теперь рассмотрим движение ~~движение~~ 1го и 2го шара вместе



запишем уравнение движение для каждого из тел:

1) $y = h - \frac{gt^2}{2}$

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

Чистовик стр. 2

т.к в момент столкновения их координаты были равны, то

$$h - \frac{g t_2^2}{2} = v_0 t - \frac{g t_2^2}{2} \to t_2 = \frac{h}{v_0} = \frac{v_0^2}{2v_0 \cdot 2g}$$

$$1)\ t_2 = \frac{h}{v_0} = \frac{v_0}{2g}$$

теперь найдём время, которое ~~ ~~ первый шар поднимался до высоты h.

$$h = \frac{g t_1^2}{2}$$ - из ур-ния движения 1го тела

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} =$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot v_0^2}{2g^2}} = \frac{v_0}{g}$$

тогда искомое в вопросе 2 отношение

$$2)\ \alpha = \frac{t_1 + t_2}{t_2} = 1 + \frac{t_1}{t_2} = \frac{v_0 2g}{g \cdot v_0} + 1 = 3$$

теперь ответим на 3й вопрос, подставив время t_2 в уравнение координаты 2го шара (т.к начало оси y взято у поверхности, Чистовик стр. №7

то полученная координата будет искомой высотой H

3) $H = v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2 g}{4 \cdot 2 g^2} =$

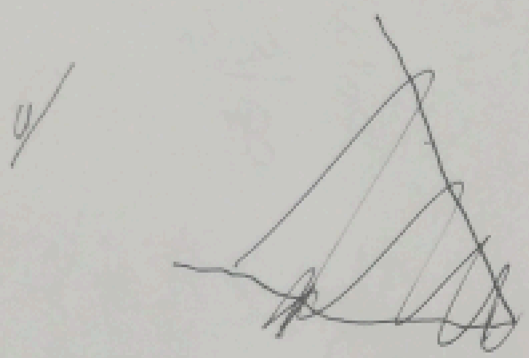
$= \frac{4v_0^2 - v_0^2}{8g} = \frac{3}{8} \frac{v_0^2}{g}$

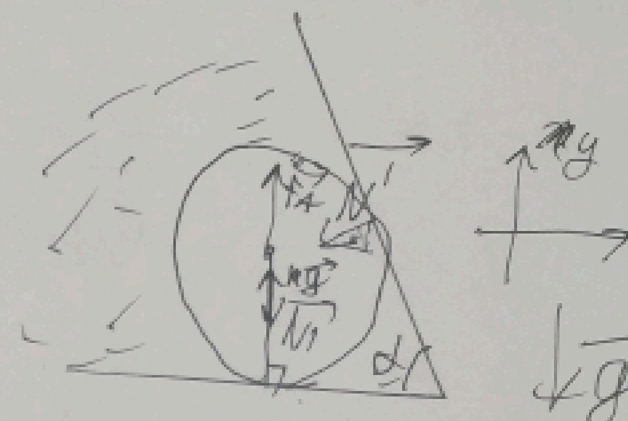
Ответ: 1) $t_2 = \frac{v_0}{2g}$; 2) $\alpha = 3$; 3) $H = \frac{3}{8} \frac{v_0^2}{g}$

Чистовик стр 4

~2

1) Сначала рассмотрим ситуацию покоя (сосуд не вращается)





пусть со стороны нижн дна на него действует сила р-ш опоры $\vec{N_1}$, а со стороны стенки $\vec{N'}$ (эти силы будут направлены перпендикулярно, соответственно, дну и стенке)

ещё на тело действует сила тяжести $m\vec{g}$ вниз и $\vec{F_{A_1}}$ - сила Архимеда, вверх, т.к сосуд покоится

Запишем 2й З-н Ньютона для шара:

Чистовик стр 5

$$0 = \vec{F_A} + m\vec{g} + \vec{N_1} + \vec{N'}$$

теперь распишем в проекциях на оси
(a=0 т.к шар покоится)

x: $0 = -N' \cdot \sin\alpha \rightarrow$ т.к $\sin\alpha \neq 0$, то $N' = 0$
(т.к $tg\alpha \neq 0$)

y: $0 = F_A + N_1 - mg - N' \cdot \cos\alpha$

$F_A = \rho g V$; $m = 6\rho V$; V - объём шара

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

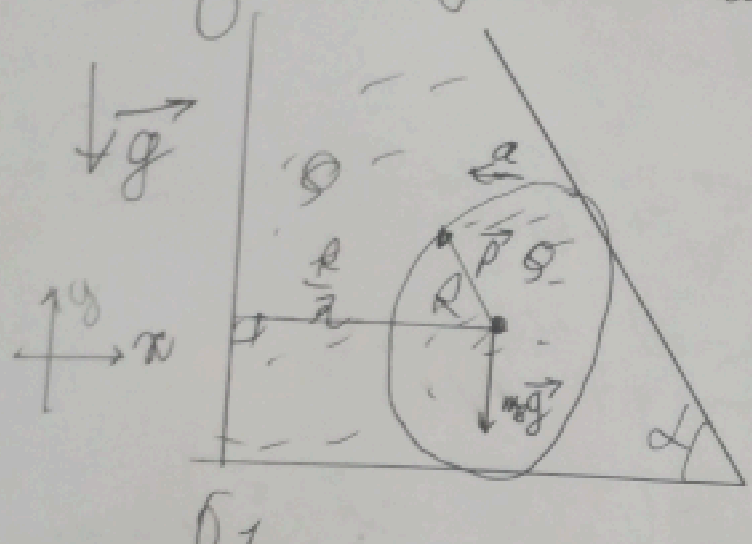
$\downarrow$

1) $N_1 = mg - F_A = 6\rho g V - \rho g V = 5\rho g \frac{4}{3}\pi R^3 =$
$= \frac{20}{3}\rho g \pi R^3$

2) теперь рассмотрим вращение.
заметим, что по определению сила Архимеда — это вес вытесненной жидкости. ~~для этого~~ Поэтому, чтобы найти её рассмотрим участок жидкости, который находится там же, где наш шар и определим его вес, сложив

чиатовики 6

Сложив векторно все силы, действующие на него, кроме силы со стороны стенок и воды, ~~взаимодействия со стенками и водой~~



$\vec P$ – вес жидкости, находящейся там же, где был шар, тогда запишем 2й з-н Ньютона, где P_x – модуль проекции веса на ось x, а P_y – на ось y

~~(тело рассматриваем~~
~~в движении)~~ мы

$$m_в \vec a = \vec P + m_в \vec g$$

$a = \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R$, т. к. мы рассматриваем движение отн. центра масс, но и берём расстояние до ц. м. т. е. центра шара, а оно равно $\frac{3}{2} R$

в пр-ии на оси:

$$y: 0 = P_y - m_в g \rightarrow P_y = m_в g$$

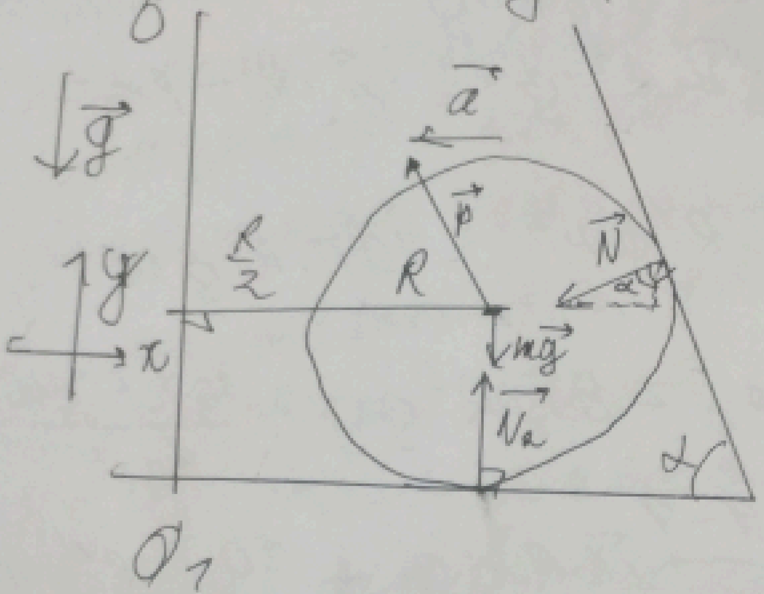
$$x: \frac{3}{2} m_в \cdot \omega^2 \cdot R = -P_x \; ; \; m_в = \rho V = \rho \frac{4}{3} \pi R^3$$

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

$$P_x = \frac{3}{2} \frac{4}{3} \pi R^4 \rho \cdot \omega^2 = 2\pi R^4 \cdot \rho \cdot \omega^2$$

Постановка 7

теперь уже рассмотрим наш шар в воде:



аналогично, действуют силы $\vec N_2$ со стороны дна и перп. ему, $\vec N$ со стороны боковой стенки и перпендикулярно ей, $m\vec g$ – тяжести и $\vec p$ – сила Архимеда

С ~~проекциями~~ модулями пр-ий p_x, p_y на оси x и y соответственно

запишем и 2й з-н Ньютона:

$$m\vec a = \vec N_2 + \vec N + m\vec g + \vec p$$

аналогично, т.к. мы можем рассмотреть здесь движение ц.м. т.к. $a \sim R$, то $a = \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R$

~~запишем 2й~~ н

запишем 2й з-н Ньютона в пр-ии на оси:

x: $\cancel{-m\omega^2 \frac{3}{2} R} - ma = -p_x - N \sin\alpha$

y: $0 = p_y + N_2 - mg - N \cdot \cos\alpha$

Чистовик 8

аналогично 1: $m = 6\rho V = \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot 6\rho = 8\pi R^3$

$= 8\pi R^3 \cdot \rho$

$\sin\alpha \cdot N = \cancel{ma - Ax}$ $ma - px = 8\pi R^3 \cdot \rho \cdot \frac{3}{2}\omega^2 \cdot R - px =$

$= 12\pi R^4 \rho\omega^2 - 2\pi R^4 \rho\omega^2 = 10\pi R^4 \rho \omega^2$

$N_2 = mg + N \cdot \cos\alpha - pg = 8\pi R^3 \rho g + \frac{10\pi R^4 \rho\omega^2}{tg\,\alpha} -$

$- \frac{4}{3}\pi R^3 \rho \cdot g = \frac{24-4}{3}\pi R^3 \rho g + \frac{10\pi R^4 \rho \omega^2 \cdot 2}{3} =$

$= \frac{20}{3}\pi R^3 \rho (g + \omega^2 R)$

Ответ: 1) $N_1 = \frac{20}{3}\rho g \pi R^3$

2) $N_2 = \frac{20}{3}\pi R^3 \rho (g + \omega^2 R)$

Листовик № 9

№ 3

сначала найдём, начнётся ли конденсация газа в течение этого процесса / при достижении паром давления насыщенного пара при сжатии при постоянной температуре давление больше не повышается, ~~а при сжатии~~ газ начинает конденсироваться (уменьшается его кол-во) (т. е. иными словами давление пара должно быть не больше давления насыщ. пара при этой температуре)

Пусть конденсация ~~происходит~~ не происходит.

тогда т. к $\vartheta = const$, $V = const$ $T = const$, то $pV = const$ тогда если

p_0, V_0 – ~~конечные~~ начальные давление и объём, p_1, V_1 – конечные, то

$$\frac{p_0}{p_k} = \quad p_0V_0 = p_kV_k$$

$$\frac{p_0}{p_k} = \frac{V_k}{V_0} \rightarrow \frac{1}{7} = \frac{1}{3{,}6}, \text{ что}$$

явно неверно, а значит конденсация происходит.

~~Черновик №10~~

Чистовик №10

тогда имеет место равенство

$p_к = p_н = 0{,}5 \cdot 10^5$ т.к $T = 81^\circ C$ ~~течении всего процесса~~

($p_н$ – давление насыщенного пара)

тогда, т.к по условию

$$\frac{p_к}{p_0} = 3{,}6 \rightarrow p_0 = \frac{p_к}{3{,}6} = \frac{p_н}{3{,}6} = \frac{0{,}5 \cdot 10^5}{3{,}6} =$$

$$= \frac{5 \cdot 10^4}{3{,}6} = 1{,}39 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

тогда, опять-же ещё раз запишем ур-ния состояния для начального и конечного моментов

$p_0 V_0 = \nu_0 R T_0$; ν_0 – начальное кол-во газа,

$p_к V_к = \nu_к R T$; $\nu_к$ – конечное

$\downarrow$

T ~~$=81^\circ C$~~ $\rightarrow T = 273 + 81 =$

$= 354$ K – температура в ~~начале~~ начале и конце

$$\nu_к = \frac{p_к V_к}{RT};$$

$$\frac{\nu_0}{\nu_к} = \frac{p_0 V_0}{p_к V_к} = \frac{p_0}{p_к} \cdot \frac{V_0}{V_к} = \frac{1}{3{,}6} \cdot 7$$

$\downarrow$

$$\nu_0 = \nu_к \cdot \frac{7}{3{,}6} = \frac{p_к V_к \cdot 7}{RT \cdot 3{,}6}$$

Чистовик г 11

$$\nu_0 = \frac{\cancel{Дж}\, p_к V_к \cdot 7}{RT \cdot 3{,}6} = \frac{p_н \cdot V_к \cdot 7}{RT \cdot 3{,}6}$$

но т.к. нас спрашивают начальную массу пара: $m_0 = \nu_0 \cdot M =$

$$= \frac{p_н \cdot V_к \cdot 7 \cdot M}{R \cdot T \cdot 3{,}6} = \frac{0{,}5 \cdot 10^5 Па \cdot \frac{1{,}7}{10^3} м^3 \cdot 18 \frac{г}{моль} \cdot 7}{8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 354 К \cdot 3{,}6} =$$

$$= \frac{10^2 \cdot 107{,}1}{10590{,}264} = 1{,}01 г$$

Ответ: 1) $p_0 = \frac{p_н}{3{,}6} = 1{,}39 \cdot 10^4$ Па;

2) $m_0 = \frac{p_н \cdot V_к \cdot 7 \cdot M}{R \cdot T \cdot 3{,}6} = 1{,}01 г$

черновик.

$x = 18{,}37$,

Часть 2

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

Шифр: **21205443**

ID профиля: **807984**

Вариант 2

Чистовик №1 Вариант №10-02

№5

Запишем уравнение состояния с учётом того, что кол-во газа не изменилось

V_0, p_0, T_0 – начальные: объём, давление и температура;

V_k, p_k, T_k – конечные

тогда

$V_0 p_0 = \nu R T_0$

$V_k p_k = \nu R T_k$

↓

$$\cancel{\frac{T_0}{T_k}} \frac{T_k}{T_0} = \frac{p_k V_k}{p_0 V_0} = \frac{0{,}99 \cdot 1{,}02}{1 \cdot 1} = 1{,}02 \cdot 0{,}99$$

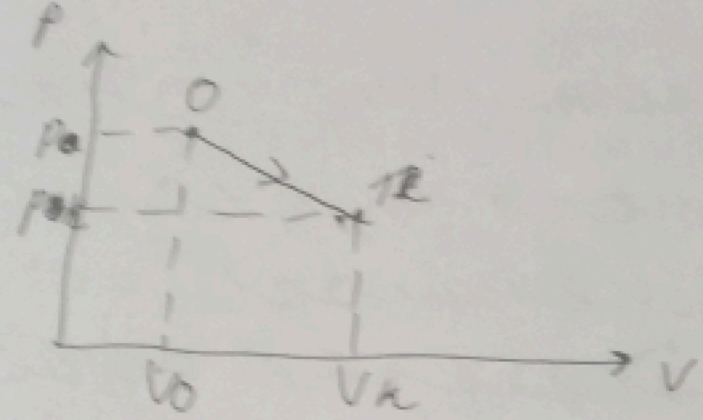
тогда искомое в первом вопросе отношение: $x = \frac{T_k - T_0}{T_0} = \cancel{1{,}02 \cdot 0{,}99 - 1}$

$$= \frac{T_k}{T_0} - 1 = \cancel{1{,}02 \cdot 0{,}99} \frac{p_k V_k}{p_0 V_0} - 1 = 1{,}02 \cdot 0{,}99 - 1$$

$= 0{,}0098$ или $0{,}98\%$

Чистовик 2

т.к Рассмотрим PV график этого процесса



т.к точно параметры т.к характер процесса мы не знаем,

то мы знаем, что $p_к - p_0 \ll 1$;
но т.к относительные изменен p, V << 1, то можно ~~сказать~~,
~~что~~ предположить, что если этот процесс не является ~~какой~~ на PV графике какой-то кривой серьёзно отличающейся от прямой, соединяющей эти точки, то можно сказать, что работа этого процесса ≈ работе процесса 1к 0 1, и. к $\frac{\Delta p}{p}$ и $\frac{\Delta V}{V} \ll 1$ (а если график будет отклоняться сильно, то условия $\frac{\Delta p}{p}$ и $\frac{\Delta V}{V} \ll 1$ было бы невозмо)

~~Если же определять~~ определить же данную работу точно мы не можем, т.к это ф-ия процесса, а процесс

Чистовик №3

Мы не знаем, но процесс, в котором $\frac{\Delta p}{p}$ [illegible] $\frac{\Delta V}{V} \ll 1$, [illegible] волокно)

если решать задачу в таком предположении, то

$A \approx (V_к - V_0)\cdot\left(\frac{p_к + p_0}{2}\right)$ — как площадь под графиком $p(V)$

тогда по первому началу т.д. термодинамики

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

$= \frac{i}{2}\Delta(pV)$, где i — число степеней свободы газа, ΔT — изменение его температуры

$\Delta(pV) = p_к V_к - p_0 V_0 = 0{,}99 p_0 \cdot 1{,}02 V_0 - p_0 V_0 =$

$= p_0 V_0 (0{,}99 \cdot 1{,}02 - 1)$

тогда $i = 3$ т.к. газ одноатомный, а значит имеет 3 степени свободы

$\Delta U = \frac{3}{2} p_0 V_0 (0{,}99 \cdot 1{,}02 - 1)$

~~$\Delta Q = 0{,}01 V_0 \cdot 1{,}01 p_0 + \frac{3}{2} p_0 V_0 (0{,}99 \cdot 1{,}02 - 1)$~~

$\Delta Q \approx 0{,}02 V_0 \cdot 0{,}995 p_0 + \frac{3}{2} p_0 V_0 (0{,}99 \cdot 1{,}02 - 1)$

Чистовик №4

$$\frac{\Delta Q}{\Delta U} \approx \frac{p_0V_0(0{,}02\cdot 0{,}995+\frac{3}{2}(0{,}99\cdot 1{,}02-1)}{\frac{3}{2}p_0V_0(0{,}99\cdot 1{,}02-1)} =$$

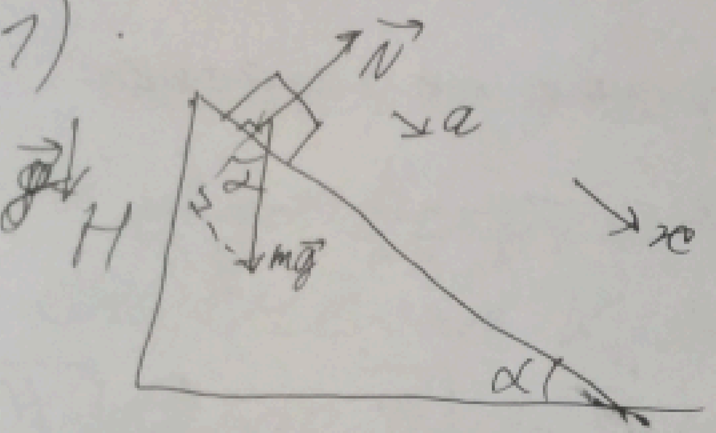
$$= 1+\frac{0{,}02\cdot 0{,}995}{\frac{3}{2}(0{,}99\cdot 1{,}02-1)} = 1+1{,}35 = 2{,}35$$

Ответ: 1) 0,98% 2) 2,35

Чистовик к 5

№4

1)



На брусок действуют: сила р-ии опоры $\vec N$, перпендикулярная поверхности клина и $m\vec g$ - сила тяжести, направленная вертикально вниз

Запишем 2й з-н Ньютона для бруска:

$$m\vec a = m\vec g + \vec N$$

В проекции на ось x, параллельную поверхности клина: $ma = mg \cdot \sin\alpha$

$$a = g \cdot \sin\alpha$$

Теперь заметим, что чтобы съехать брусок должен проехать длинную сторону клина, длина которой $l = \frac{H}{\sin\alpha}$

тогда из ур. движения: $l = \frac{a t_1^2}{2}$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2l}{a}} =$$

Чистовик № 6

$$t_1 = \sqrt{\frac{2H}{\sin\alpha g \cdot \sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\alpha}}$$

по основному триг. тождеству:

$$\sin^2\alpha = 1 - \cos^2\alpha = 1 - \frac{9}{25} = \frac{16}{25}$$

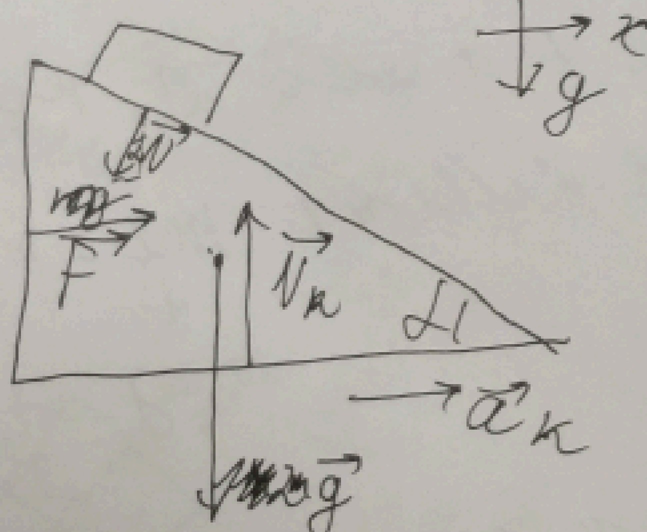
$$\downarrow$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2H\,25}{16g}} = 5\sqrt{\frac{H}{8g}} = \frac{5}{2}\sqrt{\frac{H}{2g}} \approx$$

$$\approx 1{,}77\sqrt{\frac{H}{g}}$$

2,3)

2.1) Рассмотрим силы, действующие на клин:
(пусть его ускорение $a_к$ напр. вправо)



Запишем 2 и 3
На него действуют сила р-ции опоры со стороны бруска $\vec{N}$, сила $\vec{F}$, сила р-ии опоры со стороны стола $\vec{N}_к$ и $2m\vec{g}$ – сила тяжести

$$2m\vec{a}_к = 2m\vec{g} + \vec{N}_к + \vec{F} + \vec{N}$$

в пр-ии на ось x:

$$2ma_к = F - N\cdot\sin\alpha = mg - N\cdot\sin\alpha$$

Чистовик №7

$$a_к = \frac{g}{2} - \frac{N \cdot \sin\alpha}{2m}$$

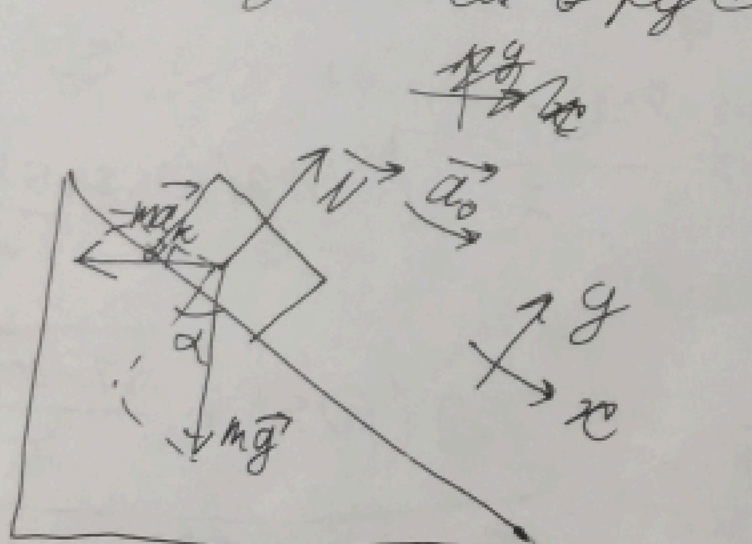
Теперь, зная это, перейдём в неинерциальную систему отсчёта клина и рассмотрим движение бруска в ней.

~~Чтобы сделать это в~~

(в этой С.О. у нас появляются силы инерции $-m\vec{a}_к$, действ. на брусок и $-2m\vec{a}_к$ на клин)

Рассмотрим силы, действующие на брусок:

В неис клина:



Введём ускорение $\vec{a}_0$ бруска относительно клина.

(на брусок действует сила тяжести $m\vec{g}$ вниз, $\vec{N}$ - с-ла опоры, перпендикулярно поверхности клина, $-m\vec{a}_к$ - сила инерции, направленная влево)

~~Черновик~~ №8 Чистовик №8

Запишем 2й з-н ньютона для бруска:

$$m\vec{a_0} = \vec{N} + m\vec{g} - m\vec{a_к}$$

в проекции на оси:

$$x: ma_0 = mg\cdot\sin\alpha - ma_к\cdot\cos\alpha \quad (*)$$

$$y: 0 = N - mg\cos\alpha - ma_к \cancel{\cos}\sin\alpha$$

$$\downarrow$$

$$0 = N - mg\cos\alpha - \frac{mg}{2}\cdot\sin^2\alpha + \frac{N\sin^2\alpha}{2}$$

$\downarrow$ $\sin^2\alpha = 1-\cos^2\alpha$ из основн. триг. тождеств

$$\downarrow$$

$$N\left(1+\frac{1-\cos^2\alpha}{2}\right) = mg\left(\cos\alpha + \frac{\sin\alpha}{2}\right)$$

$$\downarrow$$

$$N = \frac{mg\left(\cos\alpha + \frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{2}\right)}{1{,}5 - \frac{\cos^2\alpha}{2}}$$

тогда

$$a_k = \frac{mg\left(\cos\alpha + \frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{2}\right)\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{2m\left(1{,}5 - \frac{\cos^2\alpha}{2}\right)} =$$

~~Черновик~~ Чистовик №9

$$a_к = g\frac{\cos\alpha\cdot\sqrt{1-\cos^2\alpha}+\frac{1-\cos^2\alpha}{2}}{3-\cos^2\alpha} =$$

$$= g\cdot\frac{\frac{3}{5}\cdot\sqrt{1-\frac{9}{25}}+\frac{1-\frac{9}{25}}{2}}{3-\frac{9}{25}} =$$

$$= g\frac{\frac{3}{5}\cdot\frac{4}{5}+\frac{16}{50}}{3-\frac{9}{25}} = g\frac{12+8}{75-9} = g\frac{\cancel{40}\,20}{66} = g\frac{\cancel{20}\,10}{33}$$

$\approx \cancel{0{,}6}\,0{,}3\,g$ — искомое ~~ускорен~~ ускорение клина.

Теперь, зная его, найдём уже $a_с$:

~~Из 2 з-на~~ Из ур. (*)

$$a_б = g\sin\alpha - a_к\cdot\cos\alpha =$$

$$= \cancel{4}\,g\left(\sqrt{1-\cancel{8}\cos^2\alpha} - \cos\alpha\cdot\frac{\cancel{4}\cos\alpha\left(\sqrt{1-\cos^2\alpha}+\frac{1-\cos^2\alpha}{2}\right)}{3-\cos^2\alpha}\right) =$$

$$= g\left(\frac{4}{5}-\frac{\cancel{2}\,10}{33}\cdot\frac{3}{5}\right) = \frac{g}{5}\left(4-\frac{\cancel{2}\,10}{11}\right) = \frac{g}{5}\cdot\frac{\cancel{42}\,34}{11} =$$

$$= \frac{\cancel{42}}{55}\cancel{g}\,\frac{34}{55}g$$

Чистовик №10

Зная это - можем найти время спуска, т.к. относительно клина ~~[illegible]~~ брусок должен пройти

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

$$\Downarrow$$

$$l = \frac{a_0 t_3^2}{2} \to t_3 = \sqrt{\frac{2l}{a_0}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2H}{\frac{\cancel{\sin\alpha}}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}\cdot\left(\sqrt{1-\cos^2\alpha} - \cos\alpha\cdot\frac{\cos\alpha\cdot\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{3-\cos^2\alpha} + \frac{1-\cos^2\alpha}{2}\right)\cdot g}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{4}{5}\cdot\frac{34}{55}g}} = \sqrt{\frac{5^2 H\cdot 11}{2\cdot 34 g}} =$$

$$= \frac{5}{2}\sqrt{\frac{11H}{17g}} \approx 2{,}2\sqrt{\frac{H}{g}}$$

~~Ответ: $t_3 = \frac{5}{2}\sqrt{\frac{11H}{17g}}$~~

Ответ: 1) $t_1 = \frac{5}{2}\sqrt{\frac{H}{2g}}$ 2) $a_n \approx 0{,}3g$ 3) $t_3 = \frac{5}{2}\sqrt{\frac{11H}{17g}} \approx 2\sqrt{\frac{H}{g}}$

$t_1 \approx 1{,}77\sqrt{\frac{H}{g}}$

~~Черновик~~ $R = 8,31$ Черновик

$$\sqrt{1-\frac{3^2}{5^2}} = \sqrt{\frac{25-9}{5^2}} = \sqrt{\frac{16}{5^2}} = \frac{4}{5}$$

$\sqrt{11} \approx 3,317$

$\sqrt{17} \approx 4,123$

$\sqrt{2} \approx 1,414$