Часть 1

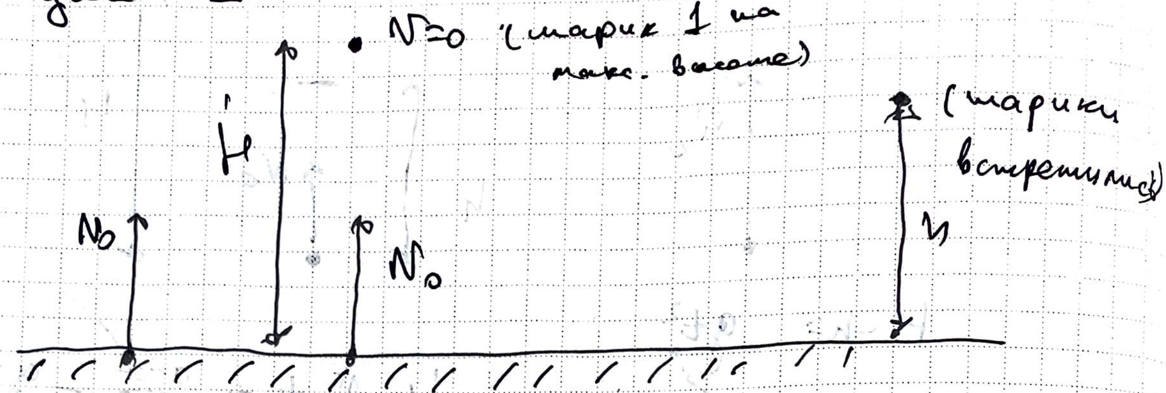
Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21205972**

ID профиля: **301420**

Вариант 2

Задача 1



1. Сначала найдем макс. высоту H и время τ_1, за которое эта высота достигается:

$$H = v_0\tau_1 - \frac{g\tau_1^2}{2}$$ (прямолинейное равнозамедл. движ.)

$$\tau_1 = \frac{v_0}{g}$$ (изменение скорости поделил на постоянное ускорение)

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

2. Теперь запишем ур-е движения для случая встречи мячей:

для 1-го:

$$H-h = \frac{g\tau_2^2}{2}$$ (τ_2 - время от броска 2-го шара до встречи)

для 2-го:

$$h = v_0\tau_2 - \frac{g\tau_2^2}{2}$$

$H - v_0\tau_2 + \cancel{\frac{g\tau_2^2}{2}} = \cancel{\frac{g\tau_2^2}{2}}$

$H = v_0\tau_2$; $\frac{v_0^2}{2g} = v_0\tau_2$; $\tau_2 = \frac{v_0}{2g}$

3. Ответим на первый вопрос задачи:

$t_1 = \tau_1 + \tau_2 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{3v_0}{2g}$

4. Ответим на второй вопрос задачи:

$t_2 = \tau_2 = \frac{v_0}{2g}$, $\frac{t_1}{t_2} = \frac{3v_0}{2g} \cdot \frac{2g}{v_0} = 3$ (также см. пункт 6)

5. Ответим на третий вопрос задачи:

$h = v_0\tau_2 - \frac{g\tau_2^2}{2}$; $\tau_2 = \frac{v_0}{2g}$

$h = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{\cancel{g} \cdot v_0^2}{8g^2} = \frac{v_0^2}{g}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{8}\right) = \frac{3}{8}\frac{v_0^2}{g}$

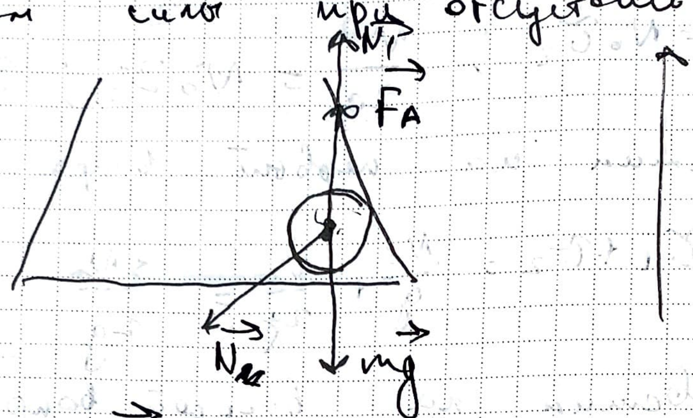
6. Я не очень понял ~~[illegible]~~ формулировку второго вопроса. Возможно, просят найти отношение полного времени полета ~~перво~~ первого мяча (T_1) к времени полета второго мяча ~~[illegible]~~ до столкновения (τ_2)

$T_1 = \frac{2v_0}{g}$ (в конце скорость будет v_0 и направлена в др. сторону поэтому $2v_0$)

$\tau_2 = \frac{v_0}{2g}$ $\frac{T_1}{\tau_2} = \frac{2v_0}{g} \cdot \frac{2g}{v_0} = 4$

Задача 2

1. Расставим силы при отсуствии вращения



Заметим, что $\vec{N_2} = 0$, т.к. при отсуствии вращения нет ~~...~~ сил, которые могли бы скомпенсировать горизонтальный вклад $\vec{N_2}$

~~Поэтому~~ ~~Запишем~~

Запишем II закон Ньютона на ось x:

$N_1 + F_A = mg$; $N_1 = mg - F_A$

$mg = 6\rho V g$

$F_A = \rho V g$

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

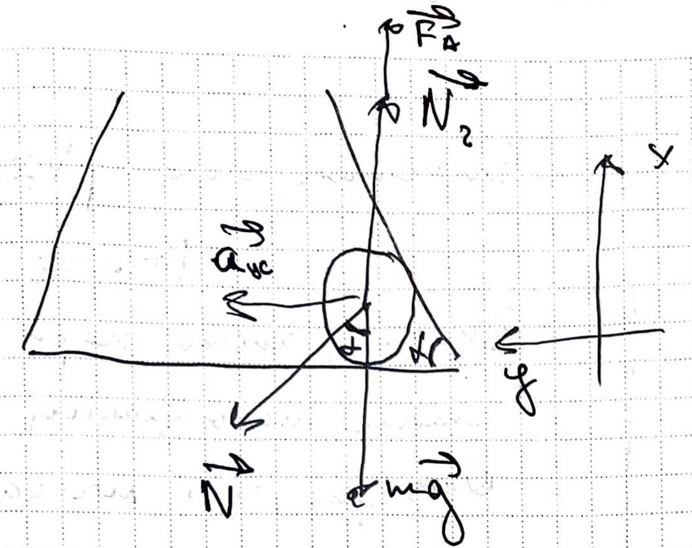
$N_1 = 6\rho V g - \rho V g = 5\rho V g$

$N_1 = 5\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 g$

$N_1 = \frac{20}{3}\rho\pi R^3 g$

2. Теперь расставим силы, учитывая вращение

См. след. лист



Запишем II закон Ньютона на ось Y:

$N \sin\alpha = m a_{цс}$; $N = \frac{m a_{цс}}{\sin\alpha}$

на ось X:

$$F_A + N_2 = mg + N\cos\alpha$$

$$F_A + N_2 = mg + \frac{m a_{цс}}{\sin\alpha}\cdot\cos\alpha$$

$$a_{цс} = \omega^2 \cdot 1{,}5R$$

$$F_A + N_2 = mg + \frac{m\omega^2 \cdot \cancel{1{,}5} R}{\cancel{tg\alpha}}$$

$$N_2 = mg - F_A + m\omega^2 R$$

$$N_2 = 5\rho V g + m\omega^2 R$$

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

Ответ: $\frac{20}{2}\rho\pi R^3 g$; $\frac{20}{3}\rho\pi R^3 g + m\omega^2 R$

Задача 3

$t = 81^{\circ}C = const$

$7V_2 = V_1$

$V_2 = 1{,}7$ л

$p_2 = 3{,}6 p_1$

$\mu = 18 \frac{г}{моль}$

$p_{нп} = 0{,}5 \cdot 10^5$ Па

$p_1 - ?$

$m_1 - ?$

~~Запишем~~

Заметим, что $pV \neq const$, к

$T = const$

Значит, часть пара

стала насыщенным

Очевидно, что масса вещества при

этом не изменилась

Запишем закон Бойля-

Мариотта для начального

состояния системы:

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu_п} RT \quad (1)$$

$(T = t + 273 K = 354 K)$

Запишем закон Бойля – Мариотта для ~~на~~ конечного состояния пара:

$$p_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT \ (2)$$ (m_2 – масса оставшегося ненасыщенного пара)

Теперь для насыщенного пара:

$$(3)\ p_{нп} V_2 = \frac{m_1 - m_2}{\mu} RT$$ ($m_1 - m_2$, т.к. вещество не может пропасть)

(2) + (3): $$(p_2 + p_{нп}) V_2 = \frac{m_1}{\mu} RT \ (4)$$

Разделим (1) ур-е на (4):

$$\frac{p_1V_1}{(p_2+p_{нп})V_2}=1 \;;\; p_1V_1=p_2V_2+p_{нп}V_2$$

$$p_2=3{,}6\,p_1$$

$$p_1V_1=3{,}6\,p_1V_2+p_{нп}V_2$$

$$p_1(V_1-3{,}6V_2)=p_{нп}V_2$$

$$V_1=7V_2$$

$$p_1\cdot 3{,}4\cancel{V_2}=p_{нп}\cancel{V_2}$$

$$p_1=\frac{p_{нп}}{3{,}4}=\frac{0{,}5\cdot10^5\,Па}{3{,}4}=0{,}15\cdot10^5\,Па$$

Значит $m_1=\frac{p_1V_1}{RT}\cdot M$

$$m_1=\frac{0{,}15\cdot10^6\,Па\cdot7\cdot1{,}7\cdot10^{-3}\,м^3\cdot18\,\frac{г}{моль}}{8{,}31\,\frac{Дж}{моль\cdot К}\cdot354\,К}$$

$$m_1=\frac{10^3\cdot0{,}15\cdot7\cdot1{,}7\cdot18}{8{,}31\cdot354}\,г=10{,}9\,г$$

Ответ: $0{,}15\cdot10^5$ Па; 10,9 г

Часть 2

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

Шифр: **21205972**

ID профиля: **301420**

Вариант 2

Задача 5

$\frac{\Delta p}{p_0} = -0{,}01$

$\frac{\Delta V}{V_0} = 0{,}02$

$\frac{\Delta T}{T_0} - ?$

$\frac{Q_{пол}}{\Delta U} - ?$

1 Запишем ур-е состояния ид. газа:

$p_0 V_0 = \nu R T_0$ (1)

Пусть p, V, T совсем немного изменятся. Тогда получим:

(2) $(p_0+\Delta p)(V_0+\Delta V) = \nu R(T_0+\Delta T)$

(~~ΔT может быть~~ <0)

$\Downarrow$

Важно, что
$\Delta p << p_0$
$\Delta V << V_0$
$\Delta T << T_0$

$p_0V_0 + \Delta p V_0 + \Delta V p_0 + \Delta p \Delta V =$
$= \nu R T_0 + \nu R \Delta T$

Подставим (1) в (2):

$\cancel{\nu R T_0} + \Delta p V_0 + \Delta V p_0 + \cancel{\Delta p \Delta V} = \cancel{\nu R T_0} + \nu R \Delta T$

$\Delta p \Delta V$ ~~<<~~ слагаемым $\Delta p \Delta V$ можно пренебречь, т.к. оно слишком маленькое

$\Delta V p_0 + \Delta p V_0 = \nu R \Delta T$; $\nu R = \frac{p_0 V_0}{T_0}$

$\Delta V p_0 + \Delta p V_0 = p_0 V_0 \frac{\Delta T}{T_0}$ $\Big| : p_0 V_0$

$\frac{\Delta V}{V_0} + \frac{\Delta p}{p_0} = \frac{\Delta T}{T_0}$; $0{,}02 - 0{,}01 = \frac{\Delta T}{T_0} = 0{,}01$

Ответим на первый вопрос:

Температура вырастет на 1%

2. $Q_{пол} = \Delta U + A_г$ (I начало термодинамики)

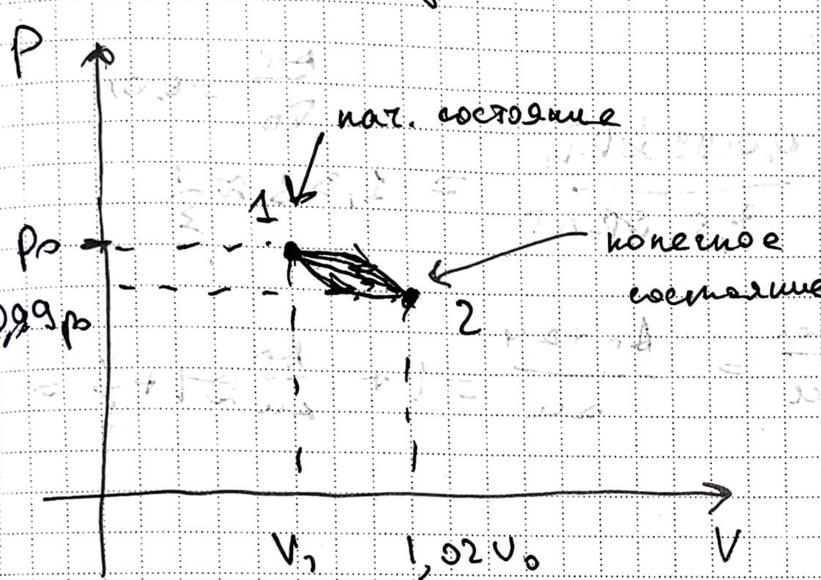
$\boxed{A_г \text{ — работа газа}}$

Тогда нам надо найти:

$$\frac{\Delta U + A_г}{\Delta U} = 1 + \frac{A_г}{\Delta U}$$

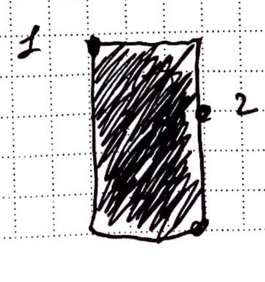
$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ (газ одноатомный по условию)

Найдем работу газа.



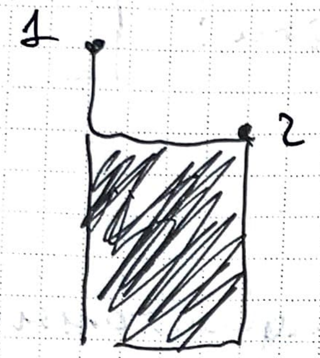
Совершенно непонятно как проходит этот процесс ~~он~~ Однако мы знаем, что работа газа есть площадь под графиком в PV-координатах. Оценим эту площадь как среднюю между максимальной и минимальной.

Ясно, что максимальная площадь это:



$A_{max} = p_0 \cdot 0{,}02V_0$

IV Атм газа:



$A_{\text{атм}} = 0{,}99 p_0 \cdot 0{,}02V$

$A = \dfrac{A_{\text{шар}} + A_{\text{атм}}}{2} = \dfrac{0{,}02V_0 \cdot 1{,}99p}{2} =$

$= 0{,}0199 p_0 V_0 =$

$= 0{,}0199 \nu R T_0$

$\dfrac{\Delta T}{T_0} = 0{,}01$

Тогда $\dfrac{A_\Gamma}{\Delta U} = \dfrac{0{,}0199 \nu R T_0}{1{,}5 \nu R \Delta T} = 1{,}33 \approx \dfrac{4}{3}$

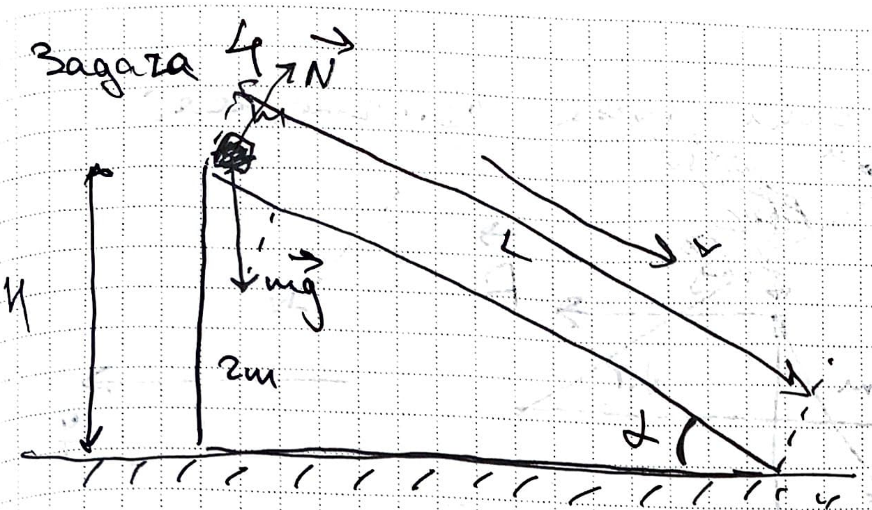
Итого: $\dfrac{Q_{\text{пол}}}{\Delta U} = \dfrac{A_\Gamma + \Delta U}{\Delta U} = 1 + \dfrac{A_\Gamma}{\Delta U} \approx 1 + \dfrac{4}{3} =$

$= \dfrac{7}{3}$

Ответ: увеличится на 1%;

$7/3$

Задача 4



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

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

1. Запишем II-закон ~~На~~ Ньютона ~~на ос~~ для бруска на ось x

$mg\sin\alpha = ma$; $a_x = g\sin\alpha$

$\sin\alpha = \frac{H}{L}$ ~~(L~~ - (L - длина клина)

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

т.к. движение бруска равноускоренно, то:

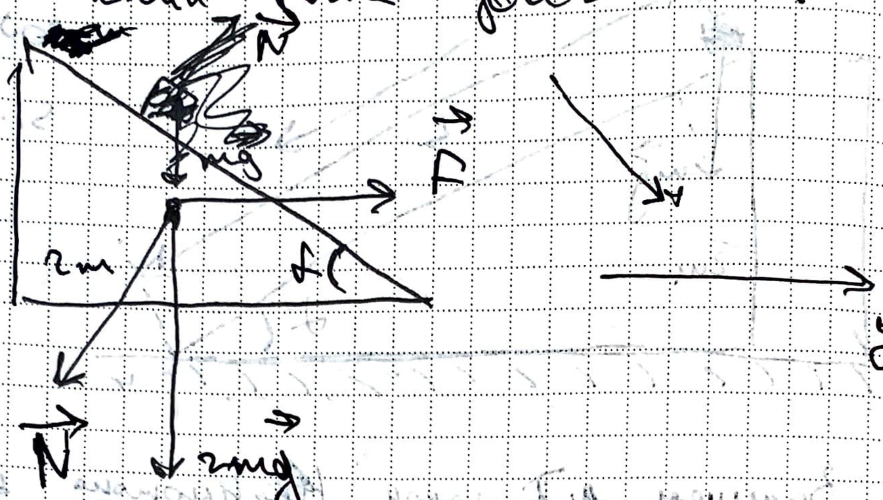
$\frac{a_x t^2}{2} = L$ (t - искомое время)

$t = \sqrt{\frac{2L}{a_x}} = \sqrt{\frac{2H}{\sin\alpha \cdot g\sin\alpha}} = \frac{1}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

$t = \frac{5}{4} \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}}$

см. след. лист

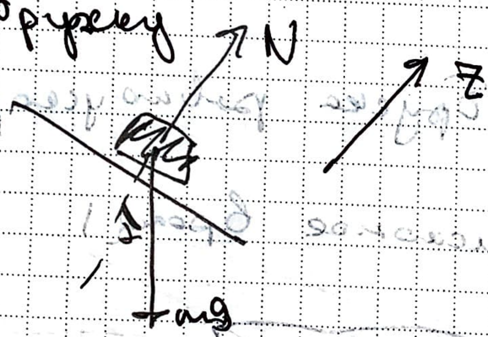
2. Теперь клин тоже двигается:



II закон Ньютона для клина на ось Y:

~~ma~~ $2mA = F - N\sin\alpha$ (A — искомое ускорение)

Для того, чтобы найти N обратимся к бруску (Применим также и III закон Ньютона)



Понятно, что $a_z = 0$ (т.к. брусок ~~не от~~ не отрывается от клина)

Поэтому:

$N = mg\cos\alpha$ (II закон Ньютона на ось Z)

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

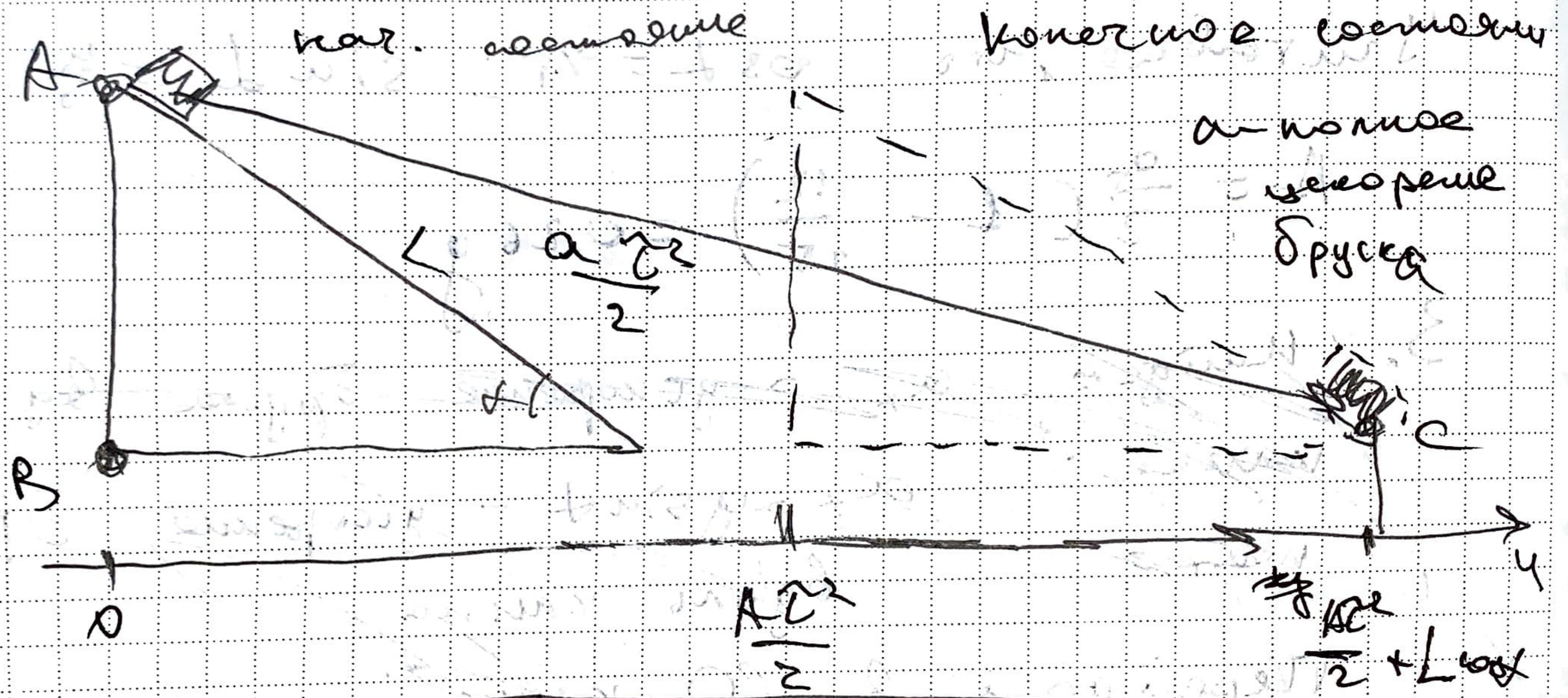
$2\cancel{m}A = \cancel{m}g(1 - \cos\alpha\sin\alpha)$

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

Учитывая, что $\cos\alpha = 3/5$; $\sin\alpha = \frac{4}{5}$

$$A = \frac{g}{2}\left(1 - \frac{12}{25}\right) = 0{,}26\,g$$

3.

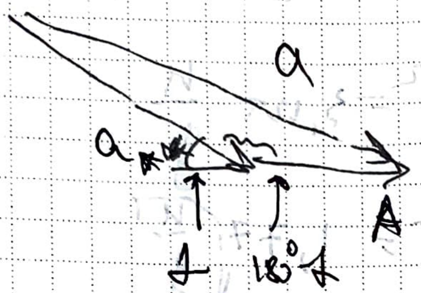

нач. состояние
конечное состояни
a – полное ускорение бруска
A
B
C
$L = \frac{a\tau^2}{2}$
α
0
$\frac{A\tau^2}{2}$
$\frac{A\tau^2}{2} + L\cos\alpha$
x

по т. ~~Пиф~~ Пифагора для $\triangle ABC$

$$H^2+\left(\frac{A\tau^2}{2}+L\cos\alpha\right)^2=\frac{a^2\tau^4}{4}$$

$$H^2+\frac{A^2\tau^4}{4}+A\tau^2L\cos\alpha+L^2\cos^2\alpha=\frac{a^2\tau^4}{4}$$

$$H^2+L^2\cos^2\alpha+A\tau^2L\cos\alpha=\cancel{\frac{\tau^4}{4}(a^2-A^2)}$$
$$=\frac{\tau^4}{4}(a^2-A^2)$$



по т. косинусов:

$$a^2=A^2+a_x^2-2a_xA\cos(180-\alpha)$$

$$a^2=A^2+a_x^2+2a_xA\cos\alpha$$

$$\cancel{a^2-A^2=a_x^2}$$

$$H^2+L^2\cos^2\alpha+A\tau^2L\cos\alpha=\frac{\tau^4}{4}\cdot\left(a_x^2+2a_xA\cos\alpha\right)$$

$$H^2+L^2\cos^2\alpha+0{,}26g\tau^2L\cos\alpha=\frac{\tau^4}{4}\left(g^2\sin^2\alpha+\right.$$
$$\left.+2g\sin\alpha\cdot0{,}26g\cos\alpha\right)$$

$$H^2+L^2\cdot\frac{9}{25}+0{,}156g\tau^2L=\frac{g^2\tau^4}{4}\cdot\left(\frac{16}{25}+2\cdot\frac{4}{5}\cdot0{,}26\cdot\frac{3}{5}\right)$$

$$H^2+\frac{9}{25}L^2+0{,}156g\tau^2L=g^2\tau^4\cdot0{,}2224$$

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

$$H^2+\frac{9}{25}\cdot\frac{25H^2}{16}+0{,}156g\tau^2\cdot\frac{5H}{4}=g^2\tau^4\cdot0{,}2224$$

$$H^2+\frac{9}{16}H^2+0{,}195g\tau^2H=g^2\tau^4\cdot0{,}2224$$

$$1{,}5625H^2+0{,}195g\tau^2H=g^2\tau^4\cdot0{,}2224\ \Big|\cdot10^4$$

$$15625 H^2 + 1950 g\tau^2 H = 2224 g^2\tau^4$$

$$2224 g^2\tau^4 - 1950 g\tau^2 H - 15625 H^2 = 0$$

$$\tau^2 = \frac{1950 gH \pm \sqrt{(1950)^2 g^2 H^2 + 4\cdot 2224 g^2 \cdot 15625 H^2}}{2\cdot 2224 g^2}$$

$$\tau^2 = \frac{1950 gH + 11950 gH}{2\cdot 2224 g^2}$$ (Берём корень со знаком "+", т.к. $\tau^2 \geq 0$)

$$\tau^2 = \frac{13900 H}{2\cdot 2224 g}; \quad \tau^2 = 3{,}125 \frac{H}{g}$$

$$\tau = 1{,}77\sqrt{\frac{H}{g}}$$

Ответ: $\frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$; $0{,}26 g$; $1{,}77\sqrt{\frac{H}{g}}$