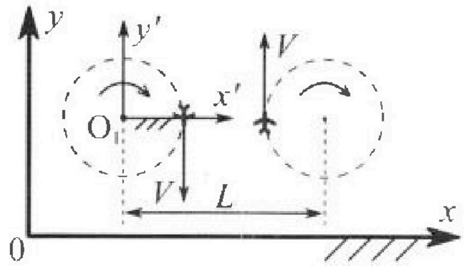
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями $V = 80$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса R=800 м. Ускорение свободного падения g =10 м/с^2.

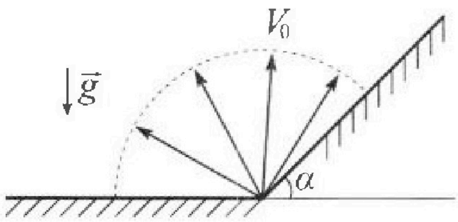


1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

В некотор ый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей L=2 км. Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

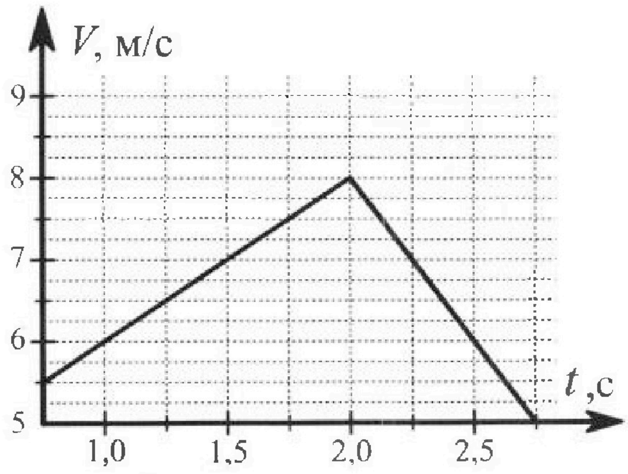
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол $\alpha = 30^0$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков $T = 9$ с. Ускорение свободного падения g =10 м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



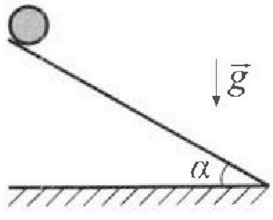
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

3. *В первом опыте* на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения g =10 м/с^2.



1. Найдите $\sin\alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды равна массе бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения по вертикали на h=0,3 м?
3. Найдите ускорение a, с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента μ трения скольжения бочка катится без проскальзывания?

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят $Q = 600$ Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на $\Delta T_1 = 15$ К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на $\Delta T_2 = 10$ К.

1. Найдите работу А смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_V смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_\text{Г}}{N_\text{К}}$ числа атомов гелия к числу молекул кислорода в смеси.

Указание: внутренняя энергия двухатомного газа кислорода $U = \frac{5}{2}PV$.

5. Частица с удельным зарядом $\gamma = \frac{q}{m} > 0$ движется между обкладками плоского конденсатора. Заряды обкладок конденсатора $Q > 0$ и $-Q$, ёмкость конденсатора C, расстояние между обкладками d. В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам со скоростью V_0 на расстоянии $d/4$ от положительно заряженной обкладки.

1.Найдите радиус R кривизны траектории в этот момент времени.

Через нек оторое время после вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

2. С какой по величине скоростью V движется в этот момент частица?

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

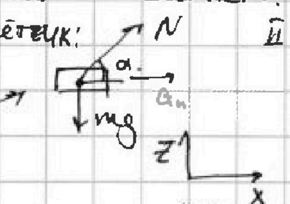
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

Задача №1:

1) Рассмотрим лётчика в самолёте. Пусть масса лётчика – m. Нормал. ускор: a_n.

Нет a_t, т.к движ. с постоян. v.

вид сбоку.



II з. Ньютона

$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}$ α – угол между $\vec{N}$ и горизонтал.

на ось ox: $ma_n = N\cos\alpha$ (1)

на ось oz: $N\sin\alpha - mg = 0$. (2)

Из (1) выразим $\cos\alpha = \frac{ma_n}{N} = \frac{mv^2}{NR} \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1 - \frac{m^2v^4}{N^2R^2}}$

Из (2) $N\sin\alpha = mg \Rightarrow N\cdot\sqrt{1-\frac{m^2v^4}{N^2R^2}} = mg \Rightarrow N^2\left(1-\frac{m^2v^4}{N^2R^2}\right) = m^2g^2$

$N^2 - \frac{m^2v^4}{R^2} = m^2g^2 \Rightarrow N^2 = m^2\left(g^2+\frac{v^4}{R^2}\right) \Rightarrow N = m\sqrt{g^2+\frac{v^4}{R^2}}$

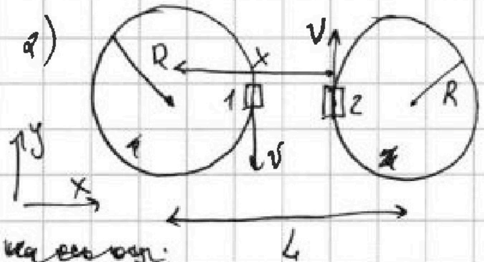
$\vec{F}_{тяж} = m\vec{g}$ $\delta = \left(\frac{N}{F_{тяж}} - 1\right)\cdot 100\%$

$\delta = \left(\frac{N}{mg} - 1\right)100\% = \left(\frac{\sqrt{g^2+\frac{v^4}{R^2}}}{g} - 1\right)100\% = \left(\sqrt{1+\frac{v^4}{g^2R^2}} - 1\right)100\% = \left(\sqrt{1+\frac{80\cdot80\cdot80\cdot80}{100\cdot800\cdot800}} - 1\right)100\% =$

$= \left(\sqrt{1+\frac{64}{100}} - 1\right)\cdot 100\% = \left(\frac{\sqrt{164}}{10} - 1\right)\cdot 100\% \approx 29\%$.

$(10\sqrt{164} - 100)\%$.

2)



Перейдём во вращ. СО связ. с 1 самолётом

Угловая скорость первого самолёта $\omega = \frac{v}{R}$

~~Перед в СО самолёт вращается~~

$u_{пер} = \omega\cdot x = \frac{v}{R}(L-R)$ – вниз (против OY)

скорость, с которой вращ. СО 1 самолёта переносит самолёт 2.

$u_{пер\,y} = -\frac{v}{R}(L-R)$

~~на ось oy:~~

$\vec{u}_{отн} = \vec{v}_{абс} - \vec{u}_{пер}$

На ось OY:

$u_{отн} = v - u_{пер\,y} = v + \frac{v}{R}(L-R) = \frac{vR + vL - vR}{R} = v\frac{L}{R} = 80\cdot\frac{2000}{800}\frac{м}{с} =$

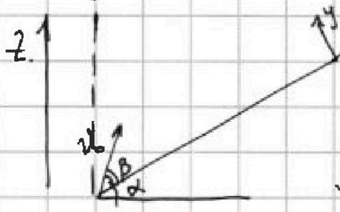
$= \frac{2000}{10}\frac{м}{с} = 200\frac{м}{с}$.

$u_{отн} = u = 200\frac{м}{с}$ – вверх (по оси OY).

Ответ: $\delta = \left(\sqrt{1+\frac{v^4}{g^2R^2}} - 1\right)\cdot 100\% \approx 29\%$

$u = v\frac{L}{R} = 200\frac{м}{с}$ (вверх, по оси OY).

Задача 2.



$\alpha = 30^\circ$

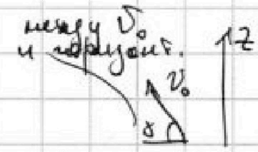
$T = 9с.$

$g = 10\frac{м}{с^2}$

$v_0 - ?$

$S_{max} - ?$

1) Если осколок полетел правее пунктирной линии, то он упадёт быстрее, чем осколок, который полетел левее пунктирной линии симметрично первому осколку относительно этой линии. Т.к. справа есть склон, а слева его нет. Тогда будем рассматривать полёт осколков, не ударяющихся о склон.



между v_0 и горизонт.

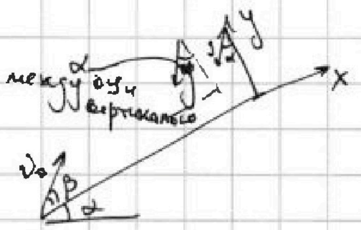
Закон движения на ось OZ (когда камень достиг верхней точки):

$0 = v_0 \sin\gamma - g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin\gamma}{g}$

~~Чтобы ког~~ Чтобы спуститься телу нужно то же время.

Тогда время полёта $t_0 = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin\gamma}{g}$ время полёта максимально если $\sin\gamma = 1$. $T = \frac{2v_0}{g} \Rightarrow \boxed{v_0 = \frac{gT}{2}} = \frac{10 \cdot 9}{2}\frac{м}{с} = 45\frac{м}{с}.$

2)



между Oy и вертикалью

Ось OX вдоль склона, ось OY ⊥ склону.

Пусть β угол, под которым бросили осколок к склону.

Движение:

по OX:

$x = v_0 \cos\beta t - \frac{g \sin\alpha t^2}{2}$ (1)

по OY:

$y = v_0 \sin\beta t - \frac{g\cos\alpha t^2}{2}$ (2)

Когда осколок упал $y = 0$. $\Rightarrow$ Из (2): $v_0 \sin\beta t - \frac{g\cos\alpha t^2}{2} = 0$ $t = 0$ - не подходит

$\Rightarrow t = \frac{2V_0 \sin\beta}{g\cos\alpha}$ Из (1): $x = V_0 \cos\beta \cdot \frac{2V_0 \sin\beta}{g\cos\alpha} - \frac{g\sin\alpha}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{4}^{2} V_0^2 \sin^2\beta}{g^{\cancel{2}}\cos^2\alpha} =$

$= \frac{V_0^2 \sin 2\beta}{g\cos\alpha} - \frac{2V_0^2 \sin^2\beta}{g} \cdot \frac{\sin\alpha}{\cos^2\alpha} = \frac{V_0^2}{g\cos\alpha}\left(\sin 2\beta - 2\sin^2\beta \, tg\alpha\right).$ Возьмём производную по углу β.

$x' = \frac{v_0^2}{g\cos\alpha}\left(2\cdot\cos 2\beta - 4\sin\beta\cdot\cos\beta\cdot tg\alpha\right)$. Т.к. x должно быть max. $x' = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \cos 2\beta - \sin 2\beta \cdot tg\alpha = 0 \Rightarrow tg 2\beta = ctg\alpha = \sqrt{3} \Rightarrow 2\beta = 60^\circ \Rightarrow \beta = 30^\circ.$

$S = \frac{V_0^2}{g\cos\alpha}\left(\sin(60^\circ) - 2\cdot\sin^2(30^\circ)\cdot tg\alpha\right) = \frac{v_0^2}{g\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}}\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \cancel{2}\cdot\frac{1}{\cancel{4}2}\cdot\frac{1}{\sqrt{3}}\right) =$

$= \frac{v_0^2}{g}\cdot\frac{2}{\sqrt{3}}\left(\frac{3-1}{2\sqrt{3}}\right) = \frac{v_0^2}{g}\cdot\frac{4}{2\cdot 3} = \frac{2 v_0^2}{3g} = \frac{\cancel{2}}{3}\cdot\frac{g^{\cancel{2}}T^2}{2\cancel{4}\cdot g} = \frac{gT^2}{6} = \frac{\cancel{10}^{5}\cdot \cancel{9}^{3}\cdot 9}{\cancel{6}\cancel{2}}м =$

$= 15\cdot 9 м = 135 м.$

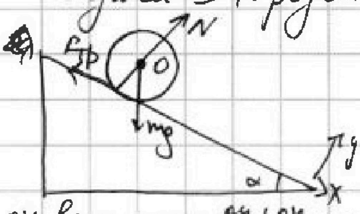
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 2 ИЗ ~~10~~ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

Задача 3 (продолжение) Второй случай:



Бочку с водой можно считать цельным цилиндром.

$J = \frac{MR^2}{2}$ (J – момент инерции, R – радиус цилиндра.) M – масса воды и бочки

$\sum M = \frac{d\omega}{dt} J$ — сумма моментов всех сил относ. ц.м.

OX вдоль склона, OY ⊥ OX

Относительно оси проходящ. через ц.м момент создаёт только сила трения $M = F_{тр}\cdot R$.

$F_{тр}\cdot \cancel{R} = \frac{d\omega}{dt}\cdot\frac{MR^{\cancel{2}}}{2}$ — ε – угловое ускор

$F_{тр} = \frac{\varepsilon \cdot MR}{2} = \varepsilon R \cdot \frac{M}{2} = \frac{Ma}{2}$, a – ускорение ц.м.

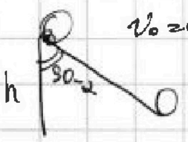
II з. Ньютона для ц.м: $M\vec a = M\vec g + \vec N + \vec F_{тр}$

на ox: $Ma = Mg\sin\alpha - F_{тр} = Mg\sin\alpha - \frac{Ma}{2} \Rightarrow a = g\sin\alpha - \frac{a}{2} \Rightarrow \frac{3}{2}a = g\sin\alpha \Rightarrow a = \frac{2g\sin\alpha}{3}$

Oy: $N - Mg\cos\alpha = 0 \Rightarrow N = Mg\cos\alpha$

3) $a = \frac{2g\sin\alpha}{3} = \frac{2\cdot \cancel{10}\cdot \cancel{3}}{\cancel{10}\cdot \cancel{3}}\frac{м}{с^2} = 2\frac{м}{с^2}$

2)



$v_0 = 0 \Rightarrow \frac{a\sin\alpha\, t^2}{2} = h \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{a\sin\alpha}}$

$v = v_0 + at = a\sqrt{\frac{2h}{a\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2ha}{\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2h\cdot 2g\cancel{\sin\alpha}}{3\cdot\cancel{\sin\alpha}}} = \sqrt{\frac{2\cdot 0{,}3\cdot 10\cdot 2}{3}}\frac{м}{с} = 2\frac{м}{с}$

4) Чтобы бочка не проскальзывала $F_{тр} \le \mu N = \mu\cdot Mg\cos\alpha$

$F_{тр} = \frac{Ma}{2} = \frac{M}{\cancel{2}}\cdot\frac{\cancel{2}g\sin\alpha}{3} = \frac{Mg\sin\alpha}{3}$ $\quad \frac{Mg\sin\alpha}{3} \le \mu Mg\cos\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow \mu \ge \frac{tg\alpha}{3} = \frac{1}{3}\frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}} = \frac{1}{\cancel{3}}\frac{\cancel{3}}{10\sqrt{1-\frac{9}{100}}} = \frac{1}{10\sqrt{\frac{91}{100}}} = \frac{1}{\sqrt{91}}$

Ответ: $\sin\alpha = 0{,}3$ $\quad a = 2\frac{м}{с^2}$

$v = 2\frac{м}{с}$ $\quad \mu \ge \frac{1}{\sqrt{91}}$

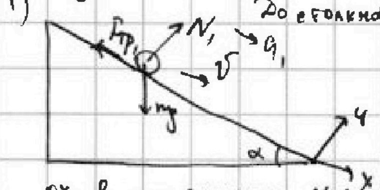
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

Задача 3.

1) До столкновения:



Из графика видно, что сначала шайба движется с ускорением, причем модуль скорости увеличивается ~~...~~ $\vec{a}_1 \uparrow\uparrow \vec{v}$

II з. Ньютона:

$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр_1}$

OX – вдоль склона. OY ⊥ OX

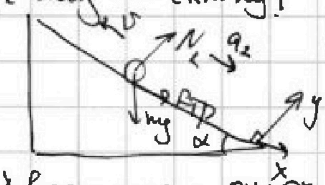
на OX: $ma = mg\sin\alpha - F_{тр}$. на OY: $N_1 - mg\cos\alpha = 0$.

Т.к шайба движется, то $F_{тр_1} = \mu N_1$, где μ – коэф. тр. шайбы о накл. плоскость.

$ma = mg\sin\alpha - \mu N = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha \Rightarrow a_1 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$.

~~Из графика~~ На графике a_1 – тангенс наклона первой прямой, умноженный на масштабный коэф. $a_1 = \frac{8-6}{2-1}\frac{м}{с^2} = 2\frac{м}{с^2}$

Когда шайба резко начала уменьшать свою скорость, произошло столкновение со стенкой, шайба начинает лететь вверх; т.к шайба летит вверх по склону, то $F_{тр_2}$ вниз по склону.



$\vec{v} \uparrow\downarrow \vec{a}_2$ $\vec{v} \uparrow\downarrow F_{тр_2}$.

II з. Ньютона: $m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{тр_2}$

OX: $ma_2 = mg\sin\alpha + F_{тр_2}$ OY: $N_2 - mg\cos\alpha = 0$.

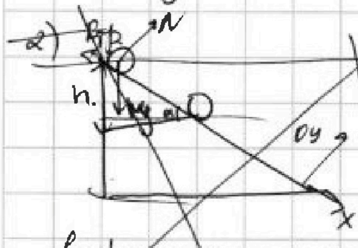
Т.К шайба едет. $F_{тр_2} = \mu N_2 = \mu mg\cos\alpha$.

OX вдоль склона, OY ⊥ OX $ma_2 = mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha \Rightarrow a_2 = g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$

Из графика ~~видно~~: $|a_2| = \frac{8-6}{2{,}5-2}\frac{м}{с^2} = \frac{2}{0{,}5}\frac{м}{с^2} = 4\frac{м}{с^2}$

$$\begin{cases} a_1 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) \\ a_2 = g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) \end{cases} + \rightarrow a_1 + a_2 = 2g\sin\alpha \Rightarrow \sin\alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{2+4}{2\cdot 10} = \frac{6}{20} = \frac{3}{10} = 0{,}3.$$

~~2)~~



~~II з. Ньютона для ц.м бочки~~ ~~Пусть M – масса бочки с водой~~

~~OX: $Ma = Mg\sin\alpha - \mu Mg\cos\alpha$~~ ~~OY: $N - Mg\cos\alpha = 0$~~

~~$F_{тр} = \mu N = \mu Mg\cos\alpha$~~

~~$a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$, мы уже получали такое выражение и оно было равно a_1~~ $\boxed{a = a_1 = 2\frac{м}{с}}$

~~$v_0 = 0 \Rightarrow \frac{a\sin\alpha\, t^2}{2} = h$ – перемещение по вертикали.~~

~~$t_2 = \sqrt{\frac{2h}{a\sin\alpha}}$~~ ~~$v = v_0 + at \Rightarrow v = a\sqrt{\frac{2h}{a\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2ha}{\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2\cdot 0{,}3\cdot 2}{0{,}3}}\frac{м}{с} = 2\frac{м}{с}$~~

См. лист 3.

Задача 4.

1) $V = const$ $Q = 600$ Дж $\Delta T_1 = 15K$

$p = const$ $Q = 600$ Дж $\Delta T_2 = 10K$.

В изохор. процессе:

Первое начало термодинамики: $Q = \Delta U_1 + A_1$ $A_1 = 0$ т.к $V = const$ $\Rightarrow Q = \Delta U_1$

$\Delta U_1 = \frac{3}{2}\nu_{He}R\Delta T_1 + \frac{5}{2}\nu_{O_2}R\Delta T_1 = \Delta T_1 R\left(\frac{3}{2}\nu_{He} + \frac{5}{2}\nu_{O_2}\right) = Q \Rightarrow \frac{3}{2}\nu_{He} + \frac{5}{2}\nu_{O_2} = \frac{Q}{\Delta T_1 R}$ (1)

В изобар. процессе:

Первое начало термодинамики: $Q = \Delta U_2 + \overset{=A}{A_2} \Rightarrow A = Q - \Delta U_2$

$\Delta U_2 = \frac{3}{2}\nu_{He}R\Delta T_2 + \frac{5}{2}\nu_{O_2}\Delta T_2 R \Rightarrow \Delta U_2 = \Delta T_2 R\left(\frac{3}{2}\nu_{He} + \frac{5}{2}\nu_{O_2}\right) = \Delta T_2 \cdot \frac{Q}{\Delta T_1}$

$A = Q - \Delta U_2 = Q - Q\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = Q\left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right) = Q\left(1 - \frac{10}{15}\right) = \frac{Q}{3} = 200$ Дж.

2) Теплоёмность: $C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{600 \text{ Дж}}{15 K} = 40\frac{\text{Дж}}{K}$.

3) $N_Г = \nu_{He}N_A$
$N_K = \nu_{O_2}N_A$ $\Rightarrow \frac{N_Г}{N_K} = \frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}} = X$

Изобар. процесс:

~~При изобар~~ $A_2 = A = p \cdot \Delta V$

Уравн. Менделеева-Клапейрона $pV_1 = (\nu_{He} + \nu_{O_2})RT_0$
$pV_2 = (\nu_{He} + \nu_{O_2})RT_K$ $\Rightarrow p\Delta V = (\nu_{He} + \nu_{O_2})R \cdot \Delta T_2$

$A = (\nu_{He} + \nu_{O_2})R\Delta T_2 = \frac{Q}{3}$ (из найденого выше)

$\nu_{He} + \nu_{O_2} = \frac{Q}{3R\Delta T_2}$ $\Big| : \nu_{O_2}$ Из (1): $\frac{3}{2}\nu_{He} + \frac{5}{2}\nu_{O_2} = \frac{Q}{R \cdot \Delta T_1}$ $\Big| : \nu_{O_2}$.

$\overset{=X}{\frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}}} + 1 = \frac{Q}{3R\Delta T_2 \cdot \nu_{O_2}}$ (2) $\frac{3}{2}\overset{=X}{\frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}}} + \frac{5}{2} = \frac{Q}{R\Delta T_1 \nu_{O_2}}$ (3)

$\frac{(2)}{(3)} = \frac{X+1}{\frac{3}{2}X + \frac{5}{2}} = \frac{\cancel{Q} \cdot \cancel{R} \cdot \Delta T_1 \cdot \cancel{\nu_{O_2}}}{3\cancel{R}\Delta T_2 \cdot \cancel{\nu_{O_2}} \cdot \cancel{Q}} = \frac{\Delta T_1}{3\Delta T_2}$

$3X\Delta T_2 + 3\Delta T_2 = \frac{3}{2}X\Delta T_1 + \frac{5}{2}\Delta T_1$

$6X\Delta T_2 + 6\Delta T_2 = 3X\Delta T_1 + 5\Delta T_1$ $X(6\Delta T_2 - 3\Delta T_1) = 5\Delta T_1 - 6\Delta T_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow X = \frac{5\Delta T_1 - 6\Delta T_2}{6\Delta T_2 - 3\Delta T_1} = \frac{5 \cdot 15 - 6 \cdot 10}{6 \cdot 10 - 3 \cdot 15} = \frac{75 - 60}{60 - 45} = \frac{15}{15} = 1$.

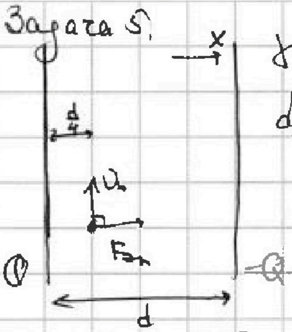
Ответ: $A = 200$ Дж $C_V = 40\frac{\text{Дж}}{K}$ $\frac{N_Г}{N_K} = 1$.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются** отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача 5.



$\gamma = \frac{q}{m} > 0$ — левая пластина отталкивает, правая притягивает. m — масса частицы.

$d, \frac{d}{4}, C, v_0$

На частицу действует только $\vec{F}_{эл} \perp \vec{v}_0$.

II з. Ньютона $m\vec{a} = \vec{F}_{эл}$. на Ox: ~~Fэл~~ $ma = F_{эл}$.

Т.к. $\vec{F}_{эл} \perp \vec{v}_0$, то $\vec{a} \perp \vec{v}_0 \Rightarrow \vec{a}$ нормальное ускорение частицы в данный момент времени.

$$a = \frac{v_0^2}{R_{кр.}} \Rightarrow R_{кр} = \frac{v_0^2}{a}.$$

$$F_{эл} = E\cdot q, \quad C = \frac{Q}{E\cdot d} \Rightarrow E = \frac{Q}{C\cdot d}$$

$$F_{эл} = \frac{Q}{Cd}\cdot q = m\cdot a \Rightarrow a = \frac{Qq}{C\cdot d\cdot m} = \frac{Q}{Cd}\cdot\gamma$$

$$R_{кр} = \frac{v_0^2}{a} = \frac{v_0^2\cdot Cd}{Q\gamma} \Rightarrow R = v_0^2\cdot\frac{Cd}{Q\cdot\gamma}$$

Серединная плоскость конденсатора имеет нулевой потенциал.

Закон изменения кинет. энергии:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A_{эл.} = (\varphi_1 - \varphi_0)q$$

φ_0 — потенц. в середине $= 0$. φ_1 — потенциал вначале.

$$v^2 = v_0^2 + \frac{2}{m}\cdot q\cdot\varphi_1$$

$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$; φ_1 — потенциал, который создаёт 1 пластина; φ_2 — потенциал, который создаёт правая пластина.

Напряженность одной пластины $E_0 = \frac{E}{2}$.

$$\varphi_1 = \frac{E}{2}\cdot\frac{d}{4} \qquad \varphi_2 = \frac{E}{2}\cdot\frac{3}{4}d$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{E}{2}\left(\frac{d}{4} - \frac{3}{4}d\right) = \frac{Ed}{2\cdot 2} = \frac{Ed}{4}.$$

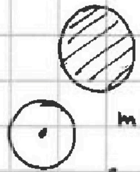
$$v^2 = v_0^2 + \frac{2}{m}\gamma\cdot\frac{Ed}{4} = v_0^2 + \frac{\gamma}{2}\cdot\frac{Q}{C}.$$

Ответ: $R_{кр} = \frac{v_0^2\cdot Cd}{Q\gamma}$, $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{\gamma}{2}\frac{Q}{C}}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7 СТРАНИЦА ~~7~~ ИЗ ~~13~~

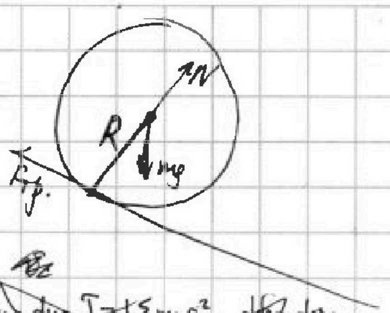
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!



mR^2

mR^2

$W_k = mv^2$



$J = \frac{1}{2} mR^2$ $\frac{d\omega}{dt} J = \frac{d\omega}{dt} mR^2$

$E_k = \frac{d\omega}{dt} J = \frac{d\omega}{dt} \sum m_i r_i^2$

$\frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = mv^2$ $\frac{d\omega}{dt} \cdot mR^2$

$\sum M =$

$\frac{1}{c^2} \cdot кг \cdot м^2 = \frac{кг \cdot м}{c^2} \cdot м = \sum M$

колесо. $F_{тр} R = \frac{d\omega}{dt} J$

$F_{тр} \cdot R = \frac{1}{2} mR^2 \frac{d\omega}{dt}$ $F_{тр} \le \mu N$ $\frac{кг \cdot м}{c^2} \cdot м$

$F_{тр} = \frac{mR}{2} \frac{d\omega}{dt} = \frac{m dv}{2 dt}$ $\frac{g\sin\alpha}{2}$

$F_{тр} = \frac{ma}{2}$ $\varepsilon \cdot R = a$

$F_{тр} = mR^2 \cdot \frac{d\omega}{dt}$ $F_{тр} = mR \frac{d\omega}{dt} = F_{тр} = ma$ $ma = mg\sin\alpha - \frac{ma}{2}$ $a = 2g\sin\alpha$

$V = 2g\sin\alpha t = 2g\sin\alpha \sqrt{\frac{h}{g\sin\alpha}} = \sqrt{4g\sin\alpha h}$ $\frac{ma}{2} = m \cdot 2g\sin\alpha$

$\frac{g\sin\alpha t^2}{2} = h$ $\frac{3}{2} ma = mg\sin\alpha$

$F_{тр} \le \mu N$

$\mu \ge \frac{F_{тр}}{N} = \frac{}{mg\cos\alpha}$ $a = \frac{2}{3} g\sin\alpha$

$E_k = \frac{mv^2}{2} = mgh$

$v^2 = gh$ $E_k = \frac{d\omega}{dt} mR^2 = mv^2$ $V = \frac{2}{3} g\sin\alpha t =$

$2 \cdot a = g \sin\alpha$ $E_k' = \frac{d\omega}{dt} \frac{mR^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$ $\frac{96}{100}$ $\frac{\frac{2}{3} g\sin\alpha t^2}{2} = h$

$a = \frac{g\sin\alpha}{2}$ 9,8 ∙ 9,8; 9,6 ∙ 9,6 $\frac{96}{10} > \frac{10}{96}$

$F_{тр} = mR \frac{d\omega}{dt} = ma$ 784, 882, 9604; 576, 864, 9216 $V = \frac{2}{3} g\sin\alpha \sqrt{\frac{2h}{\frac{2}{3} g\sin\alpha}}$

$ma = mg\sin\alpha - ma$ $V = \sqrt{2h \cdot \sin\alpha}$

$2a = g\sin\alpha$

$a = g\sin\alpha$ $F_{тр} = \frac{ma}{2} = \frac{m \cdot \frac{2}{3} g\sin\alpha}{2} = \frac{mg\sin\alpha}{3}$

$\mu \ge \frac{mg\sin\alpha}{3 \cdot mg\cos\alpha} = \frac{tg\alpha}{3} = \frac{3 \cdot 10}{10 \cdot \sqrt{91} \cdot 3} = \frac{1}{\sqrt{91}}$

$\sin\alpha = \frac{3}{10}$ $\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{100}} = \frac{\sqrt{91}}{10}$ $\frac{1}{10}$

100 | 96
0,

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА ~~4~~ ИЗ ~~6~~

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

$\gamma = \frac{q}{m} > 0.$

$C = \frac{q}{U}.$

$R_{кр} = a_n.$

$a_n = \frac{v^2}{R}$

$U = Ed.$

$C = \frac{Q}{U}$

$R_{кр} = \frac{v^2}{a_n}$

$Q \quad -Q \quad d$

$F = q \cdot E_1 + q E_2 =$

$\cancel{= q(E_1+E_2)}$?

$E_1 + E_2$

$E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$

$ma_n = F_{эл} =$

$\varphi_1 - \varphi_2 = E \cdot d$

$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{kq}{r^2} \cdot r$

$C = \frac{Q}{E \cdot d}$

$E = \frac{Q}{C \cdot d}.$

$ma_n = \frac{Q}{C \cdot d} \cdot q \qquad a_n = \frac{Q}{Cd} \cdot \frac{q}{m} = \frac{Q}{Cd} \cdot \gamma.$

$R_{кр} = \frac{v_0^2}{Q\gamma} \cdot Cd$

$\varphi = \int E(r) \cdot r.$

$F_{эл} = q \cdot E =$

$\cancel{\varphi_c = \varphi_0}. \quad \varphi_c = 0. \qquad W_н - W_к =$

$A_{эл} = (\varphi_1 - \varphi_0) q$

$\frac{mv_к^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \varphi_1 - \varphi_0.$

$\varphi = \frac{kQ}{r}$

$v^2 - v_0^2 = \frac{2}{m} \varphi_1$

$\frac{kq}{r}$

$\varphi_1 \qquad \frac{d}{4} \qquad \varphi_2$

$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$C = \frac{Q}{Ed}$

$\varphi = \int E(r) \cdot r = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} \cdot \frac{d}{4} + \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} \frac{3}{4} d \quad \varphi_1 - \varphi_2 =$

$k \cdot q$

$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{Q}{Cd} \qquad E = \frac{Q}{Cd}.$

$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \frac{d}{4} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \cdot \frac{3}{4} d.$

E_0 - от одной $\quad E$ - от двух

$C = \frac{Q}{Ed} \qquad E_0 = \frac{E}{2}.$

$U = E \cdot d$

x

$\frac{E_0 d}{2} - E_0 \frac{d}{2}.$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА ~~8~~ ИЗ ~~10~~

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

$V = const$

$Q = 600$ Дж $\quad \Delta T_1 = 15$ K

$p = const$

$Q = 600$ Дж $\quad \Delta T_2 = 10$ K

$Q = \Delta U_2 + A_2$

He, O_2 $\quad A_2 - ?$

$Q = \Delta U_1 + A_1$, $A_1 = 0$. $\quad \Delta U_1 = Q$

$$\frac{3}{2}\nu_{He} R T_k + \frac{5}{2}\nu_{O_2} R T_k - \frac{3}{2}\nu_{He} R T_0 - \frac{5}{2}\nu_{O_2} R T_0 = Q.$$

$$\frac{3}{2}\nu_{He}(T_k - T_0) + \frac{5}{2}\nu_{O_2}(T_k - T_0) = Q.$$

$$T_k - T_0 = \frac{Q}{\frac{3}{2}\nu_{He} + \frac{5}{2}\nu_{O_2}} = \Delta T_1$$

$$\frac{3}{2}\nu_{He} + \frac{5}{2}\nu_{O_2} = \frac{Q}{\Delta T_1}$$

$A_2 = Q - \Delta U_2 =$

$$= Q - \left(\frac{3}{2}\nu_{He}(T_k' - T_0) + \frac{5}{2}\nu_{O_2}(T_k' - T_0)\right) = Q - \Delta T_2\left(\frac{3}{2}\nu_{He} + \frac{5}{2}\nu_{O_2}\right) =$$

$$= Q - \Delta T_2 \cdot \frac{Q}{\Delta T_1} = Q\left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right) = Q\left(1 - \frac{10}{15}\right) = \frac{1}{3} Q$$

$Q = C_V (T_k - T_0)$, $\frac{Q}{\Delta T_1} = C_V$ $\quad C_{мол} = \frac{dQ}{dT \cdot \nu}$

$C_V = \frac{Q}{\Delta T_1}$ $\quad \frac{N_г}{N_к} - ?$ $\quad \nu = \frac{N}{N_A}$

$N_г = \nu_{He} N_A$ $\quad N_к = \nu_{O_2} N_A$. $\quad \frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}} = x$ $-?$

$$\frac{3}{2}\nu_{He} + \frac{5}{2}\nu_{O_2} = \frac{Q}{\Delta T_1 R}$$

~~$A_2 = \nu_{He}$~~ $R \Delta T_2 = \frac{Q}{3}$ $\quad \nu_{He} = \frac{Q}{3R\Delta T_2}$

$$\frac{3}{2} + \frac{5}{2}\cdot\frac{1}{x} = \frac{Q}{R\Delta T_1} \cdot \frac{3R\Delta T_2}{Q} = \frac{3\Delta T_2}{\Delta T_1} \Big| \cdot 2x\Delta T_1$$

$3x\Delta T_1 + 5\Delta T_1 = 6x\Delta T_2$.

$x(3\Delta T_1 - 6\Delta T_2) = -5\Delta T_1$ $\quad x = \frac{5\Delta T_1}{6\Delta T_2 - 3\Delta T_1} =$

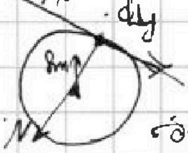
$$= \frac{5\cdot 15}{6\cdot 10 - 3\cdot 15} = \frac{75}{60-45} = \frac{75}{15} = 5$$

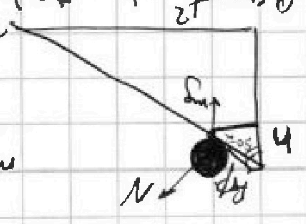
$\frac{5}{2}\nu + \frac{3}{2}\nu \quad \frac{8}{2}\nu \quad 4\nu$

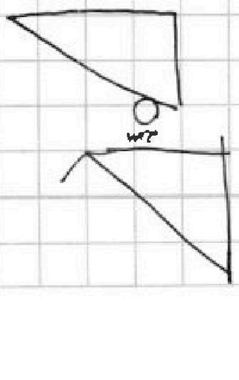
$A_2 = \nu_{He} + \nu_{O_2}$.

$Q = C_V \Delta T_1$

$Q = (C_V + R)\Delta T_2$ $\quad Q = \left(\frac{Q}{\Delta T_1} + R\right)\Delta T_2$





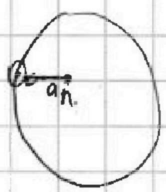


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

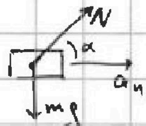
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА ~~8~~ ИЗ ~~10~~

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!



1



$N\cos\alpha = \frac{mv^2}{R}$

$N\sin\alpha = mg$

$\cos\alpha = \frac{mv^2}{NR}$

$\frac{\cancel{800}\cdot 8\cdot\cancel{800}\cdot 8}{\cancel{800}\cdot\cancel{800}\cdot 100} = \frac{64}{100}$

$N\cdot\sqrt{1-\frac{m^2v^4}{N^2R^2}} = mg$

13

$\frac{13}{10} \ne \frac{13}{10}-1 = \frac{3}{10}$

$N^2\left(1-\frac{m^2v^4}{N^2R^2}\right) = m^2g^2$

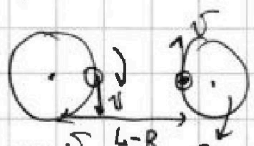
$N^2 - \frac{m^2v^4}{R^2} = m^2g^2 \qquad N^2 = m^2\left(g^2+\frac{v^4}{R^2}\right) \qquad N = m\sqrt{g^2+\frac{v^4}{R^2}}$ 12,

$\delta = \frac{N-1}{mg} = \frac{\sqrt{g^2+\frac{v^4}{R^2}}}{g}-1 \qquad \cancel{\frac{\sqrt{g^2+\frac{v^4}{R^2}}-g}{g}} = \sqrt{1+\frac{v^4}{g^2R^2}}-1 =$

$=\sqrt{1+\frac{\cancel{8400}\ \cancel{8400\cdot 6400}\ 80\cdot80\cdot80\cdot80}{100\cdot 800\cdot 800}}-1 = \sqrt{1+\frac{\cancel{80}\ 800\cdot\cancel{800}\cdot 8\cdot 8}{100\cdot\cancel{800}\cdot\cancel{100}}}-1 = \sqrt{1+\frac{64}{100}}-1$

$\frac{\sqrt{164}}{10}-1$

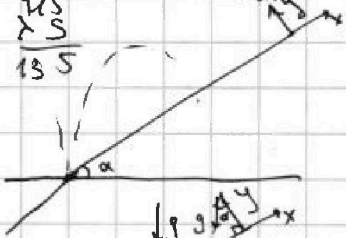
$\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{3}}{\cancel{2}\cdot\frac{1}{\cancel{2}}} \qquad \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}}$

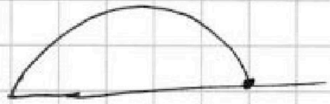


$\frac{\sin 30°}{\cos 30°}$ $\omega = \frac{v}{R}$ $\quad u_{пер} = \frac{v}{R}\cdot(L-R)$

$\vec{U}_{отн} = \vec{v} - \vec{u}_{пер} = v + \frac{v}{R}(L-R)$

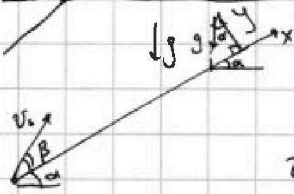
$-\frac{45}{135}$ $\quad T = 3\,c. \quad v_0 - ?$





$T = \frac{2v_0\sin\alpha}{g} = \frac{2v_0}{g}$

$v_0 = \frac{gT}{2} = 45\frac{м}{c}$



$Oy:\ v_0\sin\beta\, t - \frac{g\cos\alpha\, t^2}{2} = 0 \qquad v_0\sin\beta - \frac{g\cos\alpha\, t}{2} = 0$

$Ox:\ v_0\cos\beta\, t - \frac{g\sin\alpha\, t^2}{2} = x \qquad t = \frac{2v_0\sin\beta}{g\cos\alpha}$

$v_0\cos\beta\cdot\frac{2v_0\sin\beta}{g\cos\alpha} - \frac{g\sin\alpha\cdot 4v_0^2\sin^2\beta}{2\cdot g^2\cos^2\alpha} = x$

$\frac{v_0^2\sin 2\beta}{g\cos\alpha} - \frac{2v_0^2\sin^2\beta\sin\alpha}{g\cos^2\alpha} = x \qquad \operatorname{tg}\beta = \operatorname{ctg}\alpha$

$\frac{v_0^2}{g\cos\alpha}\left(\sin 2\beta - 2\sin^2\beta\operatorname{tg}\alpha\right) = x \qquad 2\cos 2\beta - 2\sin 2\beta\operatorname{tg}\alpha = 0$

$\frac{v_0^2}{g\cos\alpha}\left(2\cos 2\beta - 4\sin\beta\cdot\cos\beta\operatorname{tg}\alpha\right) = 0 \qquad \cos 2\beta = \sin 2\beta\operatorname{tg}\alpha$

$\operatorname{tg}2\beta = \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} = \operatorname{ctg}\alpha$