



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

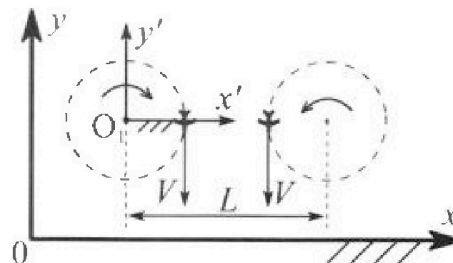
Вариант 10-03

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 $V = 60 \text{ м/с}$ (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R = 360 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

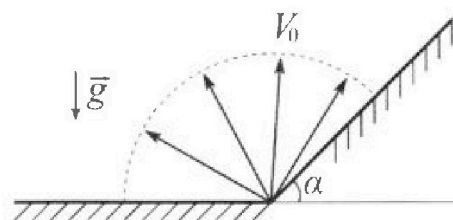
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей $L = 1,8 \text{ км}$. 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} .

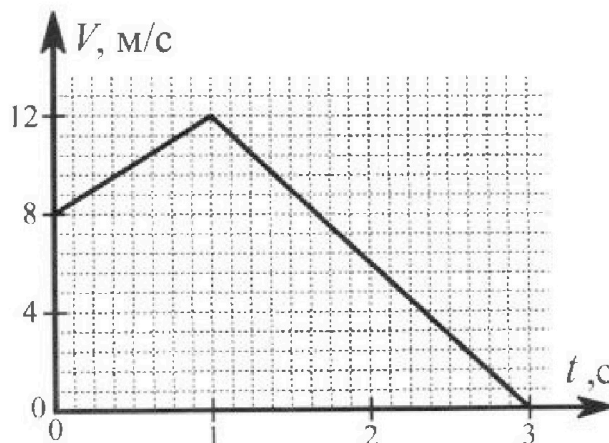
2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая высота полета одного из осколков $H = 45 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.

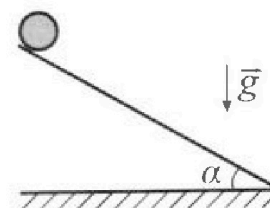
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.



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 в $n = 3$ раза больше массы бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью V движется бочка в тот момент, когда горизонтальное перемещение бочки равно $S = 1 \text{ м}$?

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 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят $Q = 960$ Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на $\Delta T_1 = 48$ К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на $\Delta T_2 = 30$ К.

1. Найдите работу A 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. Конденсатор заряжен, расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется со скоростью V_0 параллельно обкладкам на расстоянии $d/8$ от положительно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен R .

1. Найдите напряжение U на конденсаторе.

Через некоторое 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?



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 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!

Обозначим массу летчика за m .

Обозначим вес летчика за \vec{P} .

По третьему закону Ньютона, самолет действует на пилота с силой $-\vec{P}$.

Рассмотрим силы, действующие на пилота.



При движении по окружности, радиуса R со скоростью V , возникает ускорение $|\vec{a}| = \frac{V^2}{R}$, где \vec{a} направлено к центру окружности.

Обозначим горизонтальную составляющую вектора \vec{P} за P_x , а вертикальную — за P_y .

Поскольку пилот не движется вертикально, то $m\vec{g} + (-P_y) = 0 \Rightarrow P_y = mg$

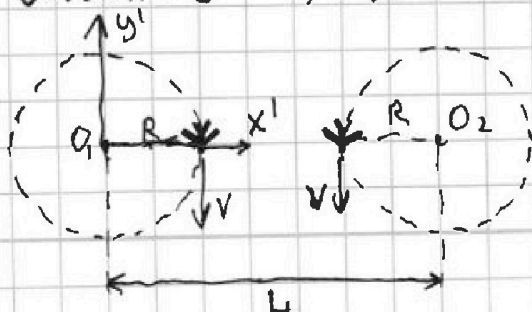
По второму закону Ньютона в горизонтальном направлении, $-P_x = m(-a) \Rightarrow P_x = ma = \frac{mV^2}{R}$

$$\text{По теореме Пифагора, } |\vec{P}| = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = \sqrt{(mg)^2 + \left(\frac{mV^2}{R}\right)^2} = m \sqrt{g^2 + \left(\frac{V^2}{R}\right)^2} = mg \sqrt{1 + \left(\frac{V^2}{gR}\right)^2}$$

$$\delta = \frac{P - mg}{mg} \cdot 100\% = \left(\sqrt{1 + \left(\frac{V^2}{gR}\right)^2} - 1 \right) \cdot 100\% = (1,01 - 1) \cdot 100\%$$

$$\left(\sqrt{1 + \left(\frac{V^2}{gR}\right)^2} - 1 \right) \cdot 100\% = (\sqrt{1,01} - 1) \cdot 100\% = \sqrt{10100\%} - 100\% \approx 100,5\% - 100\% = 0,5\%$$

Ответ: $\delta = 0,5\%$





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 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!

Угловая скорость вращения системы отсчёта $x'O_1y'$ равна $\omega = \frac{V}{R}$. (Равна угловой скорости ^{левого} самолёта)

Правый самолёт находится на расстоянии

$D = L - R$ от центра вращения O_1 .

Тогда скорость неподвижной точки, помещённой в ту же точку, что и второй самолёт \vec{v}_H в системе отсчёта $x'O_1y'$ равна $\omega D = V \frac{L-R}{R}$ и направлена (на рисунке) вверх, против движения самолёта.

Скорость самолёта относительно этой точки равна V , значит скорость второго самолёта во вращающейся СО равна $\vec{V} + \vec{v}_H = \vec{U}$

Так как \vec{v}_H и \vec{V} направлена параллельно V , то

$$U = v_H - V = V \frac{L-R}{R} - V = V \frac{L-2R}{R} = (60 \text{ м/с}) \frac{1800 \text{ м} - 720 \text{ м}}{360 \text{ м}} =$$

$= 180 \text{ м/с}$ и \vec{U} направлено вдоль y' в положительном направлении.

Ответ: $U = 180 \text{ м/с}$, направлен вектор \vec{U} вдоль оси y' , в положительном направлении.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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!

Пусть масса некоторого осколка равна m , а вертикальная скорость — v_y , а максимальная высота подъёма — h . Тогда, по закону сохранения энергии,

$$\frac{mv_y^2}{2} = mgh \quad (\text{Энергия горизонтального движения одна и та же, поэтому её можно не учитывать})$$

$$h = \frac{v_y^2}{2g}, \text{ откуда, чем больше } v_y, \text{ тем больше } h,$$

$$\text{значит } H = \frac{V_0^2}{2g}$$

$$V_0^2 = 2gH$$

$$V_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 45 \text{ м}} = \sqrt{900 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 30 \text{ м/с}$$

Из основного тригонометрического тождества,
 $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha$
 $\cos^2 \alpha > 0 \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,8^2} = \sqrt{1 - 0,64} = \sqrt{0,36} = 0,6$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{0,8}{0,6} = \frac{4}{3}$$

Пусть некоторый осколок полетел со скоростью v_0 под углом β к горизонту к горке. Тогда горизонтальная составляющая $v_x = v_0 \cos \beta$, а вертикальная — $v_y = v_0 \sin \beta$. ($\beta > \alpha$; $\beta < \frac{\pi}{2}$)

Запишем закон движения осколка.

$$x(t) = v_x t = v_0 t \cos \beta$$

$$y(t) = v_y t - \frac{gt^2}{2} = v_0 t \sin \beta - \frac{gt^2}{2}$$

Рассмотрим момент времени t , когда осколок упадёт на горку ($t > 0$)

$$\text{Тогда } \frac{y(t)}{x(t)} = \operatorname{tg} \alpha$$



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 3

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!

$$y(t) = x(t) \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$V_0 \sin \beta - \frac{g t^2}{2} = V_0 \cos \beta \operatorname{tg} \alpha$$

$$g t = 2 V_0 \sin \beta - 2 V_0 \cos \beta \operatorname{tg} \alpha$$

$$t = \frac{2 V_0 (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha)}{g}$$

Тогда координата x точки падения равна

$$x(t) = \frac{2 V_0^2 \cos \beta (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha)}{g} = \frac{V_0^2 (\sin 2\beta - 2 \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos^2 \beta)}{g}$$

Тогда расстояние S , на котором тело упадет на склон равно $\frac{x(t)}{\cos \alpha}$

$$S = \frac{x(t)}{\cos \alpha} = \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} \cdot (\sin 2\beta - 2 \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos^2 \beta)$$

Значит, если S максимально, то значение

выражения $\sin 2\beta - 2 \operatorname{tg} \alpha \cos^2 \beta$ тоже максимально.

Подставив $\frac{4}{3}$ вместо $\operatorname{tg} \alpha$, получим $\sin 2\beta - \frac{8}{3} \cos^2 \beta$.

Найдём экстремум, вычислив производную данного выражения по β .

$$f(\beta) = \sin 2\beta - \frac{8}{3} \cos^2 \beta$$

$$f'(\beta) = 2 \cos 2\beta + \frac{8}{3} \sin 2\beta$$

$$f'(\beta) = 0$$

$$\cos 2\beta = -\frac{4}{3} \sin 2\beta \quad (\text{так как } \beta \in (\alpha; \frac{\pi}{2}), \text{ то } 2\beta \in (2\alpha; \pi), \text{ значит } \sin 2\beta > 0, \text{ а } \cos(2\beta) < 0) \\ (2\alpha > \frac{\pi}{2})$$

$$\sin^2 2\beta + \cos^2 2\beta = 1$$

$$\sin^2 2\beta + \frac{16}{9} \sin^2 2\beta = 1$$

$$\sin^2 2\beta = \frac{9}{25}$$

$$\sin 2\beta = \frac{3}{5} = 0,6$$



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
3 из 3

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!

$$\cos 2\beta = -\frac{4}{3} \quad \sin 2\beta = -0,8$$

$$\cos^2 \beta = \frac{1 + \cos 2\beta}{2} = 0,1$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} (\sin 2\beta - 2 \operatorname{tg} \alpha \cos^2 \beta) = \\ &= \frac{V_0^2}{g \cdot 0,6} \left(0,6 - \frac{8}{3} \cdot 0,1\right) = \frac{5V_0^2}{9g} = \frac{5 \cdot \left(30 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{9 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 50 \text{ м} \end{aligned}$$

Ответ: $V_0 = 30 \text{ м/с}$

$$S = 50 \text{ м}$$



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
1 из 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!

Так как шайба сначала ускорялась, а потом замедлялась, значит шайба сначала двигалась вниз, а потом - вверх.

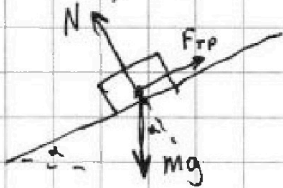
Обозначим коэффициент трения шайбы о плоскость за μ , а массу шайбы за m .

Определим из графика ускорение до столкновения

$$a_1 = \frac{12 \frac{m}{c^2} - 8 \frac{m}{c^2}}{1c - 0c} = 4 \frac{m}{c^2} \text{ и ускорение после столкновения}$$

$$a_2 = \frac{12 \frac{m}{c^2} - 0 \frac{m}{c^2}}{3c - 1c} = 6 \frac{m}{c^2}$$

Выразим a_1 через μ и α .



Так как шайба не может двигаться перпендикулярно плоскости, то

$$N + F_{тр} \cdot 0 = mg \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

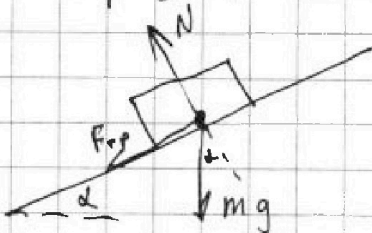
$$F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha - F_{тр} = m a_1 \text{ (из второго закона Ньютона)}$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = m a_1$$

$$a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Выразим a_2 через μ и α .



$$\text{Аналогично, } N = mg \cos \alpha$$

$$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha + F_{тр} = m a_2$$

$$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = m a_2$$

$$a_2 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

Из этих выражений, $a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$, значит

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{4 \frac{m}{c^2} + 6 \frac{m}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = 0,5$$

Отсюда $\alpha = 30^\circ$



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 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!

Ответ: $\sin \alpha = 0,5$

Во втором опыте бочка движется без проскальзывания, значит сила трения не совершает работы, значит работу совершают только консервативные силы, значит можно записать закон сохранения энергии.

Обозначим радиус бочки за R , массу бочки (без воды) за m , тогда масса воды равна $3m$.

Пусть бочка катится со скоростью v .

Выведем её кинетическую энергию E_k

Если бочка движется со скоростью v без проскальзывания, то вращается она с угловой скоростью $\omega = \frac{v}{R}$ (только обод, вода не вращается, так как вода - идеальная жидкость, тогда

$$E_k = E_{\text{пл}} + E_{\text{вр}} = \frac{4mv^2}{2} + \frac{m(\omega R)^2}{2} = \frac{4mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{5mv^2}{2}$$

(сумма поступательной и вращательной)

Если бочка сместилась горизонтально на S , то вертикально - на $\frac{S}{\tan \alpha}$. По закону сохранения энергии,

$$4mg \frac{S}{\tan \alpha} = \frac{5mv^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{1,6gS}{\tan \alpha} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{1,6gS}{\tan \alpha}} = \sqrt{\frac{1,6\sqrt{3}}{3}} \frac{m}{c} = \frac{4}{\sqrt{3}} \frac{m}{c}$$

Ответ: ~~$v = \sqrt{\frac{1,6\sqrt{3}}{3}} \frac{m}{c}$~~ $v = \frac{4}{\sqrt{3}} \frac{m}{c}$

Так как для любого S , $v^2 = \frac{1,6g}{\tan \alpha} S$, то

$$a = \frac{v^2}{2S} = \frac{0,8g}{\tan \alpha} = \frac{0,8\sqrt{3}}{3} g = \frac{8\sqrt{3}}{3} \frac{m}{c^2}$$

Ответ: $a = 0,8g$ $a = \frac{8\sqrt{3}}{3} \frac{m}{c^2}$



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
1 ИЗ 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!

~~Введем обозначим количество газа (в молях)
за ν_{He} , а количество кислорода~~

Введем формулу изменения внутренней энергии газа через изменение температуры ΔT .

$$\Delta U = \Delta U_r + \Delta U_k = \frac{3}{2} N_r k \Delta T + \frac{5}{2} N_k k \Delta T = \left(\frac{3}{2} N_r + \frac{5}{2} N_k \right) k \Delta T$$

Обозначим за ΔU_1 изменение внутренней энергии смеси в изохорическом процессе, а за ΔU_2 - в изобарическом.

$$\left(\frac{3}{2} N_r + \frac{5}{2} N_k \right) k \Delta T_1 = \Delta U_1 = Q$$

$$\frac{3}{2} N_r + \frac{5}{2} N_k = \frac{Q}{k \Delta T_1}$$

(так как газ не совершает работы, то, по первому закону термодинамики, $\Delta U_1 = Q$)

$$\Delta U_2 = \left(\frac{3}{2} N_r + \frac{5}{2} N_k \right) k \Delta T_2 = \frac{Q}{k \Delta T_1} \cdot k \Delta T_2 = Q \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$$

По первому закону термодинамики,

$$Q = \Delta U_2 + A$$

$$A = Q - \Delta U_2 = Q - Q \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = Q \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_1} =$$

$$= 960 \text{ Дж} \cdot \frac{48 \text{ К} - 50 \text{ К}}{48 \text{ К}} = 360 \text{ Дж}$$

$$C_v = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{960 \text{ Дж}}{48 \text{ К}} = 20 \frac{\text{ Дж}}{\text{ К}}$$

Так как в изобарическом процессе температура изменилась на ΔT_2 , то

$$A = (N_r + N_k) k \Delta T_2$$



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
2 ИЗ 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!

$$\text{Отсюда } N_r + N_k = \frac{A}{k \Delta T_2}$$

$$\begin{cases} \frac{3}{2} N_r + \frac{5}{2} N_k = \frac{2Q}{k \Delta T_1} \text{ (как выведено ранее)} \\ N_r + N_k = \frac{A}{k \Delta T_2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3N_r + 5N_k = \frac{2Q}{k \Delta T_1} \\ N_r = \frac{A}{k \Delta T_2} - N_k \end{cases}$$

$$\frac{3A}{k \Delta T_2} - 3N_k + 5N_k = \frac{2Q}{k \Delta T_1}$$

$$2N_k = \frac{2Q}{k \Delta T_1} - \frac{3A}{k \Delta T_2}, \text{ вернёмся к системе.}$$

$$2N_r = \frac{2A}{k \Delta T_2} - 2N_k = \frac{2A}{k \Delta T_2} - \left(\frac{2Q}{k \Delta T_1} - \frac{3A}{k \Delta T_2} \right) = \frac{5A}{k \Delta T_2} - \frac{2Q}{k \Delta T_1}$$

(данности равенство
 $N_r = \frac{A}{k \Delta T_2} - N_k$ на 2)

(подставили вместо
A выведенное выражение)

$$\begin{aligned} \frac{N_r}{N_k} &= \frac{2N_r}{2N_k} = \frac{\frac{5A}{k \Delta T_2} - \frac{2Q}{k \Delta T_1}}{\frac{2Q}{k \Delta T_1} - \frac{3A}{k \Delta T_2}} = \frac{\frac{5Q(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{k \Delta T_1 \Delta T_2} - \frac{2Q}{k \Delta T_1}}{\frac{2Q}{k \Delta T_1} - \frac{3Q(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{k \Delta T_1 \Delta T_2}} = \\ &= \frac{5 \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_2} - 2}{2 - 3 \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_2}} = \frac{5 \cdot \frac{3}{5} - 2}{2 - 3 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{1}{2 - 1,8} = \frac{1}{0,2} = 5 \end{aligned}$$

Ответ: $A = 360 \text{ Дж}$

$$C_V = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\frac{N_r}{N_k} = 5$$



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

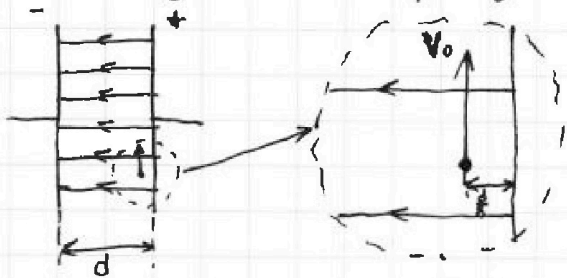
СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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!

Обозначим за \vec{E} напряжённость электростатического поля между обкладками плоского конденсатора.

(Поскольку конденсатор плоский, то напряжённость равна \vec{E} в любой точке между обкладками)

\vec{E} направлено от положительно заряженной обкладки к отрицательно заряженной.



Тогда на частицу действует сила, равная $q\vec{E}$ (т.к. $q > 0$), значит ускорение a частицы равно $\frac{q\vec{E}}{m} = \gamma\vec{E}$, направлено влево, то есть перпендикулярно скорости,

а значит $a = \frac{V_0^2}{R}$

$$\gamma E = \frac{V_0^2}{R}$$

$$E = \frac{V_0^2}{\gamma R}$$

Тогда $U = d \cdot E = \frac{d V_0^2}{\gamma R}$

Обозначим напряжение между начальной и конечной точкой частицы за U_1 . $U_1 = \left(\frac{d}{2} - \frac{d}{8}\right) E = \frac{3d V_0^2}{8\gamma R}$

Тогда, при переносе частицы поле совершило работу, равную $A = U_1 \cdot q = \frac{3d V_0^2 q}{8\gamma R} = \frac{3d V_0^2 m}{8R}$

Тогда, из закона сохранения энергии, $m\frac{V^2}{2} = m\frac{V_0^2}{2} + A \Rightarrow V^2 = V_0^2 + \frac{3d V_0^2}{4R}$

$$V = \sqrt{V_0^2 + \frac{3d V_0^2}{4R}} = V_0 \sqrt{1 + \frac{3d}{4R}}$$

Ответ: $U = \frac{d V_0^2}{\gamma R}$; $V = V_0 \sqrt{1 + \frac{3d}{4R}}$



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
ИЗ

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!

$$\begin{array}{r} \sqrt{10100} \\ 105 \\ \underline{105} \\ 625 \\ +105 \\ \hline 11025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 100,5 \\ 100,5 \\ \hline 5025 \\ +1005 \\ \hline 10100,25 \end{array}$$

$$\frac{1800}{360} = 5$$

$$\frac{5-2}{1} = 3$$

$$\begin{array}{r} 1080 \overline{) 360} \\ \underline{1080} \\ 0 \end{array}$$

$$\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = 0,1$$

$$\sin \alpha = 0,1$$

$$\cos \alpha$$

$$t = \frac{v}{a}$$

$$v = at$$

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$s = \frac{v^2}{2a} \quad a = \frac{v^2}{2s}$$

$$\cos 2\beta = -0,8$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgH$$

$$\cos 2\alpha$$

$$-\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{5} = -0,8$$

$$v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 45} = \sqrt{900} = 30 \text{ м/с}$$

$$\sin^2 \beta + \frac{0,09}{\sin^2 \beta} = 1 \quad \cos^4 \beta - \cos^2 \beta + 0,09 = 0$$

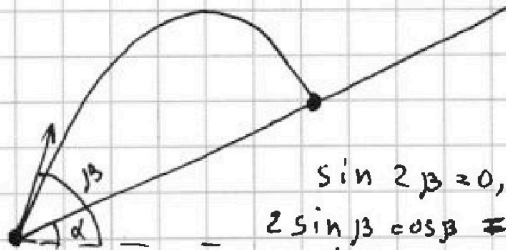
$$v_x = v_0 \cos \beta$$

$$v_y = v_0 \sin \beta$$

$$\frac{dx}{dt} = x(t) = v_0 \cos \beta$$

$$v_0 t \cos \beta$$

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



$$\sin 2\beta = 0,6$$

$$2 \sin \beta \cos \beta = 0,6$$

$$\sin \beta \cos \beta = 0,3$$

$$\cos \beta = \frac{0,3}{\sin \beta}$$

$$\frac{y(t)}{x(t)} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$(\sin 2\beta)' = 2 \cos 2\beta$$

$$(\cos^2 \beta)' = 2 \cos \beta \cdot (-\sin \beta) =$$

$$= -2 \sin \beta \cos \beta =$$

$$= -\sin 2\beta$$

$$v_0 \sin \beta = v_0 \cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \frac{gt}{2}$$

$$gt = 2v_0 (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha)$$

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

$$\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha$$

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

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



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
ИЗ

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!

$$\sin 2\beta = 0,6$$

$$\cos 2\beta = -0,8$$

$$\cos^2 \beta = ?$$

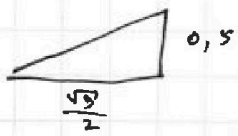
$$\frac{1 + \cos 2\beta}{2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

cos:

$$\cos 2\alpha = \sqrt{1 - \sin^2 2\alpha} = \sqrt{1 - 4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha}$$

$$\cos^2 \beta - \sin^2 \beta = 1 - \cos$$



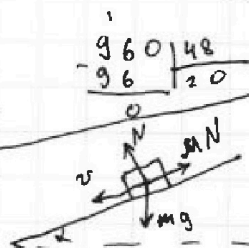
$$\frac{3}{5} - \frac{8}{50} = \frac{18-8}{30} = \frac{10}{30} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{5 \cdot 30^2}{9 \cdot 10} = \frac{5 \cdot 30 \cdot 30}{8 \cdot 10} = 50$$

$$3 \nu_{\text{He}} + 5 \nu_{\text{O}_2} = \frac{2Q}{R \Delta T_1}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{950} \\ \cdot 18 \\ \hline 1710 \\ + 468 \\ \hline 14280 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14280 \mid 48 \\ - 144 \\ \hline 288 \\ - 288 \\ \hline 0 \end{array}$$



$$a_2 - a_1 = 2g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_2 - a_1}{2g} = \frac{6-4}{2 \cdot 10} = 0,1$$

$$\sin \beta \cos \beta = 0,3$$

$$\cos^2 \beta - \sin^2 \beta = -0,8$$

$$\cos^2 \beta - \left(\frac{0,3}{\cos^2 \beta}\right)^2 = -0,8$$

$$(\cos^2 \beta)^2 + 0,8 \cos^2 \beta + 0,09 = 0$$

$$\Delta = 0,64 + 0,36 = 1$$

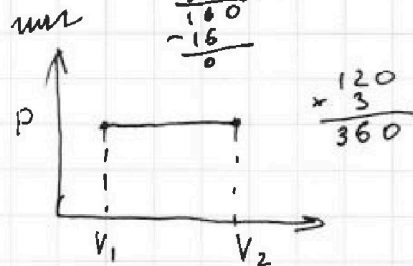
$$\frac{1 - 0,8}{2} = 0,1$$

$$\frac{-1 + 0,8}{2} = -0,1$$

$$\frac{48}{18} - \frac{30}{18}$$

$$\frac{18}{48} = \frac{3}{8}$$

$$\begin{array}{r} 960 \mid 8 \\ - 8 \\ \hline 160 \\ - 16 \\ \hline 0 \end{array}$$



$$p(V_2 - V_1) =$$

$$= pV_2 - pV_1 =$$

$$= \nu R T_2 - \nu R T_1 =$$

$$= \nu R \Delta T_2$$

$$\frac{\frac{1}{3}}{\frac{3}{5}} = \frac{5}{9}$$

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

$$aR = v^2$$

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

$$\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{O}_2}$$

$$\left(\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2}\right) R \Delta T_1 = Q$$

$$3 \nu_{\text{He}} + 5 \nu_{\text{O}_2} = \frac{2Q}{R \Delta T}$$

$$a_1 = 4 \frac{\text{m}}{\text{c}^2}$$

$$a_2 = 6 \frac{\text{m}}{\text{c}^2}$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$MN - mg = ma,$$

$$M \nu g \cos \alpha - \nu g \sin \alpha = \nu a,$$

$$a_1 = g(\nu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$a_2 = g(\nu \cos \alpha + \sin \alpha)$$