



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

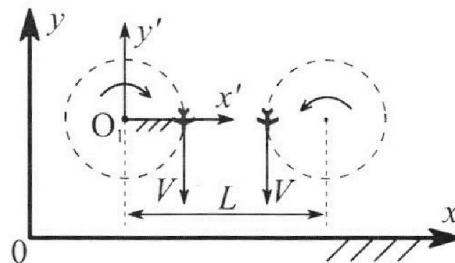
Вариант 10-03

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 $V = 60$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R = 360$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

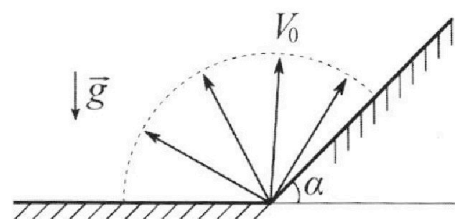
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



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

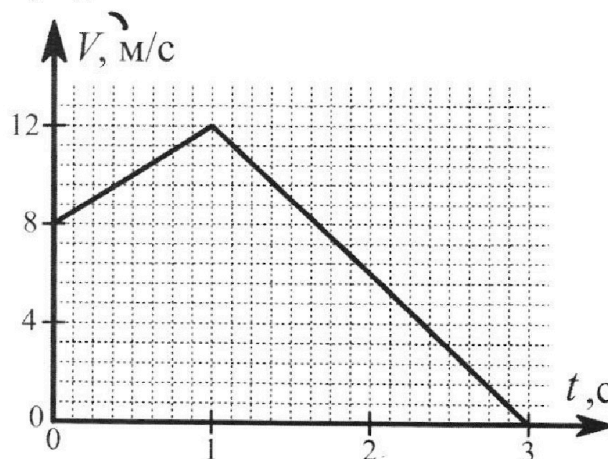
2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая высота полета одного из осколков $H = 45$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.

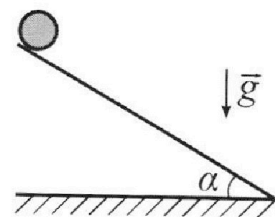
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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/с².



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 $S = 1$ 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 $\frac{N_{\Gamma}}{N_K}$ 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?

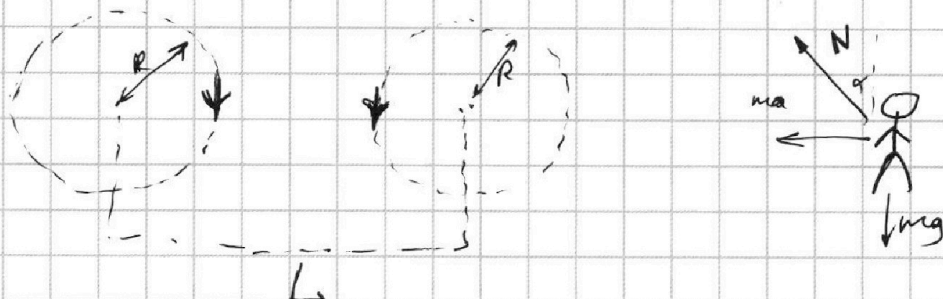


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



~~какая же~~ нормальное ускорение, которое испытывают летчики:

~~все равно~~

$$a = \frac{v^2}{R} = 1 \frac{m}{c^2} ;$$

вс - сила, с которой летчик действует на воздух. =>

II закон Ньютона для летчика:

$$N \sin \alpha = ma ; \quad N \cos \alpha = mg \Rightarrow$$

$$N^2 = ma^2 + mg^2 \quad ma = 0,1 mg \Rightarrow$$

$$N^2 = 1,01 mg^2$$

$$\delta = \frac{N - mg}{N} = 1 - \frac{mg}{N}$$

$$\frac{mg}{N} = (1 + 1 \cdot 10^{-2})^{-\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \cdot 10^{-2} \Rightarrow$$

$$\delta = 0,5\% ;$$

ω угловая скорость, с которой самолет вращается вокруг центра:

$$\omega = \frac{v}{R}$$

в со. левого самолета

правый самолет если бы не двигался)

интересно бы скорость

$$\vec{a} = (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

$$|\vec{a}| = \omega (L - r)$$

направленно вниз.



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!

если бы самолет вращался вокруг O ,
его скорость была бы

$$|\vec{u}| = \omega(L - \cancel{R}) \text{ вниз.}$$

переходя в с.о. связанно с вращающейся ^{или} самолетом нужно вычесть $L-R$ ωR $\omega(L-2R)$

$$\vec{u} \Rightarrow$$

$$\vec{u} = v - \omega(L - \cancel{R}) \Rightarrow$$

$$u = v \left(1 - \frac{L - \cancel{R}}{R}\right) = \left(2 - \frac{L}{R}\right)v$$

$$\frac{L}{R} = \frac{1800}{360} = 5 \Rightarrow u = -3v$$

$u < 0 \Rightarrow$ скорость направлена вверх \Rightarrow

~~$u = 3v = 120 \text{ м/с}$~~ и направлена ~~вверх~~

~~\vec{u}~~

$$|\vec{u}| = 3v = 180 \text{ м/с} \text{ и направлена вверх.}$$

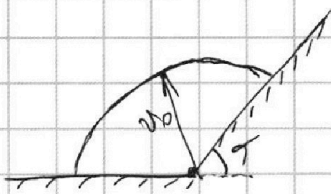


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



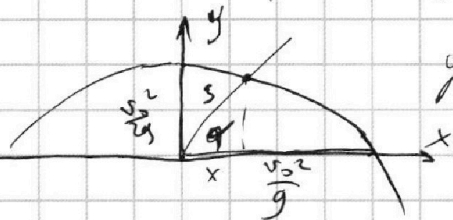
наибольшая высота полета будет у осколка летящего ровно вверх.

$$\text{ЗСЭ: } \frac{m v_y^2}{2} = m g h$$

$$v_y \leq v_0 \Rightarrow h \rightarrow \text{max при } v_y = v_0 \text{ (max)}$$

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

S - максимальное расстояние от старта до удара осколка о плоскость. => нужно найти расстояние до точки, летящей на параболе безопасности и пересекающей крайнюю



ур параболы безопасности;

$$y = ax^2 + b$$

$$\frac{v_0^2}{2g} = b; \quad a \left(\frac{v_0^2}{g} \right)^2 = -\frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow$$

$$a = \frac{g}{2v_0^2} \Rightarrow y = -\frac{gx^2}{2v_0^2} + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\frac{y}{x} = \text{tg } \alpha - \text{ур склона: } \Rightarrow$$

$$x \text{tg } \alpha = -\frac{gx^2}{2v_0^2} + \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow$$

$$\frac{gx^2}{2v_0^2} + x \text{tg } \alpha - \frac{v_0^2}{2g} = 0 \Rightarrow$$

$$x = \frac{-\text{tg } \alpha \pm \sqrt{\text{tg}^2 \alpha + 1}}{\frac{g}{2v_0^2}} \Rightarrow$$

$$x = \frac{v_0^2}{g} \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right) = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{1 - \sin \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$y = x \text{tg } \alpha = \frac{v_0^2}{g} \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)$$

$$S = \frac{x}{\cos \alpha} = \frac{v_0^2}{2g} \frac{1 - \sin \alpha}{\cos^2 \alpha}; \quad \sin \alpha = 0,8; \quad \cos \alpha = 0,6 \Rightarrow$$

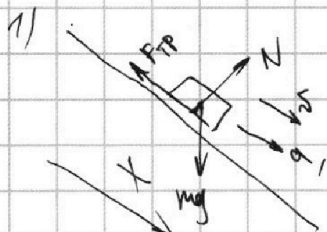
$$S = H \frac{1 - \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{H}{1 + \sin \alpha} = \frac{45}{1,8} = \frac{5}{0,2} = 25 \text{ м}$$



1 2 3 4 5 6 7

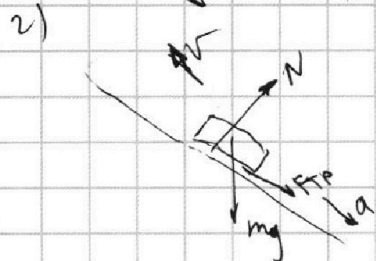
СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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!



или трения в обоих случаях одинаковые, т.к. N одно и то же.

II закон Ньютона на ось x для двух случаев



$$\begin{aligned} m a_1 &= m g \sin \alpha - F_{\text{тр}} \\ m a_2 &= +m g \sin \alpha + F_{\text{тр}} \end{aligned} \quad \Rightarrow$$

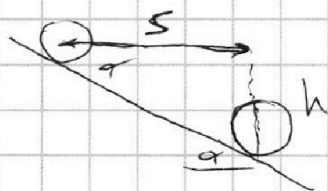
$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha ; \quad | \Rightarrow$$

$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g}$; a_1 и a_2 — модули ускорений. найдем из графика: $a = \frac{dv}{dt}$

$$a_1 = \frac{12-8}{1} = 4 \text{ м/с}^2 ; \quad a_2 = \frac{12-0}{2} = 6 \text{ м/с}^2 \quad | \Rightarrow$$

$$\sin \alpha = \frac{6+4}{2 \cdot 10} = \frac{1}{2} \Rightarrow \left| \sin \alpha = \frac{1}{2} \right|$$

т.к. жидкость идеальная трения между бочкой и водой нет \Rightarrow в с.ч.м. воды вода покоится.



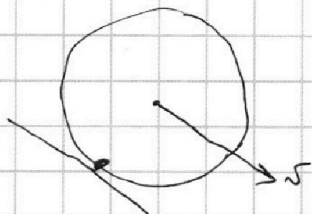
изменение потенциальной энергии бочки:

$$W_p = (n+1) m g h ;$$

скорость ч.м. бочки v:

кинетическая энергия воды:

$$E_{\text{кв}} = \frac{n \cdot m}{2} v^2 ;$$





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 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!

по т. Кенниа кинетическая энергия бочки:

$$E_{кб} = E_{кбс} + E_{кботис}$$

$$E_{кбс} = \frac{mv^2}{2}$$

(с - центр масс:
($v_c = v$)

в с.о. у.м. (т.к. бочка движется)
без проскальзывания

$$E_{котис} = \int_0^m \frac{dv^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow$$

$$E_{кб} = mv^2; \Rightarrow$$

Кинетическая энергия системы:

$$E_k = E_{кб} + E_{кб} = mv^2 + \frac{(n+1)mv^2}{2} \Rightarrow$$

$$E_k = \left(\frac{n+2}{2}\right) mv^2$$

ЗСДП

$$E_k = W_p \Rightarrow \frac{n+2}{2} v^2 = (n+1) gh$$

$$h = stg\alpha; \Rightarrow$$

$$v^2 = \frac{2(n+1)gstg\alpha}{n+2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2(n+1)gstg\alpha}{n+2}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 1}{5}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 4 \cdot 3^{-\frac{1}{2}} \text{ м/с}$$

$$\frac{dE_k}{dt} = P_{внеш} + P_{внут} ; \quad \text{т. об. увеличение кин. энергии.}$$

мощность сил реакции опоры 0; т.к. их скорость 0. (точка приложения)

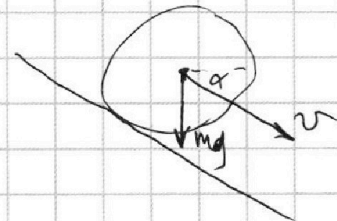
$$P_{внеш} = P_{mg}$$

$$P_{mg} = mg v \sin\alpha;$$

$$\frac{dE_k}{dt} = mva(n+2) \Rightarrow$$

$$g \sin\alpha = a(n+2) \Rightarrow$$

$$a = \frac{g \sin\alpha}{n+2} = \frac{10 \cdot \frac{1}{2}}{3+2} = 1 \text{ м/с}^2$$



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
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!

Бочка катится без проскальзывания, если сила трения не превышает $\mu N \Rightarrow$

$$F_{тр} \leq \mu N;$$

III закон Ньютона на оси x и y

$$N = mg \cos \alpha; \quad (y)$$

$$(x) ma + mg \sin \alpha = F_{тр} \Rightarrow$$

$$ma + mg \sin \alpha \leq \mu N \Rightarrow$$

$$ma + mg \sin \alpha \leq \mu mg \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\mu \geq \frac{a + g \sin \alpha}{g \cos \alpha} \Rightarrow$$

чтобы бочка катилась без проскальзывания

$$\mu \geq \frac{\frac{a}{g} + \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\frac{1}{10} + \frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\frac{1}{3} + 1}{\sqrt{3}} = \frac{6}{5\sqrt{3}} \Rightarrow$$

$$\mu \geq \frac{2\sqrt{3}}{5};$$

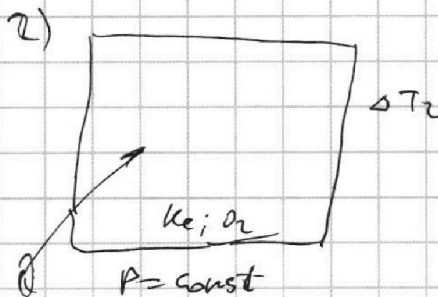
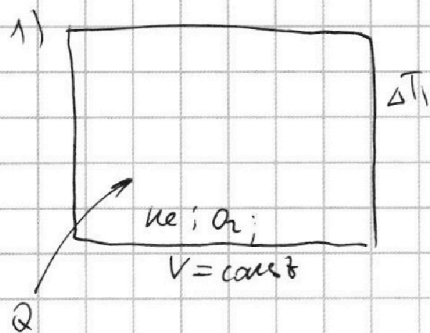


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



1 начало термодинамика для обоих процессов:

$$1: Q = A + \Delta U_1 \Rightarrow \text{м.к. } V = \text{const } A = 0 \Rightarrow$$

$$Q = c_v \Delta T_1 \Rightarrow$$

температура при нагреве смеси: $c_v = \frac{Q}{\Delta T_1} = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

$$2: Q = A + \Delta U_2 \Rightarrow A = Q - c_v \Delta T_2 \Rightarrow$$

$$A = 960 - 20 \cdot 30 = 360 \text{ Дж.}$$

~~$$U_{O_2} = \frac{5}{2} c_v R T = \frac{5}{2} P V \Rightarrow \frac{5}{2} c_v R = \frac{5}{2} P V$$

$$U_{He} = \frac{3}{2} P V \Rightarrow \frac{3}{2} c_v R = \frac{3}{2} P V$$~~

$$U_{O_2} = \frac{5}{2} P V = \frac{5}{2} \nu_{O_2} R T; \quad U_{He} = \frac{3}{2} P V = \frac{3}{2} \nu_{He} R T;$$

температура в изобарном процессе:

$$c_p = c_v + R;$$

И. И. Т.

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

~~$$\frac{5}{2} \nu_{O_2} R \Delta T_2 + \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 = Q;$$~~

$$\frac{5}{2} \nu_{O_2} R \Delta T_2 + \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 = Q; \Rightarrow$$

$$\left(\frac{5}{2} \Delta T_2 - \frac{5}{2} \Delta T_1 \right) \nu_{O_2} = \left(\frac{3}{2} \Delta T_1 - \frac{3}{2} \Delta T_2 \right) \nu_{He} \Rightarrow$$

$$\frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}} = \frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}} = \frac{\frac{5}{2} \Delta T_2 - \frac{5}{2} \Delta T_1}{\frac{3}{2} \Delta T_1 - \frac{3}{2} \Delta T_2} = \frac{5 \cdot 30 - 5 \cdot 48}{3 \cdot 48 - 3 \cdot 30} =$$

$$= \frac{210 - 240}{144 - 90} = \frac{30}{54} = \frac{5}{9}$$

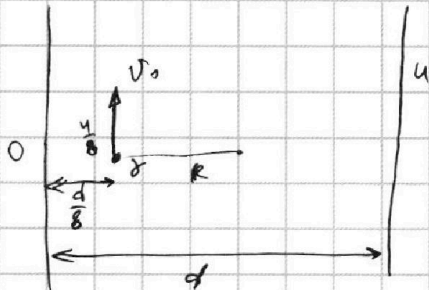


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



II закон Ньютона
для частицы:

$$ma = F ;$$

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

$$F = \frac{mv^2}{R} \quad | \quad F - \text{сила, действующая на частицу.}$$

~~Изменение потенциала линейно~~ с расстоянием
изменение потенциала линейно изменяется с расстоянием.

ЗСЭ: (от начального положения, то момента, когда частица в средней плоскости:

$$m \frac{v_0^2}{2} + \varphi_1 q = m \frac{v^2}{2} + \varphi_2 q \Rightarrow$$

$$v^2 = v_0^2 + \delta(\varphi_1 - \varphi_2) = v_0^2 + \frac{u\delta}{R} \quad | \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{u\delta}{R}} ;$$

сила действующая на частицу:

$$F = \left(\varphi_2 - \varphi_1 \right) \frac{q}{d} ; \quad \text{от левой}$$

$$F_1 = \frac{u}{\delta} \frac{q}{d} ; \quad \text{от правой: } \frac{2uq}{\delta d} = F_2 \Rightarrow$$

$$F = \frac{3}{4} \frac{q}{d} u \Rightarrow \quad \frac{3}{4} \frac{q}{d} u = \frac{mv^2}{R} \quad | \Rightarrow \quad \delta u = \frac{4d}{3R} v_0^2 \Rightarrow$$

$$1. \quad u = \frac{4d}{3\delta R} v_0^2 ;$$

$$2. \quad v = v_0 \sqrt{1 + \frac{d}{6R}} ;$$

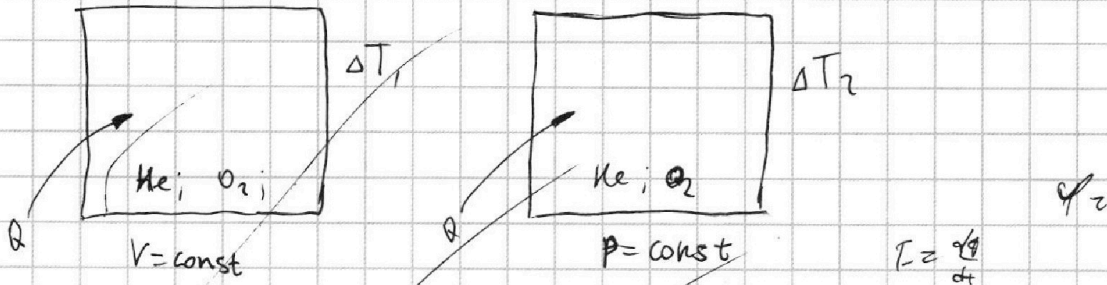


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

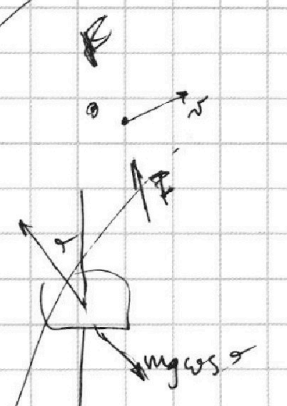
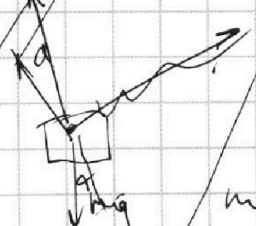
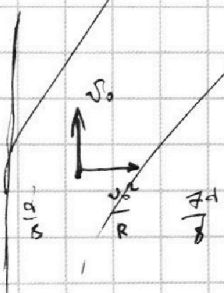


1. $A = P \Delta V$; м.к. ΔT_1 и ΔT_2 нормальные
 $\nu_{He} RT = P_{He} V$
 $\nu_{O_2} RT = P_{O_2} V$
 $\nu R (T + \Delta T_2) = P (V + \Delta V) \Rightarrow \nu R \Delta T_2 = P \Delta V = A$

$C_V = \nu_1 C_{V1} + \nu_2 C_{V2}$

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

$\frac{5}{2} \nu_{O_2} R \Delta T_2 + \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 = Q$



$N \cos \psi = mg \cos \psi$
 $N \sin \psi = mg \sin \psi$

$ma + mg \cos \psi = N \cos \psi$

$N^2 = (ma)^2 + (mg)^2 + 2$

$q = IRC$

$\frac{dq}{dt} = I$
 $qC = U$
 $U = IR$
 $IC = q$
 $I RC = q$

$\frac{dq}{dt} = \frac{U}{R} \quad q = \frac{U}{C}$

$\frac{dq}{dt} = IRC = q$

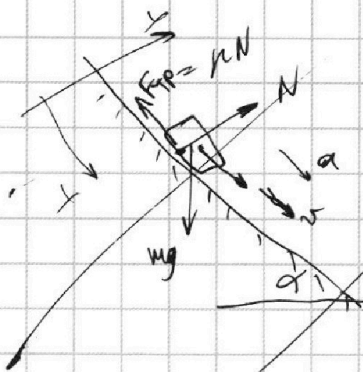


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!

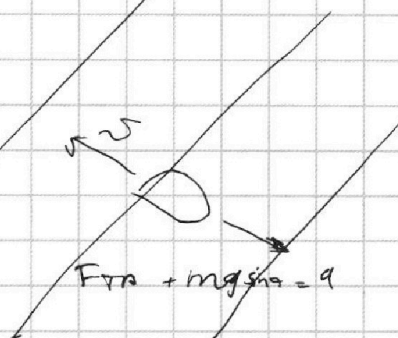
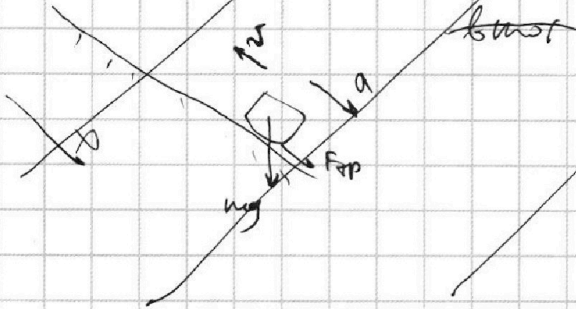


шайба скользит $\Rightarrow F_{тр} = \mu N$

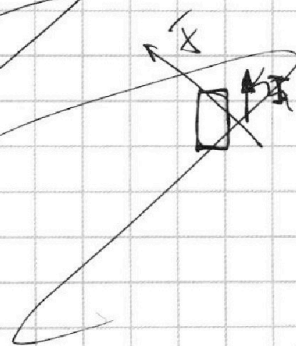
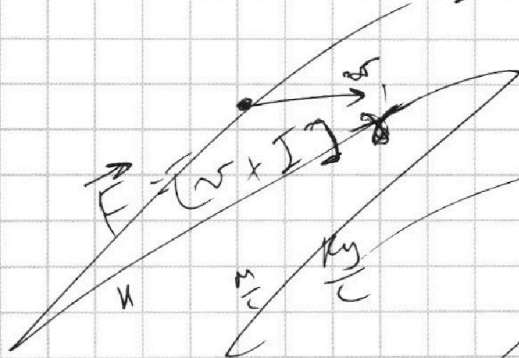
II закон Ньютона на ось x/y

~~$mg \sin \alpha - N$~~

$mg \sin \alpha - F_{тр}$



$F_{тр} + mg \sin \alpha = a$



$UI = P = \frac{dE}{dt}$
 $UI = Fv$
 $B \cdot ky = \frac{m}{c} \cdot a$

