



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

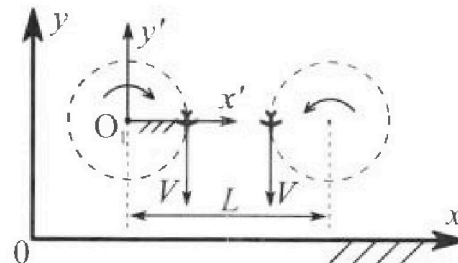
Вариант 10-03

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.

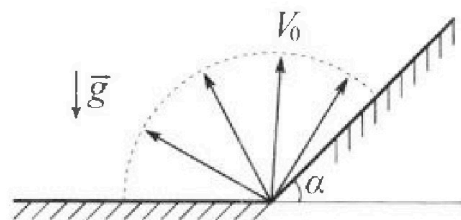
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



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.

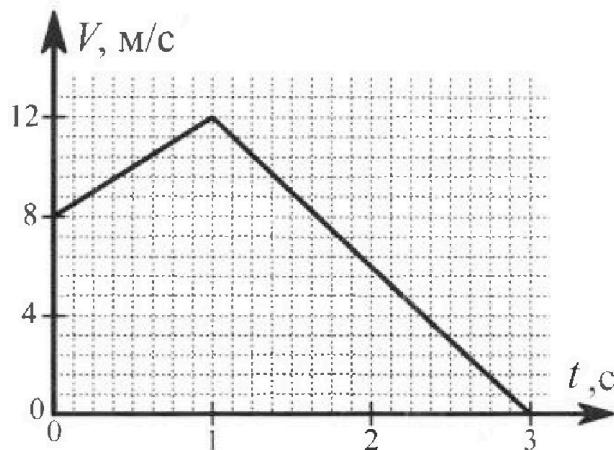
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

3. 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?

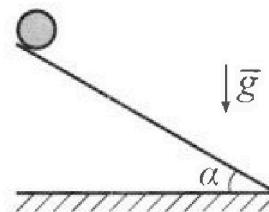
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение 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 $\frac{N_{\text{Г}}}{N_{\text{К}}}$ 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?



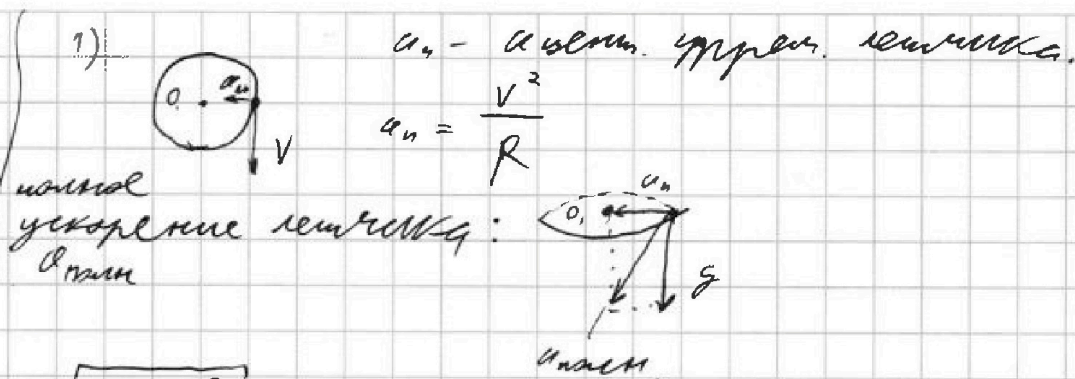
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$N_1: v = 60 \text{ м/с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $R = 360 \text{ м}$
 $L = 1,8 \text{ км}$
 $\delta = ?$
 $\varphi(\vec{a}) = ?$



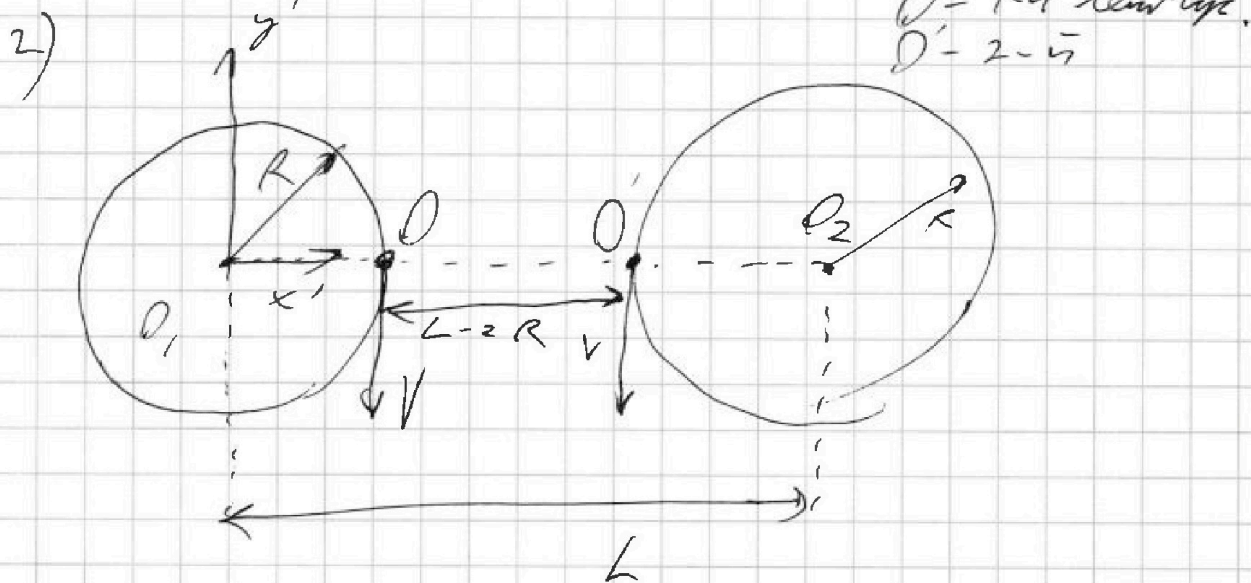
$$a_{\text{полн}} = \sqrt{a_n^2 + g^2}$$

m - масса колеса $\Rightarrow$ масса колеса $F = mg$

вес колеса $P = m a_{\text{полн}}$

$$\Rightarrow \delta = \frac{\sqrt{a_n^2 + g^2} - g}{g} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{\left(\frac{3600}{360}\right)^2 + 10} - 10}{10} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{100} - 10}{10} \cdot 100\%$$

$$= \frac{10(\sqrt{2} - 1)}{10} \cdot 100\% \approx 41\%$$



выполняется правило сложения скоростей Галилея.

т.к. O вращается от-но O_1 ; $\Rightarrow v(O \times O_1, y')$

$V_{O_1} = V$ и направлена по $y' \Rightarrow$

$\Rightarrow$ в этот момент O перемещается горизонтально
для O' $V_{O'} = V \cdot \frac{L-2R}{R}$ и направлена против y'



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!

$$\Rightarrow V_0' b \quad \text{и } 0, y' \text{ равна} \quad U =$$
$$= V \cdot \frac{L-2R}{R} + V = V \cdot \left[\frac{L-2R}{R} + \frac{R}{R} \right] =$$
$$= V \cdot \frac{L-R}{R} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1800-360}{360} =$$
$$= 240 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \text{и направлена против } y'$$

Ответ: $\delta \approx 41\%$; $U = 240 \text{ м/с}$ и напр. против y'

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



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.



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!

1) М максимальная скорость, летящего тела.

$$\Rightarrow M = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 45 \text{ м}} = \sqrt{900 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow S &= \frac{v_0^2}{2g \cos^2 \alpha} (1 - \sin^2 \alpha) = 900 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot \frac{1 - 0,8}{(0,6)^2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \\ &= \frac{900}{10} \cdot 0,2 \cdot \frac{1}{0,36} \text{ м} = 90 \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{25}{9} \text{ м} = 50 \text{ м}. \end{aligned}$$

ответ: $v_0 = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$S = 50 \text{ м}.$



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 3

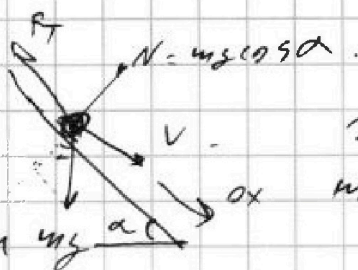
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №3. Ускорение тела на наклонной:

1) по условию:

m - масса
материала

N - сила реакции опоры
 F_t - сила трения
по наклонной.



2.3 - по ОХ:

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

ускорение по наклонной

$$\Rightarrow a_1 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = \text{ускорение}$$

$$= \frac{(2-8) \cdot 10}{10} = 4 \frac{m}{c^2}$$

2) по условию. - 1/1 - 1) по условию, по условию.

в другую сторону $\Rightarrow m a_2 = -m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha$

для по наклонной

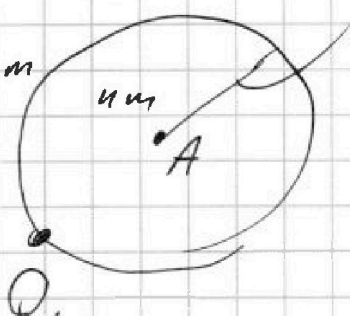
ускорение a_2 :

$$\Rightarrow a_2 = -g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = \frac{12-0.4}{1-3 \cdot 10} = -6 \frac{m}{c^2}$$

$$\Rightarrow a_1 - a_2 = 2g \sin \alpha = 10 \frac{m}{c^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{10 \frac{m}{c^2}}{10 \frac{m}{c^2} \cdot 2} = \frac{1}{2}$$

2) бочка:



R - радиус

m - масса бочки

$m m$ - масса груза

замечая, что бочка не скользит $\Rightarrow$ не вращается $\Rightarrow$

$$\Rightarrow J_{mA} = m R^2; J_{mA} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{по бч Галл. м.м.} \Rightarrow J_{mO} = 2m R^2; J_{mO} = m m R^2$$

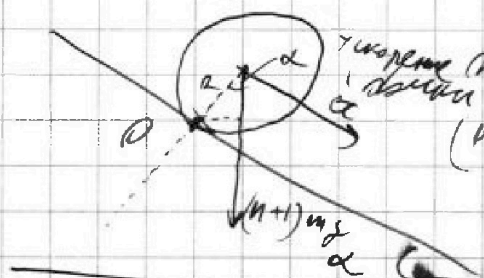


1 2 3 4 5 6 7

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. Пороча QR-кода недопустима!

Spence Hammer:



занимает 30-е место

7. $\frac{1}{2} \log \frac{m}{n} - \log \left(\frac{1}{2} \right) \log \frac{m}{n}$

$$(n+1)mg R \sin \alpha = T_0 R$$

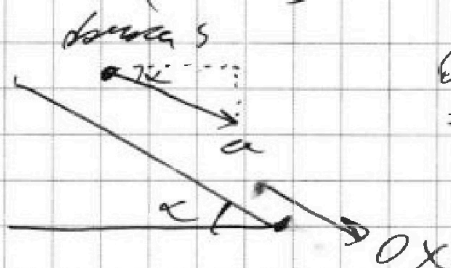
General purpose

ok

$$\Rightarrow (n+1) mg \sin \alpha = (2mR^2 + 4mR^2) \beta$$

$$\Rightarrow a = \beta R = g \sin \alpha \cdot \frac{n+1}{n+2} = g \sin \alpha \cdot \frac{3+1}{3+2} =$$

$$= g \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{4^2}{5} = \frac{2}{5} g = \frac{2}{10} g = 4 \frac{m}{s^2}$$



$\text{OX: } S = 1 \mu \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sin x = \frac{5}{\cos x} = 5 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

мысли 3 произвольно заданы $t \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{at^2}{2} = s \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \quad ; \quad V = at \Rightarrow t = \frac{V}{a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{a \cdot \frac{V^2}{a^2}}{2} = \frac{V^2}{2a} = 5 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = 2 \sqrt{\frac{a \cdot s}{\sqrt{3}}} = 2 \sqrt{\frac{100 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m}}{\sqrt{3}}} = 7 \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} \text{ m/s}$$



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!

$$N_4 R = 960 \text{ Дж}$$

$$\Delta T_1 = 48 \text{ К}$$

$$\Delta T_2 = 30 \text{ К}$$

$$A = ?$$

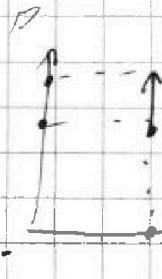
$$V = ?$$

$$\frac{N_1}{N_2} = ?$$

$$C_K = \frac{QR}{\Delta T} = \frac{960 \text{ Дж}}{48 \text{ К}} = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

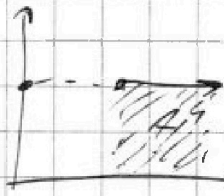
вопр.

1) изохор:



$$\textcircled{1} A = 0 \Rightarrow Q = Q_K + Q_F = \left(\frac{5}{2} \nu_K + \frac{3}{2} \nu_F \right) R \Delta T_1$$

2) изохор:



$$\textcircled{2} A \neq 0 \Rightarrow Q = Q_K + Q_F + A = \left(\frac{5}{2} \nu_K + \frac{3}{2} \nu_F \right) R \Delta T_2 + A$$

$$A = (\nu_F + \nu_K) R \Delta T_2$$

$$\textcircled{1} \text{ и } \textcircled{2} \Rightarrow \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{Q - A}{\Delta T_2} \Rightarrow A = Q \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_1}$$

$$= 960 \text{ Дж} \cdot \frac{48 - 30}{48} = 20 \cdot 18 \text{ Дж} = 360 \text{ Дж}$$

$$\text{из } \textcircled{1} \text{ и } \textcircled{2} \Rightarrow \left(\frac{5}{2} \nu_K + \frac{3}{2} \nu_F \right) R \Delta T_1 = \left(\frac{5}{2} \nu_K + \frac{3}{2} \nu_F \right) R \Delta T_2 + (\nu_K + \nu_F) R \Delta T_2$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = 1 + \frac{2 \nu_K + 2 \nu_F}{\frac{5}{2} \nu_K + \frac{3}{2} \nu_F} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_2} = \frac{2 + 2 \frac{\nu_F}{\nu_K}}{5 + 3 \frac{\nu_F}{\nu_K}} = \frac{18}{30} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$$

$$\Rightarrow 10 + 10 \frac{\nu_F}{\nu_K} = 15 + 9 \frac{\nu_F}{\nu_K}$$

$$\Rightarrow \frac{\nu_F}{\nu_K} = \frac{\nu_F \cdot N_A}{\nu_K \cdot N_A} = \frac{N_F}{N_K} = 5$$

$$\text{Ответ: } A = 360 \text{ Дж}; C_V = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}; \frac{N_F}{N_K} = 5$$



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!

№5
 $\gamma = \frac{\rho}{m} > 0$
 $d, R, \frac{d}{8}$
 v_0
 $U = ?$
 $V = ?$



нужно ϕ_0 - ее заряд
 s - ее толщина.

F - сила, действующая со стороны конденсатора на частицу.

из условия следует, что $\frac{v_0^2}{R} = \frac{F}{m}$ - ускорение частицы.

$$F = E \cdot q = \frac{G}{\epsilon_0} q = \frac{q_0 q}{\epsilon_0 s} \Rightarrow \frac{v_0^2}{R} = \frac{q_0 q}{\epsilon_0 s m}$$

поле внутри конденсатора $U = \frac{q_0 d}{\epsilon_0 s}$

Потенциал U - электрический конденсатора. $\Rightarrow \frac{q_0}{\epsilon_0 s} = \frac{v_0^2}{R \gamma}$

$$\text{Тогда } U = \frac{\epsilon_0 s}{d} = \frac{q_0}{\gamma} \Rightarrow \dots$$

$$\Rightarrow U = \frac{q_0 d}{\epsilon_0 s} = \frac{v_0^2 d}{R \gamma}$$

$\Rightarrow$ потенциал зависит от траектории q .

2) Тут U поле E - горизонтально, а частица сместилась на $\frac{d}{2}$, законимся ЗКЭ:

$$E \cdot \left(\frac{d}{2} - \frac{d}{8}\right) q + \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m V^2}{2} \Rightarrow \frac{3}{4} E \frac{q}{m} d + v_0^2 = V^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{3}{4} \frac{v_0^2 d}{R} + v_0^2 = V^2 \Rightarrow V = v_0 \sqrt{\frac{3}{4} \frac{d}{R} + 1}$$

$$\text{Ответ: } U = \frac{v_0^2 d}{R \gamma}; V = v_0 \sqrt{\frac{3}{4} \frac{d}{R} + 1}$$



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
☐

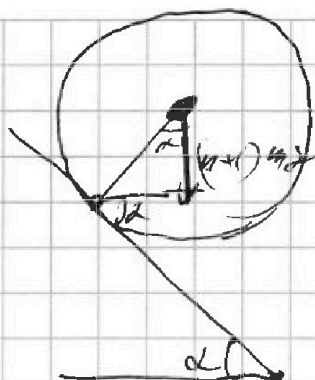
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
из

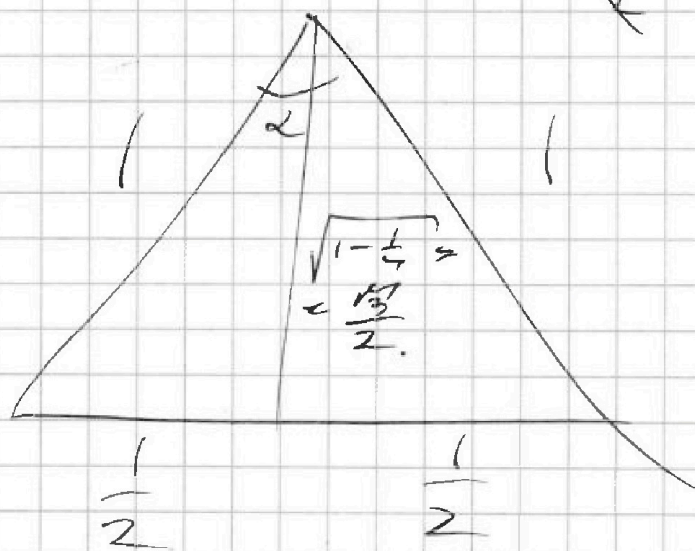
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\sin \alpha R(n+1) \frac{\pi}{2} = (2nR^2 + n\pi R^2) / 3$$

$$R/\pi = \sin \alpha \cdot \frac{n+1}{n+2}$$

$$\frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$



$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$



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!

$$(1+\mu)mg \sin \alpha = 2\mu R^2 \beta$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgH$$

$$5 \cdot 10 - 1 \cdot 78 = t = 5$$

$$23 \cdot 50 - 1 \cdot 48 = 6$$

$$\frac{V}{\Delta t} = \frac{V^2}{2S}$$

$$q = l_1 \Delta t + (2 \Delta t + m R^2 (l_1 + l_2))$$

$$p_1 v_0 = p_2 R T$$

$$p_2 v_0 = p_2 R T$$

$$(p_1 + p_2) V = (v_1 + v_2) R \Delta t$$

$$2 \sin \alpha \cos \alpha = \sin 2\alpha$$

$$\frac{\pi}{2} - (\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2}) = \frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2}$$

$$2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} = \sin \alpha$$

$$4 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cos^2 \frac{\alpha}{2} = \sin^2 \alpha$$

$$\cos^2 \alpha - 2 \cos \alpha \sin \alpha + \sin^2 \alpha = \sin^2 \alpha$$

$$\sqrt{R \Delta t} = \int \rho dV + \frac{3}{2} V \Delta p$$

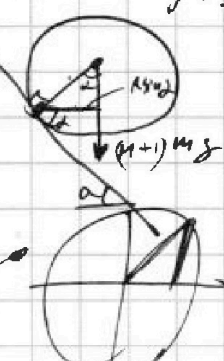
$$p_1 \Delta V = \sqrt{1} R \Delta T$$

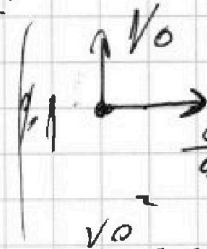
$$p_2 \Delta V = \sqrt{2} R \Delta T$$

$$(p_1 + p_2) \Delta V = (v_1 + v_2)$$

$$2.5 \alpha = -1.5$$

$$\alpha = -\frac{1.5}{2.5} = -\frac{3}{5}$$





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
__ 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!

