

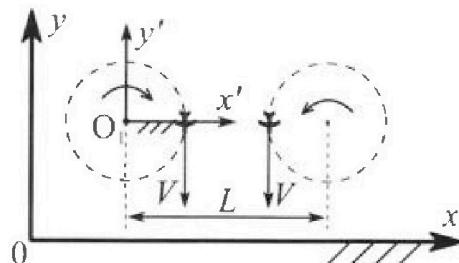
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024**

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

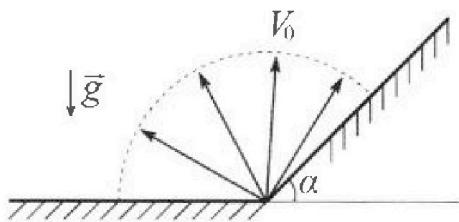
1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями $V = 60 \text{ м/с}$ (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R=360 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

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



В некоторый момент времени самолёты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей $L=1,8 \text{ км}$. Вектор скорости каждого самолёта показан на рисунке.

2. Найдите в этот момент скорость \vec{U} второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x' O_1 y'$, 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.

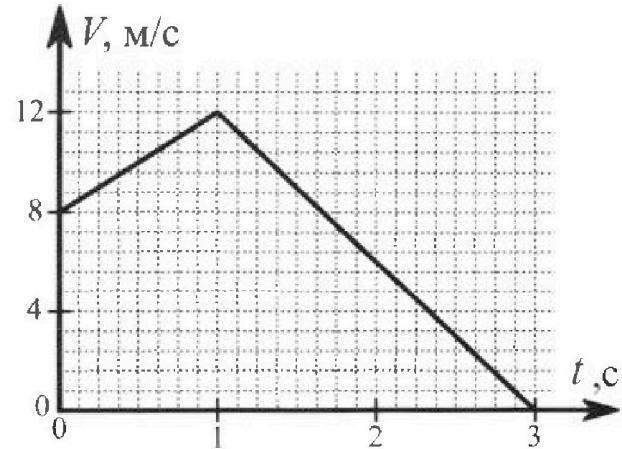


1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.

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 $\sin \alpha$, где α – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

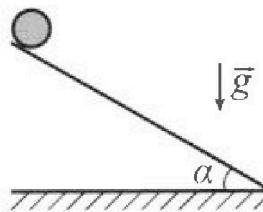


Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в $n = 3$ раза больше массы бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса 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 А смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_V смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_T}{N_K}$ 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.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

1 Рассмотрим вид сбоку



на масса лентика

на ~~самом~~ лентика действует

также центростремительная сила

$$\frac{mv^2}{R}$$

сила тяжести mg и центростремительная сила $\frac{mv^2}{R}$. Таким образом ускорение

лентика является векторной суммой ускорений $g + \frac{v^2}{R}$. Вес лентика

$$P \text{ можно найти по теореме Пифагора: } P^2 = \left(\frac{mv^2}{R}\right)^2 + (mg)^2$$

Сила тяжести, действующая на лентика $F_{\text{сум}} = mg$.

Найдем отношение

$$\frac{P}{P_0}$$

$$\frac{P}{F_{\text{сум}}} = \frac{\sqrt{m^2 v^4 / R^2 + m^2 g^2}}{mg} = \frac{m \sqrt{v^4 / R^2 + g^2}}{mg} =$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{g} = \sqrt{\frac{v^4}{R^2 g^2} + 1} = \sqrt{\frac{360^2 \cdot 10^2}{360^2 \cdot 10^2} + 1} = \sqrt{2} \Rightarrow P = F_{\text{сум}} \sqrt{2}$$

разделено на 100

Обозначим исходное количество пробегов за x . Тогда $P - x \cdot P = F_{\text{сум}}$ \Rightarrow

$$\Rightarrow P - x \cdot P = \frac{P}{\sqrt{2}} - x \cdot \frac{P}{\sqrt{2}}$$

$$1 - x = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$1 - \frac{1}{\sqrt{2}} = x = \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} = \frac{2 - \sqrt{2}}{2}$$

$$\text{Тогда исходное кол-во пробегов равно } 100x = \frac{200 - 100}{2} \frac{100(2 - \sqrt{2})}{2} = 50(2 - \sqrt{2}) =$$

$$= 100 - 50\sqrt{2} \text{ \%}$$

$$1) \text{ Ответ: } 100 - 50\sqrt{2} \text{ \%}$$



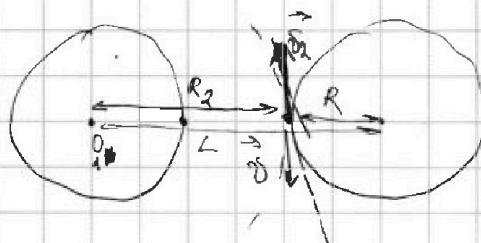
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

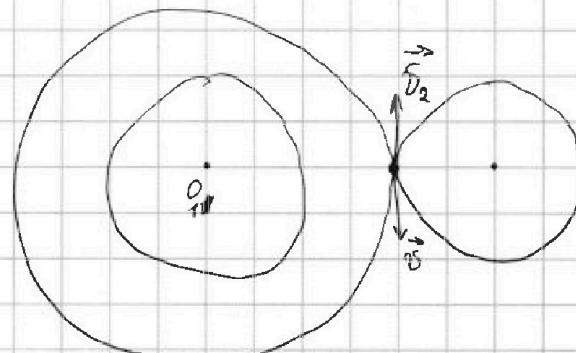
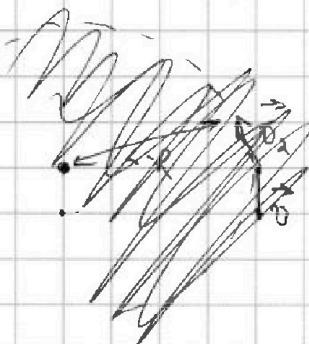
2. Всё вращение первого самолёта во вращающуюся СО, связанныю с первым самолётом, необходимо учесть угловую скорость ω (такую же, как у первого самолёта в CO-Земля). Таким образом в новой CO второго самолёта кроме своей скорости \vec{V} имеет скорость $\vec{\omega}_2$ направленную по касательной к окружности с центром O_1 , проходящей через второй самолёт (в данном положении). Поглядим на рисунок:



Изменен ω , $\omega = \frac{\Omega}{R}$
(угловая скорость вращения первого самолёта в CO-Земля)

$$\vec{\omega}_2 = \omega \cdot \underbrace{(L - R)}_{R_2} = \frac{\Omega}{R} (L - R)$$

Скорость второго самолёта в новой CO $\vec{U} = \vec{V}_2 + \vec{\omega}_2$



$$U = V_2 - \omega = 25 \left(\frac{L - R}{R} - 1 \right) = 25 \left(\frac{L}{R} - 2 \right) = 60 \cdot \left(\frac{1800}{360} - 2 \right) = \frac{1800}{6} - 120 =$$

$= 300 - 120 = 180$ (м/с). Направлена в сторону, противоположную той, в которую направлена \vec{V} в CO, связанной с Землёй, то есть вверх по оси 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
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!

2) Ответ $U = 180 \text{ м/c}$, \vec{U} направлен вверх по оси y .

Ответ: 1) $100 - 50\sqrt{2} \%$

2) $U = 180 \text{ м/c}$, \vec{U} направлен вверх по оси 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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
1 ИЗ 4

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!

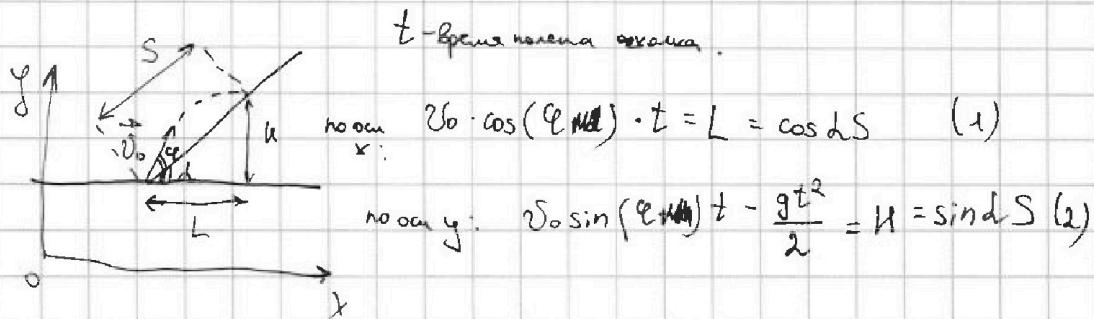
1. На находящуюся внизу подиуме скакалок коньки положены бермудские щёлки. Рассмотрим его. Запишем закон сохранения энергии для него:

$$\frac{\frac{mV_0^2}{2}}{\text{начальное}} = mgH \quad \text{составление на высоте } H. \text{ Это скорость } \cancel{v} \text{ на максимальной высоте ряда,} \\ \text{далее он падает под действием} \quad m - \text{масса одного щёлка}$$

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

1) Ошибки $V_0 = 30 \text{ м/с}$

2. Рассмотрим скакалок, запущенный под углом φ к горизонту, и упавший на склон. Выразим расстояние между спортивной линией и точкой падения на склон S .



$$S^2 = H^2 + L^2 \quad \text{по теореме Пифагора}$$

$$S^2 = V_0^2 \cos^2 \varphi t^2 + V_0^2 \sin^2 \varphi t^2 - 2 V_0 \sin \varphi t \cdot g \cdot t^2 + \frac{g^2 t^4}{4}$$

Выразим t из (1): $t = \frac{\cos \varphi S}{V_0 \cos \varphi}$

Подставим в (2):

$$\frac{V_0 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi S}{V_0 \cos \varphi} - \frac{\frac{g}{2} \cos^2 \varphi S^2}{V_0^2 \cos^2 \varphi} = \sin \varphi S$$

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 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА
2 ИЗ 4

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!

Мы рассматриваем угол φ :

$$S \neq 0$$

Разделим на S :

$$\frac{s \cdot \operatorname{tg} \varphi \cos d - \frac{g}{2} \frac{\cos^2 d}{\cos^2 \varphi} \cdot \frac{S}{v_0^2}}{\longrightarrow} = \sin d$$

$$\operatorname{tg} \varphi \cos d - \sin d = \frac{\frac{g}{2} \frac{\cos^2 d}{\cos^2 \varphi} \cdot \frac{S}{v_0^2}}{\longrightarrow}$$

$$\frac{\operatorname{tg} \varphi \cos d - \sin d}{\frac{g \cdot \cos^2 d}{\cos^2 \varphi}} \cdot (2 \cos^2 \varphi v_0^2) = S$$

$$2v_0^2 \cdot \left(\cos^2 \varphi \left(\frac{\operatorname{tg} \varphi \cos d}{g \cos^2 d} - \frac{\sin d}{g \cos^2 d} \right) \right) = S$$

Также, $\varphi \geq d$.

Чтобы найти φ при котором S - максимальна, а производную $S'(\varphi)$ равной нулю

приравняем к 0 ~~а~~ (так как в точке экстремума)

$$(S)'_{\varphi} = 0$$

$$2v_0^2 \left((\cos^2 \varphi)' \left(\frac{\operatorname{tg} \varphi \cos d}{g \cos^2 d} - \frac{\sin d}{g \cos^2 d} \right) + \cos^2 \varphi \cdot \left(\frac{\operatorname{tg} \varphi \cos d}{g \cos^2 d} - \frac{\sin d}{g \cos^2 d} \right)' \right) = 0$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
3 ИЗ 4

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!

$$2\delta_0^2 \left(2\cos\varphi \cdot (-\sin\varphi) \left(\frac{\tan\varphi}{g\cos\varphi} - \frac{\sin\varphi}{g\cos^2\varphi} \right) + \cos^2\varphi \cdot \frac{1}{g\cos\varphi} \cdot \frac{1}{\cos^2\varphi} \right) = 0$$

$\delta_0 \neq 0$, значит

$$-2\sin\varphi\cos\varphi \left(\frac{\tan\varphi}{g\cos\varphi} - \frac{\sin\varphi}{g\cos^2\varphi} \right) + \frac{1}{g\cos\varphi} = 0$$

Из этого уравнения можно выразить φ

$$-\frac{2\sin^2\varphi}{g\cos\varphi} + \frac{2\sin\varphi\cos\varphi \sin\varphi}{g\cos^2\varphi} + \frac{1}{g\cos\varphi} = 0 \quad | \cdot g\cos\varphi$$

$$-2\sin^2\varphi + 2\sin\varphi\sqrt{1-\sin^2\varphi} \cdot \tan\varphi + 1 = 0$$

~~2~~ Обозначим $\sin^2\varphi = x$

$$-2x + 2\sqrt{x-x^2} \cdot \tan\varphi + 1 = 0$$

$$2\sqrt{x-x^2} \cdot \tan\varphi = 2x-1 \quad |^2$$

$$4(x-x^2) \cdot \tan^2\varphi = 4x^2 - 4x + 1$$

~~$4x = 4x^2$~~

$$\tan^2\varphi = \frac{\sin^2\varphi}{\cos^2\varphi} = \frac{\sin^2\varphi}{1-\sin^2\varphi} = \frac{4}{3}$$

~~$\frac{4}{3}$~~ $\frac{4 \cdot 16}{9} (x-x^2) = 4x^2 - 4x + 1$

$$\frac{64}{9}x - \frac{64}{9}x^2 - 4x^2 + 4x - 1 = 0$$

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 4

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!

$$\left(\frac{100}{9}\right)x^2 - \frac{100}{9}x + 1 = 0$$

$$x = \frac{100}{9} \pm \sqrt{\frac{10000}{81} - \frac{4 \cdot 100}{9}} = \frac{100}{9} \pm \frac{1}{9} \sqrt{10000 - 3600} = \frac{100 \pm 80}{9}$$

$$\begin{cases} x_1 = \frac{180}{200} = \frac{9}{10} \Rightarrow \sin \varphi = \frac{3}{\sqrt{10}} \\ x_2 = \frac{20}{200} = \frac{1}{10} \Rightarrow \sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{10}} \end{cases}$$

Также, $\varphi \geq d$. Значит $\sin \varphi \geq d$

Значит $\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{10}}$ не подходит

$$\text{Умножим } \sin \varphi = \frac{3}{\sqrt{10}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = \frac{\frac{3}{\sqrt{10}}}{\frac{1 + \frac{9}{10}}{\frac{1}{10}}} = \frac{\frac{3}{\sqrt{10}}}{\frac{19}{10}} = 3$$

Подставим в выражение для S_{\max}

$$S = 2 \cdot 30^2 \left(1 - \frac{9}{10}\right) \cdot \left(\frac{3}{\frac{9 \cos d}{1 - \sin^2 d}} - \frac{\sin d}{9(1 - \sin^2 d)} \right) = 0,2 \cdot 30^2 \left(\frac{3}{6} - \frac{0,8}{3,6} \right) = \frac{180 \cdot 3}{6} - \frac{180 \cdot 0,8}{36} = 90 - 40 = 50 \text{ (м)}$$

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

Ответ: 1) 30 м/с

2) 50 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

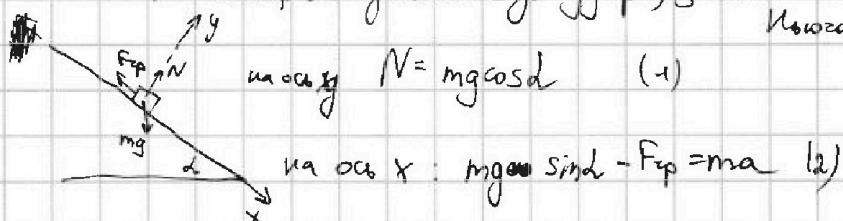
1 ИЗ 6

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!

1. Поскольку скорость шайбы сразу начала возрастать, это значит, что шайбу запустили вниз по начальной траектории.

Поскольку угол и график обозначают ~~угол~~ удар с упором. Поскольку скорость до и ^{после} удара равна между собой (и равна 12 м/с), удар абсолютно упругий. Скорость шайбы изменилась только это, и после удара шайба движется равноускоренно.

Рассмотрим движение до удара; заимствуя векторы из условия:



$$F_p - \text{сопротивление: } F_p = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$\text{По графику, } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12-8}{1} = \frac{4}{1} = 4 \text{ (м/с}^2\text{) по упору.}$$

$$(2): mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma \quad | : mg$$

$$\sin \alpha - \mu \cos \alpha = \frac{a}{g} \quad (3)$$

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

$$\sin \alpha - \mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{a}{g}$$

$$\sin \alpha - \frac{a}{g} = \mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \quad |^2$$

$$\sin^2 \alpha - \frac{2 \sin \alpha a}{g} + \frac{a^2}{g^2} = \mu^2 - \mu^2 \sin^2 \alpha$$

$$(1 + \mu^2) \sin^2 \alpha - \frac{2a}{g} \sin \alpha + \frac{a^2}{g^2} - \mu^2 = 0$$



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
6 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!

Ошибки: 1) $\sin \alpha = \frac{1}{2}$ 2) $\sqrt{\frac{160}{13\sqrt{3}}}$ m/s 3) $\frac{20}{13\sqrt{3}}$ m/s²

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
2 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!

$$\sin \alpha = \frac{2a}{g} \pm \sqrt{\frac{4a^2}{g^2} - \frac{4a^2}{g^2}(1+\mu^2)} = \frac{2a}{g} \pm \frac{2a}{g}\sqrt{1+\mu^2}$$

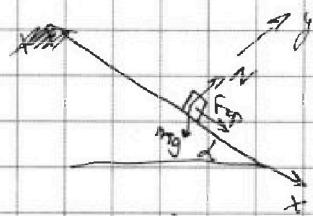
$$\sin \alpha = \frac{2a}{g} \pm \sqrt{\frac{4a^2}{g^2} - 4(1+\mu^2)(\frac{a^2}{g^2} - \mu^2)} = \frac{a}{g} \pm \sqrt{\frac{a^2}{g^2} - \frac{a^2}{g^2} - \frac{\mu^2 a^2}{g^2} + \mu^2 + \mu^4} =$$

$$= \frac{a}{g} \pm \sqrt{\frac{a^2}{g^2} + 1 + \mu^2} \quad (4)$$

$$= \frac{a}{g} \pm \sqrt{1 + \mu^2}$$

Рассмотрим движение после угла α :

Второй закон Ньютона в проекциях на оси x и y :



$$mg \cos \alpha = N$$

$$mgs \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma_a$$

$$F_f = \mu N$$

(сопротивление)

По задаче $a_2 = \frac{-12}{m} = -6 \text{ м/с}^2$

Значит получаем что происходит замедление, но a_2 направлено по оси x . Поэтому, в движении ~~вправо~~ ~~вправо~~ в движении будем считать $a_2 = |a_2|$

$$\mu = \frac{a_2 - g \sin \alpha}{g \cos \alpha} \quad (3)$$

Найдем μ (4) (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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
3 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!

~~sin d = a/g~~

$$\sin d - \cos d \frac{a_2 - g \sin d}{g \cos d} = \frac{1}{g} a$$

$$\sin d = \frac{a_2 - g \sin d}{g} = \frac{a}{g}$$

$$\sin d = \frac{a_2}{g} + \sin d = \frac{a}{g}$$

$$2 \sin d = \frac{a_2 + a}{g} = 1$$

$$\sin d = \frac{1}{2}$$

1) Ось: $d = 30^\circ$

2. момент ~~чиркун~~ бокен

$$I = I_\delta + I_b$$

$$I_\delta = mR^2$$

\approx момент центра
чиркун
(масса торфа = 0)

момент
чиркун
бокен

момент
чиркун
бокен

$$I_\delta = \frac{1}{2} m R^2$$

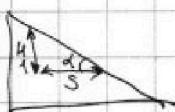
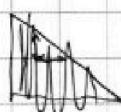
\Rightarrow же же чиркун

$$I = \frac{5}{2} m R^2$$

$$\text{Запишем ЗД: } 4mgH_4 = \frac{4m\delta^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

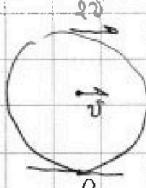
δ - скорость центра бокен
 ω - угловая скорость бокен

$$H_4 = \tan \delta \cdot S$$



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

б CO - чиркун
скорость торса бокен $\dot{\vartheta}$.
засим $\omega = \frac{\dot{\vartheta}}{R}$



$$\omega = \frac{2\dot{\vartheta} - 0}{2R} = \frac{\dot{\vartheta}}{R}$$

без проскальзывания!



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$4mg \operatorname{tg} \alpha S = 2m\dot{\vartheta}^2 + \frac{5}{2} m R^2 \cdot \frac{\dot{\vartheta}^2}{R^2}$$

$$4mg \operatorname{tg} \alpha S = 2m\dot{\vartheta}^2 + \frac{5}{4} m \dot{\vartheta}^2 = \frac{13}{4} m \dot{\vartheta}^2$$

$$16 g \operatorname{tg} \alpha S = 13 \dot{\vartheta}^2$$

$$\dot{\vartheta}^2 = \frac{16 \cdot g \operatorname{tg} \alpha S}{13} = \frac{160}{13\sqrt{3}} \text{ rad/s} \Rightarrow \dot{\vartheta} = \sqrt{\frac{160}{13\sqrt{3}}} \text{ rad/s}$$

$$2) \text{ Омбем } \sqrt{\frac{160}{13\sqrt{3}}} \text{ rad/s}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\frac{g}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{g}{\sqrt{3}}$$

$$S(t) = \sqrt{16 \cdot \frac{t^2}{13} g \operatorname{tg} \alpha \cdot S}$$

$$a = (\dot{S}(t))' =$$

ускорение - производная скорости по времени

ускорение направлено вдоль плоскости, но если сопаралельно с вектором перемещения движение равноускоренное $\Rightarrow S = \frac{at^2}{2}$ Решаем:

$$S(t) = \sqrt{\frac{16}{13} g \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{at^2}{2}} = \pm \sqrt{\frac{8}{13} g \operatorname{tg} \alpha a t}$$

$$a = (\dot{S}(t))' = \sqrt{\frac{8}{13} g \operatorname{tg} \alpha a}$$

$$a^2 = \frac{8}{13} g \operatorname{tg} \alpha a$$

$$3) \text{ Омбем: } a = \frac{8}{13} g \operatorname{tg} \alpha = \frac{80}{13\sqrt{3}} \text{ m/s}^2$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
5 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!

Дополнение к 1) пункту.

Запишем закон сохранения энергии (удар абсолютно упругий).

за 0^4 начальной энергией взята ~~ударная начальная энергия~~ ~~ударное восстановление~~:

$$mgh + \frac{m\delta_0^2}{2} = \frac{m\delta_k^2}{2} + mgh + |A_{тр}|$$

работа силы трения

начальная
энергия

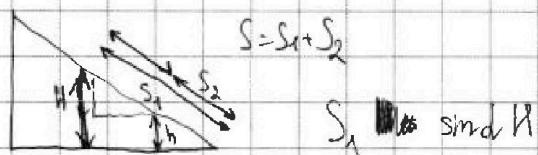
начальная
скорость

конечная
скорость

конечная
энергия

$$2mgh + m\delta_0^2 = m\delta_k^2 + 2mgh + 2mg \cos \alpha \cdot S$$

работа силы трения



$$S_1 = S \sin \alpha$$

$$S_2 = S \sin \alpha \cdot h$$

$$2mgh + m\delta_0^2 = m\delta_k^2 + 2mgh + 2mg \cos \alpha \cdot \sin \alpha (h + S)$$

$$\delta_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\delta_k = 0 \text{ м/с}$$

$$\Rightarrow \delta_0^2 = 2g(h - S) + 2mg \cos \alpha \cdot \sin \alpha (h + S)$$

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

Первое начало термодинамики $\Delta Q = \Delta U + A_{\text{заг}} \quad \begin{matrix} \text{поглощая} \\ \text{теплота} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{излучение выделяющей энергией} \\ \text{системы} \end{matrix}$

Для изотермических процессов ($V=\text{const}$): $A_{\text{заг}} = 0$, поскольку $V=\text{const}$

$$\Delta Q = \Delta U = \cancel{\Delta U_{\text{заг}} + \cancel{\Delta U_{\text{изл}}}} = C_V \cdot \Delta T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_V = \frac{\Delta Q}{\Delta T_1} = 20 \text{ (Дж/К)}$$

$$\underline{\Delta U = 5} \quad \text{Ответ 2) } 20 \text{ Дж/К}$$

Для изобарич. процесса ($p=\text{const}$): $A_{\text{заг}} = p \Delta V + p_2 \cancel{\Delta V} - \Delta V$

~~$\Delta Q = \cancel{\Delta U + A_{\text{заг}}}$~~

p_1 - начальное давление газа, p_2 - начальное давление конфорта

p - давление в сосуде. По закону Раменю $p = p_1 + p_2$

$$\Delta Q = \Delta U + A_{\text{заг}} = (U_{2k} - U_{2w}) + (U_{1k} - U_{1w}) + A_{\text{заг}}$$

U_{2k} - выделяющая энергия в конце процесса

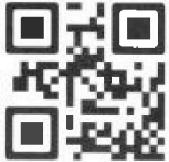
U_{2w} - выделяющая энергия в начале процесса

U_{1k} - выделяющая энергия в конце процесса

U_{1w} - выделяющая энергия в начале процесса.

$$\Delta Q = \frac{5}{2} p_2 \cdot \Delta V + \frac{3}{2} p_1 \cdot \Delta V + (p_1 + p_2) \Delta V = \Delta V \left(\left(\frac{5}{2} + 1 \right) p_2 + \left(\frac{3}{2} + 1 \right) p_1 \right) \quad (1)$$

$$K_{\text{расчета}}, \Delta U = C_V \Delta T_2$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

Кроме того, по закону Менделеева-Клапейрона:

$$p_1 V_1 = V_1 R t_1 \leftarrow \begin{array}{l} \text{температура в начальном} \\ \text{процессе} \end{array}$$

$$p_2 V_2 = V_2 R t_2 \leftarrow \begin{array}{l} \text{температура в конце процесса} \\ \text{конечный} \\ \text{объем} \end{array}$$

изменение константы Больцмана, когда

Время из второго первого:

$$p_1 (V_2 - V_1) = V_1 R (t_2 - t_1)$$

$$p_1 \Delta V = V_1 R \Delta T_2 \quad (2)$$

$$\text{Аналогично для малорода: } p_2 \Delta V = V_2 R \Delta T_2 \quad (3)$$

Подставим в уравнение (1):

$$\Delta Q = \left(\frac{5}{2}+1\right)V_2 R \Delta T_2 + \left(\frac{3}{2}+1\right)V_1 R \Delta T_2 \Rightarrow \frac{\Delta Q}{R \Delta T_2} = \frac{7}{2} V_2 + \frac{5}{2} V_1 \Rightarrow$$

$$V_1 = \frac{2 \Delta Q}{5 R \Delta T_2} - \frac{7 V_2}{5} \quad (5)$$

$$(2):(3) \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow p_1 = p_2 \cdot \frac{2 \Delta Q}{5 R \Delta T_2 V_2} - \frac{7}{5}$$

$$(3): \Delta V = V_2 R \Delta T_2 / p_2$$

Подставим в уравнение для решения систем уравнений: $A_{\text{систем}} =$

$$= \frac{V_2 R \Delta T_2}{p_2} p_2 \left(1 + \frac{2 \Delta Q}{5 R \Delta T_2 V_2} - \frac{7}{5}\right) = \frac{2}{5} \Delta Q - \frac{2}{5} \Delta T_2 R V_2 \quad (4)$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

№ 6 задачи. процесс

$$\Delta U = C_v \cdot \Delta T_2 = 60 \text{ (Дж)}$$

Значит, поскольку $\Delta Q = \Delta U + A_{\text{использов.}}$,

$$A_{\text{использов.}} = \Delta Q - \Delta U = 960 - 60 = 900 \text{ (Дж)}$$

$\Downarrow A = 900 \text{ Дж}$

$$\frac{N_F}{N_K} = \frac{V_1}{V_2}$$

увидим в (4) и (5):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{2\Delta Q}{5R_0T_2} = \frac{2\Delta Q}{5V_2}$$

$$\text{из (4)} V_2 = -A_{\text{использов.}} + \frac{2}{5} \Delta Q$$

$$\underline{\underline{\frac{2}{5} \Delta T_2 R}}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{2\Delta Q}{5R_0T_2 (\frac{2}{5}\Delta Q - A)} - \frac{7}{5} = \frac{2\Delta Q \cdot 5}{2 \cdot 5 (\frac{2}{5}\Delta Q - A)} = \frac{\Delta Q}{\frac{2}{5}\Delta Q - A} - \frac{7}{5}$$

$$= \frac{960}{\frac{2}{5}960 - 900} - \frac{7}{5} = \frac{960}{384 - 900} - \frac{7}{5}$$

$$\frac{N_F}{N_K} = \left| \frac{960}{384 - 900} - \frac{7}{5} \right|$$

$$\text{Ответ: 1) } 900 \text{ Дж } 2) 20 \text{ Дж/К } 3) \left| \frac{960}{384 - 900} - \frac{7}{5} \right|$$



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 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

$$U = C \cdot q$$



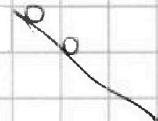
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
3 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!

3
2



Σ

$$\frac{\pi r^2}{\pi R^2} = \frac{m_1}{m_2}$$

1020
496

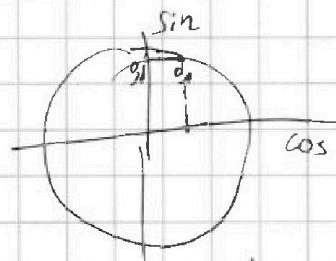
$$\frac{1020}{496} = \frac{24}{B_1}$$

28

$$\frac{310^2}{2}$$

$$PV = DRT$$

$$V = \text{const}$$



Cv

$$\frac{180}{36} = \frac{30}{6} = 5$$

$$1 - \sin^2$$

$$0,8$$

$$0,64$$

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

$\frac{1}{2}$

$$\frac{4}{36} = \frac{4}{13} = \frac{0,8}{0,6}$$

$$0,36$$

$$PV = DRT$$

$$40$$

$$\frac{DRT}{V}$$

$$24$$

$$\frac{1}{2} - \Delta P_1 V + \frac{3}{2} \Delta P_1 V$$

900

1800

9

108 180 190 195

192

$\frac{1}{2}$
 $\frac{1}{2}$

V

$\frac{t_1}{V_1} = \frac{t_2}{V_2}$

$\frac{192}{180}$
 $\frac{2}{3}$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{V_1 + \Delta V}{V_2 + \Delta V}$$

$$\frac{V_1 (t_2 + \Delta t)}{V_2 (t_1 + \Delta t)} = \frac{t_1}{t_2} \left(\frac{V_1 + \Delta V}{V_2 + \Delta V} \right)$$



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
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!

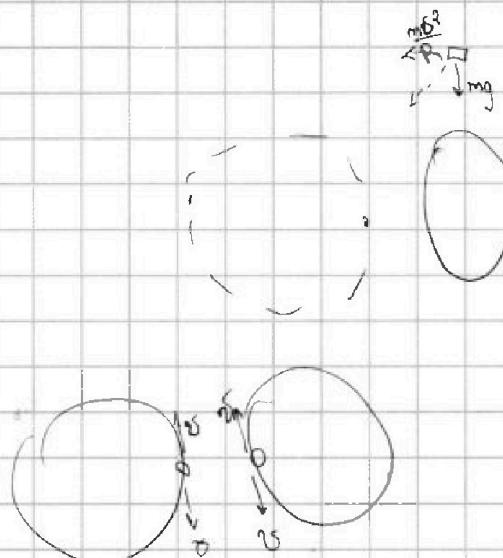


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
ИЗ

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



$$5' \\ 5 + 0,05 \cdot 5$$

$$x, y \text{ pr} \\ p \text{ Fr}_{\text{tot}} \text{ pr}$$

$$f_{\text{fric}} \\ p - p_c \cdot P = f_{\text{fric}}$$

10

$$5 \\ 10 \\ \frac{60^2}{360} \cdot \frac{3600}{360} = 10$$

$$\frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta$$

$$\sqrt{2} F_{\text{fric}} = P$$

$$\sqrt{\frac{v^4}{R^2 g^2} + 1}$$

$$\sqrt{\frac{4}{360^2 \cdot 10^2} + 1}$$

$$\frac{60 \cdot 60}{3600} \cdot \frac{60 \cdot 60}{3600} \\ 360 \cdot 360 \cdot 100 \\ 3600 \cdot 3600$$

$$\frac{1800}{360} - 2 \\ 5 \\ 8$$

$$\sqrt{2 - \sqrt{2}}$$

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

$$\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta \cdot \cos \gamma$$

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

$$\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha$$

3

2