

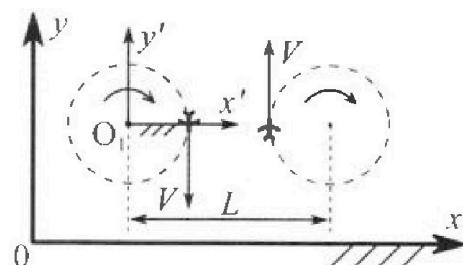
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

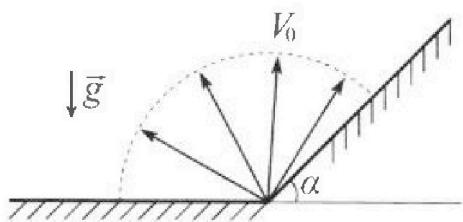
1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями $V = 80 \text{ м/с}$ (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R=800 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

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



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами $L=2 \text{ км}$. Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

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

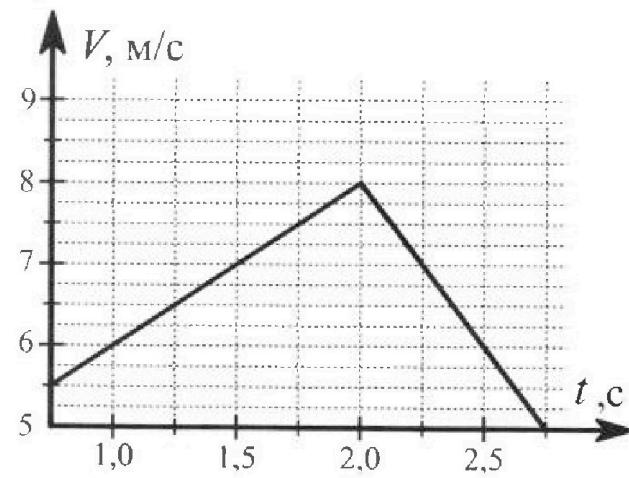


- Найдите начальную скорость V_0 осколков.
- На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

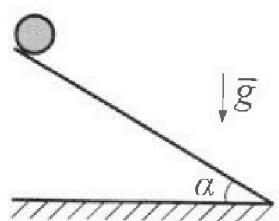
- В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение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

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

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



- С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения по вертикали на $h=0.3 \text{ м}$?
- Найдите ускорение a , с которым движется бочка.
- При каких величинах коэффициента μ трения скольжения бочка катится без проскальзывания?



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-01

*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*

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

1. Найдите работу А смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_V смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_{\text{He}}}{N_{\text{K}}}$ 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. Заряды обкладок конденсатора $Q > 0$ и $-Q$, ёмкость конденсатора C , расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам со скоростью V_0 на расстоянии $d/4$ от положительно заряженной обкладки.

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

Через 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.

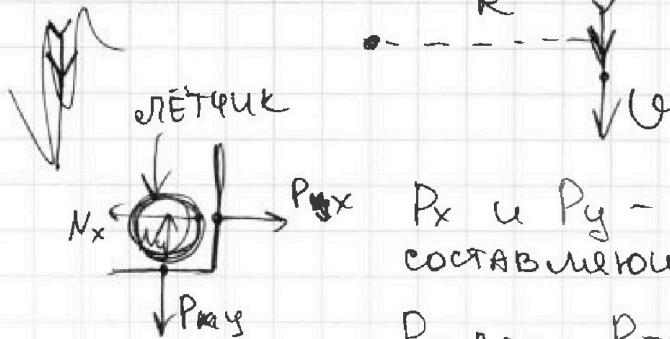
- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
1 из 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!

а - ~~нормальное~~ Ускорение катящего самодвигателя

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



P_x и P_y - горизонт. и вертик. составляющие веса

P - вес; $P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$; $P_y = mg$, где
 N_x и N_y - силы реакции опоры

m - масса лётчика;

II З-и. Ньютона:

$$\begin{aligned} ma &= N_x \\ N_x &= P_x \quad (\text{по II З. Ньютона}) \end{aligned} \quad \left\{ \Rightarrow ma = P_x \right.$$

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

$$P = \sqrt{m^2 a^2 \left(\frac{v^2}{R}\right)^2 + m^2 g^2} = m \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2} \quad \left\{ \frac{P}{F_{\text{торм}}} = \frac{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{g} \right.$$

$$F_{\text{торм}} = mg$$

$$\frac{P}{F_{\text{торм}}} = \frac{\sqrt{\frac{80 \cdot 80^3 \frac{m^4}{s^4}}{800 \cdot 800 \frac{m^2}{s^2}} + 10^2 \frac{N^2}{C^4}}}{10 \frac{N}{C^2}} = \frac{\sqrt{164}}{10} = \frac{\sqrt{41}}{5}$$

$$\mathcal{G} = \frac{P}{F_{\text{торм}}} \cdot 100\% - 100\% = 100\% \left(\frac{P}{F_{\text{торм}}} - 1 \right) = 20\% \cdot (\sqrt{41} - 5) \approx$$

$$\approx 20\% \cdot (6,5 - 5) \approx 10\% \text{--} 30\%$$

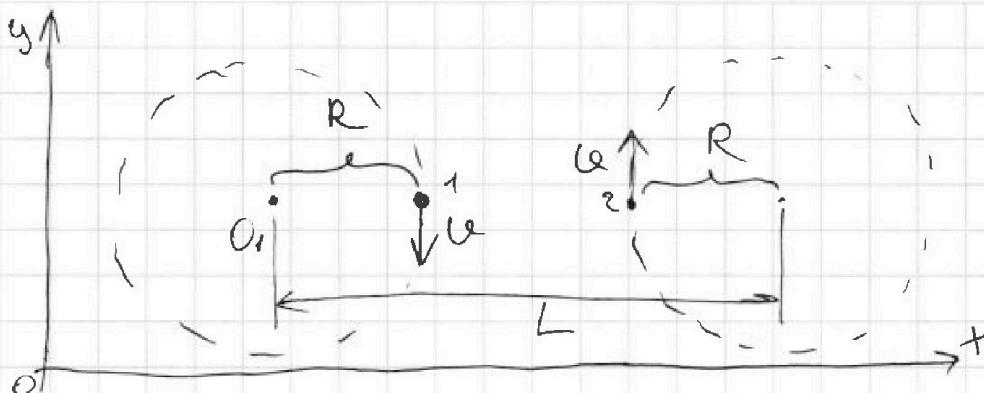


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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-ый самолёт вращается с угловой скоростью ω_1 относительно точки O_1 ; $\omega_1 = \frac{\varphi}{R}$. Переидём во вращающееся CO $x' O_1 y'$. Тогда весь мир теперь для нас вращается с угловой скоростью ω_1 , а 1-ый самолёт не движется. Если посмотреть на рисунок, то 1-ый самолёт в CO земли отн. т. O_1 вращается по часовой стрелке, \Rightarrow в CO $x' O_1 y'$ весь мир движется против часовой стрелки.

Теперь найдём расстояние между O_1 и 2-ым самолётом в этот момент: $S = L - R = 1,2 \text{ км}$.

Если бы в CO земли 2-ой самолёт находился, то в CO $x' O_1 y'$ он бы двигался со скоростью $\vec{v} = \omega_1 \cdot S$. Но т.к. самолёт имеет ещё свою собственную скорость v , то $\vec{U} = \vec{v} + \vec{v}$

в CO $x' O_1 y'$:

$$\vec{U} = \vec{v} + \vec{v}$$

$$U = v + \omega_1 S = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{80 \frac{\text{рад}}{\text{с}}}{800 \text{м}} \cdot 1200 \text{м} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ и напр.}$$

вдоль оси ОY

Ответ: 1. 30% ; 2. $|U| = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ и вектор \vec{U} направлен вдоль оси ОY

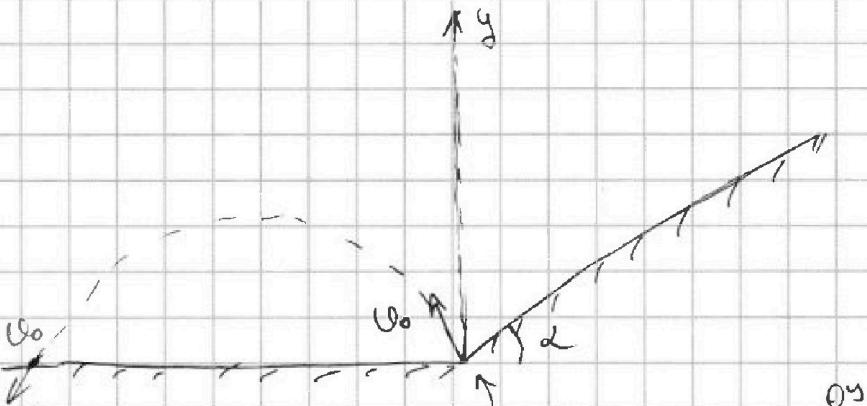


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 3

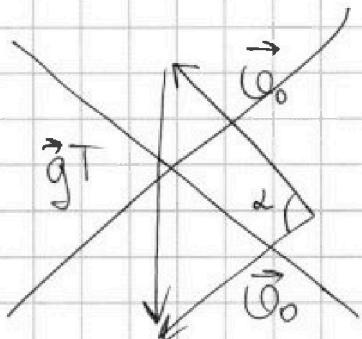
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Относительно вертикальной оси все осколки винетают

Летят симметрично, т.к. вылетают с одинаковой скоростью, но идет т.к справа от этой оси осколки врезаются в склон, а слева - летят до земли, то время полёта осколков, которые упали на горизонтальную поверхность, относительно времени полёта симметричного ему осколка с ~~одинаково~~ другой стороны от оси, больше.

Нарисуем ~~векторный~~ треугольник скоростей:



1 Осколки, упавшие на горизонтальную поверхность, ~~имеют~~ время полёта ~~имеют~~ такие же скорости v_0

Максимальное время полёта будет у тех осколков, у которых максимальные ~~наименьшие~~ скорости v_0 при максимальных ~~наименьших~~ углах полёта, т.к. ~~всегда~~ $gT = 2v_0 \sin \theta \Rightarrow$ \Rightarrow максим. время полёта будет у осколков, летящих вертикально вверх, и их ед. $\Rightarrow v_{0y} = v_0$

$$2v_0 = gT \Rightarrow v_0 = \frac{gT}{2} = \frac{9.8 \cdot 10 \frac{m}{s^2}}{2} = 45 \frac{m}{s}$$

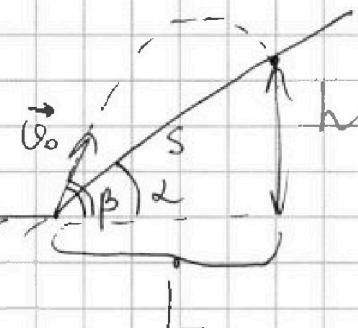


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
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!



$$h = S \sin \alpha = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$L = S \cos \alpha = v_0 \cos \beta t$$

$$\frac{h}{L} = \frac{S \sin \alpha}{S \cos \alpha} = \frac{v_0 \sin \beta - \frac{gt^2}{2}}{v_0 \cos \beta}$$

$$v_0 \cos \beta \tan \alpha = v_0 \sin \beta - \frac{gt}{2} \Rightarrow \frac{gt}{2} = v_0 (\sin \beta - \cos \beta \tan \alpha)$$

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

$$S \cos \alpha = v_0 \cos \beta \cdot \frac{2v_0 (\sin \beta - \cos \beta \tan \alpha)}{g}$$

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

Если S будет макс. тогда, когда $S'(\beta) = 0$:

$$(\cos \beta) \cdot \frac{2v_0^2 (\sin \beta - \cos \beta \tan \alpha)}{g \cos \alpha} + \cos \beta \cdot \left(\frac{2v_0^2 (\sin \beta - \cos \beta \tan \alpha)}{g \cos \alpha} \right)' = 0$$

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

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

$$\cos^2 \beta + 2 \sin \beta \cos \beta \tan \alpha = \sin^2 \beta ; \cos^2 \beta = 1 - \sin^2 \beta$$

$$2 \sin \beta \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} \cdot \tan \alpha = 2 \sin^2 \beta - 1$$

$$\sqrt{\sin^2 \beta \tan^2 \alpha (1 - \sin^2 \beta)} = \sqrt{\sin^4 \beta} - \sqrt{\sin^2 \beta + 1}$$

$$\tan^2 \alpha (1 - \sin^2 \beta) = \sin^2 \alpha - 4 \sin^4 \beta (1 + \tan^2 \alpha) - 4 \sin^2 \beta (1 + \tan^2 \alpha) + 1 =$$

$$= 0 \quad \text{Пусть } M = \sin^2 \beta \Rightarrow 4M^2 (1 + \tan^2 \alpha) - 4M (1 + \tan^2 \alpha) + 1 = 0$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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!

$$\sqrt{D} = \sqrt{(4 + \operatorname{tg}^2 \alpha)^2 - 4(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)} \quad \Rightarrow \quad \sqrt{D} = \sqrt{\frac{169}{9}} = \frac{13}{3}$$

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

$$= \sqrt{\frac{121}{9}} = \frac{11}{3}$$

$$\sin \beta = \frac{\frac{13}{3} \pm \sqrt{\frac{169}{9} - \frac{11}{3}}}{2 \cdot \frac{4}{3}} ; \quad M = \frac{13 \pm 11}{8}$$

~~$$\sin^2 \beta = \frac{24}{8} \quad \sin^2 \beta = \frac{1}{4}$$~~

$$\sqrt{D} = \sqrt{16 \cdot \left(\frac{4}{3}\right)^2 - 4 \cdot 4 \cdot \frac{4}{3}} = \sqrt{\frac{256}{9} - \frac{64}{3}} = \sqrt{\frac{256 - 192}{9}} = \frac{8}{3}$$

$$M = \frac{4 \cdot \frac{4}{3} \pm \frac{8}{3}}{2 \cdot 4 \cdot \frac{4}{3}} ; \quad M = \frac{16 \pm 8}{32} = \frac{2 \pm 1}{4}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{3}{4}$$

или

$$\sin^2 \beta = \frac{1}{4}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

или

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

$$\beta = 60^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

↑ этот вариант не подходит

$$\beta = 60^\circ$$

$$S_{\cos \alpha} = \rho \cos \alpha \cos \beta \cdot \frac{2 \cdot 80^2}{9} (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha)$$

$$S = \frac{2025}{10\sqrt{3}} \cdot \cos \alpha \cos \beta (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha) = \frac{2 \cdot 45^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = \\ = \frac{2025}{10\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{3-1}{\sqrt{3}}\right) M = \frac{2025 \cdot 2}{30} M = \frac{505}{3} M = 168 \frac{1}{3} M$$

Ответ: 1. $\beta = 45^\circ$; $S = 168 \frac{1}{3} M$

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.



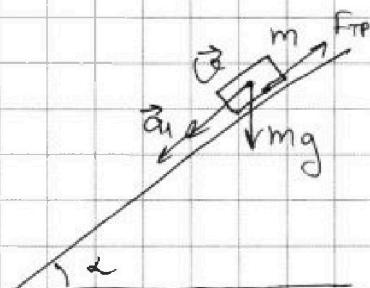
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
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!

Т.к. по условию движение шайбы происходит вдоль окой и той же прямой, то ^{вектор} ускорения шайбы всегда имеет на окой падающей с вектором скорости. Иначе бы вектор ускорения подгруживал бы вектор скорости шайбы и она бы двигалась не по прямой.

Из графика видно, что изначально скорость шайбы увеличивалась по линейному, это значит, что ускорение шайбы a_1 и скорость были сопротивлены, т.е. шайба двигалась вниз по наклонной плоскости:



II З-Н. Ньютона:

$$ma_1 = mgs \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

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

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

Из графика можно найти a_1 - это квадр. наклона α первой части графика (когда шайба еще не скользила) и скорость увеличивается

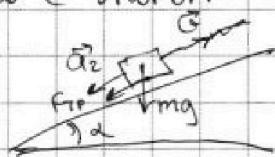
$$a_1 = \frac{8 \frac{\text{m}}{\text{c}} - 5,5 \frac{\text{m}}{\text{c}}}{2,5 \text{c} - 0,75 \text{c}} = \frac{2,5 \frac{\text{m}}{\text{c}}}{1,25 \text{c}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{c}^2}$$

~~$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} ; \quad \frac{a_1}{g} = \sin \alpha - \mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$~~

~~$$\mu^2 (1 - \sin^2 \alpha) = \sin^2 \alpha - \frac{2 a_1 \sin \alpha}{g} + \frac{a_1^2}{g^2}$$~~

$$\sin^2 \alpha (1 + \mu^2)$$

Теперь найдем ускорение шайбы, скользящей с упором:



II З-Н. Ньютона:

$$ma_2 = mgs \sin \alpha + F_{\text{тр}}$$

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

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.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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 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!

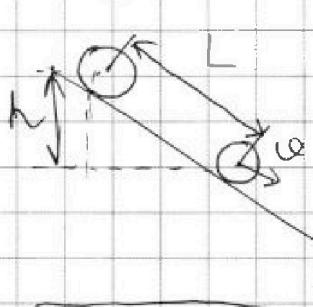
Из графика определим значение a_2 : (вторая часть)

$$a_2 = \frac{8 \frac{m}{s^2} - 5 \frac{m}{s^2}}{2,75c - 2c} = \frac{3 \frac{m}{s^2}}{0,75c} = 4 \frac{m}{s^2}$$

$$a_1 + a_2 = g (\sin \alpha + \sin \alpha + \mu \cos \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_1 + a_2 = g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{g} = \frac{2 \frac{m}{s^2} + 4 \frac{m}{s^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} =$$

$$= 0,3$$



$$\text{Задача: } Mg h = \frac{M \omega^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2}$$

M - масса бочки с водой

$\frac{M}{2}$ - масса воды и масса бочки

I - момент инерции бочки

ω - угловая скорость бочки относительно

центра

$I = \frac{M}{2} I \frac{M}{2} R^2$; $\omega = \frac{\omega}{R}$ (скорость точки, соприкасающейся с поверхностью α относительно центра бочки) равна скорости центра бочки относительно α (поскольку α движется относительно земли), так как движение нет)

$$2gh = \omega^2 + \frac{I \omega^2}{R^2} \Rightarrow 4gh = 3\omega^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{4gh}{3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 0,3m}{3}} = 2 \frac{m}{s}$$

$$\text{длина } L = \frac{\omega^2}{2g} = \frac{(2 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} = \frac{4 \frac{m^2}{s^2}}{20 \frac{m}{s^2}} = 0,2m$$

$$L = \frac{h}{\sin \alpha} \Rightarrow \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{(2 \frac{m}{s})^2}{2g} \Rightarrow a = \frac{g^2 \sin \alpha}{2h} = \frac{4 \frac{m^2}{s^2} \cdot 0,3}{2 \cdot 0,2m} =$$

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

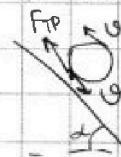
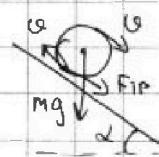
$$F_{\text{тр}} = \mu Mg \cos \alpha$$

Бочка может катиться вверх

$$Mg \sin \alpha = \mu Mg \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = \mu \cos \alpha$$

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{\sqrt{9}}$$





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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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!

$$Pr \Delta V = \partial_r R \Delta T_2 \quad (\text{из. чр.-ниж. Менд. -Кул.})$$

$$P_k \Delta V = \partial_k R \Delta T_2$$

$$A = R \Delta T_2 (\partial_r + \partial_k)$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{2R \Delta T_2 (\partial_r + \partial_k)}{R \Delta T_1 (3\partial_r + 5\partial_k)}$$

$$A = 200 \Delta m = \frac{Q}{3}$$

$$\cancel{\frac{Q}{3}} \Rightarrow \Delta T_1 (3\partial_r + 5\partial_k) = 6\Delta T_2 (\partial_r + \partial_k)$$

$$\partial_r (6\Delta T_2 - 3\Delta T_1) = \partial_k (5\Delta T_1 - 6\Delta T_2)$$

$$\frac{N_r}{N_k} = \frac{\partial_r \cdot N_A}{\partial_k \cdot N_A} = \frac{\partial_r}{\partial_k} = \frac{5\Delta T_1 - 6\Delta T_2}{6\Delta T_2 - 3\Delta T_1}$$

$$\frac{N_r}{N_k} = \frac{5\Delta T_1 - 6\Delta T_2}{3(2\Delta T_2 - \Delta T_1)} = \frac{5 \cdot 15k - 6 \cdot 10k}{3 \cdot (2 \cdot 10k - 15k)} = \frac{75k - 60k}{15k} = 1$$

Ответ: 1. $A = 200 \Delta m$; 2. $C_V = 40 \frac{\Delta m}{K}$; 3. $\frac{N_r}{N_k} = 1$



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

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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 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!

Работа газа в изохорич. процессе равна нулю, т.к. газ не изменяет свой объём.

ΔU_1 и ΔU_2 - изм. внутр. энергии смеси в 1-ом и 2-ом процессе соответственно

Для 1-ого процесса:

$$Q = \Delta U_1; \quad \Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu_r R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_k R \Delta T_1$$

одноатомный газ

ν_r и ν_k - кол-во молей гелия и кислорода соответственно

$$\text{Для } Q = \frac{R \Delta T_1}{2} (3 \nu_r + 5 \nu_k)$$

Для 2-ого процесса:

$$Q = \mathcal{A} + \Delta U_2; \quad \Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu_r R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_k R \Delta T_2 = \frac{R \Delta T_2}{2} (3 \nu_r + 5 \nu_k)$$

$$\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} = \frac{2 R \Delta T_2 (3 \nu_r + 5 \nu_k)}{2 R \Delta T_1 (3 \nu_r + 5 \nu_k)} = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \Rightarrow \Delta U_2 = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \cdot \Delta U_1 = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \cdot Q$$

$$\mathcal{A} = Q - \Delta U_2 = Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right) = \text{дано } 600 \text{ Дж} \cdot \left(1 - \frac{10 \text{ К}}{15 \text{ К}}\right) = 200 \text{ Дж}$$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{600 \text{ Дж}}{15 \text{ К}} = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\mathcal{A} = p_r \Delta V + p_k \Delta V = (p_r + p_k) \Delta V$$

ΔV - изм. объёма смеси с изобар. процессе

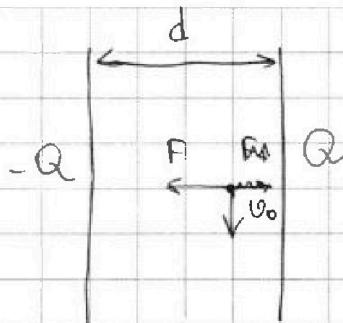
p_r и p_k - парциальные давления гелия и кислорода в изобар. процессе

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 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!



$$F = F_a + F_Q$$

Изменение заряда

$$F_Q = \frac{16kQq}{d^2} ; F_a = \frac{16kQq}{9d^2}$$

$$F = \frac{16kQq}{d^2} + \frac{16kQq}{9d^2} = \frac{160kQq}{9d^2} ; q = r \cdot m$$

a - норм. ускорение замедл. частицы

II 3. Ньютона:

$$ma = F \Rightarrow ma = \frac{160kQ \cdot rm}{9d^2}$$

$$a = \frac{v_0^2}{R} ; R - \text{радиус кривизны траектории частицы}$$

$$\text{1)} \frac{v_0^2}{R} = \frac{160kQr}{9d^2} \Rightarrow R = \frac{9d^2v_0^2}{160kQr}$$

3С9:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kQ \cdot rm}{L} \quad (\cancel{mv^2}) + \cancel{\frac{4kQ \cdot rm}{3d}} + \cancel{\frac{4kQ \cdot rm}{3d}} \frac{mv^2}{2} + E_p$$

$$\frac{v^2}{2} = \frac{v_0^2}{2} + \frac{16k\pi Q}{3d}$$

$$E_p = \frac{4kQ \cdot rm}{3d} - \frac{4kQ \cdot rm}{d}$$

$$\text{ПЗА } 3v^2 = 3v_0^2 + 32k\pi Q$$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{3v_0^2 + 32k\pi Q}{3d}}}$$

$$\text{Ответ: 1. } R = \frac{9d^2v_0^2}{160kQr} ; 2. v = \sqrt{\frac{3v_0^2 + 32k\pi Q}{3d}}$$



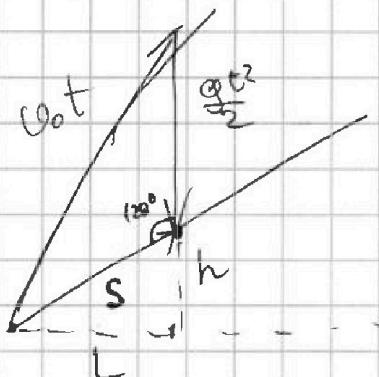
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

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!

18 мин - 1,5 часа



12

$$L = v_0 \cos \beta t = S \sin \alpha$$

$$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = S \cos \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{v_0 \cos \beta}{v_0 \sin \beta - \frac{g t}{2}}$$

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

$$\frac{\sqrt{3}}{2} x \\ \frac{3}{a} x^2 + x^2 = 1$$

13

5

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

$$Q = \frac{5}{2} D_{He} R$$

$$Q = \frac{R \Delta T_1}{2} \cdot (3D_{He} + 5D_{O_2})$$

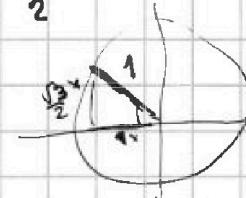
$$\frac{3}{4} x^2 = 1 \\ x = \pm \frac{2}{\sqrt{7}}$$

$$Q = A + \frac{R \Delta T_2}{2} (3D_{He} + 5D_{O_2})$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \pi \sqrt{\frac{3}{7}}$$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$v_0^2 t^2 = S^2 \cos^2 \alpha + \frac{(v_0 t)^2}{2} g \sin 2 \alpha = \left(\frac{g t^2}{2} + S \sin \alpha \right)^2$$



Nr

M

N

$$A = p_1 \Delta V + p_2 \Delta V$$

$$t_{2p} = \frac{v_0 t}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}$$



$$v_0 \sin \beta \tan \alpha - v_0 \cos \beta = \frac{gt}{2}$$

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

DR

$$\cos 2\beta =$$

$$\tan^2 \beta = \frac{1}{2\sqrt{3}}$$

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

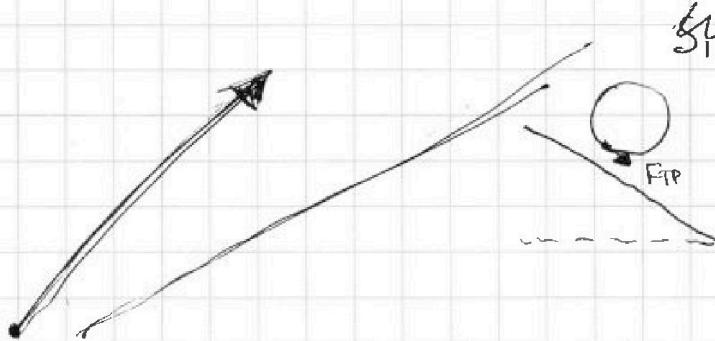
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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

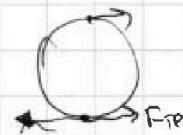
СТРАНИЦА
ИЗ

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!



$$\text{S1} \quad \frac{12}{2\sqrt{3}}$$

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



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

$$S = v_0 \cos \beta \cdot \left(\frac{2v_0}{g \tan \alpha \cdot \sin^2 \alpha} \cdot (\sin \beta \tan \alpha - \cos \beta) \right) \rightarrow v_0 \sin \beta \cdot \frac{2v_0(\sin \beta \tan \alpha - \cos \beta)}{g \tan \alpha \cdot \sin^2 \alpha}$$

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

$$\tan \alpha \cos^2 \beta + 2 \sin \beta \cos \beta = \sin^2 \beta \tan \alpha$$

$$\tan \alpha (1 - \sin^2 \beta) + 2 \sin \beta \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sin^2 \beta \tan \alpha$$

$$4 \sin^2 \beta (1 - \sin^2 \beta) = \sin^4 \beta \tan^2 \alpha - 2 \tan^2 \alpha \sin^3 \beta (1 - \sin^2 \beta) + \tan^2 \alpha (1 - \sin^2 \beta)^2$$

$$= \sin^4 \beta (\tan^2 \alpha + 4)$$

~~$$4 \sin^2 \beta \tan^2 \alpha = -2 \tan^2 \alpha \sin^2 \beta + 2 \tan^2 \alpha \sin^4 \beta + \tan^2 \alpha -$$~~

~~$$-2 \tan^2 \alpha \sin^2 \beta + \tan^2 \alpha \sin^4 \beta$$~~

$$\sin^4 \beta (4 \tan^2 \alpha + 4) - 4 \sin^2 \beta + \tan^2 \alpha = 0$$

$$\frac{9}{3} \quad \frac{13}{32}$$

$$16 - 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 4 \cdot \frac{4}{3}, \quad \sqrt{16 - \frac{64}{9}} \quad \frac{12 + \frac{\sqrt{60}}{3}}{32} \quad \frac{12 - \frac{\sqrt{60}}{3}}{32}$$

$$\frac{144 - 64}{9} = 3 \left(4 \pm \frac{\sqrt{60}}{9} \right)$$

имешим

$$1 - \frac{9}{100} \quad \sqrt{\frac{4}{9}} \quad \frac{3}{10} \quad 0,3$$

$$8 \sqrt{169} \quad \frac{4}{3} \quad \frac{4}{3} \quad \frac{4}{3}$$

$$\frac{4}{3} \quad \frac{4}{3} \quad \frac{4}{3} \quad \frac{4}{3}$$



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!

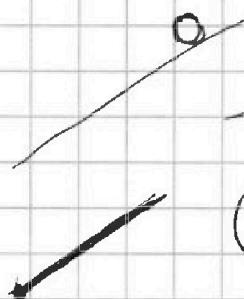
49



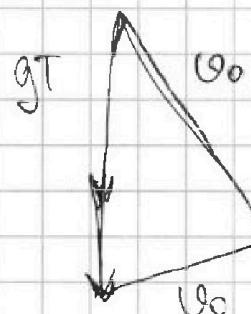
$$\frac{1}{2} \omega^2$$

87

$$\begin{array}{r}
 2 \\
 2 \\
 45 \\
 \times 45 \\
 \hline
 1225 \\
 + 80 \\
 \hline
 2025
 \end{array}$$



$$g^2 T^2 = \left(2 v_0^2 - 2 \cos \alpha (v_0^2) \right)$$



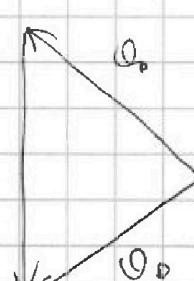
193



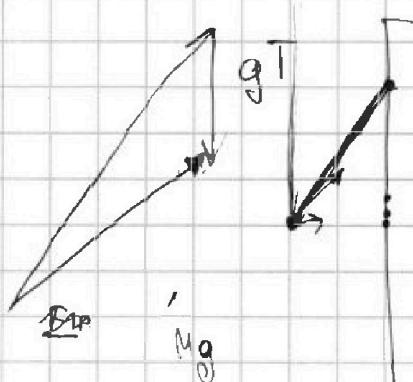
480+24



9



well



Ma

٦٢

$$\frac{G M m}{R}$$

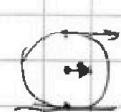
$$a_2 = g(\sin \alpha +$$

5

{6 + 9} - 16

168 $\frac{1}{2}$

$$\begin{array}{r} 505 \\ \times 2 \\ \hline 1010 \end{array}$$

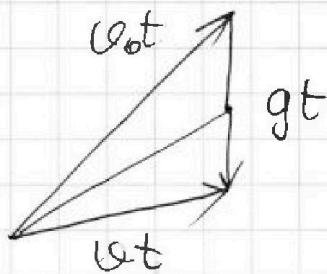
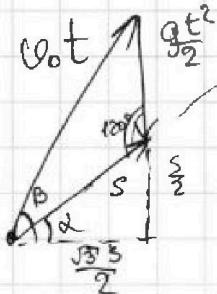


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\left(\frac{13}{3}\right)^2 -$$

18m

$$1 + \tan^2 \alpha = \frac{4}{3}$$

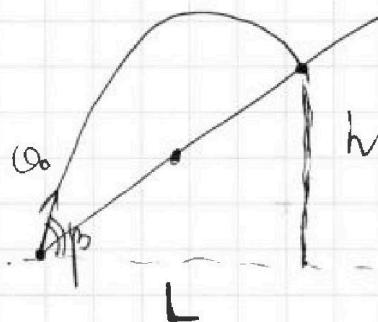
$$16 \cdot \left(\frac{4}{3}\right)^2 - 4 \cdot \frac{4 \cdot 4}{3}$$

61

~~64~~

$$\frac{16}{4^4 - 4^3 \cdot 3}$$

4.



$$s^2$$

$$2\sqrt{41}$$

$$\frac{256 - 64}{3}$$

192

$$\boxed{8} \quad \frac{\sqrt{41}}{5}$$

$$\sqrt{41} - 5$$

$$\sqrt{41} - 5$$

$$v_0 \cos \beta \cdot t = L$$

~~86m~~

$$\frac{1}{14}$$

$$v_0^2 t^2 = g \quad 256 - 192$$

$$\sqrt{\frac{84}{9}}$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ \times 6,5 \\ \hline 390 \\ \hline 4225 \end{array}$$

$$\frac{192}{3}$$



$$\frac{80^4}{800^2}$$

$$\frac{80 \cdot 80 \cdot 80^2}{800 \cdot 800}$$

$$\mu mg \cos \alpha =$$

$$Cg$$

$$\frac{800^2}{100}$$



$$\frac{80^2}{100}$$

$$\underline{6400}$$



$$\mu \cos \alpha = \sin \alpha$$

$$\frac{\frac{4 \cdot 4}{8} + \frac{8}{8}}{8 \cdot \frac{4}{8}}$$

$$\frac{16 + 8}{8 \cdot 4}$$

$$\frac{2 + 1}{4}$$

$$\begin{array}{l} \sin^2 \beta = \frac{3}{4} \\ \sin^2 \beta = \frac{1}{4} \end{array}$$

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