



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

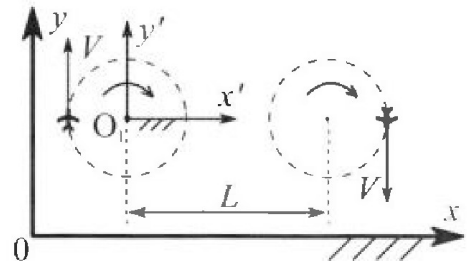
Вариант 10-04

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 $V = 100$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет, $R = 500$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Определите отношение $\frac{N}{mg}$, здесь N – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.

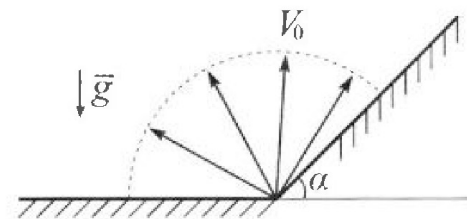


В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей $L = 1,25$ км. Вектор скорости каждого самолета показан на рис.

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

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Продолжительность полета осколка, упавшего на горизонтальную поверхность на максимальном расстоянии от точки разрыва, равна $T = 5$ с, максимальное перемещение за время полета осколка, упавшего на склон, равно $S = 100$ м.

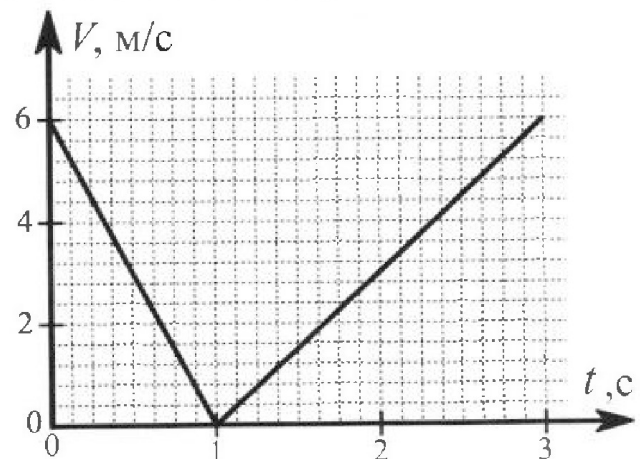
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. Найдите угол α , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

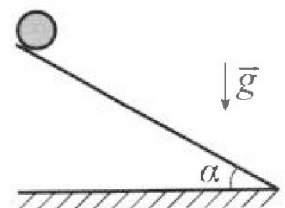
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ 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 $n = 4$ раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения по вертикали на $h = 1,5$ 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 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят $Q = 2320$ Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на $|\Delta T_1| = 58$ К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на $|\Delta T_2| = 40$ К.

1. Найдите работу A внешних сил в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_p смеси в изобарическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_1}{N_2}$ числа атомов гелия к числу молекул азота в смеси.

Указание: внутренняя энергия двухатомного газа азота $U = \frac{5}{2} PV$.

5. Отрицательно заряженная частица движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения U , расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется скоростью V_0 параллельно обкладкам на расстоянии $\frac{3}{8}d$ от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в малой окрестности рассматриваемой точки равен R .

1. Найдите удельный заряд $\gamma = \frac{q}{m}$ частицы, здесь q —заряд частицы, m — масса частицы.

Через неко торое 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
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!

$$S = \frac{v^2 \cdot \sin 2\beta}{g \cos \alpha} - 2 \frac{v^2 \cdot \sin^2 \beta}{g \cos^2 \alpha}$$

$$\frac{v^2}{g \cos \alpha} \cdot \sin 2\beta - \frac{2v^2}{g \cos^2 \alpha} \sin^2 \beta - S = 0$$

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

$$\sin^2 \beta = 2 \sin \beta \cdot \cos \beta = \sin 2\beta$$

$$\frac{v^2}{g \cos \alpha} \cdot 2 \cos 2\beta = \frac{2v^2}{g \cos^2 \alpha} \cdot \sin 2\beta$$

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

$$\cos \alpha = \frac{\sin 2\beta}{\cos 2\beta} = \frac{2 \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg}^2 \beta}$$

$$S =$$

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

$$\begin{array}{r} 2320 \overline{) 58} \\ 232 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 40 \\ \hline 720 \end{array}$$

$$280 - 280$$

$$3 \cdot 58 = 150 + 24 = 174$$



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

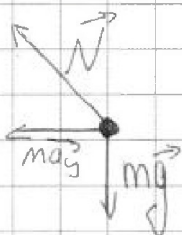
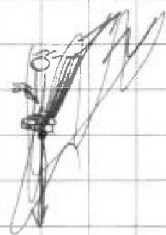
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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

1) На летчика действует 2 силы mg и N .

Причем $\vec{N} = -m\vec{g} + m\vec{a}_y$.



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

$v = \text{const} \Rightarrow$
нет
тангенс.
ускорения

$$\Rightarrow N = m\sqrt{g^2 + a_y^2} \Rightarrow \frac{N}{mg} = \frac{\sqrt{g^2 + a_y^2}}{g} =$$

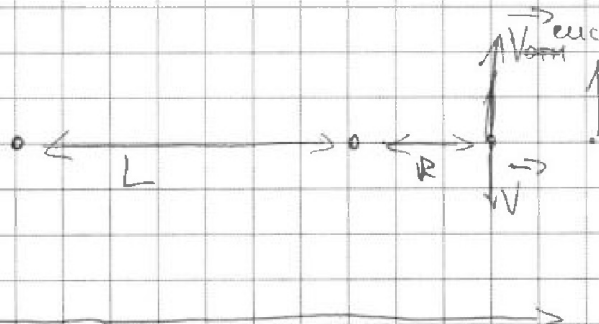
$$= \frac{\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}}{g} = \frac{\sqrt{100 + \frac{100^2}{500}}}{10} = \frac{\sqrt{100 + \frac{100}{5}}}{10} = \frac{\sqrt{120}}{10} =$$

$$= \frac{\sqrt{30}}{5}$$

2) $\omega = \frac{v}{R}$ - угловая скорость.

Угловая скорость у обоих симметризов
одна и та же $\Rightarrow$ ~~конкретно~~

1y



$$\vec{V}_{\text{отн}} = (L+R)\omega =$$

$$v \frac{(L+R)}{R}$$

$$\vec{U} = \vec{V}_{\text{отн}} + \vec{V} =$$

$$v \cdot \frac{(L+R)}{R} - v =$$

$$U = v \frac{L}{R} = 100 \cdot \frac{1250}{500} = 100 \cdot 2,5 = 250 \text{ м/с}$$

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



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!

$$S = \frac{v_0^2}{g} \left(\sin \alpha - \frac{\sin \alpha}{1 + \sin \alpha} \right)$$

$$\frac{Sg}{v_0^2} = \frac{100 \cdot 10}{625 \cdot 2} = \frac{1000}{1250}$$

$$\frac{Sg}{v_0^2} = \frac{\sin^2 \alpha + \sin \alpha - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$\frac{Sg}{v_0^2} = \frac{\sin^2 \alpha}{1 + \sin \alpha} \quad \sin^2 \alpha - \frac{Sg}{v_0^2} \sin \alpha - \frac{Sg}{v_0^2} = 0$$

$$\sin \alpha = \frac{\frac{Sg}{v_0^2} \pm \sqrt{\left(\frac{Sg}{v_0^2}\right)^2 + 4 \frac{Sg}{v_0^2}}}{2} \quad \alpha > 0$$

$$\sin \alpha = 0,8 \pm \frac{\sqrt{0,64 + 3,2}}{2} = \frac{0,4 \pm 0,4\sqrt{6}}{2} =$$

$$\sin \alpha = \frac{0,4 \cdot \sqrt{384}}{10} = \frac{0,4 \cdot 4 \sqrt{24}}{10} = \frac{0,4 \cdot 8 \sqrt{6}}{10} =$$
$$= \frac{32}{100} \sqrt{6} = \frac{8}{25} \sqrt{6} \quad \sin \alpha = 0,4 (\sqrt{6} + 1)$$

Ответ: $v_0 = 25\sqrt{2} \text{ м/с}$ $0,4(\sqrt{6} + 1)$

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{8}{25} \sqrt{6} \right)$$



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 ☐

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!

$$S = \frac{v_0^2}{g} \sin \alpha - \frac{2v_0^2 \cdot (1 - \sin \alpha)^2 \cdot \sin \alpha}{4g \cos^2 \alpha}$$

$$\frac{Sg}{2v_0^2} = \sin \alpha - \frac{2 \sin \alpha - 2 \sin^2 \alpha + \sin^3 \alpha}{2(1 - \sin^2 \alpha)}$$

$$\sin \alpha = t$$

$$\frac{Sg}{2v_0^2} = \frac{2t - 2t^3 - t + 2t^2 - t^3}{2 - 2t^2}$$

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

Если мы перейдем в сис. координат с осью.

$$v_0 \cdot \cos(\beta + \alpha) \cdot t = S \cdot \cos \alpha$$

$$v_0 \cos(45 + \frac{\alpha}{2}) \cdot \frac{2v_0 \cdot (1 - \sin \alpha)}{g \cos \alpha} = S \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{v_0^2 \cos(45 + \frac{\alpha}{2}) \cdot (1 - \sin \alpha)}{g \cos \alpha} = S \cdot \cos \alpha$$

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

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

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



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 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!

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

$$f = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\beta}{g \cos \alpha} - \frac{2v_0^2 \sin^2 \beta \cdot \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} S = 0 \quad \text{Yem. max}$$

$$f'_\beta = 0$$

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

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

$$\frac{v_0^2}{g \cos \alpha} \cdot 2 \cos 2\beta - \frac{2v_0^2 \sin^2 \beta \cdot \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} = 0$$

$$\cos 2\beta = \frac{\sin 2\beta \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} \quad \text{ctg } \alpha = \text{ctg } 2\beta$$

$$2 \text{ctg } \beta = \cos \alpha$$

$$2\beta = 90 - \alpha$$

$$\beta = 45 - \frac{\alpha}{2}$$

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

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

$$- \cos \alpha \text{ctg}^2 \beta - 2 \text{ctg } \beta + \cos \alpha = 0$$

$$\text{ctg}^2 \beta \cdot \cos \alpha + 2 \cdot \text{ctg } \beta +$$

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

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{1 - \sin \alpha}{2}}$$

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

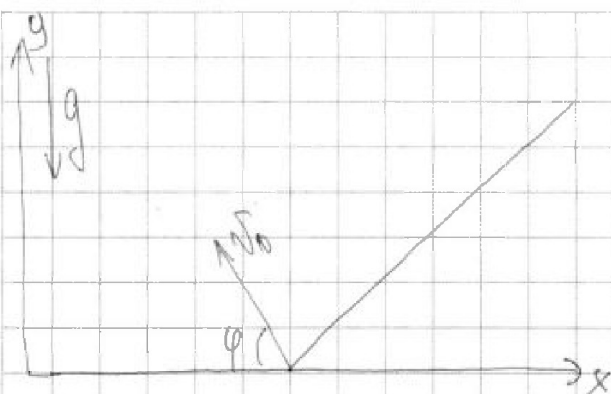
$$S = \frac{v_0^2}{g} (2 \cos^2 \beta - 1 - \frac{2 \sin^2 \beta \sin \alpha}{\cos^2 \alpha})$$



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

1
☐2
☒3
☐4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
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) ~~Рассмотрим~~ движение для
осколка падающего,
на наклонную

$$OX: X = -v_0 \cos \varphi t$$

$$OY: 0 = v_0 \sin \varphi t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{gt}{2} = v_0 \sin \varphi \Rightarrow t = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g}$$

$$L_{\max} = v_0 \cos \varphi \cdot \frac{2v_0 \sin \varphi}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\varphi}{g} \Rightarrow$$

$$\sin(2\varphi) \leq 1 \Rightarrow \text{максимальное расстояние при } \varphi = 45^\circ \Rightarrow T = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g} \Rightarrow$$

$$v_0 = \frac{T \cdot g}{2 \sin \varphi} = \frac{5 \cdot 10}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 25\sqrt{2} \text{ м/с}$$

2) Рассмотрим падение на ~~гор.~~ ^{накл.} плоскость



Введем координ. ось как
на рис.

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

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

Усл. максимума $y=0$, $x=S$

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

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



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.



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!

$$v^2 = 6gh - \frac{6}{5} \cdot \frac{20}{9} gh = 6gh - \frac{24}{9} gh = \frac{30}{9} gh = \frac{10}{3} gh$$

$$v = \sqrt{\frac{10}{3} gh} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10 \cdot 3}{3 \cdot 2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 5\sqrt{2} \text{ м/с}$$

4) Сумма сил всегда $\text{const} \Rightarrow$ ускорение $\text{const} = a$

$$\frac{h}{\sin \alpha} = \frac{v^2}{2a} \quad \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{10gh}{2a}$$

$$a = \frac{5}{3} \cdot \sin \alpha \cdot g = \frac{5}{3} \cdot \frac{3}{20} \cdot 10 = \frac{3 \cdot 5}{2} = 7,5 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,45$

$$v = 5\sqrt{2} \text{ м/с}$$

$$a = 7,5 \text{ м/с}^2$$

$$\mu \geq \frac{g}{3,5\sqrt{2}}$$



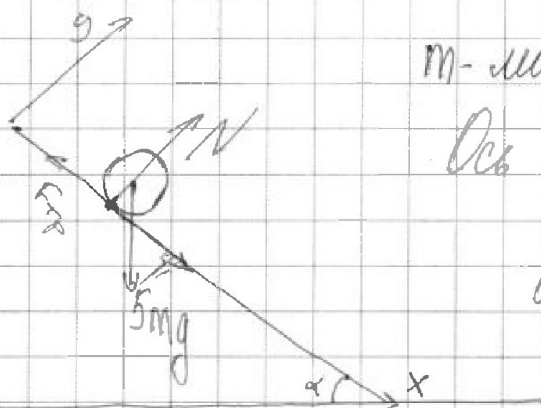
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 3

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

3)



m - масса бочки

Ось ОХ: $N = 5mg \cdot \cos \alpha$ -
ус. равновесия

Ось ОХ: нет тангенс. ускор

$F_{тр} = 5mg \sin \alpha$
 $\mu \cos \alpha = \sin \alpha$

Заметим, что кинетическая энергия бочки складывается из поступательной и вращательной. Момент инерционная энергия цилиндра = $\frac{mv^2}{3} \rightarrow$

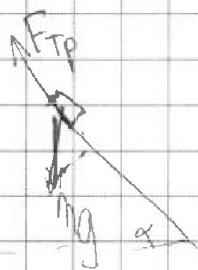
$$E_{вр} = \frac{5mv^2}{3}$$

$$5mgh = E_{вр} + E_n + A_{тр}$$

$$E_n = \frac{5mv^2}{2}$$

$$5mgh = \frac{5mv^2}{6} + F_{тр} \cdot \frac{h}{\sin \alpha}$$

Нет тангенс. ускорения бочки.



$$\mu \cdot 5mg \cos \alpha \geq mg \cdot \sin \alpha$$

μmg - сила трения покая

$$\mu \cdot 5 \cos \alpha \geq \sin \alpha$$

$$\mu \geq \frac{\sin \alpha}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{9}{20}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{20^2 - 9^2}}{20} = \frac{19}{20}$$

$$F_{тр} = mg \sin \alpha$$

$$5mgh = \frac{5mv^2}{6} + \frac{mgh}{\sin \alpha}$$

$$v^2 = 6gh - \frac{6}{5} \frac{gh}{\sin \alpha}$$



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.

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

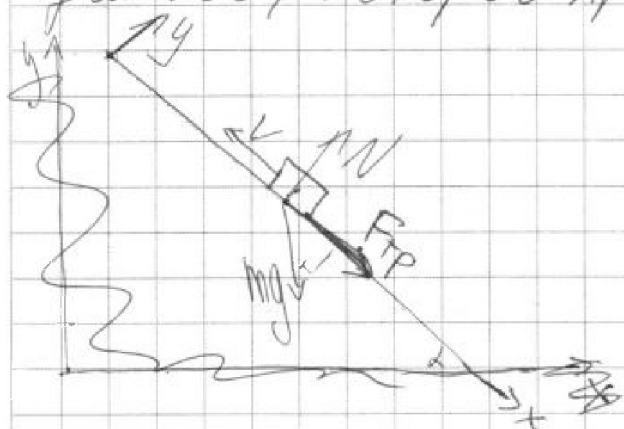
6
☐

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!

1) По графику скорость сначала убывает и
наклон графика ^{круже} ~~острее~~ $a_1 = \frac{6}{1} + 6 \text{ м/с}^2$
ум. коэффициент. $a_2 = \frac{6}{2} = 3 \text{ м/с}^2$ —
ум. коэф. второй прямой.



a_{12} Усл. равновесия по OY

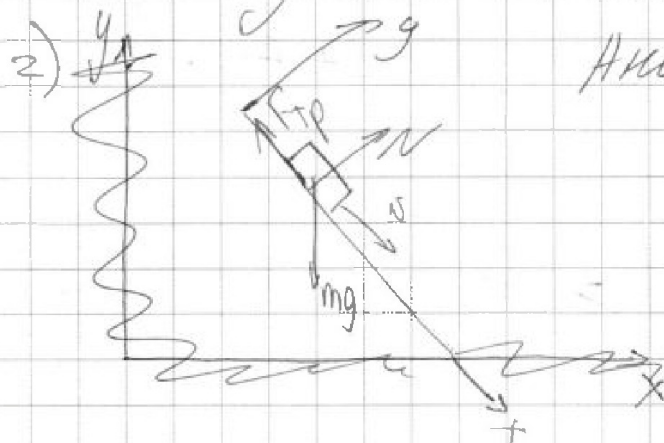
$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

II з. Ньютона для OX

$$ma_1 = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$$

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

$$\Rightarrow a_1 = g(\sin \alpha + \cos \alpha)$$



Аналогично $N = mg \cos \alpha$

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

II з. Ньютона ось OX

$$ma_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \cos \alpha)$$

$$\Rightarrow a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} =$$

$$= \frac{3 + 6}{2 \cdot 10} = \frac{9}{20} = 0,45.$$



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

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!

Дано:

Решение

$$Q = 2320 \text{ Дж}$$

$$|\Delta T_1| = 58 \text{ К}$$

$$|\Delta T_2| = 40 \text{ К}$$

$A = ?$

$C_p = ?$

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

1) Изохорический процесс $V = \text{const}$

$$\Rightarrow A_1 = 0 \Rightarrow Q = \Delta U_1, Q < 0$$

$$\text{и } T \downarrow \Rightarrow |Q| = |\Delta U_1|$$

$$Q = \frac{5}{2} \nu_A R |\Delta T_1| + \frac{3}{2} \nu_r R |\Delta T_1|$$

$$\frac{Q}{R |\Delta T_1|} = \frac{5}{2} \nu_A + \frac{3}{2} \nu_r \quad (1)$$

2) Изобарический процесс $p = \text{const}$

$$Q = C_p |\Delta T_2| \quad C_p = \frac{Q}{|\Delta T_2|} = \frac{2320}{40} = 58 \text{ Дж/К}$$

$$Q = A + \Delta U_2 - \text{1з. термодинамики}$$

$$pV_1 = (\nu_A + \nu_r)RT_1$$

$$pV_2 = (\nu_A + \nu_r)RT_2 \quad \left. \begin{array}{l} pV_1 = (\nu_A + \nu_r)RT_1 \\ pV_2 = (\nu_A + \nu_r)RT_2 \end{array} \right\} \text{уравнение Менделеева -}$$

Клапейрона для начального и конечного состояний

$$p(V_2 - V_1) = (\nu_A + \nu_r)R(T_2 - T_1)$$

$$A = p\Delta V = (\nu_A + \nu_r)R\Delta T_2, \Delta T_2 < 0 \text{ т.к. температура понижалась} \Rightarrow A < 0 \quad |A| = (\nu_A + \nu_r)R|\Delta T_2|$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 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!

$$\Delta U_2 = \frac{5\nu_A R}{2} \Delta T_2 + \frac{3\nu_r R}{2} \Delta T_2, \Delta T_2 < 0 \Rightarrow \Delta U_2 < 0,$$

соответственно тепло отводится $Q < 0$

$$|Q| = |A| + |\Delta U_2|$$

$$Q = (\nu_A + \nu_r) R |\Delta T_2| + \frac{5\nu_A R}{2} |\Delta T_2| + \frac{3\nu_r R}{2} |\Delta T_2|$$

$$Q = \frac{7\nu_A R}{2} |\Delta T_2| + \frac{5\nu_r R}{2} |\Delta T_2|$$

$$\frac{Q}{R |\Delta T_2|} = \frac{7\nu_A + 5\nu_r}{2} \quad (2)$$

$$3. \text{ Мы знаем, что } Q = \left(\frac{5}{2}\nu_A + \frac{3}{2}\nu_r \right) R |\Delta T_1|$$

$$\Rightarrow Q \frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|} = \left(\frac{5}{2}\nu_A + \frac{3}{2}\nu_r \right) R |\Delta T_2| = |\Delta U_2| \Rightarrow$$

$$|A| = Q - Q \frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|} = \frac{Q (|\Delta T_1| - |\Delta T_2|)}{|\Delta T_1|}$$

$$|A| = \frac{2320}{58} \cdot (58 - 40) = 40 \cdot 18 = 720 \text{ Дж}$$

$$A = -720 \text{ Дж.} \quad \begin{array}{l} \text{— работа газа} = - \text{ работа} \\ \text{5 } \nu_A \nu_r \text{ — внешн. сил} \\ \text{3 } \nu_A \nu_r \end{array}$$

$$4. (2) - (1) = \nu_A + \nu_r = \frac{Q}{R} \left(\frac{|\Delta T_1| - |\Delta T_2|}{|\Delta T_1| \cdot |\Delta T_2|} \right) \quad (5)$$

$$\frac{3}{2} \frac{Q}{R} \left(\frac{|\Delta T_1| - |\Delta T_2|}{|\Delta T_1| \cdot |\Delta T_2|} \right) = \frac{3\nu_A + 3\nu_r}{2} \quad (3)$$



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

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!

$$(1) - (3) = \frac{Q}{R} \frac{3|\Delta T_1| - 1|\Delta T_2|}{2|\Delta T_1| - 1|\Delta T_2|} \left(\frac{1}{\Delta T_1} - \frac{3|\Delta T_1| - 1|\Delta T_2|}{2|\Delta T_1| |\Delta T_2|} \right) =$$
$$= \frac{2}{A}$$

$$\frac{2}{A} = \frac{Q}{R} \frac{5|\Delta T_2| - 3|\Delta T_1|}{2|\Delta T_1| |\Delta T_2|} \quad (4)$$

$$(5) - (4) = \frac{Q}{R} \left(\frac{2|\Delta T_1| - 2|\Delta T_2| - 5|\Delta T_2| + 3|\Delta T_1|}{2|\Delta T_1| |\Delta T_2|} \right) = \frac{2}{A}$$

$$5. \frac{N_1}{N_2} = \frac{\frac{2}{A} \cdot N_A}{\frac{2}{A} \cdot N_A} = \frac{2}{A} = \frac{5|\Delta T_1| - 7|\Delta T_2|}{5|\Delta T_2| - 3|\Delta T_1|}$$

$$\frac{2}{A} = \frac{5 \cdot 58 - 7 \cdot 40}{5 \cdot 40 - 3 \cdot 58} = \frac{290 - 280}{200 - 174} = \frac{10}{26} = \frac{5}{13}$$

Ответ: $A = 720 \text{ Дж}$

$$C_p = 58 \text{ Дж/К}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{5}{13}$$



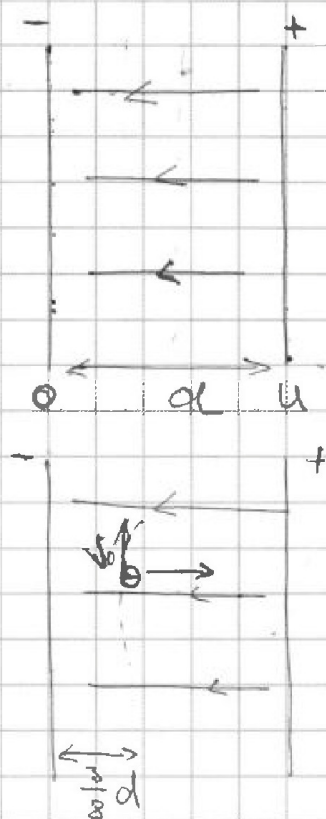
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 1

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



$$1. U = \frac{k|q_0|}{d^2} \cdot d = \frac{k|q_0|}{d}, \text{ где } q_0 -$$

заряд конденсатора.

$$2. a_y = \frac{V_0^2}{R}$$

3. Рунона

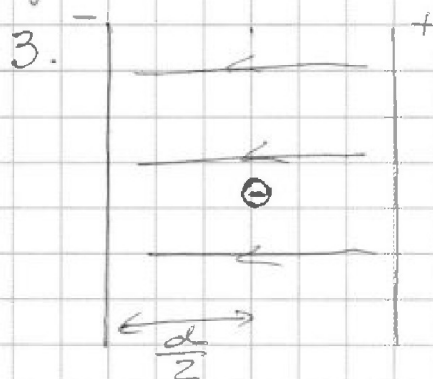
$$F = \frac{k|q_0| \cdot |q|}{\left(\frac{5}{8}d\right)^2} = \frac{64}{25} \frac{k|q_0| \cdot (-q)}{d^2}$$

$$\Rightarrow ma_y = F$$

$$\frac{mV_0^2}{R} = \frac{64}{25} \frac{k|q_0| \cdot (-q)}{d^2}$$

$$f = \frac{q}{m} = - \frac{25}{64} \frac{k|q_0| \cdot V_0^2 \cdot d^2}{Rk|q_0|}$$

$$f = - \frac{25}{64} \cdot \frac{dV_0^2}{UR}$$



Закон сохранения энергии.

$$\frac{mV_0^2}{2} + q\varphi_1 = \frac{mV^2}{2} + q\varphi_2$$

$$\varphi_1 = \frac{3}{8} U_0 \text{ - когда частица на } \frac{3}{8} d$$

$$\varphi_2 = \frac{k|q_0|}{d^2} ; \varphi_1 = \frac{8}{3} U_0 ; \varphi_2 = 2U_0$$

$$\varphi_2 = \frac{U_0}{2} \quad \frac{mV_0^2}{2} + \frac{3}{8} qU_0 = \frac{mV^2}{2} + q \frac{U_0}{2}$$

$$V^2 = V_0^2 - \frac{1}{4} \frac{qU_0}{m} = V_0^2 - fU_0 = V_0^2 + \frac{25}{256} \frac{d}{R} V_0^2$$

$$V = V_0 \sqrt{1 + \frac{25}{256} \frac{d}{R}}$$



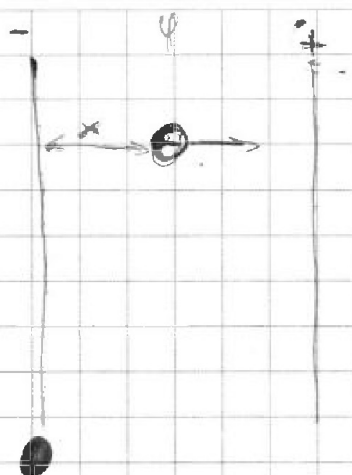
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА

4 из 5

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!



$$\frac{R/2 \cdot (1 - e)}{R^2} \cdot R$$

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

$$2 \cos^2 \frac{\alpha}{2} - 1 = \cos \alpha$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

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



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

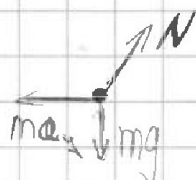
СТРАНИЦА
из

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

$$-\frac{1}{2}u + u_0$$

$$V = \omega R \quad a_y = \frac{2v^2}{R}$$



$$\vec{N} = m\vec{a}_y + m\vec{g}$$

$$N = m\sqrt{a_y^2 + g^2} = \frac{m \cdot u^2}{R}$$

$$B = \frac{D \cdot x}{K_1} = \frac{H \cdot u}{K_1} = m\sqrt{\frac{2v^4}{R} + g^2}$$

$$u = 2V$$

№4

$$H = \frac{K_1^2}{u^2}$$

$$Q = \Delta U_1 = \frac{5}{2} \omega R \Delta T + \frac{3}{2} \omega R \Delta T$$

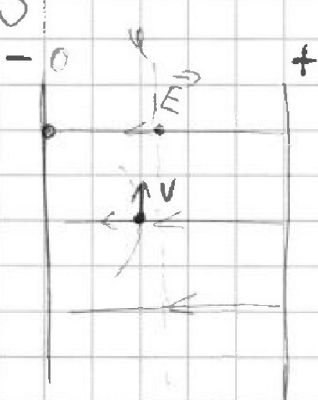
$$\frac{2Q}{\Delta T R} = 5\omega + 3\omega$$

$$\omega =$$

$$Q = \Delta U_2 + A = C_p \Delta T$$

$$\frac{Q}{m} = \frac{g}{64} \cdot \frac{d u_0^2}{\omega R}$$

№5



$$E = U/d$$

$$k \frac{q_1 q_2}{R^2}$$

$$\frac{m v^2}{R} = \frac{2 \cdot \frac{q^2}{d^2} \cdot 64}{E \cdot \frac{q}{d}}$$

$$\frac{k q_1 q_2}{R^2} = \frac{U}{d}$$

$$\frac{Q}{m} = \frac{v^2}{ER} = \frac{v^2 d}{U R}$$

$$k = U d$$

$$= \frac{q U}{d} \cdot \frac{64}{g} = \frac{m v_0^2}{R}$$

$$\frac{q \cdot U d}{d^2} \cdot \frac{64}{g} =$$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

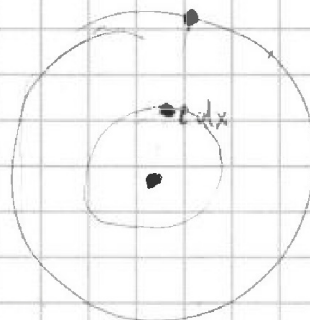
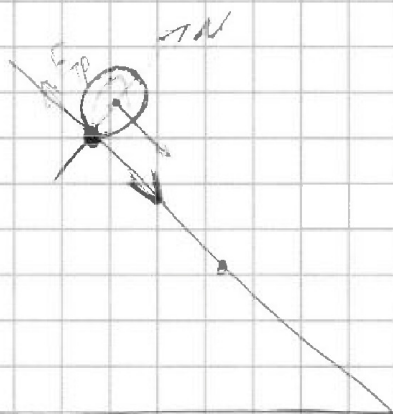
СТРАНИЦА

из

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

$m, 4m$

$$\sigma = \frac{M}{\pi R^2}$$



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

$$\frac{m \cdot u^2 / c^2}{2}$$

$$\frac{m \cdot u^2 / c^2}{2}$$

$$\frac{\sigma \cdot dx \cdot 2\pi x \cdot \omega^2 x^2}{2}$$

$$\sigma \pi \omega^2 \cdot \int_0^R x^3 dx = \frac{\sigma \pi \omega^2 R^4}{3} = \frac{m \omega^2 R^2}{3}$$

$$\omega R = v$$

$$5mgh = \frac{5m v^2}{2} + \frac{5m v^2}{3} + A_{тр}$$

$$gh = \frac{5v^2}{6} \quad v = \sqrt{\frac{6gh}{5}}$$

$$400 - 81 = 329 = 7.49$$



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!



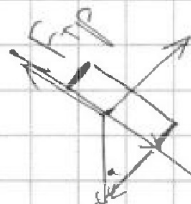
$$S \cdot \cos \alpha = v \cos(\alpha + \beta) \cdot t$$

$$S \cdot \sin \alpha = v \sin(\alpha + \beta) \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

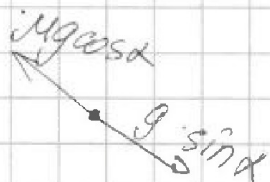
$$t = \frac{S \cdot \cos \alpha}{v \cdot \cos(\alpha + \beta)}$$

$$S \cdot \sin \alpha = S \cdot \cos \alpha \cdot t g(\alpha + \beta) - \frac{g S^2 \cdot \cos^2 \alpha}{v^2 \cdot \cos^2(\alpha + \beta)}$$

$$\sin \alpha = \cos \alpha \cdot t g(\alpha + \beta) - \frac{g S}{v^2} \cos^2 \alpha \cdot \frac{1}{\cos^2(\alpha + \beta)}$$

 ~ 3 

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



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

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

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



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.

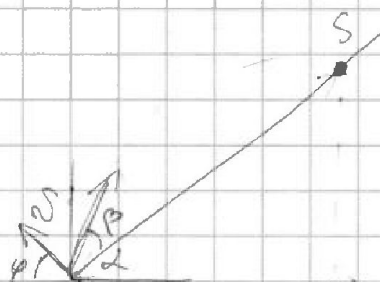


СТРАНИЦА

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!

№2



$$v \cos \varphi \cdot t = \max$$

$$t = 2 \frac{v \sin \varphi}{g}$$

$$2 \frac{v^2 \sin 2\varphi}{g}$$

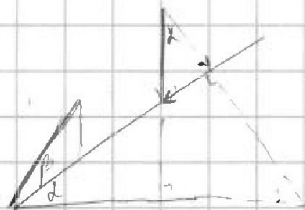
$$\sin 2\varphi = 1$$

$$\varphi = 45^\circ$$

$$t = 2 \cdot \frac{v \cdot \sin \varphi}{g}$$

$$v = \frac{t g}{2 \sin \varphi} = \frac{5 \cdot 10}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{5 \cdot 10}{\sqrt{2}} = 25\sqrt{2} \text{ м/с}$$

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



$$v \cdot (\cos(\beta + \alpha)) \cdot t = S \cdot \cos(\beta + \alpha)$$

$$v \cdot \sin(\beta + \alpha) \cdot t - \frac{g t^2}{2} = S \sin(\alpha + \beta)$$

$$y = v / \sin$$

$$S \cdot \sin(\beta + \alpha) - \frac{g t^2}{2} = S$$

$$S = v \cdot \cos \beta \cdot t - \frac{g \cdot \sin^2 \alpha \cdot t^2}{2} = \frac{v^2 \sin 2\beta}{g \cos \alpha} - \frac{v^2 \sin^2 \beta}{2}$$

$$t = 2 \frac{v \cdot \sin \beta}{g \cdot \cos \alpha}$$