



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 10-02

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



4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят  $Q = 780$  Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на  $|\Delta T_1| = 31,2$  К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на  $|\Delta T_2| = 20$  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. Частица с удельным зарядом  $\gamma = \frac{q}{m} < 0$  движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения  $U$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам на расстоянии  $d/8$  от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен  $R$ .

1. Найдите скорость  $V_0$  частицы в рассматриваемый 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?



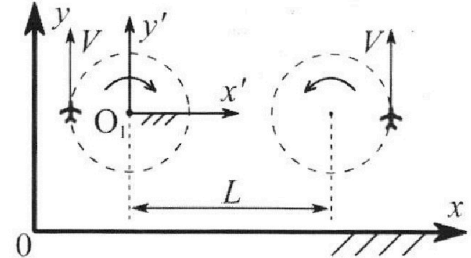
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 10-02



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  $V = 70$  м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет,  $R=700$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

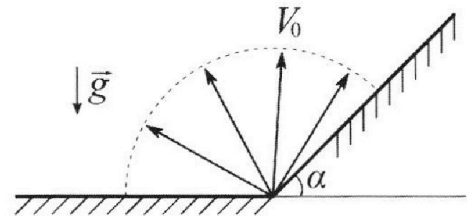


1. Определите отношение  $\frac{P}{mg}$ , здесь  $P$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.

В некоторый момент времени самолеты окажутся на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей  $L=2,1$  км. Вектор скорости каждого самолета показан на рис.

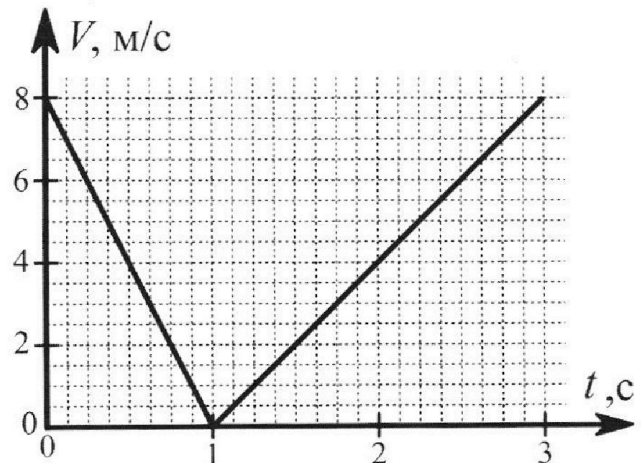
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшее перемещение за время полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность, равно  $S_1 = 160$  м, упавших на склон,  $S_2 = 120$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



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

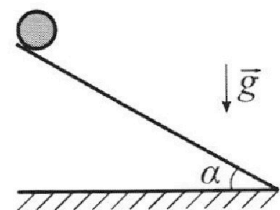
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – 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  $n=2$  раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения относительно наклонной плоскости на  $L=0,6$  м?
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?





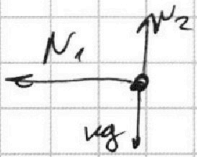
1  2  3  4  5  6  7

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!

Самолет движется в горизонтальной плоскости по окружности, а знаменит и имеет радиус.

Рассмотрим силы на самолет



2 3-й Ньютона:

$$N_2 = mg$$

$$N_1 = \frac{mv^2}{R}$$

$$N = \sqrt{N_1^2 + N_2^2}$$

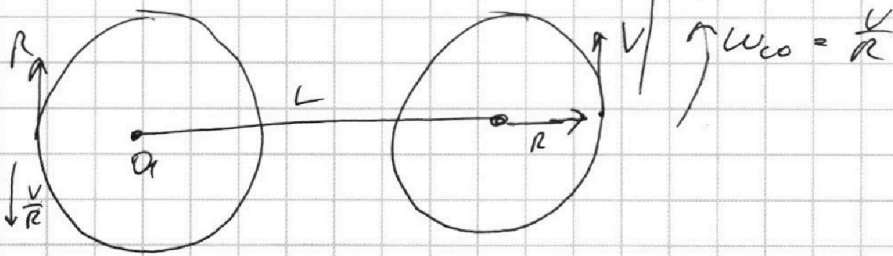
По 3 закону Ньютона  $P = N$  (сила действия равна

силе противодействия)  $\Rightarrow P = \sqrt{(mg)^2 + \left(\frac{mv^2}{R}\right)^2}$

$$\frac{P}{mg} = \sqrt{1 + \left(\frac{v^2}{gR}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{72^2 + 0,2}{10 \cdot 400}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{7}{10}\right)^2} = \sqrt{1 + 0,49} =$$

$$= \sqrt{1,49} \approx 1,22$$

$$u = v_{\text{всп}} + v$$



Сделаем  $O$  вращающейся  $u = \frac{v}{R}$  против

часовой. В этой  $O$  у самолета  $\omega$  и скорость  $= 0$

$$u_{\text{отн}} = v + \omega \cdot (L+R) = v + \frac{L+R}{R}v = 350 \frac{m}{c}$$

Ответ: 1) 1,22      2) 350  $\frac{m}{c}$



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

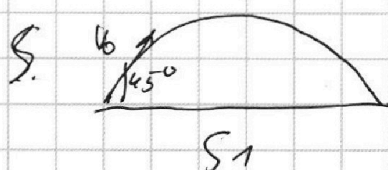


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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

1) Известно что максимальное удаление при броске под углом  $45^\circ$  к горизонту (при падении на ту же высоту)



$$S_1 = v_0 \cos 45^\circ t$$

$$0 = v_0 \sin 45^\circ t - \frac{g t^2}{2}$$

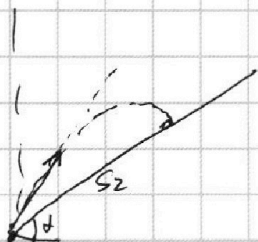
$$v_0 \sin 45^\circ = \frac{g \cdot S_1}{2 v_0 \cos 45^\circ}$$

$$v_0^2 = \frac{g S_1}{2 \sin 45^\circ \cos 45^\circ}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{g S_1}{2 \sin 45^\circ \cos 45^\circ}} = 40 \frac{m}{s}$$

Ответ:  $v_0 = 40 \frac{m}{s}$

2) Менее известный факт: ~~минимальная скорость~~ когда в заданную точку с минимальной скоростью можно совершить бросок по диаметру дна между вертикалью и направлением на точку.





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

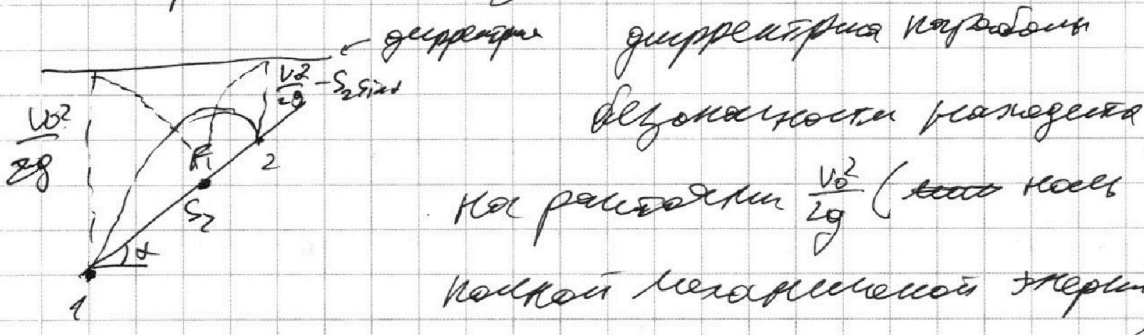


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

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

Выводим всю геометрию в боковом  
и параболе безмассности.



В точке координат 2 расстояние до директрисы  
параболы безмассности  $= \frac{V_2^2}{2g}$

$$\text{из } \triangle: V_2^2 = V_0^2 - 2g S_2 \sin \alpha$$

Чтобы точка 2 была на параболы безмассности

фокус у параболы, который мы строим  
должен быть 1 (иначе это не прямая и  
навиская траектория) Прямая т.к. окружность

Средней  $\frac{V_0^2}{2g}$  и  $\frac{V_2^2}{2g}$  будут касаться (пересечение всего  $\uparrow$ ), то фокус F лежит на  
средине  $S_1-2$

$$\text{из геометрии: } S_2 = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} - S_2 \sin \alpha$$

$$S_2 = \frac{V_0^2}{g} - S_2 \sin \alpha = S_1 - S_2 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{S_1 - S_2}{S_2} = \frac{160 - 120}{120} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3}$$

Ответ:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{1}{3}\right)$$



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  
1 ИЗ 3

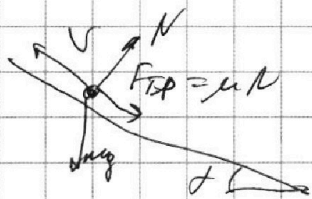
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Решим задачу 2 двумя способами:

- 1) зацеплена веревкой сверху
- 2) вниз по склону

2 шайбой отпадает, т.к. шайба либо всегда разгоняется, либо замедляется, но быстрее не будет ехать  $\Rightarrow$  шайба зацеплена сверху.

Решение по шайбе вверх:



2 закон Ньютона:

$$N = mg \cos \alpha$$

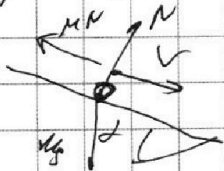
$$m a_1 = \mu N + mg \sin \alpha$$

$$a_1 = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = \frac{1}{2} g - \dot{V} \quad (\text{продол } V)$$

из графика ~~а~~  $\dot{V} = k \cos \alpha = -8 \frac{m}{c^2}$

$$a_1 = 8 \frac{m}{c^2} = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$

при движении вниз:



$$N = mg \cos \alpha$$

$$m a_2 = mg \sin \alpha - \mu N$$

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

из графика  $a_2 = k \cos \alpha = 4 \frac{m}{c^2}$



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!

Сложим 2 уравнения:

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

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{8 + 4}{20} = 0.6$$

Ответ:  $\sin \alpha = 0.6$

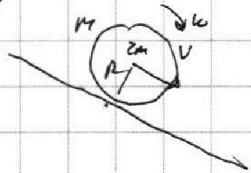
Тогда  $\cos \alpha = 0.8$ .

2) Запишем теорему Кеплера:

$$E_k = E_{k_{\text{цм}}} + E_{k_{\text{отн цм}}}$$

Ищем в СУМ:

жидкость идеальная и не вязкая, а значит относительно СУМ покоится.



$$\omega = \frac{v}{R} \text{ (осяевые вращения)}$$

$$E_{k_{\text{отн цм}}} = \frac{I_{\text{отн цм}} \omega^2}{2} = \frac{m_2 R^2}{2} \frac{v^2}{R^2} = \frac{m_2 v^2}{2}$$

$$E_{k_{\text{цм}}} = \frac{3m \cdot v^2}{2}$$

$$E_k = \frac{m_2 v^2}{2} + \frac{3m v^2}{2} = 2m v^2$$

Теорема об суммарном моменте энергии:

$$\frac{dE}{dt} = P_{\text{внеш сил}}$$





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!

$$\frac{dE_k}{dt} = \mu mg v \cos \alpha$$

$$P_{\text{внешн. м.}} = 3mgv = \frac{dh}{dt} = 3mgv \sin \alpha \quad (\text{мощность трения} = 0 \text{ т.к. сила ее приложения перпендикулярна скорости})$$

$$\mu mg v \cos \alpha = 3mgv \sin \alpha$$

$$\mu = \frac{3g \sin \alpha}{4} = 4,5 \frac{\mu}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } \mu = 4,5 \frac{\mu}{\text{с}}$$

3(7):

$\Delta E_{\text{кин}} + \Delta E_{\text{пот}} = 0$  (работа м. трения равна нулю, т.к. сила приложения всегда перпендикулярна)

$$\Delta E_{\text{кин}} = 2mgv^2$$

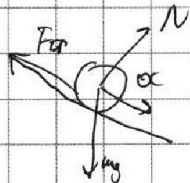
$$\Delta E_{\text{пот}} = 3mgL \sin \alpha$$

$$v = \sqrt{\frac{3gL \sin \alpha}{2}} = 0,6 \sqrt{15} \approx 0,6 \sqrt{16} \approx 2,4 \frac{\mu}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } v \approx 2,4 \quad v = 0,6 \sqrt{15} \frac{\mu}{\text{с}} \quad v \approx 2,4 \frac{\mu}{\text{с}}$$

Запишем теорему о движении электрона

$$\text{м.т.т.: } N = 3mg \cos \alpha$$



$$3mg \cos \alpha = 3mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} = 3\mu (g \sin \alpha - a) < \mu N = \mu \cdot 3mg \cos \alpha$$

$$\mu > \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha} = \frac{6 - 4,5}{8} = \frac{1,5}{8} = \frac{3}{16} \quad \text{Ответ: } \mu > \frac{3}{16}$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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

Возьмем начало термодинамики:

$$Q = A + \Delta U_{\text{возд}}$$

$$A_{\text{возд}} = -A_{\text{мем}} \Rightarrow$$

$$A_{\text{мем}} + Q = \Delta U_{\text{возд}}$$

$$A_{\text{мем}} = \Delta U_{\text{возд}} - Q$$

Для изохорного процесса:

$$Q = C_V \cdot \Delta T_1$$

$$C_V = 25 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Для изобарного процесса

$$Q = C_P \cdot \Delta T_2$$

$$C_P = 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\text{Ответ: } C_P = 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$A_{\text{мем}} = C_V \cdot \Delta T_2 - Q = -25 \cdot 20 - (-480) = 480 - 500 = 280 \text{ Дж}$$

$$\text{Ответ: } A_{\text{мем}} = 280 \text{ Дж} = Q \left( 1 - \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)$$

Вычисляем  $C_V$  и  $C_P$  мем

$$C_V = C_{V_{N_2}} + C_{V_{He}} = \nu_{N_2} \cdot \frac{5}{2} R + \nu_{He} \cdot \frac{3}{2} R = \frac{Q}{\Delta T_1}$$

$$C_P = C_{P_{N_2}} + C_{P_{He}} = \nu_{N_2} \cdot \frac{7}{2} R + \nu_{He} \cdot \frac{5}{2} R = \frac{Q}{\Delta T_2}$$



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 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!

Косинус

$$\frac{V_{K1} \cdot \frac{4}{2} R + V_{K2} \cdot \frac{4}{2} R}{V_{K1} \cdot \frac{3}{2} R + V_{K2} \cdot \frac{5}{2} R} = \frac{\cancel{4R} \cdot \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}{\cancel{2R} \cdot \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} + \cancel{2R} \cdot \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

$$x + \frac{V_{K1} + V_{K2}}{V_{K1} \cdot \frac{3}{2} + V_{K2} \cdot \frac{5}{2}} = x + \frac{4}{25} + \frac{\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \cdot \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_2} + 1}{\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

$$\frac{V_{K1} + V_{K2}}{3V_{K1} + 5V_{K2}} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2\Delta T_2}$$

$$\cancel{V_{K1} \cdot \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} + V_{K1} + V_{K2} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2\Delta T_2} \cdot 3V_{K1} + 5 \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2\Delta T_2} V_{K2}$$

$$V_{K1} \left( 3 \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2\Delta T_2} - 1 \right) = V_{K2} \left( 1 - 5 \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2\Delta T_2} \right)$$

$$\frac{V_{K1}}{V_{K2}} = \frac{2\Delta T_2 - 5\Delta T_1 + 5\Delta T_2}{3\Delta T_1 - 3\Delta T_2 - 2\Delta T_2} = \frac{\cancel{2\Delta T_2} - 5\Delta T_1}{3\Delta T_1 - 5\Delta T_2} = \frac{5}{2}$$

Ответ:  $\frac{V_{K1}}{V_{K2}} = 2,5$



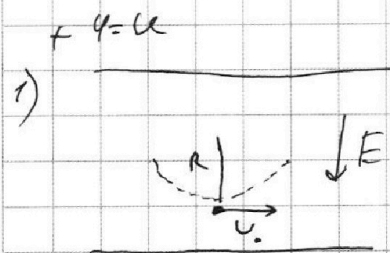
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

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



Положим ось x влево

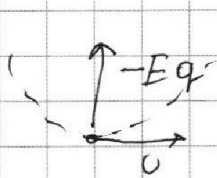
и дадим начало

$$F \cdot f = \Delta \varphi = u$$

$\varphi = 0$

$$E = \frac{u}{f}$$

2 ЗН Ньютона для частицы.



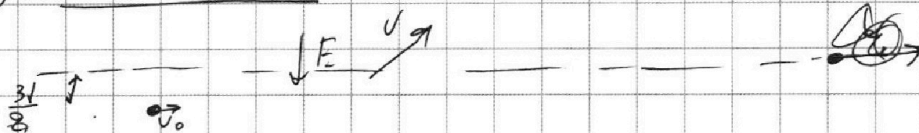
$$\frac{mv^2}{R} = -Eq$$

$$\frac{mv_0^2}{R} = -\frac{u}{f}q$$

$$v = \sqrt{\frac{-u f R}{f}}$$

$$\text{Ответ: } v_0 = \sqrt{\frac{-u f R}{f}}$$

2)  $f$



Заменим  $3(f)$  для частицы:

$$\Delta E_{\text{кин}} = A_{\text{вект}} = \cancel{f \cdot \frac{3}{8} f \cdot -q} - E \cdot \frac{3}{8} f \cdot q = -\frac{3}{8} u q$$

$$\Delta E_{\text{кин}} = \frac{m(v^2 - v_0^2)}{2}$$

$$v^2 = -\frac{3}{4} u f + \frac{R}{f} u f$$

$$v = \sqrt{-(\frac{R}{f} + \frac{3}{4}) u f}$$

$$\text{Ответ: } v = \sqrt{(\frac{R}{f} + \frac{3}{4}) u f}$$



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

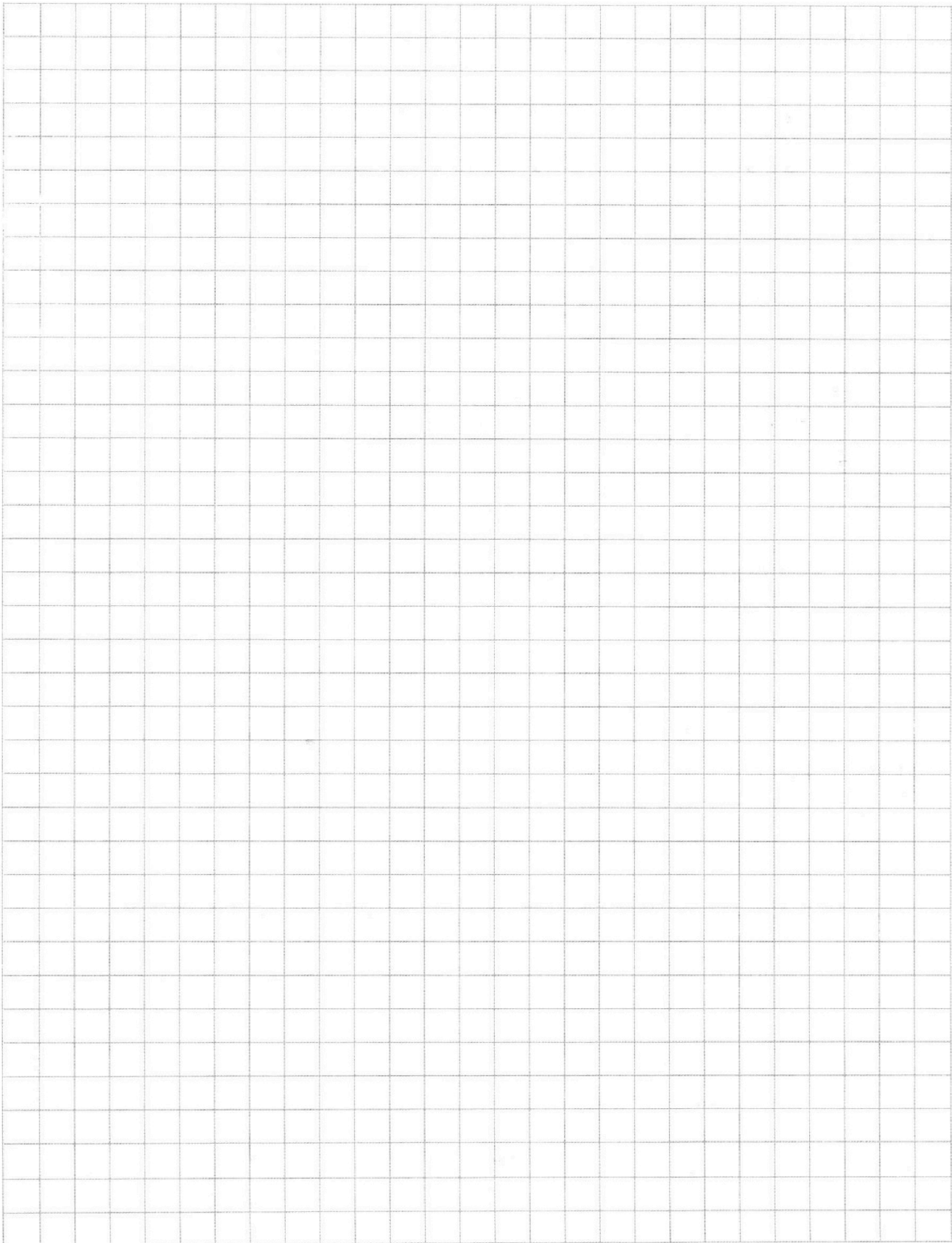
5

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!





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!

$$\begin{array}{r} 120 - 5 \cdot 31,2 \\ \hline 3 \cdot 31,2 - 80 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 312 \\ \times 3 \\ \hline 936 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 120 - 156 \\ \hline 36 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 312 \\ \times 3 \\ \hline 936 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 312 \\ \times 25 \\ \hline 1560 \\ 6240 \\ \hline 7800 \end{array}$$

=

$$3 \cdot \frac{14}{25} - 1 = \frac{42 - 25}{25} = \frac{17}{25}$$

2,5

$$1 - 5 \cdot \frac{14}{25} = 1 - \frac{14}{5}$$

$$\frac{140 - 156}{936 - 100} = \frac{16}{64} = \frac{160}{640} = \frac{160}{160} = \frac{20}{8} = \frac{5}{2} = 2,5$$

$$2,5 = \frac{5}{2} + \frac{5}{2}$$

$$2,5 \cdot 5 = 12,5 \quad \frac{195}{12,5} = 15,6$$

$$2,5 \cdot \frac{3}{2} = \frac{15}{4}$$

$$\begin{array}{r} 195 \\ 7 - 125 \\ \hline 20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 195 \\ - 15 \\ \hline 180 \end{array}$$



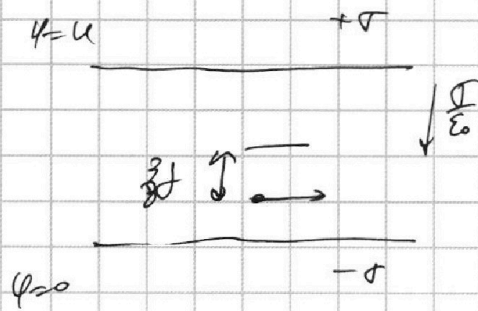


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\frac{d}{\epsilon_0} f = U.$$
$$\frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{U}{d}.$$

$$m \frac{v^2}{R} = -\frac{q}{d} q$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{-U q R}{d m}} = \sqrt{\frac{-U q R}{d}}$$

$$\Delta E_k = A_{\text{внеш}}$$

$$\frac{m(v^2 - v_0^2)}{2} = -\frac{q}{\epsilon_0} \cdot \frac{3}{8} d q$$

$$v^2 - v_0^2 = \frac{-\frac{q}{\epsilon_0} \cdot \frac{3}{4} d q}{k} = -\frac{\frac{3}{4} U q}{k} = -\frac{3}{4} U q$$

$$v = \sqrt{-\frac{3}{4} U q + \frac{1}{k} U q} = \sqrt{\left(\frac{k}{4} - \frac{3}{4}\right) U q}$$

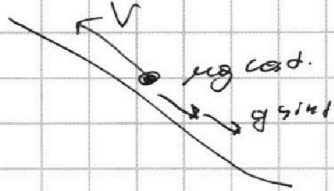


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
ИЗ

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



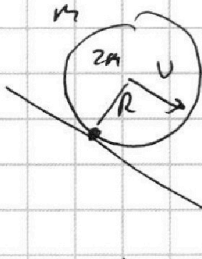
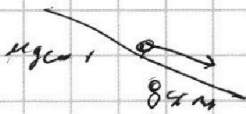
$$mg \cos \alpha + g \sin \alpha = g \frac{4}{5}$$

$$g \sin \alpha - mg \cos \alpha = \mu \frac{4}{5}$$

$$2g \sin \alpha = 12 \frac{4}{5}$$

$$g \sin \alpha = 6 \frac{4}{5}$$

$$\sin \alpha = 0,6$$



$$\omega = \frac{v}{R} \quad 0,6 = \sqrt{2a}$$

$$v = \sqrt{9 \cdot 0,6} = \sqrt{5,4}$$

ВСУМ:

мгновенно вращается  $\Rightarrow$  кин. энергия в

$$E_{\text{кин}} = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mR^2}{2} \frac{v^2}{R^2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_{\text{кин}} = \frac{3mv^2}{2}$$

$$E_{\text{а}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{а}} = 2mv^2$$

$$\frac{dE_{\text{а}}}{dt} = 3mg \sqrt{\sin \alpha}$$

$$2Rv^2 = 3mgL \sin \alpha$$

$$v = \sqrt{\frac{3gL \sin \alpha}{2}}$$

$$4v \Delta v = 3mg \sqrt{\sin \alpha} \Delta x$$

$$= \sqrt{\frac{30 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{2}}$$

$$a = \frac{3g \sin \alpha}{4} = 4,5 \frac{m}{c^2}$$



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!

$$g \sin \alpha - \frac{F_{тр}}{m} = 0$$

$$F_{тр} = \frac{(g \sin \alpha - a) m}{\mu} < \mu m g \cos \alpha$$

$$g \sin \alpha - a < \mu g \cos \alpha$$

$$\mu > \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha} = \frac{6 - 4,15}{8} = \frac{3}{16}$$

$$480 \overline{) 312}$$

$$\begin{array}{r} 480 \overline{) 312} \\ - 624 \\ \hline 1560 \\ - 1560 \\ \hline \end{array}$$

$$I \cdot C_U = V_{He} \frac{3}{2} R + V_{N_2} \frac{5}{2} R = \frac{480}{31,2} = 22,5$$

$$V_{He} \frac{3}{2} R + V_{N_2} \frac{5}{2} R = 25$$

$$x \frac{1+1}{3 \times 0,5} = \frac{14,4}{25}$$

$$V_{He} \frac{3}{2} R = V_{N_2} \frac{3}{2} R \quad \boxed{3,9}$$

$$25x + 25 = 21x + 35$$

$$I_{внеш} = Q - \Delta U = Q - \epsilon U \cdot \Delta I_2 =$$

$$\begin{array}{l} 4x = 10 \\ \boxed{x = 2,5} \end{array}$$

$$A_{внеш} + Q = \Delta U_{внеш}$$

$$A_{внеш} = -20 \cdot 2,5 + 480 = -500 + 480 = \boxed{+780 \text{ Дж}}$$

$$\begin{array}{l} x \frac{3}{2} = \frac{5}{2} \\ x \frac{3}{2} - \frac{7}{2} = \frac{3,9}{25} \\ \hline 6 \frac{3}{2} = \frac{5}{2} \end{array}$$

$$x + \frac{14,4}{25} = x + \frac{14,4}{25}$$



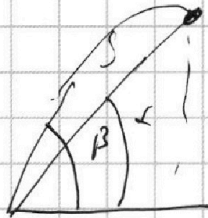


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$x = v_0 \cos \beta t = \frac{S}{\cos \alpha}$$

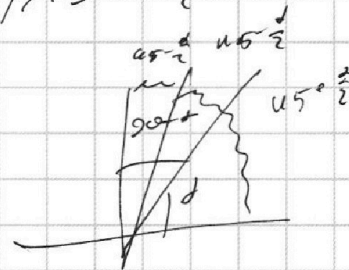
$$y = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} = \frac{S}{\sin \alpha}$$

~~$$\frac{y}{x} = \text{tg} \beta$$~~

~~$$\frac{v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}}{v_0 \cos \beta t} = \text{tg} \alpha$$~~

$$\alpha = 180 - 2\beta$$

$$\beta = 90 - \frac{\alpha}{2}$$



$$t = \frac{S}{v_0 \cos \beta \cos \alpha}$$

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

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

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

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

$$f' = \frac{\cos^2 \beta - \sin^2 \beta}{\cos \alpha} + \frac{2 \cos \beta \sin \beta}{\sin \alpha} = 0$$

$$\frac{\cos^2 \beta}{\cos \alpha} + \frac{\sin^2 \beta}{\sin \alpha} - 2 \text{tg} \alpha = -\text{tg} 2\beta$$

$$\text{tg} \alpha = \text{tg} (180 - 2\beta)$$

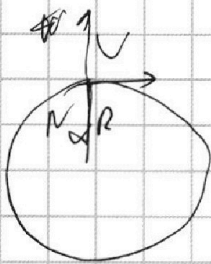


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

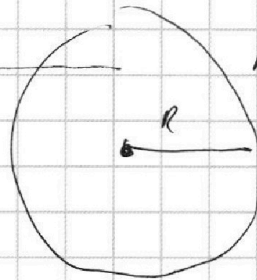
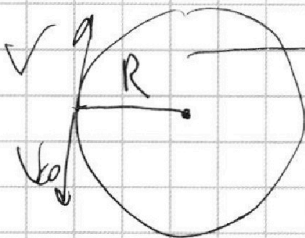
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



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

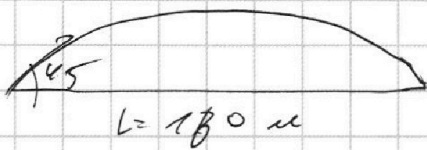
$$N = P$$

$$\frac{P}{mg} = \frac{v^2}{gR} = \frac{70 \cdot 70}{10 \cdot 400} = 0,4$$



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

$$u = v \left( 1 + \frac{2,8}{0,4} \right) = 5v = 350 \frac{m}{s}$$



$$L = v_0 \frac{v^2}{g}$$

$$v_0 \frac{v^2}{2} = \frac{gt}{2}$$

$$t = \frac{v_0 v^2}{g}$$

$$\frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2 - 2gS_2 \sin \alpha}{2g} = S_1$$

$$\frac{v_0^2}{g} = S_2 + S_2 \sin \alpha$$

$$S_1 = S_2 = S_2 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{S_1 - S_2}{S_2}$$

$$= \frac{160 - 120}{120} = \frac{1}{3}$$

$$L = \frac{v_0^2}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{1600} = 40 \frac{m}{s}$$

$$\begin{array}{r} 1,27 \\ \times 1,27 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 127 \\ \times 127 \\ \hline 742 \\ 1270 \\ \hline 14647 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,27 \\ \approx 1,22 \\ \hline 244 \\ + 244 \\ \hline 122 \\ \hline 14884 \end{array}$$

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





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!

$$= \frac{1 - \sin^2 d}{2} = \frac{g S \cos^2 d}{80^2}$$

$$S = 110 \text{ м}$$

$$\frac{g S}{80^2} = \frac{10 \cdot 110^3}{40 \cdot 40} = \frac{3}{4}$$

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

$$1 - \sin^2 d = \frac{3}{4} (1 - \sin^2 d)$$

$$1 - \sin^2 d = \frac{3}{4} - \frac{3}{4} \sin^2 d$$

$$\frac{3}{4} \sin^2 d - \sin^2 d + \frac{1}{4} = 0$$

$$3 \sin^2 d - 4 \sin^2 d + 1 = 0$$

$$D = 16 - 4 \cdot 3 = 4$$

$$\sin d = \frac{4 + 2}{6} = 1$$

$$\sin d = \frac{4 - 2}{6} = \frac{1}{3}$$



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!

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

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

$$t = \frac{S \cos \alpha}{v_0 \cos \beta}$$

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

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

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

$$t' = \cos \alpha (\cos^2 \beta - \sin^2 \beta) + \sin \alpha = 2 \cos \beta \sin \beta = 0$$

$$\cos \alpha \cos 2\beta + \sin \alpha \sin 2\beta = 0$$

$$2 + \tan \alpha \tan 2\beta = 0 \quad \frac{g S \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} = \sin(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cos(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) \cos \alpha - \cos^2(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \sin \alpha$$

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

$$\tan 2\beta = -\tan(90^\circ - \alpha) \quad \frac{g S \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} = \frac{\sin(90^\circ + \alpha)}{2} \cos \alpha - \cos^2(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \sin \alpha$$

$$\tan 2\beta = \tan(90^\circ - \alpha) = \frac{\cos^2 \alpha}{2} - \frac{1}{2} (\cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2})^2 \sin \alpha$$

$$\beta = 45^\circ - \frac{\alpha}{2} = \frac{\cos \alpha}{2} - \frac{1}{2} (1 - \sin \alpha) \sin \alpha = \frac{\cos \alpha}{2} + \frac{\sin^2 \alpha}{2} - \frac{\sin \alpha}{2}$$