

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 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?

Handwritten solution for problem 5:

Initial velocity  $V_0$  is horizontal. The electric field  $E = \frac{U}{d}$  is vertical. The particle's trajectory is a parabola. The vertical displacement is  $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{qU}{m} t^2$ . The horizontal displacement is  $x = V_0 t$ . The particle crosses the midline when  $y = \frac{d}{2}$ . So  $\frac{d}{2} = \frac{1}{2} \frac{qU}{m} t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{md}{qU}}$ .

At this time, the horizontal velocity is  $V_x = V_0$ . The vertical velocity is  $V_y = at = \frac{qU}{m} \sqrt{\frac{md}{qU}} = \sqrt{\frac{qUd}{m}}$ .

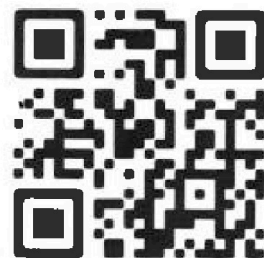
The total velocity  $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{V_0^2 + \frac{qUd}{m}}$ .

Diagram shows a particle moving from a lower position towards the center of a capacitor with plates separated by distance  $d$ . The trajectory is curved upwards.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 10-04



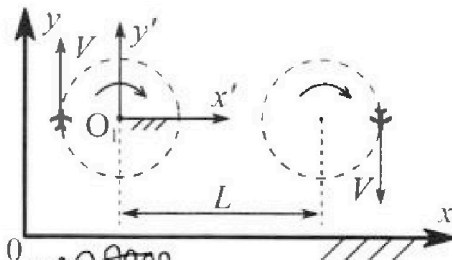
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями  $V = 100 \text{ м/с}$  (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет,  $R = 500 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

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

$$\frac{100^2}{10 \cdot 500^2} = \frac{10000}{10 \cdot 250000} = \frac{10000}{2500000} = \frac{1}{250}$$

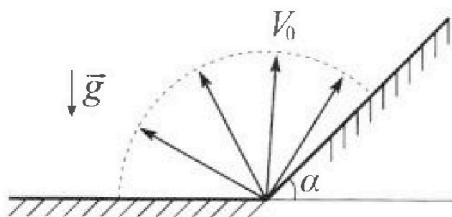
В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей  $L = 1,25 \text{ км}$ . Вектор скорости каждого самолета показан на рис.



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  $\vec{U}$ .

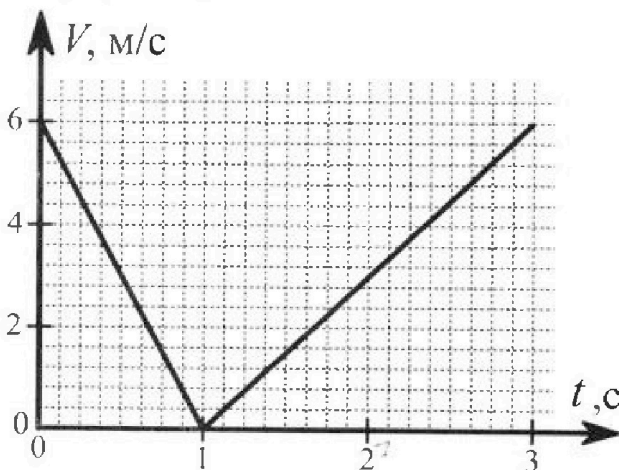
$$\frac{1250}{500} = \frac{250}{100} = 2,5$$

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  $T = 5 \text{ с}$ , максимальное перемещение за время полета осколка, упавшего на склон, равно  $S = 100 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



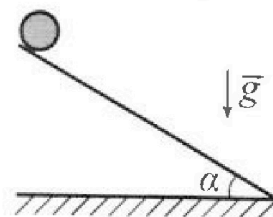
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. Найдите угол  $\alpha$ , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

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  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



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  $n=4$  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  $h = 1,5 \text{ м}$ ?
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?



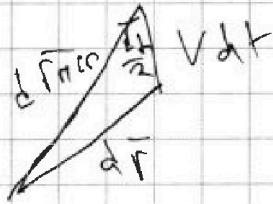
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!

1-к ABC:



~~in cos~~

~~$$dr = \sqrt{(L+R)^2 (d\alpha)^2 + V^2 (dt)^2} = 2V dt$$~~

~~$$dr = \sqrt{\frac{(L+R)^2}{R^2} (d\alpha)^2 + dt^2}$$~~

~~$$dr =$$~~

in cos:

$$dr = \sqrt{(L+R)^2 (d\alpha)^2 + V^2 (dt)^2} - 2(L+R) d\alpha \cdot V dt$$

$\cdot \cos \frac{d\alpha}{2}$   
 $\frac{2}{2}$   
 $1$

$$dr = (L+R) d\alpha - V dt$$

$$dr = V \left( \frac{L+R}{R} - 1 \right) dt \quad dr = V \cdot \frac{L}{R} dt$$

$$v = \frac{dr}{dt} = V \cdot \frac{L}{R} \quad \text{v} = 2,5V$$

$v = 250 \text{ м/с}$ , скорость направлена вверх

ответ:  $\frac{v}{mg} = \sqrt{5}$

$v = 250 \text{ м/с}$ , ~~вверх~~ вверх (вось ось OY)

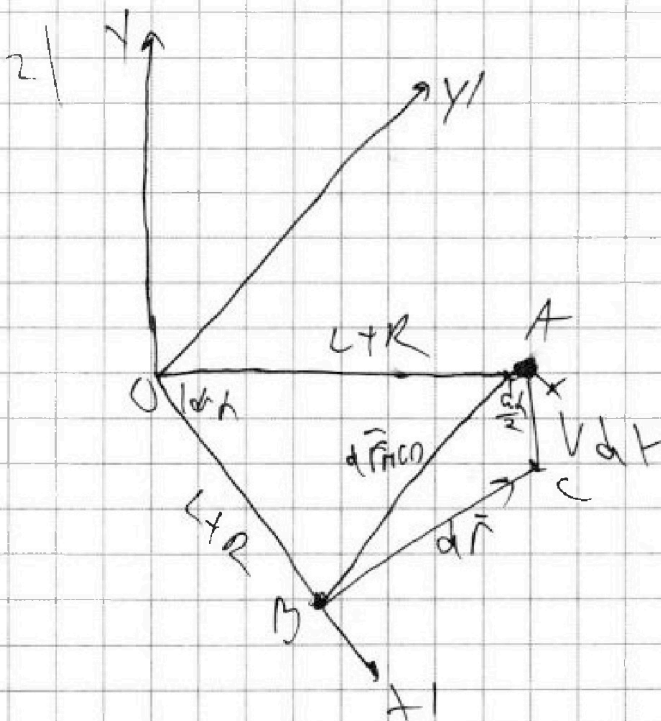


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Связь с первым условием:  
мод:  $W = \frac{V \cdot}{R}$

Расширим временноую систему (О-и катеты) перемещаям самодина в ней за малый промежуток  $dt$ .

- 1. B - точка с координатами такими же, как
- 1. A - положение Момента самодина
- 1. C - положение перемещенной самодина

$$d\bar{\Gamma}_{CO} = AB = (L+R)dt$$

$$\lim_{dt \rightarrow 0} \frac{d\bar{\Gamma}_{CO}}{dt} = \lim_{dt \rightarrow 0} (L+R)$$

$$\frac{d\bar{\Gamma}_{CO}}{dt} = (L+R) \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{dt}{dt} = (L+R)$$

$$dL = W \cdot dt$$

$$dL = \frac{V}{R} dt$$

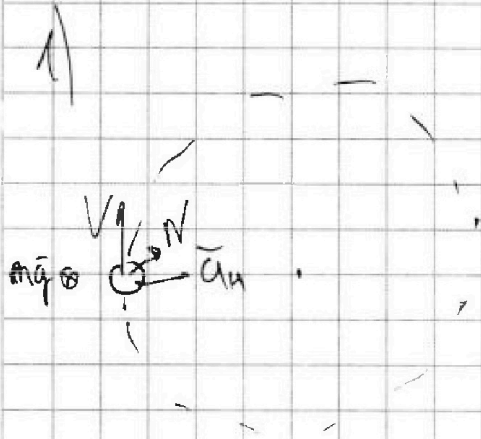
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

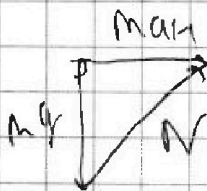
СТРАНИЦА  
1 из 3

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!



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

ищ в векторном виде:



$$N = \sqrt{m^2 g^2 + m^2 a_n^2}$$

$$N = m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$$

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

$$\frac{N}{mg} = \sqrt{101}$$

$$\frac{N}{mg} = \sqrt{1 + \frac{10^6}{10^2 \cdot 9^2 \cdot 10^4}}$$

$$\frac{N}{mg} = \sqrt{5}$$



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  
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!

$$\sin \alpha = \frac{25\sqrt{2}}{100 \cdot 10^{-1}} \quad \sin \alpha = \frac{1}{4}$$

$$L = a \cos \alpha$$

Пример:  $v_0 = 25\sqrt{2} \text{ м/с}$

$$L = a \cos \alpha$$



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.

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
7 ИЗ 7

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!

$$\cos 2\beta = \frac{1 - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} \quad x = \frac{v_0^2}{g \cosh} (\sin 2\beta - 2 \sin^2 \beta \tanh \alpha)$$

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

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

~~$$x = \frac{v_0^2}{g} \sqrt{\frac{1 + \sin^2 \alpha}{2}}$$~~

$$x = \frac{v_0^2}{g \cosh} (\cosh \alpha - |1 - \sinh \alpha| \tanh \alpha)$$

$$x = \frac{v_0^2}{g} \left( 1 - \frac{\sinh \alpha}{\cosh^2 \alpha} + \frac{\sinh^2 \alpha}{\cosh^2 \alpha} \right)$$

$$x = \frac{v_0^2}{g} \left( 1 - \frac{\sinh \alpha}{\cosh^2 \alpha} + \frac{1}{\cosh^2 \alpha} - 1 \right)$$

$$x = \frac{v_0^2}{g} \frac{1 - \sinh \alpha}{\cosh^2 \alpha}$$

~~$$\frac{x \cdot g}{v_0^2} = 1 - \sqrt{1 - \frac{x \cdot g}{v_0^2}}$$~~

~~$$\frac{x \cdot g}{v_0^2} = \frac{100 \cdot 10}{25^2 \cdot \sqrt{2}}$$~~

~~$$1 - t = 1 + \sqrt{\frac{x \cdot g}{v_0^2} + 2} - \frac{2xg}{v_0^2 t}$$~~

$$x = \frac{v_0^2}{g} \frac{1 - \sinh \alpha}{1 - \sinh^2 \alpha}$$

$$\frac{xg}{v_0^2} = \frac{1}{1 + \sinh \alpha} \quad \sinh \alpha = \frac{v_0^2}{xg}$$



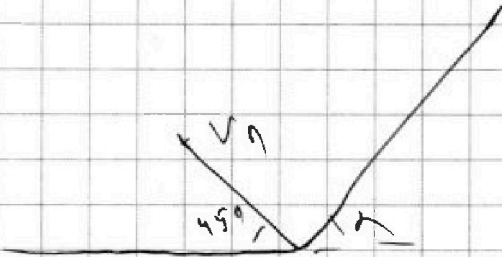
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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)

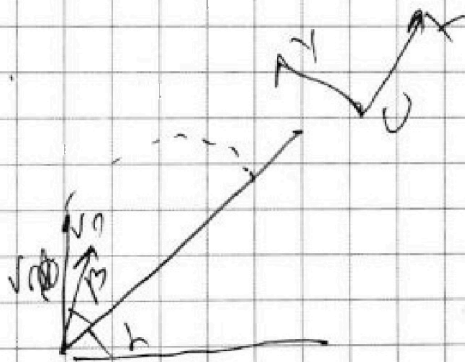


Найдем  $v_0$  через  $T$

Максимальная длина полета достигается при угле  $45^\circ \Rightarrow \alpha = 45^\circ$

$$T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad v_0 = \frac{T \cdot g}{2 \sin \alpha} \quad v_0 = 25\sqrt{2} \text{ м/с}$$

2)



Перейдем к системе координат  $OxOy$ :

$$Ox: x = v_0 \cos \alpha t - \frac{g \sin^2 \alpha t^2}{2}$$

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





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 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!

Типы призматический

$$V = 0$$

$$T = 2 \frac{V_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$x = 2 \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} \sin \alpha \cos \alpha - \frac{\sin 2\alpha + 2\alpha \sin 2\alpha - 2V_0^2}{g \cos^2 \alpha}$$

$$x = \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} (\sin 2\alpha - 2 \sin^2 \alpha \tan \alpha)$$

факторизируем левую часть уравнения

$$\frac{dx}{d\alpha} = \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} (2 \cos 2\alpha - 4 \sin \alpha \cos \alpha \tan \alpha) = 0$$

$$1 = \tan 2\alpha \tan \alpha \quad \tan 2\alpha = \frac{1}{\tan \alpha}$$

$$2\alpha = 90^\circ - \alpha$$

$$\sin 2\alpha = \cos \alpha \quad \text{или} \quad 2 \cos 2\alpha = 1$$

$$\cos 2\alpha = \sin \alpha \quad \text{или} \quad \cos \alpha = 1$$

~~$$x = V_0 \cos \alpha \cdot g \sin \alpha$$~~

~~$$x = \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} (\sin 2\alpha - 2 \sin^2 \alpha \tan \alpha)$$~~

~~$$\sin 2\alpha = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\alpha = \frac{1}{2} (1 - \sin \alpha)$$~~

~~$$2\alpha = \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} (\cos 2\alpha - 1 - \sin \alpha \tan \alpha)$$~~



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.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
5 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!

Ответ:  $\sin \alpha = \frac{2}{5}$      $v = \frac{\sqrt{15}}{2} \text{ м/с}$   
 $q = 1,25 \text{ м/с}^2$   
 $M \Rightarrow \frac{11}{8\sqrt{21}}$



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 9

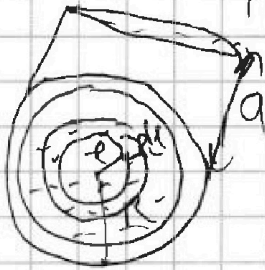
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

важно  $\Rightarrow a_2 = -$  центр масс

$a_2 = -z^4/c^2$  Попробуем в виде:

$$\text{lim } z = \frac{z}{5}$$

II. Найти момент инерции бочки:



$J_1 = MR^2$  - момент инерции стенок

$$J_2 = \int dm r^2$$

момент инерции бочка

$a$  - толщина стенки

$$dm = 2\pi R a \rho dl$$

$$J_2 = \int_0^R 2\pi a \rho l^3 dl = \frac{1}{2} \pi a \rho R^4$$

$$V = \pi R^2 a \quad \text{и } m = \pi R^2 a \rho$$

$$\frac{J_2}{m} = \frac{1}{2} R^2 \quad J_2 = \frac{1}{2} m R^2$$

$$J = J_1 + J_2 \quad J = \frac{3}{2} m R^2$$



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

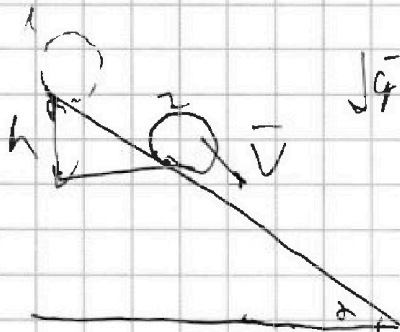
6

7

СТРАНИЦА

3 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!



$$3(R \cdot \alpha) \rightarrow R \alpha$$

$$\frac{I \omega^2}{2} + \frac{5mV^2}{2} = mgh$$

$$\frac{3m(R\omega)^2}{2} + \frac{5mV^2}{2} = mgh$$

$$V = \omega R$$

$$4mV^2 = mgh$$

$$V = \sqrt{\frac{gh}{2}}$$

$$V = \sqrt{\frac{15}{2}} \text{ м/с}$$

Для нахождения  $a$  используем соотношение (3)

$$4mV^2 = mgh$$

Дифференцируем по времени

$$8V a = mg$$

$$a = \frac{g}{8}$$

$$a = 1,25 \text{ м/с}^2$$

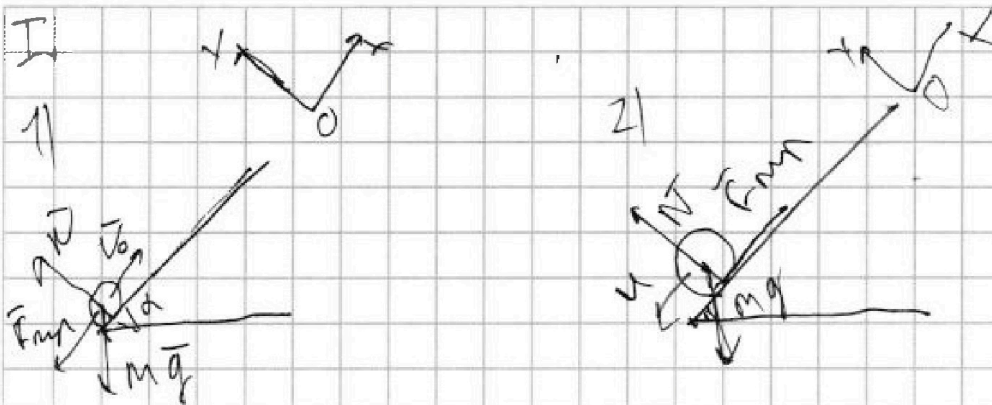


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 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!



Запишем вторые законы в проекции  $\vec{g}$  на оси  $Ox$  и  $Oy$  для сил натяжения и скатывания:

$$1) \text{ } Oy: mg \cos \alpha = N$$

$$Ox: ma_1 = -mg \sin \alpha - MN$$

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

$$2) \text{ } Oy: mg \cos \alpha = N$$

$$ma_2 = -mg \sin \alpha + MN$$

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

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

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

$a_1$  и  $a_2$  найдём из графика.

Угловой коэффициент наклона первого участка:

$$a_1 = -6 \text{ м/с}^2$$

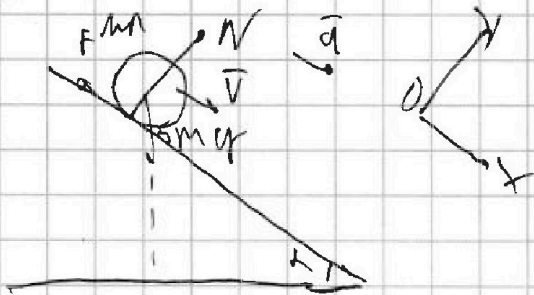
На втором участке скорость растёт  $\Rightarrow$  шаг скатывания



1  2  3  4  5  6  7

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!



23 Н для доски!

б)  $N = 5mg \cos \alpha$

дх:  $5ma = 5mg \sin \alpha - F_{тр}$

$$F_{тр} = 5mg \sin \alpha - 5ma$$

$$F_{тр} = 5mg \left( \sin \alpha - \frac{1}{3} \right)$$

Доска не проскальзывает, пока  $F_{тр} \leq \mu N$   
предел скольжения:

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

Крайний случай:

$$5mg \left( \sin \alpha - \frac{1}{3} \right) = 5mg \mu \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{\sin \alpha - \frac{1}{3}}{\cos \alpha}$$

$$\mu = \frac{3 \sin \alpha - 1}{3 \cos \alpha}$$

$$\sin \alpha = \frac{2}{5} \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{21}}{5}$$

$$\mu = \frac{\frac{6}{5} - 1}{3 \cdot \frac{\sqrt{21}}{5}}$$

$$\mu = \frac{11}{3\sqrt{21}}$$

$$\Rightarrow \mu \geq \frac{11}{3\sqrt{21}}$$

доска не соскальзывает

Доска проскальзывает



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!

Запишем IHTD:

$$Q = \Delta U + A$$

1)  $A = 0$  процесс изохорный

~~$$Q = \Delta U$$~~

$$Q = \Delta U = c_v \cdot |\Delta T_1| \quad c_v = \frac{Q}{|\Delta T_1|} \quad c_v = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

2) процесс изобарный

$$A = Q - \Delta U_2$$

$$A = Q - c_v |\Delta T_2|$$

~~$$A = c_v (|\Delta T_1| - |\Delta T_2|)$$~~

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

$$A = 2720 \left( 1 - \frac{40}{58} \right) \text{ Дж} \quad A = \frac{9 \cdot 2720}{29} \text{ Дж}$$

$$A = 720 \text{ Дж}$$

3)  $c_p = \frac{Q}{|\Delta T_2|} \quad c_p = 58 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$



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 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!

41

$$C_V = \frac{3}{2} \nu_{He} R + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R$$

$$C_P = \frac{5}{2} \nu_{He} R + \frac{7}{2} \nu_{N_2} R$$

$$\frac{C_V}{C_P} = \frac{3\nu_{He} + 5\nu_{N_2}}{5\nu_{He} + 7\nu_{N_2}}$$

$$\frac{C_V}{C_P} = \frac{3 \left( \frac{\nu_{He}}{\nu_{N_2}} \right) + 5}{5 \left( \frac{\nu_{He}}{\nu_{N_2}} \right) + 7}$$

$$x = \frac{\nu_{He}}{\nu_{N_2}} = \frac{\nu_1}{\nu_2}$$

$$3x + 5 = (5x + 7) \frac{C_V}{C_P}$$

$$x(3 - 5 \cdot \frac{C_V}{C_P}) = 7 \cdot \frac{C_V}{C_P} - 5$$

$$x = \frac{7 \cdot \frac{C_V}{C_P} - 5}{3 - 5 \cdot \frac{C_V}{C_P}}$$

$$x = \frac{7 \cdot \frac{20}{29} - 5}{3 - 5 \cdot \frac{20}{29}}$$

$$x = \frac{140 - 5 \cdot 29}{3 \cdot 29 - 100} = \frac{5}{17}$$

Ответ:  
1.  $\nu_1 = 720 \text{ см}^{-1}$   
2.  $C_P = 58 \text{ Дж/К}$   
3.  $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{5}{17}$





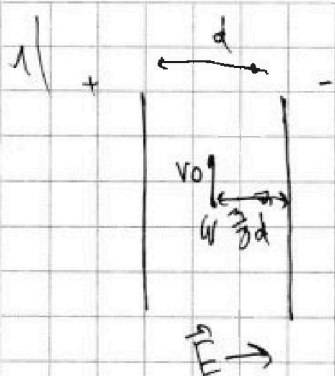
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\vec{F} = Eq \quad E = \frac{U}{d}$$

2)  $mg = Eq$

$$a_H = E \cdot \frac{q}{m} = E \gamma = \frac{v_0^2}{R}$$

$$\gamma = \frac{v_0^2}{R E}$$

$$\gamma = \frac{v_0^2 d}{UR}$$

2)

$$\Delta U = E \left| \frac{1}{2}d - \frac{7}{8}d \right| = E d \cdot \frac{1}{8}$$

3) (7):

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} = q U d \cdot \frac{1}{8}$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - \frac{q E d}{4}}$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - \frac{v_0^2 \cdot \gamma \cdot d}{UR \gamma}}$$

$$v_1 = v_0 \sqrt{1 - \frac{d}{UR}}$$

Ответ:  $\gamma = \frac{v_0^2 d}{UR}$

$$v_1 = v_0 \sqrt{1 - \frac{d}{UR}}$$



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

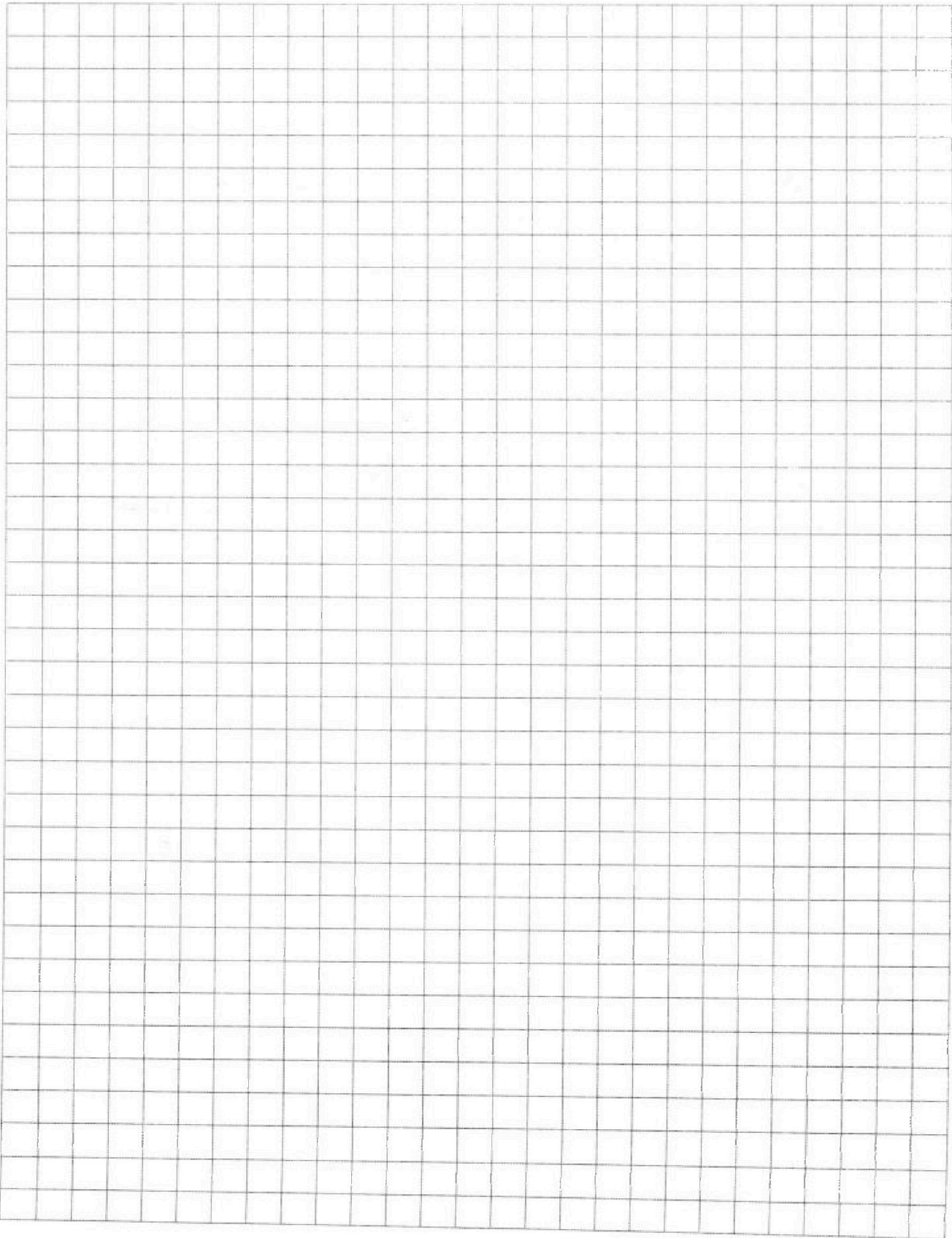
5

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!

$$\frac{2320}{32} \sqrt{53}$$

$$\frac{1}{4} x = 10 \sqrt{\frac{3}{2}} + \dots$$

$$\frac{140 - 5 \cdot 29}{29} = \dots$$

$$D_{\text{cost}} = \dots$$

$$C_V = V_{\text{из}} \frac{5}{2} R + V_{\text{из}} \frac{3}{2} R$$

$$C_P = V_{\text{из}} \frac{7}{2} R + V_{\text{из}} \frac{5}{2} R$$

$$x = 10 - \frac{10}{3}$$

$$\frac{C_V}{V_{\text{из}}} = \frac{5}{2} R + x \cdot \frac{3}{2} R$$

$$\frac{C_P}{V_{\text{из}}}$$

$$x = \frac{V_{\text{из}}}{C_{\text{cost}}} | \sin^2 \theta - 2 \sin^2 \theta$$

$$\frac{-5}{3 \cdot 29 - 5 \cdot 20} = \frac{-5}{57 - 100} = \frac{45}{43}$$

$$2 \sin^2 \theta = 1$$

$$x = \frac{V_{\text{из}}}{C_{\text{cost}}} (1 + \sin^2 \theta - \frac{1}{2} \cos^2 \theta)$$

$$\sin^2 \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \cos^2 \theta = \frac{1}{2}$$

$$x = \frac{V_{\text{из}}}{C_{\text{cost}}} | \cos^2 \theta - 2 \cdot (\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sin^2 \theta) = \frac{V_{\text{из}}}{C_{\text{cost}}} | \cos^2 \theta + \sin^2 \theta - 1$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
из

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

Handwritten physics solution on grid paper. The diagram shows a projectile launched from the origin  $O$  at an angle  $\beta$  with initial velocity  $v_0$ . The trajectory is a parabola. The horizontal distance is  $x$  and the vertical height is  $y$ . The angle of the trajectory at any point is  $\alpha$ . The horizontal component of velocity is  $v_x = v_0 \cos \beta$  and the vertical component is  $v_y = v_0 \sin \beta - gt$ . The time of flight is  $T = \frac{2v_0 \sin \beta}{g}$ . The horizontal range is  $x = v_0 \cos \beta T = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g}$ . The maximum height is  $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$ . The range can also be expressed as  $x = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{2v_0^2 \sin 2\beta}{g}$ . The angle of the trajectory at the end of the range is  $\alpha = 2\beta$ . The diagram also shows the velocity vector  $v$  at the end of the trajectory, which is horizontal, and the angle  $\alpha$  between the trajectory and the horizontal at that point.

$v_x = v_0 \cos \beta$   
 $v_y = v_0 \sin \beta - gt$   
 $T = \frac{2v_0 \sin \beta}{g}$   
 $x = v_0 \cos \beta T = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g}$   
 $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$   
 $x = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{2v_0^2 \sin 2\beta}{g}$   
 $\alpha = 2\beta$



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  
1 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!

$\frac{15}{47+5}$   
 $\frac{5}{47+7}$

$\frac{230}{5 \cdot 900}$   
 $\frac{15+215}{25+501} = \frac{230}{326}$   
 $\frac{115}{103}$   
 $\frac{115 \cdot 2}{270 \cdot 20} = \frac{230}{5400}$   
 $\frac{200}{290}$   
 $\frac{6520}{6520}$   
 $140-145$   
 $97-110$   
 $5$   
 $43$   
 $270 \cdot 29 = 20 \cdot 326$   
 $\frac{3260}{6520}$

Ищем уравнение кинематика в проекции на ось Ox:

Ox:  $x = v_0 \cos \alpha t - \frac{g \sin^2 \alpha}{2} t^2$

Oy:  $y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g \cos^2 \alpha}{2} t^2$

При приземлении  $y = 0$

~~каменца~~  $T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}$

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

$x = \frac{2v_0^2}{g \cos \alpha} (\sin 2\alpha - 2 \sin^3 \alpha) \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$

Ищем максимум по углу наклона:

$\frac{dx}{d\alpha} = \frac{2v_0^2}{g \cos \alpha} (2 \cos 2\alpha - 2 \sin \alpha \cos \alpha) \cdot \frac{1}{\cos \alpha} = 0$

$\alpha = 1 = \frac{1}{2} \cdot 2\alpha \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \quad \frac{1}{\cos 2\alpha} = \frac{1}{\cos \alpha}$



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.

- 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!

$$\angle \beta = 90^\circ - \alpha \quad \rho = 45^\circ - \frac{1}{2} \quad \sin 2\beta = \sin \alpha$$

$$r^2 = \frac{4v_0^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 \alpha}$$

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

$$3 \cdot 29 = 90$$

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

$$(\sin 2\beta - 2 \sin^2 \beta \cos \alpha)$$

$$\frac{1750}{35}$$

$$\frac{60}{27}$$

$$\frac{87}{87}$$

$$\frac{r}{r^2} = \frac{g \cos \alpha}{2} \left| \frac{\sin 2\beta}{\sin^2 \beta} - 2 \cos \alpha \right| \quad v = \frac{v}{R} = \frac{1}{5}$$

$$27$$

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

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

$$\frac{1750}{290} \left| \frac{5}{350} \right|$$

$$\frac{r}{r^2} = \frac{g \cos \alpha}{2} \left| \frac{2 \cos \alpha}{1 - \sin \alpha} - \frac{2 \sin \alpha}{\cos \alpha} \right| = \frac{g}{2} \left| \frac{1 - \sin^2 \alpha}{1 - \sin \alpha} - \frac{\sin \alpha}{1 - \sin \alpha} \right|$$

$$\frac{r}{r^2} = g \left| 1 + \sin \alpha - \frac{\sin \alpha}{1 - \sin \alpha} \right| = g \left| \frac{1 + \sin \alpha}{1 - \sin \alpha} \right|$$

$$\frac{116}{96} \left| \frac{4}{29} \right|$$

$$\frac{2x}{g+r} = 1 + \sin \alpha \quad \sin \alpha = \frac{2x}{g+r} - 1$$

$$\sin \alpha = \frac{2x}{g+r} - 1 \quad x=5 \quad \sin \alpha = \frac{25}{9+2} - 1$$

$$\frac{15}{77+5}$$

$$\frac{15+69}{29+91} = \frac{84}{120} = \frac{7}{10}$$

$$\sin \alpha =$$

$$\frac{29}{177+7}$$



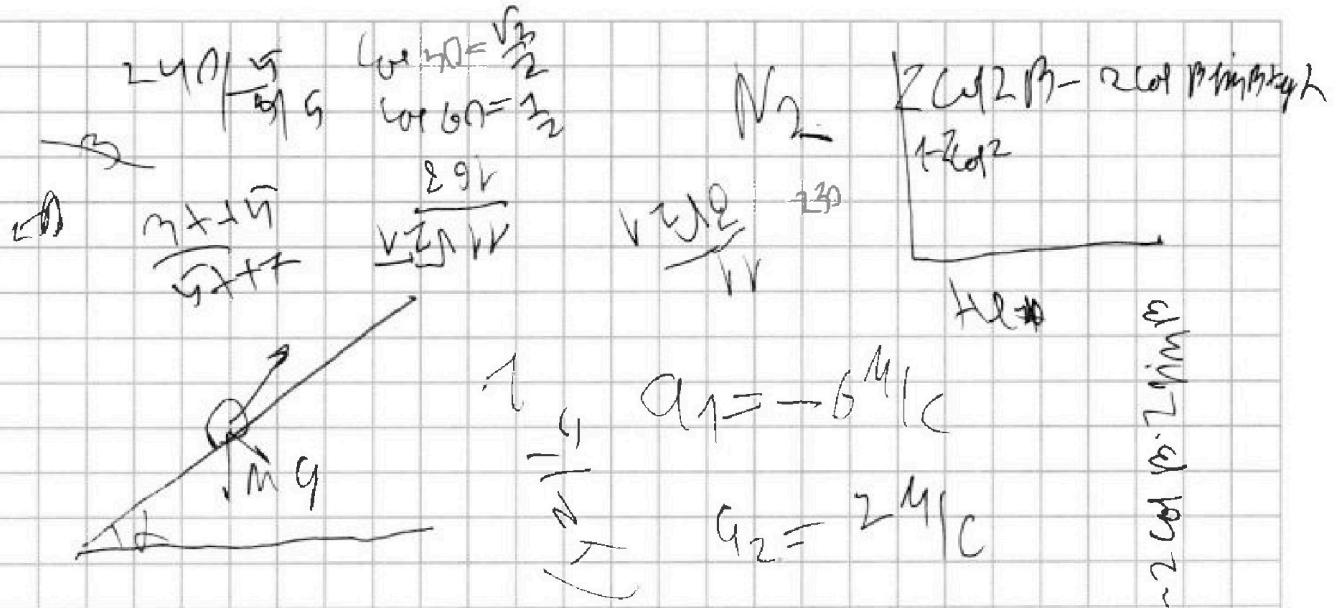


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



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

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

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

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

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

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



$$\sin \alpha = \frac{1}{4} = \frac{1}{10} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{2.5}{0.1} = v$$

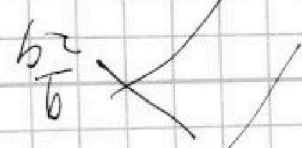
$$a_1 = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$

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

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

$$\Rightarrow 1 - 2 \sin^2 \beta = 2 \cos^2 \beta - 1$$

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





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  
\_\_ 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!

$-6 \quad -2 \quad \rho a$

$dm = 2\pi r \cdot a \cdot dl \cdot \rho$   
 $dJ = 2\pi r^3 \cdot a \cdot dl$   
 $J = \frac{2}{5} \pi R^4 \rho a$

$M R^2 + \int dm \cdot r^2 \cdot \pi r^2 \quad J = \frac{1}{2} \pi R^4 \rho a$

$\frac{3}{2} M \quad \int m r \cdot 2\pi r \cdot a \cdot dl \quad \frac{3 \cdot \frac{2}{5} - 1}{\frac{3}{2} - 1} \quad \frac{0 \cdot \frac{1}{2} - 0 - 0}{\frac{1}{2} - 0 - 0}$

$\sqrt{\frac{15}{2}} \frac{M}{a} \quad \frac{10}{8} = \frac{5}{4} \rightarrow \quad \frac{16 - 4}{5} \quad \frac{16}{5} \quad \frac{16}{5} \cdot 0.000$

$dm = 2\pi r \cdot a \cdot \rho \cdot dl$   
 $dJ = 2\pi r^3 \cdot a \cdot \rho \cdot dl$   
 $J = \frac{1}{2} \pi R^4 \cdot a \cdot \rho$

$M = \frac{1}{2} \pi R^2 \cdot a \cdot \rho \quad M = \pi R^2 \cdot a \cdot \rho$

$\frac{1}{2} M = \frac{1}{2} \pi R^2 \cdot a \cdot \rho$   
 $J = \frac{1}{2} M R^2$

$J = 3 M R^2$





На одной странице можно оформить 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. Порец QR-кода недоступны!

$w = \omega R \frac{1}{R}$

$\pi = \ell; v = 0$

$\frac{r}{2} = L + R \cdot \frac{1}{2}$

$dr = \frac{v}{R} dt$

$dr = L + R \cdot \frac{1}{2}$

$dr = L + R \cdot \frac{1}{2}$

$k = \sqrt{r^2 + v^2 dt^2 - 2vr dt \cos \frac{\pi}{2}}$



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!

$$L = \frac{1}{2} \rho g h$$

$$\frac{100}{25 \cdot 10}$$

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

$$\cos^2 \beta = 2 \cos^2 \beta - 1$$

$$2\beta = 90^\circ - \beta$$

$$\cos^2 \beta = \frac{\cos^2 \beta + 1}{2}$$

$$H = \frac{2\sqrt{2} \rho g h^2}{g} = \frac{\sqrt{2}}{g}$$

$$x = \frac{2\sqrt{2} \rho g h^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \beta}$$

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

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

$$L = \frac{2\sqrt{2} \rho g h^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \beta}$$

$$\cos^2 \beta = \frac{1}{2} \cos^2 \beta \quad \cos^2 \beta = \frac{1}{2}$$

$$\cos^2 \beta = 2(1 - \sin^2 \beta) - \sin^2 \beta$$

$\beta = 45^\circ$

$$L = \frac{2\sqrt{2} \rho g h^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \beta} = \frac{2\sqrt{2} \rho g h^2 \cdot \frac{1}{2}}{g \cdot \frac{1}{2}} = 2\sqrt{2} \rho g h^2$$

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

$$x = \frac{2\sqrt{2} \rho g h^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \beta}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{1}{2} (1 - \cos^2 \beta)$$

$$\cos^2 \beta =$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$\frac{100}{250}$$

$$x = \frac{2\sqrt{2} \rho g h^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \beta}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{2} \left| 1 - \frac{1}{2} \right| = \frac{1}{4}$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$\frac{1}{2} \quad \frac{3}{2}$$

$$L = \frac{\rho g h^2}{2 \sin^2 \beta}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{2} \left| 1 + \frac{1}{2} \right|$$

$$\frac{2(1-1/2)}{1-1/2} = x$$

$$L = \frac{g \cot^2 \beta}{2}$$

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

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

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

$$L = 0$$