



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 radius of curvature R at the point where the particle is at distance $\frac{3}{8}d$ from the bottom plate is given.

Key equations used:

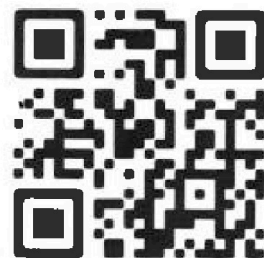
- $t = \frac{2V_0 \sinh \alpha}{g}$
- $L = \frac{V_0^2}{g}$
- $L = \frac{V_0^2}{g} \cdot \cos^2 \alpha$
- $\frac{V_0^2}{g} = \frac{2V_0 \sinh \alpha}{g} \cdot \frac{V_0 \cosh \alpha}{g}$
- $\frac{1}{g} = \frac{2 \sinh \alpha \cosh \alpha}{g}$
- $\frac{1}{2} = \sinh \alpha \cosh \alpha$
- $\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \sinh 2\alpha$
- $\sinh 2\alpha = 1$
- $2\alpha = \frac{\pi}{2}$
- $\alpha = \frac{\pi}{4}$

Final result: $V = \sqrt{2} V_0$



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-04



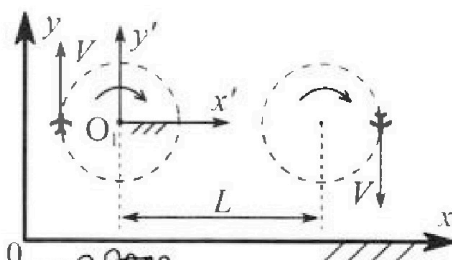
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.

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

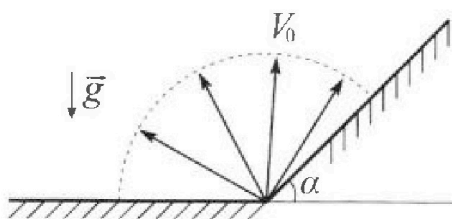
В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей $L=1,25 \text{ км}$. Вектор скорости каждого самолета показан на рис.



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} .

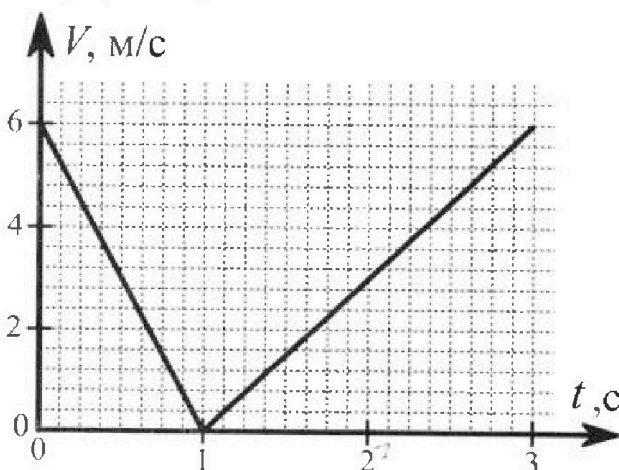
$$\frac{1250}{500} = \frac{250}{100} = 2,5$$

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.



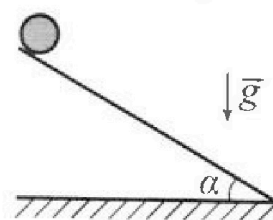
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. Найдите угол α , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.



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



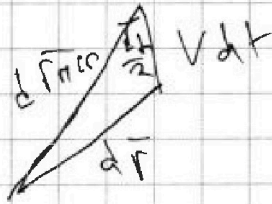
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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:

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

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

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

$$v = \frac{dr}{dt} = V \cdot \frac{L}{R} \quad v = 2.5V$$

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

ответ: $\frac{v}{mg} = \sqrt{5}$

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

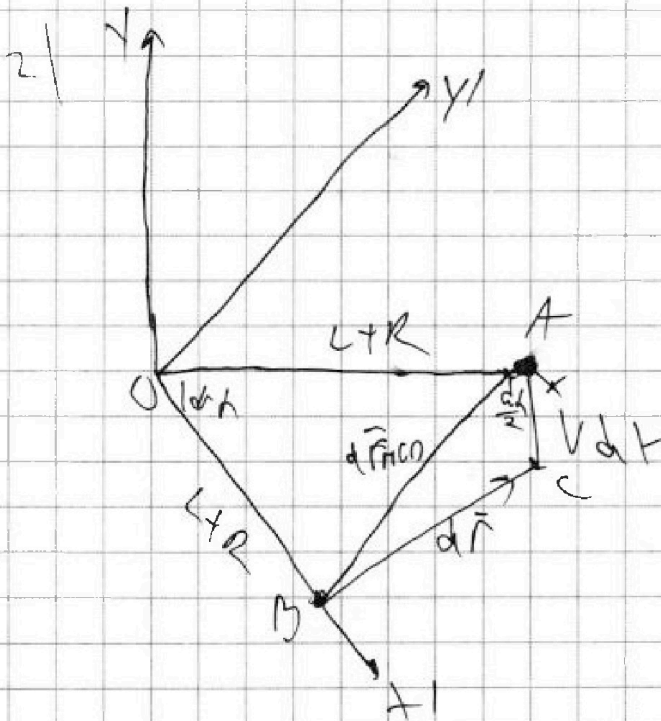


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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:
мом: $W = \frac{V \cdot}{R}$

Расширим вращающуюся СОИ катящейся шаром, считая ее инерциальной в ней за малый промежуток dt .

- 1. B - точка с координатами такими же, как
- 1. A - положение мгновенного центра
- 1. C - вершина инерциальной системы

$$d\vec{r}_{BC} = AB = (L+R)dt$$

(так как $dx \neq 0 \Rightarrow d\alpha \approx \sin \alpha$)

$$\frac{d\vec{r}_{BC}}{2} = (L+R) \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$d\vec{r}_{BC} = (L+R) dt$$

$$dx = w \cdot dt$$

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

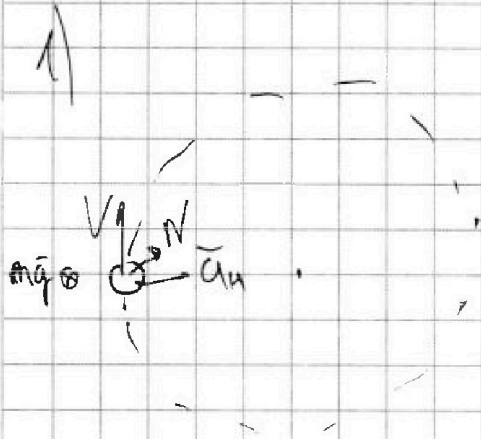
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 1 2 3 4 5 6 7

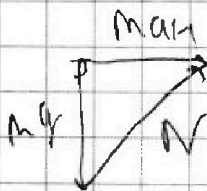
СТРАНИЦА
1 из 3

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!



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

и a_n в векторном виде:



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

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

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

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

$$\frac{N}{mg} = \sqrt{1 + \frac{10^8}{10^2 \cdot 9^2 \cdot 10^4}}$$

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



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!

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

$$r = a \cos \alpha$$

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

$$r = a \cos \alpha$$



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!

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

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

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

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

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

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

$$x = \frac{v_0^2}{g} \left(1 - \frac{\sin h}{\cos^2 h} + \frac{1}{\cos^2 h} - 1 \right)$$

$$x = \frac{v_0^2}{g} \frac{1 - \sin h}{\cos^2 h}$$

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

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

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

$$x = \frac{v_0^2}{g} \frac{1 - \sin h}{1 - \sin^2 h}$$

$$\frac{x \cdot g}{v_0^2} = \frac{1}{1 + \sin h} \quad \sin h = \frac{v_0^2}{x \cdot g}$$



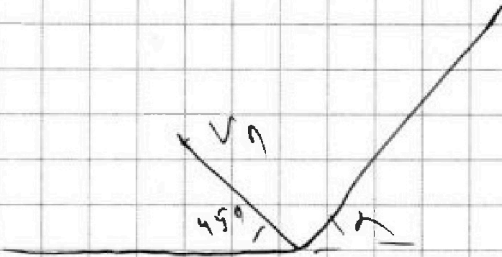
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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)

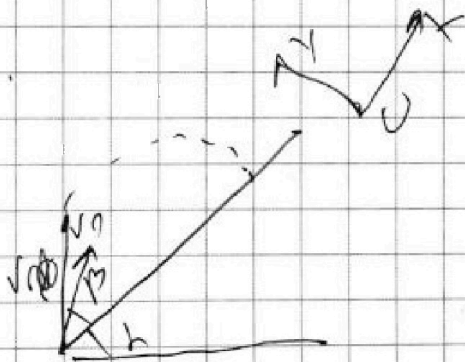


Найдем v_0 через T

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

$$V = 0$$

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

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

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

факторизируем левую часть

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

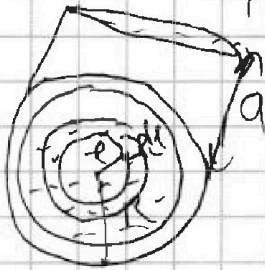
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

важно $\Rightarrow a_2 = -$ центр масс

$a_2 = -z^4/c^2$ Попробуем в виде:

$$\sin \alpha = \frac{z}{r}$$

II. Найти момент инерции бочки:



$J_1 = MR^2$ - момент инерции стенок

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

момент инерции бочки

a - толщина стенки

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

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

$$V = \pi R^2 a \quad m = \pi R^2 a \rho$$

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

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

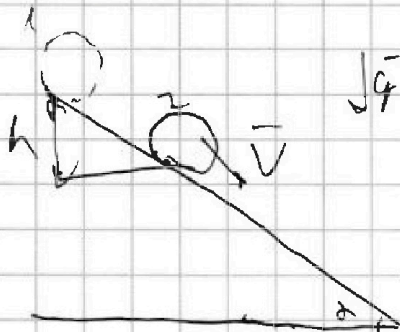


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

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

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

$$V = \omega R$$

$$3) \quad 4mV^2 = mgh$$

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

$$V = \sqrt{1.5} \text{ м/с}$$

Для нахождения a используем формулу 3)

$$4mV^2 = mgh$$

Дифференцируем по времени

$$8V \cdot a = mg \cdot V$$

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

$$a = 1.25 \text{ м/с}^2$$

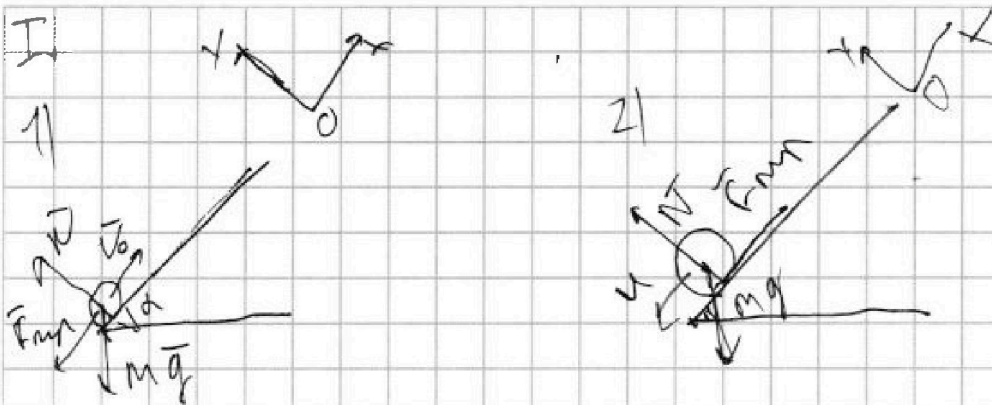


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 скольжения:

$$Oy: mg \cos \alpha = N$$

$$Ox: m a_1 = -mg \sin \alpha - \mu N$$

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

$$Oy: mg \cos \alpha = N$$

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

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

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

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

a_1 и a_2 найдем из графика.

Угловой коэффициент наклона первого участка:

$$a_1 = -6 \text{ м/с}^2$$

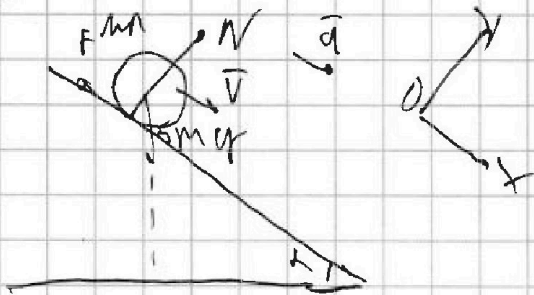
На втором участке скорость растет \Rightarrow шаг a_2



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) V: $N = 5mg \cos \alpha$

дх: $5ma = 5mg \sin \alpha - F_{fm}$

$$F_{fm} = 5mg \sin \alpha - 5ma$$

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

Доска не проскальзывает, пока $F_{fm} \leq \mu N$
препят скольжения:

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

Крайний случай:

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

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow \mu \approx 0.85$$

доска не проскальзывает

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
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!

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. $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{5}{17}$

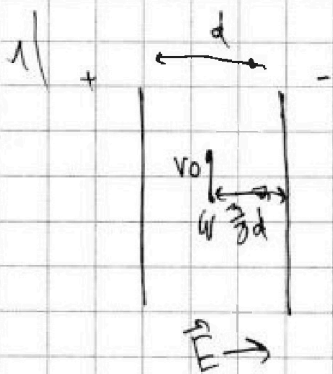


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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)

$$\Delta U = E \left| \frac{1}{2}d - \frac{3}{8}d \right| = E d \cdot \frac{1}{8}$$

3) (7):

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

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

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - \frac{v_0^2 \cdot \gamma \cdot d}{4R \gamma}}$$

$$v_1 = v_0 \sqrt{1 - \frac{d}{4R}}$$

Ответ: $\gamma = \frac{v_0^2 d}{UR}$

$$v_1 = v_0 \sqrt{1 - \frac{d}{4R}}$$



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

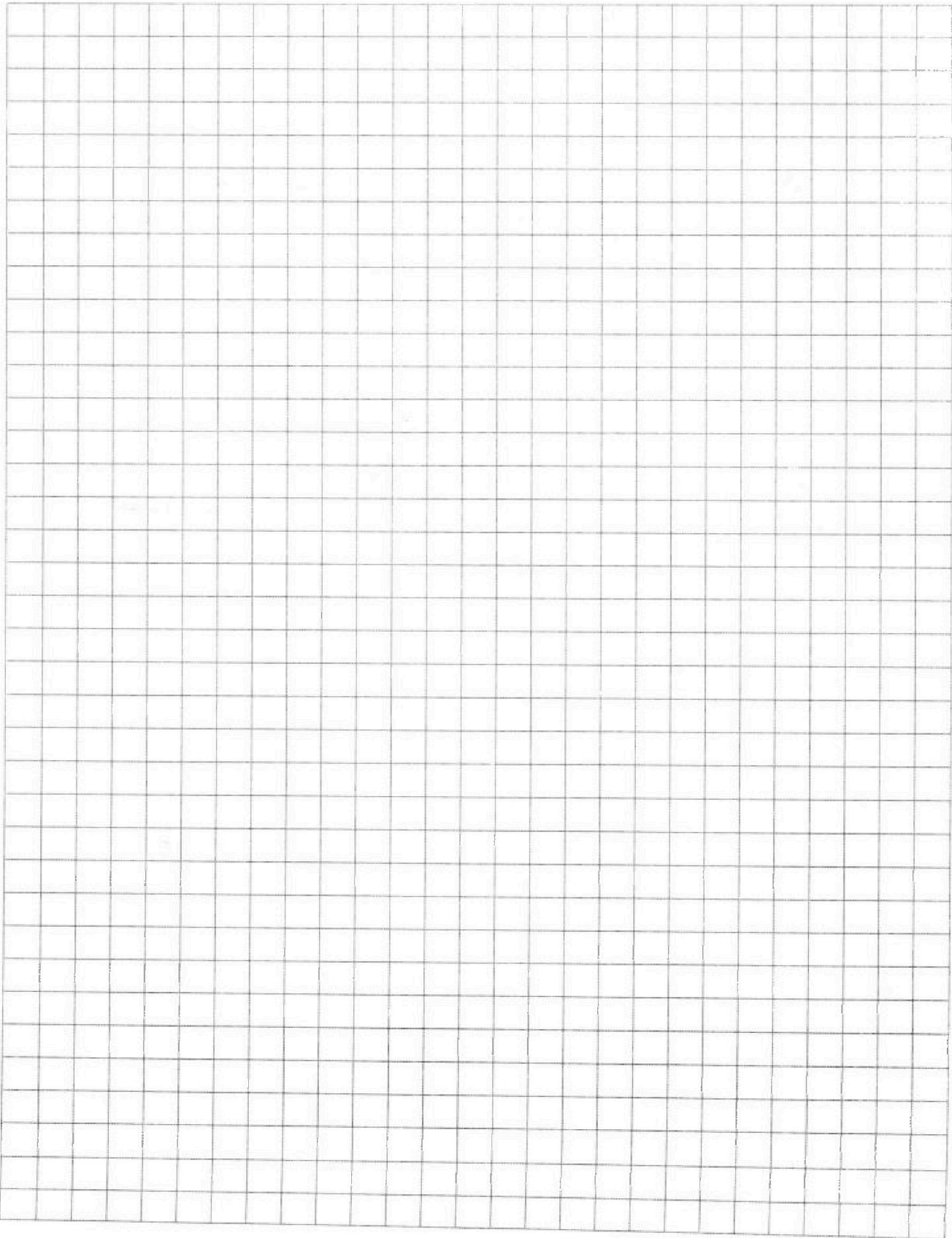
5

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!

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

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

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

$$V_{\text{свободн}} = \dots$$

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

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

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

$$\frac{3 \cdot 10}{8 + 2} = \dots$$

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

$$\frac{C_P}{V_{\text{из}}}$$

$$x = \frac{V_{\text{из}}}{g \cdot \text{свободн}} | \sin^2 \theta - 2 \sin^2 \theta$$

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

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

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

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

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



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 β with initial velocity v_0 . The trajectory is a parabola. The horizontal distance is x and the vertical distance is y . The angle of the trajectory at any point is α . 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 α between the trajectory and the horizontal.

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



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!

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

$\frac{230}{5 \cdot 900}$
 $\frac{15+215}{25+501} = \frac{230}{326}$
 $\frac{115}{103}$
 $\frac{115}{20} = \frac{29}{20}$
 $\frac{200}{290}$
 $\frac{6520}{6520}$
 $270 \cdot 29 = 20 \cdot 326$

$140 - 145$
 $97 - 110$
 5
 43

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

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

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

Ищем максимум по углу наклона:

$\frac{dx}{d\alpha} = \frac{2v_0^2}{g \cos^2 \alpha} (2 \cos 2\alpha - 4 \sin \alpha \cos \alpha) \cdot \frac{g y h}{v_0^2} = 0$

$\alpha = 1 = \frac{1}{2} \cdot 2\alpha \cdot \frac{g y h}{v_0^2} \quad \frac{g y h}{v_0^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{g y h}{v_0^2}$



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!

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

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

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

$$3 \cdot 29 = 90$$

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

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

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

$$60$$

$$\frac{60}{37} x$$

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

$$21$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$x=5$$

$$\sin \alpha = \frac{25}{29} - 1$$

$$15$$

$$15+5$$

$$\frac{20}{17+7}$$

$$\frac{15+65}{29+91} = \frac{80}{116} = \frac{20}{29}$$

$$\sin \alpha =$$



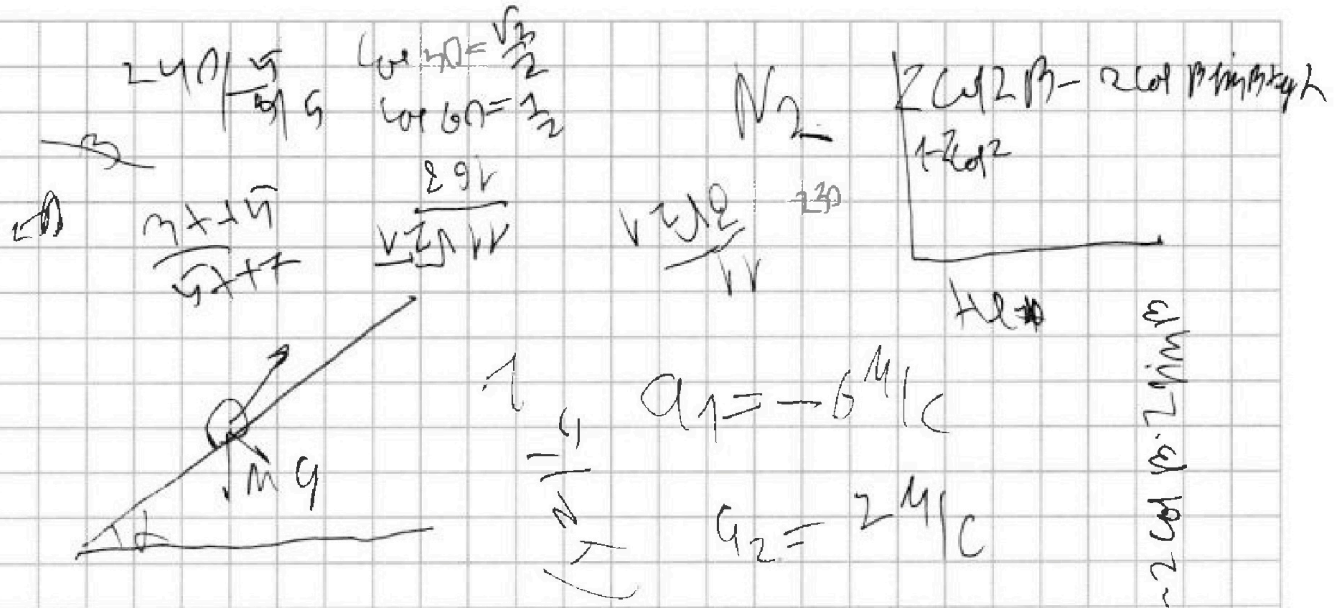


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



$$q_1 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$q_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

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

$$q_2 - q_1 = 2g \sin \alpha$$

$$2 \cos^2 \beta - 1 - 2 \sin \alpha \cos \alpha \tan \alpha = 0$$

$$\sin \alpha = \frac{q_2 - q_1}{2g}$$



$$\sin \alpha = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$$

$$\frac{25}{10} = \frac{5}{2}$$

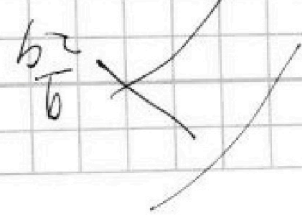
$$q_1 = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$

$$q_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

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

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

$$\frac{q_2 + q_1}{2g} = \sin \alpha$$



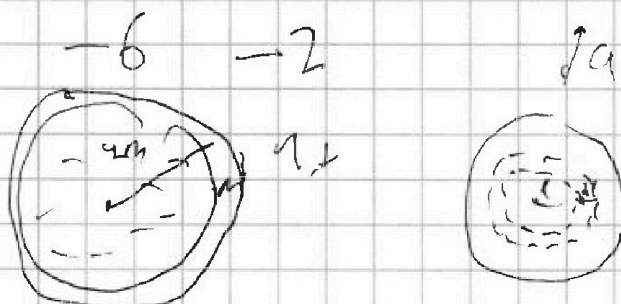


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$dm = 2\pi r \cdot a \cdot dl \cdot \rho$$

$$dJ = 2\pi r^3 \cdot a \cdot dl$$

$$J = \frac{2}{5} \pi R^4 \rho a$$

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

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

$$\sqrt{\frac{15}{2}} \frac{m}{a} \quad \frac{10}{8} = \frac{5}{4} \rightarrow \quad \frac{16 - 4}{5} \quad \frac{16}{5} \quad \frac{16}{5} \cdot \frac{1}{5} = \frac{16}{25}$$

$$dm = 2\pi r \cdot a \cdot \rho \cdot dl$$

$$dJ = 2\pi r^3 \cdot a \cdot \rho \cdot dl$$

$$J = \frac{1}{2} \pi R^4 \cdot a \cdot \rho$$

$$m = \frac{1}{3} \pi R^2 \cdot \rho \cdot h$$

$$J = \pi R^2 \cdot a \cdot \rho$$

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

$$J = \frac{1}{2} m R^2$$

$$J = \frac{3}{2} m R^2$$



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!

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

$r = l; v = 0$

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

$dr = L + R \cdot h$

$dL = L + R \cdot h$

$dR = L + R \cdot h$

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



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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\cos^2 \beta =$$

$$\beta = 30^\circ$$

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

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

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

$$\beta = 60^\circ$$

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

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

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

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

$$L = \frac{g \cos \beta}{2}$$

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

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

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

$$L = 0$$