



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

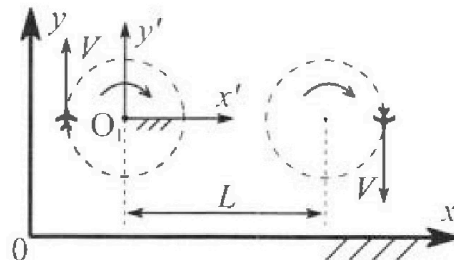
Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями $V = 100$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет, $R = 500$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

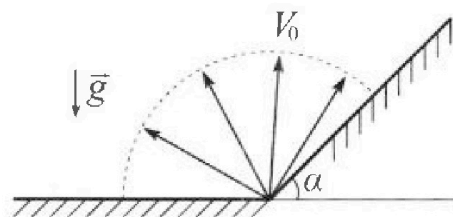
1. Определите отношение $\frac{N}{mg}$, здесь N – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.



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

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

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Продолжительность полета осколка, упавшего на горизонтальную поверхность на максимальном расстоянии от точки разрыва, равна $T = 5$ с, максимальное перемещение за время полета осколка, упавшего на склон, равно $S = 100$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

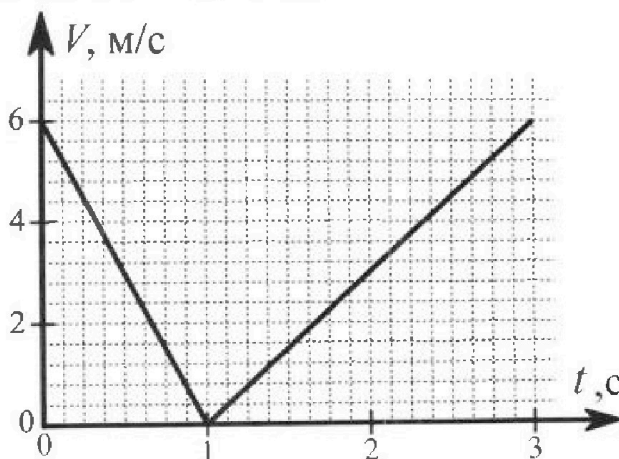


1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. Найдите угол α , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

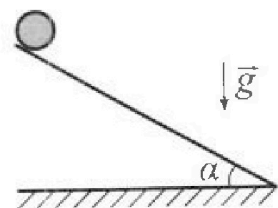
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

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

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в $n = 4$ раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения по вертикали на $h = 1,5$ м?
3. Найдите ускорение a , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента μ трения скольжения бочка катится без проскальзывания?





Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

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

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

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

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

Через 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?



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!

№3

Дано:

$$v = 100 \text{ м/с}$$

$$R = 500 \text{ м}$$

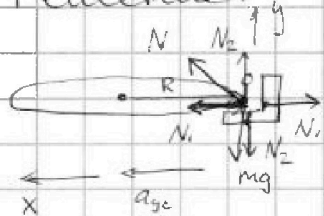
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$1) \frac{N}{mg} = ?$$

$$L = 1,25 \text{ м} = 1250 \text{ м}$$

$$2) \vec{U} = ?$$

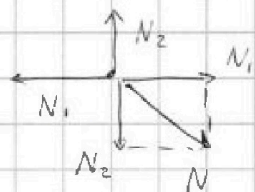
Решение:



4) по II закону Ньютона: для тела массы

$$\begin{cases} m a_{gc} = N_1 \\ a_{gc} = \frac{v^2}{R} \end{cases} \Rightarrow N_1 = \frac{m v^2}{R}$$

$$m g = N_2$$

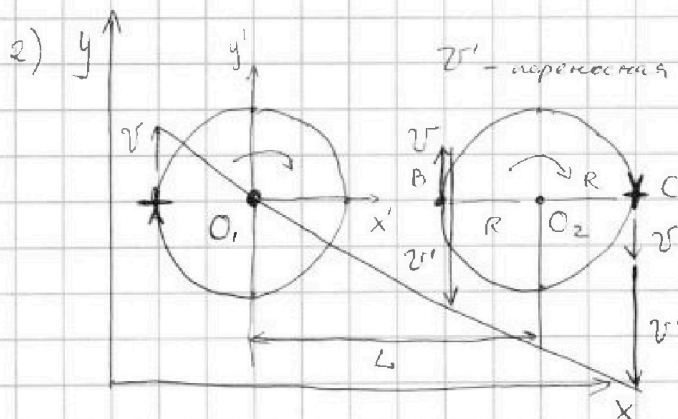


$$N = \sqrt{N_1^2 + N_2^2} = \sqrt{\frac{m^2 v^4}{R^2} + m^2 g^2}$$

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

$$\Rightarrow \frac{N}{mg} = \frac{m \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{mg} = \frac{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{g} = \frac{\sqrt{\frac{10^8}{5^2 \cdot 10^4} + 10^2}}{10} =$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{10^4}{5^2} + 10^2}}{10} = \frac{\sqrt{5 \cdot 2^4 + 10^2}}{10} = \frac{\sqrt{5 \cdot 2^2 (2^2 + 4)}}{10} = \frac{10 \sqrt{5}}{10} = \sqrt{5} \approx 2,25$$



при переходе во вращающуюся СО $x'O'y'$, связанной с первым колесом (с центром) O_1 (все точки на окружности будут двигаться с одной угловой скоростью ω относ. O_1)

O_1 - МЦВ в СО $x'O'y'$

т.е. окружность с центром O_2 имеет одну ω_2 в АСО для всех точек

$\Rightarrow$ в т.В в АСО $v_B = v$ и направлена вдоль O_1O_2 .

в СО $x'O'y'$

$$\omega = \frac{v_B}{R_B} = \frac{v_{\text{центр}}}{R_C}$$

где R_B - расстояние от т.В до O_1

R_C - расстояние от т.С до O_1

$$\omega = \frac{v - v'}{L - R} = \frac{v + v'}{L + R}$$

$$\Rightarrow \frac{v(L+R) - v'(L+R)}{2LR} = \frac{v(L-R) + v'(L-R)}{2LR} \Rightarrow v' = v \frac{R}{L}$$



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



СТРАНИЦА

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!

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

$$\vec{U} = \vec{v} + \vec{v}' = \vec{v} + v \frac{R}{L} = v \left(1 + \frac{R}{L} \right) \quad \text{направлена вниз по оси } Oy$$

$$|U| = 100 \left(1 + \frac{500}{1250} \right) = 100 \left(\frac{1750}{1250} \right) = 100 \cdot \frac{7}{5} = 20 \cdot 7 = 140 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } \frac{N}{mg} = \sqrt{5} \approx 2,25 ; \quad U = 140 \text{ м/с} \quad \text{направлена вниз по } Oy$$



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
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!

$$\frac{v_0^2}{g} = S_2 \cdot \sin \alpha + S_2 = S_2 (\sin \alpha + 1)$$

$$\Rightarrow \sin \alpha + 1 = \frac{v_0^2}{S_2 g} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{v_0^2}{S_2 g} - 1$$

$$\sin \alpha = \frac{35 \cdot 35}{100 \cdot 10} - 1 = \frac{1225}{1000} - 1 = 1,225 - 1 = 0,225$$
$$\alpha = \arcsin(0,225)$$

Ответ: $v_0 = 25\sqrt{2} \approx 35 \text{ м/с}$; $\alpha = \arcsin(0,225)$

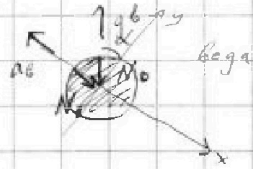
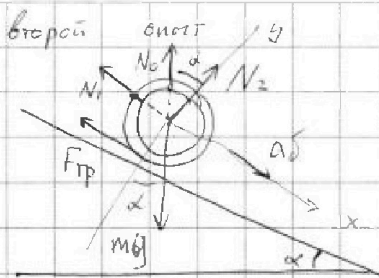


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 4

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



$$m_6 = n m_5 = 4 m_5 \quad m_6 = 4 m_5 = m$$

$$a_6 \neq a_5 \quad |a_6| = a_5$$

по II Закону Ньютона:

$$\text{для } O_x: 4ma = 4mg \cdot \sin \alpha - N_1 - N_0 \cdot \sin \alpha$$
$$\Rightarrow N_1 + N_0 \sin \alpha = 4mg \sin \alpha - 4ma$$

Затем O_y :

$$ma = mg \cdot \sin \alpha - (N_1 + N_0 \cdot \sin \alpha) - F_{\text{тр}}$$

Затем O_y :

$$N_2 = mg \cdot \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N_2 \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow ma = mg \cdot \sin \alpha - 4\mu mg \sin \alpha + 4ma + \mu mg \cos \alpha$$

$$3a + g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 4g \sin \alpha$$

$$3a = 3g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = 2g \sin \alpha + g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

из предыдущего пункта

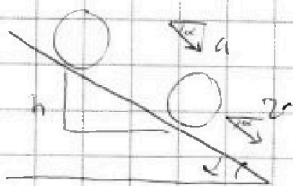
$$g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{v_1}{t_1} = a_1 \Rightarrow g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{6 \text{ м/с}}{1 \text{ с}} = 6 \text{ м/с}^2$$

из предыдущего пункта

$$2g \sin \alpha = \frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} \Rightarrow 2g \sin \alpha = \frac{6 \text{ м/с}}{1 \text{ с}} + \frac{6 \text{ м/с}}{2 \text{ с}} = 9 \text{ м/с}^2$$

$$a = \frac{2g \sin \alpha + g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{3} = \frac{\frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} + \frac{v_1}{t_1}}{3} = \frac{\frac{2}{3} \frac{v_1}{t_1} + \frac{1}{3} \frac{v_1}{t_2}}{3}$$

$$\Rightarrow a = \frac{6 \text{ м/с}^2 + 9 \text{ м/с}^2}{2} \Rightarrow a = 5 \text{ м/с}^2$$



$$v = a \cdot t$$

$$h = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2a \cdot \sin \alpha} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2ah'}{\sin \alpha}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 1,5}{0,45}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 1,5}{0,45}} = \sqrt{\frac{300}{9}} = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ м/с}$$



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!

N=3

Дано:

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$1) \sin \alpha = ?$$

первый
спуск

$$h = 1,5 \text{ м}$$

$$n = 4$$

$$1) v = ?$$

$$2) a = ?$$

$$3) \mu = ?$$

$$S_1 = v_1 \cdot t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{v_1 \cdot t_1}{2}$$

площадь под
графиком

$$\Rightarrow \frac{v_1 t_1}{2} = \frac{a_1 t_1^2}{2} \Rightarrow a_1 t_1 = v_1 \Rightarrow g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t_1 = v_1$$

$(a_1 = \frac{v_1}{t_1})$

$$\sin \alpha = \frac{H_1}{S_1}$$

$$H_1 = \frac{v_1^2 \sin^2 \alpha}{2a \sin \alpha} = \frac{v_1^2 \sin \alpha}{2a} = \frac{v_1^2 \sin \alpha}{2 \cdot v_1} \cdot t_1 = \frac{v_1 \sin \alpha t_1}{2}$$

$$\frac{H_1}{\sin \alpha} = \frac{v_1^2}{2a}$$



рассмотрим промежуток
от $t_1 = 1$ до $t_2 = 3$

$$Ox: ma = mg \sin \alpha - F_{тр}$$

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

$$t_2 - t_1 = t_2 = 2$$

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

$$\Rightarrow ma_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

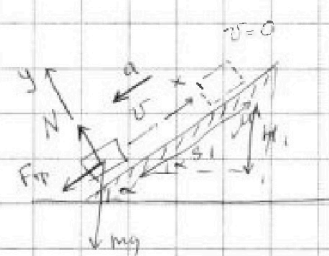
$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$v_1 = a_2(t_2 - t_1) = a_2 t_2 \Rightarrow a_2 = \frac{v_1}{t_2} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_1 + a_2 = \frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha + g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$\frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2g} \left(\frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} \right)$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{2 \cdot 10} \cdot \left(\frac{6}{1} + \frac{6}{2} \right) = \frac{1}{2 \cdot 10} \cdot 9 = \frac{9}{20} = 0,45$$



рассмотрим
промежуток
от $t_1 = 0$ до
 $t_2 = 1$

по II закону Ньютона:

$$Ox: -ma_1 = -F_{тр} - mg \sin \alpha$$

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

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

$$\Rightarrow ma_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

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

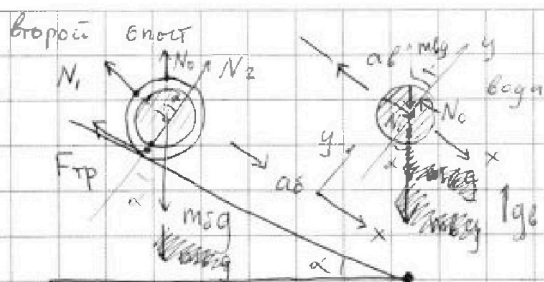


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



$$m_6 = n m_5 = 4 m_5 \quad | \quad m_6 = 4 m_5$$

$$|a_1 = a_2| - a_1 \neq N_1 \neq a_2 \quad a_1 = -a_2$$

по II Закоу Ньютона

$$\text{для } O_x: \quad \cancel{4m_5 a_1} = \cancel{N_1} - \cancel{4m_5 g \sin \alpha}$$

$$\text{для } O_y: \quad N_2 = \cancel{4m_5 g \cos \alpha} + \cancel{m_5 g \cos \alpha}$$

$$\text{для } O_x: \quad m_6 a_2 = m_6 g \sin \alpha - N_1 - F_{\text{тр}} - N_2 \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N_2 = \mu m_6 g \cos \alpha$$

$$\Rightarrow \cancel{4m_5 a_1} = \cancel{m_5 g \sin \alpha} - \cancel{4m_5 a_1} - \cancel{\mu m_6 g \cos \alpha} - \cancel{4m_5 g \sin \alpha}$$

$$3m_5 a_1 = \mu m_6 g \cos \alpha - m_5 g \sin \alpha$$

$$a_1 = \frac{\mu m_6 g \cos \alpha - m_5 g \sin \alpha}{3}$$

$$\Rightarrow a_1 =$$

$$\cancel{4m_5 a_1}$$

по II Закоу Ньютона

$$4m_5 a_2 = 4m_5 g \sin \alpha - N_1 - N_2 \sin \alpha$$

$$\Rightarrow m_6 a_2 = m_6 g \sin \alpha - \mu m_6 g \cos \alpha - 4m_5 a_1 - 4m_5 g \sin \alpha$$

$$5m_5 a_2 = 4m_5 g \sin \alpha + 4m_5 g \sin \alpha + m_5 g \sin \alpha - \mu m_6 g \cos \alpha$$

$$5m_5 a_2 = 4m_5 g \sin \alpha + 4m_5 g \sin \alpha + m_5 g \sin \alpha - \mu m_6 g \cos \alpha$$

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

из предыдущего пункта

$$a_2 - a_1 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha - \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha$$

$$a_2 - a_1 = -2\mu g \cos \alpha$$

$$\Rightarrow \mu g \cos \alpha = \frac{a_1 - a_2}{2}$$

$$\mu g \cos \alpha = \left(\frac{v_1}{t_1} - \frac{v_1}{t_2} \right) \cdot \frac{1}{2}$$

$$\mu g \cos \alpha = \left(\frac{6}{1} - \frac{6}{2} \right) \cdot \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$

$$g \sin \alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} \right)$$

$$g \sin \alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{6}{1} + \frac{6}{2} \right) = \frac{9}{2}$$

при $\mu \geq \tan \alpha$

без использования

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{\frac{400 - 81}{20}}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{319}}{20}$$

$$\tan \alpha = \frac{9}{\sqrt{319}}$$

$$\mu \geq \frac{9}{\sqrt{319}}$$



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

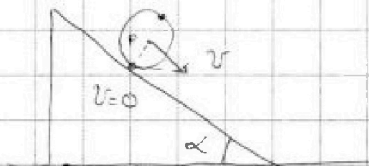
☐☐☒☐☐☐☐

СТРАНИЦА

4 ИЗ 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!

$$v = \frac{10}{\sqrt{3}} \approx 5,8 \text{ м/с}$$



Ответ: $\sin \alpha = 0,45$; $v = \frac{10}{\sqrt{3}} \approx 5,8 \text{ м/с}$; $\mu \geq \frac{9}{\sqrt{319}}$



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!

$$из (0-1) \quad Q = \frac{3}{2} J_1 R_{\Delta T_1} + \frac{5}{2} J_2 R_{\Delta T_2} \quad + A_{внеш} = 9 R_{\Delta T_2}$$

$$из (0-2) \quad Q = \frac{3}{2} J_1 R_{\Delta T_2} + \frac{5}{2} J_2 R_{\Delta T_1} + J_1 R_{\Delta T_2} + J_2 R_{\Delta T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} J_1 R_{\Delta T_1} + \frac{5}{2} J_2 R_{\Delta T_1} = \frac{5}{2} J_1 R_{\Delta T_2} + \frac{7}{2} J_2 R_{\Delta T_2} +$$

$$J_2 R \left(\frac{5}{2} \Delta T_1 - \frac{7}{2} \Delta T_2 \right) = J_1 R \left(\frac{5}{2} \Delta T_2 - \frac{3}{2} \Delta T_1 \right) \quad J_1 = \frac{N_1}{N_A} \quad J_2 = \frac{N_2}{N_A}$$

$$\Rightarrow \frac{J_1}{J_2} = \frac{\left(\frac{5}{2} \Delta T_1 - \frac{7}{2} \Delta T_2 \right)}{\left(\frac{5}{2} \Delta T_2 - \frac{3}{2} \Delta T_1 \right)} = \frac{\frac{5}{2} \cdot 58 - \frac{7}{2} \cdot 40}{\frac{5}{2} \cdot 40 - \frac{3}{2} \cdot 58} =$$

$$\Rightarrow \frac{J_1}{J_2} = \frac{N_1}{N_A} \cdot \frac{N_A}{N_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$= \frac{5 \cdot 29 - 7 \cdot 20}{5 \cdot 20 - 3 \cdot 29} = \frac{145 - 140}{100 - 87} = \frac{5}{13} = \frac{N_1}{N_2}$$

Ответ: $A_{внеш} = 630 \text{ Дж}$; $c_p = \frac{29}{9} R \approx 26,8 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$;

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



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!

№ 4

Дано:

$$|Q| = 2320 \text{ Дж}$$

$$|\Delta T_1| = 58 \text{ К}$$

$$|\Delta T_2| = 40 \text{ К}$$

$$i(\text{He}) = 3$$

$$i(\text{N}_2) = 5$$

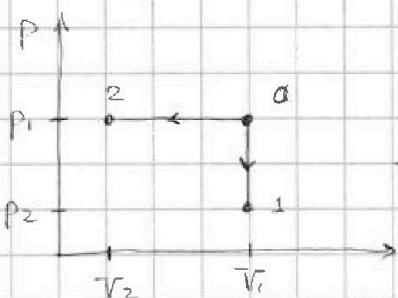
$$1) A_{\text{внеш}_2} = ?$$

$$2) C_p = ?$$

$$3) \frac{N_1(\text{He})}{N_2(\text{N}_2)} = ?$$

Решение:

нарисуем график процессов $p(V)$



$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

2 - (He)

2 - (N₂)

2 - смеси

0-1 - изохорный

0-2 - изобарный

$$1) \Delta H: Q = \Delta U + \Delta A_{\text{внеш}}$$

$$(0-1) |Q| = \frac{3}{2} \nu_1 R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_1 + 0$$

$$\Rightarrow Q = R \Delta T_1 \left(\frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right)$$

$$\left(\frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right) = \frac{Q}{R \Delta T_1}$$

$$2) \Delta H: Q = \Delta U + \Delta A_{\text{внеш}} \Rightarrow \Delta Q = \Delta U - A_{\text{внеш}}$$

$$(0-2) |Q| = \left(\frac{3}{2} \nu_1 R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_2 \right) - A_{\text{внеш}} \Rightarrow A_{\text{внеш}} = Q - R \Delta T_2 \left(\frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right)$$

$$\Rightarrow A_{\text{внеш}} = Q - R \Delta T_2 \cdot \frac{Q}{R \Delta T_1} = Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = 2320 \cdot \left(1 - \frac{40}{58} \right) = 2320 \cdot \frac{18}{58} = 70,9 = 630 \text{ Дж}$$

$$3) A_{\text{внеш}} = p_1 \cdot \Delta V = p_1 \cdot (V_1 - V_2)$$

$$pV = \nu RT \text{ уравнение Менделеева-Клапейрона}$$

$$\Rightarrow p_1 (V_1 - V_2) = \nu R (T_1 - T_2) = \nu R \Delta T_2$$

$$\Rightarrow A_{\text{внеш}} = \nu R \Delta T_2 = Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) \Rightarrow \nu = \frac{Q (\Delta T_1 - \Delta T_2)}{R \cdot \Delta T_2 \cdot \Delta T_1}$$

$$\Delta H: Q = \Delta U + \Delta A_{\text{внеш}} \equiv \nu C_p \Delta T \text{ (т.е. изобар.)} \equiv \nu C_p \Delta T$$

$$\Rightarrow Q = \nu C_p \Delta T_2 \Rightarrow C_p = \frac{Q}{\nu \Delta T_2} = \frac{Q \cdot R \Delta T_2 \cdot \Delta T_1}{Q (\Delta T_1 - \Delta T_2) \Delta T_2}$$

$$\Rightarrow C_p = \frac{R \Delta T_1}{\Delta T_1 - \Delta T_2} = \frac{8,31 \cdot 58}{(58 - 40)} = \frac{8,31 \cdot 58}{18} \approx$$

$$C_p = \frac{29}{9} R \approx 26,8 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

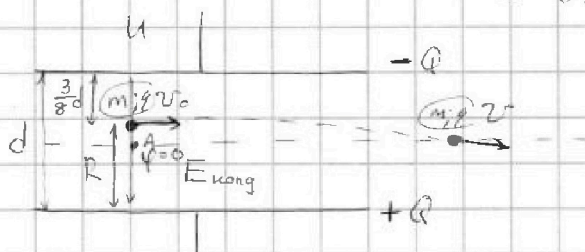
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№5

Дано:
 $U; d; v_0$
 $\frac{3}{8}d; R$

Решение:

Q - заряд конденсатора



1) $\gamma = \frac{q}{m} = ?$

2) $v = ?$

1) $g = R = \frac{v_0^2}{a_n}$ - ф-ла для радиуса кривизны $\Rightarrow a_n = \frac{v_0^2}{R}$

2) $C_{\text{плоского конденсатора}} = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$
 $E_{\text{плоского конг}} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} \cdot 2 = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \quad (2 E_{\text{плоскости}})$
 $E_{\text{конг}} = \frac{U}{d}$

3) по II Закоу Ньютона: (для частицы)

$m a_n = F = E_{\text{конг}} \cdot q = \frac{U}{d} \cdot q \Rightarrow \gamma = \frac{q}{m} = \frac{a_n \cdot d}{U}$
 $\Rightarrow \gamma = \frac{q}{m} = \frac{v_0^2 \cdot d}{R \cdot U}$

4) ЗСЭ: $W_1 + E_{n1} = W_2 + E_{n2}$ $W_2 = 0$ (т.к. частица вылетела из конг, не действуя поле $E_{\text{конг}}$)

$W_1 = \varphi \cdot q$

т.к. в серединной плоскости конденсатора $\varphi = 0$ б.т. $A \varphi_1 = 0$

$\Rightarrow (\varphi_2 - \varphi_1) = E_{\text{конг}} \cdot (d_2 - d_1) = \frac{U}{d} \cdot \left(\frac{4}{8}d - \frac{3}{8}d\right) = \frac{U}{8}$

$\Rightarrow 0 - \varphi_1 = \frac{U}{8} \Rightarrow \varphi_1 = -\frac{U}{8}$

$\Rightarrow W_1 = -\frac{U}{8} \cdot q$

$\Rightarrow$ в ЗСЭ: $-\frac{U}{8}q + \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} \quad / : m$

$\Rightarrow -\frac{U}{8}\gamma + \frac{v_0^2}{2} = \frac{v^2}{2} \quad / \cdot 8$

$-4\gamma + 4v_0^2 = 4v^2$

$\Rightarrow v^2 = v_0^2 - \frac{4\gamma}{4} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - \frac{U \cdot v_0^2 d}{4 R R}} = v_0 \sqrt{1 - \frac{d}{4 R}}$

Ответ: $\gamma = \frac{q}{m} = \frac{v_0^2 d}{U R}$; $v = v_0 \sqrt{1 - \frac{d}{4 R}}$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

№4

(He) (N₂)

$$Q = 2320 \text{ Дж}$$

$$|T_1| = 58 \text{ К}$$

$$|T_2| = 40 \text{ К}$$

$$A_{\text{внеш}} = ?$$

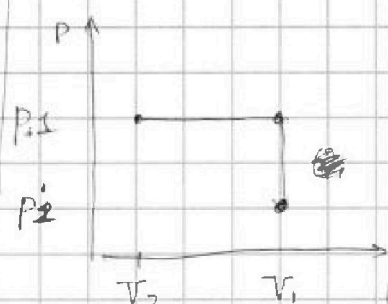
$$C_p = ?$$

$$\frac{M_1}{M_2} = ?$$

He - 0, N₂ - 0,2

Мольное - ил.моль.рост

$$pV = RT$$



$$1 \text{ моль } Q = \Delta U + A_{\text{внеш}}$$

$$Q = \frac{3}{2} R \Delta T_1 + A_{\text{внеш}}$$

$$Q = \frac{3}{2} R T_1 + \frac{5}{2} R T_2$$

$$2 \text{ моль } : \Delta Q = \Delta U + A_{\text{внеш}}$$

$$-Q = -\frac{3}{2} R T_2 - \frac{5}{2} R T_2$$

$$= -(p_1(V_1 - V_2)) \text{ А.внеш}$$

$$A_{\text{внеш}} = Q - \frac{3}{2} R T_2 - \frac{5}{2} R T_2$$

$$A_{\text{внеш}} = Q - R T_2 \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \right)$$

$$A_{\text{внеш}} = Q - \frac{R T_2 \cdot Q}{R T_1}$$

$$A_{\text{внеш}} = Q \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$$

$$p_1 V_1 = 2 R T_1 + 2 R T_2$$

$$p_2 V_2 = 2 R T_2 + 2 R T_2$$

$$Q = R T_1 \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \right)$$

$$\frac{3}{2} + \frac{5}{2} = \frac{Q}{R T_1}$$

$$1 \text{ моль } - Q_2 = -R T_2 \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \right) - A_{\text{внеш}} = 2 C_p \Delta T_2$$

$$\Rightarrow -Q \frac{T_2}{T_1} - Q + Q \frac{T_2}{T_1} = 2 C_p \Delta T_2$$

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

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

$$Q = 2 C_p \Delta T_2$$

$$C_p = \frac{Q}{2 \Delta T_2} = \frac{R \cdot R \Delta T_2}{Q \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \cdot \Delta T_2} = \frac{T_1 R}{T_1 - T_2}$$

$$\begin{array}{r} 240,99 \\ 78 \cdot 3 \\ \hline 60 \\ -54 \\ \hline 69 \end{array} \quad \begin{array}{r} 26,77 \\ 69 \\ -63 \\ \hline 69 \end{array} \quad \begin{array}{r} 28,31 \\ \times 29 \\ \hline 17479 \\ 1662 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 72240,99 \\ 240,99 \end{array} \quad 8,31 \cdot \frac{29}{9}$$

$$\begin{array}{r} 429 \\ \times 5 \\ \hline 145 \end{array} \quad \begin{array}{r} 58-40 \\ 58 \\ \hline 29 \end{array} \quad \begin{array}{r} 29 \\ \times 29 \\ \hline 203 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2320 \\ 203 \cdot 11 \\ \hline 290 \end{array}$$

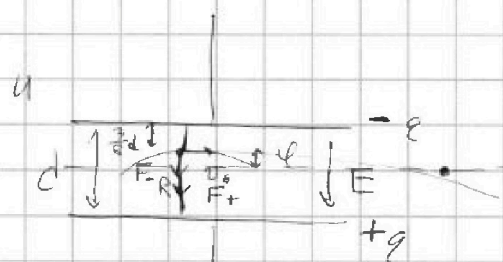


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

$$Q = \frac{q}{u} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$R = \frac{5}{8} d$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$r = \frac{q}{m}$$

$$R = \frac{v_0^2}{a_n}$$

$$\Rightarrow a_n = \frac{v_0^2}{R}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 S} = \frac{u}{d}$$

no II 3H

$$ma_n = F_e + F_g = \frac{q}{d} \cdot q + mg$$

$$ma_n = \frac{u}{d} \cdot q = m \frac{v_0^2}{R}$$

$$\left| r = \frac{q}{m} = \frac{v_0^2}{R} \cdot \frac{d}{u} \right|$$

$$S =$$

$$303: -\frac{1}{8} qEd + \frac{mv_0^2}{2} = W_n = \frac{mv^2}{2}$$

$$0 - \varphi = E \cdot \frac{1}{8} d \Rightarrow \varphi = -\frac{1}{8} Ed \Rightarrow W = q \cdot \varphi = -\frac{1}{8} qEd$$

$$v_0 \cdot t = \sqrt{2gH} \cdot t = \sqrt{H^2}$$

N° 2

$$\alpha + \beta =$$

$$L = S$$

$$\frac{gt^2}{4} = \left(\frac{S}{t} \right)^2$$

$$T_1 = 5c$$

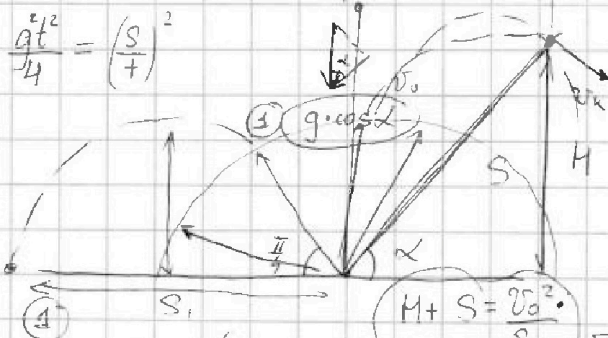
$$S = 100m$$

$$\sin \alpha = \frac{H}{S}$$

$$\frac{25}{100} \times 1.4 = \frac{H \cdot v_0 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\frac{25}{350} =$$

$$H = \frac{v_0 \cdot \cos(\alpha + \beta)}{g}$$



$$S_1 = (v_0 \cdot \cos \frac{\pi}{4}) \cdot T_1$$

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \frac{\pi}{4}}{2g} = \frac{g \left(\frac{T_1}{2} \right)^2}{2}$$

$$H + S = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} v_n$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g^2 \cdot T_1^2}{\sin^2 \frac{\pi}{4}}} = \frac{g T_1}{2 \sin \frac{\pi}{4}} = \frac{g T_1}{2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{g T_1}{\sqrt{2}} = \frac{10 \cdot 5}{\sqrt{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 25\sqrt{2}$$

$$H_2 = \frac{g T_2^2}{2}$$

$$H_2 = \frac{g T_2^2}{2}$$



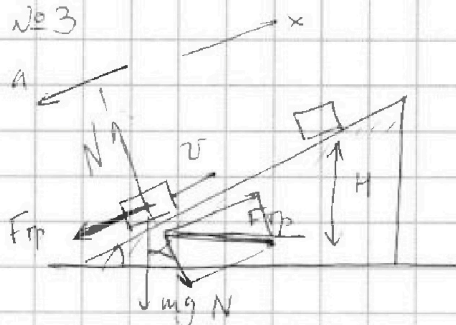
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

№3

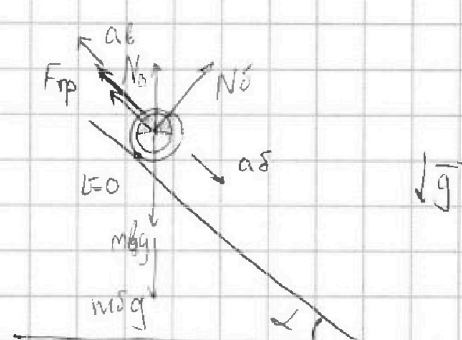


$$3C\Theta : m v^2$$

$$\Delta p = \frac{F}{\Delta t}$$

$$\Delta p = m v_6 - m v_0 = m v_6$$

$$\Delta p =$$



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

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

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

$$\mu N = \mu mg \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha$$

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

$$S = v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2}$$

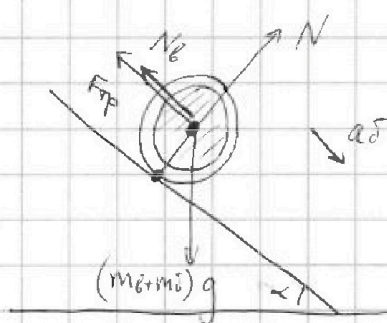
$$4mR^2$$

$$H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t^2}{2} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{+2a}$$

$$m_6 = 4m_5$$

$$\sin \alpha = \frac{H}{S}$$

$$\frac{g}{20} \mu \geq \tan \alpha$$



$$N = m_0 g \cdot \cos \alpha$$

$$m_0 a_0 = m_0 g \cdot \sin \alpha - \mu m_0 g \cos \alpha + N_e$$



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

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

$$400$$

$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 17} \\ \underline{28} \\ 39 \end{array}$$

$$4,5$$

$$\frac{45}{10}$$

$$\frac{45}{10}$$

$$\frac{45}{10}$$

$$\frac{45}{10}$$

$$\begin{array}{r} 4,5 \overline{) 2} \\ \underline{4} \\ 0,5 \\ \underline{0,5} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 13} \\ \underline{26} \\ 59 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 14} \\ \underline{26} \\ 59 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4,5 \overline{) 10} \\ \underline{45} \\ 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 45 \overline{) 100} \\ \underline{45} \\ 15 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 14} \\ \underline{26} \\ 59 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 17} \\ \underline{17} \\ 249 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 17} \\ \underline{17} \\ 249 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 17} \\ \underline{17} \\ 249 \end{array}$$

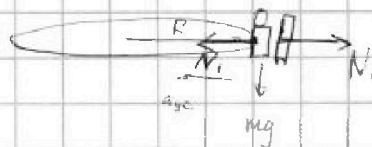
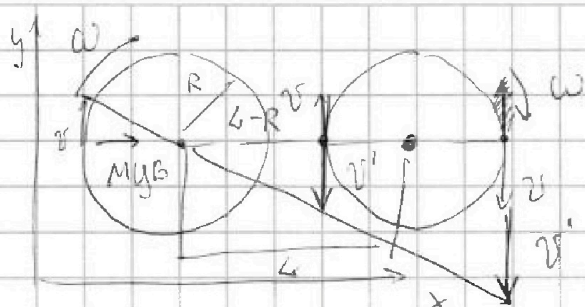


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



по II ЗН:

$$ma = N_1 = m \frac{v^2}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{N_1}{mg} = \frac{v^2}{Rg}$$

$$100^4 = (10^2)^4 = 10^8$$

$$500^2 = (5 \cdot 10^2)^2 = 5^2 \cdot 10^4$$

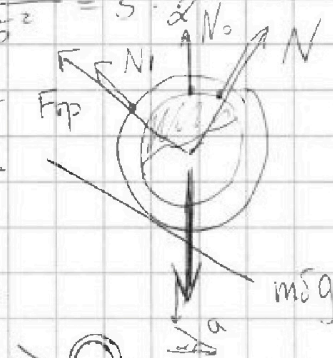
$$\frac{10^4}{5^2} = \frac{5^4 \cdot 2^4}{5^2} = 5^2 \cdot 2^4$$

$$\begin{array}{r} 2,1 \\ \times 2,1 \\ \hline 21 \\ 42 \\ \hline 441 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,3 \\ \times 2,3 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 5,29 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ \times 2,2 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 4,84 \end{array}$$

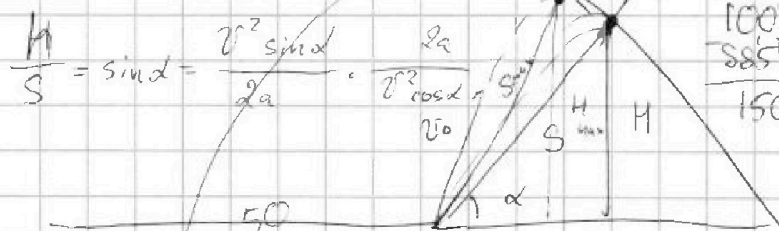
$$\begin{array}{r} 2,25 \\ \times 2,25 \\ \hline 1125 \\ 4500 \\ \hline 506,25 \end{array}$$



$$\frac{v' - v}{L - R} = \frac{v + v'}{L + R}$$

$$\frac{175}{125} = \frac{7}{5}$$

$$S = \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{2a \cos \alpha} = \frac{v^2 \cos \alpha}{2a}$$



$$\frac{1,5}{0,45} = \frac{150 \cdot 10^2}{45} \quad h = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2a}$$

$$N_1 + N_0 \sin \alpha = 4mg \sin \alpha - 4ma$$

4+3

$$\begin{array}{r} 3,25 \\ \times 2,5 \\ \hline 1625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,25 \\ \times 2,5 \\ \hline 1125 \end{array}$$

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

$$\frac{3,17^4}{85 \cdot 10^2}$$

$$h = \frac{a \cdot \sin^2 \alpha \cdot t^2}{2}$$

$$t = \frac{2 \cdot 6}{2 \cdot 1} = 4$$

$$h = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2a \cdot \sin^2 \alpha}$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ 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!

