



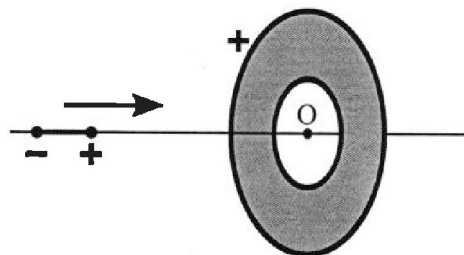
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

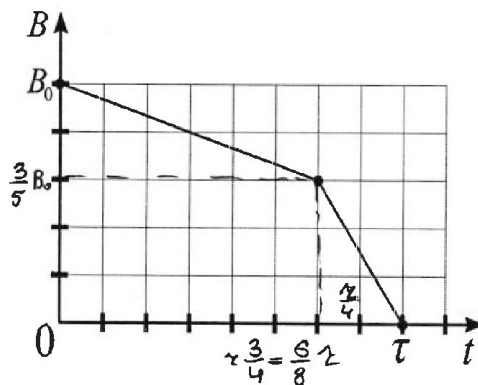
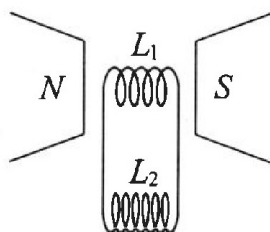


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Заряды диполя уменьшают по модулю в 3 раза и сообщают диполю начальную скорость V_0 .



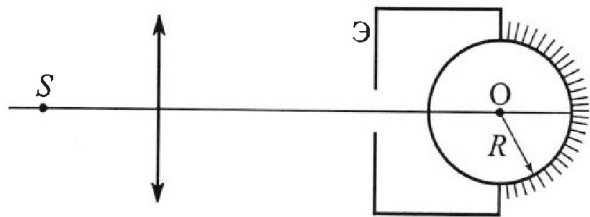
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = 5L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 8L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_2 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 4,5R$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти фокусное расстояние линзы F .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 3R$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



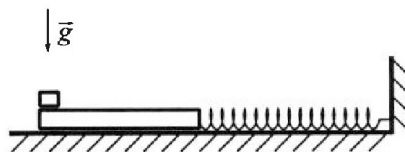
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 4$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 100$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

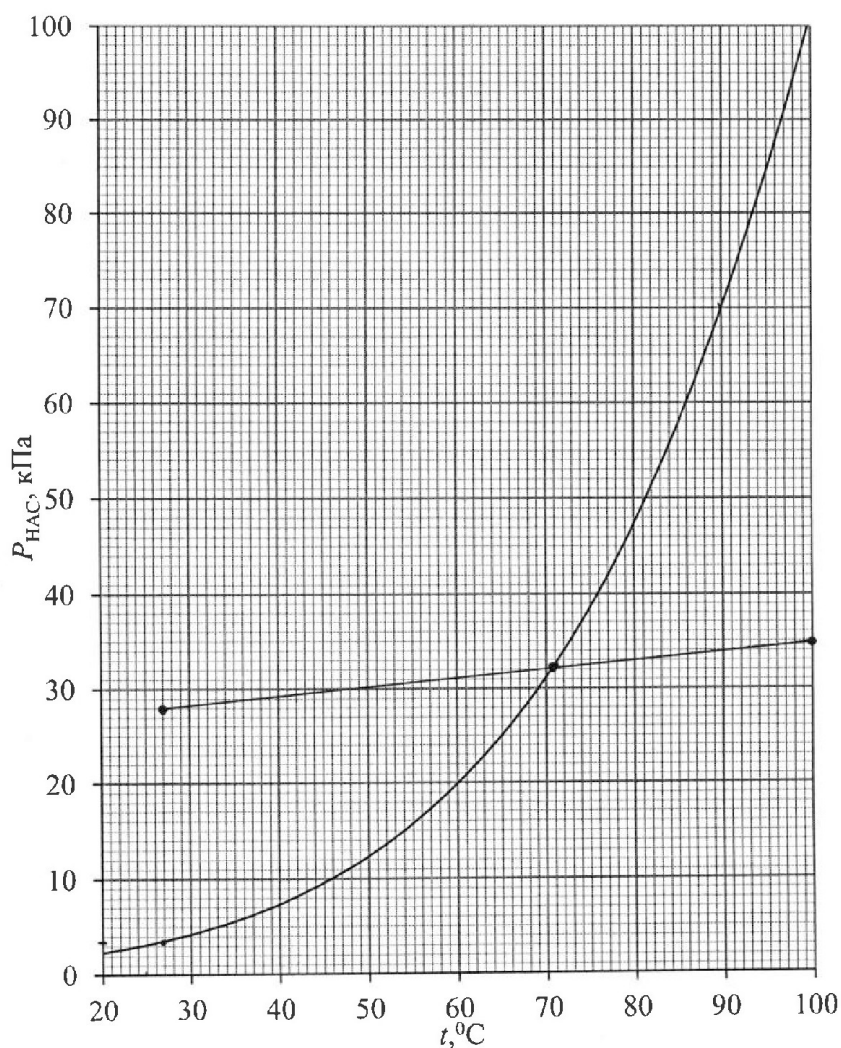


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90$ °С. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.
- 2) Найти температуру t^* , при которой прекратится испарение воды.
- 3) Найти относительную влажность φ в конце нагревания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.



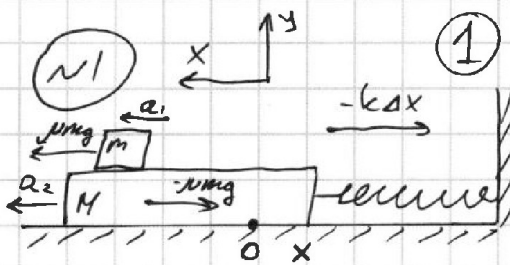


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

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



1) Если брусок скользит относительно доски, то на него действует сила трения скольжения:

$$23H: y: N_1 = mg$$

$$2) a_{\text{отн}} = 0 \Rightarrow a_1 = a_2 = \mu g$$

$$x: ma_1 = \mu mg$$

$$23H: x: Ma_2 = -\mu mg - k\Delta\tilde{x}$$

$$a_1 = \mu g \text{ (пока скользит)}$$

$$(H+m)\mu g = -k\Delta\tilde{x}$$

$$|\Delta\tilde{x}| = \frac{(H+m)\mu g}{k}$$

a_1 - ускор. бруска
 a_2 - ускор. доски
 t' - время, за которое доска достигнет нулевого ускор.

$$|\Delta\tilde{x}| = \frac{5 \cdot 4 \cdot 10}{10 \cdot 100} \text{ м} = \frac{20}{100} \text{ м} = 0,2 \text{ м}$$

$$|\Delta\tilde{x}| = 20 \text{ см} \quad (\text{скакала относительно стены})$$

$$(2) M\ddot{x} = -kx - \mu mg$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M}x = C \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} = \frac{\tilde{\omega}}{2t'} \Rightarrow \left(t' = \frac{\tilde{\omega}}{2} \sqrt{\frac{2M}{k\mu g}} \right)$$

$$v_{\text{отн}} = 0 \Rightarrow v_1 = v_2 = v \quad \begin{cases} v_1 - \text{скор. бруска} \\ v_2 - \text{скор. доски} \end{cases}$$

$$v_1 = t' \cdot a_1 = \frac{\mu g}{2} \cdot \frac{M}{k}$$

~~$$v_2 = t' \cdot a_2 = \frac{\mu g}{2} \cdot \frac{M}{k} - \frac{k}{M} \cdot \frac{M}{k} \cdot \frac{\mu g}{2} = \frac{\mu g}{2} \cdot \frac{M}{k} - \frac{\mu g}{2} = \frac{\mu g}{2} \left(\frac{M}{k} - 1 \right)$$~~

~~$$\ddot{x} + \frac{k}{M}x = -\frac{\mu mg}{M} \Rightarrow x(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) + \frac{\mu mg}{k}$$~~

~~$$x(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) + \frac{\mu mg}{k}$$~~

~~$$x(0) = 0 \Rightarrow 0 = A \sin\left(\frac{\sqrt{k}}{M} \cdot \frac{\pi}{2 \sqrt{k}}\right) + B \cos\left(\frac{\sqrt{k}}{M} \cdot \frac{\pi}{2 \sqrt{k}}\right) + \frac{\mu mg}{k} = 0$$~~

~~$$v(t) = A \omega \cos(\omega t) - B \omega \sin(\omega t)$$~~



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!

~~$$m\ddot{x} + kx = -\mu mg$$~~

$$\ddot{x} + \frac{k}{M}x = -\frac{\mu mg}{M}$$

Во время данного колебательного процесса точка оси координат проходит колебания: $x_0 = -\frac{\mu mg}{k}$

Когда $x = x_0$ ускорение доски ноль

$$v(0) = 0$$

$$v(t) = \frac{\mu g}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

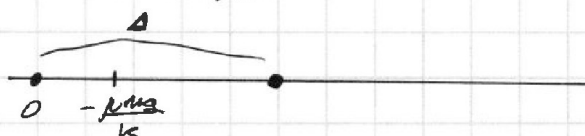
~~$$x(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) - \frac{\mu mg}{k}$$~~
~~$$v(t) = A \omega \cos(\omega t) - B \omega \sin(\omega t)$$~~

~~$$v(0) = 0 \Rightarrow A \omega = B \omega$$~~

~~$$x(t) = \frac{\mu g}{2} \sqrt{\frac{M}{k}} \sin(\omega t) - \frac{\mu mg}{k}$$~~

A-амплитуда

$$A = \Delta - \frac{\mu mg}{k}$$



Δ -как расстояние

$$x(t) = -\left(\Delta - \frac{\mu mg}{k}\right) \cos(\omega t) - \frac{\mu mg}{k}$$

$$v(t) = \sin(\omega t) \omega \left(\Delta - \frac{\mu mg}{k}\right) \quad \left(\frac{\mu mg}{k} = \frac{0.4 \cdot 10 \cdot 1}{100} = 4 \text{ см}\right)$$

$$v(t) = \omega \left(\Delta - \frac{\mu mg}{k}\right) = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\Delta - \frac{\mu mg}{k} = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{M}{k}} \Rightarrow \Delta = \frac{\mu mg}{k} + \frac{100}{2} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{4}{k} \left(1 + \frac{100}{2}\right)$$

$$\Delta = \frac{0.4 \cdot 10}{100} \left(1 + \frac{3.4}{1.2}\right) \text{ м} = \frac{4}{100} \cdot 7 \text{ м} = 0.28 \text{ м}$$

$$\Delta = 28 \text{ см}$$

$$a_0 = \frac{k}{M} \left(\Delta - \frac{\mu mg}{k}\right) = \frac{100}{4} \cdot 0.24 \text{ м} = 6 \text{ м/с}^2$$

③

$$a(t) = \cos(\omega t) \frac{k}{M} \left(\Delta - \frac{\mu mg}{k}\right) = \mu g \Rightarrow \cos(\omega t) = \frac{\mu g}{k \left(\Delta - \frac{\mu mg}{k}\right)}$$

$$\tilde{x} = \frac{\sqrt{5}}{3} \sqrt{\frac{k}{M}} \left(\Delta - \frac{\mu mg}{k}\right)$$

$$\tilde{x} = \frac{\sqrt{5}}{3} \cdot 5 \cdot 0.24 \text{ м} = 1.5 \cdot 0.4 \text{ м}$$

$$\cos(\omega t) = \frac{4.4}{100 \cdot 0.24} = \frac{11}{24} = \frac{2}{3}$$

$$\sin(\omega t) = \sqrt{\frac{9}{9} - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

Ответ: $\Delta x = 20 \text{ см}$; $a_0 = 6 \text{ м/с}^2$; $\tilde{x} = \frac{4}{10} \sqrt{5} \text{ м}$.



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

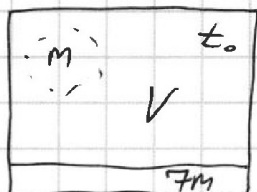
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~ 2

V - объем сосуда
 m - масса пара

$$1) P_{\text{нас}}(t_0) \approx 3,5 \text{ кПа}$$

$$P_{\text{нас}}(t) \approx 70 \text{ кПа}$$



$$2) \begin{cases} P_{\text{нас}}(t_0) \cdot V = \frac{m}{\nu} R t_0 \\ P_n \cdot V = \frac{8m}{\nu} R t \end{cases}$$

~~$P_{\text{нас}}(t_0) \cdot V = \frac{m}{\nu} R t_0$~~
 ~~$P_n \cdot V = \frac{8m}{\nu} R t$~~

P_n - давление
пара в конце

$$\frac{P_n}{P_{\text{нас}}(t_0)} = \frac{8t}{t_0} \Rightarrow P_n = P_{\text{нас}}(t_0) \frac{8t}{t_0}$$

$$3) m_{\text{пар } 0} = m$$

$$m_{\text{пар } k} = m + 7m = 8m$$

$$\frac{m_{\text{пар } k}}{m_{\text{пар } 0}} = 8$$

4) Буду считать что по мере нагревания (до момента полного испарения воды) пар всё время остаётся насыщ.:

$$\begin{cases} P_{\text{нас}}(t_0) V = \frac{m}{\nu} R t_0 \\ P_{\text{нас}}(t^*) V = \frac{8m}{\nu} R t^* \end{cases} \quad \left| \quad \begin{aligned} \frac{P_{\text{нас}}(t_0)}{P_{\text{нас}}(t^*)} &= \frac{t_0}{8t^*} \\ P_{\text{нас}}(t^*) &= \frac{P_{\text{нас}}(t_0) \cdot 8t^*}{t_0} \end{aligned} \right.$$

$$P_{\text{нас}}(t^*) = \frac{P_{\text{нас}}(t_0) \cdot 8t^*}{t_0} \quad \swarrow \text{по графику} \quad \checkmark \text{найдём } t^*$$

$$S(t^*) = \frac{P_{\text{нас}}(t_0)}{t_0} 8t^*$$

$$S(t_0) = 8P_{\text{нас}}(t_0) = 8 \cdot 3,5 \text{ кПа} = 28 \text{ кПа}$$

$$S(100^\circ\text{C}) = 8 \cdot 3,5 \text{ кПа} \cdot \frac{373}{300} \approx 28 \text{ кПа} \cdot 1,243 = 34,72 \text{ кПа}$$

$$t^* \approx 71^\circ\text{C}$$

$$5) \varphi = \frac{P_n}{P_{\text{нас}}(t)} = \frac{P_{\text{нас}}(t_0) \cdot 8t}{P_{\text{нас}}(t) \cdot t_0} = \frac{3,5}{70} \cdot 8 \cdot \frac{363}{300} = \frac{3,5}{70} \cdot 8 \cdot 1,21 =$$

$$= \frac{9,68}{20} = \frac{4,84}{10} = 0,484$$

Ответ: $\frac{m_{\text{пар } k}}{m_{\text{пар } 0}} = 8$; $t^* \approx 71^\circ\text{C}$; $\varphi = 48,4\%$.



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.

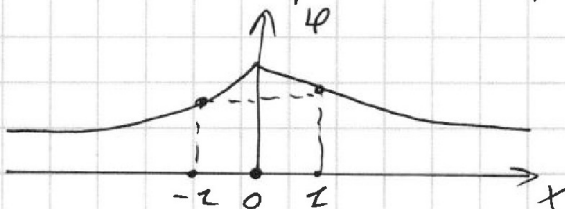
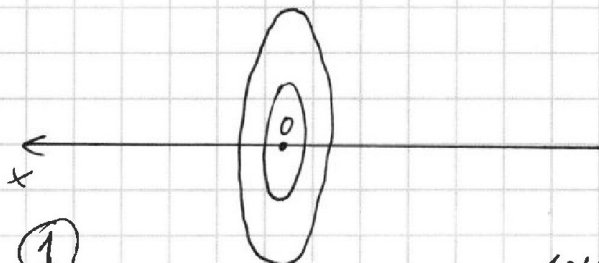
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

③ $\varphi(x)$ - потенциал диска
на оси x

Диск симметричен осн. "0":



Потенциал диска симметричен осн. "0".

①

$W(x)$ - потен. энергии
диска (х-центр диска)

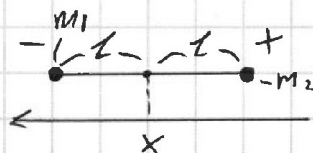
$$W(x) = \varphi(x-l)q - q \cdot \varphi(x+l)$$

$$W(x) = q(\varphi(x-l) - \varphi(x+l))$$

Идёт центра диска: $x=0$ | $W(0) = q(\varphi(-l) - \varphi(l))$

$$\varphi(-l) = \varphi(l) \quad W(0) = q(\varphi(l) - \varphi(l)) = 0$$

$$3\text{СЭ: } \frac{v_0^2}{2}(m_1+m_2) = \frac{v_+^2}{2}(m_1+m_2) + \underbrace{W(0)}_{=0} \quad \boxed{v_+ = v_0}$$



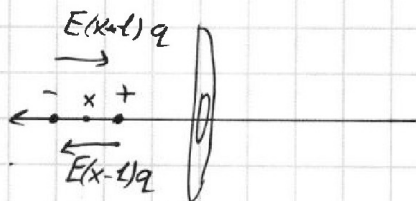
v_+ - скор. диска при
пролёте центра

$$\textcircled{2} (m_1+m_2)a = +E(x-l)\tilde{q} + E(x+l)\tilde{q}$$

$E(x)$ напряж. поля от
диска на оси x

$$(m_1+m_2)a = -\tilde{q}(E(x-l) - E(x+l))$$

$$a=0 \Rightarrow v - \text{max или } v - \text{min}$$



Из конфигурации системы понятно, что будет существовать такая точка x^c координата a , что в ней сила, действующая на диск равна 0, это будет скорост. т.п. скорости.

условие т.п. скорости пролета

$$3\text{СЭ: } \frac{v_0^2}{2}(m_1+m_2) = 0 + W(a) \Rightarrow \frac{v_0^2}{2}(m_1+m_2) = q \cdot \tilde{\varphi}(a) \quad \text{1-ый шаг}$$

$$3\text{СЭ: } \frac{v_0^2}{2}(m_1+m_2) = \frac{v_{\min}^2}{2}(m_1+m_2) + \frac{q}{3} \tilde{\varphi}(a)$$



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!

$$\hat{U}(a) = \frac{v_0^2}{2} \frac{(m_1 + m_2)}{a}$$

$$\frac{v_0^2}{2} (m_1 + m_2) = \frac{v_{min}^2}{2} (m_1 + m_2) + \frac{4}{3} \cdot \frac{v_0^2}{2} \frac{(m_1 + m_2)}{2} \quad / \cdot \frac{2}{(m_1 + m_2)}$$

$$v_0^2 - v_{min}^2 + \frac{v_0^2}{3} \Rightarrow v_{min}^2 = \frac{2}{3} v_0^2 \Rightarrow \boxed{v_{min} = \sqrt{\frac{2}{3}} v_0}$$

$$\frac{v_{max}}{v_{min}} = \frac{v_0}{v_0} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{6}}{2}$$

Скорость max на бесконечности и в центре диска.

$$\text{Ответ: } v_y = v_0, \quad \frac{v_{max}}{v_{min}} = \frac{\sqrt{6}}{2}.$$



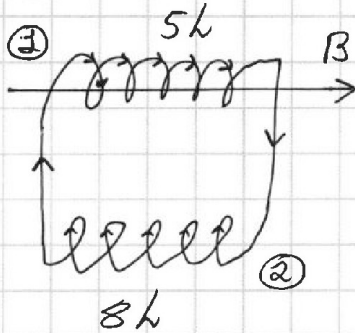
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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



$$\Phi_1 = \pm B \cdot S_1 \cdot n_1 + 5LI$$

$$\Phi_2 = 8LI$$

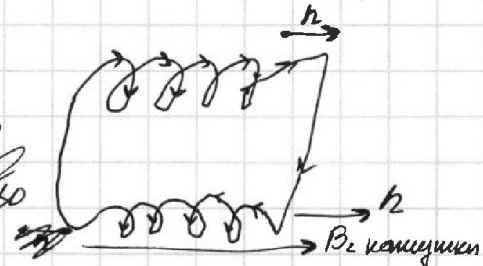
$$\dot{\Phi}_1 = \pm \dot{B} S_1 n_1 + 5L \dot{I} = \mathcal{E}_{\text{ин}1}$$

$$\dot{\Phi}_2 = 8L \dot{I} = \mathcal{E}_{\text{ин}2}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ин}1} + \mathcal{E}_{\text{ин}2} = 0 \Rightarrow \pm \dot{B} S_1 n_1 + 13L \dot{I} = 0$$

От направления навивки верхнего контура модуль образовавшегося тока не зависит

~~Умножить равностремить весь контур и выбрать разные контуры катушки выходящие с противоположных концов.~~



Ток идет катушки через себя ~~туда~~ всегда положительный если выберем нормаль в совм. с напр. тока

$$\begin{aligned} \int \mathcal{E} dt &= \int B S_1 n_1 dt \Rightarrow I_0 = \frac{S_1 n_1}{13L} \int B dt \\ \int B dt &= \frac{B_0 + \frac{3}{5} B_0}{2} \cdot \frac{3}{4} \tau + \frac{\tau}{4} \cdot \frac{3}{5} B_0 \cdot \frac{1}{2} = \frac{8}{5} B_0 \cdot \frac{3}{4} \tau + \frac{3}{40} B_0 \tau = \frac{27}{40} B_0 \tau \\ I_0 &= \frac{S_1 n_1}{13L} \cdot \frac{27}{40} B_0 \tau = \frac{27}{40} \frac{S_1 n_1 B_0 \tau}{13L} \end{aligned}$$

$$\int 13L dI = \int B S_1 n_1 \Rightarrow |I_0| = \frac{1}{13L} \int B S_1 n_1 \Rightarrow$$

$$I_0 = \frac{B_0 S_1 n_1}{13L}$$



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!

$$13 \cancel{L} I = (B_0 - B) S_1 n$$

$$13 \cancel{L} dq_2 = (B_0 - B) S_1 n \cdot dt$$

$$q_2 = \frac{S_1 n}{13 \cancel{L}} \left[\int_0^2 B_0 dt - \int_0^2 B dt \right]$$

$$q_2 = \frac{S_1 n}{13 \cancel{L}} \left[B_0 \cdot 2 - \frac{27}{40} B_0 \cdot 2 \right] = \frac{S_1 n \cdot B_0 \cdot 2 \cdot 13}{13 \cancel{L} \cdot 40}$$

$$q_2 = \frac{B_0 \cdot 2 \cdot S_1 n}{40 \cancel{L}}$$

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{13 \cancel{L}} ; \quad q_2 = \frac{B_0 \cdot 2 \cdot S_1 n}{40 \cancel{L}}$$



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.

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!

~ 5

β - расстояние от изобр. предмета, падающего в линзу, до линзы

1) $\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{F}$

$\frac{1}{\beta} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a - F}{Fa}$

$\beta = \frac{Fa}{a - F}$

①

2) Если при любом угле преломления изобр. совпадает с изображением это значит β и a при $n = 1$ изобр. и предмет накладываются (шар прозрачен)

$$\frac{1}{10R - \beta} + \frac{1}{10R - \beta} = \frac{2}{R}$$

(нужно чтобы изобр. и предмет после отражения в сферич. зеркале совпали)

$$10R - \beta = R$$

$$\beta = 9R \Rightarrow \frac{F \cdot \frac{9R}{2}}{\frac{9R}{2} - F} = 9R \Rightarrow \frac{9R}{2} \cdot F = \frac{81R}{2} - 9F$$

$$\frac{27}{2} F = \frac{81}{2} R \Rightarrow 3F = 9R$$

② F' - фокус новых линз

$F' = 3R$

Зададим шар на две части: линзы и одну линзу - шарную линзу

1) $\frac{1}{4R} + \frac{1}{x_1} = \frac{(n-1)4}{4R} \Rightarrow \frac{1}{x_1} = \frac{n-3}{4R}$

$x_1 = \frac{4R}{n-3}$

2) толщина дается формулой:

$$d = 2R \left(1 - \frac{1}{n} \right)$$

Answer: $F = 3R$; $n = \frac{56}{44}$.



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
☐

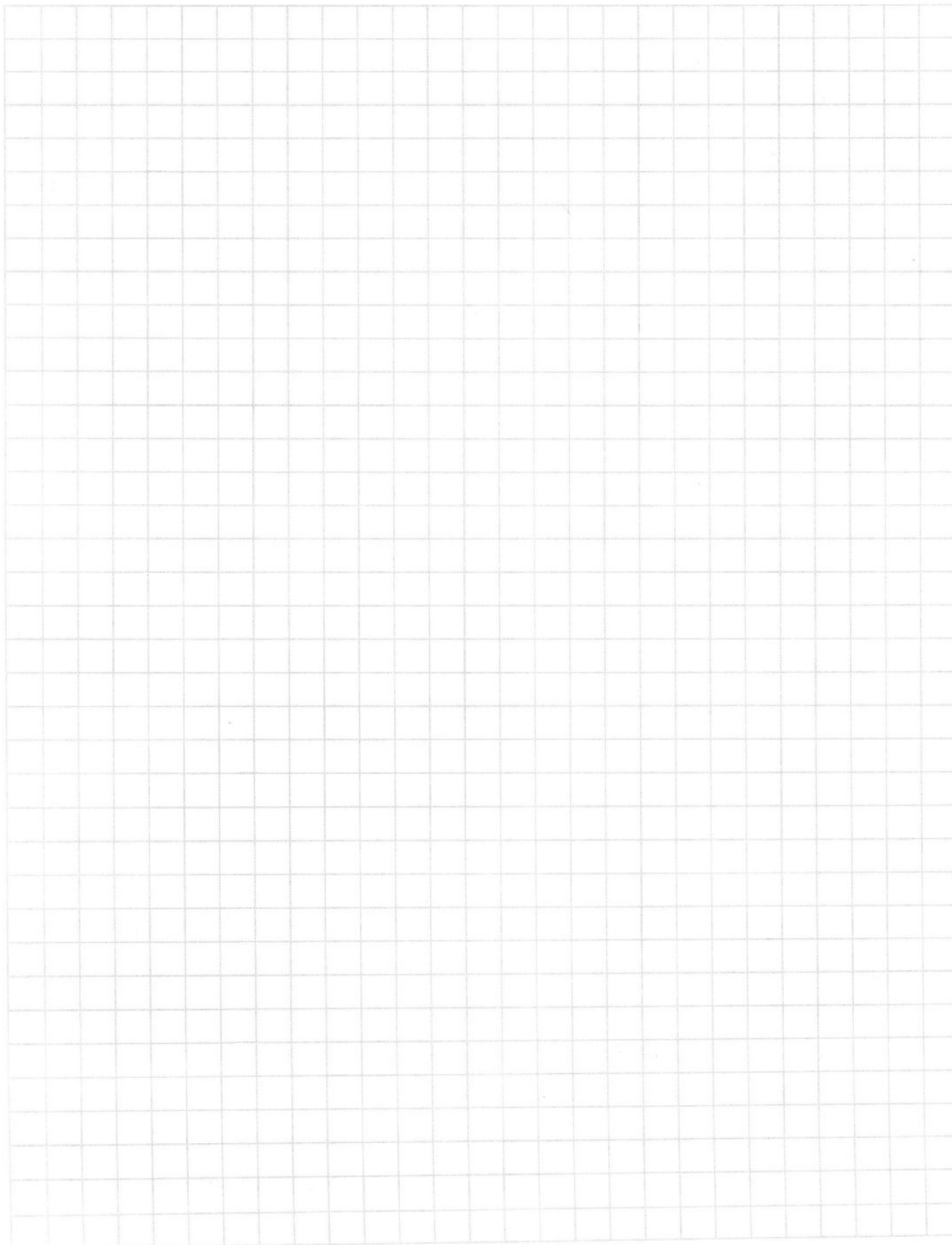
5
☐

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
☐

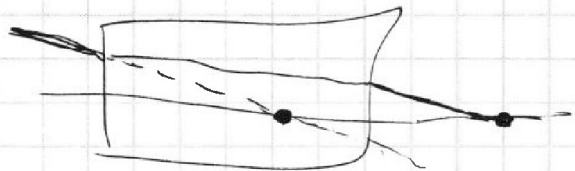
5
☐

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!



$$F = \frac{2-n}{n-1} R$$



$$-\frac{1}{4R} + \frac{1}{x} = \frac{(n-1)}{2-n} \cdot \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{n-1}{2-n} \cdot \frac{1}{R} + \frac{1}{4R} = \frac{4n-4}{4R(2-n)} + \frac{2-n}{4R(2-n)} = \frac{3n-2}{4R(2-n)}$$

$$\frac{2R - \frac{3n-2}{4R(2-n)}}{4R(2-n)} = \frac{3n-2}{4R(2-n)}$$

$$x = \frac{4R(2-n)}{(3n-2)} = \frac{8R - 4Rn}{3n-2}$$

$$x_1 = 2R - x = 2R - \frac{8R - 4Rn}{3n-2} = \frac{6Rn - 4R - 8R + 4Rn}{3n-2} = \frac{10Rn - 12R}{3n-2}$$

$$\frac{1}{x_1} - \frac{1}{2R} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{3n-2}{10Rn-12R} - \frac{1}{2R} = \frac{2}{R} = \frac{3n-2}{(10n-12)R} = \frac{5}{2R} \Rightarrow \frac{6n-4}{86} = \frac{50n-60}{44}$$

$$n = \frac{56}{44}$$



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
☐

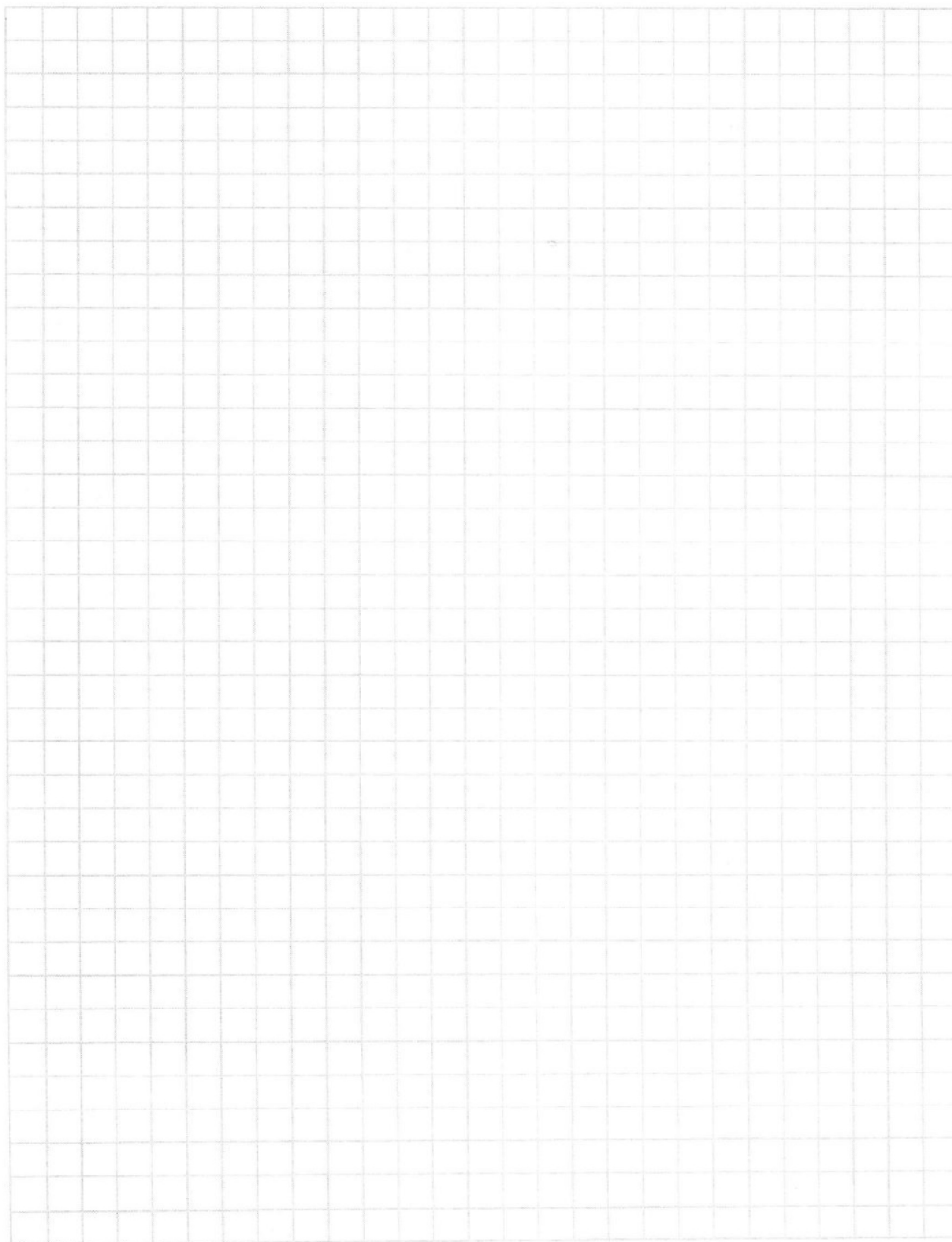
5
☐

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!



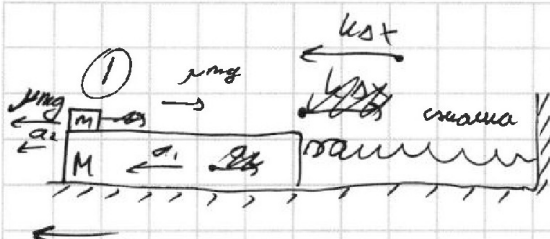


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



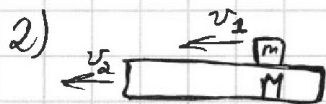
$$a_1 = a_2 \Rightarrow a_{\text{общ}} = 0$$

$$\mu mg = m a_2$$

$$a_2 = \mu g$$

$$1) M \mu g = -\mu mg + k \Delta x$$

$$(M+m) \mu g = k \Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{(M+m) \mu g}{k}$$



$$v_{\text{общ}} = 0 \Rightarrow v_1 = v_2 = v$$

$$\frac{k \Delta x_0^2}{2} = \frac{M v^2}{2} + \frac{m v^2}{2}$$

$$a_2 = \mu g$$

$$v = t \cdot \mu g$$

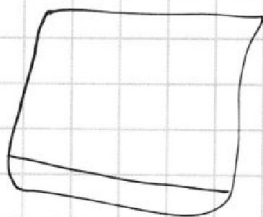
$$M \ddot{x} = -kx - \mu mg \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m} x = C$$

$$\omega = \frac{k}{m} = \frac{\pi}{2 \cdot t}$$



$$F_{\text{пр}1} = \mu m g \cdot 5$$

$$F_{\text{пр}2} = -\mu m g$$



$$\frac{M}{\rho} = \frac{V_2}{V_1} \text{ МОМБ}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 3,5 \\ \hline 28,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 373 \overline{) 300} \\ 300 \\ \hline 730 \\ 600 \\ \hline 1300 \\ 1200 \\ \hline 1000 \\ 900 \\ \hline 1000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,21 \\ \times 8 \\ \hline 9,68 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 363 \overline{) 900} \\ 300 \\ \hline 630 \\ 600 \\ \hline 300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 273 \\ 90 \\ \hline 363 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 968 \overline{) 2} \\ 8 \\ \hline 16 \\ 16 \\ \hline 8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 1,24 \\ \hline 992 \\ 248 \\ \hline 3472 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 968 \overline{) 2} \\ 8 \\ \hline 16 \\ 16 \\ \hline 8 \end{array}$$

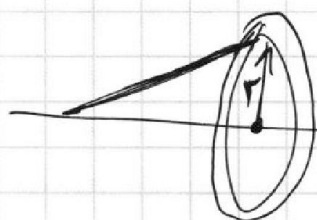


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$dU_0 = \frac{G \cdot dM \cdot dl}{r^2} = G \frac{dr}{r^2} dl$$

$$dU_0 = G \frac{dr}{r^2} \cdot 2\pi r$$

$$dU_0 = G 2\pi dr$$

$$U_0 = G 2\pi \int_{R_0}^R dr = 2\pi G (R - R_0)$$

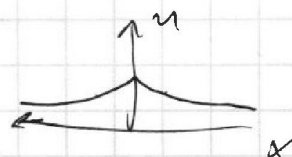
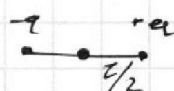
$$\frac{m v_0^2}{2} = q \cdot 2\pi G (R - R_0)$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m$$

$$\frac{v_0^2}{2} (m_1 + m_2) = \frac{v^2}{2} (m_1 + m_2) + U(x) \cdot q -$$

$$\frac{v_0^2}{2} (m_1 + m_2) = U(x_0) q - U(x_0 - l) q - U(x + l) q$$

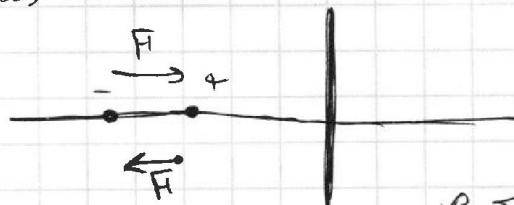
$$U(x_0) = (U(x) - U(x_0 - \frac{l}{2})) / q$$



$$x_0 = 0 \mid U(0) = q \left(U(\frac{l}{2}) - U(-\frac{l}{2}) \right)$$

$$dU_0(x) = \frac{G dr dl \cdot k}{(r+x)^2} \Rightarrow dU(x) = \frac{G dr k \cdot 2\pi r}{r+x}$$

$$U(x) = G \ln r$$



$$m \dot{v} = 0$$

$$\dot{v} = 0 \Rightarrow v = \max$$

$$\frac{13}{40} = 0.325$$

$$B \cdot \pi R = B \cdot \pi R$$

$$B \cdot \pi R = \frac{2-n}{n-1} R$$

