



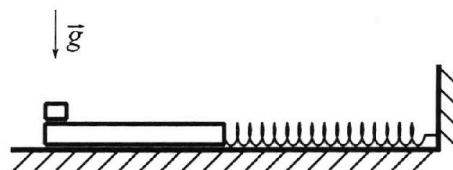
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 2$ 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 $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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.

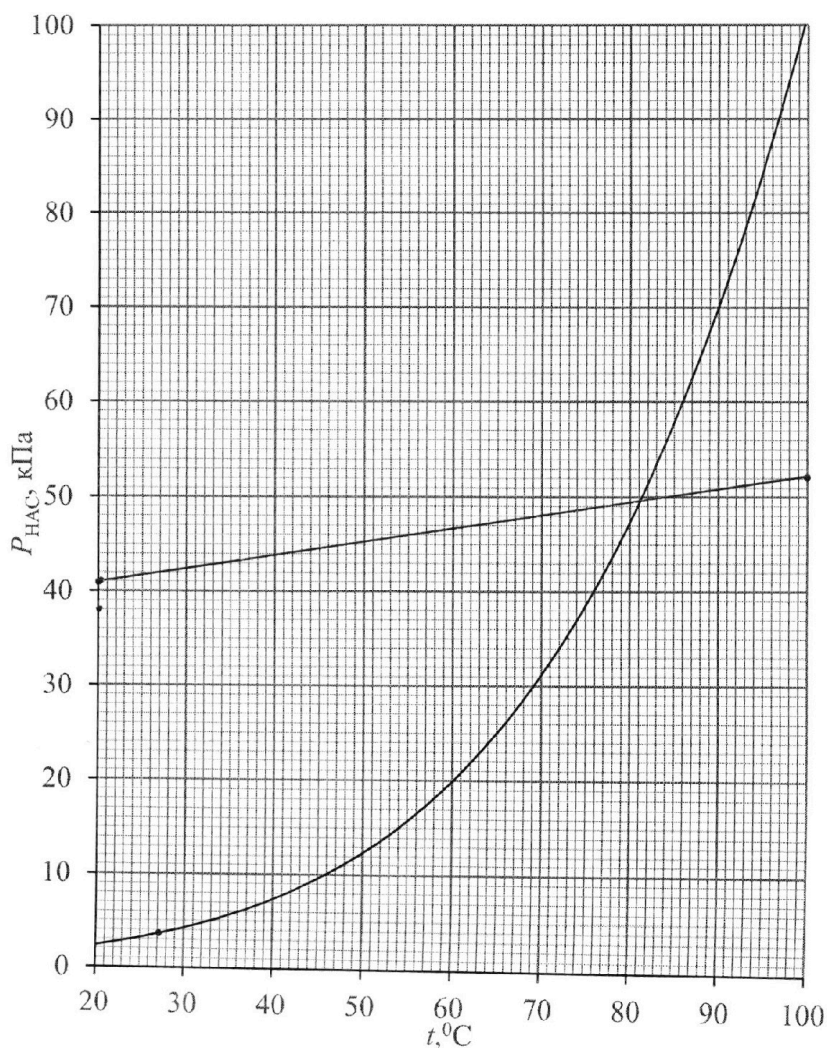


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным 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 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °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 га за можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





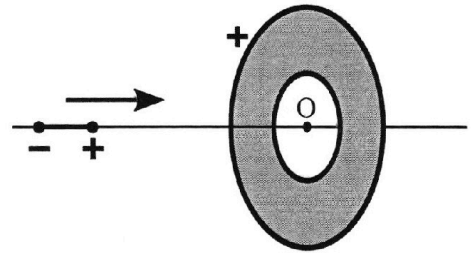
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

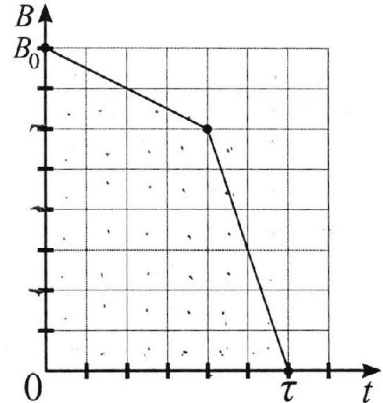
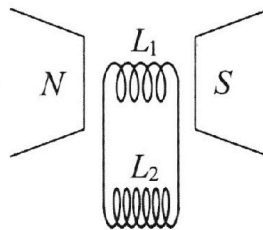


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 2 раза и сообщают диполю начальную скорость V_0 .



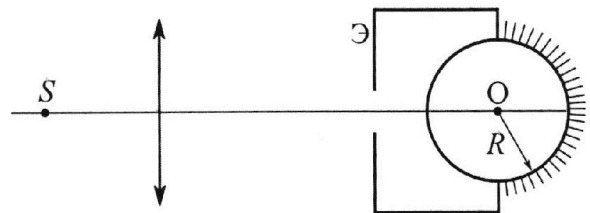
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ 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 $L_2 = 6L$ 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, протекающий 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 (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. 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 $b = 7R$, 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 $\Delta = 4R$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



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!

$$v_1^2 = v_2^2 + \omega^2 (\Delta l_1 - \frac{m m g}{k})^2$$

$$v_2^2 = -\left(\frac{k}{M}\right) \left(\frac{m g (m+m)}{k} - \frac{m m g}{k} \right)^2 + v_1^2 =$$

$$= -\frac{k}{M} \frac{m^2 g^2 m^2}{k^2} + \frac{m^2 g^2 \pi^2}{4} \frac{M}{k} =$$

$$= -\frac{m^2 g^2 M}{k} + \frac{m^2 g^2 M}{k} + \frac{\pi^2}{4}$$

$$v_2 = m g \sqrt{\frac{M}{k} \left(\frac{\pi^2}{4} - 1 \right)} = 0,3 \cdot 10 \sqrt{\frac{2}{50} \left(\frac{3^2}{4} - 1 \right)} =$$

$$= \frac{3\sqrt{5}}{10} \left(\frac{M}{c} \right)$$

ответ:

$$\Delta l_1 = 18 \text{ см}$$

$$a_0 = 4,5 \frac{M}{c^2}$$

$$v_2 = \frac{3\sqrt{5}}{10} \frac{M}{c}$$



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



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!

в начале движения ускорение доски
можно найти из!

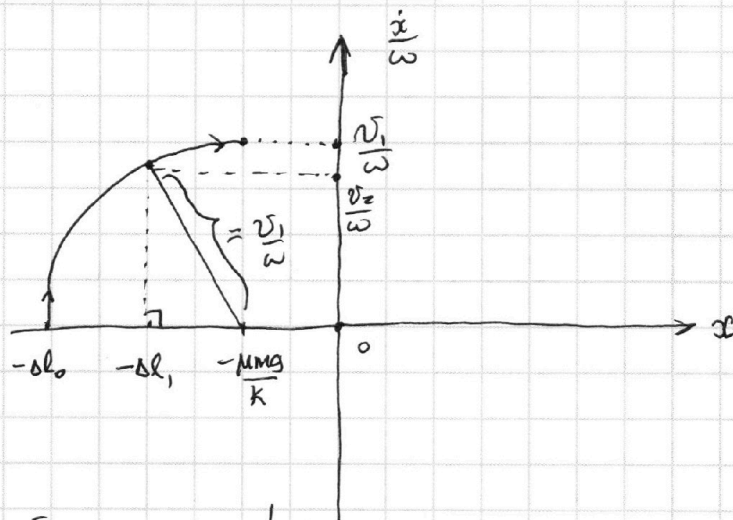
$$Ma_0 = k\Delta l_0 - F_{тр} = k\Delta l_0 - \mu mg$$

$$a_0 = \frac{k}{M} \Delta l_0 - \frac{\mu mg}{M} =$$

$$= \frac{k}{M} \cdot \frac{\mu mg}{k} \left(\frac{M\pi}{2} + m \right) - \frac{\mu mg}{M} =$$

$$= \cancel{\frac{k}{M}} \frac{\mu g}{2M} (M\pi) = \frac{\mu g \pi}{2} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 3}{2} = 4,5 \left(\frac{m}{c^2} \right)$$

Нарисуем фазовую плоскость для движения доски:



нужно найти скорость, когда положение
 $x = -\Delta l_1$,

по треугольнику на рисунке:

$$\left(\frac{\dot{x}_1}{\omega} \right)^2 = \left(\frac{\dot{x}_2}{\omega} \right)^2 + \left(\Delta l_1 - \frac{\mu mg}{k} \right)^2$$



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!

Период этих колебаний равен $T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$

начальное положение амплитудное, потому первый раз $\ddot{x} = a = 0$ достигается через

$$\Delta t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{K}}$$

через это время после начала движения скорости и бруска, и доски равны v_1 .

для бруска $a_8 = \mu g = \text{const}$ ($ma_8 = \mu mg$),

значит

$$v_1 = a_8 \Delta t = \mu g \cdot \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{K}}$$

заметим, что амплитуда колебаний доски $A = \Delta l_0 - \frac{\mu mg}{K}$

(амплитуда колебательного закона, по которому движется доска в первый промежуток времени)

$$\frac{v_1}{\omega} = A = \Delta l_0 - \frac{\mu mg}{K}$$

т.к. v_1 — амплитудная скорость

$$\Delta l_0 = \frac{v_1}{\omega} + \frac{\mu mg}{K} = \frac{\mu g \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{K}}}{\sqrt{\frac{K}{M}}} + \frac{\mu mg}{K} = \frac{\mu g}{K} \left(\frac{M\pi}{2} + m \right)$$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

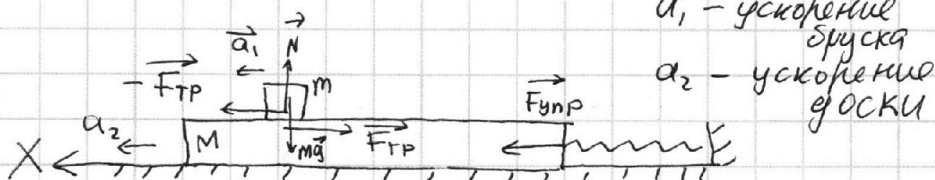
СТРАНИЦА
1 из 5

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!

Дано:

$$\begin{aligned} M &= 2 \text{ кг} \\ m &= 1 \text{ кг} \\ k &= 50 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \\ \mu &= 0,3 \\ g &= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \\ \pi &\approx 3 \end{aligned}$$

Найдем ускорения бруска и доски:
(в критический момент $\vec{a}_1 = \vec{a}_2$)



$$\begin{aligned} \Delta l_1 &=? \\ a_0 &=? \\ v_2 &=? \end{aligned}$$

$$\vec{\Sigma F} = m\vec{a} : \text{ок: } \Sigma F_x = ma_x$$

$$\begin{cases} Ma_2 = F_{ynp} - F_{тр} \\ ma_1 = F_{тр} \end{cases}$$

$$F_{ynp} = k \Delta l_1$$

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg$$

подставим:
$$\begin{cases} Ma_2 = k \Delta l - \mu mg \\ ma_1 = \mu mg \end{cases}$$

$$\frac{Ma_2}{ma_1} = \frac{k \Delta l - \mu mg}{\mu mg}$$

но, если относительное ускорение 0,
то $a_1 = a_2$. Сократим $\frac{a_2}{a_1} = 1$.

$$\frac{M}{m} = \frac{k \Delta l_1 - \mu mg}{\mu mg}$$

$$\mu Mg = km \Delta l_1 - \mu m^2 g$$

$$\Delta l_1 = \frac{\mu mg (m+M)}{km} = \frac{\mu g (m+M)}{k} = \frac{0,3 \cdot 10 (1+2)}{50} = 18 \text{ (см)}$$



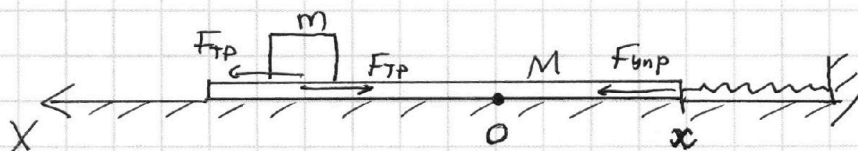
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
2 из 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!

Найдем начальное статие пружины Δl_0 :



выберем $x=0$ таким образом, что когда крайний правый конец доски в этом положении, пружина не растянута и не сжата.

Тогда $F_{упр} = -kx$ x - положение
краевого конца
доски

Второй закон Ньютона для доски на Ох:

$$M\ddot{x} = -kx - F_{тр}$$

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

$$\ddot{x} + \frac{k}{M} \left(x + \frac{\mu mg}{k} \right) = 0$$

это уравнение гармонических колебаний
с положением равновесия

$$x_1 = -\frac{\mu mg}{k}$$

и $\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$



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

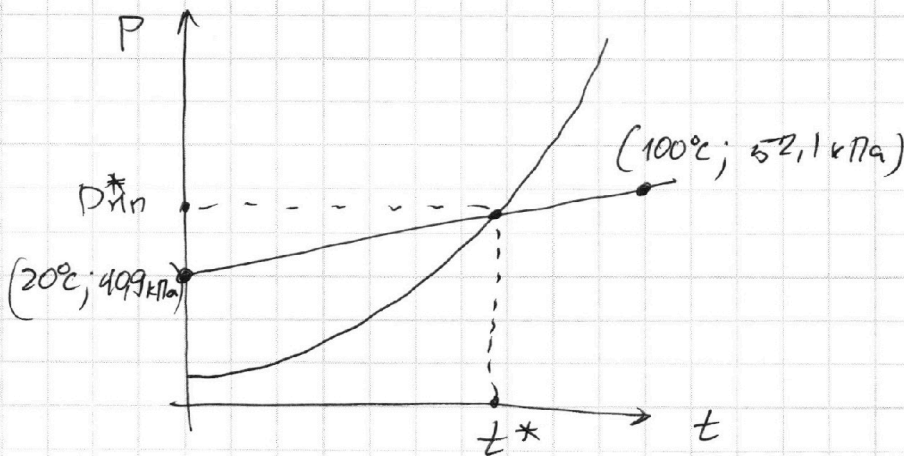
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

получаем

$$p_{\text{н}}^* = 140 \cdot 273 \text{ Па} + 140 \frac{\text{Па}}{^\circ\text{C}} \cdot t^* \Rightarrow$$

$$p_{\text{н}}^* = 38112 \text{ Па} + 140 \frac{\text{Па}}{^\circ\text{C}} \cdot t^*.$$

нанедем эту прямую на график.



$$t^* = 81^\circ\text{C}.$$

при этом $p_{\text{н}}^* = 49,5 \text{ кПа}$

После этого насыщенник
пар при дальнейшем нагревании
перестает быть насыщенным,
и из-за этого его можно
считать идеальным газом с
 $\lambda = \text{const}.$



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
3 из 3

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

тогда получаем:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{pV}{T} = \text{const} \\ V = \text{const} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{p}{T} = \text{const}$$

$$\frac{p_{\text{нп}}^*}{T^*} = \frac{p}{T}$$

$$p = \frac{p_{\text{нп}}^*}{T^*} \cdot T$$

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}(97^\circ\text{C})} = \frac{p_{\text{нп}}^* \cdot T}{T^* \cdot p_{\text{нп}}(97^\circ\text{C})} = \frac{49,5 \text{ кПа} \cdot 370 \text{ К}}{354 \text{ К} \cdot 91 \text{ кПа}} \approx 52\%$$

ответ: $\frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{по}}} = 12$
 $t^* = 81^\circ\text{C}$
 $\varphi = 52\%$



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!

$$\begin{aligned} t_0 &= 27^\circ\text{C} \\ M_{\text{в}} &= 11M_{\text{по}} \\ t &= 97^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\frac{m_{\text{по}}}{m_{\text{п}}} = \frac{m_{\text{по}}}{m_{\text{по}} + m_{\text{в}}}$$

т.к.
вся
масса
испарилась

$$\frac{m_{\text{по}}}{m_{\text{по}}} - ?$$

$$t^* - ?$$

$$\varphi - ?$$

$$\frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{по}}} = \frac{m_{\text{по}} + 11m_{\text{по}}}{m_{\text{по}}} = \underline{\underline{12}}$$

изначально количество вещества пара λ_0 ,
значит, когда всё испарилось,
пара $12\lambda_0$. ($m \sim \lambda$)

$\varphi = 100\%$ в начале и при t^*

значит $\varphi = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{ип}}} \Rightarrow p_{\text{п}} = p_{\text{ип}}$

$$p_{\text{ип}0} = \frac{\lambda_0 RT_0}{V}$$

$$p_{\text{ип}}^* = \frac{12\lambda_0 RT^*}{V} = 12 \frac{\lambda_0 RT_0}{V} \cdot \frac{T^*}{T_0} = 12 p_{\text{ип}0} \cdot \frac{T^*}{T_0}$$

по задаче $p_{\text{ип}0} = p_{\text{ип}}(27^\circ\text{C}) = 3,5 \text{ кПа}$

$$p_{\text{ип}}^* = \frac{12 \cdot 3,5 \cdot 10^3}{300} \cdot (273 + t^*)$$



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 ☐

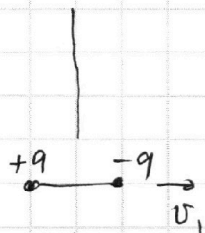
СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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!

когда центр диска в центре
и заряды противоположны.

$$W_{\text{пот}} = 2\pi k \left(\frac{q}{2}\right) \sqrt{\frac{e^2}{2}} = \frac{q^2}{2}$$

потенциальные энергии шариков
в следующем положении равны
по модулю и противоположны
знаков



$$W_{\text{п}} = W_{\text{п}_1} + W_{\text{п}_2} = 0$$

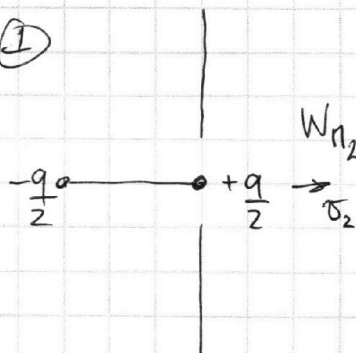
т.к. расст. от
диска до каждой
точки
диска равны.

$$\frac{m v_0^2}{2} = \cancel{W_{\text{п}}} + \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\underline{v_0 = v_1}$$

энергии в следующих положениях:

①



$$W_{\text{п}_2} = 2\pi \left(\frac{q}{2} - \frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{2} + l^2} \rightarrow \sqrt{\frac{q^2}{2} + l^2} \right) \frac{q}{2}$$

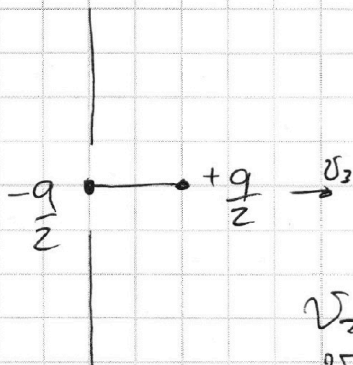


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 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!



$$W_{п3} = -2\pi \left(\varphi_2 - \varphi_1 + \sqrt{\varphi_1^2 + l^2} - \sqrt{\varphi_2^2 + l^2} \right) \frac{q}{2} = -W_{п2}$$

v_2 — минимальная скорость ($W_{п \min}$)
 v_3 — максимальная ($W_{п \max}$)

По закону сохранения энергии:

$$\begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} = 2\pi \left(\varphi_2 - \varphi_1 + \sqrt{\varphi_1^2 + l^2} - \sqrt{\varphi_2^2 + l^2} \right) \cdot q \\ \frac{mv_0^2}{2} = 2\pi \left(\varphi_2 - \varphi_1 + \sqrt{\varphi_1^2 + l^2} - \sqrt{\varphi_2^2 + l^2} \right) \frac{q}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \\ \frac{mv_0^2}{2} = -2\pi \left(\varphi_2 - \varphi_1 + \sqrt{\varphi_1^2 + l^2} - \sqrt{\varphi_2^2 + l^2} \right) \frac{q}{2} + \frac{mv_3^2}{2} \end{cases}$$

пусть $\alpha = \frac{2\pi \left(\varphi_2 - \varphi_1 + \sqrt{\varphi_1^2 + l^2} - \sqrt{\varphi_2^2 + l^2} \right) q}{m}$

$$\begin{cases} v_0^2 = 2\alpha q \\ v_0^2 = 2\alpha q + v_2^2 \\ v_0^2 = -2\alpha q + v_3^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_2 = \frac{v_0 \sqrt{2}}{2} \\ v_3 = \frac{v_0 \sqrt{6}}{2} \end{cases}$$

ответ: $v_1 = v_0$
 $\Delta v = \frac{v_0 (\sqrt{6} - \sqrt{2})}{2}$



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 ☐

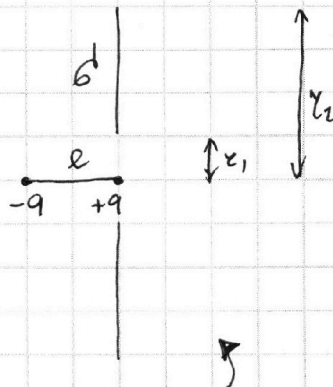
СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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!

$v_1 = ?$ $v_2 = ?$

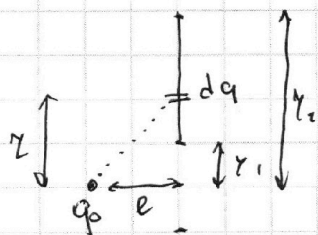
введем обозначения:

δ — поверхностная
плотность заряда
диска
диполь имеет заряды $\pm q$



и в идеальном
в крайнем случае диполь останавливается
в этом положении

$$\frac{mv_0^2}{2} = W_{\text{пот.}} \quad (\text{при } z \rightarrow \infty \quad W_{\text{пот.}} \rightarrow 0)$$



разобьем диск на тонкие

$$ds = 2\pi r dr$$

$$dq = 2\pi r \delta dr$$

$$dW = \frac{kq_0 dq}{\sqrt{r^2 + z^2}} = \frac{2\pi \delta k q_0 r dr}{\sqrt{r^2 + z^2}}$$

$$W = \int_{z_1}^{z_2} dW = \int_{z_1}^{z_2} \frac{2\pi \delta k q_0 r dr}{\sqrt{r^2 + z^2}} = 2\pi \delta k q_0 \int_{z_1}^{z_2} d(\sqrt{r^2 + z^2}) =$$

$$= 2\pi \delta k q_0 (\sqrt{r^2 + z_2^2} - \sqrt{r^2 + z_1^2})$$

значит $W_{\text{пот.}} = 2\pi \delta k q (z_2 - z_1) - 2\pi \delta k q (\sqrt{r^2 + z_2^2} - \sqrt{r^2 + z_1^2})$

$\xrightarrow{r=0}$

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2\pi \delta k q (z_2 - z_1 + \sqrt{r_1^2 + z_1^2} - \sqrt{r_2^2 + z_2^2}) \cdot q$$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
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!

найдем q :

$$q = \int_0^T I dt = \int_0^T \frac{n S_{\perp}}{7L} (B + B_0) dt =$$
$$= \frac{n S_{\perp} B_0 T}{7L} - \frac{n S_{\perp}}{7L} \underbrace{\int_0^T B(t) dt}_{\text{площадь под графиком}}$$

найдем $\int_0^T B(t) dt = S_{\text{график}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{T}{3} \cdot \frac{3B_0}{4} + \frac{2T}{3} \cdot \frac{3B_0}{4} +$

$$+ \frac{1}{2} \cdot \frac{B_0}{4} \cdot \frac{2T}{3} = \frac{17}{24} B_0 T$$

$$q = \frac{n S_{\perp} B_0 T}{7L} \left(1 - \frac{17}{24} \right) = \frac{n S_{\perp} B_0 T}{7L} \cdot \frac{7}{24} =$$
$$= \frac{n S_{\perp} B_0 T}{24L}$$

ответ: $I_0 = \frac{n S_{\perp} B_0}{7L}$

$$q = \frac{n S_{\perp} B_0 T}{24L}$$



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 ☐

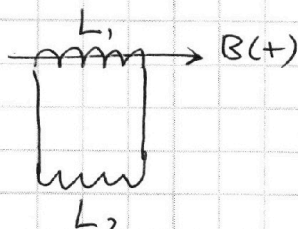
СТРАНИЦА

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!

$L_1 = L$
 $L_2 = 6L$
 S_1
 B_0
 I
 n

 $I_0 = ?$
 $q = ?$



$$|\mathcal{E}| = \frac{d\Phi}{dt}$$

$$|\mathcal{E}| = 4 \left| \frac{dI}{dt} \right|$$

суммарный $\mathcal{E}$ на контуре $\mathcal{O}$.

$$\frac{d\Phi_1}{dt} = |\mathcal{E}| = L_1 \left| \frac{dI}{dt} \right| + L_2 \left| \frac{dI}{dt} \right|$$

$$n S_1 \frac{dB}{dt} = 7L \left| \frac{dI}{dt} \right|$$

проинтегрируем:

$$n S_1 B = 7L |I| + C$$

$$B = B_0 \Rightarrow |I| = I$$

$$n S_1 B_0 = 0 + C = C$$

подставим:

$$n S_1 B = 7L I + n S_1 B_0$$

$$|I| = \left| \frac{n S_1 (B - B_0)}{7L} \right| = \frac{n S_1 (B_0 - B)}{7L}$$

в конце $B = 0$

$$I_0 = \frac{n S_1 B_0}{7L}$$



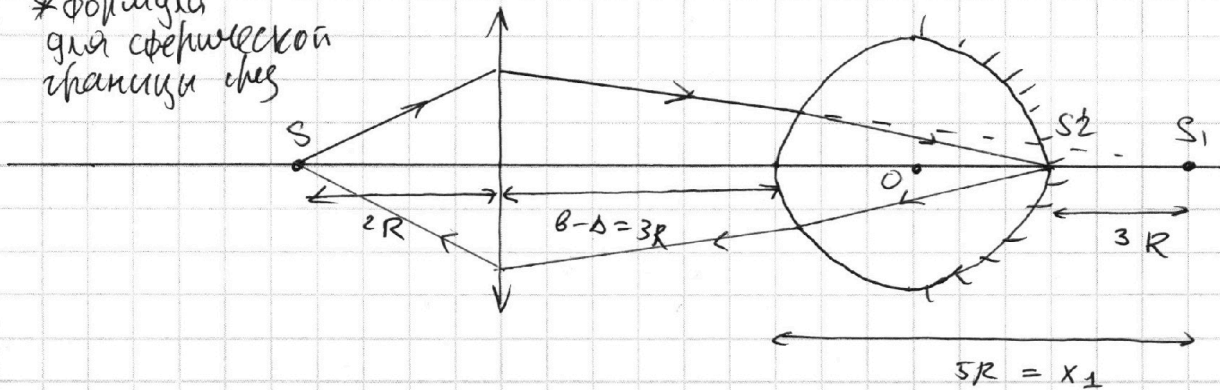
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

* формула
для сферической
границы



известно из первой части,
что изображение S_1 на расстоянии
 $8R$ от линзы.

предположим, что луч может
опять пройти через O .

$$n \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right) = \text{const}^* \quad x_1 = 5R$$

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{5R} = n \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R} \right) = 0 \quad - \text{невозможно}$$

значит единственная возможная
ситуация — та, которая на рисунке.

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{5R} = n \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{2R} \right)$$

$$\frac{4}{5R} = \frac{n}{2R}$$

$$n = 1,6$$

ответ: $F = \frac{8R}{5}$
 $n = 1,6$



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
☐

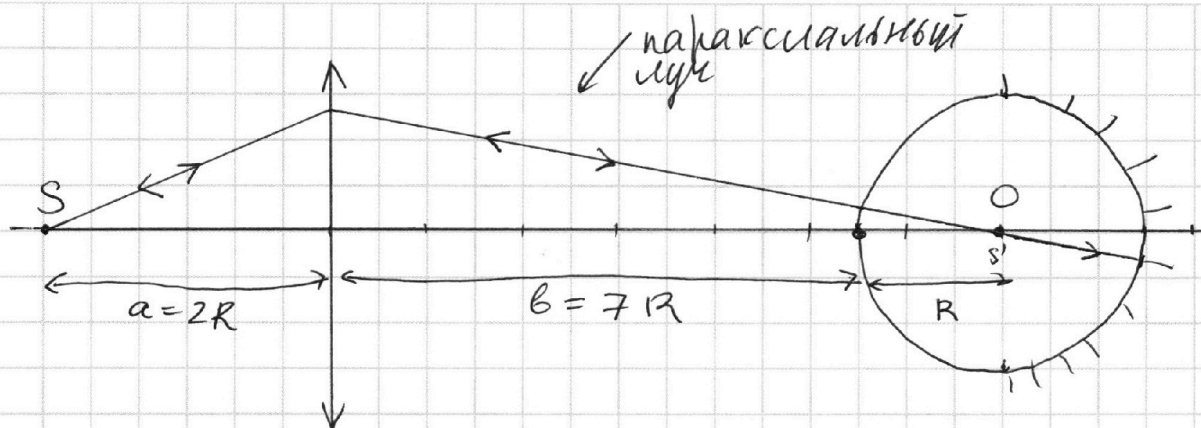
5
☒

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!



Описанная ситуация возможна, только если луч не преломляется на поверхности шара.

Значит изображение S' лежит в O и лучи падают нормально на поверхность шара и на внутреннюю зеркальную поверхность.

При этом он отразится и по той же траектории вернется обратно

Все лучи сойдутся на источнике, значит изображение совпадает с источником.

S' лежит в O :

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+R} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{8R}$$

$$F = \underline{\underline{\frac{8R}{5}}}$$



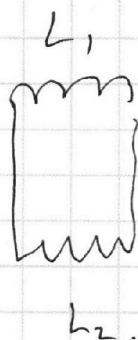
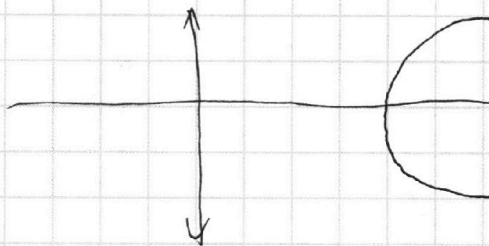
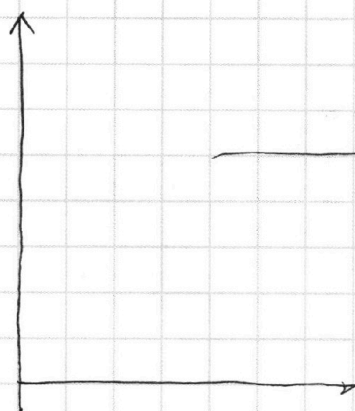
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

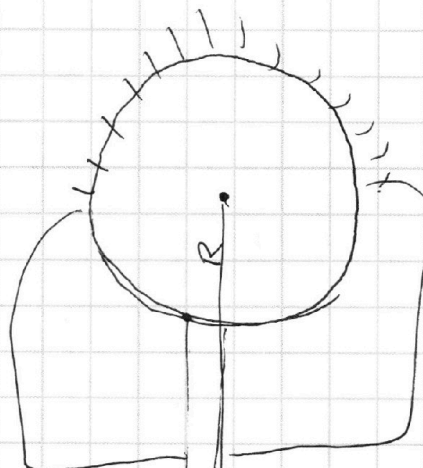
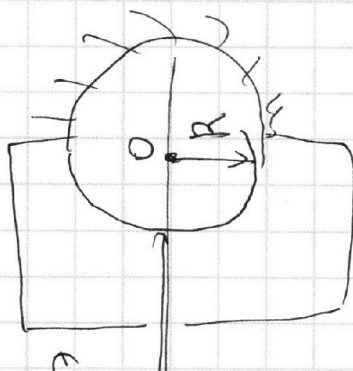
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} L_1 &= L \\ n \\ S, \\ B \\ L_2 &= \delta L \\ 2 \end{aligned}$$



$$\mathcal{E} = L \frac{dI}{dt}$$

$$L \frac{dI}{dt} = \delta L \frac{dI}{dt}$$



R

$$u = 2R_n$$

2a

S

S



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!

$M = 2 \text{ кг}$
 $m = 1 \text{ кг}$
 $K = 50 \text{ Н/м}$
 $\mu = 0,3$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\pi \approx 3$

$\Delta l = ?$
 $a = ?$
 $\omega = ?$

$\frac{3}{5} \sqrt{\frac{9}{4} - 1}$
 $\frac{3\sqrt{5}}{10}$

μg
 $= k \Delta l - \mu g$
 $2a = 9$
 $12 - 3$

$2 \cdot a = 50 \cdot 0,24 + 0,3 \cdot 1 \cdot 10$
 $M \ddot{x}_m = -Kx - F_{\text{тр}}$
 $m \ddot{x}_m = F_{\text{тр}}$
 $\mu \ddot{x}_m = \mu \mu g$
 $\ddot{x}_m = \mu g$

$\frac{0,3 \cdot 1 \cdot 10}{50} = \frac{0,3}{5} = 0,06$
 $(4,5 \frac{4}{\text{с}^2})$
 $0,18 = \sqrt{\frac{M}{K}}$
 $0,18 \cdot 5$
 $0,9 \frac{\text{с}}{\text{с}}$
 $\omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$

$M \ddot{x}_m + Kx + \mu mg = 0$
 $\frac{0,3 \cdot 10}{50} \left(\frac{2,3}{2} + 1 \right) \ddot{x}_m + \frac{K}{M} x + \mu g \frac{m}{M} = 0$
 $\ddot{x}_m + \frac{K}{M} \left(x + \frac{\mu mg}{K} \right) = 0$
 $\frac{4 \cdot 0,3}{5}$
 $\frac{8 \cdot 0,3}{10} = 0,24$
 $\Delta t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{K}}$
 $\Delta t = \frac{3}{2} \cdot 5 = 0,9(\text{с})$
 $\frac{v_1}{\omega} = \Delta l - \frac{\mu mg}{K}$
 $v_1 = \mu g \Delta t = \frac{\pi \mu g}{2} \sqrt{\frac{M}{K}}$
 $\Delta l = v_1 \sqrt{\frac{M}{K}} + \frac{\mu mg}{K}$
 $= 0,9 \sqrt{\frac{2}{50}} + \frac{0,3 \cdot 1 \cdot 10}{50} = \frac{0,9}{5} + \frac{0,3}{5} = \frac{1,2}{5} = 0,24 \text{ м}$



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
__ 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!

Черновик

$$97 + 273$$

$$\begin{array}{r} 280 \\ 30 \\ \hline 370 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 81 \\ 273 \\ \hline 354 \end{array}$$

$$354 \cdot 91$$

$$\begin{array}{r} 4 \quad 3 \\ 354 \\ 91 \\ \hline 354 \\ 3186 \\ \hline 35400 \end{array}$$

$$F'8.5 \cdot 10^8$$

$$\begin{array}{r} 290'0 \\ 98'0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ 2 \cdot 90'0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 49.5 \\ 370 \\ \hline 148.50 \\ 3550 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 150.00 \\ 350.0 \\ \hline 148.50 \\ 34.65 \\ \hline 18315 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.62 \\ 0.19 \\ \hline 0.18 \end{array}$$

$$50$$

$$15$$

$$0.18$$

$$\begin{array}{r} 18.3 \\ 35.4 \end{array}$$

$$45$$

$$0.72$$

$$\begin{array}{r} 0.3 \cdot 10^2 \\ 25 \\ \hline 0.18 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18315 \\ 35400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ 2 \\ \hline 36.6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.3 \cdot 10^2 \cdot 3 \\ 4.5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.3^2 \\ 5 \\ \hline 0.18 \end{array} = \begin{array}{r} 0.3^2 \\ 5 \\ \hline 0.18 \end{array} + (0.12)^2$$

$$0.18 -$$

$$\begin{array}{r} 0.3 \cdot 10^2 \cdot 3 \\ 25 \end{array}$$

$$0.9$$

$$-5 \left(\frac{0.3 \cdot 10^2 \cdot (4+2)}{50} - \frac{0.3 \cdot 4 \cdot 10}{50} \right)^2$$

$$+ 0.3^2$$

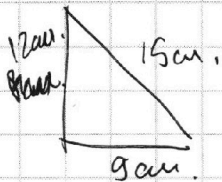


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

☐☐☐☐☐☐☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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



$$\frac{1 \text{ мс}}{\text{к}} = \frac{0,3 \cdot 1 \cdot 10}{50} = 9 \text{ см.}$$

0,45

$$x_1 = 18 \text{ см.}$$

$$x_0 = 24 \text{ см.}$$

$$15 \text{ см.}$$

$$0,12 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5$$

$$\begin{array}{r} 0,36 \\ -0,12 \\ \hline 0,24 \end{array}$$

3

$$x_1^2 = 0,09$$

$$18^2 = x_2^2 + 24^2$$

$$x_1 = 0,144$$

$$x_1^2 = x_2^2 + 24^2 = 0,92$$

$$x_1^2 = x_2^2 + (0,18 - 0,06)^2$$

$$x_1 = \frac{1}{50} = \frac{1}{0,3 \cdot 1 \cdot 10} = \frac{1}{3 \text{ мс}}$$

$$x_1 = 0,18$$

$$x_2 = 5$$

$$3 = \sqrt{\frac{1}{5}} = 5$$

$$x_1^2 = \frac{0,6^2}{5} + \frac{(0,18 - 0,06)^2}{5} = 0,92 + 25 \cdot 0,09$$

$$x_1 = 0,3 \cdot 10 \cdot \frac{1}{3} = 0,9 \text{ м}$$



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.



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!

Черновик

$$\varphi = 100\% = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{нп}}}$$

$$\frac{12 \lambda_0 R T_0}{V} = P_{\text{нп}}$$

$$\begin{array}{r} 2800 \\ 140 \\ 273 \\ \hline 27300 \\ 8000 \\ 2800 \\ \hline 38112 \end{array}$$
$$\begin{array}{c} \lambda_0 \\ t^0 \\ P_{\text{нп}} + P_{\text{сух}} \\ \varphi = 100\% \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 1220 \\ t^* \\ P_{\text{нп}} \\ \varphi = 100\% \end{array}$$

$$\frac{12 \lambda_0 R T_0}{V} = P_{\text{нп}}$$
$$\frac{12 \lambda_0 R T^*}{V} = P_{\text{нп}}^*$$
$$\frac{38112}{2800} = 40,9$$

$$P = P_{\text{нп}} + P_{\text{в}} = P_{\text{нп}} + \frac{\Delta P T}{V} = P_{\text{нп}} + \Delta T$$

~~Решение~~

$$\frac{12 \lambda_0 R T}{V}$$

$$3000$$

$$35$$

$$420$$

$$350$$

$$70$$

$$3$$

$$420$$

$$3$$

$$140$$

$$330$$

$$120$$

$$33$$

$$14$$

$$462$$

$$330$$

$$57$$

$$P_{\text{нп}}^* = \frac{12 \lambda_0 R T^*}{V} = \frac{12 \lambda_0 R T_0}{V} \cdot \frac{T^*}{T_0}$$

$$\frac{P_{\text{нп}}^*}{T^*} = \frac{3500 \cdot 1200}{273 + t} = 140$$

$$= 12 P_{\text{нп}} \cdot \frac{T^*}{T_0}$$

$$= 12 P_{\text{нп}} \cdot \frac{T^*}{T_0}$$

$$= 12 P_{\text{нп}} \cdot \frac{T^*}{T_0}$$

$$= 12 P_{\text{нп}} \cdot \frac{T^*}{T_0}$$

$$= 12 P_{\text{нп}} \cdot \frac{T^*}{T_0}$$



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!

получили

$$\frac{mv_0^2}{2} = \alpha \cdot q \quad \alpha = \text{const.}$$

когда уменьшили заряд

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{\alpha q}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$$

Черновик

$$\begin{cases} v_0^2 = \frac{2\alpha q}{m} \\ v^2 = \frac{\alpha q}{m} + v_1^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1^2 = \frac{v_0^2}{2} \\ v_1 = \frac{v_0 \sqrt{2}}{2} \end{cases}$$

найдем разность $\Delta \lambda_{\text{фот.}}$ при пролете электрона.



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!

Черновик.

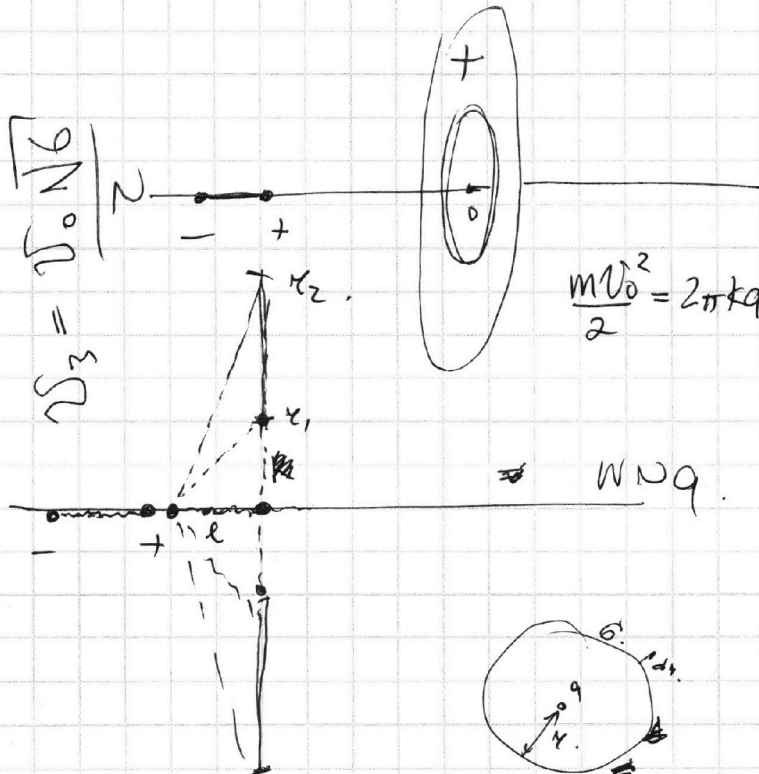
V_0

$$V_0^2 = 2\phi q$$

$$2V_0^2 = -2\phi q + 2V_3^2$$

$$3V_0^2 = 2V_3^2$$

$$V_3 = \sqrt{V_0^2}$$



$$\frac{mV_0^2}{2} = 2\pi k q \delta \left(\sqrt{y_2^2 + l^2} - \sqrt{y_1^2 + l^2} \right)$$

$$\frac{mV_0^2}{2} =$$

$$\Pi = \frac{k q \delta q}{\sqrt{r^2 + l^2}}$$

$$= \frac{\delta k q \cdot 2\pi r dr}{\sqrt{r^2 + l^2}}$$

$$\Pi = \int_{r_1}^{r_2} \frac{2\pi k q \delta \cdot r dr}{\sqrt{r^2 + l^2}}$$

$$= \frac{2\pi k q \delta}{\sqrt{r^2 + l^2}} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr^2}{2} =$$

$$= 2\pi k q \delta \left[\sqrt{r^2 + l^2} \right]_{r_1}^{r_2} = 2\pi k q \delta \left(\sqrt{r_2^2 + l^2} - \sqrt{r_1^2 + l^2} \right)$$

$$dq = 2\pi r \cdot dr \cdot \delta$$

$$\Pi = \frac{k q dq}{r} = \frac{k q \cdot 2\pi r dr \delta}{r}$$

$$= 2\pi k q \delta dr$$

$$\Pi = \int_{r_1}^{r_2} 2\pi k q \delta dr =$$

$$= 2\pi k q \delta (r_2 - r_1)$$

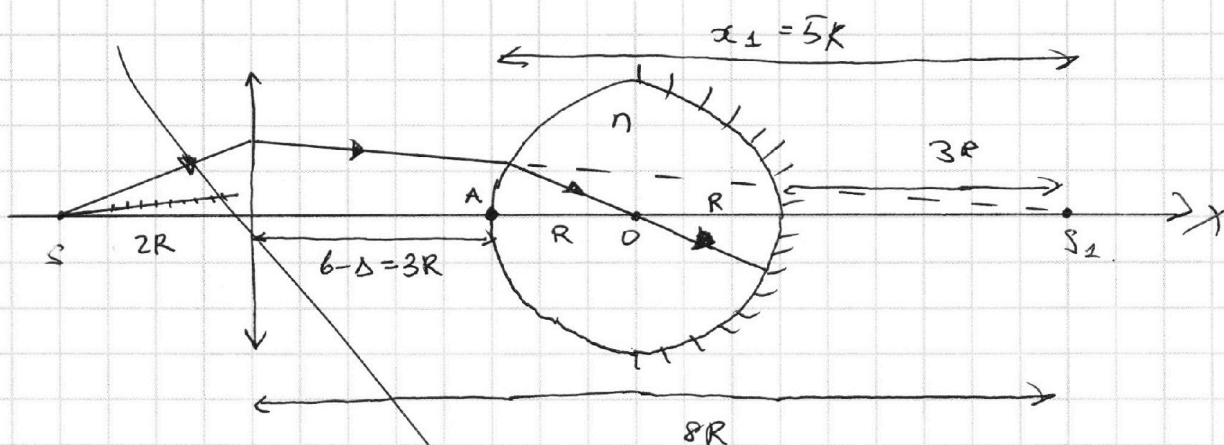


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 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!



известно из первой части, что
изображение S_1 на расстоянии $8R$ от линзы. Мерновик.

Опять луч проходит через O , значит
изображение S_1 после прохождения
в O на сферической поверхности шара
падает в O .

$$n_1 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x_1} \right) = n_2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x_2} \right)$$

отмет
х
угет
от
точки A

формула сферической
линзы сфер.

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{5R} = \frac{1}{R} - \frac{1}{x_2}$$

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{5R} = \frac{1}{R} - \frac{1}{x_2}$$

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{5R} = \frac{1}{R} - \frac{1}{x_2}$$

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{5R} = \frac{1}{R} - \frac{1}{x_2}$$

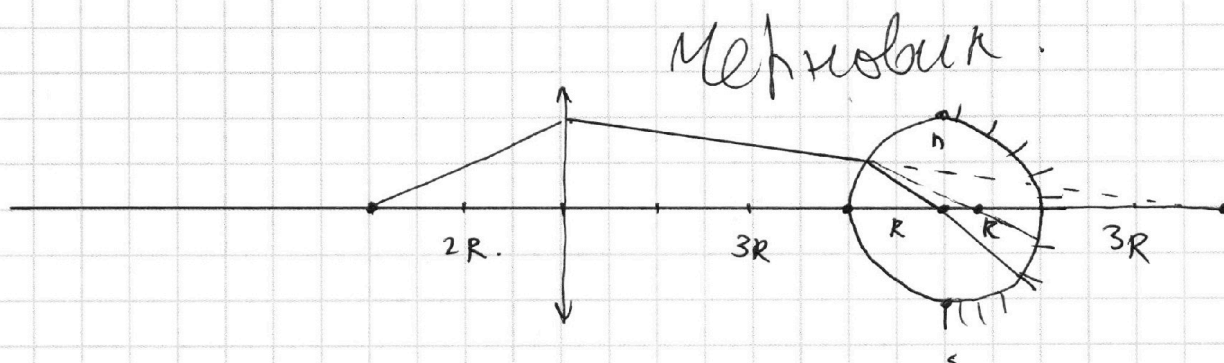


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$\frac{1}{R} - \frac{1}{5R} = n \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right)$$

$$\frac{4}{5R} = \frac{n}{R} - \frac{n}{x}$$

$$-\frac{n}{x} = \frac{4-5n}{5R}$$

$$x = \frac{5nR}{5n-4}$$

$$nS_1 B = 6LI + C$$

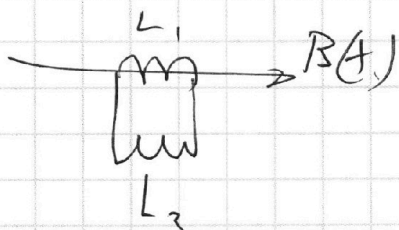
$$nS_1 B_0 = 0 + C$$

$$nS_1 B = 6LI + nS_1 B_0$$

$$nS_1 dB(t) = 6L dI$$

$$I = \frac{nS_1 (B(t) - B_0)}{6L}$$

n
 S_1
 $L_1 = L$
 $L_2 = 6L$
 B_0
 τ



$$\mathcal{E} = L \frac{dI}{dt} = \frac{d\Phi}{dt}$$

$$n \cdot S_1 \frac{dB(t)}{dt} = 6L \frac{dI}{dt}$$

$$dI =$$