

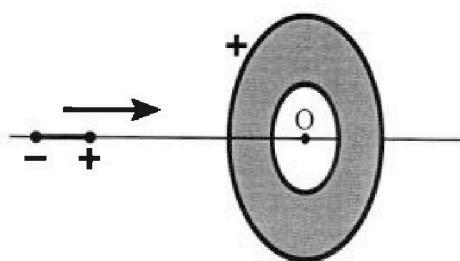
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-03

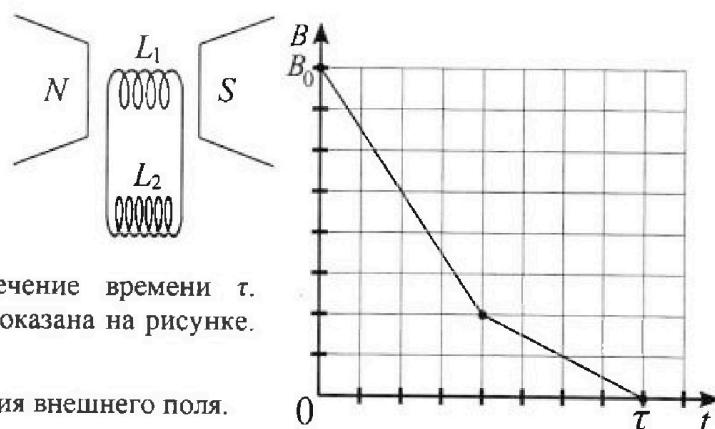
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 . Диполю сообщают начальную скорость $\frac{3}{2}V_0$.



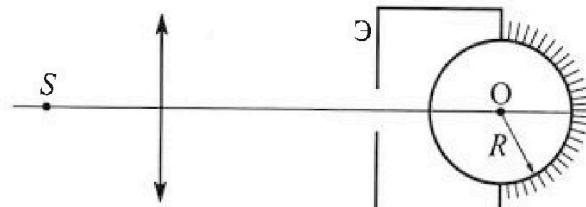
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ 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 $L_2 = 3L$ 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_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удалённый от линзы на расстояние $a = 1,1F$ (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 $b = 10,5F$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.

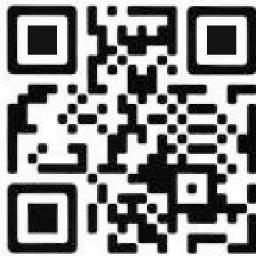


- 1) Найти радиус R шара.

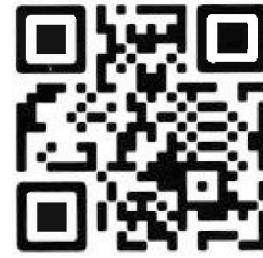
После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 5,5F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



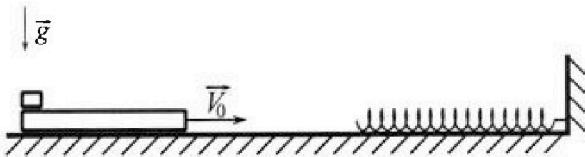
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



Вариант 11-03

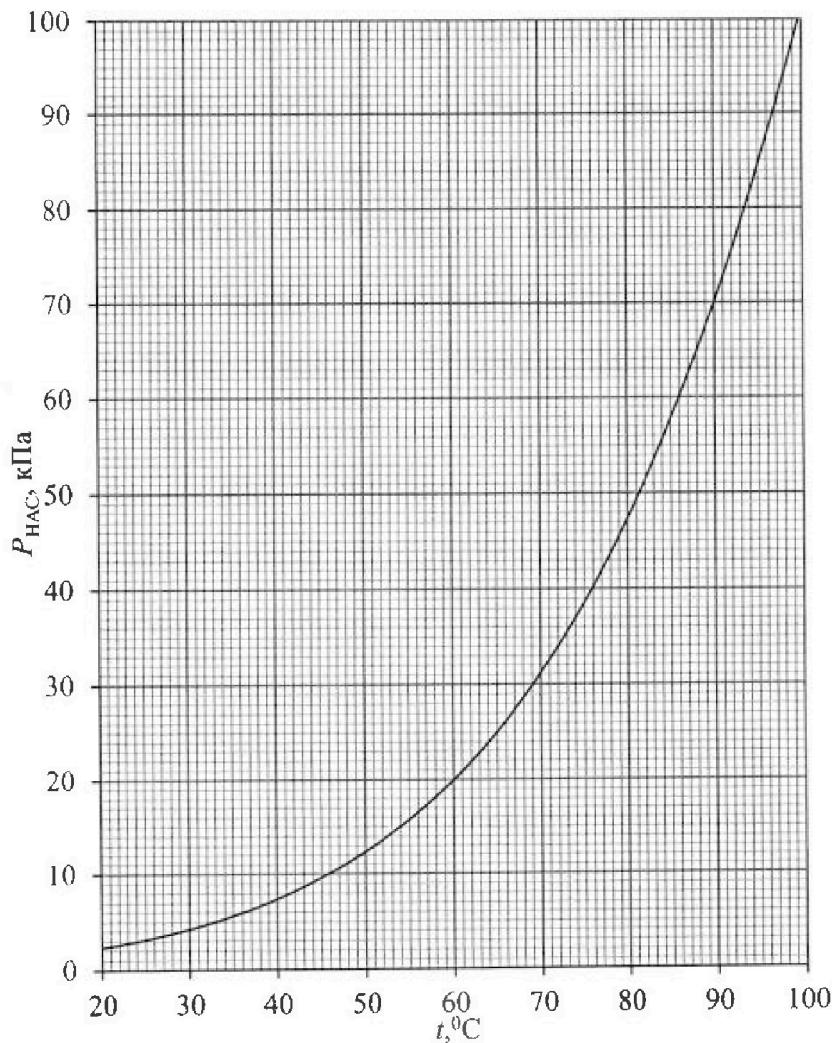
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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 тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.



- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

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.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

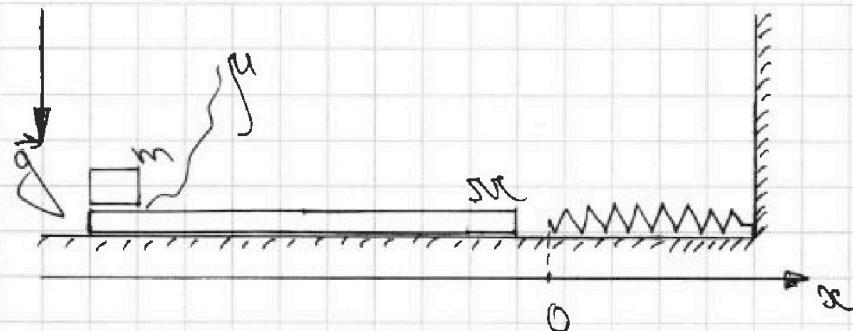
$$\mu = 0,3$$

$$\mu = 0,3$$

$$1) \alpha = ?$$

$$2) T = ?$$

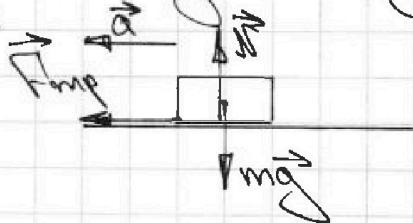
$$3) a (\alpha = \text{const}) = ?$$



1) Относительное движение бруска по доске начнется в том момент, когда сила трения достигнет своего максимального значения,

которое по з. Кулона - Фриძона равно $F_{\text{тр}} = \mu M g$.

Рассмотрим момент непосредственно перед началом в этом момент неподвижения еще будут силы инерции и относительного движения бруска, тогда по з. Ньютона для бруска:



$$\text{осн.: } F_{\text{тр}} = ma$$

$$\text{одн.: } N = mg, \text{ учитывая з. Ньютона: } F_{\text{тр}} = ma; a = \mu g \dots (1)$$

По з. Ньютона для системы "доска - бруск":

$$F_{\text{тр}} = (m + M)a; \text{ осн.: } F_{\text{тр}} = (m + M)a, \text{ учитывая з. Кулона}$$

$$F_{\text{тр}} = kx; kx = (m + M)a, \text{ учитывая з. Кулона: } x = \frac{ma(m + M)}{k} \dots (2)$$

2) Какое горизонтальное движение



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.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

система движется, как единое целое, то её можно рассматривать как ~~один~~ гармоническое колебание пружинного маятника, масса которого $m+5k$; известно, что он совершает гармонические колебания с периодом $T = 2\pi\sqrt{\frac{m+5k}{k}}$, тогда:

$$\begin{cases} x = x_0 \cos(\omega t + \varphi_0) \\ v_x = -x_0 \omega \sin(\omega t + \varphi_0) \end{cases} \dots (4)$$

В момент $t=0$:

$$\begin{cases} 0 = x_0 \cos \varphi_0 \\ v_0 = -x_0 \omega \sin \varphi_0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_0^2 \omega^2 = v_0^2 \\ \varphi_0 = -\frac{\pi}{2} \end{cases}, \text{ тогда } (4):$$

$$\begin{cases} x = x_0 \sin \omega t \\ v_x = x_0 \omega \cos \omega t \end{cases}$$

Найдем (3):

$$\frac{x_0(m+5k)}{\sqrt{k}} = x_0 \sqrt{\frac{m+5k}{k}} \sin \omega t$$

$$\frac{x_0}{\sqrt{k}} \sqrt{\frac{m+5k}{k}} = \cos \sin \omega t$$

$$\left[\frac{x_0}{\sqrt{k}} \sqrt{\frac{m+5k}{k}} \right]^2 = \frac{\pi^2}{3^2} \cdot \sqrt{\frac{c^2}{c^2}} = 1$$

$$\sin \omega t = \frac{3}{\sqrt{36}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \omega t = \frac{\pi}{3}; t = \frac{\pi}{3\omega} = \frac{\pi}{3\sqrt{m+5k}}$$

$$t = \frac{\pi}{3}$$

$$\tilde{t} = \frac{\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{k}{m+5k}}; [\tilde{t}] = \text{с}, \tilde{t} = \frac{3}{3} \cdot \sqrt{\frac{36}{3}} \approx 3,5 (\text{с})$$

$$[\tilde{t}] = \text{с}, \tilde{t} = \frac{3 \cdot 3}{36} = 0,25 (\text{с})$$

3)



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$\begin{aligned} p_0 &= 105 \text{ кПа} \\ t_0 &= 294^\circ\text{C} \\ \varphi_0 &= ? \\ t &= 25^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1) p_1 - ? \\ 2) t^* - ? \\ 3) \frac{V}{V_0} - ? \end{aligned}$$

1) Влажный воздух - это сухой сухой воздух и влажного.
По опр. относительной влажности.

$$\varphi_0 = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}(294^\circ\text{C})}; p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}}(294^\circ\text{C}); p_1 = \frac{1}{3} \cdot 91 \text{ кПа} \approx 30 \text{ кПа}$$

2) t^* , то есть температура, при которой пар начнет конденсацию - нечто такое, как точка росы.
Проделав приведенное вычисление, получим что можно считать изобарным \rightarrow исходная температура - это такая температура, при которой образуется нас. вог. пара равно p_1 . Но т.к. мы можем увидеть что это $t^* \approx 65^\circ\text{C}$, это говорит о том, что в зоне тройеса пар становится насыщенным, а давление насыщ. пара зависит только от температуры.

3) Уз. Давления для влажного воздуха:

$$p_0 = p_{\text{атм}} + p_1 = p_{\text{атм}} + p_{\text{вн}}, \text{ где } p_{\text{вн}} \text{ и } p_{\text{атм}} \text{ - давления сухого воздуха.}$$

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.

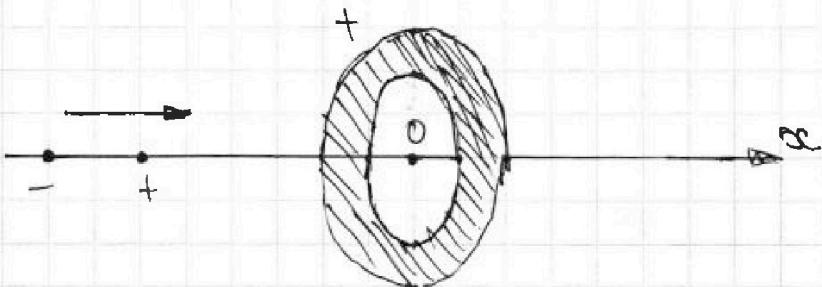


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$$\begin{aligned} v_0 &= \\ \frac{3}{2} v_0 &= \\ \frac{3}{2} v_0 - ? &= \\ 2) \frac{v_{max}}{v_{min}} &=? \end{aligned}$$



q - радиус заряда, m - масса заряда

1) Введём новое обозначение d - радиус диска.
Рассмотрим движение частицы около колеса, если его движение с нач. скоростью v_0 , тогда
но v соизмеримо с радиусом диска:

$$\frac{mv^2}{r} = q(\varphi(d) - \varphi(0)) \quad (1)$$

$\varphi(r)$ - потенциал создаваемый конвекцией в точке на расстоянии r от центра.
По определению разности потенциалов эта величина равна работе, которую совершают поля при перемещении из точки с потенциалом $\varphi(d)$ в точку $\varphi(0)$. Так как $\Delta\varphi = q\varphi(d) - \varphi(0)$, тогда при условии, что частица движется с v_0 , получим,

$$\begin{aligned} \frac{mv_0^2}{r} &= q\varphi(d) - q\varphi(0) \\ mv_0^2 &= q\varphi(d) \\ mv^2 &= \frac{mv_0^2}{r}, \quad r = \frac{v_0 t}{\omega} \end{aligned}$$

2) требуется найти скорость центра диска

при проёме через центр диска, тогда

$$mv_0^2 = q(\varphi(\frac{d}{2}) - \varphi(-\frac{d}{2})) = mv^2, \text{ но в эту величину}$$

$$\varphi(\frac{d}{2}) = \varphi(-\frac{d}{2}), \text{ тогда } v = \frac{v_0}{2}$$



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

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

2) Мг-го расположение горизонтальной мостико скажем, что с какой стороны он не будет отклоняться диска, тогд будем направлена разделяющимися со стороны поднимавшей максимальной скорости, а тогда очевидно, что максимальная скорость при прохождении будет в момент, когда $\dot{\varphi}^+$ будет 60, а минимальной, когда $\dot{\varphi}^-$ будет 60, тогда:

$$\frac{3}{4} m \dot{\varphi}_0^2 = q(\varphi(0) - \varphi(d)) + m \dot{\varphi}_{\max}$$

$$\frac{9}{4} m \dot{\varphi}_0^2 = q(\varphi(d) - \varphi(0)) + m \dot{\varphi}_{\min}$$

Умножив (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{9}{4} \dot{\varphi}_0^2 = -m \dot{\varphi}_0^2 + m \dot{\varphi}_{\max} \\ \frac{9}{4} \dot{\varphi}_0^2 = m \dot{\varphi}_0^2 + m \dot{\varphi}_{\min} \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{9}{4} \dot{\varphi}_0^2 = \dot{\varphi}_{\max} \\ \frac{13}{5} \dot{\varphi}_0^2 = \dot{\varphi}_{\min} \end{array} \right. , \quad \frac{\dot{\varphi}_{\max}}{\dot{\varphi}_{\min}} = \sqrt{\frac{13}{5}}, \quad \dot{\varphi}_{\min} = \sqrt{\frac{13}{5}}.$$

Объем: $\sqrt{\frac{13}{5}}$.

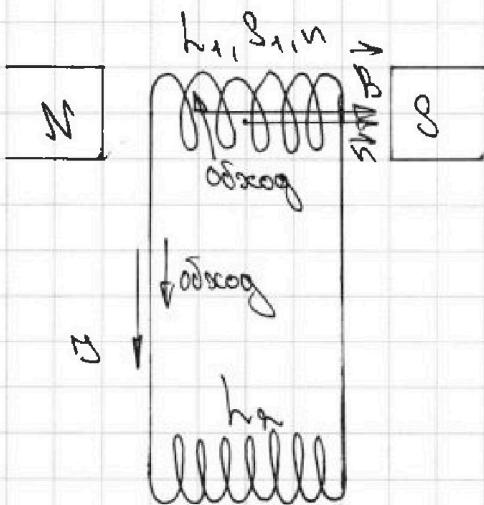
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$$\begin{aligned} h_1 &= h \\ n & \\ g_1 & \\ B_0 & \\ h_2 = 3h & \\ r & \\ 1) \quad I_0 - ? & \\ 2) \quad q - ? \end{aligned}$$



1) Пусть в некоторый момент ток течёт по направлению обхода, выбранного с учётом вектора нормали к плоскости катушки; то получим правильность знака контура $I_{\text{вн}}$.

$E_1 + E_2 = 0$... (1), тогда по 3. Закону электромагнитной индукции:

$\Phi_1 = -B_1 h_1 \cos 0^\circ + h_1 I = BS_m + h_1 I$, $\Phi_2 = h_2 I$... (2)

$$B_1 = \frac{\Phi_1}{h_1}, B_2 = \frac{\Phi_2}{h_2}, \text{ учитывая определение собственного и внешнего магнитного поля:}$$

$$B_1 = B S_m \cos 0^\circ + h_1 I = B S_m + h_1 I, \Phi_2 = h_2 I \dots (3)$$

Учитывая (2) и (3), (1) получим в итоге:

$$\frac{d}{dt} S_m + h_1 \frac{dI}{dt} + h_2 \frac{dI}{dt} = 0 \quad | \cdot dt$$

$$dB S_m + (h_1 + h_2) dI = 0$$

Продифференцировав, получим:

$$\Delta B S_m + (h_1 + h_2) \Delta I = 0 \quad | \dots (4)$$

Найдём ток I_0 , который будет течь в момент



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

вычитаемый поток:

$$-B_0 S_{1,n} + (h_1 + h_2) \cdot J_0 = 0$$

$$J_0 = \frac{B_0 S_{1,n}}{h_1 + h_2} = \frac{B_0 S_{1,n}}{4h}$$

2) С учётом начальных условий (4) применим

$$(B - B_0 S_{1,n}) = -4h^2$$

Используем определение единицы тока

$$(B_0 - B) S_{1,n} = 4h \frac{dq}{dt}, dq_2 = \frac{(B_0 - B) S_{1,n}}{4h} \cdot dt \dots (5)$$

Расположим заряд, проходящий через катушку как сумму зарядов, прошедших через неё в моменте с различной скоростью изменения магнитного поля.

вспомог.

$$q = q_1 + q_2 \dots (6)$$

Давим в (5).

$$q_1 = \int dq_1 = \int \frac{(B_0 - \frac{1}{4} B_0 S_{1,n}) S_{1,n}}{4h} \cdot dt = \frac{3 B_0 S_{1,n}}{16h} \cdot t = \frac{3 B_0 S_{1,n}^2}{32h}$$

$$q_2 = \int dq_2 = \int \frac{(\frac{1}{4} B_0 - 0) S_{1,n}}{4h} \cdot dt = \frac{B_0 S_{1,n}}{32h}$$

$$(6): q = \frac{B_0 S_{1,n}^2}{8h}$$

$$\text{Ответ: } \frac{B_0 S_{1,n}}{4h} \cdot \frac{B_0 S_{1,n}^2}{8h}$$

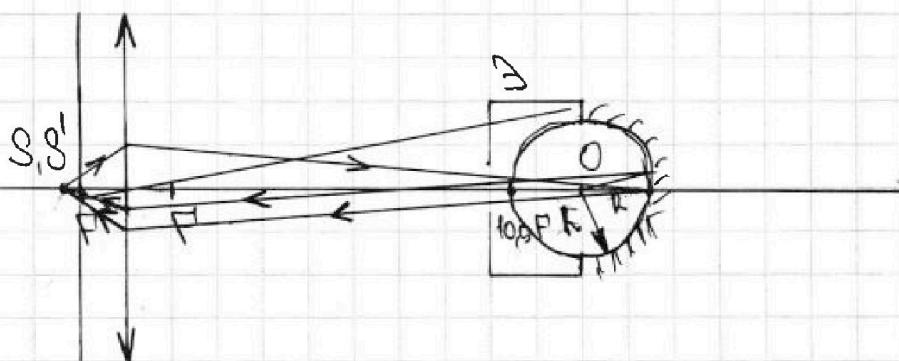


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!



1) Так как ход лучей не зависит от показателя преломления матрицы, то примем его равным $n=1$, тогда получим, что преломленный луч - отражение от задней отражающей поверхности.

Из рисунка по формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+nh}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{1,1F} + \frac{1}{10,5F+nh}$$

$$\frac{1}{10,5F+nh} = \frac{0,1}{1,1F}$$

$$1,05F + 0,2nh = 1,1F$$

$$0,05F = 0,2nh; nh = 0,95F$$



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!

$$x_m \omega = v_0$$

$$x_m = \frac{v_0}{\omega} \quad ; \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m+M}}$$

$$x_m = v_0 \cancel{\sqrt{\frac{k}{m+M}}}$$

$$\cancel{\frac{v_0 \sqrt{m+M}}{\sqrt{k}}} = v_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}} \cdot \cos \omega t$$

$$\cancel{\frac{v_0}{\sqrt{k}}} \sqrt{\frac{m+M}{k}} = \cos \omega t$$

$$v_0 \cancel{\frac{3}{1}} \cdot \sqrt{\frac{3}{36}} = \cos \omega t$$

$$\frac{3\sqrt{3}}{6} = \cos \omega t = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$wt = \frac{\pi}{6} + 2\frac{\pi}{6} t = \frac{\pi}{6} \cdot 6 \omega t = \frac{T}{12}$$



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 |
| <input type="checkbox"/> |

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!



$$m \omega_0^2 = q(\varphi_+(d) - \varphi_-(0)) \approx F_{do}$$

$$\frac{m}{2} \cdot \left(\frac{\omega_0^2}{2} \right)^2 = q(\varphi_+(d) - \varphi_-(0)) + \frac{2m\omega_0^2}{2}$$

$$\frac{9m\omega_0^2}{4} \approx F_{do} = m\omega^2$$

$$m\omega_0^2 = F_{do}$$

$$\frac{5}{4}m\omega_0^2 = m\omega^2; \omega^2 = \frac{5}{4}\omega_0^2; \omega = \frac{\sqrt{5}}{2}\omega_0$$

$$\omega_0'; \omega' \quad \{ \omega'(\omega_0')$$

$$\frac{m(\omega_0')^2}{2} = F_{do} + \frac{2m\omega^2}{2}$$

$$m(\omega_0')^2 = F_{do} + m\omega^2$$

$$m((\omega_0')^2 - \omega_0^2) = m\omega^2$$

$$\omega' = \sqrt{(\omega_0')^2 - (\omega_0)^2}$$

$$(\omega')^2 = \frac{2\omega_0}{\sqrt{(\omega_0')^2 - (\omega_0)^2}} > 0 \quad \omega'_0 = 0$$

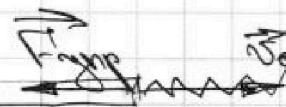
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!



$$k\Delta x = (m + M_{\text{ст}})a$$

$$\text{Противо} \quad F_{\text{пр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{пр}} = ma$$

$$a = \mu g$$

$$1) \quad F_{\text{пр}} = \mu m a$$

$$k\Delta x = \frac{\mu m a}{m}$$

$$\Delta x$$

$$F_{\text{пр}} = \mu mg; \quad k\Delta x = \mu mg; \quad \Delta x = \frac{\mu mg}{k}$$

$$2) \quad \cancel{F_{\text{пр}}} \quad \cancel{E_{\text{кин}} + E_{\text{кин,нр.}}} = \Delta E$$

$$\Delta E = E_f - E_i = \frac{k\Delta x^2}{2} + \frac{(m+M_{\text{ст}})v_0^2}{2}$$

$$(m+M_{\text{ст}})\mu g \Delta x = E_{\text{кин,нр.}} = 0 \quad \frac{(m+M_{\text{ст}})v_0^2}{2} + \frac{k\Delta x^2}{2} + \frac{(m+M_{\text{ст}})v_0^2}{2}$$

$$F_{\text{пр}} = ma$$

$$F_{\text{пр}} - F_{\text{пр}} = M_{\text{ст}}ma + F_{\text{пр}} = (m+M_{\text{ст}})a - k\Delta x = (m+M_{\text{ст}})a$$

$$a = \frac{k\Delta x}{m+M_{\text{ст}}} ; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m+M_{\text{ст}}}{k}}$$

3) Доска движется \Rightarrow с ней не сдвигают брусков.

$$-F_{\text{пр}} + F_{\text{пр}} = M_{\text{ст}}a$$

$$F_{\text{пр}} = k\Delta x_{\text{max}} \quad -k\Delta x_{\text{max}} + \mu mg = Ma$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x = x_0 \cos(\omega t + \varphi_0) \\ \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \cos \varphi_0 = 0 \\ \omega_0 = \omega_m \sin \varphi_0 \\ \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varphi_0 = -\frac{\pi}{2} \\ \omega_0 = \omega_m \sin \varphi_0 \\ \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varphi_0 = -\frac{\pi}{2} \\ \omega_m = \omega_0 \\ \end{array} \right.$$

$$x = x_0 \sin \omega t$$

$$\omega_0 = \omega_0 \cos \omega t$$

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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$p_0 = 105 \text{ кПа}$$

не решена

$$t_0 = 94^\circ\text{C}$$

не решена

$$\varphi_0 = \frac{1}{3}$$

$$p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}}(94^\circ\text{C})$$

$$p_{\text{нас}}(94^\circ\text{C}) = 0.1 \text{ кПа}$$

$$\Delta m_{\text{од}} = -5 \text{ кг}$$

$$p_{\text{нас}}(23^\circ\text{C}) = 5 \text{ кПа}$$

$$\frac{1}{4} m v_0^2 = q(\varphi(d) - \varphi(-d)) + m v_{\text{max}}^2$$

$$\frac{1}{4} m v_0^2 = q(\varphi(d) - \varphi(0)) + m v_{\text{min}}^2$$

$$k \frac{dq}{r^2 + d^2}$$

$$dr$$

$$\frac{q}{4} m v_0^2$$

$$+$$

$$\text{Численно: } \int_0^{R_0} dq = k \frac{1}{\sqrt{r^2 + d^2}}$$

$$\int_0^{R_0} dq = k \frac{q}{\sqrt{r^2 + d^2}}$$

$$\text{Численка (x)} = \int_0^{R_0} dq_x = \int k \frac{q}{\sqrt{r^2 + d^2}} dr$$

$$S = \pi(r + dr)^2 - \pi(r)^2 = \pi(r + dr - r)(2\pi r dr) \approx 2\pi r dr$$

$$\sigma = \text{const}; \quad dq = \sigma \cdot 2\pi r dr; \quad Q; \quad S = \pi(R^2 - R_0^2)$$

$$\text{Численка (x)} = \int_{R_0}^R k \cdot \frac{2\pi r dr}{R^2 - R_0^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{r^2 + d^2}} \quad \sigma = \frac{Q}{\pi(R^2 - R_0^2)}$$

не решена



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

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!

$$(B - B_0) \frac{S_m}{h} = -4h \cdot g$$

$$(B - B_0) = -4h \cdot g$$

~~$$(B - B_0) \frac{S_m}{h} = \frac{dq}{dt} \cdot (-4h) + (B - B_0) S_m$$~~

$$dq = \frac{(B_0 - B) S_m}{4h} dt$$

$$\int_0^t dq = \frac{3B_0 S_m}{16h} t$$

$$q_1 = \frac{3B_0 S_m}{16h} \cdot \frac{t}{2} = \frac{3B_0 S_m t}{32h}$$

$$q_1 = \frac{3B_0 S_m t}{32h} = \frac{3B_0 S_m}{32h} \cdot \frac{102}{1456}$$

Маркет

$$p_0 = p_{ch} + p_{fr}$$

$$p_0 = p_{ch} + p_{fr}$$

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.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$$\varphi(x) = \int_{R_0}^R \frac{k \sqrt{r^2 + a^2}}{r^2 + a^2} dr = k \sqrt{R^2 + a^2} - \int_{R_0}^R \frac{a^2}{r^2 + a^2} dr =$$

$$(\frac{a^2 r^2}{r^2 + a^2})' = \frac{2ar}{r^2 + a^2}$$

const

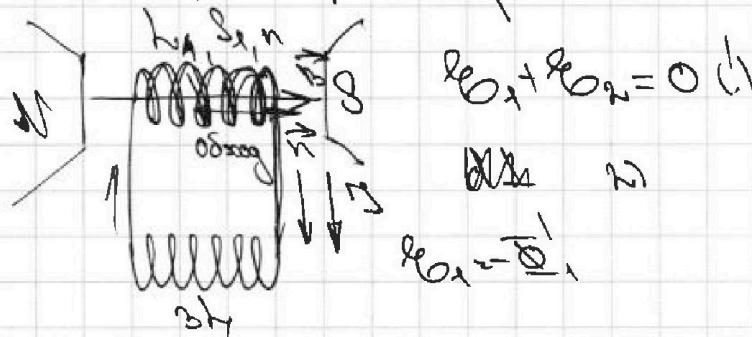
$$= k \sqrt{R^2 + a^2} - \frac{1}{2} \int \frac{a^2 dr}{r^2 + a^2} = \frac{k \sqrt{R^2 + a^2}}{2} \cdot \int_{R_0}^R \frac{dr}{\sqrt{r^2 + a^2}} =$$

$$= \frac{k \sqrt{R^2 + a^2}}{2} \cdot \left(\sqrt{R^2 + a^2} - \sqrt{R_0^2 + a^2} \right); \quad R \neq R_0$$

$$x=0; \quad \varphi(x) = \frac{k \sqrt{R^2 + a^2}}{2} \cdot (R - R_0) = \frac{Q \omega K (R - R_0)}{2 M (R_0 + R)} =$$

$$= \frac{Q}{2(R_0 + R)}$$

$$\frac{m \omega^2}{2} = \frac{m \omega^2}{2} \cdot (f_1(0) + f_2(0)) \cdot q =$$



$$\mathcal{E}_1 = B S_1 n + h_1 \mathcal{J}; \quad \mathcal{E}_2 = h_2 \mathcal{J}$$

$$(B S_1 n + h_1 \mathcal{J} + h_2 \mathcal{J}) = 0$$

$$B S_1 n + (h_1 + h_2) \mathcal{J} = 0$$

$$\mathcal{J}_0 = \frac{B S_1 n}{h_1 + h_2} = \frac{B S_1 n}{4h}$$

$$B S_1 n + h_1 \Delta \mathcal{J} + h_2 \Delta \mathcal{J} = 0$$