



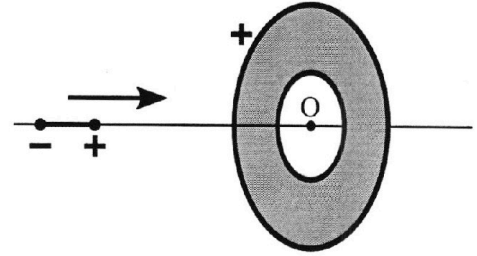
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



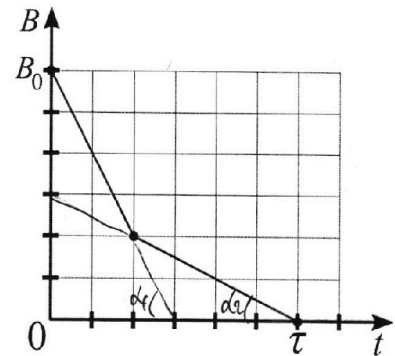
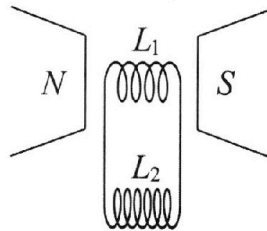
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

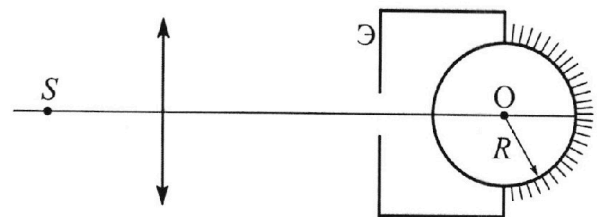
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек 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 , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,5F$ (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 $b = 8F/3$, 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 $\Delta = 2F$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



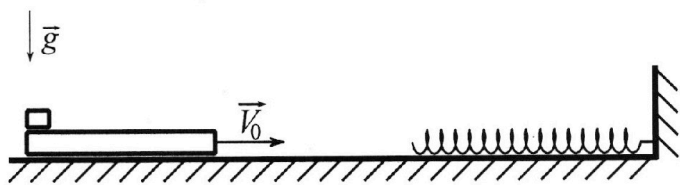
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 27$ 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.

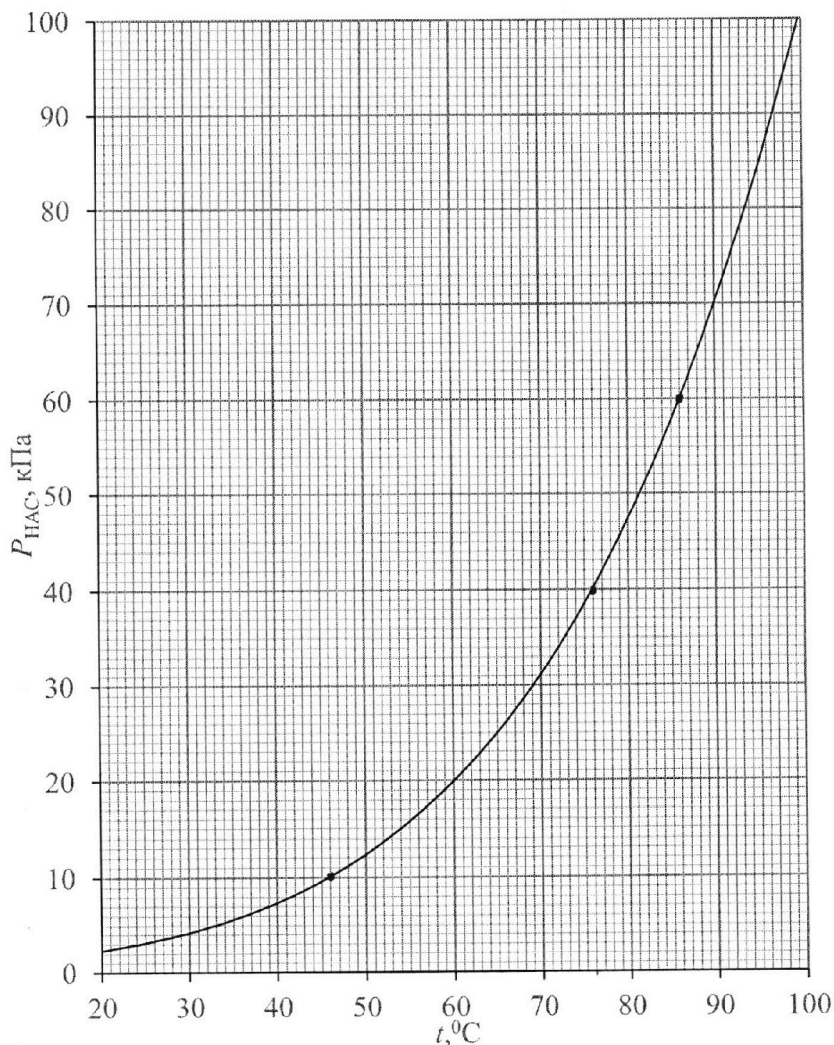


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 150$ кПа, температуре $t_0 = 86$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 2/3$ (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 46$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 86 °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 жидкост и по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.



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!

2.1 (продолжение)

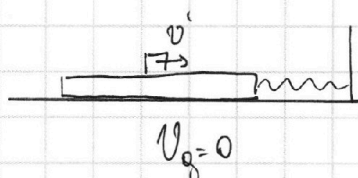
~~$v_0 = Aw$~~ $v_0 = Aw$ t_1 - искомое в 2 пункте время

$$\Delta x = A \sin(\omega t_1)$$

$$\omega^2 = \frac{k}{3m} = \frac{27}{3 \cdot 1} = 9 \quad \omega = 3$$

$$A = \frac{v_0}{\omega} = \frac{2}{3}$$

$$\sin \omega t_1 = \frac{\Delta x}{A} = \frac{1}{2} \Rightarrow \omega t_1 = \frac{\pi}{6} \quad t_1 = \frac{\pi}{6 \cdot \omega} = \frac{\pi}{6 \cdot 3} = \frac{1}{6} \text{ с}$$



v' - скорость бруска

В ходе всего дальнейшего движения после момента рассматриваемого в первых пунктах $F_{тр} = \mu mg$

$$kx = \mu mg + \lambda m a$$

$$-kx + \mu mg = 2ma$$

$$\frac{k}{2m} x + \ddot{x} = \mu mg$$

то же ур-ие гарм колеб

после будут также проходить гарм колеб на с частотой $\omega_2^2 = \frac{k}{2m}$

$$\ddot{x} + \frac{k}{2m} (x - \frac{2\mu g m^2}{k}) = 0 \quad x - \frac{2\mu g m^2}{k} = z \quad \text{сделаем замену}$$

$$\ddot{z} = \ddot{x} \quad \ddot{z} + \frac{k}{2m} z = 0 \quad z = A \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_1) + \frac{2\mu g m^2}{k}$$

$$a = -A \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$k x_{\max} = \mu mg + m a_{\max}$$

$$a_{\max} = A \omega_2^2$$

$$x_{\max} = 2A$$

$$k \cdot 2A - m A \cdot \frac{k}{2m} = \mu mg = \frac{3}{2} k A \quad A = \frac{2 \mu mg}{3k}$$

(при максимальной координате $a_{\max}$)

$$a_{\max} = A \omega_2^2 = \frac{2 \mu mg}{3k} \cdot \frac{k}{2m} = \frac{\mu g}{3} = \frac{0,3 \cdot 10}{3} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Ответ: 1) $\Delta x = \frac{1}{3} \text{ м}$; 2) $t_1 = \frac{1}{6} \text{ с}$; 3) $1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

1.1

нач. ситуация

Рассмотрим крит. ситуац
когда $F_{тр} = \mu N_2$
 $N_2 = mg$
 $F_{тр} = \mu mg$

конеч. ситуация
из первого пункта

a_d - ускор. доски
 $a_{бр}$ - ускор. бруска

2 з.м по оси x

$$\begin{cases} k \Delta x - F_{тр} = m a_d = 2m a_d \\ F_{тр} = m a_{бр} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k \Delta x = 2m a_d + \mu mg \\ \mu mg = m a_{бр} \end{cases}$$

В крит. ситуац $a = a_{бр} = a_d$, но дальше сила трения не сможет увеличиться и брусок не сможет увеличить свое ускорение $\Rightarrow$ начнет скользить

$$\begin{cases} k \Delta x = 2m a + \mu mg \\ \mu mg = m a \end{cases} \Rightarrow k \Delta x = 3 \mu mg \quad \Delta x = \frac{3 \mu mg}{k} = \frac{3 \cdot 0,3 \cdot 10}{27}$$

$$\Delta x = \frac{1}{3} \text{ м}$$

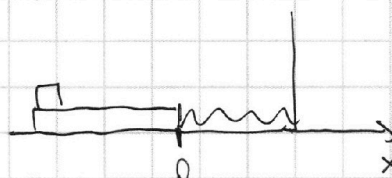
Пункт 2

Рассмотрим силы действующие на доску

$$k \Delta x = 2m a + \mu mg \quad \mu mg = m a \quad (\text{относительного движения нет})$$

$$k \Delta x = 3m a$$

введем ось как на рисунке



$$k x = -3m a$$

$$k x + \ddot{x} = 0$$

уравнение гармон. колеб

$$\omega^2 = \frac{k}{3m}$$

Для гармон. колеб известно $t_0 = 0$

$$\begin{aligned} v_0 &= A \omega \cos(\omega t_0 + \varphi_0) \\ x_0 = 0 &= A \sin(\omega t_0 + \varphi_0) \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} \cos \varphi_0 = \frac{v_0}{A \omega} \\ \sin \varphi_0 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos \varphi_0 = 1 = \frac{v_0}{A \omega} \\ \varphi_0 = 0 \end{cases}$$

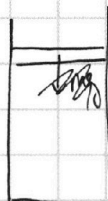


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

N 2



1) Из графика $P_{\text{max}}(86^\circ\text{C}) = 60 \text{ кПа}$

$$\frac{P_1}{P_{\text{max}}(86^\circ)} = \varphi = \frac{2}{3} \Rightarrow P_1 = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ кПа}$$

2) при дальнейшем движении $P_0 = P_v + P_n = \text{const}$

(т.к. поршень массивный) ; за малый промежуток
(какая в-ва паров)

$V_n = \text{const} \Rightarrow$ запишем уравнение Менделеева-Клапейрона
для пара и воздуха для начального и конечного состояний

$$P_1 V_1 = \nu_n R T_0$$

$$P_{v1} = P_0 - P_1 = 150 - 40 = 110 \text{ кПа}$$

$$P_{v1} V_1 = \nu_v R T_0$$

P_{v1} - давление воздуха в какой-то момент

$$P_{v2} V_2 = \nu_v R T$$

$$\Rightarrow \frac{P_{v2}}{P_{n2}} = \frac{P_{v1}}{P_1} = \frac{11}{4} = \frac{\nu_v}{\nu_n} \Rightarrow P_{v2} = \frac{11}{4} P_{n2}$$

$$P_{n2} V_2 = \nu_n R T$$

$$P_0 = P_{v2} + P_{n2} = \frac{11}{4} P_{n2} + P_{n2} = \frac{15}{4} P_{n2}$$

$$150 = \frac{15}{4} P_{n2}$$

$$P_{n2} = 40 \text{ кПа}$$

$$\Rightarrow T^* = 76^\circ\text{C}$$

3) В конечном состоянии $P_{n3} = P_{\text{max}}(46^\circ\text{C})$
(из графика)

$$P_{n3} = 10 \text{ кПа}$$

$$P_0 = P_{v3} + P_{n3} \Rightarrow P_{v3} = P_0 - P_{n3} = 140 \text{ кПа}$$

$$P_{v3} V = \nu_v R T_3$$

$$\frac{T_3}{T_0} \cdot \frac{P_{v1}}{P_{v3}} = \frac{V}{V_0} \quad (V = V_1)$$

$$P_{v1} V_0 = \nu_v R T_0$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{319}{359} \cdot \frac{110}{140} = \frac{3509}{5026}$$

$$T_3 = 273 + 46 = 319$$

$$T_0 = 273 + 86 = 359$$

Ответ: 1) 40 кПа; 2) 76°C; 3) $\frac{3509}{5026}$



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!

и 3 (продолжение)

$$\Rightarrow v_{\max} = v_0$$

$$v_{\min} = 0$$

$$\Rightarrow v_{\max} - v_{\min} = v_0$$

Ответ: 1) $0.5v_0$; 2) v_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
 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) $\frac{m v_0^2}{2} + E_{n1} = E_{n2}$ ~ 3
 $\frac{m 4v_0^2}{2} + E_{n1} = E_{n2} + \frac{m v'^2}{2}$ $3C7$ для ситуации когда диск
 остановился в центре
 E_n - потенциальная энергия взаимодействия
 v' - искомая скорость в том
 пункте.
 $\frac{4m v_0^2}{2} + E_{n1} = E_{n1} + \frac{m v_0^2}{2} + \frac{m v'^2}{2}$
 $3v_0^2 = v'^2$ $v' = \sqrt{3} v_0$

2) 
 Пусть расстояние между зарядами
 x - от диска до центра
 отрицательного заряда
 $\frac{m v_0^2}{2} + q \cdot \varphi(x) - q \cdot \varphi(x+L) = q \cdot \varphi(\frac{L}{2}) - q \cdot \varphi(\frac{L}{2})$
 $\varphi = \frac{q}{r}$; где r - расстояние до заряда
 $\Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} + \frac{q d}{x} - \frac{q d}{x+L} = 0$ $\frac{m v_0^2}{2} = -q d \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+L} \right)$
 $\frac{m v_0^2}{2} = -\frac{q d L}{x(x+L)} \approx -\frac{q d L}{x^2}$ (т.к. $x \gg L$)

Очевидно что при приближении к диску скорость диска
 все время меньше максимальная скорость
 (при $x \rightarrow \infty$) на бесконечности
 а минимальная в центре. При этом движение
 диска колебательное
 когда диск слева отстоит от
 диска он отталкивается т.к. $+q$ ближе
 и сила направлена вправо
 когда справа отн. диска диск притягивается $\Rightarrow$ при движении
 диск сначала замедляется, далее прелезает диск и это
 справа останавливается полностью $\Rightarrow v_{\min} = 0$ - и начинает
 разогнаться леву и на бесконечности слева будет иметь $v = v_0$



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!

~ 4 (продолжение)

$$I_1 = \frac{dq}{dt} \Rightarrow \frac{2B_0 + dt}{5L\epsilon} = dq \quad \int_0^{q_1} dq = \frac{2B_0}{5L\epsilon} \int_0^{\frac{\epsilon}{2}} dt$$

$$q_1 = \frac{2B_0}{5L\epsilon} \left(\frac{t^2}{2} \Big|_0^{\frac{\epsilon}{2}} \right) = \frac{2B_0}{5L\epsilon} \cdot \left(\frac{\frac{\epsilon^2}{4} - 0}{2} \right) = \frac{B_0 \epsilon}{45L}$$

Рассмотрим второй момент $I_2 \in (0; \frac{2\epsilon}{3}) + 2\epsilon (0; \frac{2\epsilon}{3})$

$$\mathcal{E} - d\Phi = 5L dI_2 \quad I_2 = \frac{B_0 t}{2\epsilon \cdot 5L} = \frac{B_0 t}{10L\epsilon} \quad \left(\text{по аналогии с первым моментом} \right)$$

$$d\mathcal{E} = 5L dI_2$$

$$\frac{B_0 dt}{2\epsilon} = 5L dI_2$$

$$dq = \frac{B_0 + dt}{10L\epsilon}, \quad q_2 = \frac{B_0}{10L\epsilon} \cdot \left(\frac{\frac{4\epsilon^2}{9} - 0}{2} \right)$$

$$q_2 = \frac{B_0}{10L\epsilon} \cdot \frac{2\epsilon^2}{9} = \frac{2B_0 \epsilon}{45L}$$

$$Q = q_1 + q_2 = \frac{B_0 \epsilon}{45L} + \frac{2B_0 \epsilon}{45L} = \frac{3B_0 \epsilon}{45L} = \frac{B_0 \epsilon}{15L}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{B_0 S_1 \eta}{5L}$; 2) $Q = \frac{2B_0 \epsilon}{45L}$

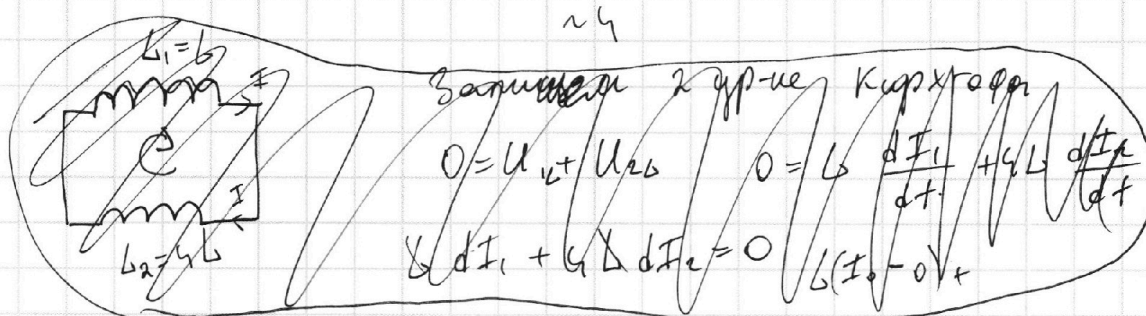


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Для замкнутого контура из катушек сверхпроводящих верен закон сохранения потока

$$\Phi_0 = B_0 S_1 n = \Phi_1 + \Phi_2 = L_1 I_0 + L_2 I_0$$

$$B_0 S_1 n = L I_0 + 4L I_0 = 5L I_0 \quad I_0 = \frac{5 B_0 S_1 n}{5L}$$

$$I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{5L}$$

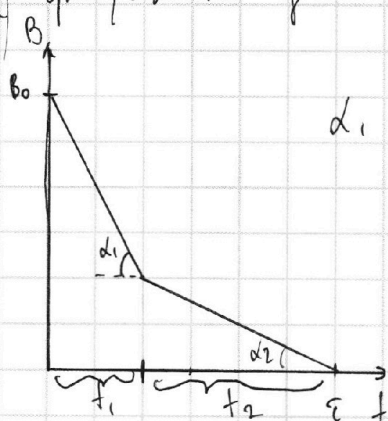
следует это из 2 правила Кирхгофа (этот закон сохранения следует)

$$|E_i| = U_{L1} + U_{L2} \quad U_{L1} = L \cdot \frac{dI_1}{dt}; \quad U_{L2} = 4L \frac{dI_2}{dt}$$

$$|E_i| - \text{индукционный} = \frac{d\Phi_i}{dt} = \frac{d\Phi_{внеш}}{dt} = |E_i| \quad \frac{d\Phi}{dt} = L \frac{dI_1}{dt} + 4L \frac{dI_2}{dt}$$

$$B_0 S_1 n = L (I_0 + 4I_0) \quad I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{5L}$$

2) график по условию ланчовый



$$\alpha_1 = \frac{2B_0}{\epsilon} \quad \alpha_2 = \frac{B_0}{2\epsilon}$$

$$B = B_0 - \alpha_1 t; \quad t \in (0; \frac{\epsilon}{3})$$

$$B = B_0 - \alpha_2 t; \quad t \in (\frac{\epsilon}{3}; \epsilon)$$

Рассмотрим момент $t_1 \in (0; \frac{\epsilon}{3})$

$$\frac{\alpha_1 t}{5L} = I_1 \quad I_1 = \frac{2B_0 t_1}{5L\epsilon}$$

$$-d\Phi = 5L dI_1$$

$$\alpha_1 dt = 5L dI_1$$

$$dI_1 = dI_2 = dI$$



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.

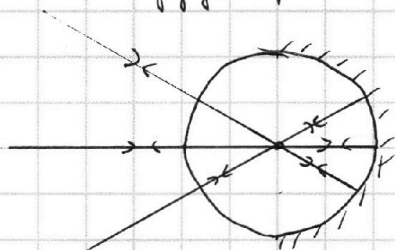
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!

~5

- 1) Для того чтобы все лучи вернулись обратно нужно, чтобы они сошлись в центре шара; (тогда они не будут преломляться т.к. будут идти вдоль радиуса)



$$\Rightarrow f = b + R;$$

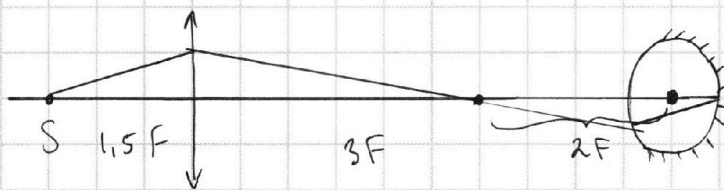
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; d = a = 1.5F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{1.5F} + \frac{1}{\frac{8F}{3} + R}$$

$$\Rightarrow 9F = 8F + 3R$$

$$R = \frac{F}{3}$$

2)

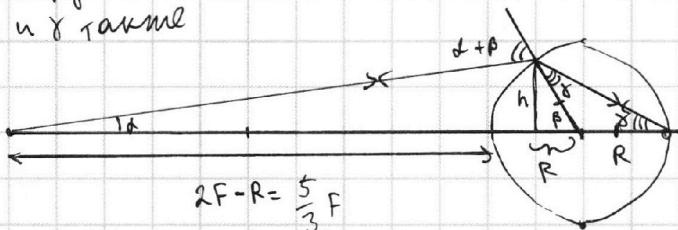


Для того чтобы лучи пошли обратно таким же путем он в шаре должен сфокусироваться на задней стенке шара вот так

т.к. углы малы
 $\alpha \approx \tan \alpha \approx \sin \alpha$
и γ также

углы малы

$$\alpha = \frac{3h}{5F}; \beta = \frac{h}{R} = \frac{3h}{F}$$



$$1 = \sin(\alpha + \beta) = n \sin \gamma$$

$$\alpha + \beta = n \gamma$$

$$\gamma = \frac{h}{2R} = \frac{3h}{2F}$$

$$\frac{3h}{5F} + \frac{3h}{F} = n \cdot \frac{3h}{2F}$$

$$\frac{1}{5} + 1 = \frac{n}{2}$$

$$\frac{6}{5} = \frac{n}{2} \quad n = 2.4$$

Ответ: 1) $R = \frac{F}{3}$; 2) $n = 2.4$



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
 __ 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

$$k \cdot x - F_{\text{тр}} = 2m a_{\text{бр}}$$

$$F_{\text{тр}} = m a g$$

$$\frac{3 \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{27} = \frac{9}{27} = \frac{1}{3}$$

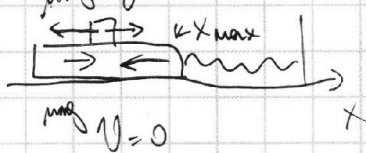
$$\omega^2 = \frac{k}{3m}$$

$$\Delta x = \frac{3 \mu m g}{k}$$

$$v_0 = A \omega^2 \cos(\omega t_0 + \varphi_0) \quad \cos \varphi_0 = \frac{v_0}{A \omega^2} = 1 \quad (v_0 = A \omega^2)$$

$$x_0 = A \sin(\omega t_0 + \varphi_0)$$

$$\mu m g \sin \varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$$



~~k x_{\text{max}}~~

$$k x = \mu m g + m a$$

$$-k x + \mu m g = m a$$

$$\frac{\mu m g}{k} \cdot 2m$$

$$\frac{2 \mu g m^2}{k}$$

$$k x_{\text{max}} = \mu m g + m a_{\text{max}}$$

$$k \cdot 2A - m A \omega^2$$

вытесни воздух

p_0 to φ_0

$p_0 E$



$$p_{01} = p_0 - p_1 = 110 \text{ kPa}$$

$$p_{01} V_1 = \nu_n R T_0$$

$$p_{01} V_1 = \nu_n R T_0$$

$$\frac{V_6}{V_n} = \frac{p_{01}}{p_1} = \frac{110}{40} = \frac{11}{4}$$

$$p_{02} V_2 = \nu_n R T$$

$$p_n V_2 = \nu_n R T$$

$$\frac{p_{02}}{p_n} = \frac{V_6}{V_n} = \frac{11}{4}$$

$$p_{02} = \frac{11}{4} p_n$$

$$\begin{array}{r} \times 319 \\ 11 \\ \hline 319 \\ + 3190 \\ \hline 3509 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 273 \\ 46 \\ \hline 319 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 273 \\ 86 \\ \hline 359 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 359 \\ \hline 1436 \\ + 14360 \\ \hline 5026 \end{array}$$

359