



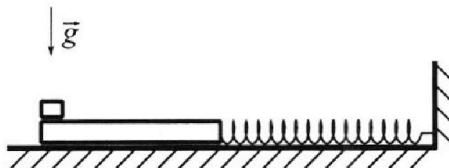
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 брускок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 50$ Н/м, прикреплённая к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Доску отпускают, она начинает движение, а брускок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первого 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.

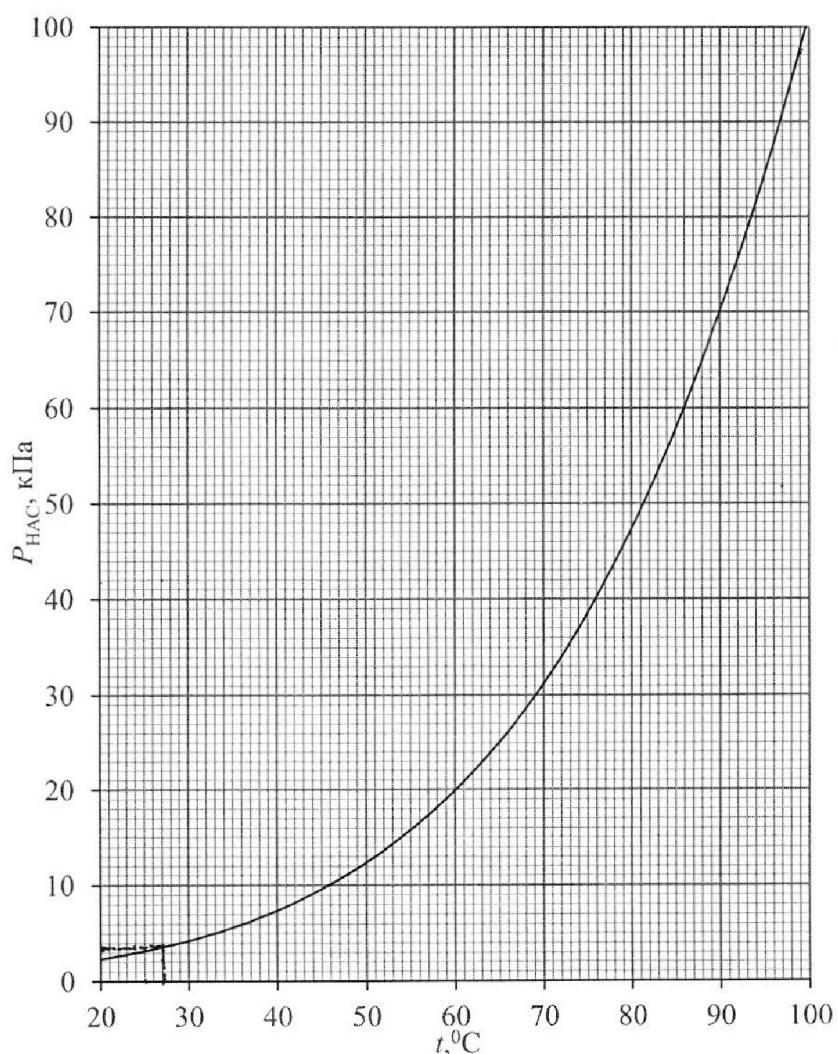


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °C и жидкую воду. Масса жидкой воды в 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °C. 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.

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





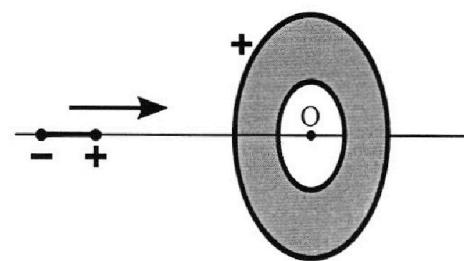
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02



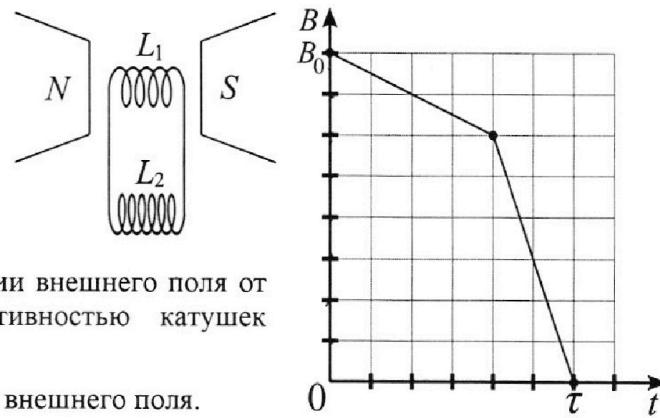
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 .



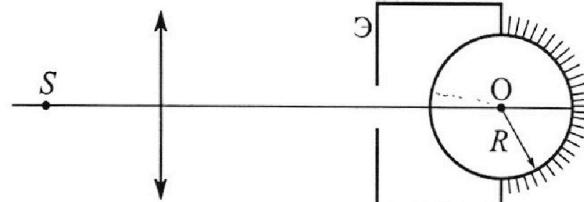
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 t . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



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

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S (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.

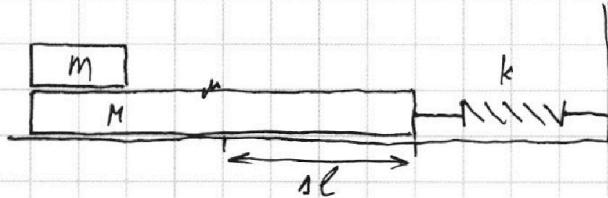


- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------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

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!

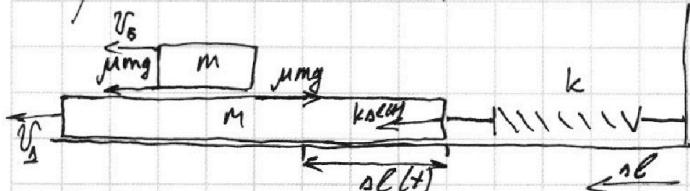
№1



Наганская энергия: $k \frac{\Delta l^2}{2}$

$$\Delta l = \Delta l(0)$$

В какой-то момент:



Энергия: $k \frac{\Delta l(t)^2}{2} + m \frac{v_1^2}{2} + \frac{1}{4} \frac{v_2^2}{2}$

$$\begin{cases} k \Delta l(t) - \mu mg = Ma_1 \\ \mu mg = m a_2 \end{cases} \rightarrow \cancel{k \Delta l(t)} + \frac{k}{m} \Delta l(t) + \mu mg = 0 \quad (*)$$

Относительное ускорение $a_{\text{отн}} = a_1 - a_2$. Тогда когда $a_{\text{отн}} = 0$:

$$a_1 = a_2 = a \rightarrow$$

$$\begin{cases} k \Delta l(t) - \mu mg = Ma \\ \mu mg = ma \end{cases}$$

$$\rightarrow a = \mu g$$

$$k \Delta l(t) - \mu mg = \mu Mg$$

$$\Delta l(t) = \sqrt{\frac{\mu g (14 + \mu)}{k}}$$

$$\Delta l(t) = \frac{0.3 \cdot 10 \cdot 1.2 + 1}{50} = \frac{9}{50} = 0,18 \text{ м} = 18 \text{ см}$$

В момент, когда $a_1 \approx 0$:

$$k \Delta l(t) = \mu mg$$

Избав-ся (*):

$$\Delta l''(t) + \frac{k}{m} \Delta l'(t) + \mu mg = 0$$

Возьмем производную:

$$k \Delta l''(t) + \frac{k}{m} \Delta l'(t) = 0 \rightarrow (\Delta l'(t))'' + k/m \Delta l'(t) = 0$$

$$\Delta l'(t) = V_1(t)$$

Тогда правило применимо:

$$V_1''(t) + \frac{k}{m} V_1(t) = 0 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{25} \text{ с}^{-1} = 5 \text{ с}^{-1}$$

Так как $V_1(0) = 0$, то закон изменения скорости будет иметь так:

$$V_1(t) = V_1 \sin(\omega t)$$

Таким образом, наша задача - найти V_1 .

Следует отметить, что $\Delta l(t) = \int V_1(t) dt = -\frac{V_1}{\omega} \cos(\omega t)$. Тогда при $t=0$ $\cos(\omega t)=1$, тогда $\Delta l(0) = -\frac{V_1}{\omega} \cdot 1 \rightarrow V_1 = -\Delta l(0)\omega$.

Тогда:

$$\Delta l(t) = -\frac{V_1}{\omega} \cos(\omega t)$$



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**.

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

Ответ: сжатие пружины в указанном момент времени равно 18 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 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

$$\sqrt{2}$$

① Т.к. дано:

$$m_B = 11 m_{no}$$

А также известно, что в результате нагревания вода превращается в пар, то, т.к. масса неизменна, то:

$$\frac{m_{no}}{m_{no}} = m_{no} + m_B = 12 m_{no}$$

Тогда отношение масс пара в конце и в начале нагревания:

$$\frac{m_{no}}{m_{no}} = \frac{12 m_{no}}{m_{no}} = 12$$

Так, как масса воды или пара (воды в воздухе), пар - идеальный газ, то справедливы равенства:

$$V_B = 11 V_{no}$$

$$V_{no} = 12 V_{no}$$

$$P(T) V = V(T) R T$$

, где $P(T)$ - давление в зависимости от температуры, $V(T)$ - количества газа в зависимости от температуры. Так же следует отметить, что $V(T_0) = V_{no}$, $V(t^*) = V(T_u) = 12 V_{no}$. Такое из графика $P(T_0) = 3,5 \times 17 \text{ а}$.

До достижения температуры t^* пар насыщенный, следовательно, давление его соответствует графику. Тогда можно записать систему:

$$P(T_0) V = V_{no} R T_0$$

$$P(t^*) V = 12 V_{no} R t^*$$

$$\text{Тогда, } 273 T_0 = 273 + 27 K = 300 K$$

$$3500 V = V_{no} R \cdot 300$$

$$\frac{V}{V_{no} R} = \frac{35}{300}$$

$$\frac{P(t^*)}{P(t^*)} = \frac{12 t^*}{12 t^*} = \frac{12 t^*}{P(t^*)}$$

$$\frac{P(t^*)}{12 t^*} = \frac{35}{300} \rightarrow \frac{P(t^*)}{4 t^*} = 35$$

$$P(t^*) = \frac{35}{4 t^*} \cdot 140 t^* = 140 t^*$$

Данная функция представляет собой прямую, пересекающую график $P_{no}(t)$ в точке: $(t^*, P(t^*))$.

При $t^* = T_0$ $P(t^*) = 140 \cdot 300 = 42 \text{ кПа}$, при $t^* = T_u$ $P(t^*) = 140 \cdot (273 + 97) = 140 \cdot 370 = 51,8 \text{ кПа}$. Тогда искомая температура $t^* = 81^\circ C = 354 K$

При данной температуре справедливо:

$$P V = 12 V_{no} R T$$

то есть при температуре $T = t^*$:

$$P_u V = 12 V_{no} R T_u$$

или при температуре $T = T_u$:

$$P_u V = 12 V_{no} R T_u$$

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

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!

Решая систему, получим:

$$\begin{aligned} P^*V &= 12 v_{no} R T_4 \\ P_u V &= 12 v_{no} R T_u \\ \frac{P_u}{v_{no} R} &= \frac{T_u}{T_4} \\ \frac{P_u}{v_{no} R} &= \frac{T_u}{T_u P_u} \\ P_u &= P_u T_u A_u \end{aligned}$$

Так как ранее мы нашли, что $P^* = 140 t^*$; $T_u = 97^\circ\text{C} = 370\text{K}$, то:

$$P_u = 140 \cdot 370 = 51,8 \text{ кПа.}$$

Таковым будет давление в итоге. Однако предположим, что у нас **насыщенный пар**. Тогда при температуре T_u давление насыщенного пара $P_{ur} = 97,5 \text{ кПа}$. Пусть в таком паре количество водяного пара — $x v_{no}$, где x — некий коэффициент. Тогда сформулируем систему:

$$\begin{aligned} P_u V &= 12 v_{no} R T_u \\ P_{ur} V &= x v_{no} R T_u \\ \frac{P_u}{v_{no} R T_u} &= \frac{12}{x} \\ \frac{P_u}{v_{no} R T_u} &= x \\ \frac{P_u}{v_{no} R T_u} &= \frac{x}{P_{ur}} \\ x &= 12 \frac{P_u}{P_{ur}} \end{aligned}$$

Отметим, что **отношение массы пара в воздухе к массе пара в насыщенном воздухе, а масса пара прямо пропорциональна его количеству**. Тогда:

$$\varphi = \frac{P_{ur}}{P_{min}} = \frac{12 v_{no}}{x v_{no}} = \frac{12}{x} = \frac{P_u}{P_{ur}} = \frac{51,8}{97,5} = \frac{51,8}{97,5} = \sim 0,5335 = \sim 53,4\%$$

Ответ: отношение масс равно 12, $t^* = 81^\circ\text{C}$, $\varphi = 53,4\%$

Использованные величины:

m_v — масса воды

P_{ur} — давление насыщенного пара при температуре T

v_{no} — масса пара в началь

v_{no} — количество пара в насыщенном паре при темп. T

m_{no} — масса пара в конце

x — безразмерный коэффициент

v_b — кол-во воды

v_{no} — кол-во пара в началь

v_{no} — кол-во пара в конце

$T_0 = t_0$ — темп. в началь

$T_u = t$ — темп. в конце

$P^* = P(t^*)$

V — объем сосуда

P_u — давление газа в конце

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**.

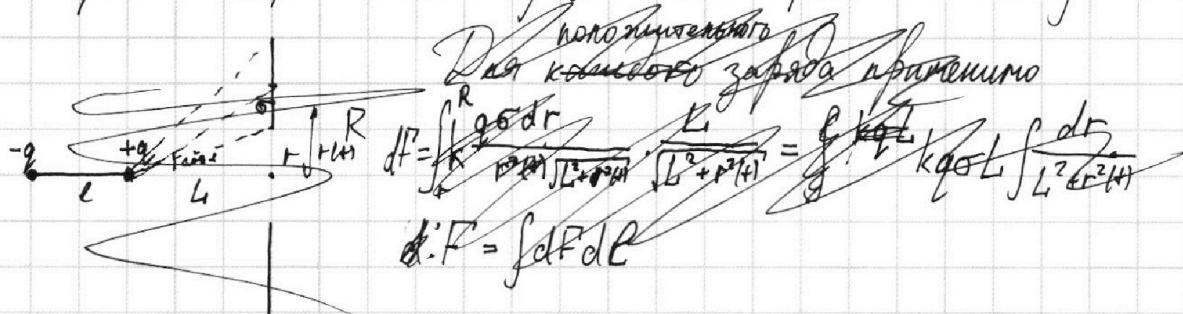
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
1 из 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!

N3

Рассмотрим половинку равновесия. Так как минимальная скорость для пролета V_0 , то в момент равновесия скорость диполя равна 0.



Начальная энергия $\frac{V_0^2}{2} \cdot 2 = mV_0^2$ (т.к. диполь бесконечно удалён).

Энергия электрического взаимодействия каждого из зарядов диполя и диска: $E = kq \frac{dq}{dr} \cdot d(\sigma, L)$, где $d(\sigma, L)$ - характеристика, зависящая от заряда диска и расстояние до ~~до~~ от заряда.

Отметим, что при пролете через центр диска центра диполя расстояние от диска до каждого из зарядов одинаково $\rightarrow d(\sigma, L)$ одинакова для энергии взаимодействия каждого из зарядов с диском.

Тогда $E_+ (E_{\text{взаимод. пол. заряда с диском}})$ равна $kq d(\sigma, L)$, E_- (взаимод. отриц. заряда с диском) равна $k \cdot (-q) d(\sigma, L)$. Т.к. $d(\sigma, L)$

одинакова (L фикс.), то энергия при пролете через центр равна

$$m \frac{V_0^2}{2} + E_+ + E_- = mV_0^2 + kq d(\sigma, L) (1 - 1) = mV_0^2 = m V_0^2 \rightarrow \text{скорость}$$

диполя при пролете через центр всё так же равна V_0 .

Ответ: скорость при пролете через центр диска центра диполя равна 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**.

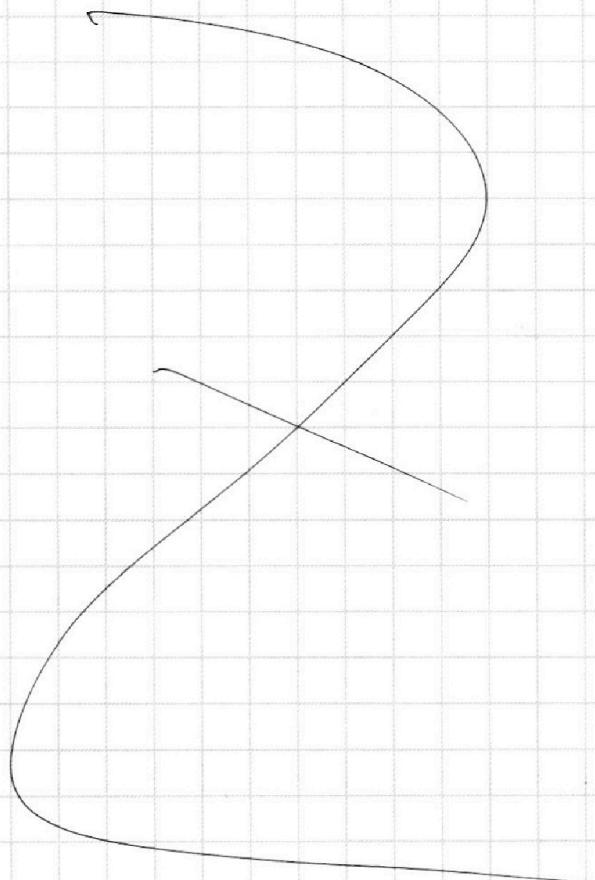
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

Следует отметить, что q - фактически есть сумма $\int I(t)dt$, то есть **в** данной системе заряд, протекший через всю цепь в **принципе** равен заряду, протекшему через каждую катушку в частности (т.к. заряд контура не прибавляется к индукции ток убывает), следовательно, ответ получим.

Ответ: ток в итоге $I_0 = \frac{8B_0S_1}{7L_1}$; протекший заряд $q = \frac{17B_0S_1\pi}{21L_1}$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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!

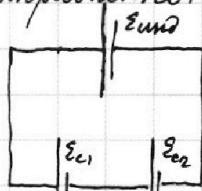
$\sqrt{4}$

Общая площадь битков первой катушки $S = 8S_1$. Справедливо, что

$$\Phi = BS$$

$$E_{\text{инд.}} = \Phi' = S B'(t) = \cancel{I} I'(t)$$

Отметим, что $E_{\text{инд.}}$ возникает ток на катушках, изменение которого приводит к появлению собственного E ввиду сопротивления катушек, против направленного $E_{\text{инд.}}$, тогда схема:



E_{c1}, E_{c2} - собственные E катушек. Справедливо, что:

$$\begin{cases} E_{c1} = L_1 I'(t) \\ E_{c2} = -6L_1 I'(t) \end{cases}$$

$$E_{c1} + E_{c2} = E_{\text{инд.}} \leftarrow \text{т.к. нет сопротивления}$$

$$\Rightarrow L_1 I'(t) = S B'(t)$$

$$\int_0^T L_1 I'(t) dt = \int_0^T S B'(t) dt$$

$$\Rightarrow L_1 (I(T) - 0) = S(0 - B_0)$$

$$\Rightarrow L_1 I_0 = S B_0$$

$$I_0 = \frac{S B_0}{L_1} = \frac{8 B_0 S_1}{L}$$

Также стоит отметить, что $\int_0^T L_1 I'(t) dt = \int_0^T I(t) dI = \frac{1}{2} I^2(T) - 0$; $\int_0^T S B'(t) dt = S B(T) - S B_0$,
тогда $\frac{1}{2} I^2(T) = S B(T) - S B_0$, тогда:

$$\int_0^T \frac{1}{2} I^2(t) dt = \int_0^T S B(t) dt$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} I^2(T) = S \int_0^T B(t) dt$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} I^2(T) = \frac{17}{24} B_0 S T = \frac{17}{3} B_0 S T$$

$$q(T) = \frac{17 B_0 S T}{168 L} = \frac{17 B_0 S T}{21 L}$$

Еще - напряжение вследствие изменения магнитного поля

$$I(T) = I_0 \text{ (из ус.)}$$

$$\begin{aligned} \int_0^T B(t) dt &= \frac{B_0}{4} \cdot \frac{4T}{12} + \frac{3B_0}{4} \cdot \frac{4T}{24} + \frac{3B_0}{12} \cdot \frac{2T}{12} = \\ &= \frac{B_0 T}{12} + \frac{6B_0 T}{12} + \frac{B_0 T}{8} = B_0 T \left[\frac{14}{24} + \frac{3}{24} \right] = \frac{17}{24} B_0 T \end{aligned}$$



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.

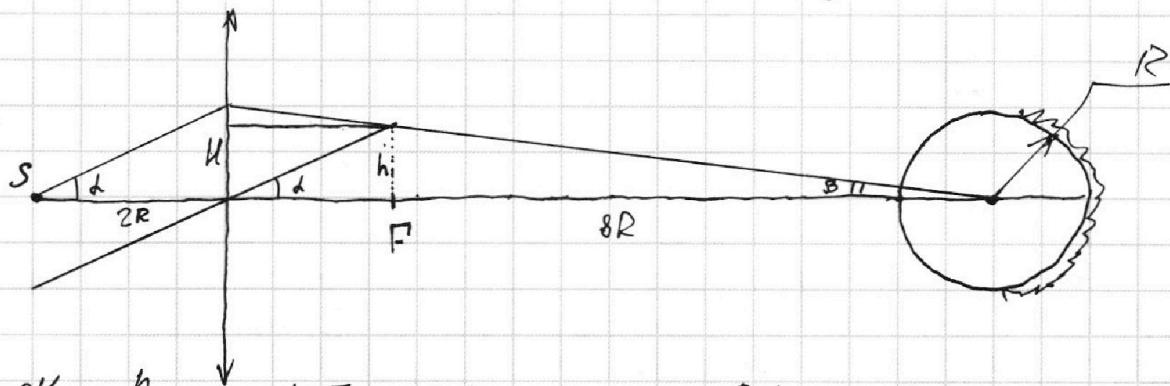
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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

$\sqrt{5}$

Отметим, что если показатель преломления шара не влияет на получение изображения источника, то лучи, падающие на шар, попадают туда перпендикулярно касательной плоскости к поверхности шара в точке падения, следовательно, проходят через радиус шара. Тогда расстояние от линзы до центра шара $8R$; видуточка!

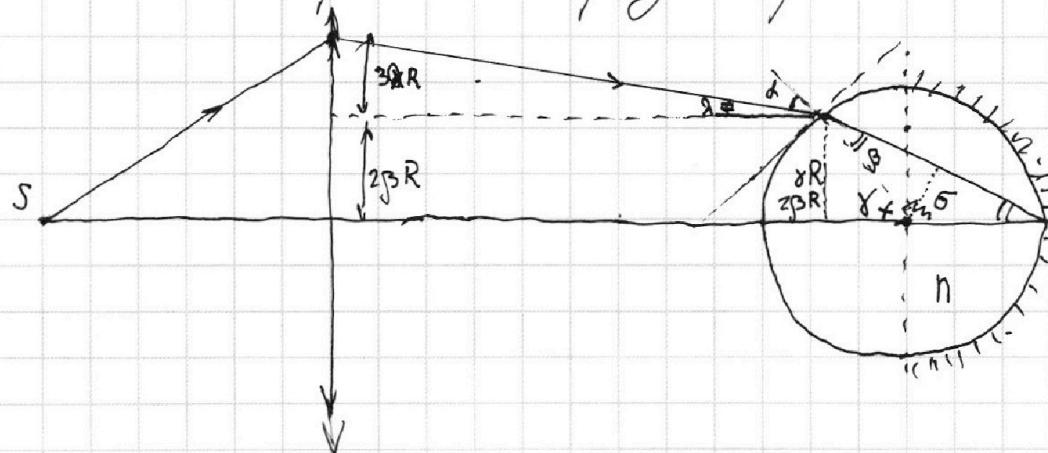


$$\begin{aligned} \frac{HF}{2R} &= \frac{h}{F} & HF &= 2Rh \\ \frac{H}{8R} &= \frac{h}{8R-F} & 8RH - FH &= 8hR \\ \frac{H}{8R} &= \frac{H-h}{F} & HF &= 8RH - 8Rh \end{aligned}$$

$$8RH = 10Rh \rightarrow h = 0,8H$$
 ~~$8R = 8R \frac{h}{H}$~~

$$HF = 2R \cdot 0,8H \rightarrow F = 1,6R$$

Тогда после перемещения шара расстояние до центра равно $8R - d = 4R$ при том же фокусном расстоянии



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

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!

Разумно сказать, что после перенесения шара при преломлении луч падает так, что с зеркалом они пересекаются на оптической оси линзы; в противном случае из-за изменения угла изображения источника не будет совпадать с источником.

Так как экран имеет очень маленький отверстие, то угол δ (см. рис.) мал \rightarrow такие мал и угол $\beta = \frac{\pi}{2}$. Такие тогда касательная к эти перпендикулярна главной оптической оси линзы, следовательно, сами лучи погти параллельны $\Gamma\Omega\Omega$, как и радиус к.т. касания, следовательно, угол α также мал. Тогда справедливо: $\sin \alpha \approx \alpha$, $\sin \beta \approx \beta$. Такие верно:

$$\frac{n}{\sin \alpha} = \frac{1/n}{\sin \beta} \Rightarrow 1/n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \rightarrow \alpha = n\beta.$$

Также угол падающих на шар лучей с $\Gamma\Omega\Omega$ равен $\vartheta = \delta - \alpha$ (из геом.).

Расстояние от т. падения до $\Gamma\Omega\Omega$ из геом. равно $\delta R = z\beta R$.

Расстояние от линзы до т. падения априори равно $3R \rightarrow$ из тангенсов углов зума хода луча от т. преломления до т. падения априори $3R$.

Тогда отметим, что высота от т. преломления до опт. центра равна $3R$

$$3R(1/\alpha + 2\beta R) \text{ (из геом.)} = 3R(\delta - \alpha) + 2\beta R = R(6\beta - 3\alpha + 2\beta) = R(8\beta - 3\alpha) = R\beta(8 - 3n).$$

Также отметим, что преломленный луч пересекает $\Gamma\Omega\Omega$ на расстоянии $8R$ от линзы \rightarrow ход луча равен $8R$ (из тангенсов углов) \rightarrow расстояние между опт. центром и т. преломления равно $\delta R \lambda = 8R/(2\beta - 1) = 8R\beta(2 - n)$. Тогда:

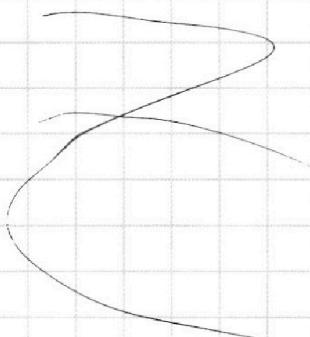
$$R\beta(16 - 8n) = R\beta(8 - 3n)$$

$$16 - 8n = 8 - 3n$$

$$8 = 5n$$

$$n = 8/5 = 1,6$$

Ответ: фокусное расстояние линзы $F = 1,6R$; показатель преломления вещества шара $n = 1,6$.





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**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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!

Черновик

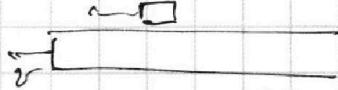
$$\begin{array}{r}
 320 \\
 140 \\
 \hline
 198 \\
 \hline
 518,0
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 975 \\
 4695 \\
 \hline
 5050 \\
 2425 \\
 \hline
 3250 \\
 2725 \\
 \hline
 5250 \\
 4195 \\
 \hline
 9950
 \end{array}$$



$$k_{\text{eff}}(t) = \mu mg$$

$$\Delta U = \frac{\mu mg}{2} = 6 \text{ см}$$

$$\mu mg = \alpha \delta m \Rightarrow \alpha \delta = \mu g$$



$$\delta = \mu g$$

$$\Delta U_f = \frac{V}{w} \cos(\omega t) = \frac{\mu mg}{2}$$

