



Олимпиада «Физтех» по физике,

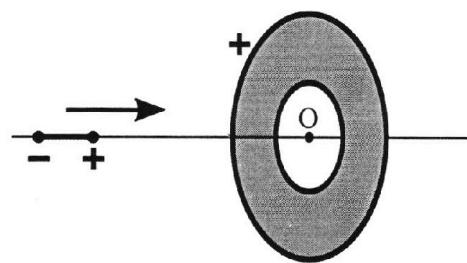
февраль 2025

Вариант 11-03



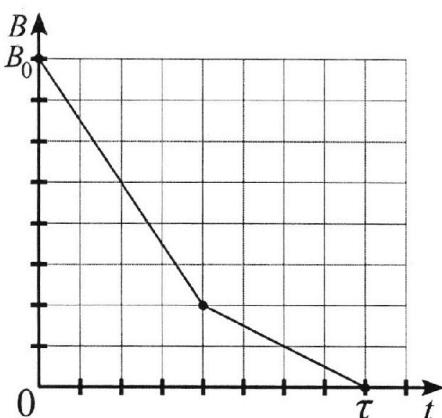
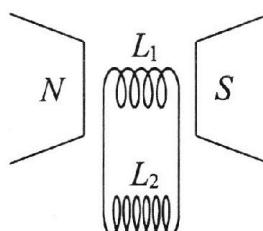
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 $\frac{3}{2}V_0$.



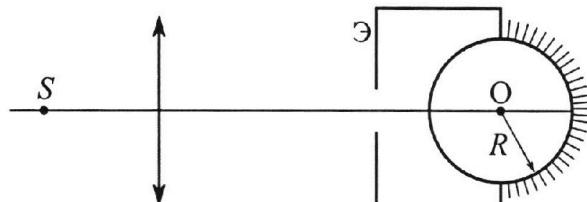
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



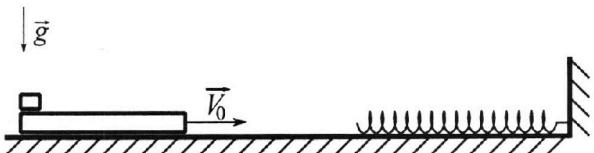
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

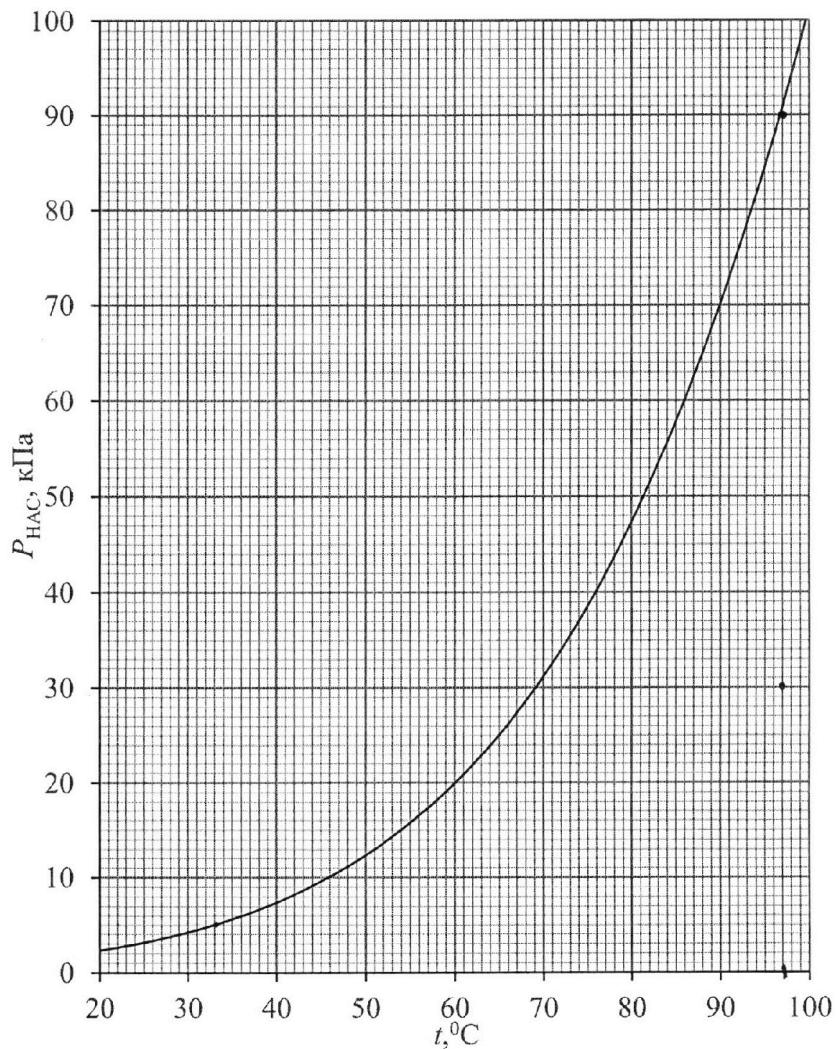


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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 $\phi_0 = 1/3$ (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 пре небречь. Пар считать идеальным газом.





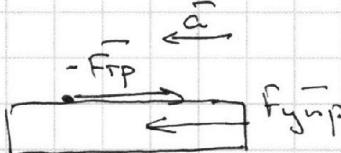
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА
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!

1) Усл. движ. бруса: $F_{\text{тр}} = \mu mg$

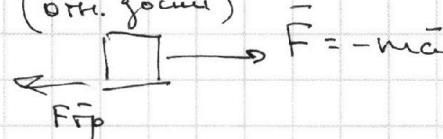
Доска:



$$\text{из з.н.: } k\Delta l - \mu mg = Ma \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{k\Delta l}{M} - \frac{\mu mg}{M}$$

Бруском. (отн. доски)



$$\text{из з.н.: } ma = F_{\text{тр}}$$

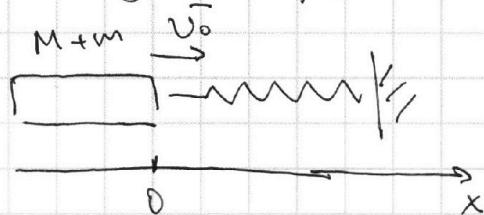
$$\frac{m}{M} (k\Delta l - \mu mg) = \mu mg$$

$$k\Delta l \frac{m}{M} = \mu mg \left(\frac{m+M}{M} \right)$$

$$\Delta l = \frac{\mu mg (m+M)}{km} = \frac{0.3 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 3}{36 \cdot 1} = \frac{9}{36} \stackrel{(m)}{=} \stackrel{(m)}{=}$$

$$= 0.25 \stackrel{(m)}{=} \underline{\underline{25 \text{ см}}}$$

2) Объединим бруском и доску в систему.



В момент смык. на
коорд. x:

~~$E_{\text{势}} + E_{\text{кин}} = \text{const}$~~

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{(M+m)\dot{x}^2}{2} = \text{const} \quad | \text{diff. (t)}$$

$$kx\ddot{x} + (M+m)\dot{x}\ddot{x} = 0 \Rightarrow kx + (M+m)\dot{x} = 0$$

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

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!

Движение системы гармоническое, $\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$

$$x = A \sin(\omega t) \Rightarrow v = Aw \cos(\omega t)$$

Пусть скорость системы в момент нач. отн. движ. бруска и доски v . Тогда $\frac{v}{v_0} = \cos(\omega t)$

$$\text{ЗСД: } \frac{k\Delta l^2}{x} + \frac{(M+m)v^2}{x} = \frac{(M+m)v_0^2}{x}$$

$$v^2 = \frac{v_0^2}{M+m} - \frac{k\Delta l^2}{M+m}$$

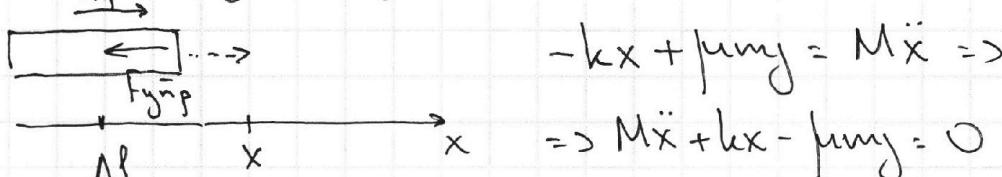
$$\text{Таким образом, } \cos(\omega t) = \frac{\sqrt{v_0^2 - \frac{k\Delta l^2}{M+m}}}{v_0} = \frac{\sqrt{1 - \frac{36 \cdot \frac{1}{16}}{3}}}{1}$$

$$= \frac{1}{2} \Rightarrow \omega t = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t = \frac{\pi \sqrt{\frac{k}{M+m}}}{3} \approx \frac{3}{3} \cdot \sqrt{\frac{36}{3}} \approx$$

$$\approx \sqrt{12} \text{ (с.)} \quad \text{т.е. } 2\sqrt{3} \text{ с}$$

3) В начальный момент времени после t груз будет действ. на доску с силой $F_{тр} = \mu mg$ (наименьшую). $F_{тр} \uparrow \Rightarrow a \uparrow$ до момента её остановки)

Рассм. движ. доски после начала сильн. груза:



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

$$M\ddot{x} + kx - \mu mg = 0$$

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

Значит, коорд. доски тащат те же силы, как если бы

силы трения не было, но сдвиг. на $\frac{\mu mg}{k}$. в нач. ∂x



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!

Рассм. аналогичное гарм. движ. Тогда в момент

изд ско сконость равна v , доска без бруска была

$$\text{изд на коорд } x = \Delta l - \frac{\mu mg}{k} = \frac{1}{4} - \frac{1}{12} = \frac{1}{6} \text{ (м)}$$

$$\text{ЗСЭ: } \frac{Mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kx_{\text{кон}}^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M\left(v_0^2 - \frac{k\delta l^2}{M+m}\right) + kx^2 = kx_{\text{кон}}^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_{\text{кон}} = \sqrt{x^2 + \frac{M}{k}\left(v_0^2 - \frac{k\delta l^2}{M+m}\right)} = \sqrt{\frac{1}{36} + \frac{2}{36}\left(\frac{1}{4}\right)} =$$

$$= \frac{\sqrt{1+\frac{1}{2}}}{\sqrt{36}} = \sqrt{\frac{3}{72}} = \frac{\sqrt{3}}{6\sqrt{2}} \text{ (м)} - \text{координата кон}$$

остановки доски в таких условиях.

Значит, из выд. F_{тр} доска остановится

$$\text{на } \frac{\mu mg}{k} \text{ издаже} \Rightarrow x'_{\text{кон}} = x_{\text{кон}} + \frac{\mu mg}{k} =$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{6\sqrt{2}} + \frac{1}{12} = \frac{2\sqrt{3} + \sqrt{2}}{12\sqrt{2}} \text{ (м)}$$

Ускорение доски: $a_{\text{кон}} = \frac{kx'_{\text{кон}} - \mu mg}{M} =$

$$= \frac{\frac{3\sqrt{6}}{2} \left(\frac{m}{c^2}\right)}{2} \quad \begin{aligned} &\text{Направлено} \\ &\text{против оси } x. \end{aligned}$$



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**.

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА
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!

$$1) \varphi_0 = \frac{P}{P_{\text{рас}}}$$

$$\text{УМК: } PV = JRT = \frac{m}{J} \mu RT \Rightarrow P = \frac{\mu}{J} RT = p \\ \Rightarrow p = \frac{P_{\text{рас}} \mu}{RT} \Rightarrow \varphi_0 = \frac{p}{P_{\text{рас}}}$$

Значит, $P_1 = \frac{1}{3} P_{\text{рас}}$ при $t_0 = 97^\circ$

$$\text{из граф. } P_{\text{рас}} = (90 \pm 1) \text{ кПа} \Rightarrow P_1 = (30,0 \pm 0,3) \text{ кПа}$$

3) Предположим, что при $t = 33^\circ\text{C}$ воздух не насыщенный. Тогда его насыщившее давление $P_n = (5 \pm 1) \text{ кПа}$ (из графика).

Для того, чтобы обеспечивать равновесие массового количества, суммарное давление в чайнике должно составлять $p_0 = 105 \text{ кПа} \Rightarrow$

$$\text{давление воздуха } P_e = p_0 - P_n = (100 \pm 1) \text{ кПа}.$$

Объем воздуха в чайнике V найдем из ~~закона~~

Уравнения Менделеева - Клапейрона: $P_e V = JRT \Rightarrow$

$$\Rightarrow V = \frac{JRT}{P_e}$$

Аналогично найдем объем воздуха в чайнике оставшееся: $(p_0 - p_1)V_0 = JRT_0 \Rightarrow V_0 = \frac{JRT_0}{p_0 - p_1}$



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 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
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!

Поскольку газ занимает весь предоставленный объём, а Универсал \ll Урага, объём воздуха в цилиндре эквивалентен объёму соединенного цилиндра.

$$\text{Значит, } \frac{V}{V_0} = \frac{t}{t_0} \cdot \frac{P_0 - P_1}{P_B} \approx \frac{33}{97} \cdot \frac{75}{100} \approx \frac{99}{388} \approx \frac{1}{4}$$

2) До тех пор пока пар не насыщенный, график $P(t)$ — прямая, параллельные оси t (поскольку газов в цилиндре участвует в изобарном процессе). В момент t ^{точка} пересечения этой прямой и графиком $P_{нас}(t)$ называется конденсацией. Это точка $(69^\circ\text{C}; 30 \text{ кПа}) \Rightarrow t^* = \underline{69^\circ\text{C}}$

Значит, в момент достижение $t = 69^\circ\text{C}$ пар в цилиндре будет насыщенным.



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
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) При пролете через центр от берегов симметрической энергии взаимодействия зарядов dipole и дипольная работа nulla.

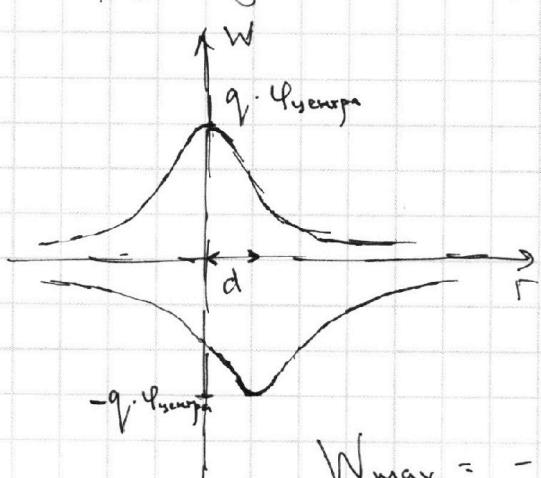
$$W = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{kq_i(-q)}{r_i} + \sum_{i=0}^{\infty} \frac{kq_i(q)}{r_i} = 0$$

итог заряд на диполе
 расст. между зарядами
 не диполе и зарядом не диполе

Значит, по закону сохр. энергии, вся энергия dipole в момент пролёта имеет индуктивную, т.е. его скорость в этот момент равна скорости на бесконечности

$$v_1 = \frac{3}{2} v_0$$

2) По стр. качественные графики энергии взаимодействия между двумя диполями с диполем q в центре диполя



Эти ~~изображения~~ Оси симметрии этих графиков будут смешаны друг с другом не иного диполя d . Самые же графики аналогичны, только один перевёрнут относительно другого.

Поскольку $W_{\text{общ}} = W_+ + W_-$,

$W_{\max} = -W_{\min}$ ~~также из сообр.~~
~~также из сообр.~~
~~симметрии акт. до и после~~
~~пролёта диполя~~



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!

Известно, что минимальная скорость где проходит равна v_0 , значит, максимум пот. энергии

$$W_{\max} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow W_{\min} = -\frac{mv_0^2}{2}$$

$$\text{ЗСЭ: } \left. \begin{array}{l} W_{\max} + k_{\min} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{9}{4} \\ W_{\min} + k_{\max} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{9}{4} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{mv_0^2}{2} + k_{\min} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{9}{4} \\ -\frac{mv_0^2}{2} + k_{\max} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{9}{4} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} k_{\min} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{5}{4} \\ k_{\max} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{13}{4} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{k_{\min}}{k_{\max}} = \frac{\frac{v_{\min}^2}{v_{\max}^2}}{\frac{5}{13}} = \frac{5}{13}$$

$$\boxed{\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{\frac{13}{5}}}$$



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"/> 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!

1) В начальных условиях одинаковый ток.
2-е уравн. Кирхгофа для обеих катушек

$$L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$d\Phi_1 = -d\Phi_2 \Rightarrow \Phi_1 + \Phi_2 = \text{const}$$

В начале поток есть только перед первым катушкой. Он равен $\Phi = B_0 n S_1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{В катушке } L_1 I_0 + 3L_1 I_0 = B_0 n S_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{B_0 n S_1}{4L}$$

2) $\Phi_1(t) = B(t)nS_1 + L_1 I(t)$

$$\Phi_2(t) = L_2 I(t)$$

$$\Phi_1(t) + \Phi_2(t) = B_0 n S_2 = B(t)nS_1 + I(t)(L_1 + L_2)$$

значит, $I(t)(L_1 + L_2) = nS_1(B_0 - B(t))$

$$dQ(L_1 + L_2) = nS_1 B_0 dt - nS_1 B(t) dt$$

$$B(t) = -\frac{3B_0}{2T} t + B_0 \quad (\text{для } 0 \leq t \leq \frac{T}{2}; \text{ но } \tau. (0; B_0), (\frac{T}{2}; \frac{B_0}{4}))$$

$$B(t) = -\frac{B_0}{2T} t + \frac{B_0}{2} \quad (\text{для } \frac{T}{2} \leq t \leq T; \text{ но } \tau. (\frac{T}{2}; \frac{B_0}{4}), (T; 0))$$

значит, сумм. проиущий через обеих катушек заряд

$$Q \text{ равен } \frac{nS_1 B_0 T}{4L} + \frac{nS_1}{4L} \cdot \text{~~изображу~~ по графику } B(t) > .$$



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 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!

Посчитаем мощность по граф. В (+). Она

равна $\frac{3B_0 T}{8}$, т.е. $Q = \frac{11}{8} \cdot \frac{nS_1}{4L} B_0 T =$

$$= \frac{11}{32} \frac{nS_1 B_0 T}{L}$$

Поскольку катушки соед. последовательно,
заряд через них проходит равномерно.

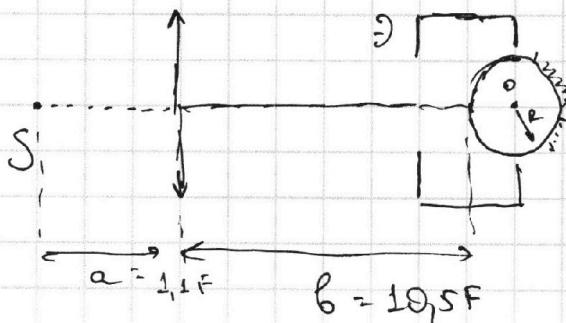


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

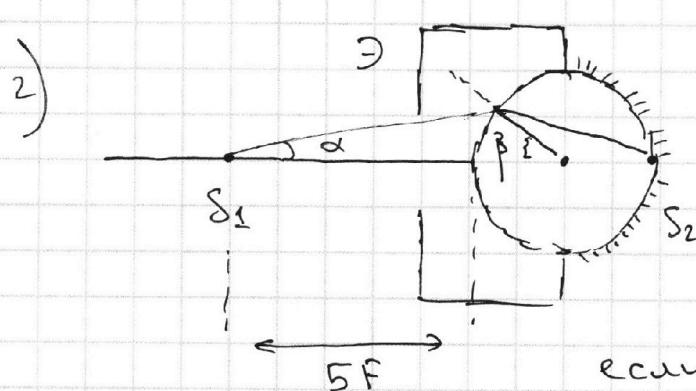
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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



Изображение ист. S_1 в тонкой линзе S_2 будет находиться на расст. L от линзы. По формуле тонкой линзы, $\frac{1}{a} + \frac{1}{L} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{L} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{1}{F} - \frac{1}{11F} = \frac{10}{11F} \Rightarrow L = 11F$



Изобр. источника собирает с источником в том случае, если после прохождения тонких S_1 все лучи вновь собираются в тонких S_2 , нем. вся 100% в зерн. поверхности шара.*

$$5F \tan \alpha \approx R \tan \beta \Rightarrow 5Fd \approx R\beta \Rightarrow \beta = \alpha \frac{5F}{R}$$

Чтобы найти угол $\alpha + \beta \Rightarrow$ угол преломления $n(\alpha + \beta)$. Для нахождения угла в т. S_2

$$2R \tan(n(\alpha + \beta)) = 5F \tan \alpha \Rightarrow 2Rn(\alpha + \beta) \approx 5Fd$$



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**.

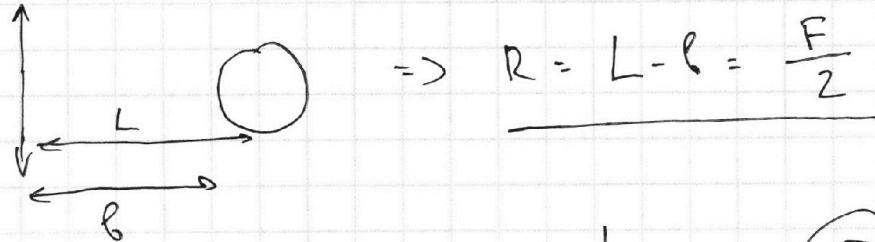
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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

СТРАНИЦА
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!

$$\cancel{\$} \quad 2Rn\cancel{d}\left(1 + \frac{SF}{R}\right) = SF \cancel{d} \Rightarrow n = SF \cdot \frac{1}{2(R+SF)}$$

1) Изображение источника совпадает с исто-
чником и не зависит от нач. преломления
материала шара тогда и только тогда,
когда изобр. источника в линзе попадает
в центр шара. В таком случае прелом-
ление не происходит (т.е. угол падения и отле-
во лука мол.), траектория отраженного луча
совпадает с траекторией падающего луча.



2) Вычислим n : $n = SF \cdot \frac{1}{2(\frac{F}{2}+SF)} = \frac{5}{11}$

* В таком случае траектории падающего и
отраженного лучей симметричны относ. ГОО.



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

1

2

3

4

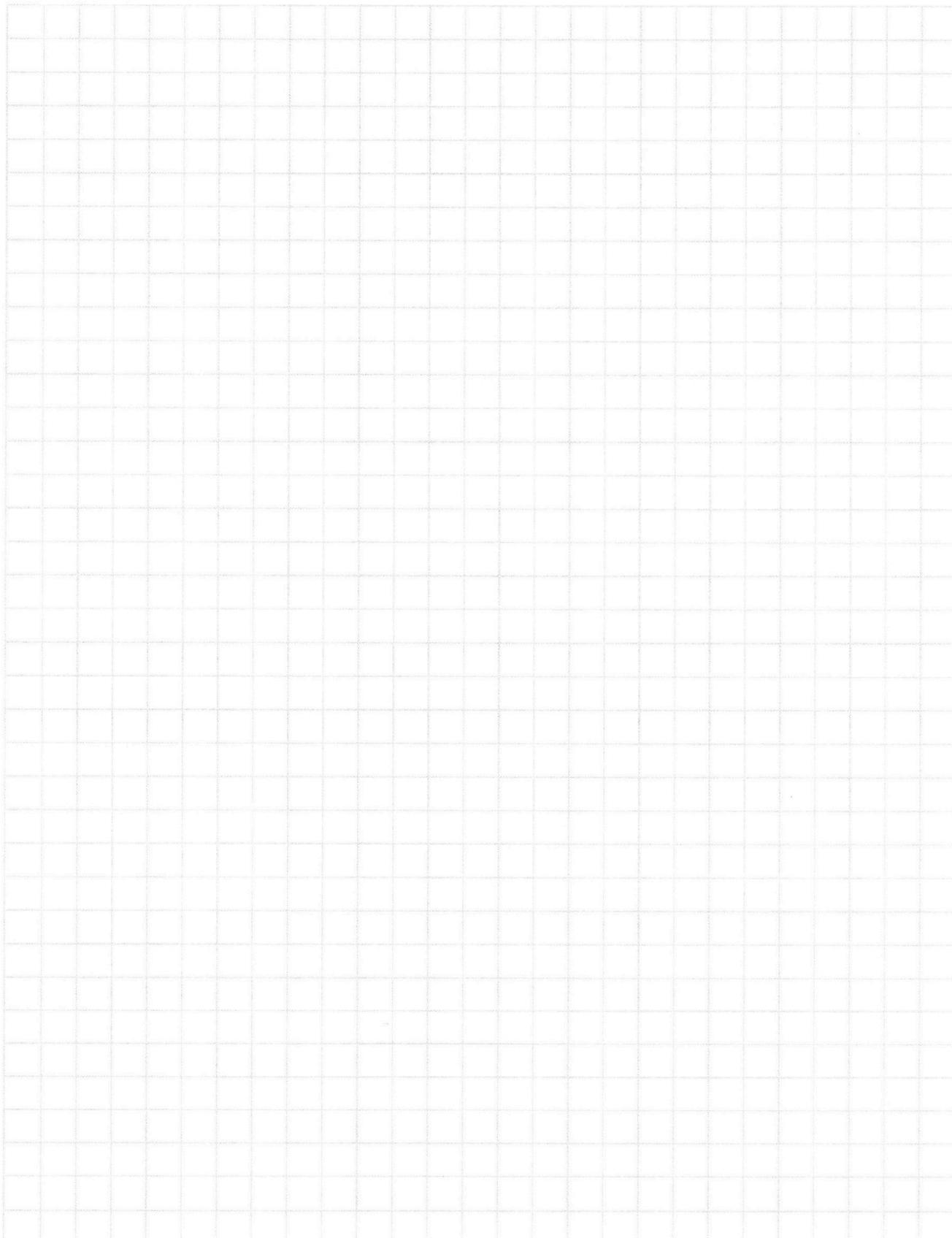
5

6

7

СТРАНИЦА
_ ИЗ _

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



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

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

n1

n2

n3

n4

n5

$$L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$d\Phi_1 = -c(\Phi_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Phi_1 + c\Phi_2 = \Theta \text{ const}$$

$$B = (0; B_0); \left(\frac{T}{2}; \frac{B_0}{4} \right)$$

$$kx + b =$$

$$B = B_0$$

$$k \cdot \frac{T}{2} + B_0 = \frac{B_0}{4}$$

$$k \cdot \frac{T}{2} = -\frac{3B_0}{4}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 4 \\ \hline 388 \end{array}$$

$$k = -\frac{3B_0}{2T}$$

$$B(t) = -\frac{3B_0}{2T}$$

$$\frac{1}{2} \frac{T}{2} \cdot 3 \frac{B_0}{4} = \frac{1}{16} \cdot 3B_0 T + \frac{B_0}{4} \cdot \frac{T}{2} = \frac{2}{16} B_0 T$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{B_0}{4} \cdot \frac{T}{2} = \frac{B_0 T}{16} = \frac{6 B_0 T}{16} = \frac{3 B_0 T}{8}$$

$$P_{\text{рас}} = \frac{P}{P_{\text{рас}}}$$

$$PV = JRT = \frac{m}{\mu} RT$$

$$P_{\text{рас}} = 5 \text{ кПа}$$

(конеч.)

$$P = \frac{P}{\mu} RT \Rightarrow P \sim P$$



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**.

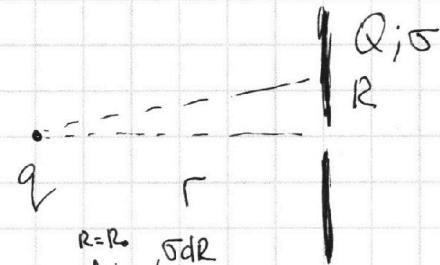
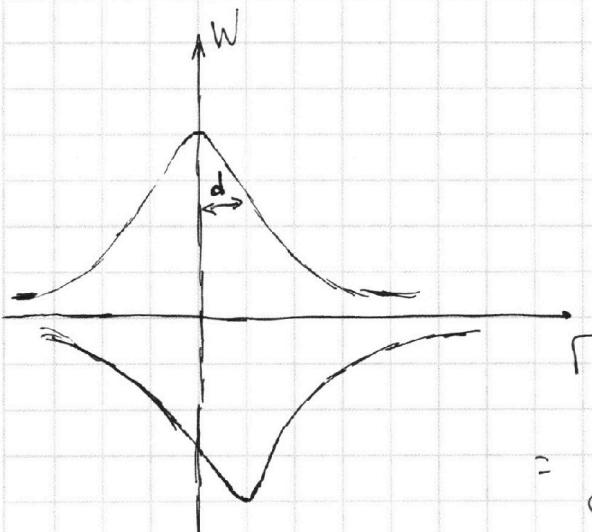
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/>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

№4 Задача БСРВА : $\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{\vec{dl} \times \vec{r}}{r^3}$

Черновик



$$W = \int_{R=0}^{R=R_0} \frac{k \frac{5dr}{\pi R^2} \pi R^2 q}{\sqrt{r^2 + R^2}} =$$

$$= \int \frac{1}{2} \frac{5\pi q \sigma d(r^2)}{\sqrt{r^2 + R^2}} =$$

$$= \int \frac{1}{2} \frac{5\pi q \sigma d(r^2 + R^2)}{\sqrt{r^2 + R^2}} = \left(\sqrt{\pi q \sigma} \sqrt{r^2 + R^2} \right) = W(r)$$

$$W_{\text{грун}}(r) = \sqrt{\pi q \sigma} \left(\sqrt{r^2 + R^2} - \sqrt{(r+d)^2 + R^2} \right)$$

$$\int x^{-\frac{1}{2}} dx = 2x^{\frac{1}{2}}$$

$$W_{\text{грун}}(r) = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{\pi q \sigma}}{\sqrt{r^2 + R^2}} \cdot 2r - \frac{\frac{1}{2} \sqrt{\pi q \sigma}}{\sqrt{(r+d)^2 + R^2}} \cdot 2(r+d)$$

≈

$$x = A \cos(\omega t)$$

$$x = A \sin(\omega t)$$

$$v = -A \omega \sin(\omega t)$$

$$v = A \omega \cos(\omega t)$$



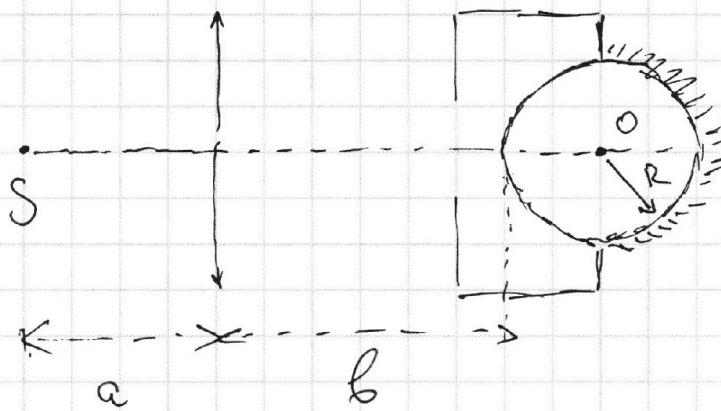
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА
_ 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!

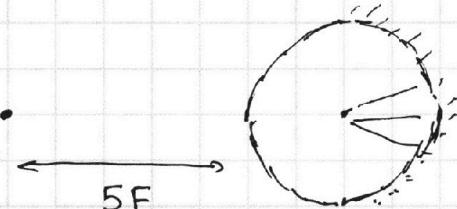
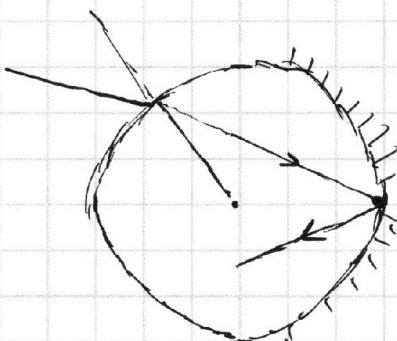
Черновик

№5



$$\frac{1}{a} + \frac{1}{L} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{L} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \left(1 - \frac{10}{11}\right) = \frac{1}{11F}$$

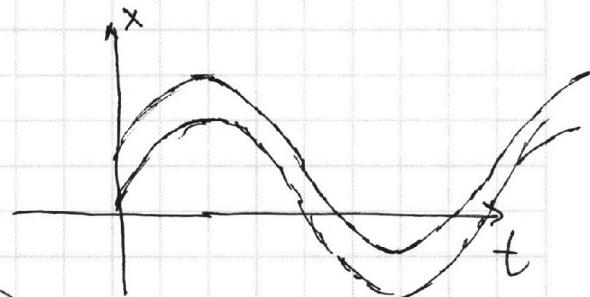
$L = 11F$



$$2R \left(\frac{R+5F}{R} \right) = 2(R+5F)$$

Из $\frac{03 \cdot 1 \cdot 10}{36} = \frac{3}{36} = \frac{1}{12}$

$$\frac{1}{4} - \frac{1}{12} = \frac{1}{6}$$



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**.

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!