



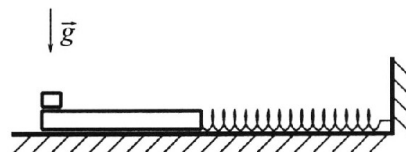
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 4$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 100$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

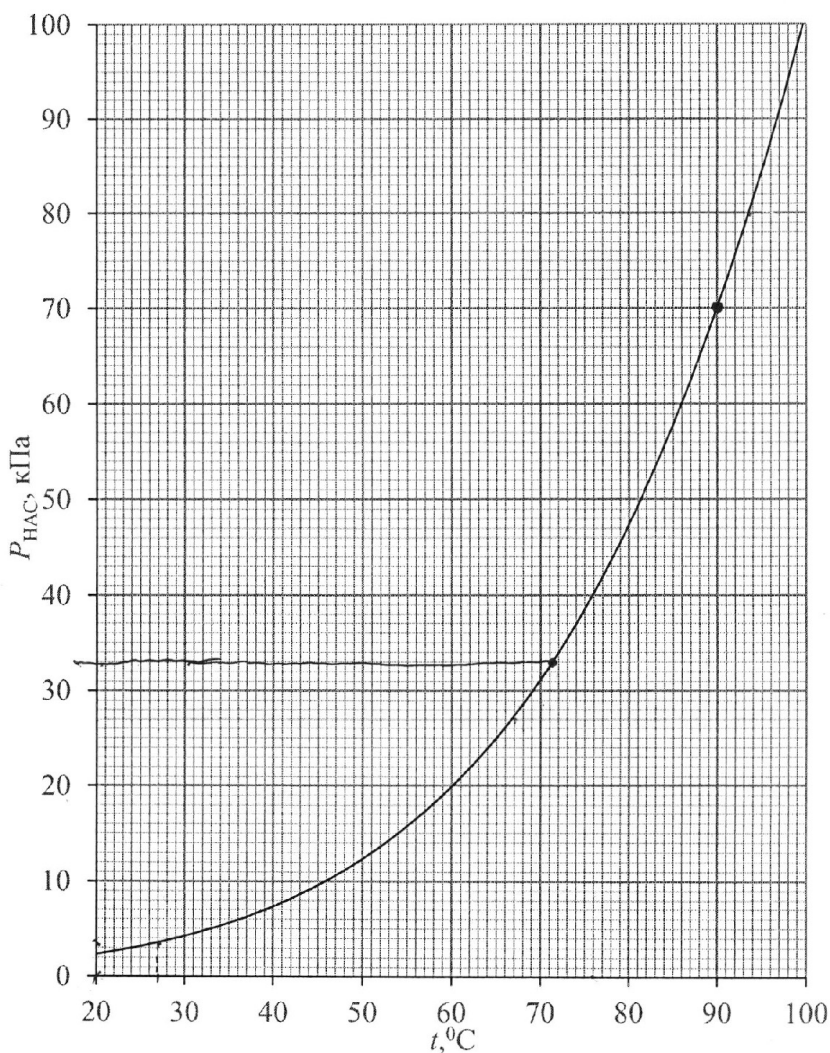


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90$ °С. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.
- 2) Найти температуру t^* , при которой прекратится испарение воды.
- 3) Найти относительную влажность φ в конце нагревания.

Объёмом жидкosti по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





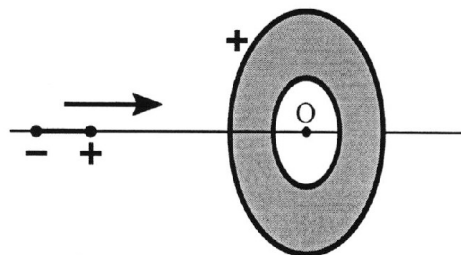
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

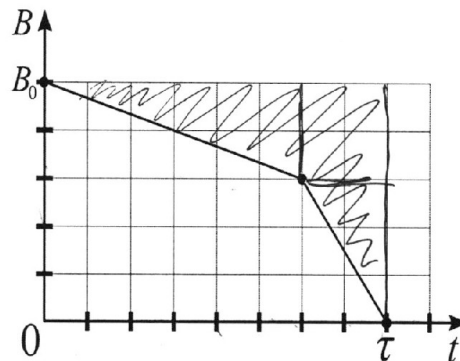
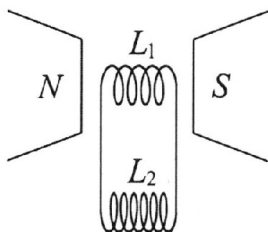


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



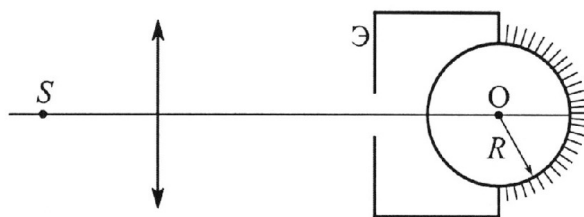
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = 5L$ 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 $L_2 = 8L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_2 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, 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 , удаленный от линзы на расстояние $a = 4,5R$ (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 $b = 8R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.

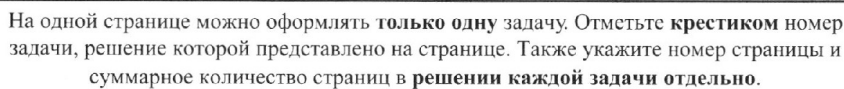


- 1) Найти фокусное расстояние линзы F .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 3R$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

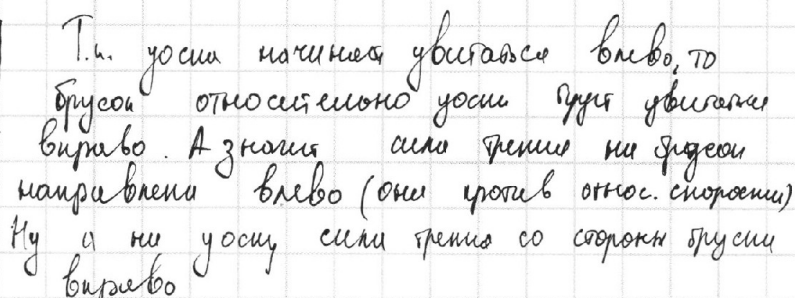
Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



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!



Движение только вдоль оси x . При этом $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu m g$, т.е. g условно (вместо силы тяжести, т.е. спользуют по общес. формуле)

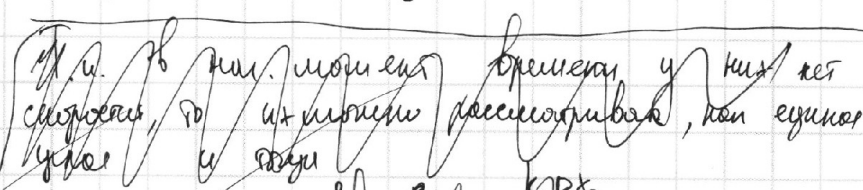
1) Вверх $a_y = 0 \Rightarrow F_y = F_{TP}$

А т.к. по условию, если из вершины пошла 0, то брусок
перестает ускоряться от нее, т.е. $F_{тр} = 0$, т.е. $a_B = 0$

A) $k \cdot \Delta x = \mu \cdot m \cdot g \Rightarrow \Delta x = \frac{\mu \cdot m \cdot g}{k} = \frac{94 \cdot 1 \cdot 10}{100} = 9,4 \text{ m} = 9 \text{ cm}$

2) $\Delta a_g = k \times x_0 - \text{peny } a_g?$

Занумен. То улам y_{-m} : $(M+m) \cdot a_{y-m} = -k \cdot x$



$$a_g = \frac{v_{g, \text{max}}}{\omega + \omega_g} = \frac{k \rho x_0}{\omega + \omega_g}$$

$$\Delta x_2 = \frac{m v_{x2}}{k} = \frac{9.4 \cdot 10^{-27} \cdot 5}{10^8} = 0.2 \text{ nm}$$

$$(M+m) \cdot \ddot{x} + kx = 0 \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{M+m} x = 0 \text{ - ур-н гармонического колеб.}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m + m_0}}$$

Т.е. система "Брусок + грузик" совершает гармонические колебания с $A = 0,10$ и $T = 2\pi \sqrt{\frac{m+n}{k}}$

И прикинем момент, когда их относ. грав. силы равны 0, они убывают по кон. закону: $u_y = 0,5 = u_{y, \text{м.}}$



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

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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!

В кал. момент $\vec{a}_y = \vec{a}_{цм} + \vec{a}_{ох} y-w$

$A_p^y = F_{гр} \cdot D x_y$ $A_p^x = -F_{гр} D x_y$ ← отнес. до сил

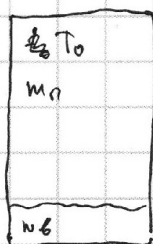
$A_{проу} = F_{гр} (D x_y + - D x_y)$

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!



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

$$m_6 = 7 \cdot m_n$$

1) Т.н. вначале система в равновесии $p_0 = p_{н.н}$ при $t = 27^\circ\text{C}$

$$\text{т.е. } p_0 \approx 3,5 \text{ кПа}$$

В конце у нас только пар $\Rightarrow m_n' = 8 \cdot m_n$ (во внешнем пространстве в пар)

$$p_0 V = \frac{m_n}{\mu} R T_0 \quad \frac{m_n'}{m_n} = 8$$

2) от T_0 до $T^* = t^* + 273$ у нас будет еще некоторое количество пар, но оно будет из внешнего нагрева

$$\text{т.е. } p_0 \cdot V = \frac{m_n}{\mu} R T_0$$

$$p^* V = \frac{8 \cdot m_n}{\mu} R T^*, \text{ где } p^* = p_{н.н}(t^*)$$

$$\frac{p^*}{p_0} = \frac{8 T^*}{T_0} \Rightarrow \frac{p^*}{T^*} = 8 \frac{p_0}{T_0}$$

Теперь обратимся к графику. „Приведем“ температуру ось из $^\circ\text{C} \rightarrow \text{K}$, добавив к началу отсчета 273

$$\text{То есть } \frac{p_0}{T_0} = \frac{3500}{300} \Rightarrow \frac{p^*}{T^*} = 8 \cdot \frac{3500}{300} \approx 96$$

т.е. мы ищем на графике такую точку, в которой

$$\text{На } \frac{p(T)}{T} - \text{это по сути график, который строится, привелись к (0;0) в}$$

данной точке на графике. Примем, можно заметить, что кривая T к сильно выпуклой, т.е. наша точка будет чуть выше 345 K

$$\begin{array}{r} \times 345 \\ 96 \\ \hline 2070 \\ 3105 \\ \hline 33120 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 344 \\ 96 \\ \hline 2064 \\ 3096 \\ \hline 33024 \end{array}$$

$$\text{т.е. } T \approx 344 \text{ K, где } t^* \approx 71^\circ\text{C}$$



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

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!

3) φ_k - ? $\varphi_k = \frac{P_k}{P_{н.н}(t=30^\circ\text{C})}$

Найти P_k

$$P_k \cdot V = \frac{8 \cdot \mu_n}{\mu} R T_k \quad / \%$$
$$P_0 \cdot V = \frac{\mu_n}{\mu} R T_0$$

$$\frac{P_k}{P_0} = \frac{8 T_k}{T_0} \Rightarrow P_k = \frac{8 \cdot 363}{300} \cdot 3600 \text{ Па}$$

$$\varphi_k = \frac{P_0 \cdot \frac{8 T_k}{T_0}}{P_{н.н}(t=30^\circ\text{C})} = \frac{3600 \cdot \frac{8 \cdot 363}{300}}{70000} = \frac{34748}{70000} \approx 0,5$$

$$\begin{array}{r} 363 \\ \times 96 \\ \hline 2178 \\ 3267 \\ \hline 34748 \end{array}$$

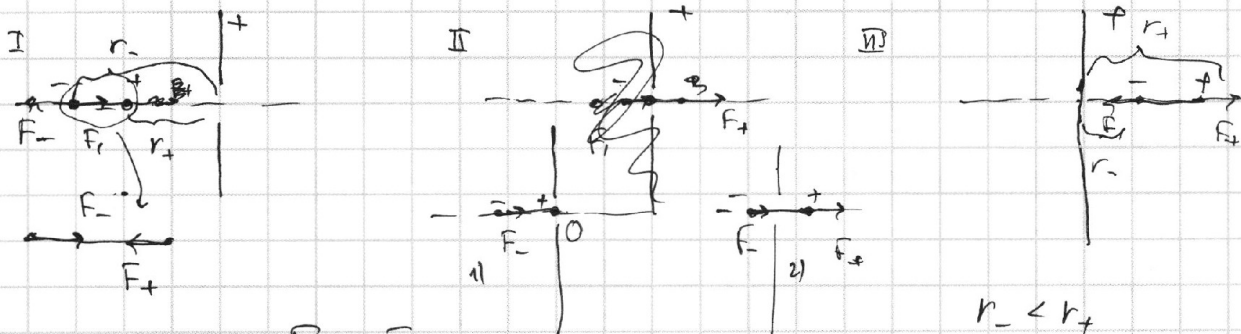
$$\underline{\underline{\varphi_k \approx 50\%}}$$

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!

Т.к. мы получили $W_0 = 0$ (нач. энергии эл. взаимодействия)
Разберем условия пролета димона.



$$r_- > r_+ \Rightarrow F_+ > F_- \quad F_+ = 0 \quad F_- > F_+$$

(если от димона)

$$r_- < r_+ \Rightarrow F_- > F_+$$

Т.е. на расстоянии L диск димон начнет тормозить, и если диск пролетит через обсерваторию сила мультиплицирующая направлена к диску.

Т.е. сила со стороны диска на димон всё время направлена на него, чтобы димон пролетел через диск, нужно уменьшить скорость димона!
необходимо, чтобы положительная зарядка димона до точки O . (рис II 1))

Пусть L - расстояние между зарядами, то тогда, когда $+$ в O

$$\text{то } W = -k \frac{qQ}{L}, \text{ где } Q - \text{заряд диска, } q - \text{заряд димона}$$

$$\text{И тогда } \frac{mv_0^2}{2} = 0 = 0 - (-k \frac{qQ}{L}) \quad \leftarrow \text{потенциальная сила}$$

$$1) \quad q' = q/3 \quad \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = 0 - (-k \frac{qQ}{3L} + k \frac{qQ}{3L})$$

$$\text{т.е. } \underline{V = V_0}$$



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!

2) 1.6. На протяжении всего пролета $F \rightarrow$, то очевидно, что минимальная скорость будет, когда "+" в т.О., и максимальная, когда "-" в т.О.

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_{\min}^2}{2} = 0 - \left(- \frac{k q Q}{3d} \right)$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_{\max}^2}{2} = 0 - \frac{k q Q}{3d}$$

А также мы знаем, из (4) $\Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} = k \frac{q Q}{d}$

Тогда $\frac{m v_{\min}^2}{2} = \frac{k q Q}{d} - \frac{k q Q}{3d} = \frac{2}{3} \frac{k q Q}{d}$

$$\frac{m v_{\max}^2}{2} = \frac{k q Q}{d} + \frac{k q Q}{3d} = \frac{4}{3} \frac{k q Q}{d}$$

$$\frac{v_{\max}^2}{v_{\min}^2} = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{2}{3}} = 2 \Rightarrow \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{2}$$

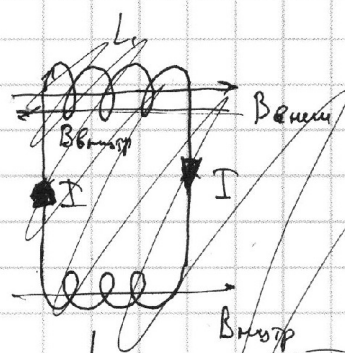


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

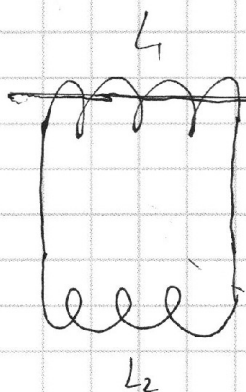
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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!



Т.е. $B_{\text{вн}} \downarrow \Rightarrow$ в катушке L_1 будет возникать ЭДС индукции $\mathcal{E}_{\text{инд}}$ $B_{\text{вн}} \downarrow \Rightarrow B_1$ будет $\leftarrow$ по правилу Ленца $\Rightarrow$ ток пойдет против часовой, или по часу слева вверху проводу катушки

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = - \frac{d\Phi}{dt} = - S_1 \cdot n_1 \cdot \frac{dB}{dt}$$


$B_{\text{вн}} \downarrow$, то появится некоторая B_1 , которая будет сохраняться $\Phi = \text{const} = B_0 S n_1$

$$S_1 \cdot n_1 \cdot \frac{dB}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

1) В конце, когда ток не будет течь, т.е. $I = 0$, тогда $\Phi_{\text{общ}} = 0$

$$\Phi = B_0 S n_1 = (L_1 + L_2) I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 S n_1}{13L}$$

2) В t моменте $\Phi = B_0 S n_1 = B \cdot S n_1 + (L_1 + L_2) \cdot I \quad | \cdot dt$

$$\int_0^T S n_1 \cdot B_0 dt = S n_1 \cdot \int_0^T B dt + (L_1 + L_2) \cdot \int_0^T I dt$$

$S n_1 \cdot B_0 \cdot T = S n_1 \cdot \int_0^T B dt + (L_1 + L_2) \cdot \int_0^T I dt$

$\int_0^T B dt$ - площадь под графиком $B(t)$

Т.е. если интегрировать $\Phi_2 = \frac{S n_1 \cdot \int_0^T B dt}{L_1 + L_2}$ - площадь заштрихованной части (см. условие)

$$\Phi_2 = \frac{S \cdot n_1}{L_1 + L_2} \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} B_0 \cdot \frac{2}{8} T + \frac{2}{5} B_0 \cdot \frac{2}{8} T + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{5} B_0 \cdot \frac{2}{8} T \right) =$$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
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!

$$\varphi_2 = \frac{S_{n1}}{L_1 + L_2} \left(\frac{3^{12}}{20} + \frac{1^{14}}{10} + \frac{3}{40} \right) \cdot B_0 \tau = \frac{S_{n1}}{13L} \cdot \frac{13}{40} B_0 \tau$$

$$\varphi_2 = \frac{S_{n1} \cdot B_0 \tau}{40L}$$



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**.

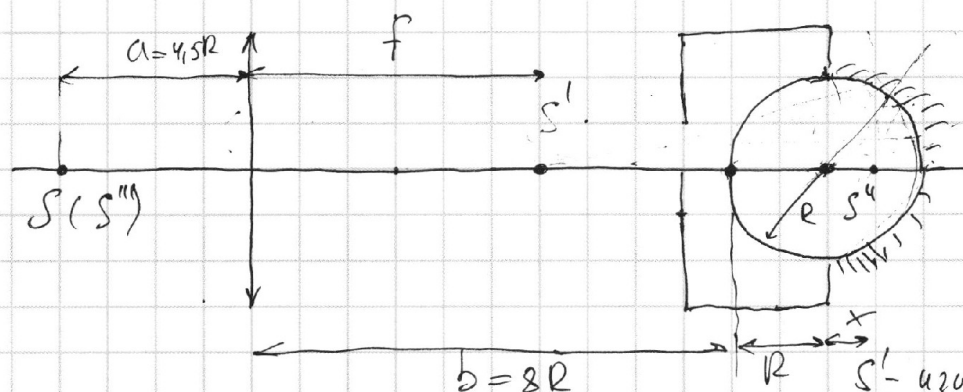
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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) Т.к. изображение в системе «линза-зеркало» совпадает с источником при любой комбинации. Возьмем наиболее простой случай, если $n_{12} = 1$.

Из и ранее очевидно, что изображение - действительное, световые лучи в зерне не падают. Из по условию мы работаем в параксиальном приближении.



S' - изображение источника в линзе

S'' - изображение в системе

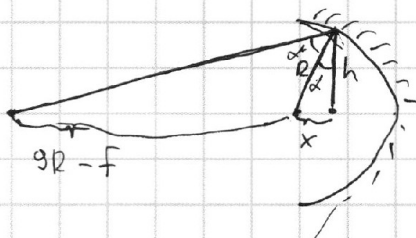
«линза + зеркало»

S' - изображение S' в зеркале

Решение по формуле (1) и (2)

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

Изобразим как формируем S''



$$\sin \alpha = \frac{x}{R} \quad \sin 2\alpha = \frac{9R - f + x}{R}$$

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha = \frac{x}{R}$$

$$\sin 2\alpha \approx \tan 2\alpha \approx 2\alpha = \frac{9R - f + x}{R}$$

$$\frac{x}{R} = \frac{9R - f + x}{2R}$$

$$x = 9R - f$$



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.



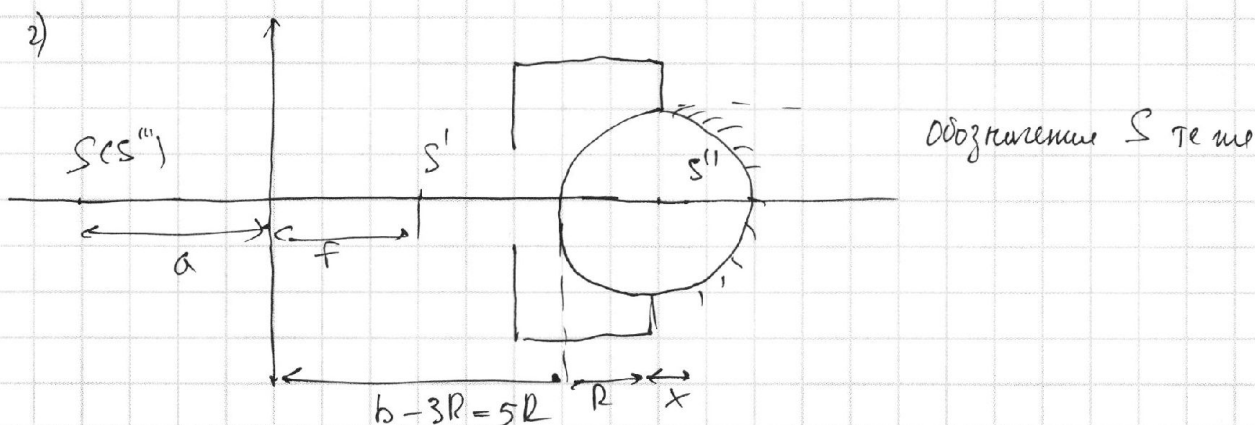
СТРАНИЦА
2 из 2

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!

$$\frac{1}{f + 3R - f + x} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{3R - f} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{3R - f} = \frac{1}{F}$$
$$\frac{1}{f} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \quad \Rightarrow \quad \underline{f = 3R}$$

$$\frac{1}{3R} + \frac{2}{3R} = \frac{1}{F} \Rightarrow \underline{F = 3R}$$



По ф-л Шмидта $\frac{1}{F_{\text{ш}}} = (n-1) \left(-\frac{1}{R} + \frac{1}{a} \right) = -\frac{n-1}{R}$

т.к. a, F остались те же $\Rightarrow f = 3R \Rightarrow$ изобразит отмычку

формируем за шором. Т.е.



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!

