



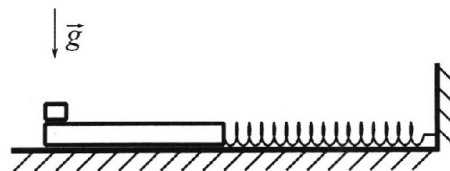
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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.

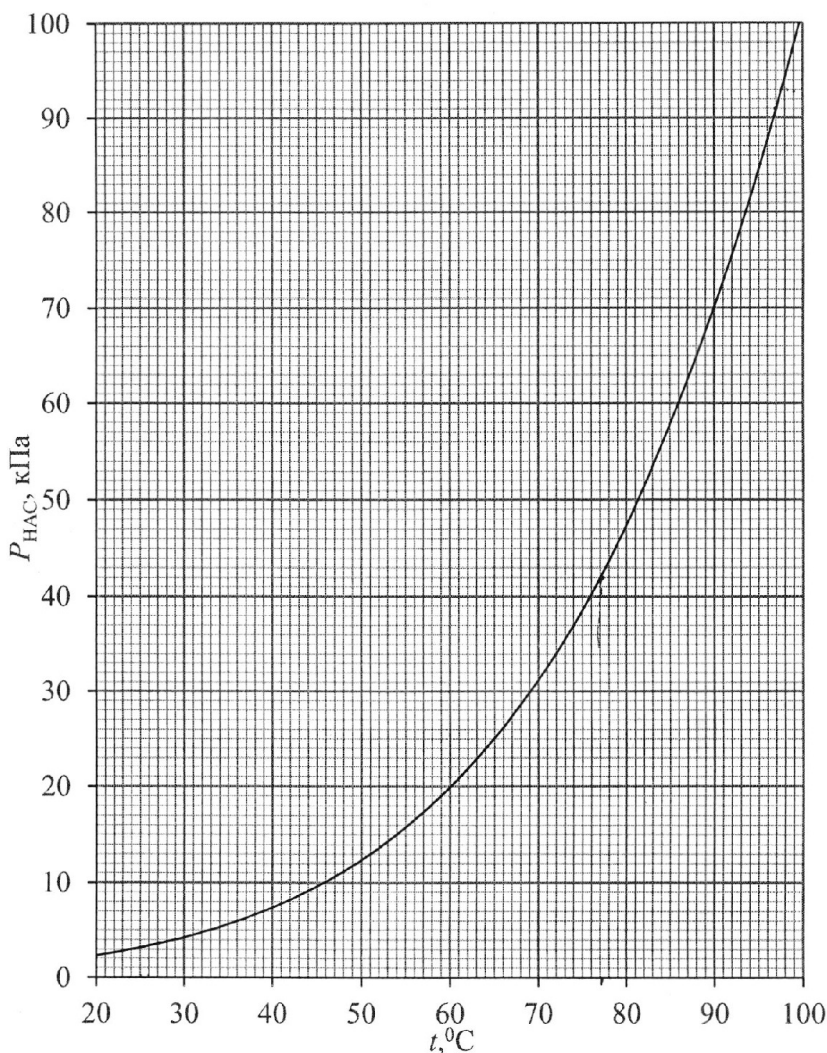


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным 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 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °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 жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





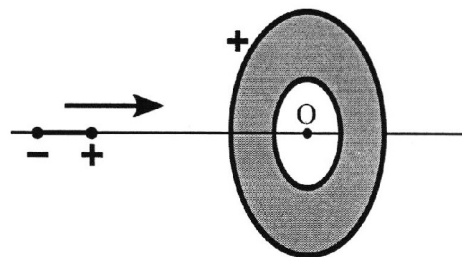
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

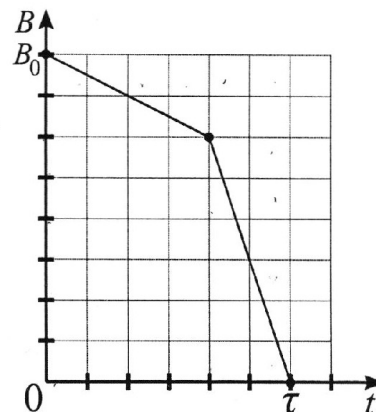
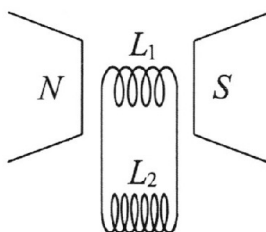


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



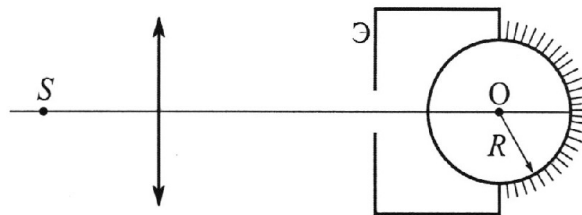
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 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 (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.



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!

$$\text{Из условия, при } t = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Скорость груза и доска равны, когда

$$V_{\text{груза}} = \frac{F_n \cdot t}{m} = \frac{mg \mu}{m} t = g \mu t$$

$$V_{\text{доска}} = \dot{x} \left(t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} \right) = A \omega \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = A \omega$$

$$A \omega = g \mu t \quad A = \frac{g \mu t}{\omega}$$

Следовательно

$$a = A \omega^2 = g \mu t \cdot \omega = g \mu \frac{\pi}{2}$$

$$a = 10 \cdot 0,3 \cdot 3 \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{g}{2} = 4,5 \text{ м/с}^2$$

У доски в момент когда относительное движение будет равно нулю, доска равно $A \omega \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) =$
 $= A \omega = g \mu t = g \mu \cdot \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} = 10 \cdot 0,3 \cdot 3 \cdot \sqrt{\frac{2}{50}} =$
 $= 10 \cdot 0,9 \cdot \frac{\pi}{5} = 1,8 \text{ м/с}$

Ответ: 1) 0,06 м 2) 4,5 м/с²

3) 1,8 м/с



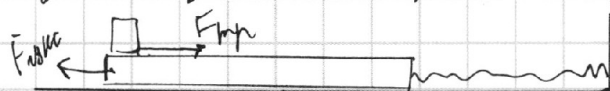
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

От начального момента и до момента когда ~~отключатся~~ ускорение бруска относительно доски станет равным нулю. Это время действующего со стороны бруска на доску равно по модулю силе пружины сложения и направлено влево. Тогда для доски увязанные до момента ^{та} когда ускорение ~~относительно~~ бруска равно нулю является частью колебаний со смещением влево положением равновесия



Нужно возмезд за 0 - положение равновесия доски без бруска сверху и направлено влево, тогда

$$M \cdot \ddot{x} = -kx + mgM \Rightarrow M\ddot{x} + kx - mgM = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M} \left(x - \frac{mgM}{k} \right) = 0 \quad \ddot{x} + \frac{k}{M} x - \frac{m}{M} gM = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M} \left(x - \frac{mgM}{k} \right) = 0 \Rightarrow x = \frac{mgM}{k} + A \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{M}} t\right)$$

A - амплитуда колебаний

$$\omega^2 = \frac{k}{M} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

Следовательно смещение $\Delta x = \frac{mgM}{k}$

$$\Delta x = \frac{mgM}{k} = \frac{1 \cdot 10 \cdot 0,3}{50} = \frac{3}{50} = 0,06 \text{ м}$$

~~из уравнения~~ ~~в момент~~ наименьшее ускорение доски вправо

$$\ddot{x} = \omega^2 A \cos(\omega t) = \frac{k}{M} \cdot A \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{M}} t\right), \text{ при } t=0 \quad a = A \frac{k}{M}$$



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!

пусть m - масса пара вначале, тогда $11m$ - масса воды вначале, в конце вся вода испарится и масса пара станет $11m + m = 12m$, тогда отношение массы пара в конце к массе пара вначале:

$$\eta = \frac{12m}{m} = 12$$

Давление насыщенного пара прямо пропорционально плотности насыщенного пара и тк объём сосуда не меняется, то и масса пара пропорциональна плотности и соответственно давлению пара в сосуде. Значит вначале был насыщенный пар и в конце тоже испарение воды тоже будет насыщенным, но давление будет больше в $\eta = 12$ раз. $p_0 = 3,5 \text{ кПа}$ $p^* = p_0 \cdot \eta = 42 \text{ кПа}$ следовательно из таблицы $t^* = 97^\circ\text{C}$ после этого

пар - идеальный газ и его состояние давлении: $\frac{p_k}{t_k} = \frac{p^*}{t^*}$ $p_k = p^* \cdot \frac{t_k}{t^*} =$

$$= 42 \cdot \frac{(273 + 97)}{(273 + 97)} = 42 \cdot \frac{370}{350} = \frac{6 \cdot 37}{5} \text{ кПа}$$

Тогда как давление насыщенного пара при 97°C : $p_{\text{нас}} = 91 \text{ кПа}$

тогда $\varphi = \frac{p_k}{p_{\text{нас}}} = \frac{6 \cdot 37}{5 \cdot 91} = \frac{222}{455}$

Ответ: 1) 12 2) $t^* = 97^\circ\text{C}$ 3) $\varphi = \frac{222}{455}$



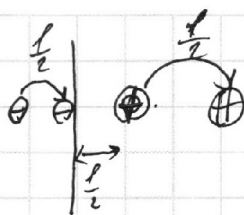
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐2
☐3
☒4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
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!

Рассмотрим промежуточные значения:
Аналогично

$$E_k'' = E_k' - A|p_{\frac{1}{2}}^0 + A|p_{\frac{1}{2}}^0$$



$$-A|p_{\frac{1}{2}}^0 - A|p_{\frac{1}{2}}^0 = A|p_{\frac{1}{2}}^0 \Rightarrow E_k'' = E_k' + A|p_{\frac{1}{2}}^0 + A|p_{\frac{1}{2}}^0 = E_k' + A|p_{\frac{1}{2}}^0$$

так $A|p_{\frac{1}{2}}^0 = \frac{mV_0^2}{4}$ и $E_k' = \frac{mV_0^2}{2}$, то

$$E_k'' = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{mV_0^2}{4} = \frac{3mV_0^2}{4} = \frac{m(V'')^2}{2} \Rightarrow V'' = V_0 \sqrt{\frac{3}{2}}$$

Следовательно максимальная скорость: $V'' = \sqrt{\frac{3}{2}} V_0$

а минимальная: $V_1 = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$, соответственно

$$\Delta V = V_0 \left(\sqrt{\frac{3}{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = V_0 \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}}$$

Ответ: 1) $V' = V_0$ 2) $\Delta V = V_0 \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}}$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Рассмотрим работу совершенных кулоновских сил над отдельным зарядом во внешнем поле q зарядов. По модулю электростатической работы считается только знак во внешнем поле.

Сила $V_1 = \frac{V_0}{\epsilon_0}$ в полесетти, как на этом рисунке.

Рисунок 1 - длина дуги.

при этом условии от бесконечности

до нуля, когда $+q$ попадает в плоскость круга

ЗС $\Rightarrow$ выполняем так: $E_k = E_{k0} - A/\infty + A/\infty$

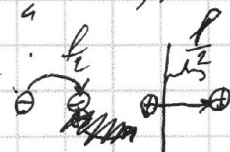
где $A_{k1}^{\text{н}} = \text{положительная работа совершенная кулоновскими силами от } x_1 \text{ до } x_2$

$$-A/\infty + A/\infty = -A/\infty \quad \checkmark$$

$E_k = E_{k0} - A/\infty$ для внешнего случая:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - A/\infty \Rightarrow A/\infty = \frac{mV_0^2}{2}, \text{ рассмотрим}$$

прохождение по дуге через круг:



Тогда ~~по формуле~~ $E_k = E_{k0} - A/\infty + A/\infty$

$$-A/\infty = A/\infty \Rightarrow E_k' = E_k - A/\infty + A/\infty$$

$$E_k' = E_k + A/\infty + A/\infty = E_k + A/\infty \Rightarrow$$

$\Rightarrow E_k' = E_{k0} + A/\infty - A/\infty = E_{k0}$, т.е. как и предполагалось при прохождении центра круга равна начальной кин. энергии $uV' = V_0$



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 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!

Тк заряд распределен равномерно по поверхности
твердого совпадает с серединой диска
по на диск действуют силы, только вдоль
оси диска

Сила кулона зависит от заряда круга и заряда
точечных шариков надписи. Т.е. F_k прямо

пропорциональна заряду q и совершенно

Пусть в начале работы кулоновских сил прямо
пропорциональна заряду q и во второй раз
заряд равен в 2 раза меньше чем в первый

$$A_1 = A = \frac{mV_0^2}{2}, A_2 = \frac{A}{2} = \frac{mV_0^2}{4}, \text{ где } m - \text{масса.}$$

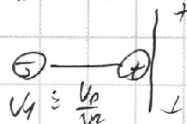
диск, в начале $\frac{mV_0^2}{2} - A_1 = 0$

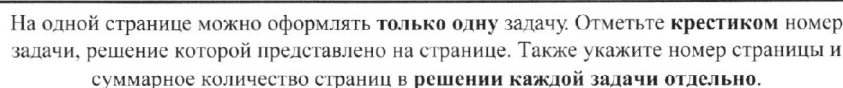
во II случае $\frac{mV_0^2}{2} - A_2 = \frac{mV_0^2}{4} = \frac{mV_1^2}{2}$

$$V_1^2 = \frac{V_0^2}{2} \Rightarrow V_1 = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \leftarrow \text{скорость на}$$

подлете к кругу. Расстояние равно,

по мере пролета диска $\downarrow$ сквозь плоскость круга:





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!

сохраняется: $\Phi_0 = B_0 \cdot S_1 \cdot n$

$\Phi_K = \Phi_1 + \Phi_2$ — бoлгoн дaг нoмoгн ~~хoлoд~~ ^{хoлoд} тaрхaл

стрелка, векторы нормали и касательные векторы боковых
поверхностей совпадают с соответствующими векторами

контуры, тогда $(\Phi_k) = (L_1 \bar{I} + L_2 \bar{I})$ ~~формула~~

$$B_{0S_1h} = L I + 6 L I \Rightarrow B_{0S_1h} = 7 L I \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_a = \frac{B_0 S_1 h}{7/}$$

2) $E \cdot dq = I(t) dt$ $I(t) = \frac{B(t) S_1 n}{\ell}$

$$dq = \int \frac{S_{rh}}{7L} B(t) dt = \frac{S_{rh}}{7L} \cdot \int, \text{ rge } S\text{-mængde}$$

погр. градиент $B(t): S = \frac{(B_0 + \frac{3}{4}B_0)}{2} \cdot \frac{2}{3} T + \frac{3}{4}B_0 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} =$

$$= \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{4} B_0 \tau + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{8} B_0 \tau = B_0 \tau \frac{1}{3} \left(\frac{17}{8} \right) = B_0 \tau \cdot \frac{17}{24}$$

~~$$S = \text{Kot} \left(\frac{48 \cdot 4 - 4 - 6}{48} \right) = \frac{34}{68} = 77$$~~

$$7 \cdot 20 + 7 \cdot 4 = 140 + 28 = 168$$

Coarctamento $q = \frac{S_1 h}{7L} \cdot \frac{17}{24} B_o T = \frac{S_1 h B_o T}{L} \cdot \frac{17}{168}$

Umrechnen: 1) $\frac{BoSinh}{71}$ 2) $\frac{17}{168} \cdot \frac{Sinh BoT}{L}$



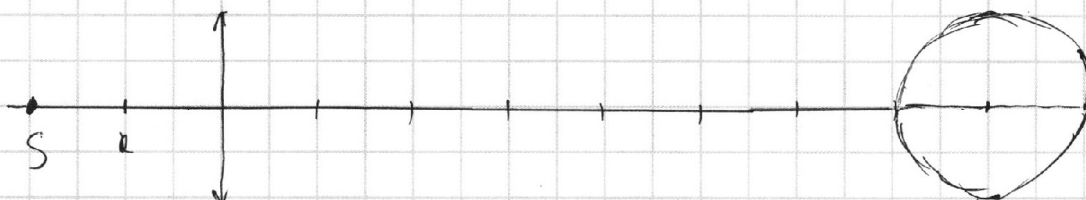
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

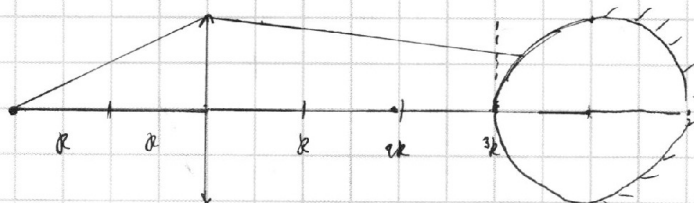
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{11}{8} + \frac{1}{8} = \frac{5}{8}$$



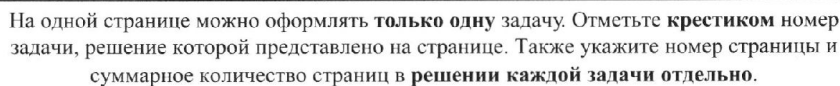
Т.к. изображение совпадает с источником и это не зависит коэффициента преломления, то можно сказать если после линзы, луч направлен к центру шара, то сфер он не испытывает преломления на поверхности и при отражении возвращается по той же траектории. значит без шара изображение было бы точно центра сферы, но есть на расстоянии $b = 8R$

Следовательно $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{R} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8} \right) = \frac{5}{8R} \Rightarrow F = \frac{8R}{5}$



Формула расчета сферического зеркала: $F = \frac{R}{2}$

Во втором случае луч также направлен в точку на расстоянии $8R$ от линзы.



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!

Ans: $F = \frac{8R}{5}$; $h = \frac{8}{5}$



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.

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!

$L = \frac{h}{20}$
 $E_k = E_{k0} - (A/l^0 + A/l^1) + A(l^1)$
 $E_{k0} = E_{k0} - A/l^0 + A/l^1$
 $E_k' = E_{k0} - A/l^1$
 $E_k'' = E_{k0} - A/l^1 + \dots$
 $B = \frac{5h}{8R}$
 $F = \frac{R}{2}$
 $\gamma = \beta - \alpha$
 $\beta = \frac{5h}{8R}$

Зеркальной части сферы:
 Для левых углов та же самая расстояние сферы
 при излучении
 совпадает с исходным
 то есть
 равно безразлично,
 если излучение от
 центра к центру
 будет проходить через центр
 шара, когда не выделен какой-то