



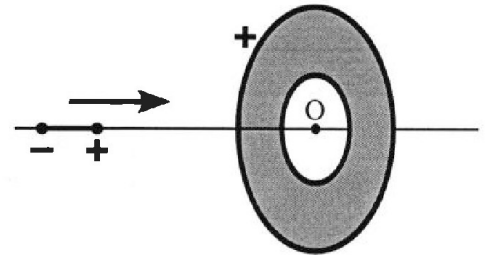
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

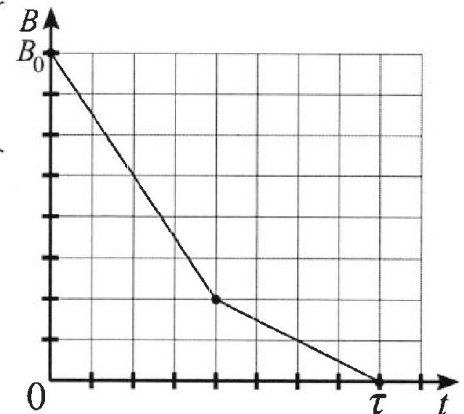
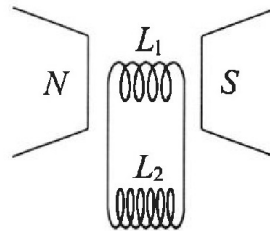


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



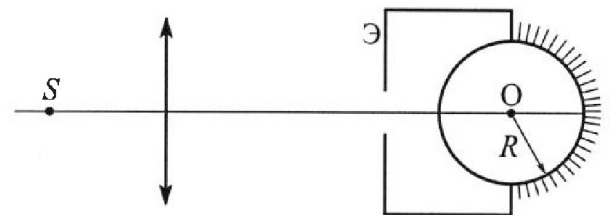
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 , удаленный 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



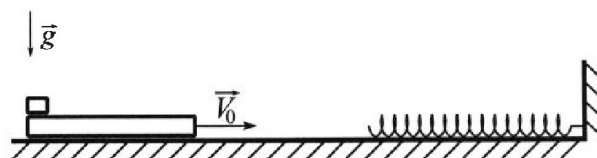
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 брусок 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.

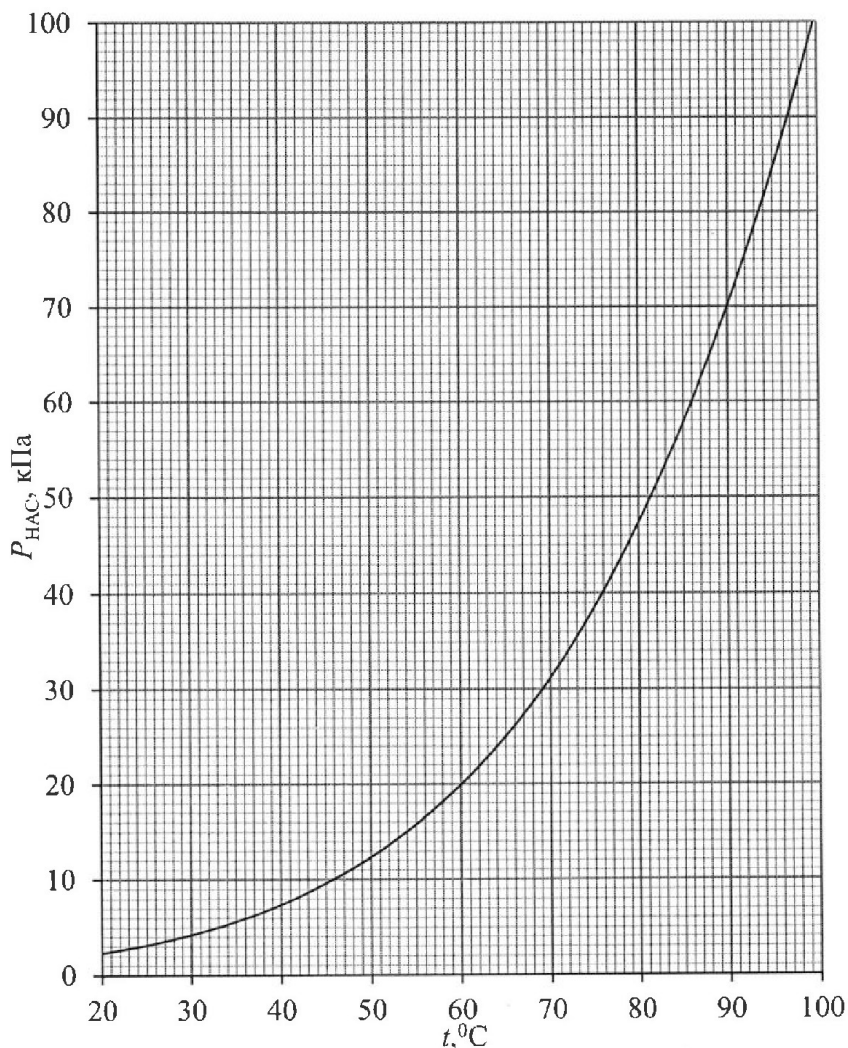


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °C и относительной влажности $\varphi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °C. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °C.
- 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 пренебречь. Пар считать идеальным газом.





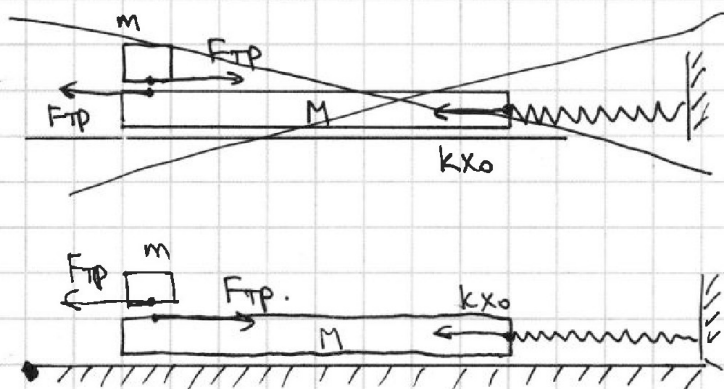
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 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) Относительное движение бруска и доски начнется в момент когда $F_{тр}$ окажется неспособной придавать бруску такое же ускорение что и у доски.



$$a_1 = \frac{F_{тр}}{m} \leq \frac{\mu N}{m} = \frac{\mu mg}{m} = \mu g \Rightarrow a_1^{\max} = \mu g$$

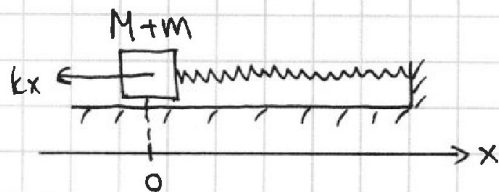
В момент когда a_2 достигнет $a_1^{\max}$ $F_{тр} = \mu mg$ (максимальна)

Таким образом для доски M получим: $M \cdot (\mu g) = kx_0 + \mu mg$

$$\Rightarrow kx_0 = \mu Mg - \mu mg = \mu g(M - m)$$

$$x_0 = \frac{\mu g(M - m)}{k} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 1}{36} M = \frac{3}{36} M = \frac{1}{12} M.$$

2) Вплоть до начала относительного движения m и M движутся как единое целое.



Записав II Закон Ньютона для такой системы, получим:

$$(M+m)\ddot{x} = -kx \Leftrightarrow \ddot{x} + \frac{k}{M+m}x = 0.$$

$\Rightarrow$ на заданном промежутке времени процесс эвл. гармоническим



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!

Рассчитаем амплитуду такого движения: (минимого)

из ЗСЭ: ~~$\frac{(M+m)u^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{(M+m)v_0^2}{2}$~~

~~$\Rightarrow X_{\max} = \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot v_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{k}} = \sqrt{\frac{M+m}{k}} v_0 =$~~
 ~~$= \sqrt{\frac{3}{36}} \cdot 1 \text{ м} = \frac{1}{\sqrt{12}} \text{ м} = \frac{\sqrt{12}}{12} \text{ м} = \sqrt{12} X_0$~~

~~Получаем что при $X \geq \sqrt{12} X_0$ $X \leq X_0 = \frac{1}{\sqrt{12}} \text{ м}$ уравнение гб-а
 принимает как $x(t) = \sqrt{12} X_0 \cdot \sin(\omega t) = \sqrt{12} X_0 \cdot \sin(6t)$ (т.к. $\sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{36}{3}} = 6 \text{ с}^{-1}$)~~

~~Тогда для X_0 : $X_0 = \sqrt{12} X_0 \cdot \sin 6t \Rightarrow \sin 6t = \frac{1}{\sqrt{12}} \Rightarrow (2=6t)$~~

~~$\sin 6t = \frac{\sqrt{12}}{12} = \frac{2\sqrt{3}}{6 \cdot 2} = \frac{\sqrt{3}}{6} = \frac{\sqrt{3}}{6}$~~

Рассчитаем амплитуду такого движения:

из ЗСЭ: $\frac{(M+m)u^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{(M+m)v_0^2}{2}$

$\Rightarrow X_{\max} = \sqrt{\frac{M+m}{k}} v_0 = \frac{\sqrt{12}}{12} \text{ м} = \sqrt{12} X_0$

$\Rightarrow$ с учетом $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{36}{3}} \text{ с}^{-1} = \sqrt{12} \text{ с}^{-1}$

$x(t) = \sqrt{12} X_0 \cdot \sin(\sqrt{12} t + \frac{\pi}{4})$

Тогда в СЧ: $x(t) = \sqrt{12} X_0 \cdot \sin(\sqrt{12} t)$

для X_0 : $X_0 = \sqrt{12} X_0 \sin \sqrt{12} t$

$\sin(\sqrt{12} t) = \frac{\sqrt{12}}{12} = \frac{2\sqrt{3}}{12} = \frac{\sqrt{3}}{6}$



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.

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!

$$p_0 = 105 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 97^\circ \text{C}$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{3}$$

$$t_k = 33^\circ \text{C}$$

1) При данной t_0 : p_0 складывается из парциальных давлений воздуха и пара (p_1)

$$\text{Примем } p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}}(t_0)$$

Из графика получаем, что при $t_0 = 97^\circ \text{C}$ $p_{\text{нас}} = 92 \text{ кПа}$

$$\text{Таким образом } p_1 = \frac{1}{3} \cdot 92 \text{ кПа} = 30,33 \text{ кПа}$$

2) Поскольку система газов находится под массивным поршнем, а процесс идет без ускорений, то $p_{\text{газ}} = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S} = \text{const}$, где M — масса поршня.

$$\Rightarrow \text{при } t^*: p_{\text{нас}}(t^*) + p_{\text{возд}} = p_0 = 105 \text{ кПа}$$

Также весь газ до t^* увеличился в объеме в $\frac{T^*}{T_0}$ раз
 T^*, T_0 — t^*, t_0 в Кельвинах.

$$\begin{aligned} \text{Весь } RT &= p_0 \cdot V \\ \text{Воздух } RT &= p_{\text{возд}} \cdot V \end{aligned} \text{ , подставив уравнения получим } p_{\text{возд}} = \text{const}$$

А значит искомой t^* будет точка пересечения кривой $p_{\text{нас}}(t)$ с прямой $p = 30,33 \text{ кПа}$.

$$\text{Получаем } \underline{t^* \approx 69,5^\circ \text{C} \approx 70^\circ \text{C}}$$

3) Поскольку воздух не конденсируется, то $p_{\text{возд}}$ в конце, при $t = 33^\circ \text{C}$ $p_{\text{нас}} = 6 \text{ кПа}$.

$$\Rightarrow p_{\text{возд}} = p_0 - p_{\text{нас}} = 105 \text{ кПа} - 6 \text{ кПа} = 99 \text{ кПа}$$

$$\text{А давление воздуха в начале составит } p_{\text{возд}} = 105 \text{ кПа} - 30,33 \text{ кПа} = 74,67 \text{ кПа}$$



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!

Воздух поджимается ур-ю Менделеева-Клапейрона, причем $J = \text{const}$

$$\Rightarrow \begin{cases} JRT_0 = p_{\text{возд}} \cdot V_0 \\ JRT_{\text{кон}} = p_{\text{возд}} \cdot V \end{cases} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{T_{\text{кон}}}{T_0} \cdot \frac{p_{\text{возд}}}{p_{\text{возд}}}$$

$$T_{\text{кон}} = (273 + 70) \text{ K} = 343 \text{ K}$$

$$T_0 = (97 + 273) \text{ K} \approx 370 \text{ K}$$

$$\begin{array}{r} 372 \overline{) 3} \\ \underline{3} \\ 0 \\ \underline{0} \\ 0 \\ \underline{0} \\ 0 \end{array}$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{343}{370} \cdot \frac{75}{100} = \frac{3}{4} \cdot \frac{343}{370} \approx \frac{343}{496}$$

Ответ: 1) $p_1 = 30,33 \text{ кПа}$

2) $t^* = 69,5^\circ \text{C}$

3) $\frac{V}{V_0} = \frac{343}{496}$

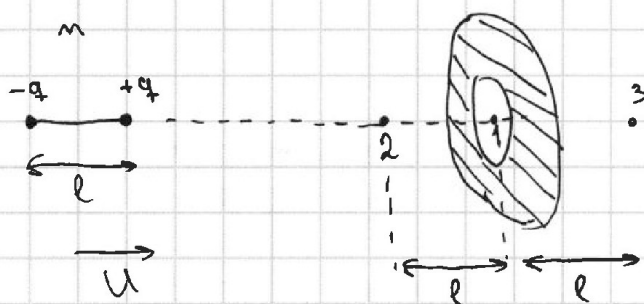


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\varphi_{\infty} = 0$$

Посмотрим на рисунок и подумаем когда будет достигаться мин. скорость.

а) Пока оба заряда слева диск отталкивает $+q$ и притягивает $-q$. Причем расстояние до $+q$ меньше $\Rightarrow$ отталкивает сильнее. $\Rightarrow$ диск тормозится.

б) Когда $+q$ справа, а $-q$ слева. Диск толкает и оба заряда вправо $\Rightarrow$ диск ускоряется.

в) Аналогично (а), но т.к. $-q$ ближе его притягивает сильнее $\Rightarrow$ диск тормозится.

Таким образом $U \rightarrow \min$, когда $-q$ в точке 2, а $+q$ в точке 1.

Пусть φ_1, φ_2 - потенциалы поля диска в соотв. точках.

Тогда при $U = V_0$ из ЗСЭ: $\frac{mV_0^2}{2} = -q\varphi_2 + q\varphi_1$. (Считая $\varphi_{\infty} = 0$)

$$\frac{mV_0^2}{2} = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (1)$$

Аналогично, но при $U = \frac{3V_0}{2}$:

$$\frac{m \cdot 9V_0^2}{2 \cdot 4} = q(\varphi_1 - \varphi_2) + \frac{mU_{\min}^2}{2}, \quad \text{с учетом (1):}$$

$$\frac{9}{8} mV_0^2 = \frac{4}{8} mV_0^2 + \frac{1}{2} mU_{\min}^2 \Rightarrow \frac{5}{8} V_0^2 = \frac{1}{2} U_{\min}^2$$



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
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!

$$\Rightarrow U_{\min}^2 = \frac{10}{8} V_0^2 \Rightarrow U_{\min} = \sqrt{\frac{5}{4}} V_0 = \frac{\sqrt{5} V_0}{2}.$$

Пересчитав мои соотношения в начале решения поймем, что $U_{\max}$ будет при $-q$ в точке 1, и $+q$ в точке 3.

Заметим что в силу симметрии $\varphi_2 = \varphi_3$.

Тогда, из ЗСЭ:

$$\frac{m \cdot 9V_0^2}{2 \cdot 4} = -q \cdot \varphi_1 + q \cdot \varphi_3 + \frac{m U_{\max}^2}{2}$$

$$\left(-q\varphi_1 + q\varphi_3 = q(\varphi_3 - \varphi_1) = q(\varphi_2 - \varphi_1) = -q(\varphi_1 - \varphi_2) = -\frac{mV_0^2}{2} \right) \text{ (с учетом (1))}$$

$$\Rightarrow \frac{9}{8} mV_0^2 = -\frac{mV_0^2}{2} + \frac{m U_{\max}^2}{2} \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$\frac{9}{4} V_0^2 = -V_0^2 + U_{\max}^2$$

$$\frac{13}{4} V_0^2 = U_{\max}^2 \Rightarrow U_{\max} = \frac{\sqrt{13} V_0}{2}.$$

Получаем что $U_{\max}/U_{\min} = \sqrt{\frac{13}{5}}$.

Ответ: 1) $U_{\min} =$ 1) При пролете динопа через центр потенциальная энергия поля динопа будет равна нулю (в силу симметрии в точках располож. заряда потенциал одинаков)

$\Rightarrow K = K_0 \Rightarrow U$ не изменится и будет равна $\frac{3}{2} V_0$

Ответ: 1) $\frac{3}{2} V_0$ 2) $\sqrt{\frac{13}{5}}$



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.

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!

$q = \frac{1}{2} \left(\frac{3}{4} I_0 \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{7}{4} I_0 \cdot \frac{\tau}{2} \right) = \frac{10}{16} I_0 \tau$

Л = L₁ Ответ: 1) $I_0 = \frac{B_0 S n}{4L}$ 2) $q = \frac{10}{16} I_0 \tau$

$B(t) \rightarrow$

1 2

$I \downarrow$

$L_2 = 3L$

Поток через L₁ в момент t равен

$\Phi = B(t) \cdot S \cdot n$

При этом, с уменьшением потока Φ через L₁ будет возникать разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2 = -\dot{\Phi} = -\dot{B} S n$

$\varphi_1 - \varphi_2 = |\dot{B}| S n$. Короче, $|\dot{B}|$ — скорость убывания B.

При этом $\varphi_1 - \varphi_2 = U_{L_2} = L_2 \dot{I} = 3L \frac{dI}{dt}$

Получаем: $-\frac{dB}{dt} S n =$

При этом, с уменьшением потока Φ будет возникать $\mathcal{E}$ индукции

$|\mathcal{E}| = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = \dot{B} S n$, где $\dot{B}$ — скорость уменьшения B.

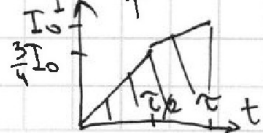
(т.е. $\dot{B} = -\frac{dB}{dt}$).

Из закона Кирхгофа: $\mathcal{E} = L \dot{I} + 3L \dot{I} = 4L \dot{I}$

$-\frac{dB}{dt} S n = 4L \dot{I} \Rightarrow$ с учетом н.у. $I = -\Delta B \frac{S n}{4L}$.

Тогда к концу τ $\Delta B = -B_0 \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 S n}{4L}$

т.е. $q = \int I dt$, а график $I(t)$ будет выглядеть как



$$q = \frac{1}{2} \left(\frac{3}{4} I_0 \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{7}{4} I_0 \cdot \frac{\tau}{2} \right) = \frac{10}{16} I_0 \tau$$

См. выше миста.



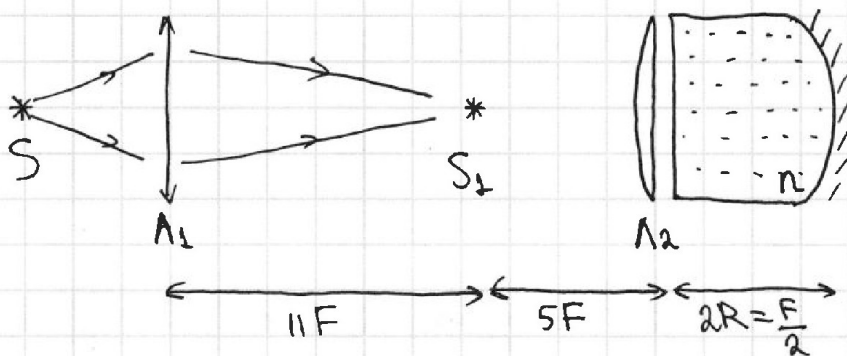
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

2) Аналогично п.1 рассмотрим шар как систему.



для L_2 : $\frac{1}{F_2} = (n-1) \cdot \frac{1}{R} = \frac{4(n-1)}{F}$

Формула линзы для L_2 : $\frac{1}{F_2} = \frac{1}{5F} + \frac{1}{f_2'}$

$$\frac{4(n-1)}{F} = \frac{1}{5F} + \frac{1}{f_2'} \Rightarrow \frac{1}{f_2'} = \frac{1}{F} \left(4(n-1) - \frac{1}{5} \right)$$

Опять же, аналогично п.1. при вхождении в среду n изображение будет удалено на nf_2'

$$\Rightarrow \frac{1}{f_3'} = \frac{1}{nF} \cdot \left(4n - 4 - \frac{1}{5} \right)$$

Приведем $\frac{1}{f_3'} = \frac{1}{2R} = \frac{2}{F}$, т.к. лучи должны пересечься в одной точке на зеркале.

$$\frac{2}{F} = \frac{1}{nF} \left(4n - 4 - \frac{1}{5} \right) \Rightarrow 2n = 4n - 4 - \frac{1}{5}$$

$$2n = 4 + \frac{1}{5} = \frac{21}{5}$$

$$n = \frac{21}{10} = 2,1.$$

Ответ: 1) $R = \frac{F}{4}$

2) $n = 2,1$.



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.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

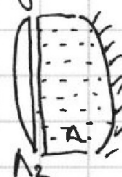
СТРАНИЦА
1 из 3

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!

Рассмотрим преломление лучей в линзе: (без учета остального)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f_1};$$

S *



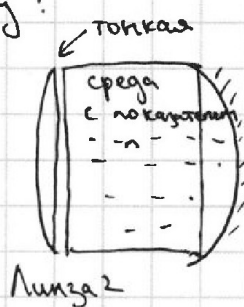
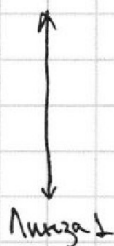
сферическое зеркало

$$\frac{1}{F} = \frac{10}{11F} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{11}F = \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = 11F$$

Заметим что $11F > 10,5F \Rightarrow$ при прохождении через линзу (2-ю) будем иметь ~~мнимое~~ ~~уменьшенное~~ изображение.

Подробнее рассмотрим систему:

S *



сферическое зеркало.

Будем рассматривать шар как композицию собирающей линзы, среды с показателем преломления n и сферического ~~зеркала~~.

$$\text{для линзы 2: } \frac{1}{F_2} = -(1-n) \cdot \frac{1}{R} = (n-1) \cdot \frac{1}{R}.$$

Тогда, формула линзы для линзы 2 запишется как:

$$\frac{n-1}{R} = -\frac{2}{F} + \frac{1}{f_2}, \quad f_2 - \text{расстояние до нового изображения}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F/2} + \frac{1}{R/n-1} \rightarrow f_2 = \frac{\frac{FR}{2} + \frac{FR}{n-1}}{\frac{F}{2} + \frac{R}{n-1}} = \frac{FR}{F(n-1) + 2R}.$$

Рассмотрим преломление через среду n :

если без среды лучи сходятся в f_2 , то со средой



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 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!

на расстоянии $n f_2 \Rightarrow f_3 = n f_2; \frac{1}{f_3} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{f_2}$.

Заметим, что в силу симметрии это ~~то~~ новое изображение f_3 должно находится точно на зеркале, ибо в противном случае лучи не переснутся в S центре.

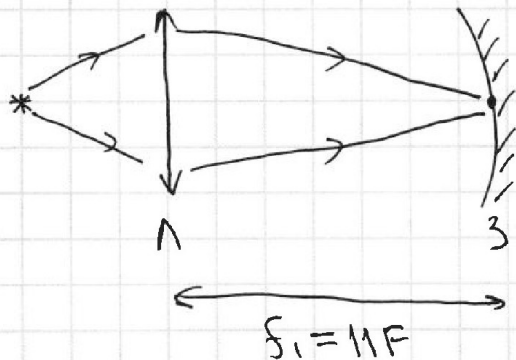
$$\Rightarrow f_3 = 2R \Rightarrow \frac{1}{n f_2} = \frac{1 \cdot 2}{n F} + \frac{n-1}{2R} = \frac{1}{2R} \quad | \cdot 2nFR$$

$$\Rightarrow 4R + 2(n-1)F = Fn \quad \text{Утверждается что это равенство выполняется } \forall n.$$

$$4R = Fn - 2Fn + 2F$$

$$R = \frac{F(n-2n+2)}{4} = \frac{F(2-n)}{4}$$

В общем есть способ легче: положим $n=1$. Тогда система вырождается в линзу + сф. зеркало.



Как уже было посчитано $f_1 = 11F$.

$$\text{Тогда } b + 2R = f_1$$

$$10,5F + 2R = 11F$$

$$\Rightarrow 2R = \frac{1}{2}F \Rightarrow \boxed{R = \frac{F}{4}}$$

(в силу симметрии, чтобы изображение оказалось на источнике ~~тогда~~, чтобы лучи сошлись на зеркале в одной точке.