



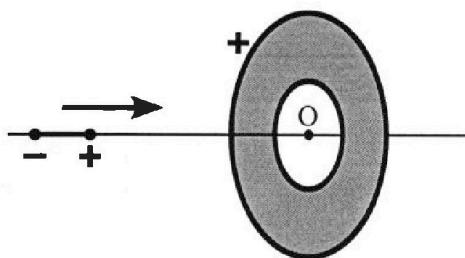
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**Вариант 11-03**

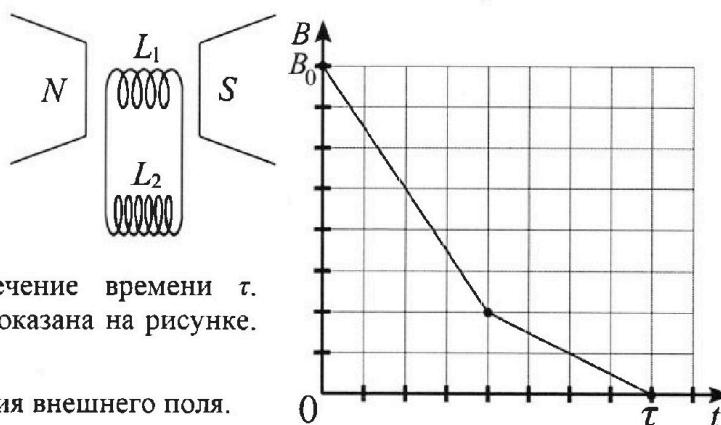
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

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



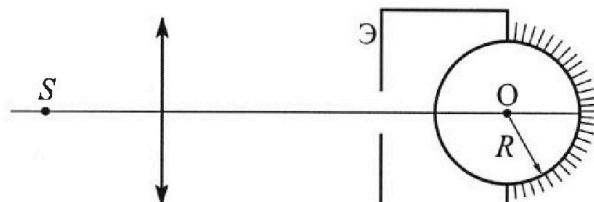
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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  $\tau$ . 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.

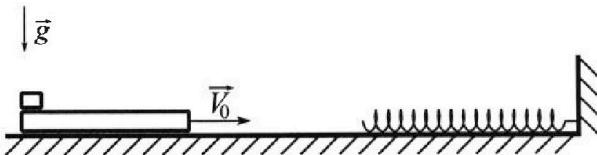
Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран  $\mathcal{E}$  обеспечивает малость углов  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-03

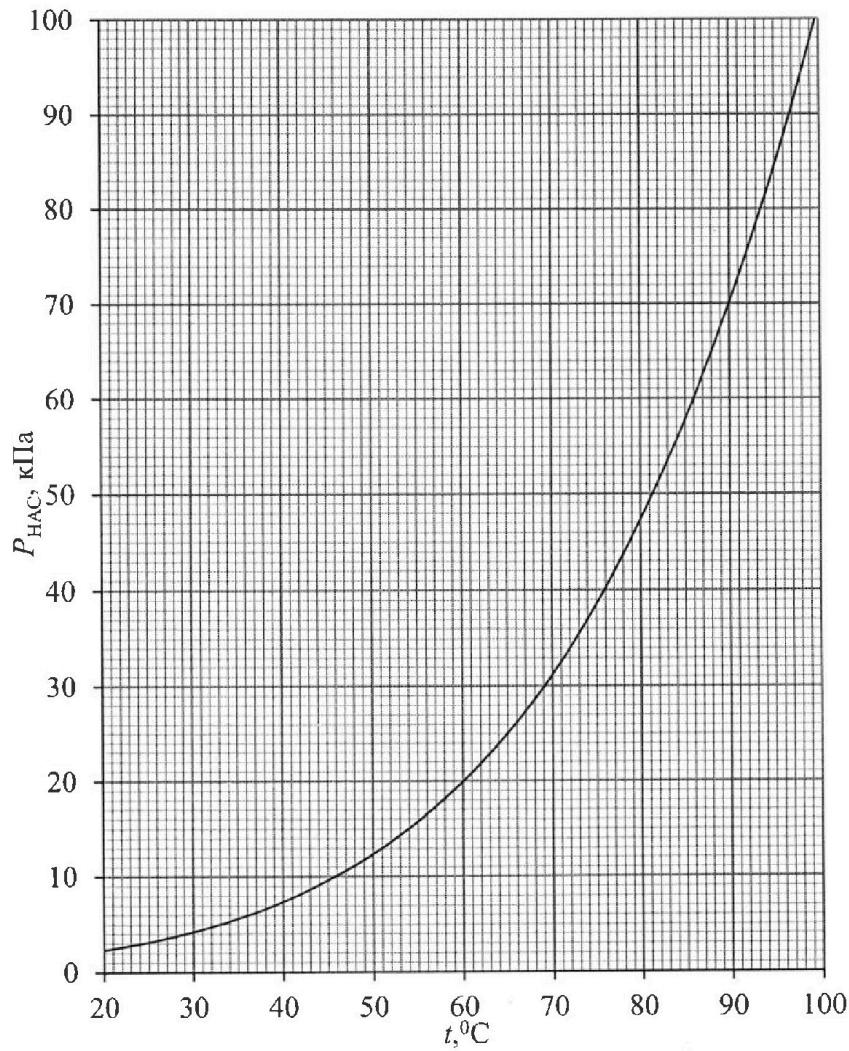
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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/с<sup>2</sup>. 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.

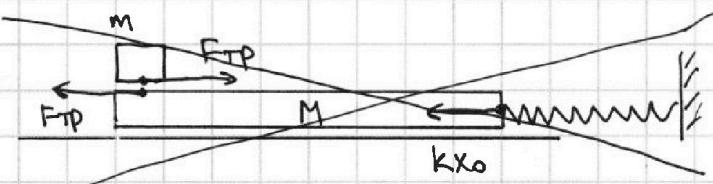
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" 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  
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 бруск окается неспособной придавать бруску такое же ускорение что и доски.



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

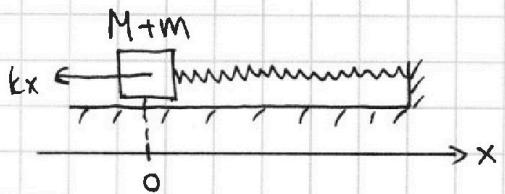
В момент когда  $a_1$  достигнет  $a_1^{\max}$   $F_{fP} = \mu mg$  (максимальна)

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 эл. 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.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" 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  
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: (массового)

$$m \ddot{x} + (M+m) \frac{\dot{x}^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{(M+m)V_0^2}{2}$$

из ЗСЭ:

$$\Rightarrow x_{\max} = \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot V_0 = \sqrt{\frac{12}{3}} \cdot V_0 = \sqrt{12} V_0$$

Понятно что при  $x \geq x_0 = \frac{1}{12} M$  уравнение ~~зва~~ выглядит как  $\ddot{x}(t) = \sqrt{12} x_0 \cdot \sin(\omega t) = \sqrt{12} x_0 \cdot \sin(6t)$  ( $T = \sqrt{\frac{2\pi}{k}} = \sqrt{\frac{2\pi}{3}} = 6c$ )

Тогда для  $x_0$ :  $x_0 = \sqrt{12} x_0 \cdot \sin(6t) \Rightarrow \sin(6t) = \frac{1}{\sqrt{12}}$

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

Рассчитаем амплитуду такого движения:

$$m \ddot{x} + \frac{(M+m)\dot{x}^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{(M+m)V_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow x_{\max} = \sqrt{\frac{M+m}{k}} V_0 = \frac{\sqrt{12}}{12} M = \sqrt{12} x_0$$

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

$$x(t) = \sqrt{12} x_0 \cdot \sin\left(\sqrt{12} c^{-1} t + \frac{\pi}{4}\right)$$

Тогда б си:  $x(t) = \sqrt{12} x_0 \cdot \sin(\sqrt{12} t)$

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.

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

СТРАНИЦА  
1 из 2

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

$$\begin{aligned} p_0 &= 105 \text{ кПа} \\ t_{f_0} &= 97^\circ\text{C} \\ \varphi_0 &= \frac{1}{3} \\ t_K &= 33^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

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

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

Из графика получаем, что при  $t_0 = 97^\circ\text{C}$   $p_{\text{нас}} = 95 \text{ кПа}$

$$\text{Таким образом } p_1 = \frac{1}{3} \cdot 95 \text{ кПа} = 30,33 \text{ кПа.}$$

2) Поскольку система газов находится под массивным поршнем, а процесс идет без ускорений, то  $p_{\text{газа}} = p_0 + \frac{Mg}{S} = \text{const}$ , где  $M$  - масса поршня.

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

Также весь газ до  $t^*$  увеличился в объеме в  $\frac{T^*}{T_0} p_{\text{нас}}$

$T^*, T_0 = t^*, t_0$  в Кельвинах.

$$\begin{aligned} \sqrt{\text{вес } R T} &= p_0 \sqrt{V}, \text{ поделив уравнения получим } p_{\text{возд}} = \text{const} \\ \sqrt{\text{вес } R T} &= p_{\text{возд}} \sqrt{V} \end{aligned}$$

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

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

3)

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

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

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.

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

Воздух подогревается ур-го Мингелева-Каштерона, при этом  $\nu = \text{const}$

$$\Rightarrow \begin{cases} \nu R T_0 = p_{\text{возд}} \cdot V_0 \\ \nu R T_{\text{кон}} = p_{\text{возд}} \cdot V \end{cases} \quad \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{T_{\text{кон}}}{T_0} \cdot \frac{p_{\text{возд}}}{p_{\text{возд}}}$$

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

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

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

~~372 | 3  
3 | 24  
—  
6 | 24  
—  
12 | 24~~

Ответ: 1)  $p_1 = 30,33 \text{ kPa}$

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

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

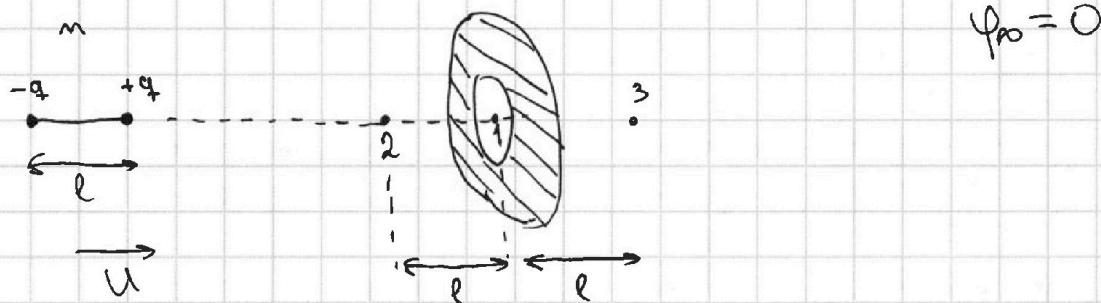


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



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

a) Пока оба заряда слева диск отталкивает  $+q$  и притягивает  $-q$ . Причем расстояние  $\varphi_0 + q$  первое  $\Rightarrow$  отталкивает сильнее.  $\Rightarrow$  диск диполь тормозится.

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

Таким образом  $U \rightarrow \min$ , когда  $-q$  в точке 2, а  $+q$  в точке 3.

Пусть  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  - потенциалы пола диска в соотв. точках.

$$\text{Тогда при } U_0 = V_0 \text{ из ЗСГ: } \frac{mV_0^2}{2} = -q\varphi_2 + q\varphi_1. \quad (\text{читай } \varphi_0 = 0)$$

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

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

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

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



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.

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

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

Перенеся моё сокращение в начале решения понимаю, 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 ЗСГ:

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

$$(-q \varphi_1 + q \varphi_3 = q(\varphi_3 - \varphi_1) = q(\varphi_2 - \varphi_1) = -q(\varphi_1 - \varphi_2) = -\frac{m V_0^2}{2}) \text{ (с учетом (1))}$$

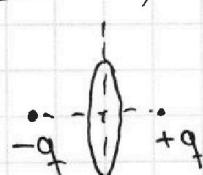
$$\Rightarrow \frac{g}{8} m V_0^2 = -\frac{m V_0^2}{2} + \frac{m U_{\max}^2}{2} \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

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

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

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

~~Ошибки:~~ 1)  $U_{\min} =$



1) При пролете диска через центр потенциальная энергия пола диска будет равна нулю (в силу симметрии в точках расположения заряда потенциал одинаков)

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

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

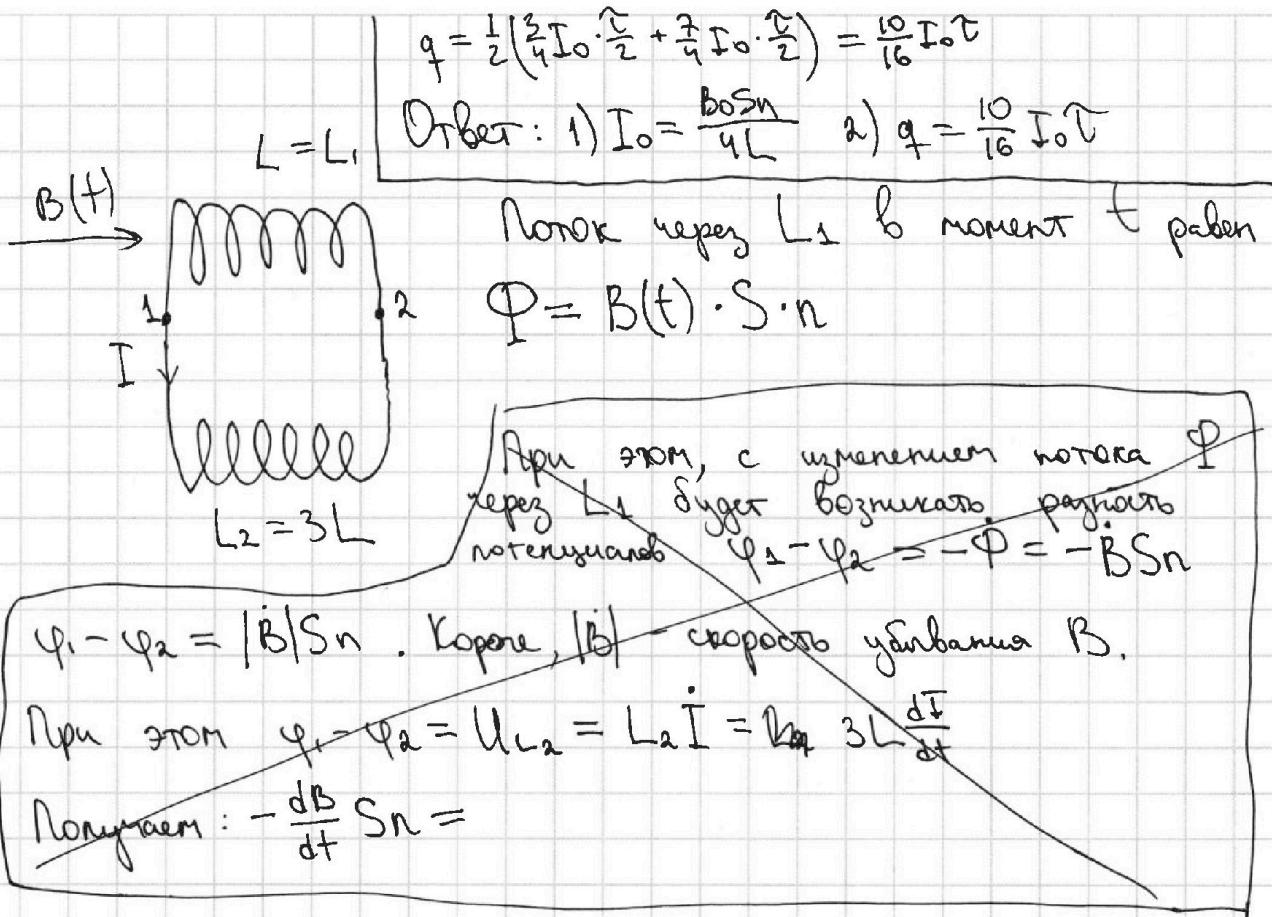


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

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



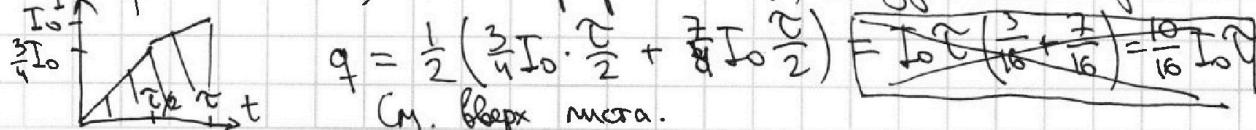
При этом, с изменением потока  $\Phi$  будет возникать ЭДС индукции  $|\mathcal{E}| = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = BSn$ , где  $B$  - скорость уменьшения  $B$ .  
(т.е.  $B = -\frac{dB}{dt}$ ).

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

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

Тогда к концу  $T$   $\Delta B = -B_0 \Rightarrow I = \frac{B_0 Sn}{4L}$

Т.к.  $q = \sum I dt$ , то в графике  $I(t)$  будет выглядеть как





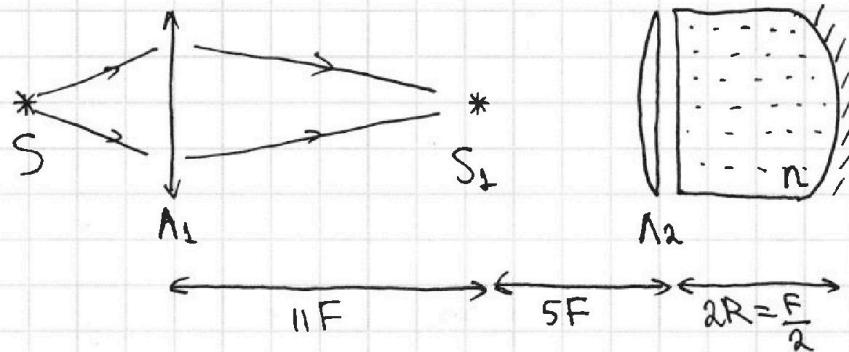
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
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 мар как систему.



$$\text{для } \Lambda_2: \frac{1}{F_2} = (n-1) \cdot \frac{1}{R} = \frac{4(n-1)}{F}$$

$$\text{Формула линзы для } \Lambda_2: \frac{1}{F_2} = \frac{1}{5F} + \frac{1}{f_2'}$$

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

Опять же, аналогично п. 1. при выходе из линзы в среду n' изображение будет удаляться на  $n f_2'$

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

Причем  $\frac{1}{f_3'} = \frac{1}{2R} = \frac{2}{F}$ , 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.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 3

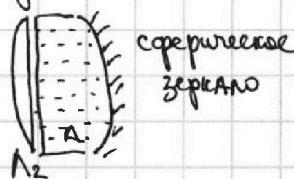
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Рассмотрим преломление лучей в линзах: (без учета остильного)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f_1}; f_1 > 0$$

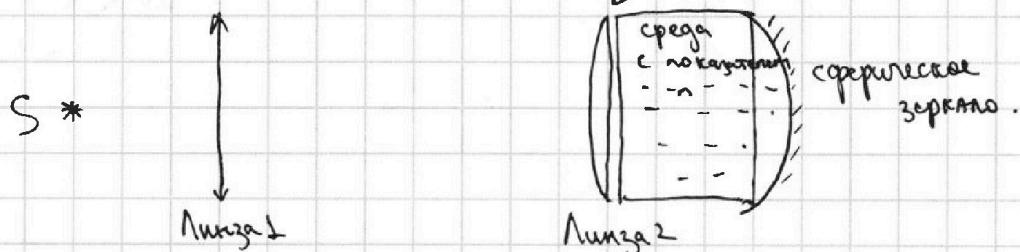
S \*

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



Заметим что  $11F > 10,5F \Rightarrow$  при прохождении через линзу (2-ю) будет иметь минимум ~~направления~~ источника.

Подробнее рассмотрим систему:



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 линз для линзы 2 записывается как:

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

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

Рассмотрим преломление через среду n:

если без среды лучи сходятся в f2, 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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
2 из 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  $n f_2 \Rightarrow f_3 = n f_2$ ;  $\frac{1}{f_3} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{f_2}$ .

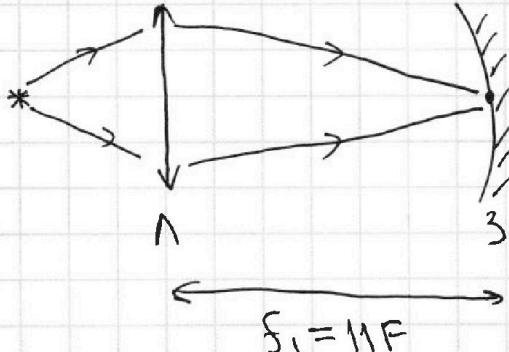
Заметим, что в силу симметрии это это новое изображение  $f_3$  должно находиться точно на зеркале, ибо в противном случае лучи не пересекаются в сре...

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

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

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

В общем есть способ легче: положим  $n=1$ . Тогда система впадает в минимум + сим. зеркало.



Как уже было посчитано  
 $f_1 = 11F$ .

$$\text{Тогда } b + 2R = f_1 \\ 10.5F + 2R = 11F$$

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

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