



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

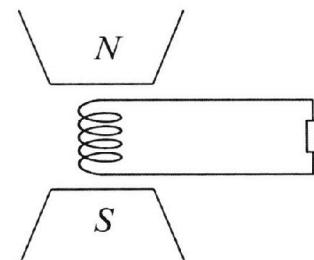
Вариант 11-05



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

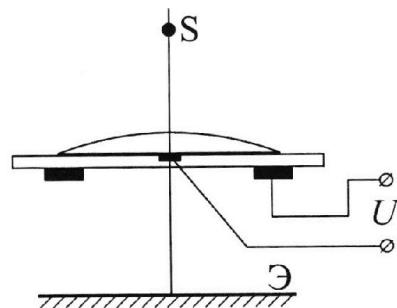
4. Катушка с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля направлены перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения ток в катушке возрастает линейно от нуля до I_1 .

- 1) Найти скорость возрастания тока через время $\tau/3$ от начала выключения.
- 2) Найти заряд q , протекший через резистор от момента начала выключения поля до момента, когда ток через резистор станет нулевым.
- 3) Найти индуктивность L катушки.



Сопротивлением катушки и соединительных проводов пренебречь.

5. Капля электропроводящей прозрачной жидкости с показателем преломления $n = 1,4$ покоятся на тонкой смачиваемой прозрачной горизонтальной диэлектрической подложке (см. рис.). Капля используется в качестве тонкой плосковыпуклой линзы для получения изображения маленького светящегося шарика-светодиода S на экране \mathcal{E} . Источник S можно перемещать вдоль главной оптической оси линзы. Плоскость экрана перпендикулярна оси и находится на расстоянии $b = 6$ см от линзы. Расстояние от источника до линзы значительно больше диаметра пучка света, проходящего через линзу. Если под каплей соосно расположить два электрода, так что небольшой центральный электрод непосредственно контактирует с жидкостью, а периферийный (кольцо) изолирован от неё, то можно изменять радиус R кривизны верхней поверхности линзы по линейному закону в зависимости от напряжения U , прикладываемого к электродам. Если светодиод на высоте $a_1 = 12$ см над каплей, то изображение на экране при $U_1 = 1$ В. Если светодиод на высоте $a_2 = 18$ см, то изображение на экране при напряжении $U_2 = 2$ В.



- 1) Выберите формулу для фокусного расстояния F плосковыпуклой тонкой линзы в зависимости от радиуса кривизны R и показателя преломления n .
- 2) Определите радиус кривизны R_0 капли при нулевом напряжении.
- 3) Считая, что светодиод излучает одинаковую световую мощность по всем направлениям, определите отношение средних освещённостей E_1/E_2 первого и второго изображений. Поглощением света в подложке пренебречь. Освещённость — энергия света, падающего на единицу площади в единицу времени.



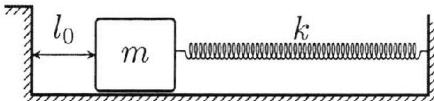
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



Вариант 11-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

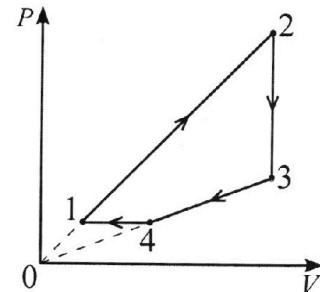
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k . На расстоянии l_0 от тела находится вертикальный уступ, как показано на рисунке. Сжимая пружину на $11l_0/4$, тело придвигают к стене и отпускают без начальной скорости. После первого удара тела о уступ максимальное сжатие пружины оказалось $5l_0/2$. Все удары о уступ считать частично упругими, при которых отношение кинетических энергий после удара и до удара можно считать постоянным. Каждая точка тела движется вдоль одной горизонтальной прямой.



- 1) Определите скорость тела при прохождении положения равновесия перед первым ударом.
- 2) Определите величину максимального сжатия пружины после второго удара.
- 3) Сколько времени прошло между моментом отпускания тела и моментом максимального сжатия пружины после первого удара?

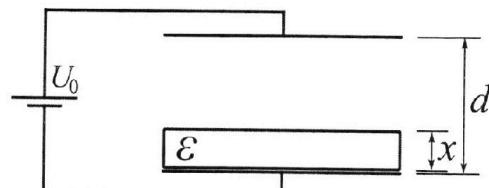
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

2. Рабочим телом тепловой машины, работающей по циклу 1-2-3-4-1, является идеальный газ (см. рис.). Участки цикла 1-2 и 3-4 лежат на прямых, проходящих через начало координат, 2-3 – изохора, 4-1 – изобара. На каждом из участков 2-3 и 4-1 от газа было отведено количество теплоты Q ($Q > 0$). Молярная теплоёмкость газа в процессе 3-4 равна $C = 3R$, R – универсальная газовая постоянная. Отношение температур $T_4/T_1 = 5/2$.

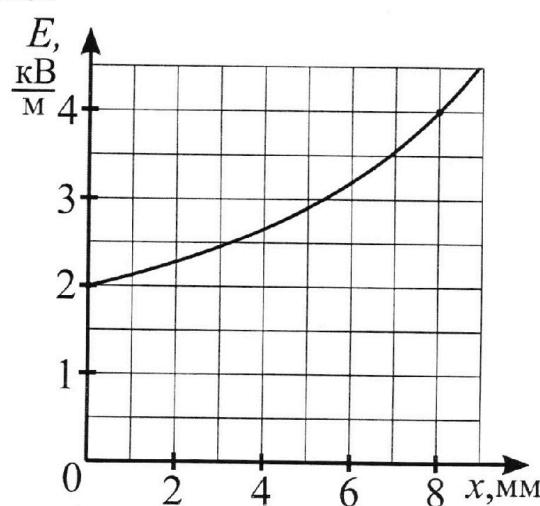


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 4-1.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

3. Плоский конденсатор подсоединен к источнику постоянного напряжения. Расстояние между обкладками $d = 12$ мм (см. рис.). В конденсатор вставляется пластина из диэлектрика толщиной x (пластина занимает часть объема конденсатора, равную x/d). Известна часть графика зависимости напряженности электрического поля в воздушном зазоре от толщины пластины x (см. рис.). Диэлектрическую проницаемость воздуха принять равной единице.



- 1) Найти напряжение U_0 источника.
- 2) Найти диэлектрическую проницаемость ϵ диэлектрика.





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

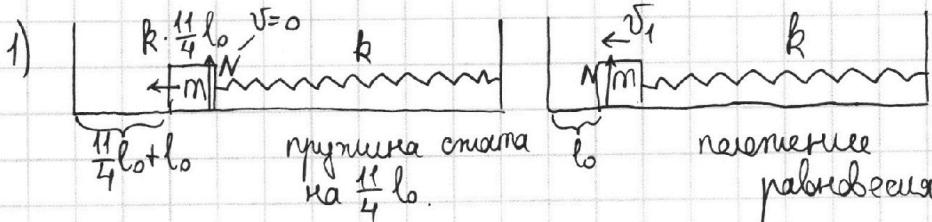
6

7

СТРАНИЦА
1 из 4

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



До удара тело о участок ~~стенки~~ вынуждается заложить сжатие -
(з.с.)

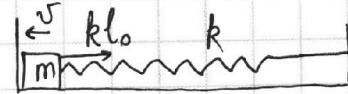
когда энергия для сжатия "тело + пружина", т.к. работа ~~выполнена~~
от поверхности кинетической силой равна 0 (сила реакции опоры N на тело действует
перпендикулярно к скорости тела, а пружина не движется) \Rightarrow з.с.: $E_{\text{сист}} = E_{\text{сист, нач}}$,

от нажатия при сжатии пружины $x_0 = \frac{11}{4} l_0$ до нахождения

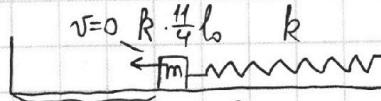
$$\text{равновесия: } 0 + \frac{kx_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + 0 \Rightarrow mv_1^2 = k\left(\frac{11}{4}l_0\right)^2$$

$$\Rightarrow v_1^2 = \frac{121kl_0^2}{16m} \Rightarrow v_1 = \frac{11}{4}l_0 \sqrt{\frac{k}{m}}$$

2) Но удвою удар о участок яв-ся полностью упругим и
 $\frac{E_{\text{к. кон}}}{E_{\text{к. до}}} = P n = \text{const}$. Вычислим импульс до первого удара:



неподготовленно перед
ударом



в начальном момент

$$\text{Запишем з.с.: } 0 + \frac{k\left(\frac{11}{4}l_0\right)^2}{2} = \frac{kl_0^2}{2} + E_{\text{к. до}} \Rightarrow E_{\text{к. до}} = \frac{kl_0^2}{2} \left(\frac{11^2}{4^2} - 1 \right) =$$

$$= \frac{kl_0^2}{2} \left(\frac{121}{16} - 1 \right) = \frac{105}{16} \cdot \frac{kl_0^2}{2}$$

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

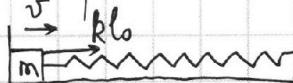
6

7

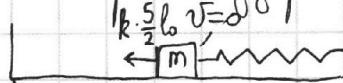
СТРАНИЦА
2 ИЗ 4

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 систему после первого удара:



сразу после удара



$l_0 + \frac{5}{2}l_0$

в момент

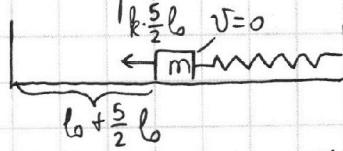
максимального сжатия пружины

$$\text{Запишем ЗСЭ для этих двух моментов: } E_{k, \text{посл}} + \frac{k l_0^2}{2} = 0 + \frac{k (\frac{5}{2}l_0)^2}{2}$$

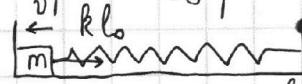
$$\Rightarrow E_{k, \text{посл}} = \frac{k l_0^2}{2} \cdot \left(\frac{5}{2}\right)^2 - \frac{k l_0^2}{2} = \frac{k l_0^2}{2} \left(\frac{25}{4} - 1\right) = \frac{21 k l_0^2}{4}$$

$$\text{Значит, } \frac{E_{k, \text{посл}}}{E_{k, \text{го}}} = n = \frac{E_{k, \text{посл}}}{E_{k, \text{го}}} = \frac{\frac{21 k l_0^2}{2}}{\frac{105 k l_0^2}{2}} = \frac{21}{4} \cdot \frac{16}{105} = \frac{21 \cdot 4}{105} = \frac{4}{5}$$

Рассмотрим систему перед вторым ударом:



в момент так сжатия пружины



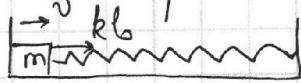
непосредственно перед ударом

$$\text{Запишем ЗСЭ: } 0 + \frac{k (\frac{5}{2}l_0)^2}{2} = E_{k, \text{2го}} + \frac{k l_0^2}{2} \Rightarrow E_{k, \text{2го}} = \frac{k l_0^2}{2} \left(\frac{25}{4} - 1\right) =$$

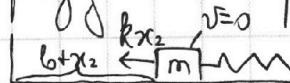
$$= \frac{21}{4} \cdot \frac{k l_0^2}{2}. \text{ Значит, } E_{k, \text{посл}} = n \cdot E_{k, \text{2го}} = \frac{4}{5} \cdot E_{k, \text{2го}} = \frac{4}{5} \cdot \frac{21}{4} \cdot \frac{k l_0^2}{2} =$$

$= \frac{21}{5} \cdot \frac{k l_0^2}{2}$ - кинетическая энергия тела сразу после второго удара.

Рассмотрим систему сразу после второго удара:



сразу после удара



в момент максимального сжатия

$$\text{Запишем ЗСЭ: } E_{k, \text{посл}} + \frac{k l_0^2}{2} = 0 + \frac{k x_2^2}{2} \Rightarrow \frac{k x_2^2}{2} = \frac{k l_0^2}{2} + \frac{4}{5} \cdot \frac{k l_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow x_2^2 = l_0^2 + \frac{21}{5} l_0^2 = \frac{26}{5} l_0^2 \Rightarrow x_2 = \sqrt{\frac{26}{5}} l_0 = \frac{\sqrt{130}}{5} l_0 -$$

максимальное сжатие пружины после второго удара.

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

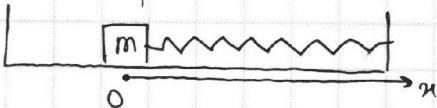
СТРАНИЦА
3 из 4

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!

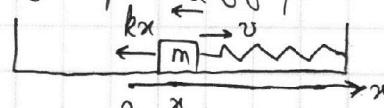
3) При движении тела до первого удара оно движется

по закону $x(t) = x_0 + A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)$

Рассмотрим движение тела до первого удара:



движение равновесия



последний момент

Второй закон Ньютона на ось x: $m a_x = -kx \Rightarrow a_x + \frac{k}{m}x = 0$ —

дифр. ур-ние гармонических колебаний, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$. Решение есть:

$$x(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t), \text{ начие: } x(0) = \frac{11}{4} l_0, \quad v(0) = 0$$

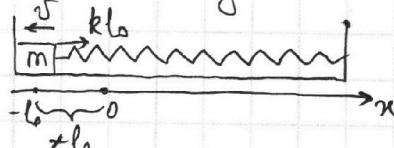
$$x(0) = A \cos(0) + B \sin(0) = A \Rightarrow A = \frac{11}{4} l_0$$

$$v(t) = x'(t) = -A\omega \sin(\omega t) + B\omega \cos(\omega t), \quad v(0) = -A\omega \sin(0) +$$

$$+ B\omega \cos(0) = B\omega \Rightarrow B = 0 \quad \text{Значит, } x(t) = \frac{11}{4} l_0 \cos(\omega t).$$

Пусть момент времени непосредственно перед первым ударом

$t = T_1$. Тогда $x(T_1) = -l_0$:



$$\text{Значит, } \frac{11}{4} l_0 \cos(\omega T_1) = -l_0$$

$$\Rightarrow \cos(\omega T_1) = -\frac{4}{11} \Rightarrow \omega T_1 = \arccos\left(-\frac{4}{11}\right)$$

$$T_1 = \frac{1}{\omega} \arccos\left(-\frac{4}{11}\right) = \sqrt{\frac{m}{k}} \arccos\left(-\frac{4}{11}\right)$$

При движении тела сразу после первого удара его ур-ние так же будет выглядеть $x(t) = A \cos(\omega t)$, но $A = \frac{5}{2} l_0$, так как максимальное сжатие пружины равно $\frac{5}{2} l_0$ при этом движении.



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
4 ИЗ 4

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!

$$x(t) = \frac{5}{2} l_0 \cos(\omega t)$$

при этом тело пройдёт от уступа до конца пружины при сжатии пружины за то же время, что и от конца пружины до уступа.

$$\Rightarrow \cos(\omega \tau_2) = -\frac{2}{5} \Rightarrow \omega \tau_2 = \arccos\left(-\frac{2}{5}\right)$$

$$\Rightarrow \tau_2 = \sqrt{\frac{m}{k}} \arccos\left(-\frac{2}{5}\right)$$

- время от первого удара до макс. сжатия пружины

Значит, всего от момента отпускания тела до момента максимального сжатия пружины после первого удара прошло

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\arccos\left(-\frac{4}{11}\right) + \arccos\left(-\frac{2}{5}\right) \right)$$

Ответ: 1) $\tau_1 = \frac{11}{4} l_0 \sqrt{\frac{k}{m}}$

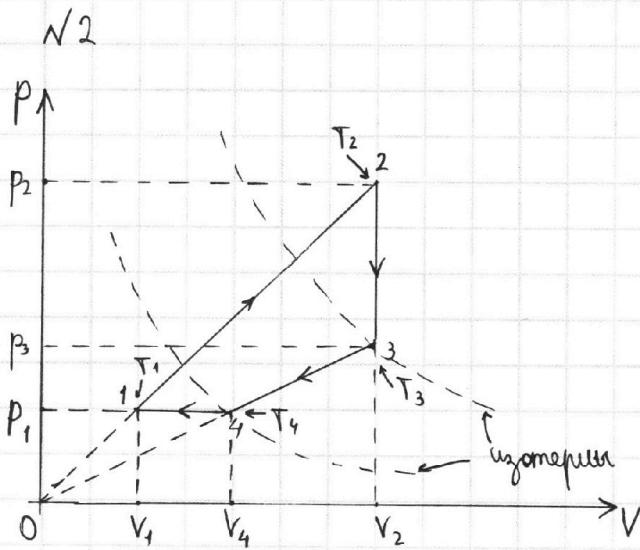
2) $x_2 = \frac{\sqrt{130}}{5} l_0$

3) $\tau = \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\arccos\left(-\frac{4}{11}\right) + \arccos\left(-\frac{2}{5}\right) \right)$

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.

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!



1) рассмотрим процесс 4-1:
по первому закону термодинамики

$$Q_{41} = \Delta U_{41} + \Delta U_{41}$$

$$\Delta U_{41} = p_1(V_1 - V_4) =$$

$$= p_1 V_1 - p_1 V_4 = \Delta R T_1 - \Delta R T_4 =$$

$$= \Delta R (T_1 - T_4)$$

$$\Delta U_{41} = \frac{i}{2} \Delta R (T_1 - T_4) \Rightarrow Q_{41} = \left(\frac{i}{2} + 1\right) \Delta R (T_1 - T_4)$$

Рассмотрим процесс 3-4: $Q_{34} = \Delta U_{34} + \Delta U_{34}$,

$$\Delta U_{34} = \frac{1}{2} (p_1 + p_3)(V_4 - V_2) = \frac{1}{2} (p_1 V_4 - p_1 V_2 + p_3 V_4 - p_3 V_2)$$

м.к. график лежит на прямой, проходящей через начало координат,

$$\text{т.к. } \frac{p_1}{V_4} = \frac{p_3}{V_2} \Rightarrow p_1 V_2 = p_3 V_4 \Rightarrow \Delta U_{34} = \frac{1}{2} (p_1 V_4 - p_3 V_2) =$$

$$= \frac{1}{2} (\Delta R T_4 - \Delta R T_3) = \frac{1}{2} \Delta R (T_4 - T_3)$$

$$\Delta U_{34} = \frac{i}{2} \Delta R (T_4 - T_3) \Rightarrow Q_{34} = \Delta R (T_4 - T_3) \left(\frac{1}{2} + \frac{i}{2}\right) = \frac{i+1}{2} \Delta R (T_4 - T_3)$$

$$\text{Последнее } Q_{34} = C_{34} \cdot \Delta (T_4 - T_3) = 3 \Delta R (T_4 - T_3) \Rightarrow \frac{i+1}{2} \Delta R (T_4 - T_3) =$$

$$= 3 \Delta R (T_4 - T_3) \Rightarrow \frac{i+1}{2} = 3 \Rightarrow i+1 = 6 \Rightarrow i = 5$$

Итога для процесса 4-1: $Q_{41} = \left(\frac{5}{2} + 1\right) \Delta R (T_1 - T_4) = C_{41} \Delta (T_1 - T_4)$

$$\Rightarrow C_{41} = \left(\frac{5}{2} + 1\right) R = \frac{7}{2} R \quad - \text{изотермическая теплоемкость газа}$$

в процессе 4-1.

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

СТРАНИЦА
2 из 3

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

2) рассмотрим весь цикл: $\oint_{12341} = \oint_{\Sigma} = \Delta U_{12341} + Q_{12341} =$

$$= 0 + Q_{12341} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41}$$

для процесса 4-1: $Q_{41} = \frac{3}{2} \Delta R(T_1 - T_4)$, $Q_{41} = -Q$, $T_4 = \frac{5}{2} T_1$

$$\Rightarrow Q = \frac{3}{2} \Delta R \left(\frac{5}{2} T_1 - T_1 \right) \Rightarrow Q = \frac{3}{2} \Delta R \cdot \frac{3}{2} T_1 \Rightarrow \Delta R T_1 = \frac{4}{21} Q$$

$$\Rightarrow p_1 V_1 = \frac{4}{21} Q, \text{ тогда } p_1 V_4 = \Delta R T_4 = \frac{5}{2} \Delta R T_1 = \frac{5}{2} \cdot \frac{4}{21} Q = \frac{10}{21} Q$$

рассмотрим процесс 1-2: $Q_{12} = \oint_{12} + \Delta U_{12}$

$$\oint_{12} = \frac{1}{2} (p_1 + p_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1),$$

запишем 1-2 проходит через начало координат $\Rightarrow \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$

$$\Rightarrow p_1 V_2 = p_2 V_1 \Rightarrow \oint_{12} = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} \Delta R (T_2 - T_1)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{1}{2} \Delta R (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} \Delta R (T_2 - T_1) \Rightarrow Q_{12} = 3 \Delta R (T_2 - T_1)$$

рассмотрим процесс 2-3: $Q_{23} = \oint_{23} + \Delta U_{23} = 0 + \Delta U_{23} = \Delta U_{23}$

$$\Rightarrow -Q = \frac{5}{2} \Delta R (T_3 - T_2) \Rightarrow Q = \frac{5}{2} \Delta R (T_3 - T_2) \Rightarrow \Delta R (T_3 - T_2) = \frac{2}{5} Q$$

для процесса 3-4: $Q_{34} = 3 \Delta R (T_4 - T_3)$

Значит, $\oint_{\Sigma} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41} = 3 \Delta R (T_2 - T_1) + (-Q) +$

$$+ 3 \Delta R (T_4 - T_3) + (-Q) = 3 \Delta R (T_2 - T_1) + 3 \Delta R (T_4 - T_3) - 2Q =$$

$$= 3 \cdot \frac{2}{5} Q + 3 (\Delta R T_4 - \Delta R T_1) - 2Q = \frac{6}{5} Q + 3 \left(\frac{10}{21} Q - \frac{4}{21} Q \right) - 2Q =$$

$$= \frac{6}{5} Q + 3 \cdot \frac{2}{7} Q - 2Q = \frac{6}{5} Q + \frac{6}{7} Q - 2Q = \frac{2}{35} Q - \text{правома}$$

раза за чеки.

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

СТРАНИЦА
3 из 3

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

3) КПД цикла: $\eta = \frac{\dot{A}_\Sigma}{Q_H}$

Известно, что темпера отводишь в процессах 2-3 и 4-1.

Она также отводишь в процессе 3-4, т.к. газ совершает отрицательную работу в ней, и температура уменьшается ($\Delta U_{34} < 0$) \Rightarrow темпера ^{подводишь} ~~отводишь~~ к газу только в процессе

$$1-2 \Rightarrow Q_H = Q_{12}$$

^{Уп-ние Менделеева - Капелюна для газа:} $p_1 V_1 = \nabla R T_1$, $p_2 V_2 = \nabla R T_2$, $p_3 V_2 = \nabla R T_3$

$$\downarrow p_{12} V_4 = \nabla R T_4 \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{p_{12} V_4} = \frac{T_1}{T_4} \Rightarrow \frac{V_1}{V_4} = \frac{T_1}{T_4} = \frac{2}{5} \Rightarrow V_4 = \frac{5}{2} V_1$$

$$\text{для процесса } 1-2: \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}, \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 \quad (1)$$

$$\text{для процесса } 3-4: \frac{p_3 V_3}{p_4 V_4} = \frac{T_3}{T_4} \Rightarrow \frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^2 \quad (2)$$

$$(1) \cdot (2) \Rightarrow \frac{T_1 \cdot T_3}{T_2 \cdot T_4} = \left(\frac{V_1 \cdot V_3}{V_2 \cdot V_4} \right)^2 \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{2}{5} = \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^2 \cdot \left(\frac{2}{5} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{2}{5} \cdot \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^2, \quad V_3 = V_2 \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{2}{5} \Rightarrow T_3 = \frac{2}{5} T_2$$

$$\text{Для процесса } 2-3: -Q = \nabla R (T_2 - T_3) = \frac{2}{5} Q \Rightarrow \nabla R (T_2 - \frac{2}{5} T_2) = \frac{2}{5} Q$$

$$\Rightarrow \nabla R \cdot \frac{3}{5} T_2 = \frac{2}{5} Q \Rightarrow \nabla R T_2 = \frac{2}{3} Q$$

$$\text{Тогда } Q_{12} = 3\nabla R (T_2 - T_1) = 3\nabla R T_2 - 3\nabla R T_1 = 3 \cdot \frac{2}{3} Q - 3 \cdot \frac{4}{21} Q = \frac{10}{7} Q$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\dot{A}_\Sigma}{Q_H} = \frac{\frac{2}{3} Q}{\frac{10}{7} Q} = \frac{2}{35} \cdot \frac{7}{10} = \frac{1}{5 \cdot 5} = \frac{1}{25} = 4\% \cdot 100\% = 4\%$$

Ответ: 1) $C_{41} = \frac{7}{2} R$

2) $A_\Sigma = \frac{2}{35} Q$

3) $\eta = 4\%$



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 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

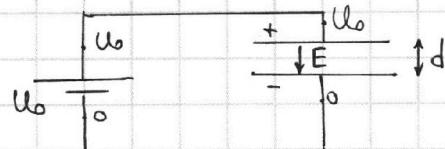
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

№3

1) Из графика при $x = 0$ $E_0 = 2 \frac{kV}{m}$ — пластины из диэлектрика

в конденсаторе нет.



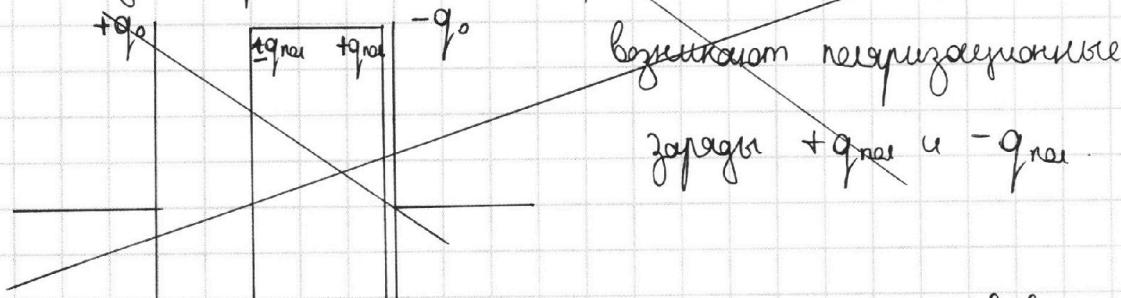
Напряжение на конденсаторе равно U_0 , $E_0 = \frac{U_0}{d}$

$$\Rightarrow U_0 = E_0 \cdot d = 2 \frac{kV}{m} \cdot 12 \text{ mm} = 2 \cdot 10^3 \frac{V}{m} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 24 \text{ V}$$

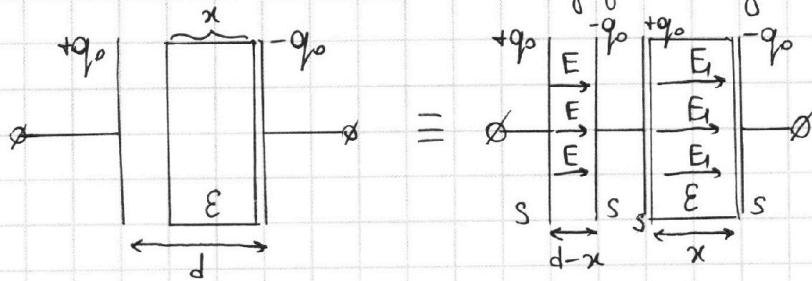
2) Рассмотрим конденсатор при движении пластины $x = 8 \text{ mm}$.

Из графика $E = 4 \frac{kV}{m}$ в воздушном зазоре. Напряжение

на конденсаторе U_0 . В электрическом поле на ~~край~~ диэлектрика



Такой конденсатор эквивалентен двум последовательно соединенным конденсаторам.



Пусть заряд на ~~одном~~ ~~одном~~ конденсаторе равен $+q_0$ и $-q_0$.

Тогда напряжение в правом конденсаторе равно $E = 4 \frac{kV}{m}$.

$$E = \frac{q_0}{\epsilon_0 S}, \text{ где } S - \text{площадь обкладок} \quad (E = \frac{U}{d-x} = \frac{q_0}{C \cdot (d-x)} = \frac{q_0}{\epsilon_0 S (d-x)} = \frac{q_0}{\epsilon_0 S})$$



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 правом конденсаторе напряжение равно $E_1 = \frac{q_0}{\epsilon \cdot \epsilon_0 S} = \frac{E}{\epsilon}$
 $(E_1 = \frac{U_2}{d-x} = \frac{q_0}{C \cdot d-x} = \frac{q_0}{\epsilon \cdot \epsilon_0 S \cdot x} = \frac{q_0}{\epsilon \cdot \epsilon_0 S})$

Напряжения на левом и правом конденсаторах равны

$$U_1 = E \cdot (d-x) \text{ и } U_2 = E_1 \cdot x , \quad U_1 + U_2 = U_0$$

$$\Rightarrow E \cdot (d-x) + E_1 \cdot x = U_0 \Rightarrow E(d-x) + \frac{E}{\epsilon} \cdot x = U_0$$

$$\Rightarrow \frac{E}{\epsilon} x = U_0 - E(d-x) \Rightarrow \epsilon = \frac{E \cdot x}{U_0 - E(d-x)}$$

$$\Rightarrow \epsilon = \frac{4 \cdot 10^3 \frac{V}{m} \cdot 8 \cdot 10^{-3} m}{24V - 4 \cdot 10^3 \frac{V}{m} (12-8) \cdot 10^{-3} m} = \frac{32}{24-4 \cdot 4} = \frac{32}{24-16} = \frac{32}{8} = 4$$

Ответ: 1) $U_0 = 24 V$

2) $\epsilon = 4$.



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 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!

N4

1) Магнитный поток через катушку при индукции B равен

$\Phi = B \cdot S_1 \cdot n \cos 0^\circ = nBS_1$, при выкожении пластика катушке появляется E_i ($\exists DC$ индукции), равное $E_i = -\Phi'(t)$

$$E_i = -nS_1B(t).$$

Сила тока возрастает линейно: $I = k \cdot t$, $k = \text{const}$.

Значит, $I_1 = kT \Rightarrow k = \frac{I_1}{T}$. Так как ток в катушке возрастает линейно, то скорость возрастания тока в ней постоянна во время выкожения пластика и равна $I'(t) = (kt)' = \frac{I_1}{T}$

$$\Rightarrow I'(\tau/3) = \frac{I_1}{T}$$

2) Магнитный поток через катушку равен $\Phi = B(t) \cdot S_1 \cdot n$, во время выкожения магнитного поля в катушке возникает $\exists DC$ индукции, равное $E_i = -\Phi'(t)$. Значит, на резисторе возникает напряжение $E_i = IR$, где I — сила тока через катушку и резистор, $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$, где Δq — заряд, протекший через резистор. $\Rightarrow \frac{\Delta q}{\Delta t} R = -nS_1 \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q/R = -nS_1 \Delta B / \Delta t$ — просуммировано это соотношение от момента времени $t=0$ до момента выкожения поля $t=\tau$: $R(q_1 - 0) = -nS_1(0 - B_0)$

$$\Rightarrow Rq_1 = nS_1B_0 \Rightarrow q_1 = \frac{nS_1B_0}{R} - \text{заряд, протекший через}$$

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

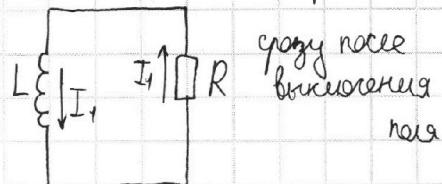
СТРАНИЦА
2 из 3

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!

резистор во время выключения поля.

Бесконечная цепь, состоящая из катушки с резистором, после выключения магнитного поля.

Сразу после выключения поля ток через катушку скажем не меняется и обозначим током I_1 .



сразу после выключения поля

Связь напряжений на катушке и резисторе: $L \frac{dI}{dt} = -IR$

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta q_2}{\Delta t} R \Rightarrow L \Delta I = \Delta q_2 R \text{ - проинтегрируем от момента } t=0,$$

когда ток в цепи I_1 , до момента $t=t_0$ ум., когда ток в цепи 0:

$$L(0-I_1) = -R(q_2-0) \Rightarrow L I_1 = R q_2 \Rightarrow q_2 = L \frac{I_1}{R} \text{ - заряд,}$$

протёкший через резистор, после выключения магнитного поля.

$$\Rightarrow \text{Всего через резистор протекут заряд } q = q_1 + q_2 = \frac{n S_i B_0}{R} + \frac{L I_1}{R}$$

~~Ответ:~~ 1) $\frac{I_1}{t}$ за всё время, это выходит излишне
2) ~~note:~~

Во время выключения магнитного поля: $E_i = -n S_i \frac{\Delta B}{\Delta t}$,

$$E_i = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -n S_i \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow L \Delta I = -n S_i \Delta B \text{ - проинтегрируем}$$

это соотношение за всё время T выключения магнитного

$$\text{поля: } L(I_1 - 0) = -n S_i (0 - B_0) \Rightarrow L I_1 = n S_i B_0$$

Значит, через резистор протекут заряд $q = \frac{n S_i B_0}{R} + \frac{n S_i B_0}{R} =$

$$= \frac{2n S_i B_0}{R} \text{ от момента начала выключения поля до момента,}$$

когда ток через резистор станет нульевым. -



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!

$$3) LI_1 = nB_0S_1 \Rightarrow L = \frac{nB_0S_1}{I_1} - \text{чтобы уменьшить катушки.}$$

Объем: 1) $I'(\frac{I}{3}) = \frac{I_1}{\tau}$

2) $q = \frac{2nB_0S_1}{R}$

3) $L = \frac{nB_0S_1}{I_1}$



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 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!

N5

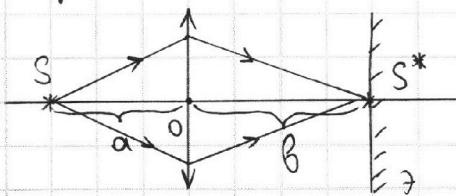
1) Оптическая сила тонкой линзы D вычисляется по формуле:

$D = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$, где n_2 - показатель преломления среды линзы, n_1 - показатель преломления среды вокруг линзы, $R_1 = R$ - радиус кривизны плосковыпуклой линзы, $R_2 \rightarrow \infty$ (н.к. с другой стороны линзы)

$$\Rightarrow D = (n-1) \cdot \frac{1}{R}, \quad D = \frac{1}{F}, \quad \text{где } F - \text{фокусное расстояние}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{n-1}{R} \Rightarrow F = \frac{R}{n-1}$$

2) Гасим путь как тонкую плосковыпуклую линзу: линза собирающая.



По формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{ab}{a+b}$$

$$\Rightarrow F = \frac{ab}{a+b}$$

$$\text{Учебник}, \text{что при } a_1 = 12 \text{ см} \Rightarrow F_1 = \frac{12 \text{ см} \cdot 6 \text{ см}}{12 \text{ см} + 6 \text{ см}} = \frac{12 \cdot 6}{18} \text{ см} = 4 \text{ см},$$

$$U_1 = 1B, \text{ при } a_2 = 18 \text{ см} \Rightarrow F_2 = \frac{18 \text{ см} \cdot 6 \text{ см}}{18 \text{ см} + 6 \text{ см}} = \frac{18 \cdot 6}{24} \text{ см} = 4,5 \text{ см},$$

$$U_2 = 2B.$$

$$R = F(n-1) \Rightarrow R_1 = F_1(n-1) = 4 \text{ см} \cdot 0,4 = 1,6 \text{ см},$$

$$R_2 = F_2(n-1) = 4,5 \text{ см} \cdot 0,4 = 1,8 \text{ см}. \quad \text{- радиус кривизны каны.}$$

Радиус кривизны каны меняется по линейному закону

$$\Rightarrow R = k \cdot U + b, \quad \text{где } k = \text{const} \text{ и } b = \text{const} - \text{контричность}$$



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!

Решим систему:

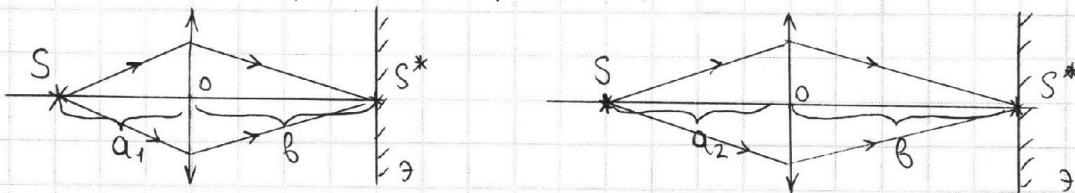
$$\begin{cases} R_1 = kU_1 + b \\ R_2 = kU_2 + b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 1,6 \stackrel{\text{см}}{=} k \cdot 1 \stackrel{1\text{В}}{=} b + b \quad (1) \\ 1,8 \stackrel{\text{см}}{=} k \cdot 2 \stackrel{1\text{В}}{=} b + b \quad (2) \end{cases} \xrightarrow{\text{Вычитаем } (2)-(1)} 0,2 \stackrel{\text{см}}{=} k \cdot 1 \stackrel{1\text{В}}{=} \Rightarrow k = 0,2 \frac{\text{см}}{\text{В}}$$

$$\Rightarrow b = 1,6 \stackrel{\text{см}}{=} - 1 \stackrel{1\text{В}}{=} \cdot 0,2 \frac{\text{см}}{\text{В}} = 1,6 - 0,2 = 1,4 \stackrel{\text{см}}{=}$$

$$\Rightarrow \text{закон } R = 0,2 \frac{\text{см}}{\text{В}} \cdot U + 1,4 \stackrel{\text{см}}{=}$$

Многа при $U=0$ $R_0 = 1,4 \stackrel{\text{см}}{=}$.

3) Рассмотрим первое и второе изображения:



В первом случае увеличение изображения равно $\Gamma_1 = \frac{b}{a_1} = \frac{6 \text{ см}}{12 \text{ см}} = \frac{1}{2}$,

$$\text{в втором случае } \Gamma_2 = \frac{b}{a_2} = \frac{6 \text{ см}}{18 \text{ см}} = \frac{1}{3}$$

Значит, в первом случае радиус изображения относится к радиусу светодиода как $\frac{r_1}{r_0} = \frac{1}{2}$, во втором — $\frac{r_2}{r_0} = \frac{1}{3}$ (т.к. шарик — это шарик — светодиод) $\Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \frac{3}{2}$. Многа находит из-за этого относится как $\frac{S_1}{S_2} = \frac{\bar{n}r_1^2}{\bar{n}r_2^2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \frac{9}{4}$. Многа освещение know относится как $\frac{E_1}{E_2} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{9}{4}$

Ответ: 1) $F = \frac{R}{n-1}$; 2) $R_0 = 1,4 \stackrel{\text{см}}{=}$

3) $\frac{E_1}{E_2} = \frac{9}{4}$.



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

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА
_ из _

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

Чертёжник

$$\frac{E_{\text{конце}}}{E_{\text{изг}}} = n = \text{const}$$

$$E_{\text{изг}} + \frac{k l^2}{2} = 0 + k \frac{\left(\frac{11}{4} l_0\right)^2}{2} \Rightarrow E_{\text{изг}} = \frac{k}{2} l_0^2 \cdot \left(\frac{11}{4}\right)^2 - \frac{k l^2}{2} = \frac{k l^2}{2} \left(\frac{121}{16} - 1\right)$$

$$\frac{121}{16} \quad \frac{121}{16}$$

$$\frac{7 \cdot 4}{35} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{3}{20} \quad \frac{5}{130}$$

$$\frac{105}{9} \quad \frac{3}{35} \quad \frac{3}{105}$$

$$130 = 5 \cdot 26 = 5 \cdot 2 \cdot 13 \quad \frac{130}{30} \quad \frac{5}{26}$$

$$Q = C_v dT$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{5}{2} \Rightarrow T_4 = \frac{5}{2} T_1$$

$$Q_{41} = C_{41} \nabla (T_1 - T_4) = C_{41} \nabla \left(T_1 - \frac{5}{2} T_1\right) = -C_{41} \nabla \frac{3}{2} T_1$$

$$\text{процесс 2-3: } Q_{23} = \Delta U_{23} \Rightarrow \frac{1}{2} \nabla R(T_3 - T_2) = -Q$$

$$\text{процесс 3-4: } Q_{34} = C_{34} \nabla (T_4 - T_3) = 3 \nabla R(T_4 - T_3)$$

$$Q_{34} = \Delta U_{34} + \Delta U_{34}, \quad \frac{6}{2} = \frac{2}{7} \quad \frac{P_3 V_2}{P_4 V_4} = \frac{T_3}{T_4} \quad \frac{35}{70}$$

$$42+30=72 \quad \frac{42+30}{35} = \frac{72}{35} \quad Q - 2Q = \frac{72-70}{35} = \frac{2}{35} Q \quad E_1 = \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{E}{\epsilon}$$

$$\frac{72-70}{35} \quad Q_{12} = 3 \nabla R(T_2 - T_1) \quad \frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_2}{V_4}\right)^2$$

$$2Q - \frac{4}{7}Q = \frac{14-4}{7}Q = \frac{10}{7}Q \quad Q_{34} = 3 \nabla R(T_4 - T_3) \quad \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{2}{7} \nabla R(T_4 - T_3) \quad \nabla R(T_1 - T_2) = \frac{2}{5} Q$$

$$\nabla R(T_2 - T_3) = \frac{2}{5} Q$$

$$\nabla R(T_4 - T_1)$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} \Rightarrow \frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^2$$

$$\frac{q}{S} = E \cdot \epsilon_0$$

$$\frac{U}{d} = \frac{q}{C d} =$$

$$Q_{12} + Q_{34} = \frac{2}{35} Q + 2Q = \frac{72}{35} Q$$

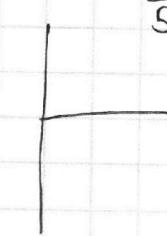
$$\frac{T_1 \cdot T_3}{T_2 \cdot T_4} = \left(\frac{V_1 \cdot V_3}{V_2 \cdot V_4}\right)^2$$

$$E_{\text{од}} + E_{\text{1д}} = U_0$$

$$E = \frac{U}{d} \quad \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{2}{5} \cdot \frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{2}{5}\right)^2 \cdot \frac{V_3}{V_2}$$

$$+\frac{q_0}{d} \rightarrow -\frac{q_0}{d} + \frac{q_0}{d} - \frac{q_0}{d} (E + \frac{E}{\epsilon}) d = U_0$$



$$E = \frac{U}{d} \quad \frac{q}{\epsilon_0 S} \quad U_1 = E_0 d \quad U_2 = E_1 d$$

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

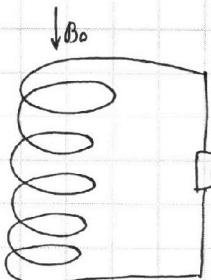


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

СТРАНИЦА
ИЗ

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

$$I = k \cdot t$$



Черновик

$$B_0, \quad \Phi = B_0 S_1 \cos 0^\circ = B_0 S_1$$

$$\mathcal{E}_i = -\Phi'_t = -\frac{\Delta B_0}{\Delta t} \cdot S_1$$

$$\Rightarrow \mathcal{E}_i = n S_1 \left(-\frac{\Delta B_0}{\Delta t} \right)$$

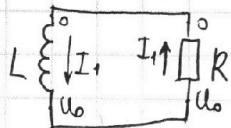
$$\mathcal{E}_i \neq 0 \text{ cm } 0 \text{ go } \frac{n S_1 B_0}{T}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{1}{R} \cdot \mathcal{E}_i' \quad \Phi = n B_0 S_1$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{n B_0 S_1 - 0}{T} = \frac{n B_0 S_1}{T}, \quad I = \frac{\mathcal{E}_i'}{R} = \frac{1}{R} n B_0 S_1 \left(\frac{T}{3} \right)^{-1} = \frac{n B_0 S_1}{3R} (1 T^{-2}) =$$

$$= \frac{n B_0 S_1}{3R \cdot T^2}$$

$$\Delta q R = n \cdot S_1 \Delta B_0 \Rightarrow \Delta q = \frac{n S_1 B_0}{R}$$



$$LI_1' = -I_1 R$$

$$L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = -\frac{\Delta q}{\Delta t} R \Rightarrow L \Delta I_1 = \Delta q R$$

$$\Rightarrow LI_1 = q_2 R \Rightarrow q_2 = \frac{LI_1}{R}$$

$$\frac{3 \cdot 6}{4} = \frac{33}{2}$$

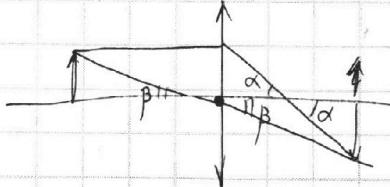
$$\frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \sin \alpha}{r^2}$$

$$\frac{I}{n}$$

$$\frac{18 \cdot 6}{24} = \frac{18}{4} = \frac{9}{2}$$

$$\frac{9^2 \cdot 5}{0,4 \cdot 130}$$

$$R = k\alpha + b$$



$$\frac{Y}{A} \quad D = \left(\frac{n_{\text{пред}}}{n_{\text{посл}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{R} (n-1) \Rightarrow F = \frac{R}{n-1}$$

$$\frac{1,6}{0,4} = \frac{16}{4} = 4$$

$$\frac{16}{94} = \frac{16}{4} = \frac{8}{2} = 4,5$$