



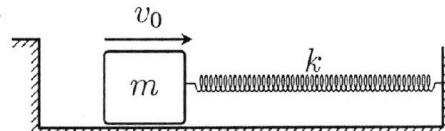
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06



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

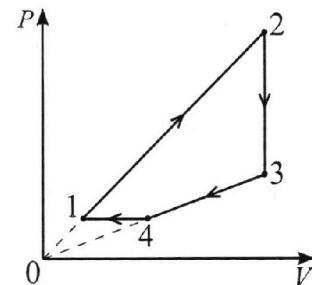
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет со скоростью v_0 . В момент времени $t_0 = 0$ телу в положении равновесия придают скорость $23v_0/9$, направленную к стене. После первого удара тела о уступ тело проходит положение равновесия со скоростью $7v_0/3$. 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 максимальное сжатие пружины до первого удара.
- 2) Определите скорость прохождения телом-положения равновесия после второго удара.
- 3) В какой момент времени t_1 тело пройдет положение равновесия после первого удара?

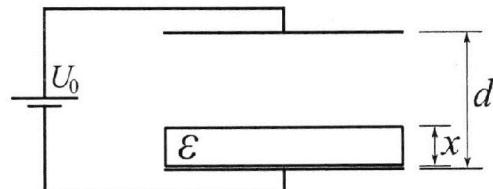
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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 1-2 равна $C = 7R/2$, R – универсальная газовая постоянная. Отношение температур $T_2/T_3 = 12/5$.

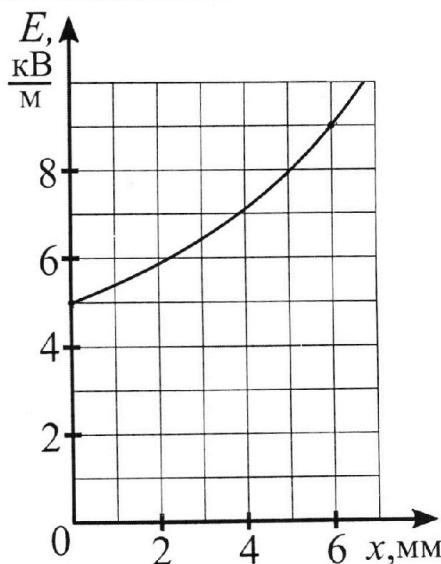


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 2-3.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

3. Плоский конденсатор подсоединен к источнику постоянного напряжения. Расстояние между обкладками $d = 9$ 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.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

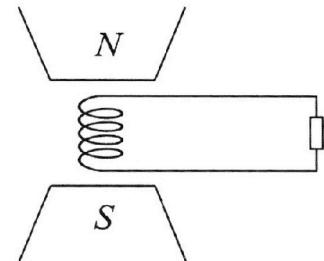


В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

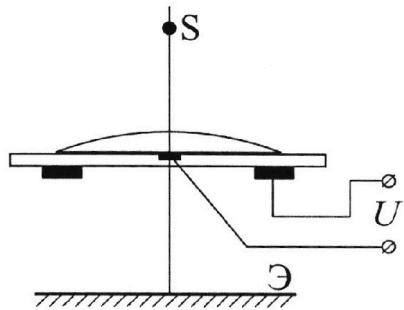
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения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

- 1) Найти скорость возрастания тока через время $\tau/4$ от начала выключения.
- 2) Найти заряд q , протекший через катушку от момента, когда ток в катушке был I_1 , до момента, когда ток через катушку станет нулевым.
- 3) Найти начальную индукцию B_1 внешнего магнитного поля.

Сопротивлением катушки и соединительных проводов пренебречь.



5. Капля электропроводящей прозрачной жидкости с показателем преломления $n = 4/3$ 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 $b = 24$ 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. При нулевом напряжении радиус кривизны $R_0 = 2$ см. При напряжении U_1 на экране получено изображение светодиода с увеличением $\Gamma_1 = 5/3$, а при напряжении U_2 получено изображение с увеличением $\Gamma_2 = 1/3$.



- 1) Выберите формулу для фокусного расстояния F плосковыпуклой тонкой линзы в зависимости от радиуса кривизны R и показателя преломления n .
- 2) Определите U_2/U_1 .
- 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.



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

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!

$$V_2 = \frac{R_2 - R_0}{R_1 - R_0} = \frac{6-2}{3-2} = 4$$

$$3) \text{ Пусть } V_1 = \frac{23\sqrt{6}}{9}; V_2 = \frac{7\sqrt{6}}{3}$$

1) Задача:

$$\cancel{\frac{m V_1^2}{2}} = \frac{k t^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{m}{k} V_1^2 \Rightarrow t = \frac{23\sqrt{6}}{9} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$2) \frac{m V_1^2}{2} + \frac{m V_2^2}{2} = \frac{23^2 \cdot 28^2}{9^2} \cdot \frac{g}{49 \cdot k} = \frac{529}{9 \cdot 49}$$

3) По закону Г.К. Всё энергия занесённая пружиной
высвобождается \Rightarrow В первом броске второго удара
равна V_1

4) Передавая часть энергии:

$$\frac{m V_1^2}{2} + \frac{k t^2}{2} = \frac{m V_2^2}{2}$$

После второго:

$$\frac{m V_2^2}{2} + \frac{k L^2}{2} = \frac{m V_3^2}{2}$$

$$m (V_2^2 - V_3^2) = (V_{yg2}^2 - V_{yg3}^2)$$



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 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
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!

N 2

1) Проведи 1-2-проточку через начальную координату \Rightarrow

\Rightarrow проточку параллель \Rightarrow показатель политропы $n = -1$

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_V} \Rightarrow n(C - C_V) = C - C_V - R \quad (1)$$

$C_p = C_V + R$ - Упр-ие находит для изоэнтропии газа, что C_V -конст. в изоархим. ур-е
 $(C_p - \text{конст. в изоархим. ур-е})$

$$(1) \quad nC - nC_V = C - C_V - R$$

$$-nC_V + C_V = C - nC - R$$

$$-(-1)C_V + C_V = C - (-1)C - R$$

$$2C_V = 2C - R$$

$$C_V = C - \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R - \frac{R}{2} = 3R$$

III.к. проводи 2-3-изоархим. $\Rightarrow [C_{2-3} = C_V = 3R] \Rightarrow l_p = 4R$

III.к. C_V для изоэнтропии газа равна $C_V = \frac{\partial Q}{\partial T} = \frac{\frac{1}{2}JRdT}{dT} + \frac{PdV}{dV} =$

$$= \frac{1}{2}R \Rightarrow i = 6 \Rightarrow \text{ищут пресжатие}$$

2) Работа участка цикла можно считать как разность под Умфрием в PV-координатах:

$$\begin{aligned} t_{1-2}: \quad A_{1-2} &= \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1 + p_1 V_2 - p_2 V_1) = \\ &= \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2}JR(T_2 - T_1) \end{aligned}$$

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
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!

$$A_{2-3} = 0 \text{ т.к. изолирован.}$$

$$A_{3-4} = -\frac{1}{2}(p_3 + p_4)(V_3 - V_4); \text{ Аналогично } A_{1-2} \text{ не получаем}$$

$$A_{3-4} = -\frac{1}{2}JR(T_3 - T_4)$$

$$A_{4-1}: \text{ Изобарик: } A = p(V_4 - V_1) \quad A_{4-1} = -p(V_4 - V_1) \Rightarrow A_{4-1} = -JR(T_4 - T_1)$$

$$\left. \begin{array}{l} pV_4 = JR T_4 \\ pV_3 = JR T_3 \end{array} \right\}$$

Работа цикла (замкнутого) равна сумме работ все участников, т.е. между собой под группами:

$$\begin{aligned} A &= A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-4} + A_{4-1} = \frac{1}{2}JR(T_2 - T_1) + 0 - \frac{1}{2}JR(T_3 - T_4) - \\ &- JR(T_4 - T_1) = \frac{1}{2}JR T_2 - \frac{1}{2}JR T_1 - \frac{1}{2}JR T_3 + \frac{1}{2}JR T_4 - JR T_4 + \\ &+ JR T_1 = \frac{1}{2}JR T_2 + \frac{1}{2}JR T_1 - \frac{1}{2}JR T_3 - \frac{1}{2}JR T_4 \quad (2) \end{aligned}$$

Проверка отведенное B прошлое:

$$2-3: Q_{2-3} = JR(V_2 - V_3) > 0$$

$$Q_{2-3} = 3JR(T_2 - T_3) \Rightarrow JR(T_2 - T_3) = \underline{\underline{\frac{Q}{3}}} > 0 \quad (3)$$

$$4-1: Q_{4-1} = JR(p(V_4 - V_1)) > 0$$

$$Q_{4-1} = 4JR(T_4 - T_1) \Rightarrow JR(T_4 - T_1) = \underline{\underline{\frac{Q}{4}}} > 0 \quad (4)$$

$$A = \frac{1}{2}JR(T_2 - T_3) - \frac{1}{2}JR(T_4 - T_1)$$

Подставим (3) и (4) в (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
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!

$$A = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} - \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{4} = \frac{1}{2} \left(\frac{4-3}{12} \right) = \frac{1}{24} > 0$$

$$A = \frac{1}{24}$$

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**.

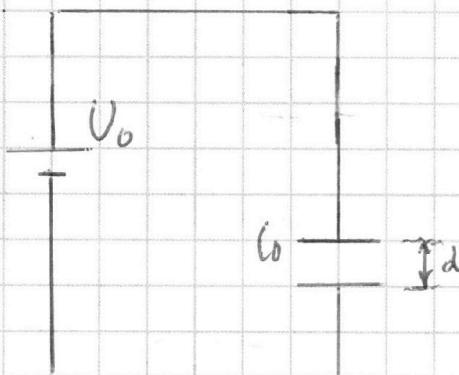
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input 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!

N3

1) Из графика: при $t=0 \Rightarrow E = 0 \text{ В/м} \Rightarrow E_0 = 5 \frac{\text{В}}{\text{м}} = 5 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$
При замкнутом диполе $x=0$; эквивалентная схема.



III. n. диполю закрыт в кон-ре

$$\text{так} \Rightarrow V_C = E_0 d \Rightarrow V_0 = E_0 d.$$

III. n. конденсатор подключен

$$\text{параллельно к источнику} \Rightarrow V_C = V_0$$

В учете добавлены резистор

$$V_0 = 5000 \cdot 5 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 45 \text{ В}$$

$$(V_0 = 45 \text{ В})$$

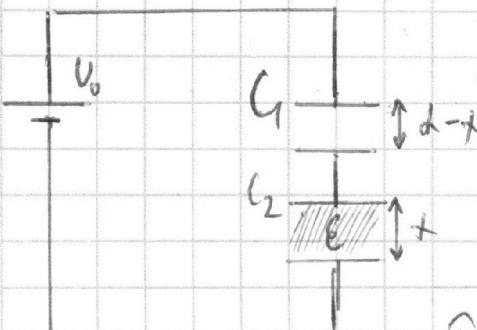
2) Из графика: при $t=6 \text{ мкс} \Rightarrow E$ в вакуумной части

$$\text{кон-ре } E_1 = 9 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \Rightarrow V_1 = E_1 \cdot (d-x) = 9 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 27 \text{ В} \Rightarrow V_2 = 18 \text{ В}$$

$$- V_0 - V_1 = 18 \text{ В} \text{ (м.н. суп. паралл.)}$$

3) Эквивалентная схема:

III. n. нет сопротивления!



$$3 \text{ ГДж} / \Delta t = \Delta W$$

$$\Delta W = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \Rightarrow l_{\text{раб}} = \frac{l_1 l_2}{l_1 + l_2}$$

$$l_{\text{раб}} = l_1 = \frac{E_0 S_1}{d-x}, \quad l_2 = \frac{E_0 S_2}{x}$$

$$\text{III. n. } V_C = \frac{1}{2} V \text{ (половинка)} \Rightarrow V_0 = \frac{d-x}{d} V$$



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

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!

$$4) V_2 = \frac{q_2^2}{C_2} \Rightarrow C_2 = \frac{C_1 V_1}{V_2} \rightarrow \frac{\epsilon_{\text{ф0}}}{\cancel{x}} = \frac{\epsilon_{\text{ф0}} S V_1}{(k-x) V_2} \Rightarrow$$

$$q_2 = q_1 = C_1 V_1 \text{ (н.к. соотв. паралл.)}$$

$$\Rightarrow \epsilon = \frac{\cancel{x} V_1}{(k-x) V_2}$$

$$C_2 = 3$$

$$5) \epsilon = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 22B}{3 \cdot 10^{-3} \cdot 18B} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 9}{18} \Rightarrow \epsilon = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 22B}{3 \cdot 10^{-3} \cdot 18B} = 3$$

$$\text{Объем: } V_0 = 45B, \quad q = 3$$

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

$$V_0^2 \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\epsilon d - x(\epsilon - 1)} = \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} V_2^2 + \frac{\epsilon_0 S}{\epsilon - x} V_1^2 \right) \mid \Rightarrow x(d-x) \cdot 2 \cdot (\epsilon d - x(\epsilon - 1)) \neq 0.$$

$$2V_0^2 x(d-x) \epsilon \epsilon_0 S = \epsilon \epsilon_0 S (d-x) (d-x(\epsilon-1)) V_2^2 + \epsilon_0 S x \cdot (\epsilon d - x(\epsilon-1)) V_1^2$$

~~2V_0^2 x(d-x)~~ ~~записано на~~ ~~\epsilon_0 S~~:

$$2V_0^2 x(d-x) \epsilon = \epsilon (d-x)(\epsilon d - x(\epsilon-1)) V_2^2 + x(\epsilon d - x(\epsilon-1)) V_1^2$$

$$2V_0^2 x(d-x) \epsilon = (\epsilon d(d-x) (-x \epsilon^2 (d-x) + x(x-d)) V_2^2 + x \epsilon d V_1^2 - x^2 \epsilon V_2^2 + x^2 V_1^2$$

~~$$2 \cdot 15^2 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot \epsilon = (\epsilon \cdot 9 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3} - \epsilon^3 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3} + \epsilon \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}) / 18^2$$~~

~~$$+ 6 \cdot 10^{-8} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \cdot 27^2 - 36 \cdot 10^{-6} \cdot (\epsilon \cdot 27^2 + 36 \cdot 10^{-5} \cdot 22 \beta)$$~~

$$= \epsilon^2 x(d-x) - \epsilon (d-x)(d+x) + 2 \frac{V_0^2}{V_2^2} x(d-x) \epsilon - (\epsilon (d-x) V_2^2 + x^2 V_1^2) / x^2 V_1^2$$

$$\epsilon^2 x - \epsilon (d+x) + 2 \frac{V_0^2}{V_2^2} x \epsilon - \epsilon V_1^2 x = \frac{x^2 V_2^2}{d-x}$$

$$\epsilon^2 x - \epsilon^2 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = \epsilon \cdot 15 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot \frac{45^2}{78^2} \cdot 6 \cdot 10^{-3} \epsilon - \epsilon \cdot 27^2 \cdot 10^{-3}$$

$$= \frac{36 \cdot 10^{-6} \cdot 27^2}{3 \cdot 10^{-3}} \mid \cdot 10^{-3},$$

$$6 \epsilon^2 - 15 \epsilon + 75 \epsilon - 2 \cdot 27 \cdot 6 \epsilon = 12 \cdot 27^2$$

$$6 \epsilon^2 + 60 \epsilon - 6 \cdot 27^2 \epsilon = 72 \cdot 27^2$$

$$\epsilon^2 + 10 \epsilon (10 - 27^2) \epsilon = 2 \cdot 27^2 = 0.$$

$$D = 700 - 20 \cdot 27^2 + 27^4 + 8 \cdot 27^2 =$$

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



№

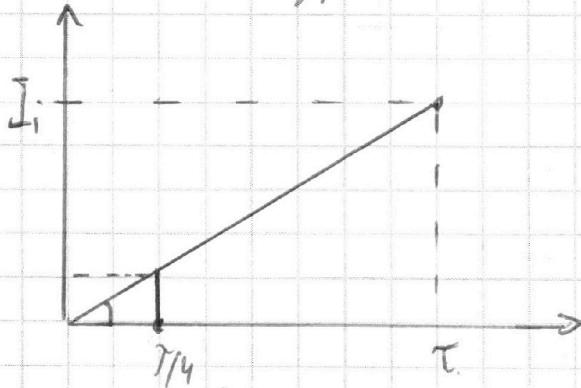
$$\varphi_m = B_1 S_n$$

$$E_{is} = -\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = -\frac{0 - B_1 S_n}{T} = \frac{B_1 S_n}{T} \Rightarrow$$

$\Rightarrow E_{is}$ - соизначаем с I образом

$$I_1 = \frac{E_{is}}{R} = \frac{B_1 S_n}{T R} \Rightarrow \boxed{\frac{I_1 T R}{S_n} = B_1}$$

1) Так как можем вернуться моменту:



$$\text{Из найдем: } \frac{I_1}{I_{T/4}} = \frac{T}{T/4} \Rightarrow I_{T/4} = \frac{I_1}{4}$$

$$= \frac{I_1}{T} \quad (\text{м.к. моменту}) \Rightarrow \boxed{I_{T/4} = \frac{I_1}{2}}$$

2) Задача: Привести кирхгофа:

Метод A

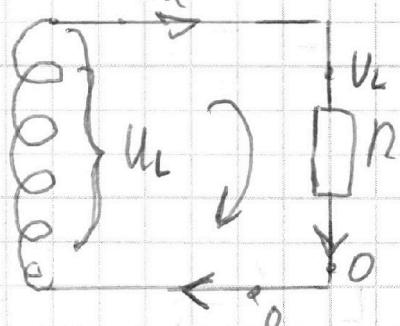
$$\frac{dI}{dt} = I R$$

$$dI = I R dt$$

~~Интегрирование~~



МУП:



Скорость возвращения:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{I_1 - 0}{T/4 - 0} =$$

Первый Кирхгофа:

~~$$\frac{dI}{dt} = dI R$$~~

$$dI = dI R dt$$

$$\Leftrightarrow \int dI = \int dI R dt$$



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
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!

Задачи по правилу Куричево:

$$L \frac{dI}{dt} = d\varphi R$$

$$L dI = d\varphi R$$

Пресуммируем от этого условию ($I_{ym}=0 \Rightarrow \varphi_{ym}=0 \Rightarrow \varphi(t_{ym})=0$)

$$-L \frac{dI}{dt}(0 - I_1) = -R(0 - \varphi)$$

$$\boxed{\frac{L}{R} \cdot I_1 = \varphi} \Rightarrow \varphi = \frac{L}{R} \cdot \frac{B_1 S_1 n}{R E} \Rightarrow \boxed{\varphi = \frac{LB_1 S_1 n}{R^2}}$$

3) В произвольном моменте $t_2 < T$

$$L \left(\frac{B_1 S_1 n - B_2 S_2 n}{R t_2} \right) = \frac{B_1 S_1 n - B_2 S_2 n}{R t_2} R$$

$$(Очевидно: 1) \dot{I}_{ym} = \frac{I_1}{T}; 2) \varphi = \frac{LB_1 S_1 n}{R^2}; 3) B_1 = \frac{I_1 T R}{S_1 n}$$

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

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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

2) Две линзы:

Две линзы:

$$F = \frac{f_1}{d}$$

$$F_1 = \frac{f_1}{d_1} - \frac{f_2}{d_2}, F_2 = \frac{f_2}{d_2} = \frac{1}{3}$$

$$F_1 = \frac{f_1}{d} = \frac{1}{3}$$

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

$$F_2 = \frac{f_2}{d}$$

Зависимость: $R = R_0 + KV$ (K - коэффициент).

Линза первого тонкокомплектная \Rightarrow собирающая; спираль для линзы.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d_1} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{F_1}{F_1 - d_1}$$

2) Ил. к. изображение получено на экране \Rightarrow

$$\Rightarrow F = b = 24 \text{ см} \quad f_1 = f_2 = b = 24 \text{ см} \Rightarrow d_1 = \frac{f_1}{F_1} = \frac{24}{5} = \frac{72}{5}$$

$$d_2 = \frac{f_2}{F_2} = \frac{24}{7} \cdot 3 = 72 \text{ (изображение действительное \Rightarrow линза собирающая)} \\ (+1,5 \text{ очков за формулу)}$$

Формула второй линзы:

$$\frac{1}{F_1} - \frac{1}{d_1} + \frac{1}{F_2} \Rightarrow F_1 = \frac{d_1 F_2}{d_1 + F_2} = \frac{\frac{72}{5} \cdot 24}{72 + 72} = \frac{72 \cdot 24}{144} = \frac{72 \cdot 24}{8 \cdot 24} = 9 \text{ см}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{F_1} = F_2 - \frac{d_1 F_2}{d_1 + F_2} = \frac{72 \cdot 24}{72 + 24} = \frac{72 \cdot 24}{96} = \frac{3 \cdot 24^2}{24 \cdot 4} = 18 \text{ см}$$

$$F_1 = 9 \text{ см}; F_2 = 18 \text{ см}$$

$$\text{Р} F_1 = \frac{R_1}{n-1} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R_1 = 9 \cdot \frac{1}{3} = 3 \text{ см.} \\ R_2 = 18 \cdot \frac{1}{3} = 6 \text{ см} \end{array} \right.$$

$$R_1 = R_0 + KV_1 \quad \checkmark$$

$$\begin{aligned} R_2 &= R_0 + KV_2 \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{4}{1} = 4 \\ R_2 - R_0 &\approx K_1 \quad V_2 = 4 \\ R_2 - R_0 &\approx K_2 \quad V_2 = 4 \\ V &\boxed{V \frac{V_2}{V_1} = 4} \end{aligned}$$

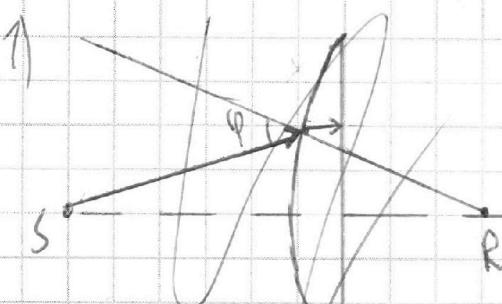


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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.

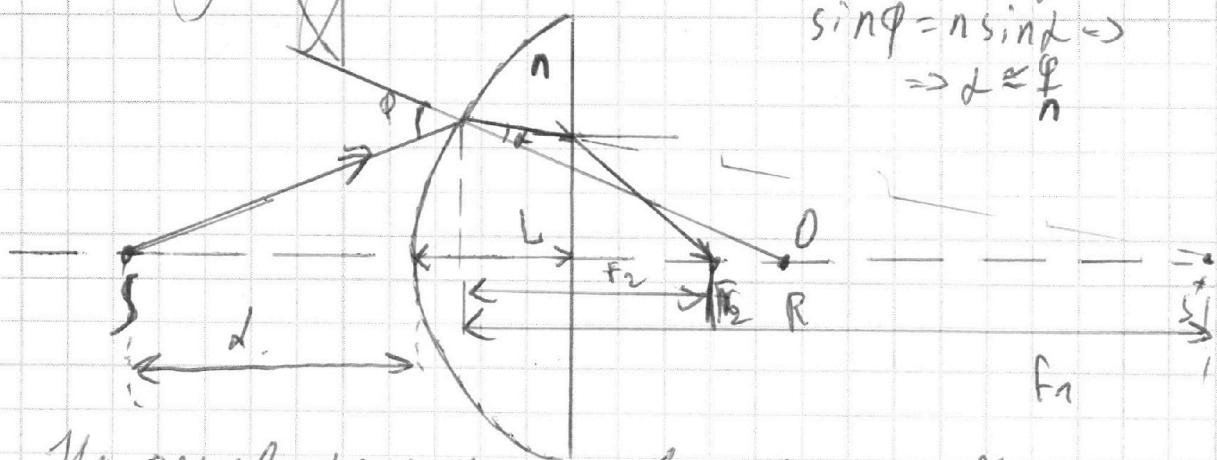


Исходя из закона отражения
(закон параллельных)

$$1 \sin \alpha \approx \tan \alpha \approx x$$

закон преломления:

$$\sin \phi = n \sin \alpha \Rightarrow \alpha \approx \frac{\phi}{n}$$



На основе закона отражения и принципа Ферма
(минимизация оптического пути) записем систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{d_1} + \frac{1}{F_1} = \frac{1-n}{-R} \quad (-R \text{ и.к. переходит из } 1 \rightarrow n, \text{ а } (-) \text{ оставляем}) \\ \frac{1}{L-F_1} + \frac{1}{F_2} = \frac{n-1}{R} \quad (n \cdot k. \text{ можно}) \end{array} \right. \quad \text{D. (} L \rightarrow 0 \text{)}$$

объект близок

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} - \frac{1}{F_1} = \frac{1-n}{-R} + (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right)$$

$$\frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow F = \frac{R}{n-1}$$



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
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!

$$N2. \dot{T}_2 = \frac{7}{5} Q = \frac{7}{5} \partial R T_2 \Rightarrow \frac{21}{5} \partial R T_3 = 4 \partial R (T_4 - T_1)$$

$$\frac{21}{5} \partial R T_2 - 4 \partial R T_1 + 4 \partial R T_3 = 0$$

Процес 1-2 - пропорциональный \Rightarrow показатель поликрона $n = -1$

$$\Rightarrow n = \frac{C - C_V}{C - C_P} \Rightarrow n(C - (C_V + R)) = C - C_V$$

$C_P = C_V + R$ - Уп-ие матери

$$C_V \text{ для идеального газа } \frac{\partial Q}{\partial \partial T} = \frac{\frac{1}{2} \partial R dT}{\partial \partial T} = \frac{1}{2} R$$

$$-L + C_V + R = C - C_V \quad \frac{21}{2} \partial R (T_2 - T_1)$$

$$2C_V = 2C - R \quad \frac{21}{2} \partial R (T_3 - T_4)$$

$$C_V = C - \frac{R}{2} = \frac{7}{2} R - \frac{R}{2} = 3R$$

$$(V = 3R)$$

$$Q = \partial R (T_2 - T_3) \Rightarrow Q = 3 \partial R R_2 = \left(1 - \frac{5}{2}\right) \partial R T_2 \frac{21}{2}$$

III. к процессу 2-3 изокориакти $\Rightarrow C_{2-3} = C_V = 3R$

$$Q = 3R (T_2 - T_3)$$

$$Q = 4R (T_4 - T_1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = \frac{7}{2} \partial R (T_2 - T_1) \\ Q = \frac{7}{2} \partial R (T_3 - T_4) \end{array} \right.$$

$$\frac{7}{2} \partial R T_2 - \frac{7}{2} \partial R T_1 - \frac{7}{2} \partial R T_3 + \frac{7}{2} \partial R (T_4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = \frac{7}{2} \partial R (T_3 - T_4) \\ Q = \frac{7}{2} (T_2 - T_3) \partial R + \frac{7}{2} \partial R (T_4 - T_1) \end{array} \right.$$

$$\frac{7}{2} (T_2 - T_3) \partial R + \frac{7}{2} \partial R (T_4 - T_1) = Q - Q$$

$$\frac{4 \cdot 7 + 3 \cdot 2}{2} \cdot \frac{7}{6} + \frac{7}{8} \cdot Q = \frac{7}{2} \cdot \frac{2}{3} + \frac{7}{2} \cdot \frac{2}{4} - Q - Q$$

$$\frac{4 \cdot 7 + 3 \cdot 2}{2} \cdot \frac{7}{6} = \frac{49}{24}$$

$$\frac{7}{8} \cdot Q = \frac{7}{2} \partial R (T_2 - T_3) \Rightarrow$$



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
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!

$V_1 = V_0 \left(\frac{\epsilon_0 S}{d} - \frac{\epsilon_0 S}{d-x} \right)$ - без диэлектрика.

$$C_{MB} = \frac{\frac{\epsilon_0 S}{x} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{(d-x)}}{\frac{\epsilon_0 S}{x} + \frac{\epsilon_0 S}{(d-x)}} = \frac{\epsilon_0^2 S^2 x(d-x)}{x(d-x) \epsilon_0 S (\epsilon_0 S (d-x)(\epsilon-1))} = \frac{\epsilon_0^2 S}{\epsilon_0 S (d-x)(\epsilon-1)}$$

$A = V_0$ (дл. к. соединки)

$$\Delta F = V_0 (C_{MB} V_0 - C_0 V_0) = V_0^2 \left(\frac{\epsilon_0 S}{\epsilon_0 S (d-x)(\epsilon-1)} - \frac{\epsilon_0 S}{d} \right)$$

Изменение потенциальной энергии конденсатора:

$$\Delta W_K - \Delta W_H = \frac{C_{MB} V_0^2}{2} + \frac{C_0 V_0^2}{2} = \frac{1}{2} \epsilon_0 S (C_{MB} - C_0) - \frac{C_0 V_0^2}{2}$$

$$\Delta F - \Delta W_K \Rightarrow V_0^2 \left(\frac{\epsilon_0 S}{\epsilon_0 S (d-x)(\epsilon-1)} - \frac{\epsilon_0 S}{d} \right) = \frac{1}{2} C_0 V_0^2 \left(\frac{\epsilon_0 S}{\epsilon_0 S (d-x)(\epsilon-1)} - \frac{\epsilon_0 S}{d} \right)$$

$$V_1 = E_i (d-x) = 9 \cdot 10^3 \frac{V}{m} \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 27 V$$

Дл. к. соединки параллельно: $V_2 = V_0 - V_1 = 18 V$

Задача:

$$V_0^2 \left(\frac{\epsilon_0 S}{\epsilon_0 S (d-x)(\epsilon-1)} - \frac{\epsilon_0 S}{d} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_0 S}{\epsilon_0 S (d-x)(\epsilon-1)} \cdot V_2^2 - \frac{\epsilon_0 S}{(d-x)} \cdot V_1^2 \right) | \cdot d (\epsilon_0 S (\epsilon-1))$$

$$V_0^2 \left(d \epsilon_0 S \epsilon - \epsilon_0 S (\epsilon_0 S (d-x)(\epsilon-1)) \right) = \frac{1}{2} \left(\epsilon_0 S d V_2^2 - \epsilon_0 S V_1^2 (\epsilon_0 S (d-x)(\epsilon-1)) \right)$$

$$W_K - W_H = \frac{C_2 V_2^2}{2} + \frac{C_1 V_1^2}{2} - \frac{C_0 V_0^2}{2}$$

Задача:

$$V_0^2 \left(\frac{\epsilon_0 S}{\epsilon_0 S (d-x)(\epsilon-1)} - \frac{\epsilon_0 S}{d} \right) = \frac{C_2 V_2^2}{2} + \frac{C_1 V_1^2}{2} - \frac{C_0 V_0^2}{2}$$

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**.



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

$$A_{1-2} = \frac{1}{2}JR(T_2 - T_1)$$

$$Q_{1-2} = 3R(T_2 - T_1) + > 3,5RJ(T_2 - T_1)$$

$$A_{3-4} = -\frac{1}{2}JR(T_3 - T_4)$$

$$\textcircled{Q} = 3RJ(T_3 - T_4) \Rightarrow \textcircled{Q} = \frac{3}{4}JRJ(T_3 - T_4) = Q$$

$$Q = 4R(T_3 - T_4)$$

$$\cancel{A_{23}} = 3R(T_2 - T_3)$$

$$V_0 = V_1 + V_2$$

$$18B = \frac{q}{C}$$

$$Q = 3JR(T_2 - T_3)$$

$$Q = 4JR(T_3 - T_4)$$

$$\cancel{Q} = 3,5RJ(T_2 - T_1) + 4R(T_3 - T_4) + 3R(T_2 - T_3) \rightarrow \cancel{Q} = 3,5RJ(T_2 - T_1) + 4R(T_3 - T_4)$$

$$\Rightarrow 35^{\circ}$$

$$T = 3,5RJ(T_2 - 3,5RJ\bar{T}_1) - 3,5RJ\bar{T}_3 + 3,5RJ\bar{T}_4 -$$

$$- 4RJ\bar{T}_4 + 4$$

$$\frac{21}{20}\bar{T}_3$$

$$\frac{2 \cdot 8 \cdot 45 \cdot 42}{72 \cdot 78} + \frac{1}{11} = 0$$

$$\frac{1}{2}JR(T_2 - T_1) - JR(T_4 - T_1) - \frac{1}{2}JR(T_3 - T_4) = \underbrace{\frac{1}{2}JR(T_2 - T_1) - JR(T_4 - T_1) - \frac{1}{2}JR(T_3 - T_4)}_{= 0}$$

$$= \frac{1}{2}JR\bar{T}_2 - \frac{1}{2}JR\bar{T}_4 - \underbrace{JR\bar{T}_4}_{= 0} + JR\bar{T}_1 - \frac{1}{2}JR\bar{T}_3 + \frac{1}{2}JR\bar{T}_4 =$$

$$= \frac{1}{2}JR\bar{T}_2 + \frac{1}{2}JR\bar{T}_1 - \frac{1}{2}JR\bar{T}_3 - \frac{1}{2}JR\bar{T}_4 =$$

$$= \frac{1}{2}JR(T_2 - T_3) + \frac{1}{2}JR(T_4 - T_1) = \frac{1}{2}JR(T_2 - T_3 - T_4 + T_1) =$$

$$= \frac{a}{4} + \frac{a}{4} = \frac{a}{2} = \frac{a}{6} - \frac{a}{3}Q$$

$$\frac{a}{4} \cdot \frac{1}{6} - \frac{a}{8} = \frac{a}{24} = \frac{a}{24}Q$$



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 checked="" type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
_ ИЗ _

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

$$-1 = \frac{C - \frac{3}{2}R}{C - \frac{5}{2}R} \Rightarrow C = -\frac{3}{2}R$$

$$C = \frac{3}{2}R + \frac{3}{2}R \Rightarrow C = 3R$$

$$P_0 V_0 = T_0$$

$$3P_0 3V_0 = 9T_0$$

$$PV = 3RT$$

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{12}{5}$$

$$\frac{5}{2}R + \frac{3}{2}R = 2C \quad PV + \frac{dPV}{dT} = 3RdT$$

$$PV = 3RT$$

$$Q = 3RdT$$

$$6R = 2C$$

$$C = 3R - \text{при } i=5.$$

$$\frac{V}{D} = \frac{R}{P}$$

$$Q = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) + 3R(T_2 - T_3)$$

$$-\frac{36}{20}$$

$$-\frac{dP}{dT}$$

$$Q = 3R(T_3 - T_2)$$

$$Q = 3R(T_3 - T_2) \Rightarrow 3R(T_3 - T_2) = 4R(T_4 - T_1)$$

$$Q = 4R(T_4 - T_1) \Rightarrow 4R(T_4 - T_1) = 3T_3(1 - \frac{T_2}{T_3})$$

$$3(T_2 - T_3) = 4(T_4 - T_1) \quad 3T_3 - \frac{36}{5}T_3 = 4T_4 - 4T_1$$

$$3 \cdot \frac{12}{5}T_3 - 3T_3 = 4(T_4 - T_1) \quad \frac{21}{5}T_3 = 4(T_4 - 9T_1)$$

$$\frac{36 - 15}{5}T_3 = 4(T_4 - T_1) \quad \frac{21}{20}T_3 = (T_4 - T_1)$$

$$\frac{21}{20}T_3 = (T_4 - T_1)$$

$$+ \frac{7}{2}JR(T_2 - T_3)$$

$$\frac{1}{2}(P_1 + P_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(P_1V_2 + P_2V_2 -$$

$$+ P_2V_1 - P_1V_1) = \frac{1}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)$$

$$= \frac{7}{2}JR(T_2 - T_1)$$

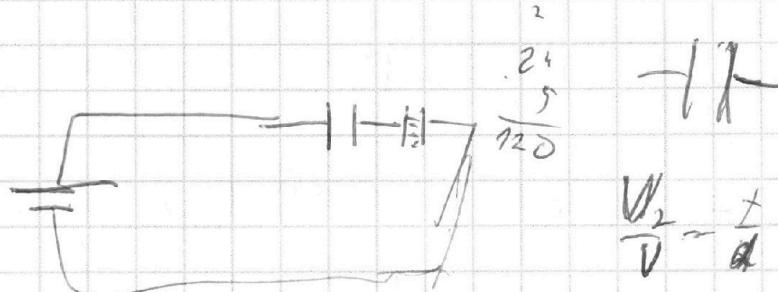


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" 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
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!



$$\frac{V_2}{V} - \frac{1}{d} \Rightarrow V_2 = \frac{1}{d} V$$

$$V_1 = V - V_2 \Rightarrow V_1 = \frac{d-x}{d} V$$

$$\frac{-15}{2} - \frac{96}{2} \quad \times \cancel{S} = Sd \quad \times S = \frac{1}{d} dS$$

$$\frac{192}{192} \quad \cancel{S} \cancel{\frac{V_2}{d}} \quad S = \frac{V}{d}$$

$$+ 24 \cdot 3 \quad \cancel{S} \quad F = \frac{24}{d}$$

$$\frac{10}{45} - \frac{22}{18}$$

$$\frac{\epsilon_0 S}{(d-x)} + \frac{\epsilon_0 S}{x} \Rightarrow \frac{\epsilon_0 \epsilon S^2}{(d-x)}$$

$$\frac{24}{22} \quad \frac{3}{5} \cdot 3$$

$$\frac{24}{22} \quad \frac{\epsilon_0 S}{\cancel{x}} + \frac{\epsilon_0 S}{d-x} = \frac{\epsilon_0 S(d-x) + \epsilon_0 Sx}{x(d-x)} = \frac{\epsilon_0 S(\epsilon d - \epsilon x + \cancel{x})}{x(d-x)} =$$

$$\frac{24}{742} \quad \epsilon_0 S (\epsilon d - \epsilon x + \cancel{x})$$

$$\frac{4}{3} - 1 = \frac{1}{3}$$

$$\frac{\epsilon_0 \epsilon_0 S}{d} \quad U_0^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon \epsilon_0 d}{k} V_1^2 + \frac{\epsilon_0 S}{d-x} V_2^2 \right)$$

$$\{ d = 1 (\epsilon = 1)$$

~~х83~~

$$\frac{2cm}{1} = 6cm = \frac{1}{6} = \frac{1}{24} + \frac{1}{d} \Rightarrow \frac{24-6}{24+6} = d = \frac{4}{3}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 23 \\ 28 \\ 46 \\ \hline 39 \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{4}{3}-1 \\ \cancel{10} \\ \cancel{49} \cancel{1} \\ \hline 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2 \\ d \\ \cancel{1} \\ \hline \cancel{3} \end{array} \quad \begin{array}{r} 10 \\ \cancel{1} \\ \hline \frac{3}{1} \end{array}$$

~~$$F = \frac{24}{4/3} = \frac{24 \cdot 3}{4} = k$$~~