



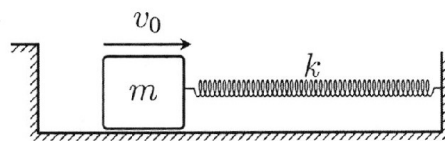
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



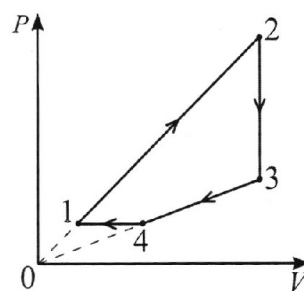
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет со скоростью 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?

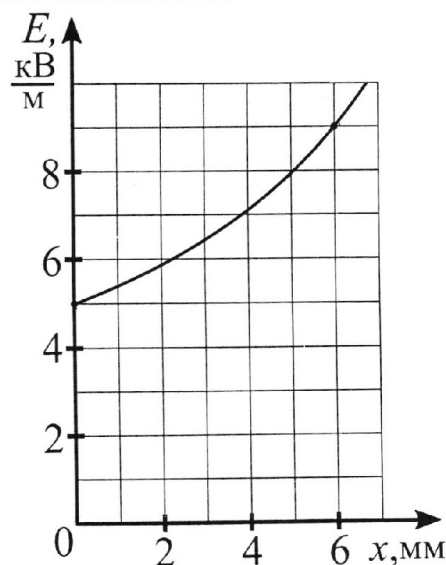
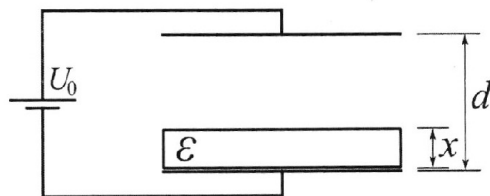
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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.



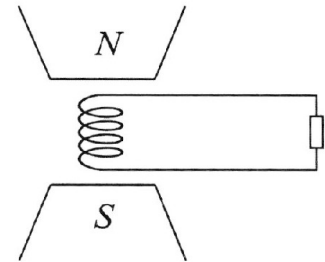
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



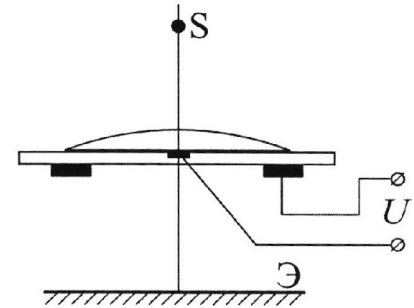
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения 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 $n = 4/3$ покоится 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) Выведите 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 ☐

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!

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2 - R_0}{R_1 - R_0} = \frac{6-2}{3-2} = 4$$

3) Пусть $V_1 = \frac{23V_0}{9}$; $V_2 = \frac{7V_0}{3}$

1) ЗЛ:

$$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow x^2 = \frac{m}{k} V_1^2 \Rightarrow x = \frac{23V_0}{9} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$2) \frac{mV_0^2}{2} \cdot \frac{3}{mV_2^2} = \frac{23^2 V_0^2}{9^2} \cdot \frac{9}{49 V_0^2} = \frac{529}{9 \cdot 49}$$

3) После П.к. вся энергия запасенная пружиной высвобождается $\Rightarrow$ в скорости во время второго удара равна V_1

4) Передняя часть энергии:

$$\frac{mV_y^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2}$$

После второго:

$$\frac{mV_{y2}^2}{2} + \frac{kL^2}{2} = \frac{mV_3^2}{2}$$

$$m(V_2^2 - V_3^2) = (V_{y2}^2 - V_{y3}^2)$$



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
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) Процесс 1-2 - процесс через начало координат $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ пропорционален $\Rightarrow$ показывать полимеры $n = -1$

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

$C_p = C_v + R$ - уравнение для идеального газа, где C_v - мольная теплоемкость в изохоре, R - универсальная газовая постоянная

$$(1) \quad nC - nC_v = C - C_v - R$$

$$-nC_v + C_v = C - nC - R$$

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

$$2C_v = 2C - R$$

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

П.к. процесс 2-3 - изохорный $\Rightarrow C_{2-3} = C_v = 3R \Rightarrow C_p = 4R$

П.к. C_v для идеального газа равна $C_v = \frac{\delta Q}{\delta T} = \frac{i}{2} R \frac{\delta T}{\delta T} + \frac{p \delta V}{\delta T}$

$$= \frac{i}{2} R \Rightarrow i = 6 \Rightarrow \text{шар трескательный}$$

2) Работа газа можно считать как площадь под графиком в PV -координатах: П.к. процесс - процесс $\Rightarrow$

$$A_{1-2}: A_{1-2} = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1 + \underbrace{p_1 V_2 - p_2 V_1}_{=0}) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} R (T_2 - T_1)$$



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.



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!

$A_{2-3} = 0$ п.к. изотермич.

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

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

A_{4-1} : Изобарич. $A = p(V_4 - V_1)$ $A_{4-1} = -\mathcal{P}R(T_4 - T_1)$

$$\begin{cases} pV_4 = \mathcal{P}RT_4 \\ pV_3 = \mathcal{P}RT_3 \end{cases}$$

Работа цикла (замкнутого) равна сумме работ всех участков, т.е. площадей под графиком:

$$\begin{aligned} A &= A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-4} + A_{4-1} = \frac{1}{2} \mathcal{P}R(T_2 - T_1) + 0 - \frac{1}{2} \mathcal{P}R(T_3 - T_4) - \\ &- \mathcal{P}R(T_4 - T_1) = \frac{1}{2} \mathcal{P}RT_2 - \frac{1}{2} \mathcal{P}RT_1 - \frac{1}{2} \mathcal{P}RT_3 + \frac{1}{2} \mathcal{P}RT_4 - \mathcal{P}RT_4 + \\ &+ \mathcal{P}RT_1 = \frac{1}{2} \mathcal{P}RT_2 + \frac{1}{2} \mathcal{P}RT_1 - \frac{1}{2} \mathcal{P}RT_3 - \frac{1}{2} \mathcal{P}RT_4 \quad (2) \end{aligned}$$

Тепло отведённое в процессе:

$$2-3: Q_{23} = \mathcal{P}C_V(T_2 - T_3) > 0$$

$$Q_{23} = 3 \mathcal{P}R(T_2 - T_3) \Rightarrow \underline{\mathcal{P}R(T_2 - T_3) = \frac{Q}{3} > 0} \quad (3)$$

$$4-1: Q_{41} = \mathcal{P}C_P(T_4 - T_1) > 0$$

$$Q_{41} = 4 \mathcal{P}R(T_4 - T_1) \Rightarrow \underline{\mathcal{P}R(T_4 - T_1) = \frac{Q}{4} > 0} \quad (4)$$

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

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!

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

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



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**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

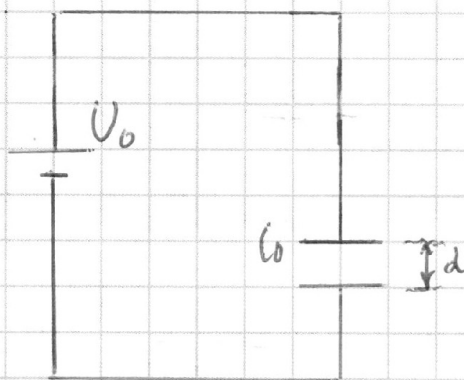
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

N3

1) Из графика: при $t=0 \Rightarrow E=0 \text{ мкВ} \Rightarrow E_0 = 5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = 5 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

При мощности диэлектрика $\epsilon=0$; эквивалентная схема:



III. к. диэлектрика в кон-ре

$$\text{кон} \Rightarrow U_C = E_0 d \Rightarrow U_0 = E_0 d$$

III. к. конденсатор подключен

к источнику $\Rightarrow U_C = U_0$

в установившемся режиме

$$U_0 = 5000 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 45 \text{ В}$$

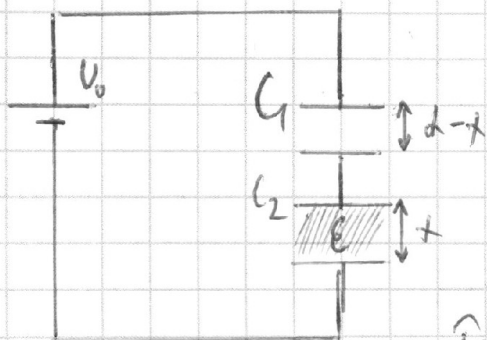
$$U_0 = 45 \text{ В}$$

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

$$\text{кон-ра } E_1 = 9 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \Rightarrow U_1 = E_1 (d-x) = 9 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 27 \text{ В} \Rightarrow U_2 = 18 \text{ В}$$

$$= U_0 - U_1 = 18 \text{ В (т.к. сег. поле)}$$

3) Эквивалентная схема:



III. к. нет соприкосновения!

$$\text{ЗЗ. } \Delta \phi = \Delta W$$

$$C_{\text{эв}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \Rightarrow C_{\text{эв}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_{\text{эв}} = C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d-x}; C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x}$$

$$\text{III. к. } U_C = \frac{q}{C} \text{ (по эв)} \Rightarrow U_0 = \frac{q}{C_{\text{эв}}} V$$



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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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!

$$4) U_2 = \frac{q_2}{C_2} \Rightarrow C_2 = \frac{C_1 U_1}{U_2} \Rightarrow \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{(d-x)} = \frac{\epsilon_0 S U_1}{(d-x) U_2} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \epsilon = \frac{U_1}{U_2}$$
$$q_2 = q_1 = C_1 U_1 \text{ (м.к. соед. паралл.)}$$

$$5) \epsilon = \frac{C_2}{C_1} = \frac{\epsilon_0 S}{(d-x)} \cdot \frac{C_1}{\epsilon_0 S} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 9}{18} = 3$$
$$\epsilon = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 22 \text{ В}}{3 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \text{ В}} = 3$$

Ответ: $U_0 = 45 \text{ В}$, $\epsilon = 3$



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**.

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!

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

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

$$2V_0^2 x(d - x) \text{ разделим на } \epsilon_0 S:$$

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

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

$$+ x \epsilon d V_1^2 - x^2 \epsilon V_1^2 + x^2 V_1^2$$

$$2 \cdot 15^2 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot \epsilon = (\epsilon \cdot 9 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-3} - \epsilon^2 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3} + \epsilon \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}) 78^2$$

$$+ 6 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \cdot \epsilon \cdot 27^2 - 36 \cdot 10^{-6} \cdot \epsilon \cdot 27^2 + 36 \cdot 10^{-6} \cdot 27^2$$

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

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

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

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

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

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

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

$$P = 8100 - 20 \cdot 27^2 + 27^4 + 8 \cdot 27^2 =$$



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**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 из 2

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

14

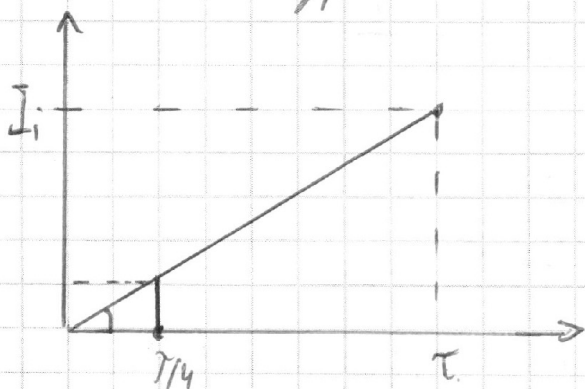
$$\Phi_m = B_1 S_1 n$$

$$\mathcal{E}_{is} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{0 - B_1 S_1 n}{\tau} = \frac{B_1 S_1 n}{\tau} \gg 0$$

$\Rightarrow \mathcal{E}_{is}$ - совпадает с обходом

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}_{is}}{R} = \frac{B_1 S_1 n}{\tau R} \Rightarrow \boxed{\frac{I_1 \tau R}{S_1 n} = B_1}$$

1) Так как ток возрастает линейно.



Из подобия: $\frac{I_1}{I_{\tau/4}} = \frac{\tau}{\tau/4} \Rightarrow I_{\tau/4} = \frac{I_1}{4}$

$= \frac{I_1}{4}$ (т.к. линейный) $\Rightarrow \boxed{I_{\tau/4} = \frac{I_1}{4}}$

2) Виз:

~~W = Q~~

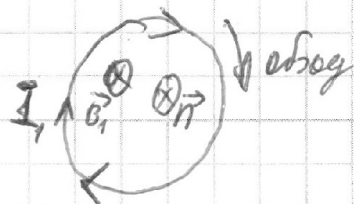
Прямой интеграл:

$$L \frac{dI}{dt} = IR$$

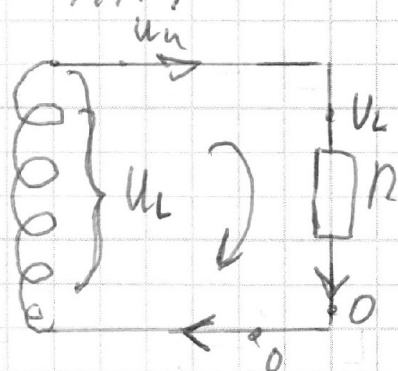
$$L dI = IR dt$$

~~LI~~

Виз сверху



МХП:



Скорость возрастания:

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\frac{I_1}{4} - 0}{\tau/4 - 0} =$$

Прямой интеграл:

$$L \frac{dI}{dt} = IR$$

$$L dI = IR dt$$

$$\int L dI = \int IR dt$$



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	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!

Запишем правило Кирхгофа:

$$L \frac{dI}{dt} = dIR$$

$$L dI = dq R$$

Преположим от t до t_{ym} ($I=0 \Rightarrow q=0$
 $\Rightarrow q(t_{ym})=0$)

$$-L \frac{d}{dt}(0 - I_1) = -R(0 - q)$$

$$\boxed{\frac{L}{R} \cdot I_1 = q} \Rightarrow q = \frac{L}{R} \cdot \frac{B_1 S_1 n}{R \tau} \Rightarrow \boxed{q = \frac{L B_1 S_1 n}{R \tau}}$$

3) В предположении, что $t_2 < \tau$

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

Ответ: 1) $I_{ym} = \frac{I_1}{\tau}$; 2) $q = \frac{L B_1 S_1 n}{R \tau}$; 3) $B_1 = \frac{I_1 R}{S_1 n}$



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.

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!

2) Для линзы:

$$F = \frac{F_1}{d}$$

$$F_1 = \frac{f_1}{d} = \frac{5}{3}$$

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

Для линзы:

$$F_1 = \frac{F_1}{d_1} = \frac{5}{3}; F_2 = \frac{f_2}{d_2} = \frac{1}{3}$$

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

Зависимость: $R = R_0 + kV$ (k — коэффициент).

Линза плосковыпуклая $\Rightarrow$ собирающая; применяем формулу для тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \Rightarrow F = \frac{Fd}{F-d}$$

2) П.к. изображение получено на экране $\Rightarrow$

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

$$d_2 = \frac{f_2}{F_2} = \frac{24}{1 \cdot 3} = 72 \text{ (изображение действительное $\Rightarrow$ линза собирательная + т.е. плосковыпуклая)}$$

Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow F_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 + f_1} = \frac{5 \cdot \frac{72}{5} \cdot 24}{72 + 24} = \frac{72 \cdot 24}{96} = \frac{72 \cdot 24}{96} = \frac{72 \cdot 24}{96} = 18 \text{ см}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow F_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 + f_2} = \frac{72 \cdot 24}{72 + 24} = \frac{72 \cdot 24}{96} = \frac{3 \cdot 24^2}{24 \cdot 4} = 18 \text{ см}$$

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

$$R = \frac{R_0}{n-1} \Rightarrow \begin{cases} R_1 = 9 \cdot \frac{1}{3} = 3 \text{ см} \\ R_2 = 18 \cdot \frac{1}{3} = 6 \text{ см} \end{cases}$$

$$R_1 = R_0 + kV_1$$

$$R_2 = R_0 + kV_2 \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{4}{1} = 4$$

$$\frac{R_2 - R_0}{R_1 - R_0} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{6 - R_0}{3 - R_0} = 4 \Rightarrow \frac{6 - R_0}{3 - R_0} = 4$$



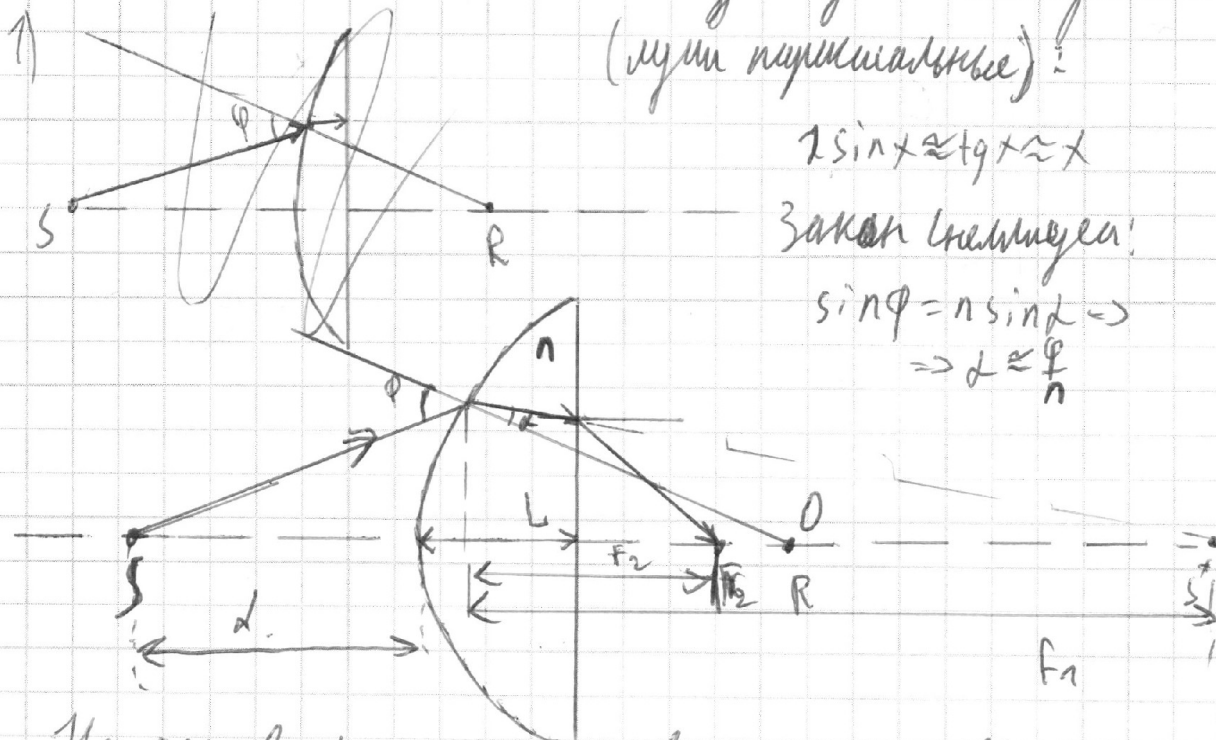
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!

NS.



Исходя из малых углов
(лучи параллельные):

$$2 \sin \alpha \approx \tan \alpha \approx x$$

Закон Снеллиуса:

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

На основе малых углов и принципа Ферма
(минимизация оптической пути) запишем систему:

$$\begin{cases} \frac{1}{d_1} + \frac{1}{F_1} = \frac{1-n}{-R} & (-R \text{ п.к. переход из } 1 \rightarrow n, \text{ и } (\cdot) 0 \text{ летит} \\ \frac{1}{L-F_1} + \frac{1}{F_2} = \frac{n-1}{\infty} & (\text{п.к. толстая}) \quad \oplus (L \rightarrow 0) \end{cases}$$

объем микра

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



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!

$$N 2. \bar{T}_2 = \frac{7}{5} Q = \frac{7}{5} \cdot \frac{1}{4} \cdot 2R(T_2 - T_1) \Rightarrow \frac{21}{5} \cdot \frac{1}{4} \cdot 2R(T_2 - T_1) = 4R(T_4 - T_1)$$

Процесс 1-2 - **пропорциональный** $\Rightarrow$ показатель расширения $n = -1$

$$n = \frac{C - C_v}{C - C_p} \Rightarrow n(C - (C_v + R)) = C - C_v$$

$C_p = C_v + R$ - уравнение Дюпона

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

$$-1 + C_v + R = C - C_v$$

$$2C_v = 2C - R$$

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

$$\underline{C_v = 3R}$$

$$Q = 2R(T_2 - T_3) \Rightarrow Q = 3R(T_2 - T_3) = (1 - \frac{1}{2}) \cdot \frac{21}{2} R$$

П.к. процесс 2-3 **изотермический** $\Rightarrow C_{2-3} = C_v = 3R$

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

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

$$\begin{cases} Q_{1-2} = \frac{7}{2} \cdot 2R(T_2 - T_1) \\ Q_{2-3} = \frac{7}{2} \cdot 2R(T_3 - T_4) \end{cases} \quad \frac{7}{2} \cdot 2R T_2 - \frac{7}{2} \cdot 2R T_1 - \frac{7}{2} \cdot 2R T_3 + \frac{7}{2} \cdot 2R T_4$$

$$\frac{4 \cdot 7 + 3 \cdot 2}{24} = \frac{7}{6} + \frac{7}{8} \cdot Q = \frac{7}{2} \cdot \frac{Q}{3} + \frac{7}{2} \cdot \frac{Q}{4} = Q - Q$$

$$\frac{44 - 48}{24} = \frac{7}{2} \cdot 2R(T_2 - T_1) \Rightarrow$$



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**.

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!

$$V = Sd \Rightarrow V_0 \quad C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d} - \text{без диэлектрика.}$$

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

$$\Delta \phi = V_0 \quad \text{п.к. соединены}$$

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

Изменение потенциальной энергии конденсаторов:

$$W_k - W_n = \frac{C_{\text{кв}} V_0^2}{2} + \frac{C_0 V_0^2}{2} = \frac{1}{2} V_0^2 (C_{\text{кв}} - C_0) = \frac{C_0 V_0^2}{2}$$

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

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

$$\text{п.к. соединены параллельно: } V_2 = V_0 - V_1 = 18 \text{ В}$$

З.А:

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

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

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

З.А:

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



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.

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!

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

$$Q_{1-2} = 3R(T_2 - T_1) \Rightarrow 3,5R(T_2 - T_1)$$

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

$$27 \cdot 6 \quad 27 - 22 \cdot 6$$

$$Q = 3R(T_3 - T_4) \Rightarrow Q_{3,5} = 4R(T_3 - T_4) = Q$$

$$2 \cdot 4 \cdot 9 = 22R$$

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

$$U_0 = U_1 + U_2$$

$$178R =$$

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

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

$$Q_{23} = 3R(T_2 - T_3)$$

$$Q = 3,5R(T_2 - T_1) + 4R(T_4 - T_1) + 3R(T_2 - T_3) \Rightarrow 3,5$$

$$A = 3,5R(T_2 - T_1) - 3,5R(T_3 - T_4) - 4R(T_4 - T_1) + 4R$$

$$\frac{1}{2} \sigma R (T_2 - T_1) - \sigma R (T_4 - T_1) - \frac{1}{2} \sigma R (T_3 - T_4) =$$

$$= \frac{1}{2} \sigma R T_2 - \frac{1}{2} \sigma R T_1 - \sigma R T_4 + \sigma R T_1 - \frac{1}{2} \sigma R T_3 + \frac{1}{2} \sigma R T_4 =$$

$$= \frac{1}{2} \sigma R T_2 + \frac{1}{2} \sigma R T_4 - \frac{1}{2} \sigma R T_3 - \frac{1}{2} \sigma R T_4 =$$

$$= \frac{1}{2} \sigma R (T_2 - T_3) + \frac{1}{2} \sigma R (T_4 - T_4) = \frac{1}{2} \sigma R (T_2 - T_3 - T_4 + T_4) =$$

$$= \frac{a}{8} + \frac{a}{4} = \frac{3a}{8} = \frac{3}{8} Q$$



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.

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!

$$\frac{1}{-4} = \frac{\frac{0}{2}R + \frac{3}{2}R}{0 - \frac{5}{2}R} \Rightarrow -\frac{3}{2} \cdot \frac{2}{5} C = C_V + \frac{p dV}{V dT} = C_V + R + \frac{dp V}{dT}$$

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

$p_0 V_0 = T_0$
 $3p_0 V_0 = 9T_0$
 $pV = 3RT$

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

$$\frac{5}{2}R + \frac{7}{2}R = 2C$$

$$6R = 2C$$

$$C = 3R$$

$p dV + V dp = 3R dT$
 $pV = 3RT$
 $\frac{V}{p} = \frac{RT}{p}$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} 3R dT (T_2 - T_1) - 3R dT (T_2 - T_3) +$$

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

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

$$3T_3 \left(1 - \frac{12}{15}\right) = 4T_4 \left(\frac{7}{15} - \frac{1}{15}\right)$$

$$3(T_2 - T_3) = 4(T_4 - T_1)$$

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

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

$$\frac{21}{5} T_3 = 4(T_4 - T_1)$$

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

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

$$+ \frac{1}{2} 3R (T_4 - T_1)$$

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

$$= \frac{1}{2} 3R (T_2 - T_1)$$



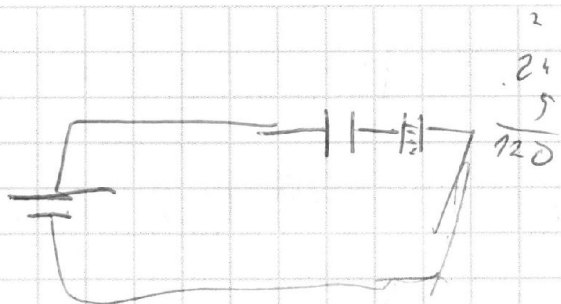
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

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!



$$V_2 = \frac{U}{d} \Rightarrow V_2 = \frac{U}{d} V$$

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

$$X S = S d \quad X S = \frac{x}{d} d S$$

$$S = \frac{V}{d} \quad 24 \cdot 3$$

$$S = \frac{24}{d}$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ 45 \\ -27 \\ \hline 18 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ -3 \\ \hline 21 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ -8 \\ \hline 16 \end{array}$$

$$\frac{\epsilon_0 S}{(d-x)} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} \Rightarrow \frac{\epsilon_0 \epsilon S^2}{(\epsilon-1)}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ -3 \\ \hline 21 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ -3 \\ \hline 21 \end{array}$$

$$\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d-x} + \frac{\epsilon_0 S}{d-x} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S (d-x) + \epsilon_0 S x}{x(d-x)} = \frac{\epsilon_0 S (\epsilon d - \epsilon x + x)}{x(d-x)}$$

$$\epsilon_0 S (\epsilon d - (\epsilon x + x))$$

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

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

$$\frac{2 \mu}{\epsilon d - (\epsilon - 1)} = 6 \mu = \frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{24} + \frac{1}{d} \Rightarrow \frac{24 - 6}{24 d} = d = \frac{4}{3}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 23 \\ -23 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ 529 \\ -49 \\ \hline 39 \end{array}$$

$$\frac{2}{d} = \frac{1}{3} \Rightarrow d = \frac{2}{3}$$

$$\frac{24}{4/3} = 24 \cdot \frac{3}{4} = 18$$