



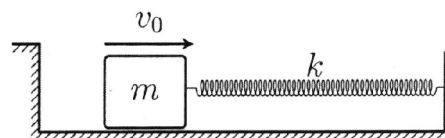
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



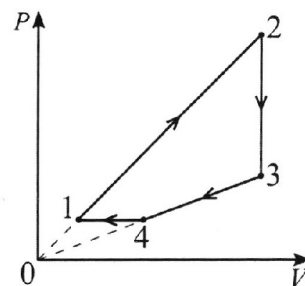
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет со скоростью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

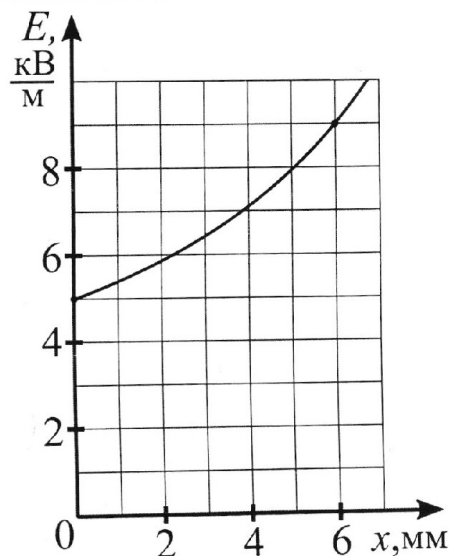
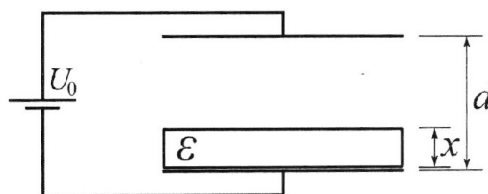
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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



- 1) Найти молярную теплоемкость 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.



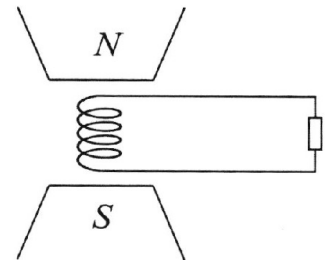
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



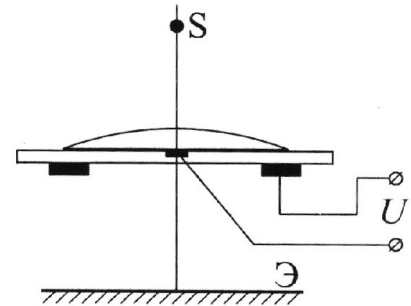
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения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

Дано:

$m; k; v_0;$

$$v = \frac{23 v_0}{4}$$

$$v' = \frac{7 v_0}{3}$$

$\Delta x_{\max} - ?$

$v'' - ?$

$t_1 - ?$

Решение: № 1.

1) кол-во тела можно счит. состоящ. из двух движений: 1) гармонич. ~~движ.~~ ^{движ.} груза на пружинном маятнике с цикл. част. $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ и 2) част. упругой волны. удар об уступ, в ходе кот. направл. вектора скор. мен. на противополож., а

~~отнош. кин. энерг.~~ $\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \text{const} < 1$; $\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{m v_2'^2}{m v_1^2} = \frac{v_2'^2}{v_1^2}$

2) сжатие пруж. до удара происх. на гармонич. ук. движ. $\Rightarrow v_{\text{равновес.}} = \omega \cdot \Delta x_{\max} = v \Rightarrow \Delta x_{\max} = \frac{v}{\omega} = \frac{23 v_0}{4} \sqrt{\frac{m}{k}}$ — макс. сжатие до 1-го удара

3) найдём ~~после~~ ^{после} расст. от уступа до полож. р/вес x_0 : при амплит., равн. x_0 , скор. в полож. р/вес равна $v_0 \Rightarrow x_0 \cdot \omega = v_0$; $x_0 = \frac{v_0}{\omega} = v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$

4) теперь найдём отнош. кин. энерг. в реу. удара $\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{v_2'^2}{v_1^2} = \text{const}$: ~~поск. движ. между ударами гармонич., потери энергии нет, E_k н.после удара равна~~

~~$E_{k \text{ в полож. р/вес}} = \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m \cdot (23 v_0)^2}{2 \cdot 4^2}$; E_k после удара равна кин. энерг. при перв. прохожд. р/вес. после удара $E_{k \text{ р/вес}} = \frac{m \cdot v_0'^2}{2} = \frac{m (7 v_0)^2}{2 \cdot 4}$; отнош. $\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{49 m v_0^2 \cdot 4^2 \cdot 2}{529 m v_0^2 \cdot 4 \cdot 2} = \frac{49}{529}$~~



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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

5) после 2-го удара

4- продолж.) поскольку движ. между ударами без потерь энерг., к мом. 1-го уд. $E_{пх0} + E_{куд} = E_{крв}$ потенц. энерг. в мом. уд.

$$E_{пх0} + E_{куд} = E_{крв}$$

$$\frac{k \cdot x_0^2}{2} + E_{куд} = \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{k \cdot v_0^2 \cdot m}{2 \cdot k} + E_{куд} = \frac{m \cdot 529 v_0^2}{2 \cdot 81} \Rightarrow E_{куд} = \frac{448 v_0^2 \cdot m}{2 \cdot 81} = \frac{224 m v_0^2}{81}$$

после 1-го удара $E_{пх0} + E'_{куд} = E'_{крв}$ энергия при прохожд. полож. р/вес. после 1-го удара

$$\frac{k \cdot x_0^2}{2} + E'_{куд} = \frac{m v'^2}{2}$$

$$\frac{k \cdot v_0^2 \cdot m}{2 \cdot k} + E'_{куд} = \frac{m \cdot 441 v_0^2}{2 \cdot 9} \Rightarrow E'_{куд} = \frac{40 m v_0^2}{2 \cdot 9} = \frac{20 m v_0^2}{9}$$

$$\alpha = \frac{E'_{куд}}{E_{куд}} = \frac{20 m v_0^2 \cdot 81}{8 \cdot 224 m v_0^2} = \frac{45}{56}, \text{ но } \alpha = \frac{E_{куд}}{E'_{куд}} \text{ — откоп. кин. энерг. после 2-го удара}$$

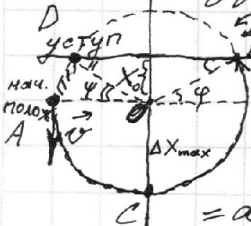
$$E''_{куд} = E'_{куд} \cdot \alpha = \frac{20 \cdot m \cdot v_0^2 \cdot 45}{8 \cdot 56} = \frac{25 m v_0^2}{14}$$

при прохожд. полож. р/вес. после 2-го уд. $E''_{крв} = E_{пх0} + E''_{куд} =$

$$= \frac{k \cdot v_0^2 \cdot m}{2 \cdot k} + \frac{25 \cdot m \cdot v_0^2}{14} = \frac{32 m v_0^2}{14} = \frac{16 m v_0^2}{7}, \text{ но } E''_{крв} = \frac{m \cdot v''^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v'' = \sqrt{\frac{32 m v_0^2}{7 m}} = 4 v_0 \sqrt{\frac{2}{7}} \text{ — скор. при прохожд. полож. р/вес. после 2-го уд.}$$

5) t_1 можно слож. из двух сост.: время t до удара и t' от удара до полож. равновес.; найдем t



вспомог. сфр. весь период движ. по макс. первому удару; сфр. Δx_{max} , груз прох. только по дуге ACB, равн. $\chi + \varphi$, где $\varphi = \arcsin\left(\frac{x_0}{OB}\right) = \arcsin\left(\frac{x_0}{\Delta x_{max}}\right) = \arcsin\left(\frac{9}{23}\right)$;



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.

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!

соотв., время $t = \frac{\angle ACB}{\omega} = \chi \sqrt{\frac{m}{k}} + \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin\left(\frac{4}{23}\right);$

б) время t' соотв. движ. по дуге DA вправо.

выр. с изм. амплит. $\Delta x'_{\max}$; найдем $\Delta x'_{\max}$:

$$\frac{k \cdot \Delta x'_{\max}}{2} = \frac{m \omega'^2}{2} = \frac{m \left(\frac{4\omega_0}{3}\right)^2}{2} \Rightarrow \Delta x'_{\max} = \frac{4\omega_0}{3} \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow t' = \frac{\angle DA}{\omega} =$$

$$= \frac{\arcsin\left(\frac{x_0}{\Delta x'_{\max}}\right)}{\omega} = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \arcsin\left(\frac{3}{4}\right), \text{ итого } t_1 = t + t' =$$

$$= \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\chi + \arcsin\left(\frac{4}{23}\right) + \arcsin\left(\frac{3}{4}\right) \right)$$

Ответы: $\Delta x_{\max} = \frac{23\omega_0}{4} \sqrt{\frac{m}{k}}; \omega'' = 4\sqrt{\frac{2}{7}} \cdot \omega_0;$

$$t_1 = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \left(\chi + \arcsin\left(\frac{4}{23}\right) + \arcsin\left(\frac{3}{4}\right) \right).$$

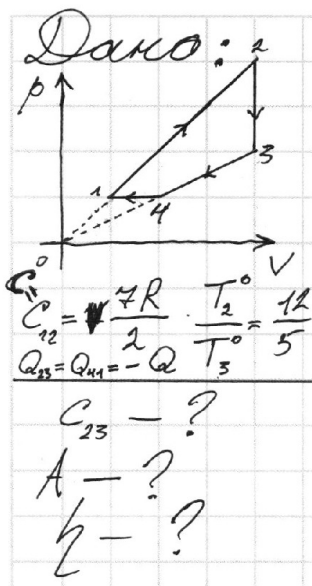


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Решение: №2.

1) $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)}{2} + \frac{i}{2} \gamma R (T_2 - T_1) =$
 $= \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1 + p_1 V_2 - p_2 V_1 + i p_2 V_2 - i p_1 V_1}{2}$ число степ. своб. (опред.) C_V
 $p_1 = k_{12} V_1$ k_{12} - коэф. проп.
 $p_2 = k_{12} V_2$
 $Q_{12} = \frac{(1+i)p_2 V_2 - (1+i)p_1 V_1 + k V_1 V_2 - k V_2 V_1}{2} =$
 $= \frac{(1+i)}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{(1+i)}{2} \gamma R (T_2^0 - T_1^0) = C_V (T_2^0 - T_1^0)$
 $\frac{(1+i)R}{2} = C = \frac{4R}{2} \Rightarrow i = 6, \text{ газ многоатомный,}$
 $C_{AV} = C_{23} = \frac{i}{2} R = 3R$

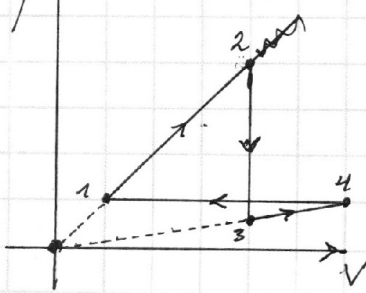
2) $\frac{T_2^0}{T_1^0} = \frac{12}{5}; V_1 = V_3 \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = \frac{12}{5} \text{ и } \frac{k_{12}}{k_{34}} = \frac{12}{5} \text{ — отнош. коэфф.}$
проп.; $p_1 = k_{12} V_1 = p_4 = k_{34} V_4 \Rightarrow V_4 = V_1 \cdot \frac{k_{12}}{k_{34}} = \frac{12}{5} V_1; T_4^0 = \frac{12}{5} T_1^0$
 $Q_{23} = \Delta U_{23} = 3 \gamma R (T_3^0 - T_2^0) = -\frac{4 \gamma R T_2^0}{4} = -Q = Q_{41} = 4 \gamma R (T_1^0 - T_4^0) =$
 $= -\frac{28 \gamma R T_1^0}{5} \Rightarrow T_2^0 = \frac{16}{5} T_1^0; \text{ отсюда: } \gamma R T_1^0 = \frac{5Q}{28}$

	①	②	③	④
p	p_1	p_2	$p_3 = \frac{5}{12} p_2$	$p_4 = p_1$
V	V_1	V_2	$V_3 = V_2$	$V_4 = \frac{12}{5} V_1$
T^0	T_1^0	$\frac{16}{5} T_1^0 = T_2^0$	$T_3^0 = \frac{4}{3} T_1^0$	$T_4^0 = \frac{12}{5} T_1^0$

3) $A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = \frac{1}{2} \gamma R T_1^0 \left(\frac{16}{5} - 1 \right) + 0 + \frac{1}{2} \gamma R T_1^0 \times$
 $\times \left(\frac{12}{5} - \frac{4}{3} \right) + \gamma R T_1^0 \left(1 - \frac{12}{5} \right)$

получается, что $T_4^0 > T_3^0$ и значит

граф. выглядит неск.
по-другому:





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!

$$\begin{aligned} 3) \text{ тогда } A &= A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = \frac{1}{2} \nu R T_1 \left(\frac{16}{5} - 1 \right) + 0 + \\ &+ \frac{1}{2} \nu R T_1 \left(\frac{12}{5} - \frac{4}{3} \right) + \nu R T_1 \left(1 - \frac{12}{5} \right) = \nu R T_1 \left(\frac{11}{10} + \frac{8}{15} - \frac{4}{5} \right) = \\ &= \frac{5Q \cdot 7}{28 \cdot 30} = \frac{Q}{24} \end{aligned}$$

$$4) \eta = 1 - \frac{Q_{\text{отведённая}}}{Q_{\text{подведённая}}} = \frac{A}{A + Q_{\text{отведённая}}} = \frac{Q}{24 \left(\frac{Q}{24} + 2Q \right)} = \frac{1}{49} \approx 2\%$$

$$\text{Ответы: } C_{23} = 3R; A = \frac{Q}{24}; \eta = \frac{1}{49} \approx 2\%.$$



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 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!

Дано: Решение: №3.

$d = 4 \text{ мм}$

$E(x)$
график

$U_0 = ?$

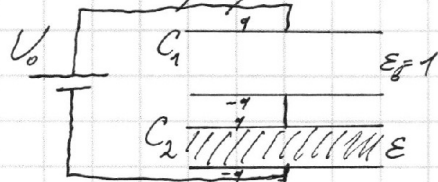
$\epsilon = ?$

1) при $x = 0$: $E_0 = 5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = 5 \frac{\text{В}}{\text{мм}}$; для плоск.

конд. $U_{\text{конд.}} = E \cdot d = 5 \cdot 4 = 45 (\text{В}) = U_0$ т.к. конд.

напряж. подплыв к ист.

2) когда в конд. появи. пласт, схему мож. переис. на эквивал.



т.е. конд. с пласт эквивал.
послед. соедин. конд. с

$C_1 = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d-x}$ и $C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x}$ т.е. $\frac{C_2}{C_1} = \frac{\epsilon(d-x)}{x}$, заряд

на двух послед. соедин. конд. $q_1 = q_2 \Rightarrow$ ~~отн.~~

напряж. $\frac{U_2}{U_1} = \frac{q \cdot C_1}{C_2 \cdot q} = \frac{x}{\epsilon(d-x)}$, но $U_1 + U_2 = U_0$, а

~~U_1~~ $U_1 = E(x) \cdot (d-x) \Rightarrow U_2 = E(x) \cdot \frac{x}{\epsilon}$, а $U_0 = E(x) \cdot (d-x +$

$+\frac{x}{\epsilon})$; подставляя т.е. $x = 6 \text{ мм}$ и $E(x) = 4 \frac{\text{В}}{\text{мм}}$, получаем

$45 = 4 \left(4 - 6 + \frac{6}{\epsilon} \right) \Rightarrow \frac{6}{\epsilon} = 2; \epsilon = 3.$

Ответы: $U_0 = 45 \text{ В}; \epsilon = 3.$



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
 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!

Дано: $L; n; S; \tau; I_1$ Решение: №4.

1) поск. ток возраст. линейно, $\dot{I}(t) = \text{const} = \frac{I_1}{\tau}$; $\dot{I}_{\frac{\tau}{4}} = \frac{I_1}{\tau}$ здесь катуш. напряж. на рез.

2) поск. $R = \text{const}$, $\mathcal{E}_{\text{си}}(t) = U_R(t) = R \cdot I(t)$; $I(t)$ линейно, $\mathcal{E}_{\text{си}}(t)$ тоже линейно $\Rightarrow \Phi_0 - 0 = \int_0^{\tau} \mathcal{E}_{\text{си}}(t) dt = \mathcal{E}_{\text{си}}(\tau) \cdot \tau \cdot \frac{1}{2} = \frac{R \cdot I_1 \cdot \tau}{2}$, но $\Phi_0 = B_1 \cdot S \cdot n \Rightarrow$

$\Rightarrow B_1 = \frac{\Phi_0}{S \cdot n} = \frac{R \cdot I_1 \cdot \tau}{2 \cdot S \cdot n}$

3) $q = \sum_i t_i \cdot I_i$, где t_i и I_i — время и сила тока в эт. мом. врем. и $t_i > \tau$;
 в мом. τ энергия кат. $W = \frac{L \cdot I_1^2}{2}$, вся эта энергия вышла в теплоту на рез. $Q = \sum_i R \cdot I_i^2 \cdot t_i \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{L \cdot I_1^2}{2} = R \cdot \sum_i \frac{I_i^2 \cdot t_i^2}{t_i} = \frac{R \cdot q^2}{\sum_i t_i} = \frac{R \cdot q^2}{t_{\text{ост}}}$, где $t_{\text{ост}}$ — время, за кот. ток в цепи упадет до 0; счит. ~~как~~ уменьш. ток линейн.

$t_{\text{ост}} = \frac{2q}{I_1} \Rightarrow \frac{L \cdot I_1^2}{2} = \frac{R \cdot q^2 \cdot I_1}{2q} \Rightarrow q = I \cdot \frac{L}{R}$

Ответы: $\dot{I}_{\frac{\tau}{4}} = \frac{I_1}{\tau}$; $q = I \cdot \frac{L}{R}$; $B_1 = \frac{R \cdot I_1 \cdot \tau}{2 \cdot S \cdot n}$.



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
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!

Дано:

$$n = \frac{4}{3} \quad b = 24 \text{ см}$$

$R(U)$ -линейно

$$R_0 = 2 \text{ см} \quad \Gamma_1 = \frac{5}{3}$$

$$\Gamma_2 = \frac{1}{3}$$

$F(R; n) - ?$

$$U_2/U_1 - ?$$

$$E_1/E_2 - ?$$

Решение: № 5.

1) по зак. преломл.:

$$\sin \alpha = n \sin \beta$$

$$\sin \varphi = n \sin \gamma$$

в приближ.

паракс. опти.:

$$\alpha \approx n\beta \quad \varphi \approx n\gamma$$

из геом. соображ.:

$$\beta + \gamma = \alpha \quad (\triangle XHK)$$

$$\varphi \approx n\gamma \approx n(\alpha - \beta) \approx n\alpha - n \cdot \frac{\alpha}{n} = \alpha(n-1)$$

счит. линзу тонкой, $HO = KO' = h$, $HO = R \cdot \sin \alpha \approx R \cdot \alpha$;

$$KO = F \cdot \tan \varphi \approx F \cdot \varphi \Rightarrow R \cdot \alpha = F \cdot \varphi = F \cdot \alpha(n-1);$$

$$F = \frac{R}{n-1} \rightarrow \text{зависим. } F(R; n).$$

2) для упр. зад. $F = \frac{R(U)}{n-1} = 3R_0 + k \cdot U = 6 + k \cdot U$, где k - коэф. пропорц. (см)

при $\Gamma_1 = \frac{5}{3} = \frac{b}{d_1}$, где d_1 - рассст. до ист. в 1-м случ. $\Rightarrow$

$$d_1 = \frac{3b}{5}; \text{ по форм. тонк. линзы } \frac{1}{b} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F_1} \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{b} + \frac{5}{3b} = \frac{1}{6 + kU_1} \Rightarrow 6 + kU_1 = \frac{3 \cdot 24}{8} = 9; \quad U_1 = \frac{3}{k}$$

при $\Gamma_2 = \frac{1}{3} = \frac{b}{d_2}$, где d_2 - рассст. до ист. во 2-м случае $\Rightarrow$

$$d_2 = 3b; \text{ по форм. тонк. линзы } \frac{1}{b} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F_2} \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{3b} = \frac{1}{6 + kU_2} \Rightarrow 6 + kU_2 = \frac{3 \cdot 24}{4} = 18 \Rightarrow U_2 = \frac{12}{k}$$



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!

$$3) \frac{U_2}{U_1} = \frac{12 \cdot k}{k \cdot 3} = 4$$

4) пусть источн. излуч. с мощн. P , тогда освещённ.

участка площадью S на расст. d составит

$$E = P \cdot \frac{S}{S_{\text{сферы}}} = P \cdot \frac{S}{4\pi d^2}, \text{ тогда } E_1 = \frac{P \cdot S}{4\pi d_1^2} \text{ и } E_2 =$$

$$= \frac{P \cdot S}{4\pi d_2^2} \text{ (т.к. мощн. излуч. можно считать неизменн.)} -$$

— освещённости линзы; мож. также заметить,

что в изображ. попадут только те лучи, кот.

прошли через линзу, причём все, прошедшие

(т.к. линза имеет приёмность для всех кривизин в заданном сф.)

через линзу (т.к. изображ. резкое) $\Rightarrow E = E_{\text{линзы}}$ и

$$E_1 = \frac{P \cdot S}{4\pi d_1^2}; E_2 = \frac{P \cdot S}{4\pi d_2^2} \text{ (освещ. предм. рав. освещ. линзы);}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{P \cdot S \cdot 4\pi d_2^2}{P \cdot S \cdot 4\pi d_1^2} = \frac{96^2 \cdot 25}{96^2} = 25$$

$$\text{Ответы: } F(R; n) = \frac{R}{n-1}; \frac{U_2}{U_1} = 4; \frac{E_1}{E_2} = 25.$$



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!

