



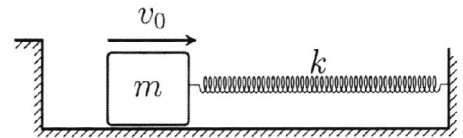
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



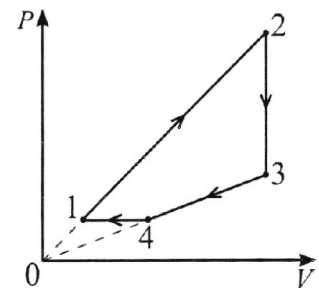
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой  $m$  прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью  $k$  (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет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

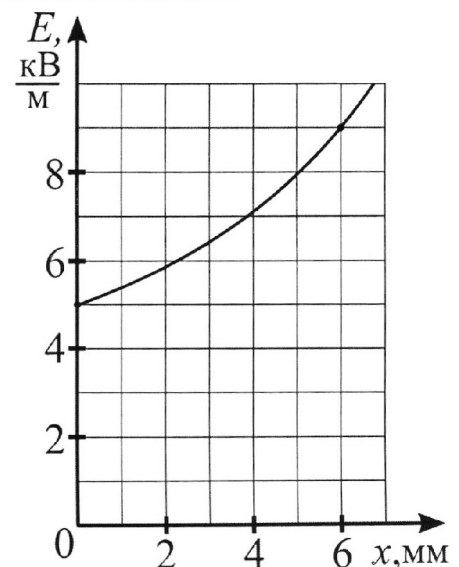
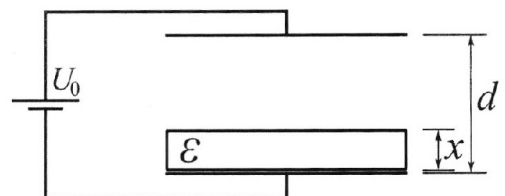
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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  $\epsilon$  диэлектрика.



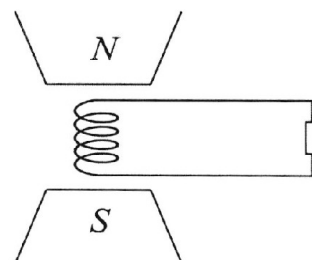
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



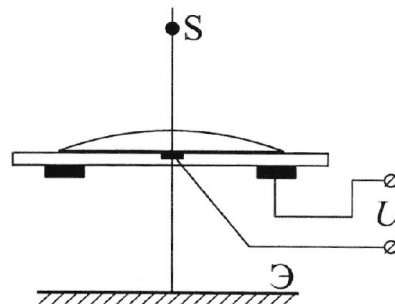
4. Катушка индуктивностью  $L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением  $R$ . Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$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

Сопротвлением 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.



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!

из (3) и (4) имеем:  $(\frac{7}{3}v_0)^2 - v_0^2 = v_2^2$   $(\frac{49}{9}v_0^2 - v_0^2 = v_2^2)$

$$(u^2 - v_0^2) = v_2^2$$

и т.ч.  $\frac{v_2^2}{v_0^2} = 2 - \frac{45}{56} \Rightarrow (\frac{7}{3}v_0)^2 - v_0^2 = \frac{56}{45}(u^2 - v_0^2)$

$$\Rightarrow u^2 = \frac{45}{56} \cdot \frac{40}{9} v_0^2 + v_0^2 = \frac{32}{7} v_0^2 \Rightarrow u = \sqrt{\frac{32}{7}} v_0$$

3) Значим  $\ddot{x} = -kx \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

уравнения гарм. колебаний. Его решение имеет вид  $x = \tilde{x}_0 \cos \omega t + \frac{\tilde{v}_0}{\omega} \sin \omega t$ , где  $\tilde{v}_0, \tilde{x}_0$  - нач. скорость и координата соответственно. (уравнение имеет вид за моменты столкновений - тогда разрыв производной)

Тогда в  $t_0 = 0$   $\tilde{x}_0 = 0$ ,  $\tilde{v}_0 = \frac{23}{9}v_0 \Rightarrow x = \frac{23}{9} \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t(x)$ , в момент столкновения  $x = l \Rightarrow t_1$  (время от старта до 1-го столкновения)

$$\frac{23}{9} \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t_1 = l \quad (III) \quad (\omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}; l = \sqrt{\frac{m}{k}} v_0 = \frac{v_0}{\omega}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \omega t_1 = \frac{9}{23} \Rightarrow t_1 = \arcsin(\frac{9}{23}) \cdot \frac{1}{\omega} = \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin(\frac{9}{23})$$

Т.ч. движение тела гармоническое, то время движения тела от момента столкновения до точки  $x=0$ , равно времени движения от точки  $x=0$  до точки 2-го столкновения (можно тело считать "возвращающимся" назад), а в 1-е время в свои огибающие можно найти или  $\frac{7}{3} \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t_2 = l$  (или просто уравнение (III), т.ч. расстояние или и для (x) остается тем же же, за разницей в нач. скорости (не  $\frac{23}{9}v_0$  а  $\frac{7}{3}v_0$ ))  $\Rightarrow t_2 = \arcsin(\frac{3}{7}) \cdot \frac{1}{\omega} = \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin(\frac{3}{7})$ . Тогда полное время движения до 1. равновесия после 1-го удара будет  $T = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{m}{k}} (\arcsin(\frac{9}{23}) + \arcsin(\frac{3}{7}))$

Ответ: 1)  $l = \sqrt{\frac{m}{k}} v_0$

2)  $\sqrt{\frac{32}{7}} v_0$

3)  $T = \sqrt{\frac{m}{k}} (\arcsin(\frac{9}{23}) + \arcsin(\frac{3}{7}))$

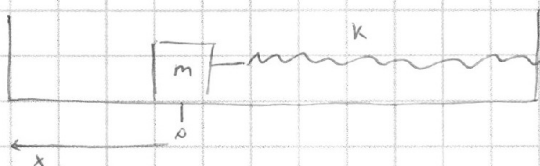


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



Введем ось  $Ox$ , с началом в т. равновесия пружины, направленной к стене (см. рис.)

1) ЛСО - инерциальная.  $\Rightarrow$  Если нет внешних неконсервативных сил требуется ЗСЭ. Если изменить тело и поступ, его энергия будет  $\frac{K\ell^2}{2}$  ( $K$  - жесткость пружины,  $\ell$  - расстояние от пружины до отсчета).

Когда он придет в положение равновесия его потенциальная энергия пружины  $= 0$ , а кинетическая  $E_k = \frac{mv_0^2}{2}$ , и т.д. требуется ЗСЭ, то  $\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{K\ell^2}{2} \Rightarrow \ell = \sqrt{\frac{m}{K}} v_0$ . Т.е. перемещение в момент  $t_0 = 0$  скорость

$\frac{23}{9}v_0 > v_0$ , то тело обязательно пройдет за экран и ударится. В таком случае, т.е. тело движется всегда в направлении к стене, тогда растяжения пружины будет при первом ударе, т.е. равно  $\ell$ .

2) Запишем ЗСЭ для моментов времени, когда тело стартовало до момента пружины перед ударом, и моментов времени сразу после удара и прохождения точки равновесия после 1-го удара:

$$\begin{cases} \frac{m(\frac{23}{9}v_0)^2}{2} = \frac{K\ell^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} & (1) \\ \frac{K\ell^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{m(\frac{7}{3}v_0)^2}{2} & (2) \end{cases}$$

( $v_1$  - скорость за момент до удара)  
( $v_1'$  - скорость сразу после удара)

$$\text{и т.д. } \frac{K\ell^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}, \text{ то } (1) \Rightarrow v_1^2 = \left(\frac{23}{9}v_0\right)^2 - v_0^2 = \frac{32 \cdot 14}{9} v_0^2$$

$$\text{то } (2) \Rightarrow v_1'^2 = \left(\frac{7}{3}v_0\right)^2 - v_0^2 = \frac{40}{9} v_0^2$$

$$\Rightarrow \frac{E_{\text{кин}} \text{ после}}{E_{\text{кин}} \text{ до}} = \frac{\frac{mv_1'^2}{2}}{\frac{mv_1^2}{2}} = \frac{v_1'^2}{v_1^2} = \frac{\frac{40}{9} v_0^2}{\frac{32 \cdot 14}{9} v_0^2} = \frac{40}{56} = \text{const (не зависит)} = \frac{5}{7}$$

Запишем ЗСЭ для моментов прохождения телом полож. равновесия до момента сразу перед 2-м ударом, и моментов сразу после 2-го удара и прохождения полож. равновесия после второго удара:

$$\begin{cases} \frac{m(\frac{7}{3}v_0)^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{K\ell^2}{2} & (3) \\ \frac{mv_2^2}{2} + \frac{K\ell^2}{2} = \frac{mv_2'^2}{2} & (4) \end{cases}$$

( $v_2$  - скорость за момент до второго удара)  
( $v_2'$  - сразу после 2-го удара)  
и - скорость прохождения полож. равновесия после 2-го удара

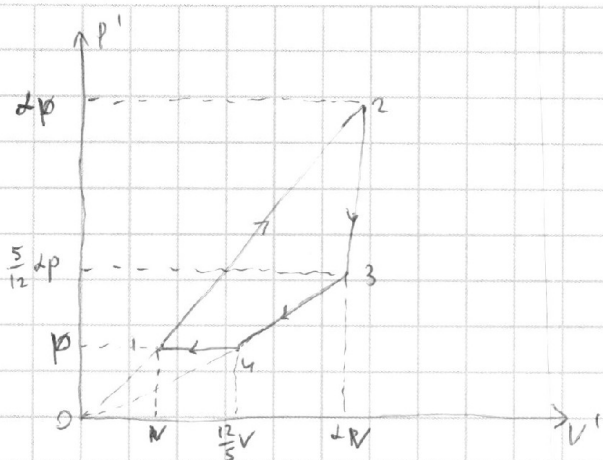


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
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!



Рассмотрим в 1-й половине и 2-й половине (p; V) тогда в 2-й половине (p; V) где  $\Delta > 0$  - нечетная (т.к. 1-2 - прямая через 0)

Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона для точек 2 и 3:

$$\Delta p \cdot \Delta V = \nu R T_2 \quad (\text{т.к. } V_2 = V_3)$$

$$p_3 \cdot \Delta V = \nu R T_3$$

$$\Rightarrow \frac{T_2}{T_3} = \frac{\Delta p}{p_3} = \frac{12}{5} \Rightarrow p_3 = \frac{5}{12} \Delta p; V_3 = \Delta V. p_4 = p \quad (\text{т.к. 1-4 - горизонтальная})$$

$$\Rightarrow \frac{V_4}{p_4} = \frac{V_3}{p_3} \quad (\text{т.к. 3-4 - прямая через 0}) \Rightarrow V_4 = p_4 \cdot \frac{V}{\frac{5}{12} p} =$$

$$= \frac{12}{5} V. \text{ В процессе 1-2 } p \sim V; p = kV \quad (k = \text{const}) \quad (\text{т.к. при } V=0; p=0)$$

тогда уравнение Менделеева - Клапейрона имеет вид:  $kV^2 = \nu R T$

(2-й закон Ньютона) Разобьем малое сечение на части:  $\Delta(kV^2) = 2kV \Delta V = \nu R \Delta T$

$$= 2p \Delta V \Rightarrow p \Delta V = \frac{\nu R \Delta T}{2}. \text{ Тогда малая температура будет:}$$

$$C = \frac{\Delta Q_{12}}{\Delta T} = \frac{\frac{\nu}{2} \nu R \Delta T + A_r}{\Delta T} = \frac{\frac{\nu}{2} \nu R + \frac{p \Delta V}{\Delta T}}{\Delta T} = \frac{\frac{\nu}{2} \nu R + \frac{R}{2}}{\Delta T} = \frac{7}{2} R \quad (\text{по условию})$$

$\Rightarrow \nu = 6$  (число степеней свободы). В процессе 2-3 газ не совершает работу  $\Rightarrow$  все тепло идет на увеличение внутренней энергии. Тогда:

$$C_{23} = \frac{\Delta Q_{23}}{\Delta T} = \frac{\frac{\nu}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T} = \frac{\nu}{2} R = 3R.$$

т.к. в процессе 2-3 не совершается работа, то  $Q = \frac{\nu}{2} \nu R \Delta T_{23} =$

$$= \frac{\nu}{2} \nu R (T_2 - T_3) = \frac{\nu}{2} \nu R T_2 - \nu R T_3 = \frac{\nu}{2} (p_2 V_2 - p_3 V_3) = \frac{\nu}{2} (\Delta^2 p V - \frac{5}{12} \Delta^2 p V) = 3 \cdot \frac{7}{12} \Delta^2 p V$$

$$\Rightarrow Q = \frac{7}{4} \Delta^2 p V \quad (p_2 V_2 = \nu R T_2; p_3 V_3 = \nu R T_3)$$

$$\text{Для процесса 1-4} \quad Q = |A_r + \Delta U_r| = |p(V - \frac{12}{5} V) + \frac{\nu}{2} \nu R (T_1 - T_4)|$$

$$= |- \frac{7}{5} p V + 3(\underbrace{p V}_{p_1 V_1} - \underbrace{\frac{12}{5} p V}_{p_4 V_4})| = \frac{28}{5} p V = Q$$

$$\text{т.е. } \frac{7}{4} \Delta^2 p V = Q = \frac{28}{5} p V \Rightarrow \Delta = \frac{4}{\sqrt{5}}$$



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

|                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                                   | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input 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!

Рассчитать работу газа на  $p$ - $V$  диаграмме для цикла с фигурами 1-2-3-4.

Еще можно найти или  $S_{1234} = S_{023} - S_{014}$  ( $S_{023}$  - площадь  $\Delta O23$ ;

$S_{014}$  - площадь трап.  $O14$ )

$$S_{023} = \frac{1}{2} \left( \underbrace{dp}_{\text{основание}} - \underbrace{\frac{5}{12} dp}_{\text{высота}} \right) \cdot \underbrace{dV}_{\text{длина}} = \frac{7}{24} d^2 p V = \frac{Q}{6}$$

$$S_{014} = \frac{1}{2} \left( \frac{12}{5} V - V \right) \cdot p = \frac{7}{10} p V = \frac{Q}{8}$$

$$\Rightarrow A = \frac{Q}{6} - \frac{Q}{8} = \frac{Q}{24}$$

на участке 1-2;  $p$  - растет,  $V$  - растет  $\Rightarrow \Delta V > 0$ ,  $A_1 > 0 \Rightarrow \Delta Q_{12} > 0$

(прямостое расширение); 2-3  $V = \text{const}$ ,  $p$  - уменьшается  $\Rightarrow A_2 = 0$ ,  $\Delta V < 0 \Rightarrow$

$\Delta Q_{23} < 0$ ; 3-4  $p$  - уменьшается,  $V$  - увеличивается  $\Rightarrow A_3 < 0$ ,  $\Delta V < 0 \Rightarrow \Delta Q_{34} < 0$ ;

на участке 1-4;  $p = \text{const}$ ,  $V$  - увеличивается  $\Rightarrow A_4 < 0$ ,  $\Delta V < 0 \Rightarrow \Delta Q_{41} < 0$ .

$$\Rightarrow Q_H = \Delta Q_{12} \text{ (на участке 1,2)}$$

$$\Delta Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{r12} = \frac{i}{2} QR(T_2 - T_1) + A_{r12} = \frac{i}{2} \left( \underbrace{d^2 p V}_{p_2 V_2} - \underbrace{p V}_{p_1 V_1} \right) + A_{r12}$$

$A_{r12}$  - площадь трапеции с основанием, параллельными  $op$ !

$$\Rightarrow A_{r12} = \frac{\underbrace{dp}_{\text{высота}} + \underbrace{p}_{\text{основание}}}{2} \cdot \underbrace{(dV - V)}_{\text{длина}} = \frac{d+1}{d-1} \cdot \frac{pV}{2} = \frac{d+1}{d-1} \cdot \frac{5}{56} Q$$

$$\Rightarrow \Delta Q_{12} = \frac{d+1}{d-1} \cdot \frac{5}{56} Q + 3 \cdot \left( \frac{4}{7} Q - \frac{5}{28} Q \right)$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{\frac{Q}{24}}{2 \left( \frac{d+1}{d-1} \cdot \frac{5}{56} + \frac{3 \cdot 11}{28} \right)} = \frac{1}{\frac{15}{7} \frac{d+1}{d-1} + \frac{6}{7} \cdot 33}$$

Ответ:

1)  $3/2$

2)  $\frac{Q}{24}$

$$3) \eta = \frac{1}{\frac{15}{7} \cdot \frac{\frac{4}{\sqrt{5}} + 1}{\frac{4}{\sqrt{5}} - 1} + \frac{6}{7} \cdot 33} = \frac{7}{3} \cdot \frac{4 - \sqrt{5}}{284 - 61\sqrt{5}}$$



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

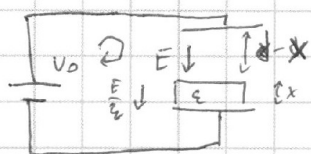
|                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------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

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!

Рассчитать работу электрического поля на замкнутой контуре цепи:



(используя поле в воздушном промежутке  $E$ , тогда в материале оно будет  $\frac{E}{\epsilon}$ )

$$\text{Тогда имеем: } E(d-x) + \frac{E}{\epsilon} \cdot x - U_0 = 0$$

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

рассмотрим тот же случай, где  $x=0 \Rightarrow 5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = \frac{U_0}{9 \cdot 10^{-3} \text{ м}} \Rightarrow$

$$U_0 = 5 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 45 \text{ В. и где } x=6 \text{ мм} \Rightarrow$$

$$9 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = \frac{45 \text{ В}}{(9-6 + \frac{6}{\epsilon}) \cdot 10^{-3} \text{ м}} \Rightarrow 9 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot (3 + \frac{6}{\epsilon}) \cdot 10^{-3} \text{ м} = 45 \text{ В}$$

$$\Rightarrow 3 + \frac{6}{\epsilon} = 5 \Rightarrow \epsilon = 3$$

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

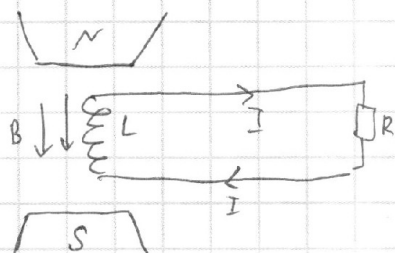


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
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!

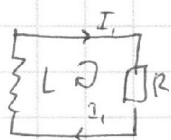


1) По условию ток возмущает магнитное поле, при этом в начале  $t=0$ , в конце  $I_1$ ,  
 $\Rightarrow I = \frac{I_1}{\tau} t \quad (t \in [0, \tau])$

$\Rightarrow$  через  $\frac{\tau}{4}$   $I = \frac{I_1}{4}$ ; считаем возмущающий

ток, т.е.  $\frac{dI}{dt} = \frac{I_1}{\tau} = \text{const}$  (т.к. линейно) — считаем возмущающий.

2) Когда ток в катушке  $= I_1$ , магнитного  $\vec{B}$  нет, т.е. можно просто рассмотреть катушку с катушкой и резистором, с максимальным током  $I_1$ .



Тогда  $L \frac{dI}{dt} = IR$  (по правилу Кирхгофа)

$\Rightarrow L dI = IR dt = R dq \quad (I = \frac{dq}{dt})$

$\Rightarrow \int_0^{I_1} L dI = \int_0^q R dq \Rightarrow -LI_1 = Rq$  (т.к. чем больше ток, тем больше сопротивление  $R$ )  
 $= 2 \text{ через } L$

$\Rightarrow$  через катушку пройдет  $q = -\frac{LI_1}{R}$  ( $\frac{LI_1}{R}$  по модулю)

3) По 3. По формуле  $-\frac{d\Phi}{dt} = \mathcal{E}$ , где  $\mathcal{E}$  — ЭДС в катушке,  $\Phi$  — поток через виток внешнего магнитного поля (от магнита). Эту ЭДС найдет и резистор и катушка т.е.  $-\frac{d\Phi}{dt} = \mathcal{E} = L \frac{dI}{dt} + RI$  (исправление тока выделено тем, что  $\frac{dI}{dt} > 0$ )

$\Rightarrow -d\Phi = L dI + R \cdot \frac{I_1}{\tau} t dt \Rightarrow \int -d\Phi = \int L dI + \int \frac{RI_1}{\tau} t dt$

$\Rightarrow -nS_1 (0 - B_1) = L(I_1 - 0) + \frac{RI_1}{\tau} \cdot \left(\frac{\tau^2}{2} - 0\right)$  (т.к.  $\Phi = nS_1 B$ )

$\Rightarrow B_1 = \frac{LI_1 + \frac{RI_1 \tau}{2}}{nS_1}$

Ответ: 1) считаем возмущающий  $\frac{I_1}{\tau}$ , считаем ток  $I(\frac{\tau}{4}) = \frac{I_1}{4}$

2)  $|q| = \left| \frac{LI_1}{R} \right|$

3)  $B_1 = \frac{LI_1 + \frac{RI_1 \tau}{2}}{nS_1}$

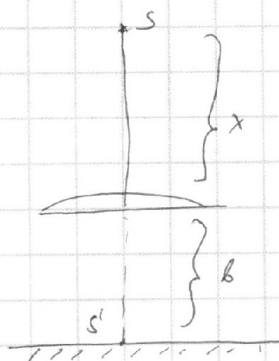


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
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!



для линзы имеет:  $\frac{1}{x} + \frac{1}{x'} = \frac{1}{F}$

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = (n-1) \cdot \frac{1}{R} \quad (\text{т.к. один из } R = \infty)$$

(R- радиус кривизны линзы)

$$R = R_0 + KU \quad (\text{по условию})$$

$$\Gamma = \frac{b}{x} \quad (\text{коэф. увеличения})$$

Тогда: 1)  $\Gamma_1 = \frac{x'}{x} = \frac{b'}{b} \Rightarrow x = \frac{3}{5} b \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{b} + \frac{5}{3} \cdot \frac{1}{b} = \frac{8}{3b}$

$$\Rightarrow F = \frac{3}{8} b = 9 \text{ см} \quad (b = 24 \text{ см}) \Rightarrow R_0 + K \cdot U_1 = F(n-1)$$

$$\Rightarrow KU_1 = 9 \cdot \frac{1}{3} - 2 = 1 \text{ см}$$

2)  $\Gamma_2 = \frac{1}{3} = \frac{b'}{x'} \Rightarrow x' = 3b \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{b} + \frac{1}{3b} = \frac{4}{3b}$

$$\Rightarrow F = \frac{3}{4} b = 18 \text{ см} \Rightarrow R_0 + KU_2 = F(n-1) \Rightarrow KU_2 = 18 \cdot \frac{1}{3} - 2 = 4 \text{ см}$$

$$\Rightarrow \frac{KU_2}{KU_1} = \frac{U_2}{U_1} = 4$$

(Формула тонкой линзы имеет вид  $\frac{1}{F} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ ; во один из  $R_2$  для линзы, т.к. она имеет и плоскую поверхность равен  $+\infty$ , и тогда R равен от центра кривизны  $\Rightarrow F = \frac{R}{n-1}$ )

Ответ: 1)  $F = \frac{R}{n-1}$

2)  $\frac{U_2}{U_1} = 4$

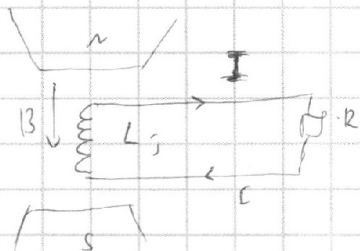


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 2 3 4 5 6 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!



$$B \rightarrow 0$$

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

$$I \cdot R = L \frac{dI}{dt} = L \frac{I}{\tau} \cdot t$$

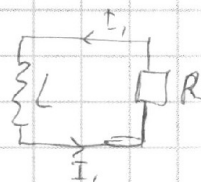
$$\Rightarrow I(t) = \frac{L I_0}{R \tau}$$

$$\left( \frac{I}{I_0} \right)$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = \mathcal{E}$$

$$R =$$

$$\frac{I_0 \tau}{L}$$



$$L \frac{dI_1}{dt} = R I_1 \Rightarrow L \frac{dI_1}{dt} = R \Delta \Phi_1$$

$$L(0 - I_1) = R \left( \frac{L \cdot I_1}{2\mu_0 - 0} \right) \Rightarrow I_1 = \frac{L I_0}{R}$$

$$\frac{d\Phi}{dt} + L \frac{dI}{dt} = R I$$

$$\frac{d\Phi}{dt} + L \frac{dI}{dt} = R \cdot \frac{I_0}{\tau} \cdot dt = R I_0 \cdot \frac{2\tau}{2\tau} = \frac{I}{2}$$

$$B_1(S, n) = \frac{R I_0 \tau}{2} - L \cdot I_1$$

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt} = R I + L \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{7}{15 \frac{(4+\sqrt{5})}{4\sqrt{5}} + 68} = \frac{7}{3} \cdot \frac{1}{5(4+\sqrt{5}) + 66(4-\sqrt{5})} = \frac{7}{3} \cdot \frac{4-\sqrt{5}}{284-61\sqrt{5}}$$

$$2u_0 + u_1$$

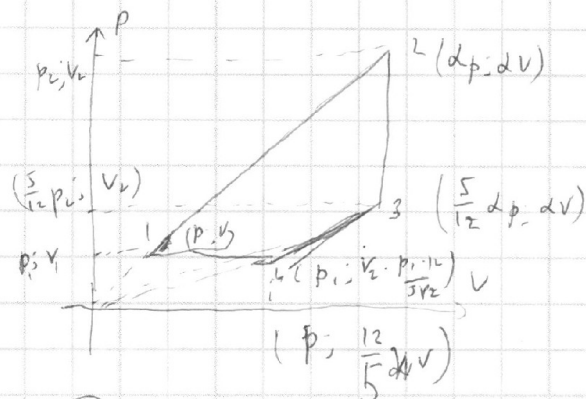


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи **отдельно**.

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!



$i = 6$

$$pV = \nu RT$$

$$kV = \nu RT$$

$$k \cdot 2V \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$p \Delta V + V \cdot k \Delta p = \nu R \Delta T$$

$$2p \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{2} R + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2} \Rightarrow$$

$i = 6$

$$\Delta Q = \frac{2V + V}{2} \cdot \frac{5}{2} \Delta p$$

$$3 \cdot \nu R \Delta T = 3 \cdot \nu R \cdot \left( \frac{7}{12} p_2 V_2 \right) = Q$$

$$\frac{\Delta Q}{A}$$

$$p_1 \left( \frac{p_1 V_2}{p_2} - V_1 \right) + 3 \nu R \left( \frac{p_1 V_2}{p_2} - V_1 \right) = Q$$

$$3 \cdot \left( \frac{1}{2} p_2 V_2 - p_1 V_1 \right) = Q$$

$A$

$$C = \frac{\nu R \Delta T}{\Delta T} = 3R$$

$$\frac{7}{2} \cdot 3 \cdot p V \left( \frac{7}{12} \Delta p \right) = Q$$

$pzk$

$$p \cdot \frac{7}{5} V + 3 \cdot \left( \frac{12}{5} p V - p V \right) = \frac{28}{5} p V = Q$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{7}{12} \Delta p \cdot \Delta V = \frac{7}{5} V \cdot p \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{7}{4} \Delta^2 = \frac{28^2}{5} \Rightarrow \Delta = \frac{4}{\sqrt{5}}$$

$$\frac{E}{\epsilon} \cdot x + E(1-x) = U_0$$

$$E \left( \frac{1}{\epsilon} x + 1 - x \right) = U_0$$

$$\frac{4 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\epsilon} \cdot 6 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3}}$$

$$E = \frac{U_0}{1 + \frac{1}{\epsilon} x - x}$$

$$\frac{U_0}{d} = 5 \cdot 10^3 \quad U_0 = 2 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-3}$$

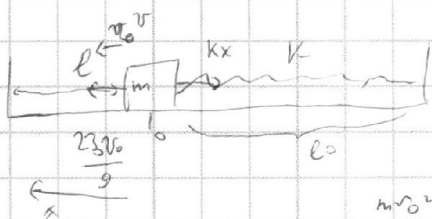
$$5 = 9 + \frac{6}{\epsilon} - 1 \Rightarrow 6 - \frac{6}{\epsilon} = 4 \quad (\epsilon = 3)$$



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!



$$\frac{k l^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} \Rightarrow l = \sqrt{\frac{m}{k}} v_0$$

$$26.7 \quad 14 \quad 32 \quad 25$$

$$(23.5)(23.5)$$

$$\frac{m}{2} \left( \frac{23 v_0}{9} \right)^2 + 0 = \frac{k l^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} \Rightarrow$$

$$v_1^2 = \left( \frac{23}{9} v_0 \right)^2 - v_0^2 = \frac{23^2 - 9^2}{9^2} v_0^2$$

$$v_1 = \frac{8}{9} \sqrt{7} v_0$$

$$v_1^2 = \left( \frac{7}{3} \right)^2 v_0^2 - v_0^2$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{k l^2}{2} = \frac{7^2 - 3^2}{9^2} \frac{m}{2}$$

$$v_1^2 = \left( \frac{3.7}{9} v_0 \right)^2 - v_0^2$$

$$\Rightarrow \frac{E_{\text{кин}} \text{ после}}{E_{\text{кин}} \text{ до}} = \frac{7^2 - 3^2}{3^2} = \frac{40 \cdot 9}{7 \cdot 20} = \frac{23 \cdot 5 \cdot 9}{7 \cdot 20} = \frac{45}{48}$$

$$\left( \frac{7}{3} \right)^2 v_0^2 - v_0^2 = \frac{40}{9} v_0^2 \quad \frac{40}{9} \cdot \frac{45}{19} = \frac{8 \cdot 5}{9} \cdot \frac{9 \cdot 5}{6 \cdot 8} = \frac{15}{6}$$

$$\frac{25}{6} v_0^2 - v_0^2 = \frac{19}{6} v_0^2 \Rightarrow \sqrt{\frac{19}{6}} v_0$$

$$A \cos(\omega t + \phi)$$

$$A \cos(\omega t) = \frac{7}{3} v_0$$

$$A \cos(\omega t + \phi)$$

$$m \ddot{x} = -kx \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m} x = 0 \quad x = A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

$$\ddot{x} = \frac{23}{9} v_0 \sin \omega t = l$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \ddot{x} = B \omega = \frac{23}{9} v_0$$

$$l = \sqrt{\frac{m}{k}} v_0 = \frac{v_0}{\omega}$$

$$t = \frac{\arcsin\left(\frac{9}{23} \frac{l \omega}{v_0}\right)}{\omega} = \frac{\arcsin\left(\frac{9}{23}\right)}{\omega}$$

$$A \omega \sin(\omega t + \phi) = \frac{7}{3} v_0$$

$$x = \frac{7}{3} v_0 \sin \omega t = l$$

$$t = \frac{\arcsin\left(\frac{3}{7}\right)}{\omega}$$

$$A \omega \quad A = \frac{7}{3} \frac{v_0}{\omega}$$