



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-05



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

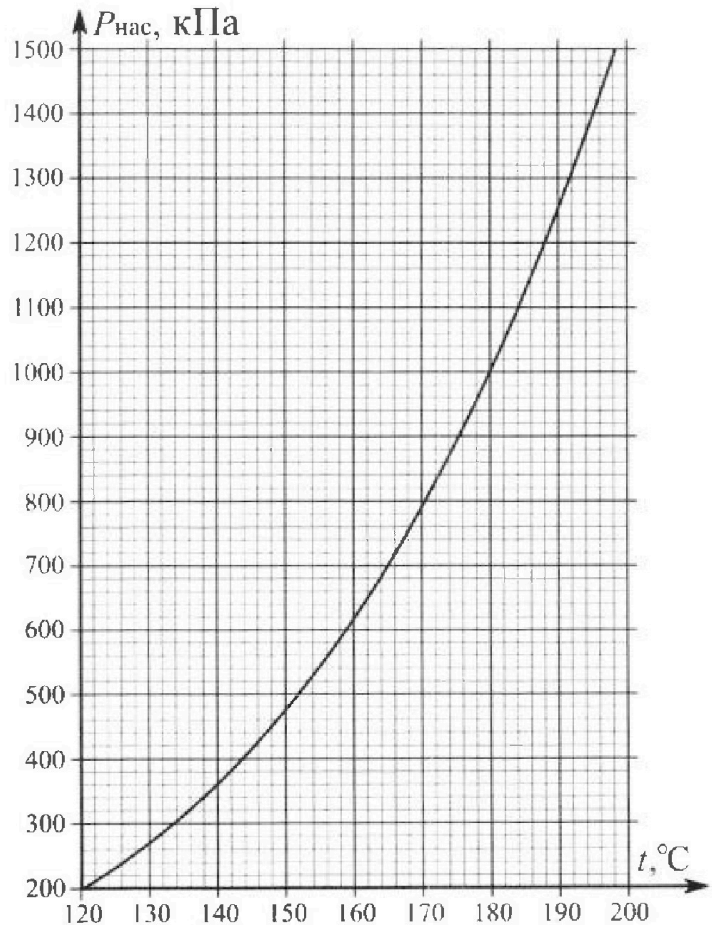
1. Из игрушечной пушки стреляют три раза одним и тем же снарядом. Масса пушки без снаряда в 4 раза больше массы снаряда. Первый раз пушку закрепляют, а ствол направляют вертикально вверх. В результате выстрела снаряд поднялся на высоту  $H = 13/3$  м. Во второй раз пушку закрепляют на горизонтальном полу, ствол направляют под углом  $\varphi$  ( $\operatorname{tg}\varphi = 2/3$ ) к горизонту и стреляют. Третий раз пушка может скользить по горизонтальной поверхности пола без трения, поступательно, не отрываясь от пола. Ствол при третьем выстреле направлен под углом  $\varphi$  к горизонту.

- 1) Найти дальность полета  $S_2$  снаряда при втором выстреле.
- 2) На каком расстоянии  $S_3$  от места выстрела снаряд упадет на пол при третьем выстреле?

Размеры пушки и сопротивление воздуха не учитывать. Снаряд вылетает под действием сжатой легкой пружины. Ответы дать в метрах в виде обыкновенной дроби или целого числа.

2. В цилиндрическом теплоизолированном сосуде с площадью основания  $S = 10$  см<sup>2</sup> под лёгким, теплоизолированным, способным свободно перемещаться поршнем находится в равновесии влажный воздух с относительной влажностью  $\varphi_1 = 100\%$  при температуре  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ . Над поршнем вакуум. Поршень удерживается в равновесии силой  $F = 150$  Н, направленной вдоль оси сосуда внутрь. В некоторый момент времени сила становится равной  $1,5F$ , и затем остаётся постоянной. Считайте, что нормальное атмосферное давление  $P_0 \approx 100$  кПа. Воздух и водяной пар считать идеальными газами с молярными теплоемкостями при постоянном объеме  $C_{V1} = 5R/2$  (сухой воздух),  $C_{V2} = 3R$  (пар). На рисунке представлена зависимость давления насыщенного пара воды от температуры  $P_{\text{нас}}(t)$ .

- 1) Найти отношение начального равновесного давления  $P_1$  к  $P_0$ .
- 2) Найти в сосуде отношение числа молекул воды  $N_2$  к числу молекул сухого воздуха  $N_1$ .
- 3) Найти отношение температуры  $T_2$  после установления термодинамического равновесия к начальной температуре  $T_1$ . Температуры  $T_2$  и  $T_1$  по шкале Кельвина. Ответ дать в виде обыкновенной дроби.
- 4) Найти относительную влажность воздуха  $\varphi_2$  в сосуде после установления термодинамического равновесия.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

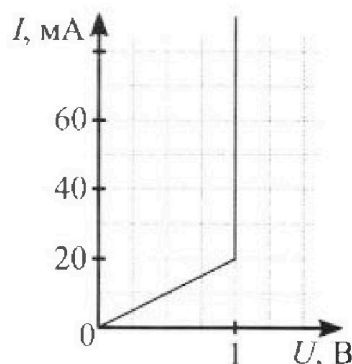
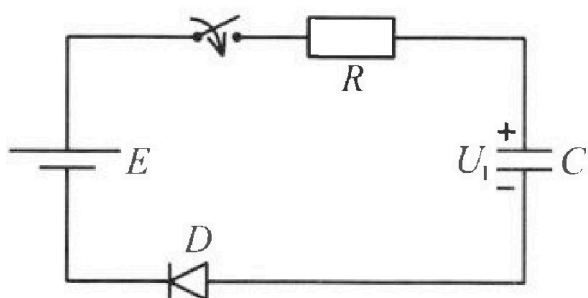
## Вариант 11-05

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



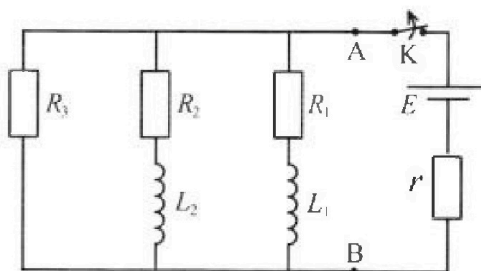
3. В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника  $E = 9$  В,  $R = 100$  Ом,  $C = 60$  мкФ, конденсатор заряжен до напряжения  $U_1 = 3$  В. Вольтамперная характеристика диода  $D$  приведена на рисунке. Ключ разомкнут, затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_1$  в цепи сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти напряжение  $U_2$  на конденсаторе в момент, когда ток в цепи станет  $I_2 = 20$  мА.
- 3) Какое количество теплоты  $Q$  выделится на резисторе после замыкания ключа?



4. В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника  $E$ ,  $R_1 = R_2 = R$ ,  $R_3 = 2R$ ,  $r = R/5$ ,  $L_1 = L$ ,  $L_2 = 2L$ . Ключ  $K$  замкнут, режим в цепи установился.

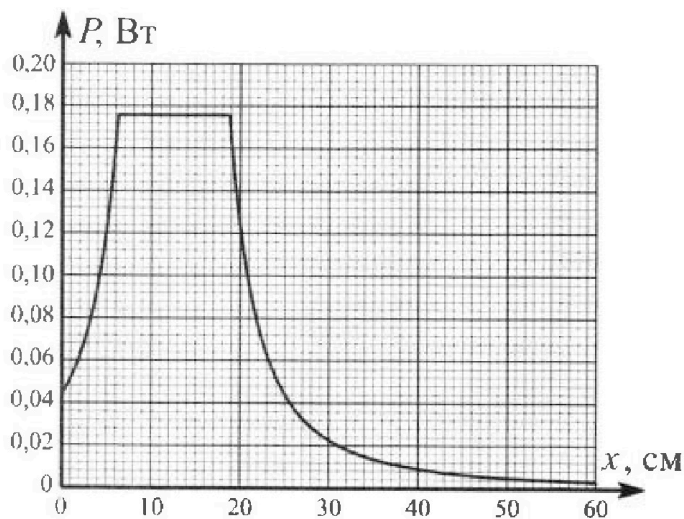
- 1) Найти ток  $I_0$  через катушку  $L_1$  при замкнутом ключе.
- 2) Найти скорость изменения (по модулю) тока в катушке  $L_1$  сразу после размыкания ключа.
- 3) Найти заряд  $q_3$ , протекший через резистор  $R_3$  после размыкания ключа.



Каждый ответ выразить через  $E$ ,  $R$ ,  $L$  с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. Точечный источник излучает свет одинаково по всем направлениям. На некотором расстоянии от него расположили датчик в форме диска, регистрирующий мощность  $P$  падающего света. Ось симметрии датчика проходит через источник. Между источником и датчиком на фиксированном расстоянии  $a = 32$  см от источника расположили тонкую линзу радиусом  $R = 2$  см так, что главная оптическая ось линзы совпала с осью симметрии датчика. На рисунке представлен график зависимости показаний датчика от расстояния  $x$  между линзой и датчиком.

- 1) Найти радиус датчика  $r$ , считая его меньше радиуса линзы.
- 2) Найти фокусное расстояние  $F$  линзы.
- 3) Найти мощность источника  $P_0$ , считая  $R \ll a$ .





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 14

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!

$$V^2 \frac{1+4(gt^2\varphi+1)}{4(tg^2\varphi+1)} = V_0^2, \text{ тогда } V^2 = V_0^2 \frac{4(tg^2\varphi+1)}{4(tg^2\varphi+1)+1} \quad (2)$$

Далее рассмотрим траекторию полета снаряда для второго выстрела запишем 2 формулы



$$\begin{cases} 2V\cos\varphi t_3 = S_3 \\ V\sin\varphi = gt_3 \end{cases}, \text{ получим из них}$$

$$\frac{2V^2 \sin\varphi \cos\varphi}{g} = S_3$$

$$\frac{2V^2}{g} \operatorname{tg}^2\varphi \cdot \cos^2\varphi = S_3$$

$$S_3 = \frac{2V^2}{g} \operatorname{tg}^2\varphi \cdot \frac{1}{(tg^2\varphi+1)}, \text{ подставим } V^2 \text{ из (2)}$$

$$S_3 = \frac{2}{g} V_0^2 \cdot \frac{\operatorname{tg}^2\varphi}{tg^2\varphi+1} \cdot \frac{4(tg^2\varphi+1)}{4(tg^2\varphi+1)+1}, \text{ подставим } V_0 \text{ из (1)}$$

$$\begin{aligned} S_3 &= \frac{2 \cdot 204}{g} \cdot \frac{4 \operatorname{tg} \varphi}{4(tg^2\varphi+1)+1} = \frac{164 \operatorname{tg} \varphi}{4(tg^2\varphi+1)+1} = \frac{16 \cdot \frac{13}{3} \cdot \frac{2}{3}}{4 \cdot (\frac{169}{9} + 1) + 1} \text{ м} = \\ &= \frac{16 \cdot \frac{26}{9}}{4 \cdot \frac{13}{9} + 1} \text{ м} = \frac{16 \cdot 26}{4 \cdot 13 + 9} \text{ м} = \frac{16 \cdot 26}{61} \text{ м} = \frac{416}{61} \text{ м} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} \times 16 \\ \frac{26}{96} \\ + \frac{32}{416} \end{array}$$

Ответ: 1)  $S_2 = 8 \text{ м}$  2)  $S_3 = \frac{416}{61} \text{ м}$



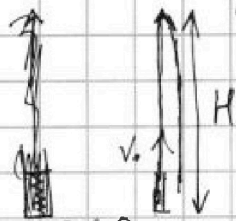
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 14

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 начала рассмотрим первый выстрел:



Скоряда поднимается на  $H$ , тогда

$v_0$  - начальная скорость,  $m$  - масса скоряды.

Запишем ЗСЭ:

$$E_{n_0} + E_{k_0} = E_{n_1} + E_{k_1}$$

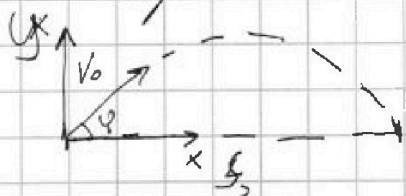
$$0 + \frac{mv_0^2}{2} = mgH + 0 \quad m \neq 0, \text{ где } E_{n.n.} = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v_0^2 = 2gH$$

$$v_0 = \sqrt{2gH} \quad (1)$$

$E_{n.n.}$  - потенциальная энергия пушки.

Рассмотрим второй выстрел для него начальная скорость скоряды будет та же, так как вся энергия стальной пушки переходит в скорость.



Запишем уравнения движения для осей  $x$  и  $y$

$$2v_0 \cos \varphi t_2 = S_2, \text{ где } |t_2| - \text{наимое}$$

время полета, тогда подниматься

скоряда будет время  $t_2$  и спускаться -  $t_2$ , так

как парабола симметрична. Запишем выражение

для подъема пушки:  $v_0 \sin \varphi = gt$ , так как

в верхней точке вертикальная скорость равна 0,

выразим  $t_2$ :

$$t_2 = \frac{v_0 \sin \varphi}{g}$$

оси  $x$ :

$$\frac{2v_0^2 \cos \varphi \sin \varphi}{g} = S_2$$

подставим в выражение для



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 14

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!

$$S_2 = \frac{2V_0^2}{g} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cos^2 \varphi. \quad \text{Выразим } \cos^2 \varphi \text{ через } \operatorname{tg} \varphi.$$

$$\frac{1}{\cos^2 \varphi} = \operatorname{tg}^2 \varphi + 1, \quad \text{тогда } \cos^2 \varphi = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1}, \quad \text{подставим.}$$

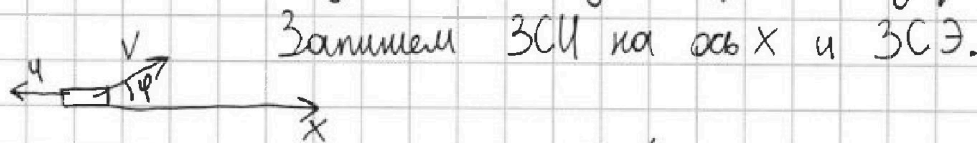
$$S_2 = \frac{2V_0^2}{g} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1}, \quad \text{подставим } V_0 \text{ из (1) уравнения.}$$

$$S_2 = \frac{4gH}{g} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1}$$

$$S_2 = 4H \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1} = 4 \cdot \frac{13}{3} \cdot \frac{\frac{2}{3}}{\frac{4}{9} + 1} \text{ м} = 4 \cdot \frac{13}{3} \cdot \frac{2}{3 \left(\frac{13}{9}\right)} \text{ м} = 4 \cdot \frac{13}{9} \cdot \frac{2 \cdot 9}{13} \text{ м} =$$

$$= 8 \text{ м.}$$

Теперь рассмотрим 3-й выстрел.  
Для начала найдем начальную скорость заряда.



$mV \cos \varphi = 4m u$  (так как скорость пушечного ядра и пушки даёт одинаковый импульс снаряду и пушке). Получим выражение:

$$V \cos \varphi = 4u, \quad \text{тогда } u = \frac{V \cos \varphi}{4}, \quad \text{запишем ЗСЭ}$$

$$\frac{mV^2}{2} + \frac{4mu^2}{2} = E_{\text{н.п.}}$$

$$\frac{mV^2}{2} + \frac{4m \left(\frac{V \cos \varphi}{4}\right)^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} \quad \left| \cdot \frac{2}{m} \neq 0 \right.$$

$$V^2 + 4u^2 = V_0^2, \quad \text{подставим значение } u.$$

$$V^2 + 4V^2 \cos^2 \varphi = V_0^2$$

$$V^2 + \frac{V^2 \cos^2 \varphi}{4} = V_0^2$$

$$\frac{V^2 + V^2}{4(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1)} = V_0^2$$

$$\text{где } \cos^2 \varphi = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1}$$



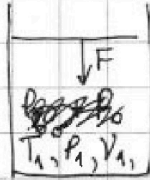
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
13 из 14

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!

N1



В начальный момент температура  $t_1 = 100^\circ\text{C}$  — это температура кипения, при данной температуре

$P_{\text{нас}} = P_0$ , тогда  $P_1 = P_{\text{возд}_0} + P_0$ , где  $P_{\text{возд}_0}$  — давление сухого воздуха. Запишем уравнение равновесия поршня для начального момента:

$$F = P_1 S, \Rightarrow P_1 = \frac{F}{S}, \text{ тогда } \frac{P_1}{P_0} = \frac{F}{S P_0} = \frac{150 \text{ Н}}{10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 15$$

$$= 15, \text{ тогда } \frac{P_1}{P_0} = \frac{P_{\text{возд}_0}}{P_0} + 1$$

$$\frac{P_{\text{возд}_0}}{P_0} = \frac{P_1}{P_0} - 1, \text{ запишем уравнение Менделеева-Клапейрона}$$

$$\begin{cases} P_{\text{возд}_0} \cdot V = \frac{N_1}{N_A} R T_0 \\ P_0 \cdot V = \frac{N_2}{N_A} R T_0, \text{ где } V - \end{cases}$$

объем сосуда, так как действует закон суперпозиции, поделим уравнения почленно:

$$\frac{P_{\text{возд}_0}}{P_0} = \frac{N_1}{N_2}, \text{ тогда } \frac{N_1}{N_2} = \frac{P_1}{P_0} - 1, \text{ следовательно}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{\frac{P_1}{P_0} - 1} = \frac{1}{1,5 - 1} = 2$$

Так как сосуд теплоизолированный, то

$$A + \Delta U = 0.$$



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  
14 из 14

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!

После становления  $1,5F = \text{const}$ , начинается процесс при постоянном давлении, тогда.

$$A = -\frac{1,5F}{S} \Delta V, \text{ тогда } \Delta U = \frac{1,5F}{S} \Delta V, \text{ значит.}$$

$$\frac{5}{2} R \frac{N_1}{N_A} T_2 - \frac{5}{2} R \frac{N_1}{N_A} T_1 + 3R \frac{N_3}{N_A} T_2 - 3R \frac{N_2}{N_A} T_1 = \frac{1,5F}{S} \Delta V,$$

где для всей смеси  $p_1 = \frac{N_1 + N_2}{N_A} R T_1,$

$$\frac{1,5F}{S} \cdot (V - \Delta V) = \frac{N_1 + N_3}{N_A} R T_2, \text{ разделим.}$$

$$\frac{1,5F}{S p_1} \left( \frac{V - \Delta V}{V} \right) = \frac{N_1 + N_3}{N_1 + N_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$1,5 - \frac{1,5 \Delta V}{V} = \frac{N_1 + N_3}{N_1 + N_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

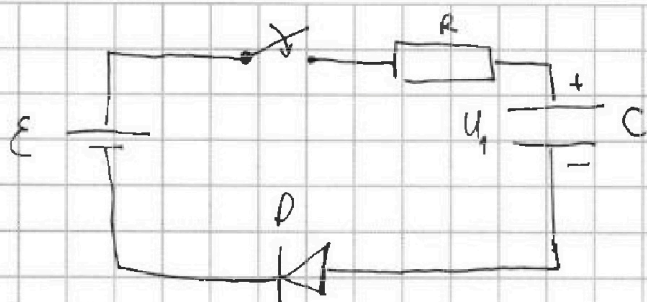
Ответ: ~~1)  $\frac{p_1}{p_0} = 1,5$~~  1)  $\frac{p_1}{p_0} = 1,5$  2)  $\frac{N_2}{N_1} = 2$



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 14

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:  $E = 9\text{В}$ ,  $R = 100\ \Omega$   
 $C = 60\ \mu\text{Ф}$ ,  $U_1 = 3\text{В}$ .

- 1) Заметим, что в момент замыкания  $U_1$  не меняется сразу же и на  $D$ ,  $U_{D1} = 1\text{В}$ .  
 Так как  $E - U_1 > U_{D\text{откр}}$ , где  $U_{D\text{откр}}$  - напряжение открытия диода. Запишем уравнение для

всей цепи:

$$E = I_1 R + U_1 + U_{D1}$$

$$I_1 R = E - U_1 - U_{D1}$$

$$I_1 = \frac{E - U_1 - U_{D1}}{R} = \frac{9\text{В} - 3\text{В} - 1\text{В}}{100\ \Omega} = 0,05\text{А} = \frac{50}{1000}\text{мА}$$

- 2) Заметим, что так как терит ток  $I_2$ , то диод открыт, и  $U_{D2} = U_{D\text{откр}} = 1\text{В}$ . Запишем уравнение для схемы:

$$E = I_2 R + U_2 + U_{D2}$$

$$U_2 = \frac{E - I_2 R - U_{D2}}{1} = 9\text{В} - 100\ \Omega \cdot 0,02\text{А} - 1\text{В} = 6\text{В}$$

- 3) Запишем ~~закон~~ закон сохранения энергии для схемы

$$A_{\text{ист}} - A_D = Q + \Delta W$$

где  $A_{\text{ист}}$  - работа источника,  $A_D$  - работа потраченная на переход заряда через диод,  $\Delta W$  - изменение потенциальной энергии.





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  
5 из 14

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!

$$E \Delta q - A_D = Q + \frac{CU_3^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} \quad \text{каждым } U_3.$$

Запишем уравнение для цепи когда ток не течет.

$$E = U_3 \Rightarrow U_3 = E, \text{ получим:}$$

$$E \Delta q - A_D = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \text{ найдем } \Delta q; \Delta q = q - q = q_3 - q_1 = CU_3 - CU_1, \text{ подставим в уравнение.}$$

$$E C (U_3 - U_1) - A_D = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \text{ где } U_3 = E.$$

$$CE(E - U_1) - A_D = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \text{ найдем } A_D, \text{ в момент}$$

когда напряжение на конденсаторе ~~равно~~  $U_1 \leq U_c \leq U_2$ ,

$$A_{12} = (q_2 - q_1) U_{D_{откр}} = C U_{D_{откр}} (U_2 - U_1). \text{ Для момента}$$

когда ток  $I \ll I_2$ , можно записать небольшое

изменение работы:  $dA_{23} = d q_c U_D$ , где  $q_c$  - заряд

на конденсаторе,  $U_D = \frac{E - q_c}{R+r} \cdot r$ , где

$r$  - "сопротивление" диода на участке  $0 \leq I \leq I_{откр}$ , так как ВАХ диода на данном участке соответствует резистору с сопротивлением:  $r = \frac{1B}{902A} = 50 \text{ Ом}$ .

Подставим  $U_D$ .

$$dA_{23} = dq \frac{Er}{R+r} - dq q_c \frac{r}{R+r} \quad \text{Трансформируем обе части:}$$

$$A_{23} = \frac{q}{2} (q_3 - q_2) \frac{Er}{R+r} - \frac{(q_3 - q_2)^2}{2} \frac{r}{R+r}, \text{ где } q_3 = CU_3 = CE, \text{ а } q_2 = CU_2.$$

Так как  $A_D = A_{12} + A_{23}$ , то получим:

$$CE(E - U_1) - C U_{D_{откр}} (U_2 - U_1) - \frac{Er}{R+r} C (E - U_2) + \frac{C(E - U_2)^2}{2(R+r)} = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

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  
6 ИЗ 14

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!

Поиск: 0

$$Q = CE^2 - CEU_1 - CU_{\text{доп.}}(U_2 - U_1) - \frac{CEr}{R+r}(E - U_2) + \frac{C(E - U_2)^2 r}{2(R+r)} - \frac{CE^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2}$$

Подставим значения:

$$\begin{aligned} Q &= (60 \cdot 10^{-6} \cdot 9^2 - 60 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 9 - 60 \cdot 10^{-6} \cdot 1(6-3) - \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 50}{150} \cdot (9-6) + \\ &+ \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot (9-6)^2 \cdot 50}{2 \cdot 150} - \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 9^2}{2} + \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 3^2}{2}) D_{\text{мк}} = \\ &= (60 \cdot 10^{-6} (9^2 - 3 \cdot 9 - 3 - \frac{9}{3} \cdot 3 + \frac{3^2}{2 \cdot 3} - \frac{9^2}{2} + \frac{3^2}{2})) D_{\text{мк}} = \\ &= (60 \cdot 10^{-6} (81 - 27 - 3 - 9 + \frac{3}{2} - \frac{81}{2} + \frac{9}{2})) D_{\text{мк}} = \\ &= (60 \cdot 10^{-6} (42 + 6 - \frac{81}{2})) D_{\text{мк}} = (30 \cdot 10^{-6} (48 \cdot 2 - 81)) D_{\text{мк}} = \\ &= (30 \cdot 10^{-6} \cdot 15) D_{\text{мк}} = 450 \cdot 10^{-6} D_{\text{мк}} = 0,45 \mu\text{Дж} \end{aligned}$$

Ответ: 1)  $I_1 = 50 \mu\text{А}$  2)  $U_2 = 6\text{В}$  3)  $Q = 0,45 \mu\text{Дж}$ .

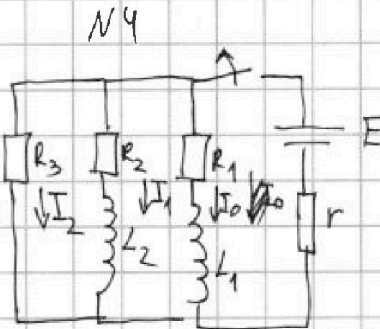


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
7 ИЗ 14

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!

Нарисуем  
схему и расставим  
токи до замыкания  
ключа.



Тогда напряжение на параллельных ветках:  
Катушки напряжения не создают, так как ток установился.  
 $E - (I_0 + I_1 + I_2)r = I_0 R_1 = I_1 R_2 = I_2 R_3$  по законам  
Кирхгофа.

Выразим  $I_1, I_2$  через  $I_0$ .

$$I_1 = I_0 \frac{R_1}{R_2}, \quad I_2 = I_0 \frac{R_1}{R_3}, \quad \text{тогда подставляя}$$

эти значения получим:

$$E - \left( I_0 + I_0 \frac{R_1}{R_2} + I_0 \frac{R_1}{R_3} \right) r = I_0 R_1$$

$$I_0 \left( R_1 + \frac{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2 \cdot r}{R_2 R_3} \right) = E, \quad \text{тогда:}$$

$$I_0 = \frac{E}{R_1 + \frac{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2 \cdot r}{R_2 R_3}} = \frac{E}{R + \frac{2R^2 + 2R^2 + R^2}{2R^2} \cdot \frac{r}{5}} = \frac{E}{1,5R} = \frac{2E}{3R}$$

2) Так как ток в катушках явно не меняется, то для ветви с  $L_1$  получим следующее уравнение

~~Если ток в катушке не меняется, то  $E - I_0 R_1 = I_1 R_2 = I_2 R_3$  и  $I_1 = I_0 \frac{R_1}{R_2}, I_2 = I_0 \frac{R_1}{R_3}$~~

~~$I_0 + I_0 \frac{R_1}{R_2} + I_0 \frac{R_1}{R_3} = I_0 \frac{R_1}{R_2} + I_0 \frac{R_1}{R_3} = I_0 \frac{R_1}{R_2} + I_0 \frac{R_1}{R_3}$  где  $I_3$  ток через  $R_3$~~

~~$I_0 R_1 = I_1 R_2 = I_2 R_3$  подставляем  $I_1, I_2, R_1, R_2$~~

~~$I_0 = \frac{2E}{3R} \cdot R$  Схема нашей цепи будет~~



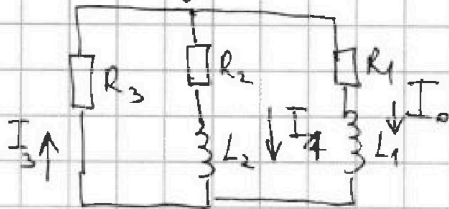
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
8 из 14

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!

иметь вид:



Тогда  $I_3 = I_4 + I_0$ ,

выразим ~~в~~ подставим  $I_4$ .

$$I_3 = I_0 \frac{R_1 + R_2}{R_2}, \text{ подставим}$$

$I_0, R_1, R_2$ .

$$I_3 = I_0 \frac{2E}{3R} \cdot 2 = \frac{4E}{3R}, \text{ тогда запишем}$$

уравнение ~~и подставим~~  $I_0$  Кирхгофа. ~~затем~~

$$\frac{2E}{3R} - I_0' L_1 = I_0 R_1 + I_3 R_3$$

$$I_0' = \frac{I_0 R_1 + I_3 R_3}{-L_1}, \text{ подставим } I_3, I_0, R_1, R_3.$$

$$I_0' = \frac{\frac{2E}{3R} \cdot R + \frac{4E}{3R} \cdot 2R}{-L} = \frac{-10E}{3L}$$

3) Запишем два уравнения Кирхгофа в произвольный момент

$$\begin{cases} -I_0' L_1 = I_{3x} R_3 + I_{0x} R_1, \text{ где } I_{0x}, I_{1x}, I_{3x} \text{ токи через } R_1, R_2, R_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_0' L_1 + I_1' L_2 = I_{0x} R_1 - I_{1x} R_2 \end{cases} \text{ соответственно в произвольный момент.}$$

Также  $I_{3x} = I_{0x} + I_{1x}$ , тогда:  ~~$I_{3x} = I_{0x} + I_{1x}$~~

$$\begin{cases} -I_0' L_1 + (I_{0x} + I_{1x}) R_3 + I_{0x} R_1 \\ -I_0' L_1 + I_1' L_2 = I_{0x} R_1 - I_{1x} R_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_0' L_1 = (I_{0x} + I_{1x}) R_3 + I_{0x} R_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_0' L_1 + I_1' L_2 = I_{0x} R_1 - I_{1x} R_2, \text{ подставим } R_1, R_2, R_3, L_1, L_2 \end{cases}$$



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

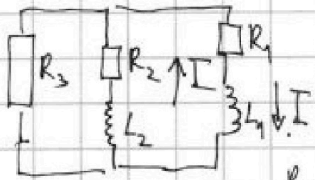
СТРАНИЦА  
9 из 14

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!

$$\begin{cases} -I_{0x} R = 2I_{0x} R + 2I_{1x} R + I_{0x} R \\ -2I_{0x} + 2I_{1x} = I_{0x} R - I_{1x} R \end{cases} / \cdot 2 \text{ и сложим уравнения.}$$

$$-3I_{0x} + 4I_{1x} = I_{0x} R, \text{ проинтегрируем от начала до установления равновесия.}$$

$$-3I(I - I_0) + 4I(-I - I_1) = 5\Delta q_0 R, \text{ где } I = 0, \text{ так как во всех ветвях}$$



$$I = 0, \text{ так как } IR_1 = IR_2, \text{ все время будут течь энергии.}$$

$$-3I(I - I_0) + 4I(-I - I_0) = 5\Delta q_0 R.$$

$$-7I + 4I_0 = 5\Delta q_0 R \quad (1), \text{ далее проинтегрируем:}$$

$$I_{3x} = I_{1x} + I_{0x}, \text{ далее проинтегрируем}$$

$$\Delta q_{L3} = \Delta q_{L1} + \Delta q_{L2} \quad (2), \text{ Подставим в (1) } I = 0, \text{ найдем систему:}$$

$$\begin{cases} -LI_0 = 5\Delta q_0 R \quad (1) \\ \Delta q_{L3} = \Delta q_{L1} + \Delta q_{L2} \quad (2) \end{cases} \text{ Далее выразим } \Delta q_{L1}.$$

$$\begin{cases} -LI_{0x} = 2I_{0x} R + 2I_{1x} R + I_{0x} R \\ -2I_{0x} + 2I_{1x} = I_{0x} R - I_{1x} R \end{cases} / \cdot 3 \text{ и вычтем.}$$

$$3LI_{0x} - LI_{0x} - 6LI_{1x} = 5I_{1x} R, \text{ проинтегрируем.}$$

$$2L(I - I_0) - 6L(-I - I_1) = 5\Delta q_{L1} R, \text{ подставим } I, I_0, I_1$$

$$-2LI_0 + 6LI_0 = 5\Delta q_{L1} R$$

$$\Delta q_{L1} = \frac{4LI_0}{5R}$$

$$\Delta q_{L2} = \frac{-LI_0}{5R}$$

из (1), тогда



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  
10 из 14

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!

$$U_3(2) \quad \Delta q_3 = \Delta q_1 + \Delta q_2 = \frac{3LI_0}{5R}, \text{ подставим } I_0 = \frac{2E}{3R}$$

$$\Delta q_3 = \frac{2LE}{5R^2}$$

Ответ: 1)  $\frac{2E}{R}$ ; 2)  $-\frac{10E}{3L}$ ; 3)  $\frac{2LE}{5R^2}$

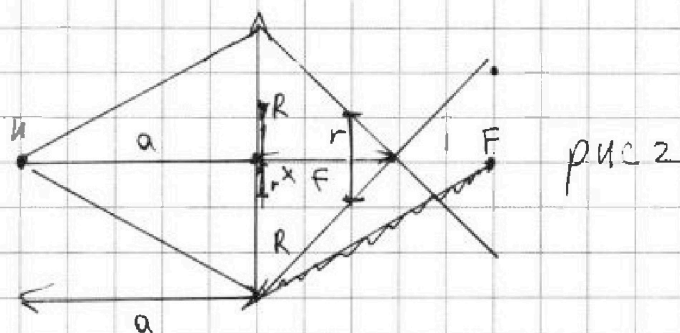
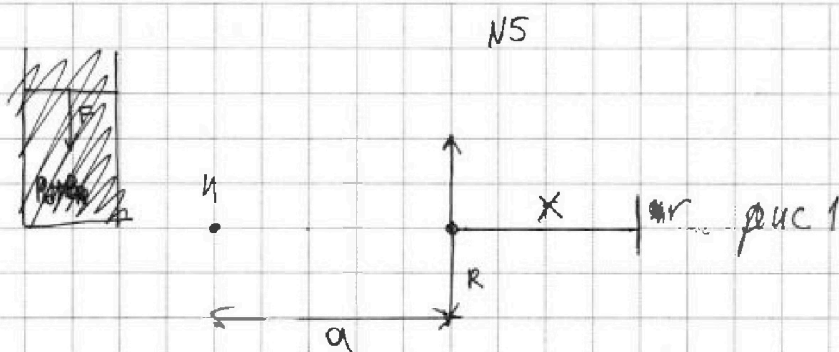


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
11 из 14

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) ~~части~~ ~~площади~~ Мощность падающего света пропорциональна площади пространства которая попадает на датчик



$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{S_1}{S_0} \quad \text{Тогда} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{S_1}{S_2}, \quad \text{где}$$

$P_1$  - мощность ~~падающего~~ когда датчик

вплотную к линзе,  $P_2$  - максимальная мощность. Так как у них одинаковая  $S_0$ , тогда

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\pi R_1 r^2}{\pi R^2}, \quad \text{тогда} \quad r^2 = R \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}, \quad \text{найдем}$$

из графика  $P_1$  и  $P_2$ .  $P_1 = 0,044 \text{ Вт}$ ,  $P_2 = 0,176 \text{ Вт}$ ,

$$\text{тогда} \quad r = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,044}{0,176}} \text{ см} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1}{4}} \text{ см} = 1 \text{ см}.$$

2) Рассмотрим рис 2. на нем представим



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  
12 ИЗ 14

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!

первый момент, когда  $P$ -max, в нём также,

$$\frac{r}{R} = \frac{f-x}{f} \quad \text{из подобия треугольников,}$$

тогда:

$$\frac{1}{2} = 1 - \frac{x}{f} \Rightarrow \frac{x}{f} = \frac{1}{2} \Rightarrow f = 2x,$$

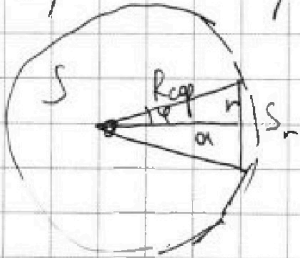
найдем  $x$  из графика.  $x = 6 \text{ см}$ , тогда

$f = 12 \text{ см}$ . Запишем уравнение тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f} \Rightarrow F = \frac{af}{a+f} = \frac{32 \cdot 12}{32+12} = \frac{32 \cdot 12}{44} =$$

$$= \frac{96}{11} \text{ см} \approx 9 \text{ см}.$$

3) Рассмотрим момент, когда датчик вплотную



тогда  $\frac{P_0}{P_1} = \frac{S}{S_r}$ , где  $S$  - площадь всей окружности,  $S_r$  - площадь части окр, на которую опирается датчик,  $R_{\text{сф}}$  - радиус сферы,

тогда  $R_{\text{сф}} = \sqrt{r^2 + a^2} = \sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5}$

$= a$ , т.к.  $r = 2R \ll a$ , тогда

$S_r \approx \pi r^2$  ( $r \ll a$ ), где  $r = 2R$

а  $S = 4\pi R_{\text{сф}}^2 = 4\pi a^2$ , тогда

$$\frac{P_0}{P_1} = \frac{4\pi R_{\text{сф}}^2 a^2}{\pi r^2} \Rightarrow P_0 = P_1 \frac{4 \cdot a^2}{r^2} = 4 \cdot 2^{10} \cdot 0,044 \text{ Вт}$$

$= 4096 \cdot 0,044 \text{ Вт} \approx 44 \cdot 4,1 \text{ Вт} \approx 180 \text{ Вт}$

Ответ: 1)  $r = 1 \text{ см}$  2)  $F \approx 9 \text{ см}$  3)  $P_0 \approx 180 \text{ Вт}$ .