

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

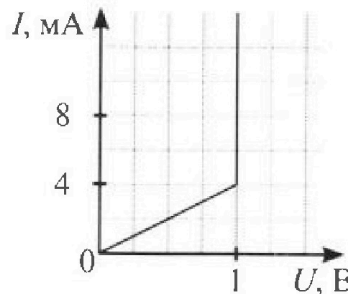
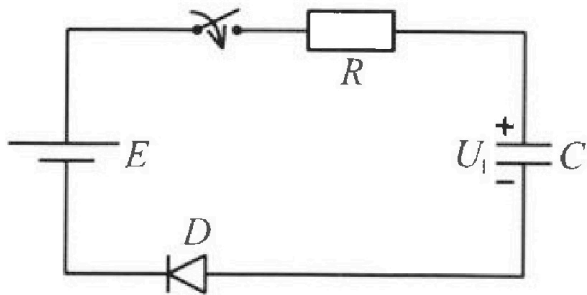
Вариант 11-06

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



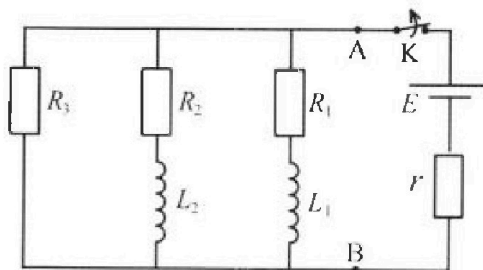
3. В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R = 500$ Ом, $C = 200$ мкФ, конденсатор заряжен до напряжения $U_1 = 4$ В. Вольтамперная характеристика диода D приведена на рисунке. Ключ разомкнут, затем ключ замыкают.

- 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 $I_2 = 4$ мА.
- 3) Какое количество теплоты Q выделится на резисторе после замыкания ключа?



4. В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника E , $R_1 = R_2 = R$, $R_3 = 3R$, $r = R/7$, $L_1 = L$, $L_2 = 3L$. Ключ К замкнут, режим в цепи установился.

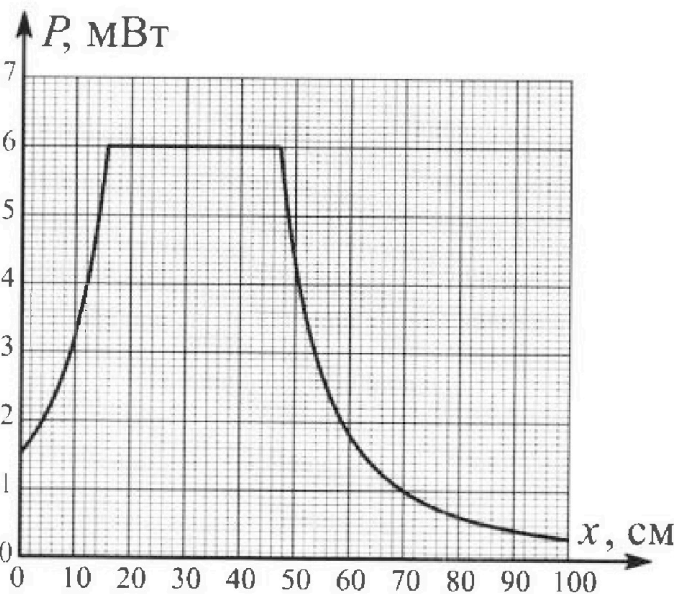
- 1) Найти ток I_0 через катушку L_2 при замкнутом ключе.
- 2) Найти скорость изменения (по модулю) тока в катушке L_2 сразу после размыкания ключа.
- 3) Найти заряд q_3 , протекший через резистор R_3 после размыкания ключа.



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 $a = 48$ см от источника расположили тонкую линзу радиусом $R = 3$ 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 $R \ll a$.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-06



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

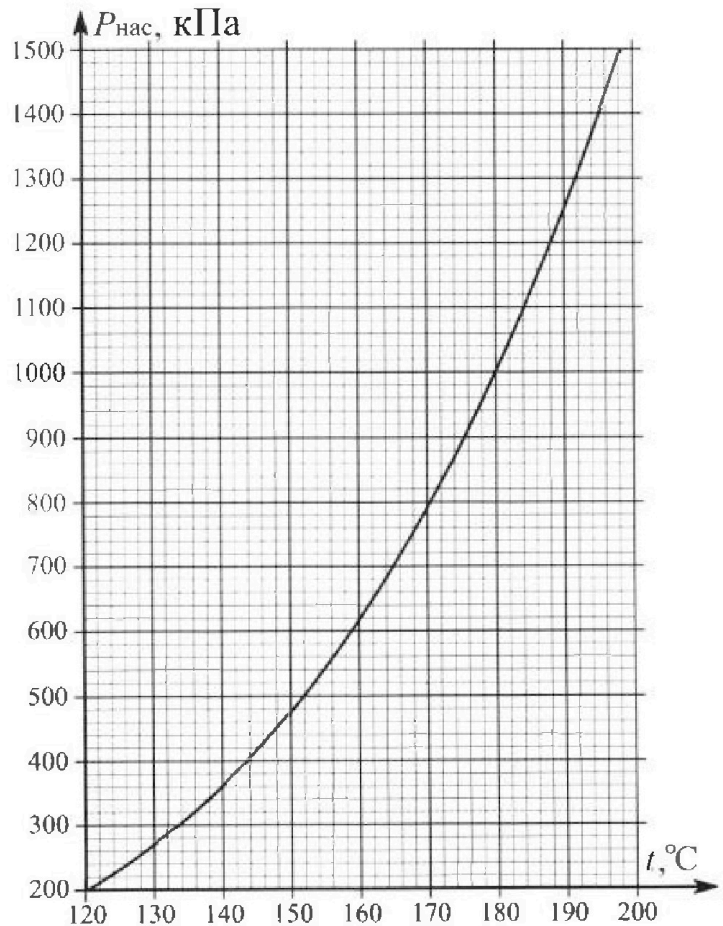
1. Из игрушечной пушки стреляют три раза одним и тем же снарядом. Масса пушки без снаряда в 3 раза больше массы снаряда. Первый раз пушку закрепляют, а ствол направляют вертикально вверх. В результате выстрела снаряд поднялся на высоту $H = 13/4$ м. Во второй раз пушку закрепляют на горизонтальном полу, ствол направляют под углом φ ($\operatorname{tg}\varphi = 3/2$) 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 φ 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 $S = 10$ см² под лёгким, теплоизолированным, способным свободно перемещаться поршнем находится в равновесии влажный воздух с относительной влажностью $\varphi_1 = 75\%$ при температуре $t_1 = 100^\circ\text{C}$. Над поршнем вакуум. Поршень удерживается в равновесии силой $F = 125$ Н, направленной вдоль оси сосуда внутрь. В некоторый момент времени сила становится равной $2F$, 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 φ_2 в сосуде после установления термодинамического равновесия.





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!

N 1

Т.к. снаряд выпадает под действием силы тяжести, то будем считать, что до высоты в ней запасена энергия $\frac{Kx^2}{2}$

ЗСЭ в первой ситуации: $\frac{Kx^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$, m - масса снаряда

При вертикальном движении высота v_0 - начальная скорость снаряда при вылете

полета $H = \frac{v_0^2}{2g}$, откуда $v_0^2 = 2gH$

Во второй ситуации ЗСЭ: $\frac{Kx^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2}$, v_1 - начальная скорость снаряда при вылете

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} \Rightarrow v_0 = v_1$$

Дальность полета при броске под углом к горизонту $L = \frac{v^2 \sin(2\alpha)}{g}$

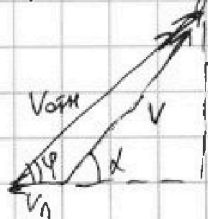
В нашем случае, $S_2 = \frac{v_0^2 \sin(2\varphi)}{g} = 2H \sin(2\varphi)$

$$\sin(2\varphi) = 2 \sin\varphi \cos\varphi = \frac{2 \sin\varphi \cos^2\varphi}{\cos\varphi} = 2 \operatorname{tg}\varphi \cos^2\varphi = \frac{2 \operatorname{tg}\varphi}{1 + \operatorname{tg}^2\varphi}$$

$$S_2 = 2H \cdot \frac{2 \operatorname{tg}\varphi}{1 + \operatorname{tg}^2\varphi}$$

$$S_2 = 2 \cdot \frac{19}{4} \text{ м} \cdot \frac{2 \cdot \frac{3}{4}}{1 + \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4}} = 6 \text{ м}$$

В третьей ситуации



ЗСЭ: $\frac{3m Kx^2}{2} = \frac{3m \cdot v_n^2}{2} + \frac{m v^2}{2}$

ЗСН: $3m \cdot v_n = v \cos \alpha$

$$v_n = \frac{v \cos \alpha}{3}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{3m \left(\frac{v \cos \alpha}{3} \right)^2}{2}$$

v_n - скорость пушки
 v - скорость снаряда при вылете
 $3m$ - масса пушки
 α - угол вылета снаряда в ЛСО



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!

В данном случае абсолютная скорость снаряда при вылете равна векторной сумме скорости пушки и относительной скорости снаряда, направленной под углом φ к скорости пушки.

$$V_0^2 = V^2 + \frac{V^2 \cos^2 \alpha}{3}$$

$$V_0^2 = V^2 \frac{3 + \cos^2 \alpha}{3} \quad V^2 = V_0^2 \frac{3}{3 + \cos^2 \alpha}$$

$$S_3 = \frac{V^2 \sin(2\alpha)}{g} = \frac{V^2 2 \operatorname{tg} \alpha}{g (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1)} = \frac{3V_0^2 \cdot 2 \operatorname{tg} \alpha}{g (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) (3 + \cos^2 \alpha)}$$

Из геометрии, $\operatorname{tg} \varphi = \frac{V \sin \alpha \cdot 3}{4V \cos \alpha} = \frac{3}{4} \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{3} \operatorname{tg} \varphi$

$$S_3 = \frac{6V_0^2 \frac{4}{3} \operatorname{tg} \varphi}{g \left(\left(\frac{4}{3} \operatorname{tg} \varphi \right)^2 + 1 \right) \left(3 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3} \operatorname{tg} \varphi \right)^2 + 1} \right)} = \frac{6V_0^2 \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{2}}{g \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{2} + 1 \right) \left(3 + \frac{1}{\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{2} + 1} \right)}$$

$$S_3 = \frac{12 V_0^2 \cdot 5}{g \cdot 5 \cdot 16} = \frac{3V_0^2}{4g} = \frac{3 \cdot 2gH}{4g} = 1,5H = \frac{3}{2} \cdot \frac{13}{4} \text{ м} = \frac{39}{8} \text{ м} = 4,875 \text{ м}$$

Ответ: $S_2 = 6 \text{ м}$; $S_3 = \frac{39}{8} \text{ м}$.



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 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!

№ 2

Запишем условие равновесия поршня в камере:

$$P_1 \cdot S = F, \quad P_1 = \frac{F}{S} \quad \frac{P_1}{P_0} = \frac{F}{S P_0} = \frac{125 \text{ Н}}{10 \text{ см}^2 \cdot 100 \text{ кПа}} = 1,25$$

Известно, что при температуре $t_1 = 100^\circ \text{C}$ давление насыщенного паров равно атмосферному, а т.к. $\varphi_1 = \frac{P_{\text{пар}}}{P_{\text{атм}}}$, то $P_{\text{пар}} = \varphi_1 \cdot P_0$

$$P_{\text{пар}} = 0,75 \cdot 100 \text{ кПа} = 75 \text{ кПа}$$

По закону Дальтона $P_{\text{возд}} = P_1 - P_{\text{пар}} = 1,25 \cdot 100 \text{ кПа} - 75 \text{ кПа} = 50 \text{ кПа}$

$$\text{Т.к. } p = \frac{N}{V} kT, \text{ то } \frac{N_2}{N_1} = \frac{N_{\text{пар}}}{N_{\text{возд}}} = \frac{P_{\text{пар}}}{P_{\text{возд}}} = \frac{75 \text{ кПа}}{50 \text{ кПа}} = \frac{3}{2}$$

Запишем первое начало термодинамики к процессу установления термодинамического равновесия. Т.к. на поршень действовала постоянная сила $2F$, то газ совершил работу $\frac{2F}{S} \cdot (V_2 - V_1)$

$Q = 0$, т.к. сосуд теплоизолирован

$$Q = A + \Delta U$$

$$0 = \frac{2F}{S} (V_2 - V_1) + \frac{5}{2} V_{\text{возд}} R (T_2 - T_1) + 3 V_{\text{пар}} R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{V_{\text{пар}}}{V_{\text{возд}}} = \frac{N_{\text{пар}}}{N_{\text{возд}}} = \frac{3}{2}$$

$$Q = \frac{2F}{S} (V_2 - V_1) + \frac{5}{2} V_{\text{возд}} R (T_2 - T_1) + 3 \cdot \frac{3}{2} V_{\text{возд}} R (T_2 - T_1)$$



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.

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!

$$Q = \frac{2F(V_2 - V_1)}{S} + 7V_{\text{возг}} R(T_2 - T_1)$$

Т.к. сила увеличивается в 2 раза, то давление газа увеличилось в 2 раза по сравнению с первоначальным. Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2 V_2}{V_2 T_1} \quad \frac{T_2 V_2}{V_2 T_1} = 2 \quad T_2 = 2 T_1 \frac{V_2}{V_1}$$

$$Q = \frac{2F(V_2 - V_1)}{S} + 7 \cdot \left(2 \frac{V_2}{V_1} - 1\right) V_{\text{возг}} R T_1$$

$$V_{\text{возг}} R T_1 = p_{\text{возг}} V_1$$

уравнение состояния
вначале

$$Q = \frac{2F(V_2 - V_1)}{S} + 7 \left(2 \frac{V_2}{V_1} - 1\right) p_{\text{возг}} V_1$$

$$Q = \frac{2F}{S} V_2 - \frac{2F}{S} V_1 + 14 p_{\text{возг}} V_2 - 7 p_{\text{возг}} V_1$$

$$V_1 \left(\frac{2F}{S} + 7 p_{\text{возг}} \right) = V_2 \left(\frac{2F}{S} + 14 p_{\text{возг}} \right)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{2F}{S} + 14 p_{\text{возг}}}{\frac{2F}{S} + 7 p_{\text{возг}}} = \frac{250 \text{кПа} + 14 \cdot 50 \text{кПа}}{250 \text{кПа} + 7 \cdot 50 \text{кПа}} = \frac{1150}{600} = \frac{23}{12}$$

$$T_2 = 2 T_1 \frac{V_2}{V_1} = 2 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 2 \cdot \frac{23}{12} = \frac{23}{6}$$

В конце давление водородного газа равно $2 \cdot 75 \text{кПа} = 150 \text{кПа}$

$$p_2 = 150 \text{кПа}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{2F}{S} + 7 p_{\text{возг}}}{\frac{2F}{S} + 14 p_{\text{возг}}} = \frac{250 \text{кПа} + 7 \cdot 50 \text{кПа}}{250 \text{кПа} + 14 \cdot 50 \text{кПа}} = \frac{600}{1150} = \frac{12}{23}$$



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!

$$T_2 = 2T_1 \frac{V_2}{V_1} \quad \frac{T_2}{T_1} = 2 \frac{V_2}{V_1} = 2 \cdot \frac{12}{23} = \frac{24}{23}$$

В конце давление водяного пара равно $2,75 \text{ кПа} = 150 \text{ кПа}$

$$\text{Тогда } \varphi_2 = \frac{150 \text{ кПа}}{p_{\text{нас}}(T_2)} = \frac{150 \text{ кПа}}{200 \text{ кПа}} = 75\%$$

$$T_2 = \frac{24}{23} T_1 = \frac{24}{23} \cdot 373 \text{ К} \approx 393 \text{ К}, \text{ т.е. } t_2 \approx 120^\circ \text{C}$$

из графика $p_{\text{нас}}(120^\circ \text{C}) = 200 \text{ кПа}$

$$\text{Ответ: } \frac{p_1}{p_0} = 1,25; \quad \frac{N_2}{N_1} = \frac{3}{2}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{24}{23}; \quad \varphi_2 = 75\%$$

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!



ЧЕРКОВИК

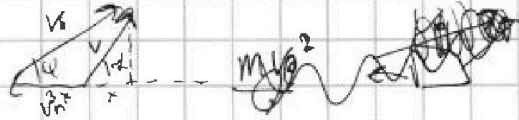
$$\frac{mV^2}{2} = mgh$$

$$H = \frac{V^2}{2g}$$

$$t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} \cdot 2$$

$$L = V_0 \cos \alpha \frac{V_0 \sin 2\alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$H = \frac{V_0^2}{2g}$$



$$S_2 = \frac{V_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$$

$$\frac{S_2 \sin \alpha \cos \alpha}{L} = \frac{V_0 \cos \alpha}{V_0}$$

$$\frac{V^2 \cos^2 \varphi}{3} + V^2 = V_0^2$$

$$\frac{3mV_n^2}{2} + \frac{mV^2}{2} = \frac{3mV_0^2}{2}$$

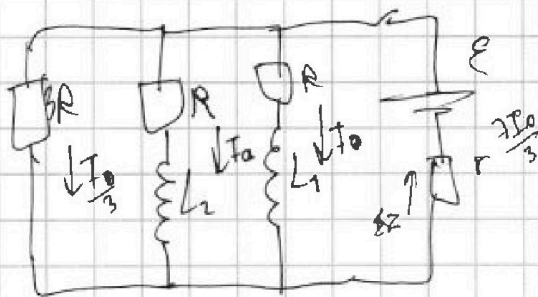
$$S_3 = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha \cdot 3}{(3 + \cos^2 \alpha) g}$$

$$V^2 = \frac{V_0^2 (3 + \cos^2 \alpha)}{3} < V_0^2$$

$$3V_n^2 + V^2 = V_0^2$$

$$3V_n = V_0 \cos \varphi$$

$$V = V_0 \sqrt{\frac{3}{3 + \cos^2 \alpha}}$$

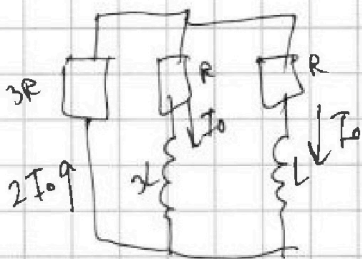


$$I_3 \cdot 3R = I_2 R = I_1 R$$

$$E = \frac{4I_0 R}{3}$$

$$E = I_0 R + \frac{7I_0}{3} R$$

$$I_0 = \frac{3E}{4R}$$



$$6I_0 R = I_0 R + 2I_1 R$$

$$5I_0 R = 2I_1 R$$

$$I_1 = \frac{5I_0 R}{2L}$$

$$E = I_0 R + \frac{I_0 R}{3}$$

$$IR + 3L \frac{dI}{dt} = 6IR$$

$$3L \frac{dI}{dt} = 5IR$$

$$3L dI = 5R dq$$

$$6L dI = 5R dq$$

$$6L \cdot 2I_0 = 5R dq$$

$$I_1 R + 3L \frac{dI_1}{dt} = I_2 R + L \frac{dI_2}{dt} = (I_1 + I_2) 3R$$

$$I_1 - I_2 R =$$

$$dq_1 R + 3L dI_1 = dq_2 \cdot 3R$$

$$dq_2 R + L dI_2 = dq_1 \cdot 3R$$

$$dq R + 3L dI_1 + L dI_2 = 2dq R$$

$$3L dI_1 + L dI_2 = 5dq R$$

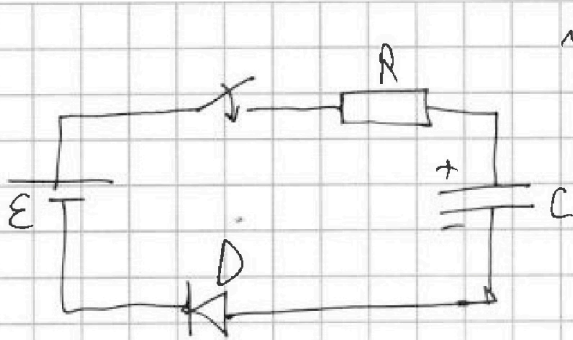


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Напряжение на конденсаторе

не может мгновенно измениться,

поэтому после замыкания

ключа оно равно 0, как и до.

Второе правило Кирхгофа для контура сразу после замыкания ключа:

$$\mathcal{E} = I_1 R + U_0$$

Допустим, $U_0 = 1\text{В}$, тогда $I_1 = \frac{\mathcal{E} - U_0}{R} = \frac{8\text{В} - 1\text{В}}{500\text{Ом}} = 14\text{мА}$

$I_1 > 4\text{мА}$, значит, $U_0 = 1\text{В}$, как мы и предположили.

Второе правило Кирхгофа, когда ток в цепи станет I_2 :

$$\mathcal{E} = I_2 R + U_2 + U_0$$

$$U_2 = \mathcal{E} - I_2 R - U_0 = 8\text{В} - 4\text{мА} \cdot 500\text{Ом} - 1\text{В} = 5\text{В}$$

Найдем количество теплоты, которое выделится на диоде к тому моменту, когда ток в цепи стал I_2

$$\delta Q_1 = U_0 \cdot dq$$

$Q_1 = U_0 \cdot q$, q - суммарный заряд, прошедший через диод

по ЗСФЗ $q = \frac{U_2}{R}$, тогда $Q_1 = U_0 \frac{U_2}{R} = 1\text{В} \cdot \frac{5\text{В}}{200\text{мкФ}} = 25 \cdot 10^{-3} \text{Дж}$

$q = C U_2$, тогда $Q_1 = U_0 C U_2 = 1\text{В} \cdot 200\text{мкФ} \cdot 5\text{В} = 10^{-3} \text{Дж}$



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!

ЗСЭ к этому моменту времени:

$$CU_2 \cdot \varepsilon = \frac{CU_2^2}{2} + Q \quad Q = CU_2 \cdot \varepsilon - \frac{CU_2^2}{2}$$

$$Q = 200 \text{ мкФ} \cdot 5 \text{ В} \cdot 8 \text{ В} - \frac{200 \text{ мкФ} \cdot 5 \text{ В} \cdot 5 \text{ В}}{2} = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

На резисторе за это время выделилось $Q - Q_1 = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} - 10^{-3} \text{ Дж} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$

В дальнейшем процессе зарядки диода эквивалентна ВЛХ резистора с сопротивлением $\frac{1 \text{ В}}{4 \text{ мА}} = 250 \text{ Ом}$

т.к. фиктивное сопротивление диода меньше, чем сопротивление резистора в 2 раза, то и ток через резистор и диод один и тот же, то если на резисторе выделилось Q_2 тепла, то на диоде $\frac{Q_2}{2}$. Заменим ЗСЭ для оставшейся части зарядки конденсатора:

$$(C\varepsilon - CU_2) \varepsilon = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} + Q_2 + \frac{Q_2}{2}$$

$$\frac{3}{2} Q_2 = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{C\varepsilon^2}{2} - CU_2 \varepsilon$$

$$Q_2 = \frac{2}{3} \left(\frac{CU_2^2}{2} + \frac{C\varepsilon^2}{2} - CU_2 \varepsilon \right) \quad Q_2 = \frac{2}{3} \left(\frac{200 \text{ мкФ} \cdot 5 \text{ В} \cdot 5 \text{ В}}{2} + \frac{200 \text{ мкФ} \cdot 8 \text{ В} \cdot 8 \text{ В}}{2} - 200 \text{ мкФ} \cdot 5 \text{ В} \cdot 8 \text{ В} \right)$$

$$Q_2 = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

$$Q_2 = \frac{2}{3} (2,5 + 6,4 - 8) \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

Тогда всего выделилось на резисторе $(4,5 \cdot 10^{-3} + 0,6 \cdot 10^{-3}) \text{ Дж} = 5,1 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$

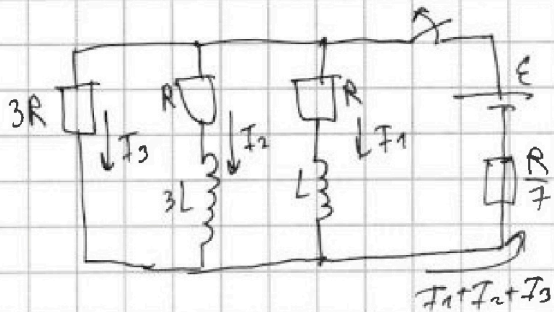
Ответ: 1) $I_1 = 14 \text{ мА}$ 2) $U_2 = 5 \text{ В}$ 3) $Q = 5,1 \text{ мДж}$



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!



✓ 4

При замыкании ключа в цепи выведется решение сила тока

в ветвях цепи, значения, напряжения на катушках индуктивности равно 0.

Рассчитаем токи и запишем правила Кирхгофа в уз. решиме:

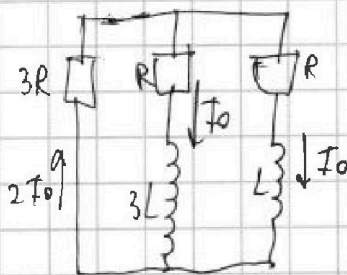
$$I_3 \cdot 3R = I_2 R = I_1 R, \text{ тогда пусть } I_2 = I_0 \Rightarrow I_1 = I_0 \text{ и } I_3 = \frac{I_0}{3}$$

$$I_3 \cdot 3R + \frac{R}{7} (I_1 + I_2 + I_3) = \varepsilon$$

$$\frac{I_0}{3} \cdot 3R + \frac{R}{7} \cdot (I_0 + I_0 + \frac{I_0}{3}) = \varepsilon$$

$$\frac{4}{3} I_0 R = \varepsilon \quad I_0 = \frac{3\varepsilon}{4R}$$

После размыкания ключа, токи в ветвях с катушками не изменились.



Тогда по ЗСЗ через резистор 3R течет ток 2I0

Второе правило Кирхгофа для контура с катушкой 3L и резистором 3R:

$$2I_0 \cdot 3R = I_0 R + 3L |\dot{I}_L|$$

$$5I_0 R = 3L \cdot \dot{I}_L$$

$$|\dot{I}_L| = \frac{5I_0 R}{3L} = \frac{5R \cdot 3\varepsilon}{3L \cdot 4R} = \frac{5\varepsilon}{4L}$$



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!

Пусть в некоторый момент через катушки L_1 течет ток I_1 , а через катушки L_2 течет ток I_2 , тогда через резистор $3R$ течет ток $I_1 + I_2$. Возьмем законы Кирхгофа:

$$(I_1 + I_2) \cdot 3R = I_1 \cdot R + L \frac{dI_1}{dt}$$

$$(I_1 + I_2) \cdot 3R = I_2 \cdot R + 3L \frac{dI_2}{dt}$$

Сложим уравнения

$$2 \cdot (I_1 + I_2) \cdot 3R = (I_1 + I_2)R + L \frac{dI_1}{dt} + 3L \frac{dI_2}{dt}$$

$$-5(I_1 + I_2) dt \cdot R = L dI_1 + 3L dI_2$$

Заметим, что $-(I_1 + I_2) dt = dq_3$ - т.е. малый заряд протекающий через резистор $3R$

$$-5R \cdot dq_3 = L dI_1 + 3L dI_2$$

Проинтегрируем выражения, учитывая, что в конце цепи ток во всех ветвях равен 0.

$$5q_3 \cdot R = L \cdot I_0 + 3L \cdot I_0$$

$$q_3 = \frac{4LI_0}{5R} = \frac{4L \cdot 3\varepsilon}{5R \cdot 4R} = \frac{3\varepsilon L}{5R^2}$$

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{3\varepsilon}{4R}; \quad |I_{L_2}| = \frac{5\varepsilon}{4L}; \quad q_3 = \frac{3\varepsilon L}{5R^2}.$$



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
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!

№5

Очевидно, что регистрирующая мощность падающего света прямо пропорциональна количеству лучей, попадающих на поперечную регистрирующую поверхность диска датчика.

$$\text{Тогда } \frac{P}{P_0} = \frac{S}{S_0}$$

$$P < P_0 \frac{S}{S_0}$$

P_0 - максимальная возможная регистрируемая мощность
 S_0 - вся площадь, через которую проходят лучи на расстоянии x
 P - регистрируемая мощность
 S - площадь диска, на которую попадают лучи

из графика $P_0 = 6 \text{ мВт}$

при $x \rightarrow 0$ S_0 равна площади линзы, а S равна площади диска датчика

$$P = P_0 \frac{\pi r^2}{\pi R^2} \quad r = R \sqrt{\frac{P}{P_0}}$$

из графика $P(x \rightarrow 0) = 1,5 \text{ мВт}$

$$r = 3 \text{ см} \cdot \sqrt{\frac{1,5 \text{ мВт}}{6 \text{ мВт}}} = 3 \cdot \sqrt{\frac{1}{4}} = 1,5 \text{ см.}$$

Заметим, что т.к. при увеличении x мощность сначала увеличивается, а затем уменьшается, то линза собирающая (при расфокусировке линзы S постоянно увеличивается, значит P всегда уменьшается)

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.

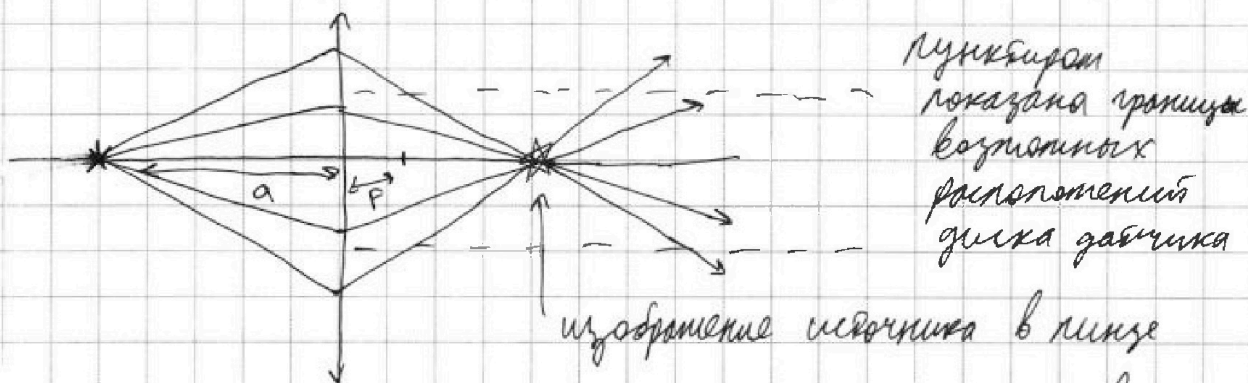


1 2 3 4 5 6 7

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!

Схематично покажите ход лучей при собирающей линзе



Из симметрии видно, что изображение находится ^{ровно} между точкой в середине интервала, где $P = P_{\max}$

Из графика $P = P_0$ при $x \in [15 \text{ см}; 45 \text{ см}]$

Значит, изображение находится на расстоянии $d = \frac{15+45}{2} \text{ см} = 30 \text{ см}$

Формула тонкой линзы

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$$

$$F = \frac{ad}{a+d} = \frac{48 \text{ см} \cdot 30 \text{ см}}{48 \text{ см} + 30 \text{ см}} \approx 18 \text{ см}$$

об линзы

При $x \in [15 \text{ см}; 45 \text{ см}]$ датчик получает все лучи и его мощность

$P_0 = 6 \text{ мВт}$, мощность $P_{\text{дат}} = P_0 = 6 \text{ мВт}$

Ответ: $r = 1,5 \text{ см}$; $F \approx 18 \text{ см}$; $P = 6 \text{ мВт}$.



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!

Черновик

$$P_1 + P_2 = p_0 + \frac{F}{S}$$

$$P_1 = p_0 + \frac{F}{S}$$

$$\frac{P_1}{p_0} = 1 + \frac{F}{Sp_0}$$

px

$$P_{\text{чиста}} = 75 \text{ kPa} \rightarrow P_{\text{чиста}} = 1,5 p_0 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_1}{p_0} = \frac{F}{Sp_0} = 1 + \frac{725 \cdot 100 \cdot 1000}{10 \cdot 100 \cdot 1000} = 1 + \frac{125}{100} =$$

$$= 1,25$$

$$= 1 + 1,25 = 2,25$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{75}{150} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{75}{150} = \frac{1}{2}$$

$$2F \cdot \Delta V = \frac{5}{2} \nu_{\text{вн}} \nu R_D T_1 + 3 \nu_{\text{вн}} R_D T_1$$

$$pV = \nu RT$$

$$p(V - \Delta V) = \nu R(T - \Delta T)$$

$$2F \Delta V = 5,5 \nu R \Delta T$$

$$-p_0 \Delta V = \nu R \Delta T$$

$\chi \cdot p_0 =$

$$pV^\gamma = \text{const}$$

$$p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$\frac{1}{\chi} + \frac{1}{\chi} = \frac{1}{\chi}$$

$$2F \Delta L = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

$$\frac{1}{\chi} = \frac{1}{\chi}$$

~~1~~

$$\chi = \frac{d \cdot F}{F_0}$$

$$\frac{T}{V}$$

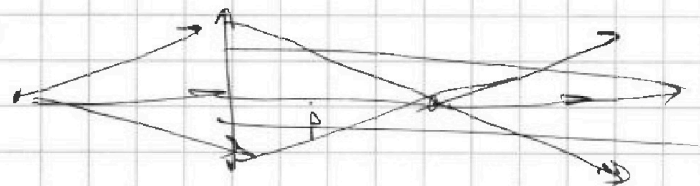
$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{T_2}{V_2} = 2 \frac{T_1}{V_1}$$

$$2F \left(\frac{V_2}{5} - \frac{V_1}{5} \right) = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$2F \frac{V_2 - V_1}{5} = \frac{5}{2} (2p_0 V_2 - p_0 V_1)$$

$$\frac{2 \cdot 4F}{5 \cdot 5 p_0} (V_2 - V_1) = 2 V_2 - V_1$$



$$\frac{1}{5} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{5^2} = \frac{1}{5}$$

$$\chi = \frac{R}{2}$$

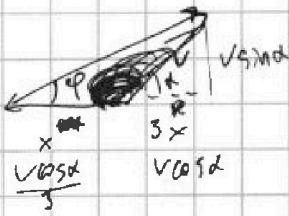


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\frac{3m \left(\frac{V \cos \alpha}{3} \right)^2}{1} + \frac{m \left(\frac{V \cos \alpha}{3} \right)^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$\frac{V \cos^2 \alpha}{3} + V^2 \cos^2 \alpha = V_0^2 \quad \frac{4}{3} V^2 \cos^2 \alpha = V_0^2$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{V \sin \alpha}{\frac{1}{3} V \cos \alpha} = \frac{3}{4} \text{tg } \alpha$$

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

$$\text{tg } \alpha = \frac{4}{3} \text{tg } \varphi$$

$$S_3 = \frac{3V_0^2 \sin 2\alpha}{4 \cos^2 \alpha \cdot 2g} = \frac{3V_0^2 \sin 2\alpha \cos \alpha}{4 \cos^2 \alpha g}$$

$$V_1 \quad \frac{3}{2} V_1$$

горизонтально вертикально

$$= \frac{3V_0^2}{4g} \text{tg } \alpha = \frac{V_0^2}{g}$$

$$VRT = \frac{k}{M_A} RT =$$

$$2F \frac{V_2 + V_1}{S} = \frac{F}{2} \frac{RT}{V_1} + 3 \cdot \frac{3}{2} \frac{V_1 RT}{S}$$

$$= NRT$$

$$V = \frac{k}{M_A}$$

$$2F \frac{V_2 - V_1}{S} = 7 V_1 RT$$

$$\frac{175}{600} = \frac{23}{12}$$

$$\frac{T_2}{V_2} = 2 \frac{T_1}{V_1}$$

$$\frac{373}{1280}$$

$$\frac{373 - 24}{27}$$

$$\frac{373 \cdot 20}{5} = 71$$

$$\frac{377}{23} \cdot \frac{23}{143}$$

$$16 \cdot 24 = 16 \cdot 8 \cdot 3 = 2^4 \cdot 2^3 \cdot 3$$

$$= 2^7 \cdot 3 \cdot 128 \cdot 3 = 380$$

$$\frac{48 \cdot 30}{78} = \frac{24 \cdot 30}{39} =$$

$$\frac{240}{13}$$

$$\frac{123}{13} = \frac{13 \cdot 9}{13} = 9$$

$$\frac{48 \cdot 37}{79}$$

$$\frac{71 \cdot 24}{7482} = 756$$

$$\frac{90 \cdot 92}{69} = \frac{123}{393}$$

$$\frac{207}{-72} = -69$$

$$\frac{240}{19} = \frac{19 \cdot 12}{19} = 12$$

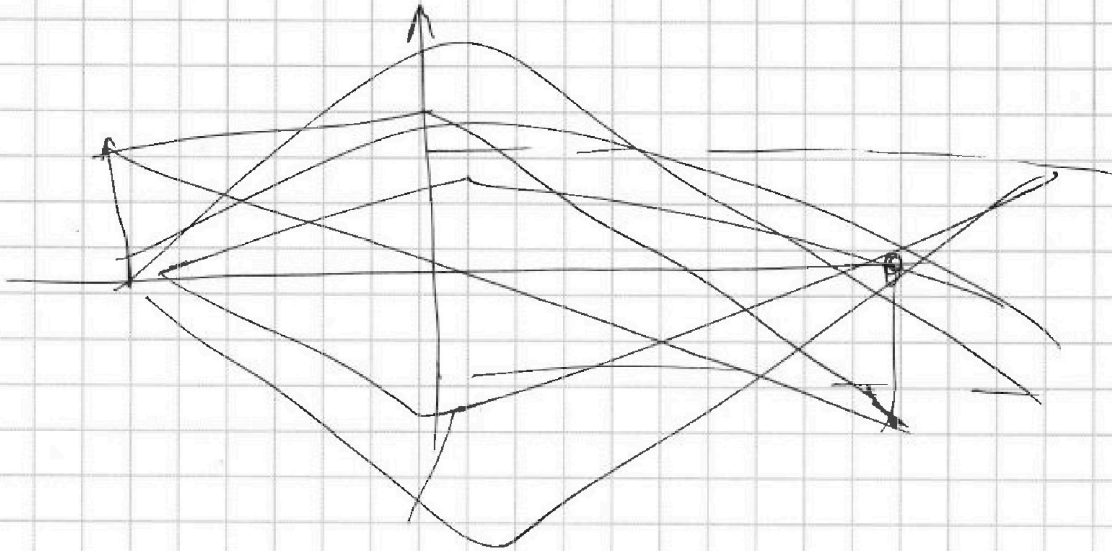


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА
_ ИЗ _

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





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

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

