



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-02



Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

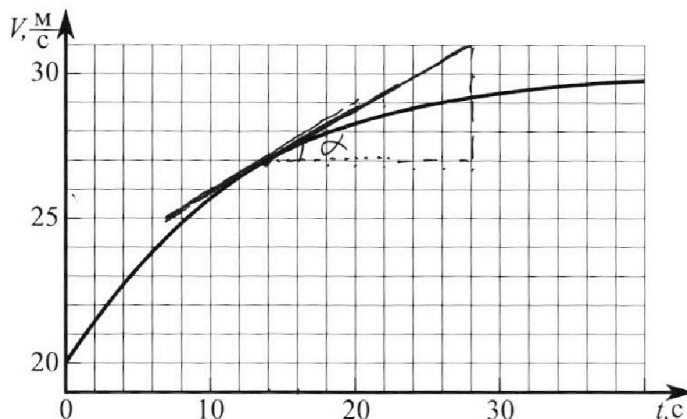
1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 405$  Н.

1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $V_1 = 27$  м/с.

2) Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $V_1$ .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $V_1$ ?

Требуемая точность численно го ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.



2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/6$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.

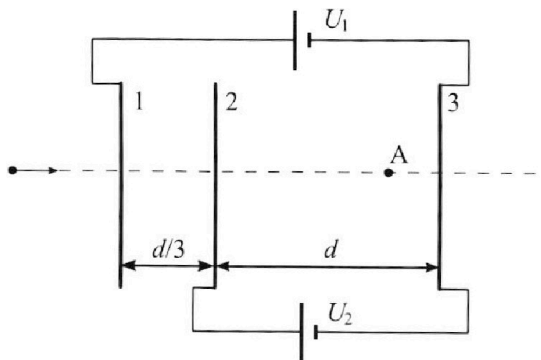
2) Определите конечное давление в сосуде  $P$ . Ответ выразить через  $P_{\text{атм}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 2U$  и  $U_2 = U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $V_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.

1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.

2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $2d/3$  от сетки 2.





# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02

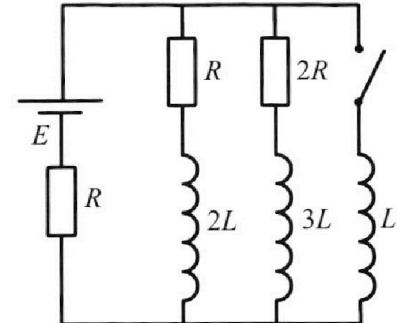


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_v = 1,0$ . Точечный источник света S расположен на расстоянии  $a = 200$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

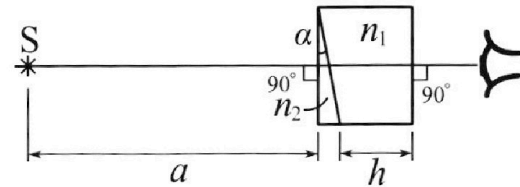


рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

1  2  3  4  5  6  7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№1

Дано:  
 $m = 300 \text{ кг}$   
 ~~$F_k = 24 \text{ м/с}$~~   
 $F_k = 405 \text{ Н}$   
 ~~$\omega_1 = 24 \text{ м/с}$~~

Найти:  
 $a_1$   
 $F_1$   
 $\frac{P_1}{P}$

1)  $P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot \omega$

Где  $F_T$  - сила тяги от двигателя;

$P = \text{const} \Rightarrow F \omega = \text{const}$ .

( $P$  - мощность двигателя)

2)  $a = \frac{d\omega}{dt} \Rightarrow$  чтобы найти  $a$ , надо построить касательную к графику  $\omega(t)$ .

$\alpha$  - угол наклона этой касательной  $\Rightarrow$

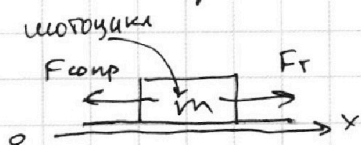
$\Rightarrow \text{tg} \alpha = \frac{d\omega}{dt} = a$ .

Построим касательную к графику, касаясьуюся графика в  $T$ , где  $\omega_1 = 24 \text{ м/с}$ .

$\text{tg} \alpha \approx \frac{d\omega}{dt} \approx \frac{4}{4} \text{ м/с}^2$

$a_1 \approx \frac{4}{4} \text{ м/с}^2$

4) В конце разгона  $a = 0$ .



По закону закону Ньютона: (по  $ox$ )

$ma = F_T - F_{\text{сопр}}$

(в произвольный момент времени)

В конце разгона:  $F_{\text{сопр}} = F_{T\epsilon}$

$F_k = F_{T_k}$  ( $F_{T_k}$  - конечная  $F_T$ )

$F_k = \frac{P}{\omega_k}$  ( $\omega_k$  - конечная  $\omega$ )

Из графика видно, что  $\omega_k \approx 30 \text{ м/с} \Rightarrow P = F_k \cdot \omega_k$

5) При скорости  $\omega_1$ :  $ma_1 = F_{T_1} - F_1$

~~$F_1 = F_{T_1} - ma_1$~~

$F_1 = F_{T_1} - ma_1$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№1 (продолжение)

$$F_1 = F_{T1} - ma_1 = \frac{P}{v_1} - ma_1 = \boxed{\frac{F_k v_k}{v_1} - ma_1} \approx$$
$$\approx \frac{405 \cdot 30}{24} - 300 \cdot \frac{4}{4} =$$

$$\approx 45 \cdot 10 - \frac{300 \cdot 4}{4} \approx 450 - \frac{1200}{4} \approx 450 - 141 \frac{3}{4} \approx$$
$$\approx 248 \frac{4}{7} \approx \boxed{248,5 \text{ Н}}$$

б) ~~Решение~~

$$\frac{P_1}{P} = \frac{P_{\text{comp}}}{P_{\text{comp}} + P_T} = \frac{F_{\text{comp}}}{F_{\text{comp}} + F_T} = \frac{F_1}{F_1 + F_T}$$

$$\frac{P_1}{P} = \frac{P_{\text{comp}}}{P_T - P_{\text{comp}}} = \frac{F_{\text{comp}}}{F_T - F_{\text{comp}}} = \frac{F_1}{F_T - F_1}$$

$$\frac{P_1}{P} = \frac{P_{\text{comp}}}{P_T} = \frac{F_{\text{comp}} v_1}{F_T v_1} = \frac{F_{\text{comp}}}{F_T} = \frac{F_1}{F_T} =$$
$$= \frac{F_1 \cdot v_1}{P} = \frac{F_1 \cdot v_1}{F_k \cdot v_k} \approx \frac{248,5 \cdot 24 \frac{9}{10}}{405 \cdot 30 \frac{1}{10}} = \frac{248,5}{450} \approx \boxed{\frac{2}{3}}$$

Ответ:  $a_1 \approx \frac{4}{4} \text{ м/с}^2$

$$F_1 \approx 248,5 \text{ Н}$$

$$\frac{P_1}{P} \approx \frac{2}{3}$$

1  2  3  4  5  6  7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N2

Дано:

$V$

$T_0$

$$T = \frac{4T_0}{3} = 373 \text{ K}$$

$$\Delta V = k p V$$

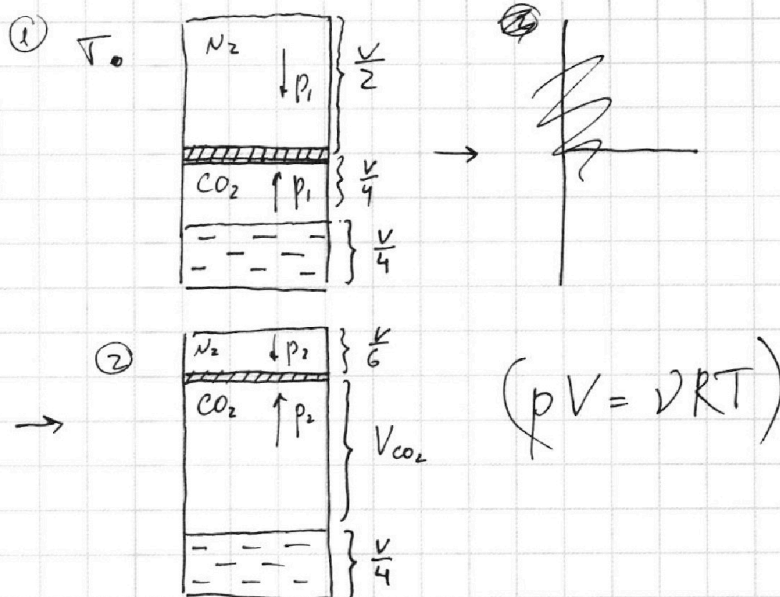
$$k = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \text{Па}}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Найти:

$$\frac{V_{N_2}}{V_{CO_2}}$$

$p$



1) При  $T$  углекислый газ практически не растворяется.

При  $T$ :

$$p_{N_2} = p_{CO_2} = p_2$$

$$V_{CO_2} = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{6} = \frac{3}{4}V - \frac{V}{6} = \frac{18}{24}V - \frac{4}{24}V = \frac{14}{24}V = \frac{7}{12}V$$

$$\frac{V_{N_2} RT}{\left(\frac{V}{6}\right)} = \frac{V_{CO_2} RT}{\left(\frac{7}{12}V\right)} \Rightarrow 6V_{N_2} = \frac{12}{7}V_{CO_2}$$

$$V_{N_2} = \frac{2}{7}V_{CO_2} \quad (V_{CO_2} = \frac{7}{2}V_{N_2})$$

2) При  $T_0$ :

$$p_{N_2} = p_{CO_2} = p_1$$

$$\frac{V_{N_2} RT_0}{\left(\frac{V}{2}\right)} = \frac{V_{CO_2} RT_0}{\left(\frac{V}{4}\right)}$$

$$2V_{N_2} = 4V_{CO_2} \Rightarrow V_{N_2} = 2V_{CO_2} \quad (V_{CO_2} = \frac{1}{2}V_{N_2})$$

$$\frac{V_{N_2}}{V_{CO_2}} = \frac{2V_{CO_2}}{V_{CO_2}} = \boxed{2}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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"/>

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N 2 (продолжение) ( $\nu_{N_2}$  не меняется в течение всего времени)

$$3) \Delta \nu = \nu \cos \alpha_0 - \nu \cos \alpha = \frac{4}{2} \nu_{N_2} - \frac{1}{2} \nu_{N_2} = \frac{3}{2} \nu_{N_2} = 3 \nu_{N_2}$$

Найдём  $p_1$  (давление до нагревания):

$$\Delta \nu = k p \omega$$

$$p_1 = \frac{\Delta \nu}{k \omega} = \frac{3 \nu_{N_2} \cdot 4}{k V} = \frac{12 \nu_{N_2}}{k V}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\nu_{N_2} R T_0 \cdot 2 \cdot V}{V \cdot \nu_{N_2} R T \cdot 6} = \frac{T_0}{T \cdot 3} = \frac{T_0 \cdot 3}{4 T_0 \cdot 3} = \frac{1}{4}$$

$$p_1 = \frac{1}{4} p_2 \rightarrow p_2 = 4 p_1 = p$$

$$\text{Также: } \begin{cases} p_1 = \frac{\nu_{N_2} R T_0}{\left(\frac{V}{2}\right)} = \frac{2 \nu_{N_2} R T_0}{V} \\ p_1 = \frac{12 \nu_{N_2}}{k V} \Rightarrow \left(\frac{\nu_{N_2}}{V}\right) = \end{cases}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

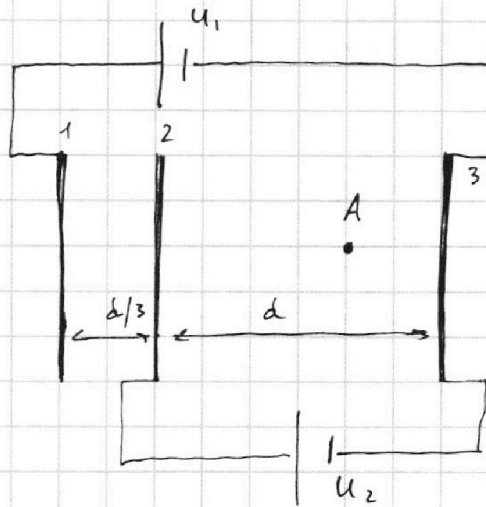
N3

Дано:

$d$   
 $U_1 = 2U$   
 $U_2 = U$   
 $m$   
 $q > 0$   
 $\omega_0$

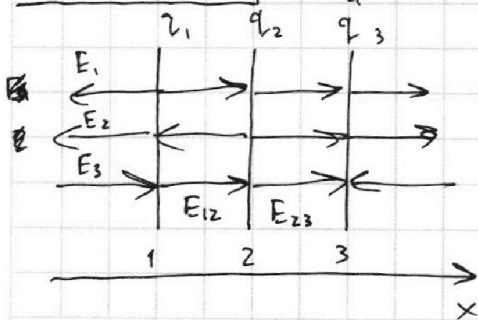
Найти:

$|a|$   
 $K_3 - K_2$   
 $\omega_A$



( $S$  - площадь  
сетки)

1) Пусть  $q_1, q_2, q_3$  - заряды на пластинках 1, 2, 3 соответственно.



← направление  $E$

$$\begin{cases} E_{23} \cdot d = U_2 = U \Rightarrow E_{23} = \frac{U}{d} \\ E_{12} \cdot \frac{d}{3} + E_{23} \cdot d = U_1 = 2U \end{cases}$$

$$E_{12} \cdot \frac{d}{3} = U_1 - U_2 = 2U - U = U$$

$$E_{12} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{|q_1| - |q_2| + |q_3|}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{23} = \frac{|q_2| + |q_3|}{2\epsilon_0 S}$$

По ЗСЗ:  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

Пусть  $q_1 = q'$ , тогда  $q_3 = -q' \rightarrow q_2$   
 $q_2 = Q$ , тогда  $q_3 = -Q - q'$  ( $q', Q > 0$ )

(Проверка:  $q_1 + q_2 + q_3 = q' + Q - Q - q' = 0$ )

$$E_{12} = \frac{q' - Q + Q + q'}{2\epsilon_0 S} = \frac{2q'}{2\epsilon_0 S} = \frac{q'}{\epsilon_0 S} = \frac{3U}{d}$$

$$E_{23} = \frac{q' + Q + Q + q'}{2\epsilon_0 S} = \frac{2(q' + Q)}{2\epsilon_0 S} = \frac{q' + Q}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



2) По 2-ой закону Ньютона:

$$ma = F_{кл}$$

$$ma = q \cdot E_{23}$$

$$ma = q \cdot \frac{u}{d}$$

$$a = \frac{qu}{md}$$

$$\textcircled{4} \cdot \frac{m v_0^2}{2} = Uq + \frac{m v_A^2}{2}$$

$$m v_0^2 - 2Uq = m v_A^2$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2Uq}{m}}$$

$$\text{Ответ: } a = \frac{qu}{md}$$

$$A = Uq$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2Uq}{m}}$$

3)  $K_3 - K_2 = A$

где  $A$  - работа поле  $E_{23}$  по перемещению заряда  $q$ .

$$A = E_{23} \cdot d \cdot q = \frac{u}{d} \cdot d q = Uq$$

4) По ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \Delta W + \frac{m v_A^2}{2} \quad (\text{где } \Delta W - \text{изменение потенциалной энергии заряда } q).$$

$$\Delta W = W_A - W_0$$

$$W_0 = 0$$

← потенциал в т. А

$$W_A = \varphi_A \cdot q$$

$$\varphi_A = E_1 \cdot \left( d + \frac{2d}{3} \right) + E_2 \cdot \frac{2d}{3} + E_3 \cdot \frac{d}{3} =$$

$$= E_1 d + \frac{2E_2 d}{3} + E_3 \frac{d}{3} = d \left( \frac{q'}{2\epsilon_0 S} + \frac{1 \cdot 2Q}{3 \cdot 2\epsilon_0 S} + \frac{Q'}{3 \cdot 2\epsilon_0 S} \right) =$$

$$= d \left( \frac{3q' + 2Q + q' + Q}{6\epsilon_0 S} \right) = d \left( \frac{4q' + 3Q}{6\epsilon_0 S} \right) =$$

$$= d \left( \frac{4 \cdot \frac{3U\epsilon_0 S}{d} + 3 \cdot \frac{2U\epsilon_0 S}{d}}{6\epsilon_0 S} \right) = \frac{12U - 6U}{6} = U \quad W_A = Uq$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

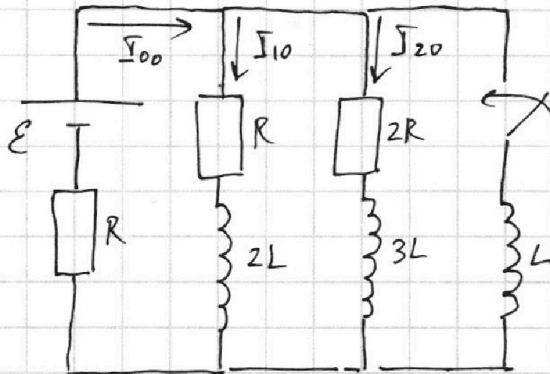
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№4  
Найти:  
 $I_{20}$   
 $\dot{I}_L$   
 $q_{2R}$

( $\dot{I}_L$  - скорость возрастания тока в катушке с индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа;  
 $q_{2R}$  - заряд, протекающий через резистор  $2R$  при замыкании ключа)



- 1) При разомкнутом ключе в цепи установившийся режим  $\Rightarrow$  ~~напряжение~~ разность потенциалов на концах катушек равна нулю.  
Расставим токи, как показано на рисунке.  
По правилу Кирхгофа:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = I_{10}R + I_{00}R \\ \mathcal{E} = 2I_{20}R + I_{00}R \\ I_{00} = I_{10} + I_{20} \end{cases}$$
$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= 2I_{20}R + R(I_{10} + I_{20}) \\ \mathcal{E} &= 3I_{20}R + I_{10}R \Rightarrow I_{10}R = \mathcal{E} - 3I_{20}R \\ \mathcal{E} &= \mathcal{E} - 3I_{20}R + I_{00}R \\ 3I_{20} &= I_{00} \\ \mathcal{E} &= 2I_{20}R + 3I_{20}R \\ 5I_{20}R &= \mathcal{E} \end{aligned}$$
$$I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

- 2) Сразу после замыкания ключа ток через катушки  $2L$ ,  $3L$  и  $L$  не поменяется, следовательно, через все резисторы будут течь те же токи, что и перед замыканием ключа. (а также разность потенциалов на концах катушек  $2L$  и  $3L$  будет равна нулю сразу после замыкания ключа.)

1  2  3  4  5  6  7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



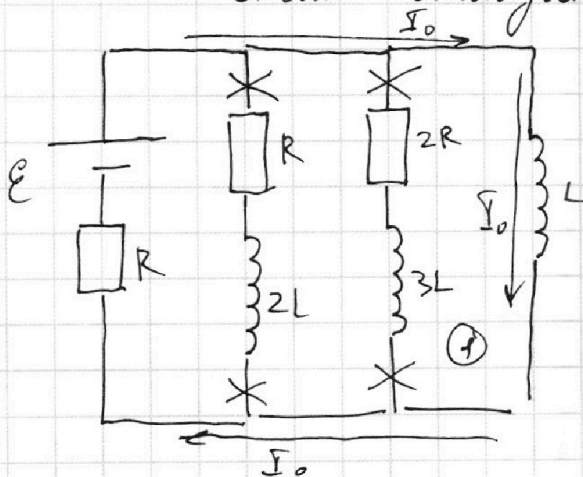
По правилу Кирхгофа:

$$2 I_{20} R = \mathcal{E} i_L$$

$$2 I_{20} R = \dot{I}_L L$$

$$\dot{I}_L = \frac{2 I_{20} R}{L} = \frac{2 \mathcal{E} R}{5 R L} = \boxed{\frac{2 \mathcal{E}}{5 L}}$$

3) После замыкания ключа катушки установившиеся режимы: разность потенциалов на концах катушки  $L$  будет равна нулю, а значит, что напряжение на участках с резисторами  $R$  (у катушки  $2L$ ) и  $2R$  (т.е. на участках, параллельных катушке  $L$ ) будет равно нулю  $\rightarrow$  ток через резисторы  $R$  и  $2R$  не течет  $\rightarrow$  схема выглядит так:



По правилу Кирхгофа:

$$\mathcal{E} = I_0 R$$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

( $I_0$  - ток в цепи, как показано на рисунке)

В цепи в любой момент времени (по правилу Кирхгофа для контура 1)

$$-2R I_{2R} + \mathcal{E} i_{3L} - \mathcal{E} i_L = 0 \quad (I_{2R} - \text{ток через } R, 2R, \mathcal{E} i_{3L} - \text{ток через ЭДС индукции на } 3L; \mathcal{E} i_L - \text{ЭДС индукции на } L; I_L - \text{ток через } L; q_2 - \text{заряд через } 2R)$$

$$2R I_{2R} - \mathcal{E} i_{3L} = \mathcal{E} i_L$$

$$2R \frac{dq_2}{dt} + \frac{dI_{2R}}{dt} \cdot 3L = \frac{dI_L}{dt} \cdot L \cdot dt$$

$$2R dq_2 = dI_L L - dI_{2R} \cdot 3L$$

$$dq_2 = \frac{L}{2R} \cdot dI_L - \frac{3L}{2R} \cdot dI_{2R}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$dq_2 = \frac{L}{2R} \cdot dI_L - \frac{3L}{2R} \cdot dI_{2R}$$

$$\int_0^{q_{2R}} dq_2 = \int_0^{I_0} \frac{L}{2R} dI_L - \int_{I_{20}}^0 \frac{3L}{2R} \cdot dI_{2R}$$

( $I_L$  меняется от 0 до  $I_0$ ,  $I_{2R}$  меняется от  $I_{20}$  до 0 после замыкания ключа)

$$\int_0^{q_{2R}} dq_2 = \frac{L}{2R} \int_0^{I_0} dI_L - \frac{3L}{2R} \int_{I_{20}}^0 dI_{2R}$$

$$q_2 = \frac{L}{2R} \cdot I_0 - 0 - \left( 0 - \frac{3L}{2R} \cdot I_{20} \right) =$$

$$= \frac{L I_0}{2R} + \frac{3L I_{20}}{2R} = \frac{L E}{2R^2} + \frac{3L \cdot E}{2R \cdot 5R} =$$

$$= \frac{L E}{2R^2} + \frac{3L E}{10R^2} = \frac{5L E}{10R^2} + \frac{3L E}{10R^2} = \frac{8L E}{10R^2} = \boxed{\frac{4L E}{5R^2}}$$

Ответ:

$$I_{20} = \frac{E}{5R}$$

$$I_L = \frac{2E}{5L}$$

$$q_{2R} = \frac{4L E}{5R^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N5

Дано:

$$n_6 = 1,0$$

$$a = 200 \text{ см}$$

$$\alpha = 0,05 \text{ рад}$$

$$h = 3 \text{ см}$$

1-2)  $n_1 = n_6 = 1,0, n_2 = 1,6$

3)  $n_1 = 1,8, n_2 = 1,6$

Найти:

$\beta$

$L_1$

$L_2$

( $\beta$  - угол отклонения,

$L_1$  - расстояние между ~~...~~  $S$  и  $S'$

при  $n_1 = 1,0$ ;  $L_2$  - расстояние между  $S$  и  $S'$  при  $n_1 = 1,8$ )

1) При  $n_1 = 1,0$  лучи, исходящие из источника в призме с  $n_1$  никак преломиться не будут, т.к.  $n_1 = n_6 \rightarrow$  её существование можно пренебречь в пунктах 1 и 2 (она не изменит ход лучей)

По закону Снеллиуса:

~~Абсолютно~~

(т.к. луч перпендикулярен грани, он преломится только на выходе из призмы)

$$n_2 \cdot \sin \alpha = n_6 \sin(\alpha + \beta)$$

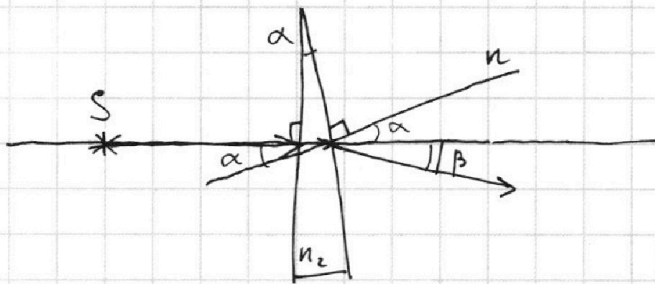
$\alpha$  и  $\beta$  - малые углы  $\Rightarrow n_2 \alpha = n_6 (\alpha + \beta)$

$$n_2 \alpha = n_6 \alpha + n_6 \beta$$

$$n_6 \beta = \alpha (n_2 - n_6)$$

$$\beta = \frac{\alpha (n_2 - n_6)}{n_6} = \frac{0,05(1,6 - 1)}{1} =$$

$$= 0,05 \cdot 0,6 = \boxed{0,03 \text{ рад}}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

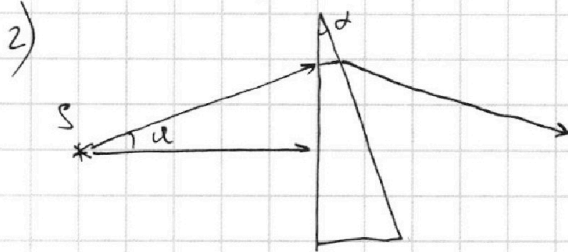
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

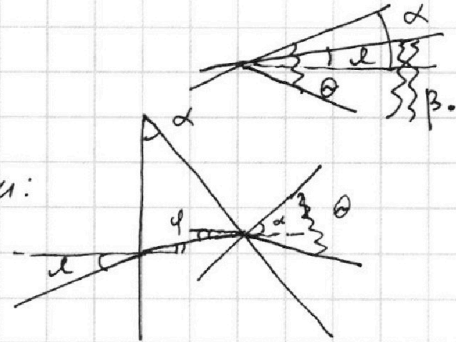
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N5 (продолжение)



Вблизи:



Возьмем произвольный луч, направленный под углом  $\alpha$  к горизонту.

$$\begin{aligned} \text{1ое преломление: } n_0 \alpha &= n_2 \varphi \\ \text{2ое} &: n_2 (\alpha - \varphi) = n_0 \theta \end{aligned}$$

Угол отклонения:  $\beta_0 = \theta - \alpha + \alpha =$

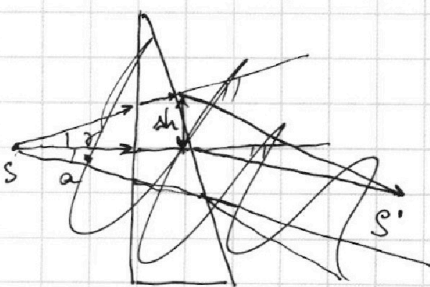
$$= \frac{n_2 (\alpha - \varphi)}{n_0} - \alpha + \frac{n_2 \varphi}{n_0} =$$

$$= \frac{n_2 \alpha - n_2 \varphi - \alpha n_0 + n_2 \varphi}{n_0} = \frac{\alpha (n_2 - n_0)}{n_0} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  угол отклонения луча от первоначального направления не зависит!

$$\beta_0 = \beta = 0,03 \text{ рад.}$$

Рассмотрим два луча: перпендикулярный левой стороне и выходящий под углом  $\delta$ .



$(\delta h - \alpha \delta)$

Чем больше от ~~от~~ горизонтальной отклонен входящий луч, тем больше отклонен выходящий  $\Rightarrow$   $\Rightarrow$  изобразим меньше.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

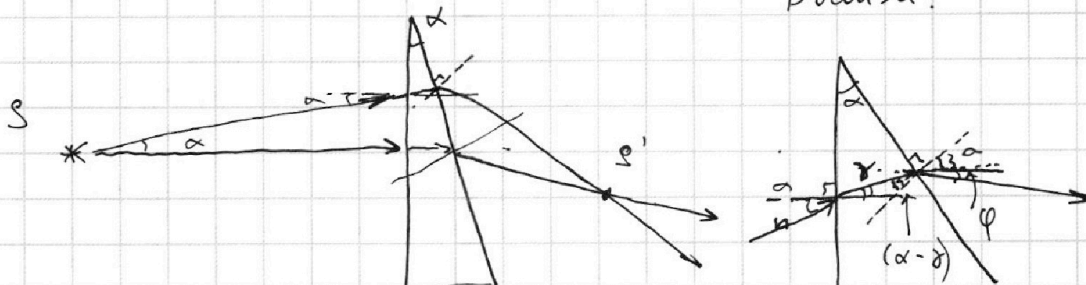
**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N5 (продолжение)

2)



Вблизи:

Рассмотрим луч, вышедший из источника под углом  $\alpha$ :

Первое преломление:

$$n_0 \alpha = n_2 \gamma$$

Второе преломление:

$$n_2 (\alpha - \gamma) = n_0 \varphi$$

$$n_2 \alpha - n_2 \gamma = n_0 \varphi$$

$$n_2 \alpha - n_0 \alpha = n_0 \varphi$$

$$\varphi = \alpha \frac{(n_2 - n_0)}{n_0}$$

Угол отклонения любого луча

$$\frac{225}{25} \cdot \frac{5}{145}$$

$$\vartheta = n_2 (\alpha - \varphi) - \alpha + n_2 \varphi =$$

$$= n_2 \alpha - n_2 \varphi - \alpha + n_2 \varphi = \alpha (n_2 - 1)$$

$$\frac{278}{450} = \frac{139}{225}$$

$$\frac{278}{2} \cdot \frac{1}{139}$$

$$\frac{140}{225} = \frac{28}{45}$$

$$\frac{28}{45} = \frac{30}{45} = \frac{2}{3}$$

$$278 \cdot \frac{1}{2}$$

$$h \approx \frac{a}{\sin \alpha} = h$$

$h$

$$\begin{array}{r} 278,5 \\ + 278,5 \\ \hline 557,0 \end{array}$$

2.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

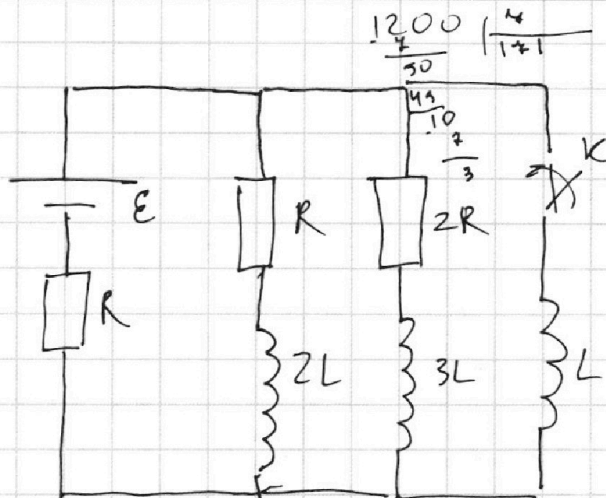
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№4

Найти:

$I_{20}$   
 $I_L$   
 $I_{2R}$



$$\frac{405 \cdot 30}{24} = \frac{405 \cdot 10}{9}$$

$$U = \sqrt{E} + 20$$

$$U = \sqrt{}$$

$$24 = \sqrt{12} + 20$$

$$24 = 2\sqrt{3} + 20$$

$$\sqrt{3} < \sqrt{4}$$

$$29 = \sqrt{}$$

$$24 = \sqrt{14} + 20$$

$$\sqrt{28} < \sqrt{14} < \sqrt{16}$$

$$28 = \sqrt{18} + 20$$

1) При разомкнутом ключе:  $\frac{405 \cdot 15}{36} = \frac{45}{45}$

В цепи уст. режим  $\rightarrow$  катушки - ц. проводим

3) По правилу Кирхгофа:

$$E = I_{10}R + I_{00}R$$

$$E = 2I_{20}R + I_{00}R$$

$$I_{00} = I_{10} + I_{20}$$

$$E = 2I_{20}R + I_{10}R + I_{20}R$$

$$E = 3I_{20}R + I_{10}R \Rightarrow I_{10}R = E - 3I_{20}R$$

$$E = E - 3I_{20}R + I_{00}R$$

$$3I_{20}R = I_{00}R$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10} = \frac{6}{10} - \frac{3}{5} I_{20} = \frac{1}{3} I_{00} ; I_{00} = 3I_{20}$$

$$E = 2I_{20}R + 3I_{20}R$$

$$E = 5I_{20}R$$

$$I_{20} = \frac{E}{5R}$$

$$I_{00} = 3I_{20} = \frac{3}{5}E$$

2) Сразу после замыкания ключа:

Ток через катушки не изменился  $\rightarrow$

$\rightarrow$  все токи остались такими же как в п. 1

по правилу Кирхгофа:  $E + E_i = I_{00}R$

$$E - I_{00}R = L \cdot \dot{I}_L$$

$$E - \frac{3E}{5} = L \dot{I}_L$$

$$\frac{2E}{5} = L \dot{I}_L \Rightarrow \dot{I}_L = \frac{2E}{5L}$$

$\log \frac{10}{5} = \frac{1}{2}$

$$\frac{450}{245}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

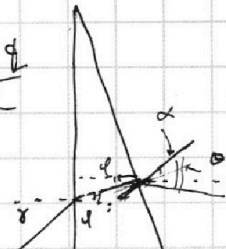
$$N = \frac{A}{t} \int_2 \epsilon_i$$

$$W = \frac{k q_1 q_2}{r}$$

$$w = Ed$$

$$N = \frac{F \cdot S}{t} \int_2 - \epsilon_{i3} = -\epsilon_{i1}$$

$$E = \frac{k q_1}{r^2} \quad \varphi = \frac{k q}{R}$$



$$n_2(\alpha - \varphi) = n_0 \theta$$

$$-\int_2 \cdot 2R + \epsilon_{i3} - \epsilon_{i1} = 0$$

$$E_{i2}$$

$$-\epsilon_{i1} = \int_2 \cdot 2R - \epsilon_{i3}$$

$$\int_L L = \int_2 \cdot 2R + \int_2 \cdot 3L$$

$$E_{23} = \frac{q_1 + Q}{\epsilon_0 S} \cdot d = U$$

$$\int_L L = \dot{q}_2 \cdot 2R$$

$$\frac{q_1 + Q}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$$

$$\int_L L = \int_2 \cdot 3L = \dot{q}_2 \cdot 2R$$

$$\frac{q_1}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d} = U$$

$$\frac{d \int_L L}{dt} - \frac{d \int_2 \cdot 3L}{dt} = \frac{d \dot{q}_2 \cdot 2R}{dt} \cdot dt$$

$$\frac{q_1}{\epsilon_0 S} = \frac{3U}{d}$$

$$\int_0^{q_{2R}} d q_2 = \int_0^{\epsilon} \frac{L}{2R} - \int_0^{\epsilon} \frac{3L}{2R} d \int_2 \quad \varphi q$$

$$\frac{q_1}{\epsilon_0 S} + \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$$

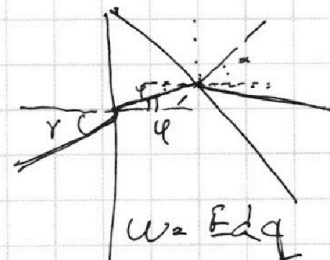
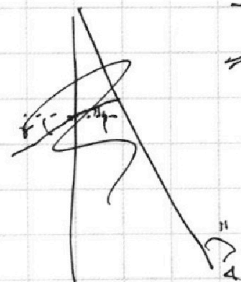
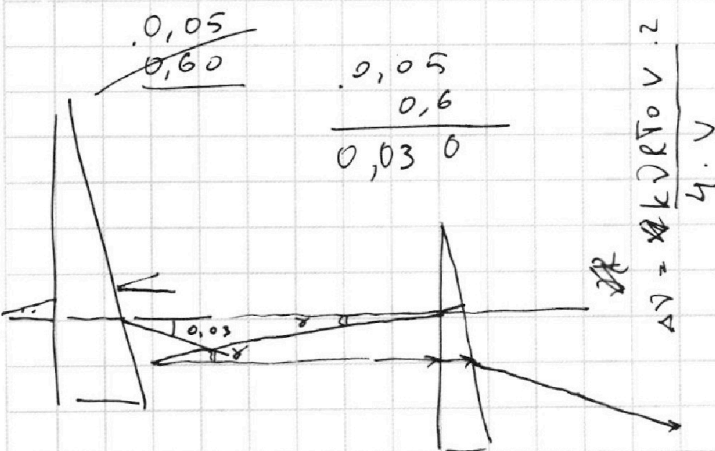
$$\frac{3U}{d} - \frac{U}{d} = -\frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$q_{2R} = \frac{\epsilon}{R} \cdot \frac{L}{2R} = \left( 0 - \frac{\epsilon \cdot 3L}{5R \cdot 2R} \right) = \varphi = Ed$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} = -\frac{2U}{d}$$

$$= \frac{\epsilon L}{2R^2} + \frac{3 \epsilon L}{10R^2} = \frac{5 \epsilon L}{10R^2} + \frac{3 \epsilon L}{10R^2} = \frac{8 \epsilon L}{10R^2}$$

$$= \frac{4 \epsilon L}{5R^2}$$



$$n_2 \alpha - n_2 \varphi = \theta$$

$$n_2 \alpha = \theta + \gamma$$



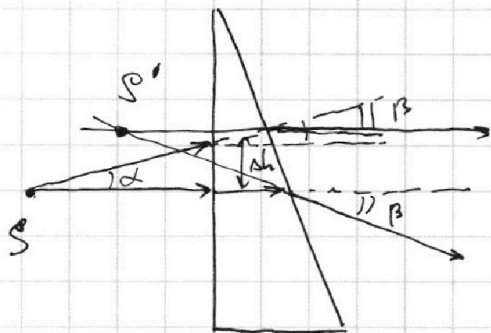
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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"/>

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

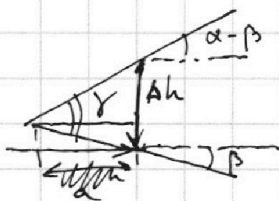
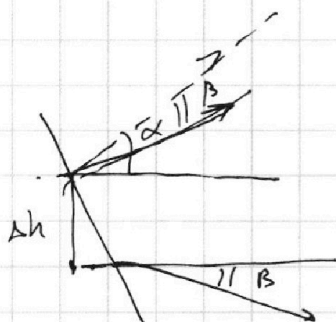


Призма тонкая  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  приближем  $\Delta h$  на входе и на выходе

Рассмотрим лучи под углами  $0^\circ$  и  $\alpha$  к горизонталь.

$$\alpha - \beta = 0,02 \text{ рад}$$

$$\Delta h = a \sin \alpha = a \alpha$$



$$\gamma = \alpha - \beta + \beta = \alpha$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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"/>



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

