



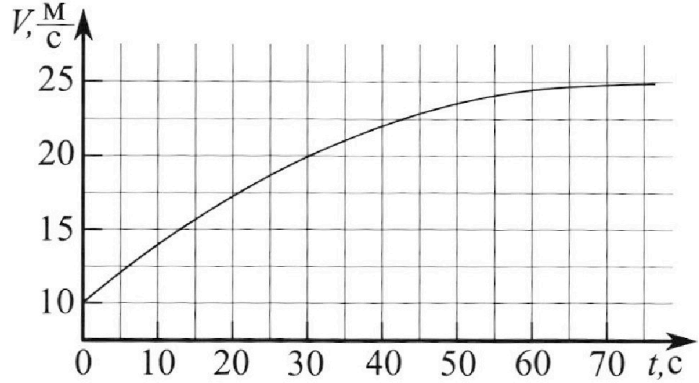
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой  $m = 1800$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $V_1 = 20$  м/с.
- 2) Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
- 3) Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $V_1$ ?

Требуемая точность числа нного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

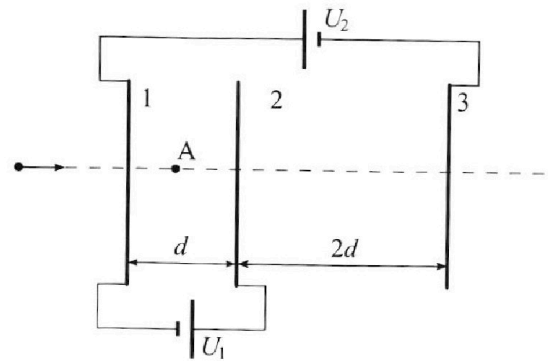
$$\frac{m}{c} = \frac{k \cdot m}{c^2} \approx 0$$

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 углекислый газ, 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  $T = 5T_0/4 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

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  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  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 начальное давление в сосуде  $P_0$ . 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  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 4U$ . 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 1 и 2.
- 2) Найти разность  $K_1 - K_2$ , где  $K_1$  и  $K_2$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке A на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

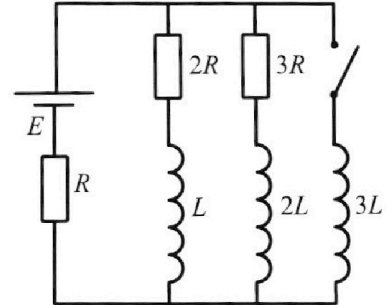


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

- 1) Найти ток  $I_0$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  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  $n_B = 1,0$ . Точечный источник света S расположен на расстоянии  $a = 194$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  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.

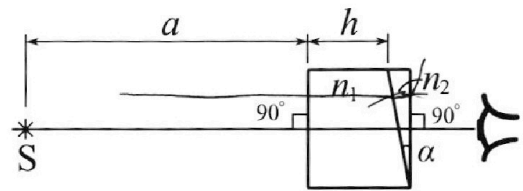
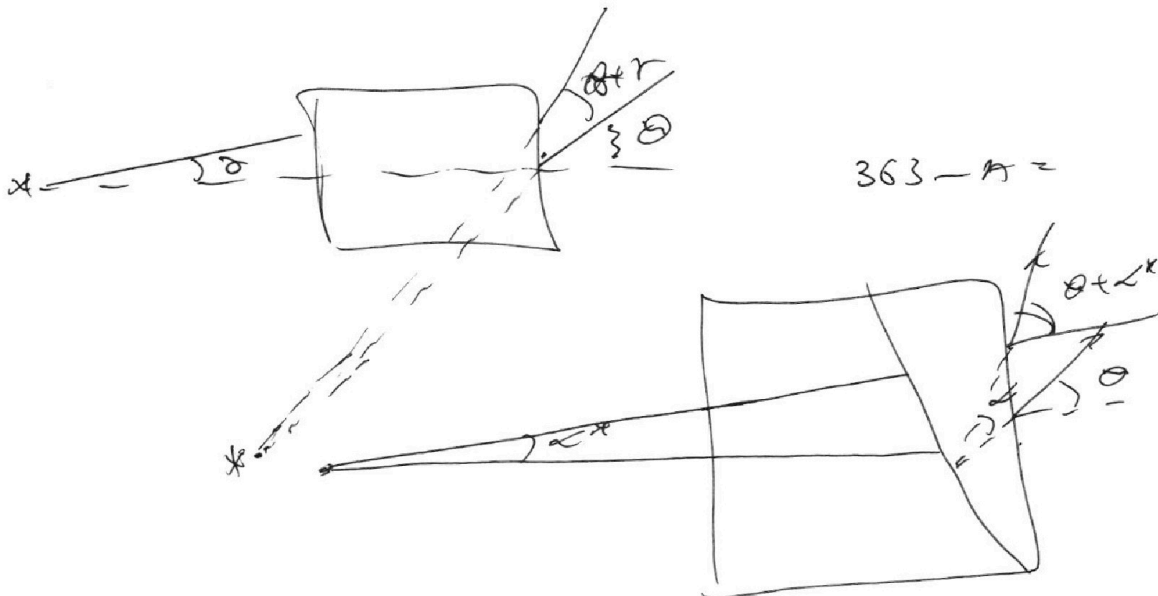


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_B = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_B = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

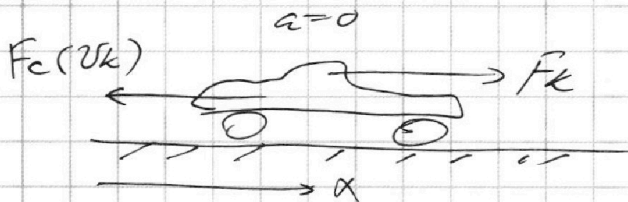
МФТИ

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



### Задача 1

В конце разгона ускорение равно нулю, тогда:



$F_c$  — сила софф. воздуха,

из условия следует, что

$$F_c = \alpha \cdot v^2,$$

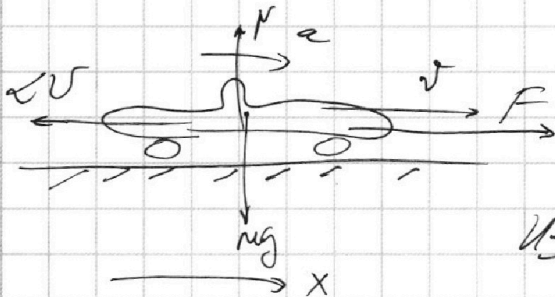
т.к.  $a=0$ :  $x$ :  $0 = F_k - F_c(v_k) \Rightarrow \alpha \cdot v_k^2 = F_k$

(сила в конце разгона —  $v_k$ )

Из условия следует что  $v_k = 25 \text{ м/с}$ ,  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \left( \alpha = \frac{F_k}{v_k^2} = \frac{500 \text{ Н}}{25^2 \text{ м}^2/\text{с}^2} = 20 \frac{\text{Н}}{\text{с}^2} \right)$$

Бассейн произв. мом.  $\Omega$  90 лопастей разгона:



то  $23 \text{ м/с}$ :

$$x: F - 2U = m \cdot a \quad (1)$$

Из условия следует, что  $20 \text{ м/с}$  со  $30 \text{ м}$ .

в мом., когда  $v = v_1$  ( $a_1 =$

$$= \frac{dv_1}{dt} \approx \frac{2,5 \text{ м/с}}{10 \text{ с}} = 0,25 \text{ м/с}^2) // \text{Стоимость ватт за}$$

секунду в (2):

$$F_1 - \alpha \cdot v_1^2 = m a_1, \Rightarrow \left( F_1 = m a_1 + 2U_1 = 100 \cdot 0,25 + 20 \cdot 20 = 850 \text{ Н} \right) //$$

Мощность  $P_1$ , потребляемая от двигателя на колесе

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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!

в данных момента, лавка:

$$(P_1 = F_1 \cdot v_1 = 850 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 17000 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}) //$$

Ответ: 1)  $a_1 = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ; 2)  $F_1 = 850 \text{ Н}$ ;

3)  $P_1 = 17000 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!



Задача 2

ПАТН 1

$$\begin{matrix} \Delta J_1 \\ \frac{U}{2} T_0 \\ \rho_0 \end{matrix}$$


---


$$\begin{matrix} \Delta J_2 \rho_0 T_0 \\ \frac{U}{4} \end{matrix}$$


---


$$\begin{matrix} \frac{U}{4} - 2 \cdot \frac{U}{4} \\ \Delta J_0 \end{matrix}$$

→

ПАТН 2

$$\begin{matrix} \Delta J \\ \frac{U}{5} \frac{5}{4} T_0 \\ \rho \end{matrix}$$


---


$$\begin{matrix} \Delta J_2 + 0,55 U \\ \Delta J_0 \rho \frac{5}{4} T_0 \end{matrix}$$


---


$$\begin{matrix} \Delta J = \frac{U}{4} \\ - \frac{U}{4} \end{matrix}$$

$T_0$   $U$   $k$   $R \cdot T$

$\Delta J_0$  - количество газа, растворённое в воде при температуре  $T_0$ .

$J_1$  - кол-во газа в верх. части сосуда,  $J_2$  - сконденс.

$\rho_0$  удовлетв. М-К где  $\rho_0 = \frac{4 J_2 R T_0}{U}$  (0)

$$\begin{cases} \rho_0 \cdot \frac{U}{2} = J_1 R T_0 \\ \rho_0 \cdot \frac{U}{4} = J_2 R T_0 \end{cases} \Rightarrow 2 = \frac{J_1}{J_2} \Rightarrow J_1 = 2 J_2 \quad (1) \Rightarrow$$

$$\Delta J_0 = k \rho_0 \cdot \frac{U}{4} \quad (\text{количество газа}) \quad (2)$$

Подст. (0) в (2):

$$\Delta J_0 = k \cdot J_2 \cdot R T_0 \quad (3)$$

~~$$J_1 + \Delta J_0 = J_2 + \Delta J_0 + J_2 + \Delta J_0 = J_2 (1 + k R T_0)$$~~

~~$$R T_0 = \frac{U}{4} R T_0$$~~

~~$$\frac{U}{4} R T_0 = J_2 (1 + \frac{4}{5} R T_0) = J_2 (1 + \frac{4}{5} k R T_0)$$~~

~~$$\frac{U}{4} R T_0 = J_2 \cdot \frac{5 + 4k R T_0}{5} \Rightarrow J_2 = \frac{5 U R T_0}{4(5 + 4k R T_0)}$$~~

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!



(Зависимости между и сверху работы, т.е. химическое и ве-  
сто уравнения  $p-k$  для сост. 2;

(т.е. со уал. для мена. Т раз части не раство-  
рятся, знавая, растворённые вещества

в воде раз вылетает в газост. сост.)

$$\begin{cases} p \cdot \frac{V}{5} = \nu_1 RT \\ p_{\text{пр}} \cdot 0,55 V = (\nu_2 + \Delta \nu_0) RT \end{cases}$$

$$p_{\text{пр}} \cdot 0,55 V = RT (\Delta \nu_2 + \Delta \nu_0 - 2\nu_2)$$

$$\Delta \nu_0 = k \nu_1 RT = \frac{4}{5} k \nu_2 RT$$

$$p_{\text{пр}} = p_{\text{атм}}, \text{ т.е. } T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$$

$$\frac{0,55 p_{\text{пр}} \cdot V}{RT} = \nu_2 \left( 1 + \frac{4}{5} k \frac{RT}{p_{\text{пр}}} - \frac{2}{p_{\text{пр}}} \right) \nu_2$$

$$V = \frac{\nu_2 RT}{0,55 p_{\text{пр}}}$$

$$V_3 (0) : p_0 = \frac{4 \nu_2 RT}{2} = \frac{4 \cdot \nu_2 RT \cdot 0,55 p_{\text{пр}}}{\nu_2 RT}$$

$$= \frac{4}{5} \cdot 4 \cdot 0,55 = 0,79 \cdot 4 = 1,87 p_{\text{атм}}$$

Ответ: 1)  $k = 2$ ; 2)  $p_0 = 1,87 p_{\text{атм}}$ .

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 checked="" 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!

$$= -\frac{qU}{d} \cdot \frac{d}{3} = -\frac{qU}{3}, \rightarrow \frac{m v_A^2}{2} = \frac{1}{2} v_0^2 - \frac{qU}{3}$$

Отсюда  $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2}{3} \frac{qU}{m}}$  //

Ответы: 1)  $a_{21} = \frac{qU}{md}$ ; 2)  $k_1 - k_2 = qU$ ;

3)  $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2}{3} \frac{qU}{m}}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

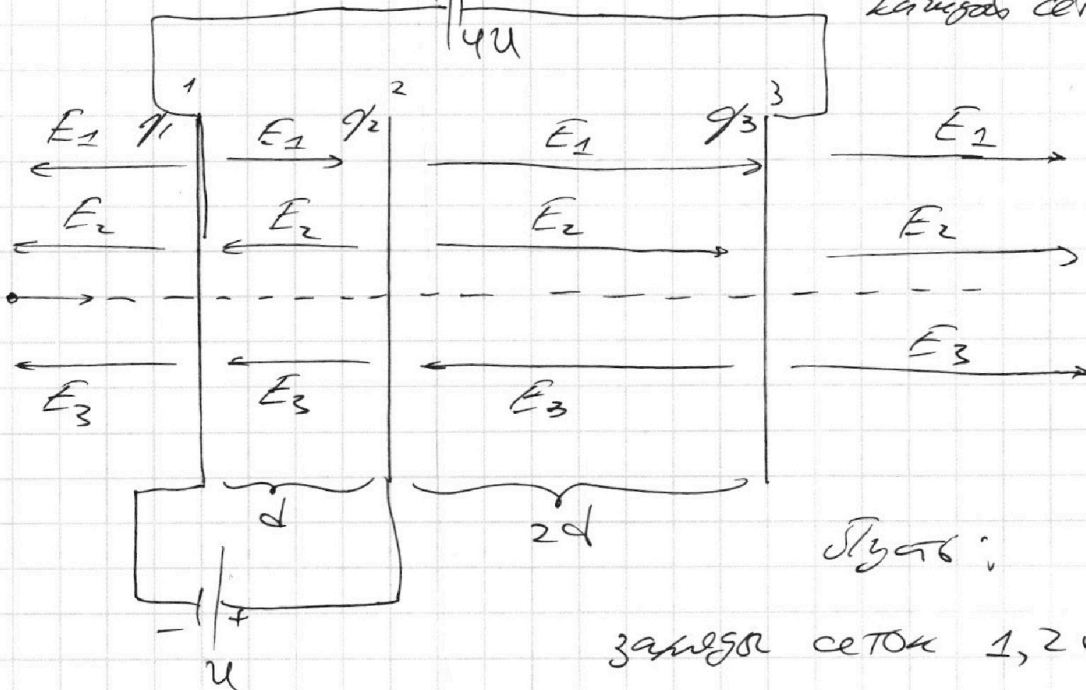
МФТИ

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



Задача 3

Аусы 5-и полагать  
каждой сетке



Аусы:

заряды сеток 1, 2 и 3 —

$q_1, q_2, q_3$  соотв. (аусы  
 $q_1, q_2, q_3 > 0$ )

$E_1, E_2, E_3$  — напряжённости от сеток 1, 2, 3 соотв.

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  — потенциалы 1, 2, 3 сеток соотв.

$$\begin{cases} \varphi_2 - \varphi_1 = U & \text{Потенциал убывает по направлению} \\ \varphi_1 - \varphi_3 = 4U & \text{напряжённости, т.е.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U = -E_1 \cdot d + E_2 \cdot d + E_3 \cdot d \\ 4U = E_1 \cdot d + E_1 \cdot 2d - E_2 \cdot d + E_2 \cdot 2d - E_3 \cdot d + E_3 \cdot 2d \end{cases}$$

$$\begin{cases} U = -E_1 d + E_2 d + E_3 d & (1) \\ 4U = 3E_1 d + E_2 d - 3E_3 d, \text{ где } \rightarrow \end{cases}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

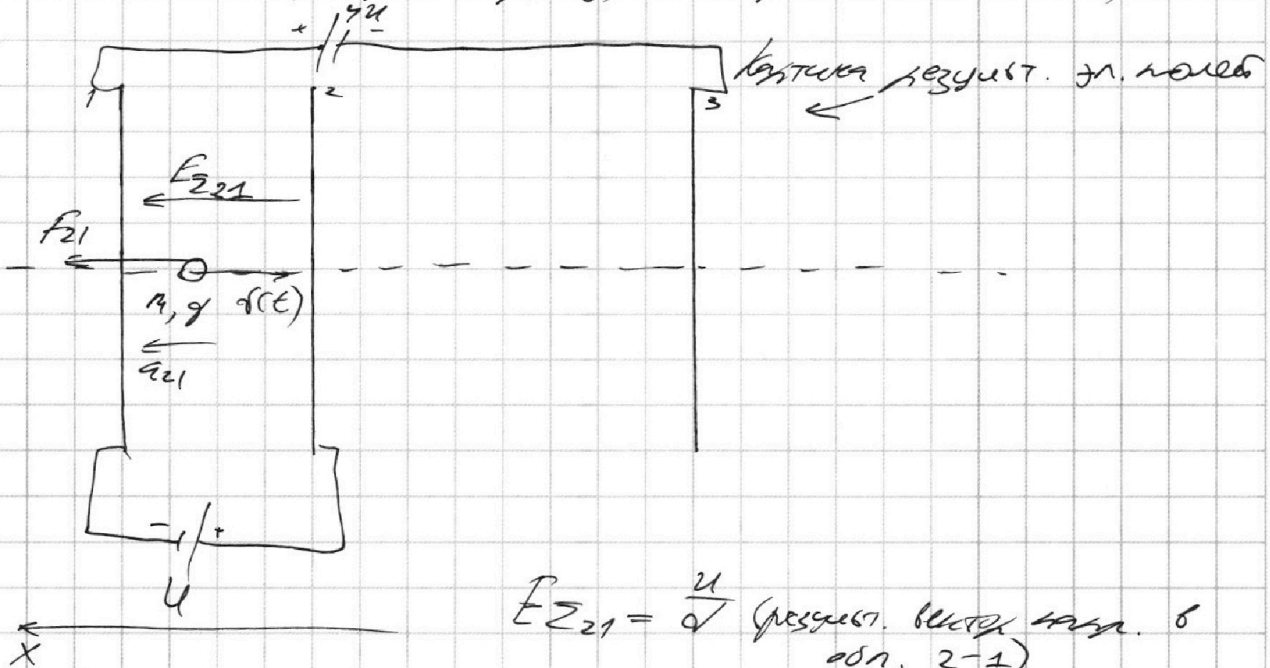
$$E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 d}, E_2 = \frac{q_2}{2\epsilon_0 d}, E_3 = \frac{q_3}{2\epsilon_0 d} \quad (2)$$

Прогст. (2) в (2):

$$\begin{cases} U = d \left( -\frac{q_1}{2\epsilon_0 d} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 d} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 d} \right) \cdot \frac{2\epsilon_0 d}{d} \\ 4U = d \left( \frac{3q_1}{2\epsilon_0 d} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 d} - \frac{3q_3}{2\epsilon_0 d} \right) \cdot \frac{2\epsilon_0 d}{d} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{2\epsilon_0 d U}{d} = -q_1 + q_2 - q_3 \quad \text{по 3СЗ:} \\ \frac{8\epsilon_0 d U}{d} = 3q_1 + q_2 - 3q_3 \quad (3) \end{cases}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \quad (4)$$



$$E_{221} = \frac{U}{d} \quad (\text{результ. вектор напря. в обл. 2-1})$$

По 23П в области между сетками 1-2:

$$x: m \cdot a_{21} = F_{21}, \text{ где } F_{21} = q \cdot E_{221} = \frac{qU}{d}, \text{ откуда}$$

$$a_{21} = \frac{qU}{md}$$

Пусть  $v_1$  - скорость частицы при пролёте сетки 1,

$v_2$  - скорость частицы при пролёте сетки 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!

Это ЗМЧЭ для гасицы от сетки 1 и сетки 2:

$$AF_{21} = \Delta E_{k_{21}} = k_2 - k_1, \text{ где } \left. \begin{array}{l} AF_{21} = F_{21} \cdot d \cdot \cos(180^\circ) = -q_2 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (k_1 - k_2 = q_2) //$$

Из (4) следует, что  $q_2 + q_3 = -q_1$  (6). Пусть (6) в (3):

$$\frac{2\epsilon_0 S U}{d} = -2q_1, \Rightarrow q_1 = \frac{-\epsilon_0 S U}{d}, E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} = -\frac{U}{2d} \text{ (это}$$

значит, что вектор  $q_1$  от зарядов пластины направлен вправо)

и равен по модулю  $|E_1| = \frac{U}{2d}$ .

Пусть (7) в (5):  $-8q_1 = 3q_2 + q_2 - 3q_3$ ;

$$11q_1 - q_2 - 3q_3 = 0; \text{ из (6) следует, что } q_2 = -q_3 - q_1 \text{ (9)}$$

вставим:  $11q_1 - q_1 - q_3 - 3q_3 = 0$ ;  $4q_3 = 10q_1$ ;

$$q_3 = \frac{5}{2}q_1 = -\frac{5}{2} \frac{\epsilon_0 S U}{d} \text{ (8)}, \Rightarrow E_3 = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = -\frac{5}{4} \frac{U}{d} \text{ (это}$$

значит, что вектор  $q_3$  от зарядов пласт. направлен в

противоположную сторону и равен по модулю  $|E_3| =$

$$= \frac{5}{4} \frac{U}{d}.$$

$$\text{Пусть (7) и (8) в (9): } q_2 = \frac{5}{2} \frac{\epsilon_0 S U}{d} + \frac{\epsilon_0 S U}{d} = \frac{7}{2} \frac{\epsilon_0 S U}{d} \text{ (10)}$$

Тогда  $E_2 = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{7}{4} \frac{U}{d}$  (т.е. направленные прав. от

2 пластин указанной стороны). Изобразим картинку

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

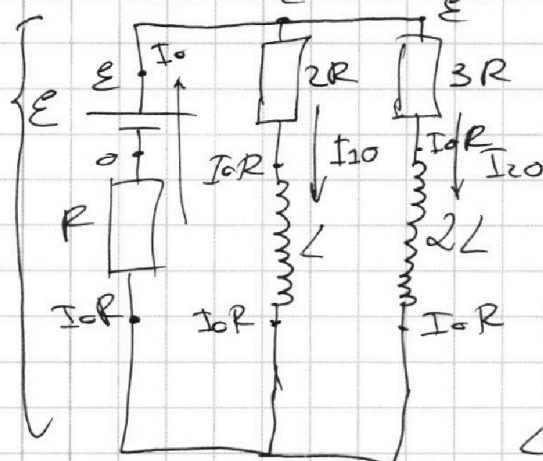


## Задача 4.

Расчитать схему при разомкнутом ключе. В цепи установившаяся режим (сохраняется), найти ток, протекающий через катушки, остаточный заряд конденсатора на них равен 0 (т.к.  $\hat{U}_C = L \cdot \hat{I}'_C$ ,  $I_2 = \cos t$ ,  $\Rightarrow \hat{I}'_C = 0$ .)

метод  
потенциалов

по току наводим контуры:



$$I_0 = I_{10} + I_{20} \quad (2)$$

по закону Ома для

замкнутой 2R и 3R:

$$\begin{cases} I_{10} = \frac{\varepsilon - I_0 R}{2R} \\ I_{20} = \frac{\varepsilon - I_0 R}{3R} \end{cases} \quad (2)$$

подст. (2) в (3):

$$I_0 = \frac{\varepsilon - I_0 R}{2R} + \frac{\varepsilon - I_0 R}{3R} \quad / \cdot 6R$$

$$6I_0 R = 3\varepsilon - 3I_0 R + 2\varepsilon - 2I_0 R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 11I_0 R = 5\varepsilon \Rightarrow \left( I_0 = \frac{5}{11} \frac{\varepsilon}{R} \right) \quad (3)$$

подставим (3) в (2) (объяснение):

$$\left( I_{10} = \frac{\varepsilon - R \cdot \frac{5}{11} \frac{\varepsilon}{R}}{2R} = \frac{6\varepsilon}{22R} = \frac{3}{11} \frac{\varepsilon}{R} \right) \quad (4)$$

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

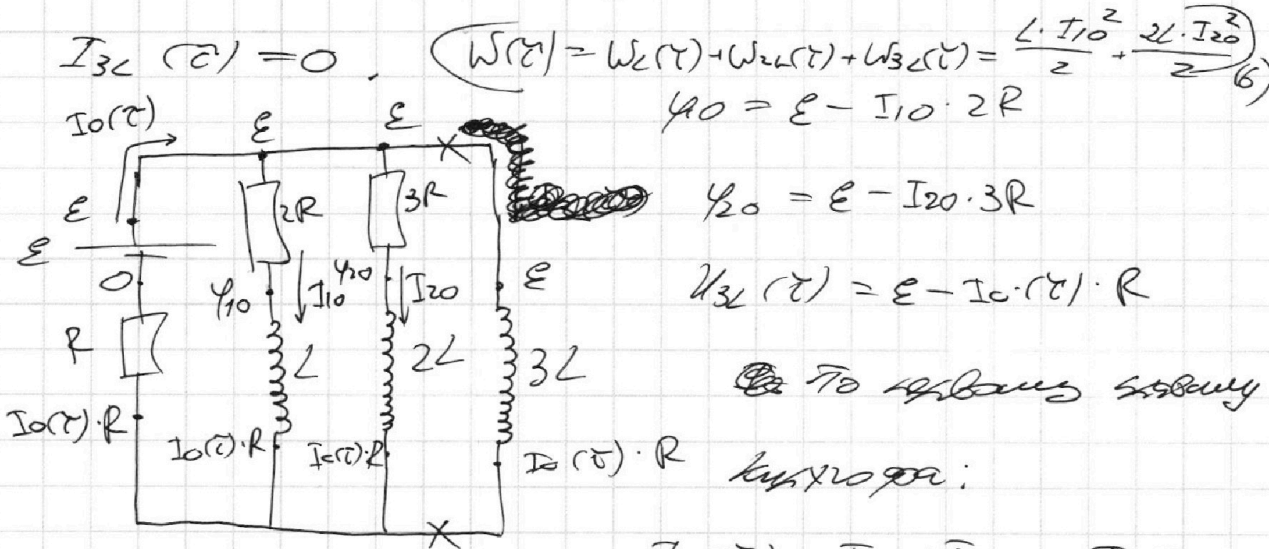
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$I_{20} = \frac{\varepsilon - I_0 R}{3R} = \frac{\varepsilon - R \cdot \frac{5\varepsilon}{11R}}{3R} = \frac{\frac{6\varepsilon}{11}}{3R} = \frac{2\varepsilon}{11R} \quad (5)$$

В рассматриваемый момент времени замыкаем ключ (t = t<sub>0</sub>). Токи, текущие через катушки, складываются, поэтому, зная, I<sub>1</sub>(t) = I<sub>10</sub>, I<sub>2</sub>(t) = I<sub>20</sub>,

I<sub>3</sub>(t) = 0, W(t) = W<sub>1</sub>(t) + W<sub>2</sub>(t) + W<sub>3</sub>(t) =  $\frac{L \cdot I_{10}^2}{2} + \frac{2L \cdot I_{20}^2}{2}$  (6)



$$I_0(t) = I_{10} + I_{20} = I_0 =$$

$$= \frac{5\varepsilon}{11R} \text{ (из (3) и (1))}, \text{ поэтому } \varphi_{3L}(t) = \varepsilon - \frac{5\varepsilon}{11} =$$

$$= \frac{6\varepsilon}{11}. \quad \varphi_{3L}(t) = 3L \cdot I_{3L}'(t), \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{3L}'(t) = \frac{\varphi_{3L}(t)}{3L} = \frac{\frac{6\varepsilon}{11}}{3L} = \frac{2\varepsilon}{11L}$$

В рассматриваемый момент времени замыкаем ключ (t = t<sub>0</sub>)

и устанавливается режим. Токи, текущие

через катушки остаются, зная, напряжение

на всех катушках в уст. сост. равно нулю.

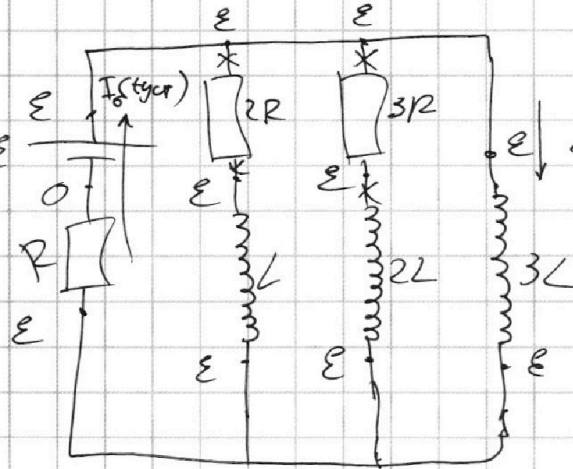
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 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!



Из метода контурных токов

берет, 100 ток

через индуктор 2R и

3R не меняет, значит:

$$I_{3L}(t) = I_0(t)$$

по 3-му закону Ома для R:  $I_0(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} \Rightarrow$

$$\Rightarrow I_{3L}(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} \text{ Ответ}$$

~~$$W_{\text{ист}} = W_{2R}(t) + W_{2L}(t) + W_{3L}(t) = \frac{3L \cdot \mathcal{E}^2}{2} =$$

$$= \frac{3}{2} \frac{L \mathcal{E}^2}{R^2} \quad (7)$$~~

Значит от  $t=0$  до  $t=t_{\text{уст}}$ :

~~$$A_5 = W_2(t_{\text{уст}}) - W(0) = \frac{3}{2} \frac{L \mathcal{E}^2}{R^2} - \left( \frac{2I_0^2}{2} + \frac{2L \cdot I_0^2}{2} \right)$$

$$= \frac{3}{2} \frac{L \mathcal{E}^2}{R^2} - \left( \frac{4}{2} \cdot \frac{9}{121} \frac{\mathcal{E}^2}{R^2} + L \cdot \frac{4}{121} \frac{\mathcal{E}^2}{R^2} \right) = \frac{L \mathcal{E}^2 (3 \cdot 121 - 9 - 8)}{242 R^2} =$$

$$= \frac{376}{242} \frac{L \mathcal{E}^2}{R^2} = \frac{173}{121} \frac{L \mathcal{E}^2}{R^2}$$~~

~~$$A_5 = \mathcal{E} \cdot q_{\text{ист}} \Rightarrow q_{\text{ист}} = \frac{173}{121} \frac{L \mathcal{E}}{R^2} \text{ — заряд, протекший}$$~~

через этот источник от  $t=0$  до  $t=t_{\text{уст}}$

через  $\nu$   
 Таким образом получ. ток. к.  $t$ :

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

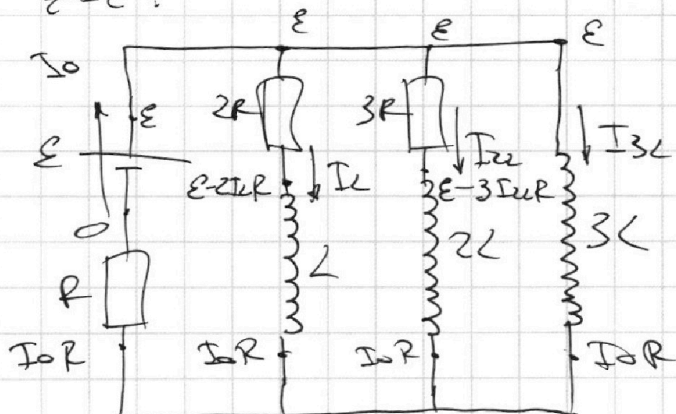
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

$t = \tau$ :



$$I_0 = I_2 + I_{2L} + I_{3L}$$

~~$2R \cdot I_2 + L \cdot I_2' = 3R \cdot I_{2L} + 2L \cdot I_{2L}' = 3L \cdot I_{3L}' \quad / \cdot dt$~~

$$2R \cdot I_2 + L \cdot I_2' = 3R \cdot I_{2L} + 2L \cdot I_{2L}' = 3L \cdot I_{3L}' \quad / \cdot dt$$

$$2R \cdot dq_2 + L \cdot dI_2 = 3R \cdot dq_{2L} + 2L \cdot dI_{2L} = 3L \cdot dI_{3L} \quad (*)$$

Итак суммируем уравнение (\*) от  $t=0$  до  $t=\tau$ :

$$2R \cdot q_2 + L \cdot (0 - I_0) = 3R \cdot q_{2L} + 2L \cdot (0 - I_{20}) = 3L \cdot (I_0 \tau)$$

$$2R \cdot q_2 - L \cdot I_0 = 3R \cdot q_{2L} - 2L \cdot I_{20} = 3L \cdot \frac{E}{R}$$

Погор. (4) и (5):

$$2R \cdot q_2 - L \cdot \frac{3}{11} \frac{E}{R} = 3R \cdot q_{2L} - 2L \cdot \frac{2}{11} \frac{E}{R} = 3L \cdot \frac{E}{R} \quad / \cdot 11R$$

$$22R^2 q_2 - 3LE = 33R \cdot q_{2L} - 4LE = 33LE$$

~~$22R^2 q_2 - 3LE = 33R \cdot q_{2L} - 4LE = 33LE$~~

~~$22R^2 q_2 - 3LE = 33R \cdot q_{2L} - 4LE = 33LE$~~

$$22R^2 q_2 = 36LE, \Rightarrow q_2 = \frac{36}{22} \frac{LE}{R^2} = \frac{18}{11} \frac{LE}{R^2}$$

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

$$q_{2L} = q_{2R}, \Rightarrow \left( q_{2R} = \frac{18}{11} \frac{L\varepsilon}{R^2} \right) //$$

Ответ: 1)  $I_D = \frac{3}{11} \frac{\varepsilon}{R}$ ; 2)  $I_{3L}(r) = \frac{2}{11} \frac{\varepsilon}{L}$ ;

3)  $q_{2R} = \frac{18}{11} \frac{L\varepsilon}{R^2}$ .



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

МФТИ

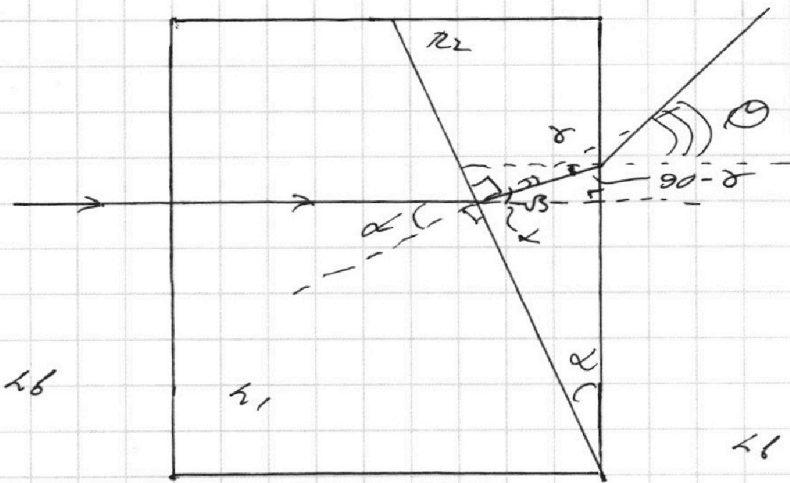
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1)

### Задача 5.

Рассмотрим луч от источника, идущий ~~перпендикулярно~~ перпендикулярно левой грани системы:

Пусть  $\theta$  — угол, на который ось луча отклонилась ~~от~~ луча



По закону Снеллиуса:

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta, \text{ где все углы малые,}$$

$$\Rightarrow n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \beta, \Rightarrow \beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha$$

$$\delta = \alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$$

$$n_2 \cdot \sin \delta = n_1 \cdot \sin \theta, \Rightarrow n_2 \cdot \delta = n_1 \cdot \theta, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{n_2}{n_1} \delta, \text{ где } n_1 = n_2 \text{ по условию, } \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{n_2}{n_1} \cdot \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = \alpha \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)$$

$$= 0,1 \text{ рад} \cdot \left(\frac{1,7}{1,6} - 1\right) = 0,07 \text{ рад}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

2) Дано то же, что и в предыдущей задаче. Требуется

с помощью метода Гаусса найти точки

ветвления входов из системы и путей.

Заметим, что  $\Delta v = \Delta 1$ , значит, система жвч-

ветвления ~~только~~ <sup>только</sup> (из всех узлов выбираем в путь с мин.  $\Delta v$ )

теми. Сначала система отключает все ~~к~~ <sup>к</sup> ветвления

в той мере на угол  $\theta$ , наблюдаясь далее