

Количество теплоты. Конденсатор

В данном листке рассматриваются задачи на расчёт количества теплоты, которое выделяется в цепях, состоящих из резисторов и конденсаторов. При решении задач необходимо помнить следующее.

1. Заряженный конденсатор ёмкостью C обладает энергией

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C},$$

где U — напряжение на конденсаторе, q — заряд конденсатора.

2. Если через источник тока с ЭДС \mathcal{E} проходит заряд q , то сторонние силы источника совершают работу

$$A_{\text{ист}} = q\mathcal{E}.$$

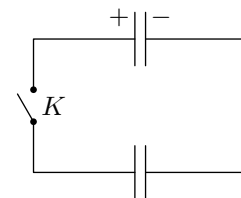
Эта работа называется *работой источника*.

3. Работа источника идёт на изменение энергии конденсаторов, включённых в цепь, а также превращается в тепло, выделяющееся на резисторах цепи:

$$A_{\text{ист}} = \Delta W + Q.$$

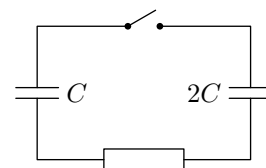
Обычно предполагается, что сопротивления резисторов достаточно велики, так что токи после замыкания ключа возрастают достаточно медленно и поэтому потерями на излучение можно пренебречь¹ (в противном случае см. задачу 1).

ЗАДАЧА 1. Конденсатор ёмкостью C , заряд которого равен q , соединён через разомкнутый ключ K с таким же незаряженным конденсатором (см. рисунок). Ключ замыкают. Найдите суммарную энергию конденсаторов после установления равновесия. Куда «исчезла» половина начальной энергии?



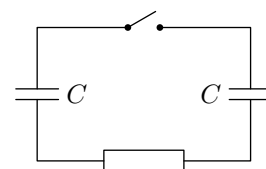
$$\frac{\partial \mathcal{V}}{\partial z^b} = M$$

ЗАДАЧА 2. («Физтех», 2008) В цепи, показанной на рисунке, ёмкости конденсаторов равны C и $2C$. Конденсатор ёмкостью C заряжен до напряжения U_0 , конденсатор ёмкостью $2C$ не заряжен. Какое количество теплоты выделится в резисторе после замыкания ключа?



$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \Omega} = \mathcal{O}$$

ЗАДАЧА 3. («Физтех», 2008) В цепи, показанной на рисунке, ёмкость каждого конденсатора равна C . Левый конденсатор заряжен до напряжения U_0 , а правый — до напряжения $3U_0$. У обоих конденсаторов положительный заряд находится на верхней обкладке. Найдите U_0 , если известно, что в резисторе после замыкания ключа выделилось количество теплоты Q .



$$\frac{\partial}{\partial \Lambda} \Lambda = {}^0\Omega$$

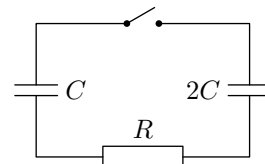
¹Если заряженная частица движется с ускорением, то она излучает электромагнитные волны. Эти волны уносят тем больше энергии, чем больше ускорение частицы.

ЗАДАЧА 4. Разности потенциалов на конденсаторах ёмкостями C_1 и C_2 равны U_1 и U_2 . Конденсаторы через резистор соединяют между собой. Найдите энергию, которая выделится при перезарядке конденсаторов в двух случаях:

- а) соединены одноимённо заряженные пластины;
- б) соединены разноимённо заряженные пластины.

$$\frac{\tau_{\text{с}} + 1 \text{с}}{\tau(\epsilon n + 1 n) \tau_{\text{с}} \tau_{\text{с}}} = \partial \quad (9 : \frac{\tau_{\text{с}} + 1 \text{с}}{\tau(\epsilon n - 1 n) \tau_{\text{с}} \tau_{\text{с}}} = \partial \text{ (в)}$$

ЗАДАЧА 5. («Физтех», 2009) В цепи, показанной на рисунке, конденсатор ёмкостью C заряжен до напряжения U_0 , а конденсатор ёмкостью $2C$ — до напряжения $3U_0$. Одноимённо заряженные обкладки соединены резистором с сопротивлением R . Ключ замыкают на некоторое время, а затем размыкают.



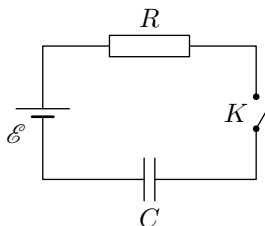
- 1) Найдите ток в цепи сразу после замыкания ключа.
- 2) Какое количество теплоты выделилось в цепи, если в момент размыкания ключа ток в цепи был в два раза меньше начального?

$$\frac{0 \text{ нс}}{\tau} = \partial \quad (\tau : \frac{\mu}{0 \text{ нс}} = 0 \text{ I (I)}$$

ЗАДАЧА 6. Плоский воздушный конденсатор заполнили жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ и зарядили, сообщив ему энергию W . Затем конденсатор отсоединили от источника, слили диэлектрик и разрядили. Какая энергия выделилась при разрядке?

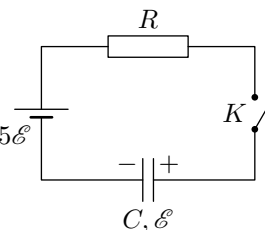
$$M^3 = \partial \text{ (в)}$$

ЗАДАЧА 7. Источник тока с ЭДС \mathcal{E} , резистор с большим сопротивлением R и конденсатор ёмкостью C подключены последовательно друг с другом через ключ K (см. рисунок). Вначале ключ разомкнут и конденсатор не заряжен. Найдите количество теплоты, которое выделится в цепи после замыкания ключа в процессе зарядки конденсатора.



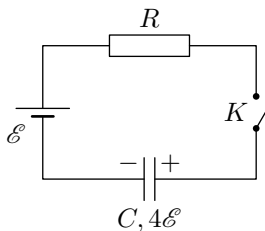
$$\frac{\tau}{\tau^2 \partial} = \partial$$

ЗАДАЧА 8. Конденсатор ёмкостью C , заряженный до напряжения \mathcal{E} , подключается через резистор с большим сопротивлением R к батарее с ЭДС $5\mathcal{E}$ (см. рисунок). Определите количество теплоты, которое выделится в цепи при зарядке конденсатора до напряжения $5\mathcal{E}$.



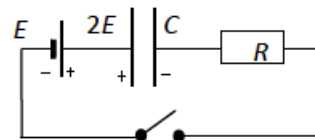
$$\tau^2 \partial 8 = \partial$$

ЗАДАЧА 9. Конденсатор ёмкостью C , заряженный до напряжения $4\mathcal{E}$, разряжается через резистор с большим сопротивлением R и батарею с ЭДС \mathcal{E} (см. рисунок). Найдите количество теплоты, выделившейся при разрядке конденсатора.



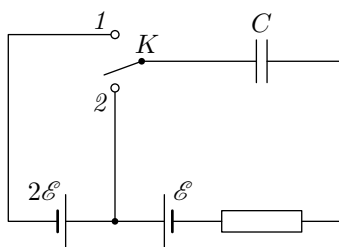
$$\frac{\tau}{\tau^2 \partial 6} = \partial$$

ЗАДАЧА 10. (Всеросс., 2017, МЭ, 11) Электрическая цепь состоит из соединённых последовательно идеального источника напряжения с ЭДС $\mathcal{E} = 12$ В, резистора, разомкнутого ключа и заряженного до напряжения $2\mathcal{E}$ конденсатора (полярность указана на схеме). Ключ замыкают. Определите напряжение U на конденсаторе в тот момент, когда количество теплоты, выделившееся в резисторе, окажется в 3 раза меньше энергии, оставшейся в конденсаторе.



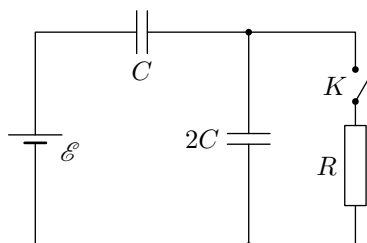
$$\boxed{\frac{8}{3}\mathcal{E} = \frac{2}{3}\mathcal{E} = U}$$

ЗАДАЧА 11. Какое количество теплоты выделится в цепи при переключении ключа K из положения 1 в положение 2 (см. рисунок)?



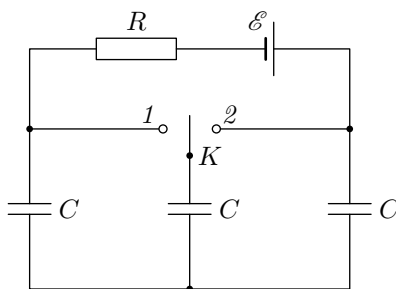
$$\boxed{\frac{2}{3}\mathcal{E}C = Q}$$

ЗАДАЧА 12. Какое количество теплоты выделится на резисторе R после замыкания ключа K (см. рисунок)? Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



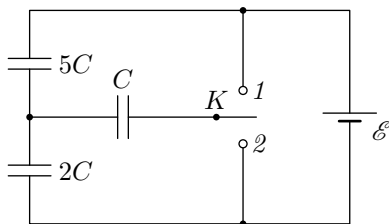
$$\boxed{\frac{9}{2}\mathcal{E}C = Q}$$

ЗАДАЧА 13. Какое количество теплоты выделится в цепи при переключении ключа K из положения 1 в положение 2 (см. рисунок)?



$$\boxed{\frac{8}{3}\mathcal{E}C = Q}$$

ЗАДАЧА 14. Какое количество теплоты выделится в цепи при переключении ключа K из положения 1 в положение 2 (см. рисунок)?

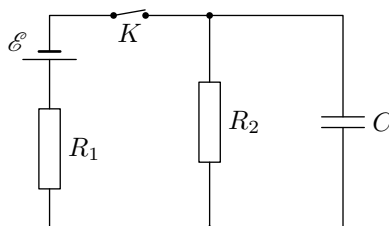


$$\frac{9\mathcal{E}}{2\mathcal{E}C} = \varnothing$$

ЗАДАЧА 15. Между обкладками плоского конденсатора расположена диэлектрическая пластина ($\varepsilon = 3$), заполняющая весь объём конденсатора. Конденсатор через последовательно соединённый резистор подключён к батарее с ЭДС $\mathcal{E} = 100$ В. Пластину быстро удаляют так, что заряд на конденсаторе не успевает измениться. Какая энергия выделится после этого в цепи в виде теплоты? Ёмкость незаполненного конденсатора $C_0 = 100$ мкФ.

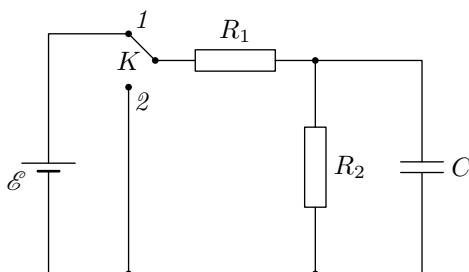
$$\frac{2}{3}\mathcal{E}^2 C_0 (1 - \varepsilon) = \varnothing$$

ЗАДАЧА 16. (МФТИ, 1995) Какое количество теплоты выделится в схеме (см. рисунок) после размыкания ключа K ? Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} \left(\frac{R_2 + R_1}{R_2} \right) = \varnothing$$

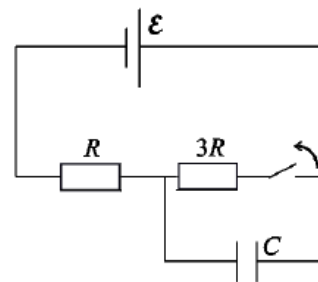
ЗАДАЧА 17. (МФТИ, 1995) Какое количество теплоты выделится на резисторе R_2 в схеме, изображённой на рисунке, после перемещения ключа K из положения 1 в положение 2? Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \varnothing$$

ЗАДАЧА 18. («Физтех», 2016, 11) В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны, ключ замкнут, режим установился.

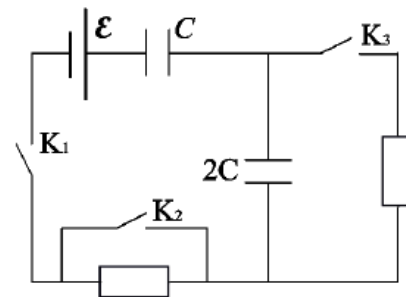
- 1) Найти напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 2) Найти ток через источник сразу после размыкания ключа.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



$$\int \mathcal{E} d\mathcal{L} = \mathcal{D} \left(\mathcal{E} : \frac{d\mathcal{L}}{dt} = I \right) \int \mathcal{E} d\mathcal{L} = \mathcal{D} \left(I \right)$$

ЗАДАЧА 19. («Физтех», 2016, 11) В электрической цепи (см. рисунок) все элементы идеальные, их параметры указаны, ключи разомкнуты, конденсаторы не заряжены. Сначала замыкают ключ K_1 . После установления режима в цепи замыкают ключ K_2 . Затем замыкают ключ K_3 и размыкают его, когда напряжение на конденсаторе C становится в 4 раза больше напряжения на конденсаторе $2C$.

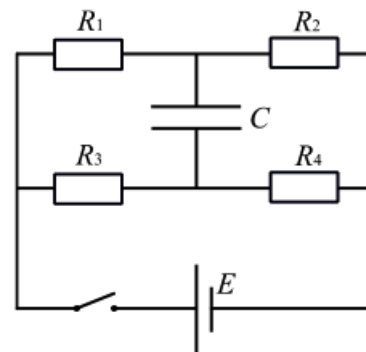
- 1) Найти отношение зарядов на конденсаторе $2C$ после размыкания K_3 и перед замыканием K_3 .
- 2) Найти количество теплоты, которое выделится в цепи при замкнутом ключе K_3 .



$$\int \mathcal{E} d\mathcal{L} = \mathcal{D} \left(\mathcal{E} : \frac{d\mathcal{L}}{dt} = I \right)$$

ЗАДАЧА 20. («Физтех», 2017, 11) В цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы можно считать идеальными, ЭДС батареи E , сопротивления резисторов $R_1 = r$, $R_2 = 4r$, $R_3 = 3r$, $R_4 = 2r$. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ замыкают, а затем через большой промежуток времени ключ размыкают.

- 1) Найти напряжение U на конденсаторе в установившемся режиме при замкнутом ключе.
- 2) Найти количество Q теплоты, выделившейся на резисторе R_1 после размыкания ключа.
- 3) Найти ток I_0 , текущий через конденсатор сразу после замыкания ключа.

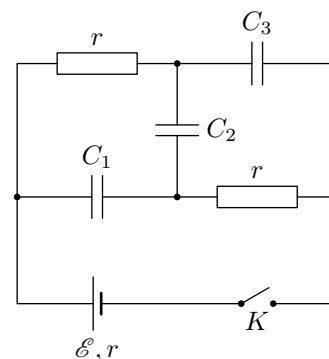


$$\int \mathcal{E} d\mathcal{L} = \mathcal{D} \left(\mathcal{E} : \frac{d\mathcal{L}}{dt} = I \right)$$

ЗАДАЧА 21. (МФТИ, 1995) Батарея с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r включена через ключ K в схему, параметры которой указаны на рисунке. В начальный момент времени ключ K разомкнут, конденсаторы не заряжены. Ключ замыкают.

- 1) Определить начальный ток через батарею.
- 2) Какое количество теплоты выделится во всей схеме после замыкания ключа?

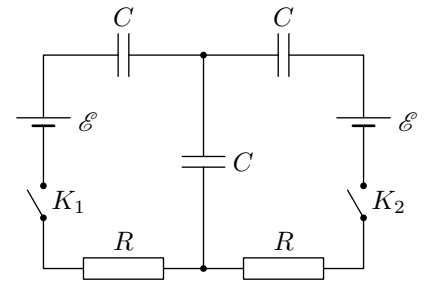
$$\int \mathcal{E} d\mathcal{L} = \mathcal{D} \left(\mathcal{E} : \frac{d\mathcal{L}}{dt} = I \right)$$



ЗАДАЧА 22. (МФТИ, 1995) Две батареи с ЭДС \mathcal{E} каждая включены в схему, параметры которой указаны на рисунке. В начальный момент ключи K_1 и K_2 разомкнуты, конденсаторы не заряжены. Ключи одновременно замыкают.

- 1) Найти начальный ток через батареи.
- 2) Какое количество теплоты выделится во всей схеме после замыкания ключей?

Внутренним сопротивлением батарей пренебречь.

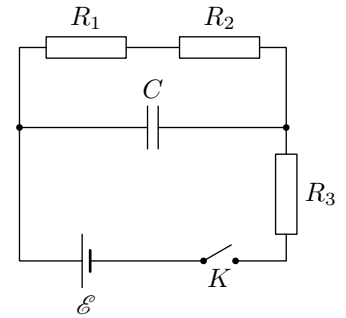


$$\boxed{I = \frac{\mathcal{E}}{2R} \quad Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2R}} \quad (1)$$

ЗАДАЧА 23. (МФТИ, 1997) В электрической схеме (см. рисунок) в начальный момент ключ K замкнут.

- 1) Какое количество тепла выделится в цепи после размыкания ключа?
- 2) Какое количество тепла выделится на резисторах R_1 , R_2 и R_3 ?

Сопротивления R_1 , R_2 , R_3 , ёмкость конденсатора C и ЭДС батареи \mathcal{E} считать заданными. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



$$\boxed{Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \right)^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \right)^2} \quad (1)$$

ЗАДАЧА 24. (МФТИ, 1997) В электрической схеме (см. рисунок) в начальный момент ключ K замкнут. После размыкания ключа на резисторе R_1 выделяется тепло Q_1 .

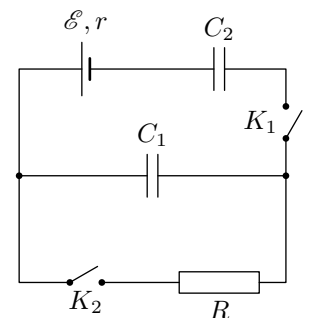
- 1) Какое количество тепла выделится на резисторе R_2 ?
- 2) Чему равна ЭДС батареи \mathcal{E} ?

Сопротивления R_1 , R_2 , R_3 и ёмкость конденсатора C известны.

$$\boxed{Q_2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)^2 \quad \mathcal{E} = \frac{Q_1}{C} \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)}{R_1^2}} \quad (1)}$$

ЗАДАЧА 25. (МФТИ, 1999) В схеме, изображённой на рисунке, при разомкнутых ключах K_1 и K_2 конденсаторы с ёмкостями C_1 и C_2 не заряжены. ЭДС батареи \mathcal{E} , внутреннее сопротивление — r . Сначала замыкают ключ K_1 , а после установления стационарного состояния в схеме замыкают ключ K_2 .

- 1) Чему равен ток через батарею сразу после замыкания ключа K_1 ?
- 2) Какое количество теплоты выделится во всей схеме после замыкания ключа K_2 ?

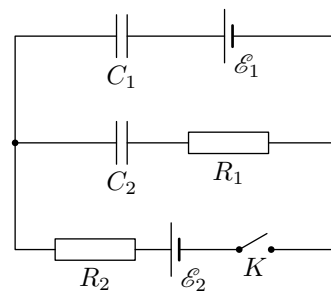


$$\boxed{I = \frac{\mathcal{E}}{r} \quad Q = \frac{C_1 C_2 \mathcal{E}^2}{2(C_1 + C_2)} \quad (1)}$$

ЗАДАЧА 26. (МФТИ, 2003) В электрической схеме, представленной на рисунке, ключ K разомкнут. ЭДС батарей равны \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 . Ёмкости конденсаторов — $C_1 = C_2 = C$.

- 1) Найти заряд, протекший через батарею с ЭДС \mathcal{E}_2 после замыкания ключа K .
- 2) Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа K ?

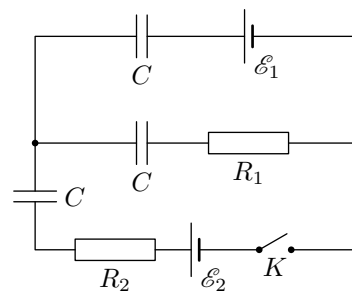
$$\frac{1}{2}(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)C = Q \quad (\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2) \quad (1)$$



ЗАДАЧА 27. (МФТИ, 2003) В электрической схеме, представленной на рисунке, ключ K разомкнут. ЭДС батарей связаны условием $\mathcal{E}_1 \neq 2\mathcal{E}_2$. После замыкания ключа K батарея с ЭДС \mathcal{E}_1 совершила работу A .

- 1) Найти ёмкости конденсаторов C .
- 2) Найти работу батареи с ЭДС \mathcal{E}_2 после замыкания ключа K .

$$\frac{1}{2} \mathcal{E}_1 A = \mathcal{E}_2 Q \quad (\mathcal{E}_1 > 2\mathcal{E}_2) \quad (1)$$



ЗАДАЧА 28. («Курчатов», 2014, 10) Плоский конденсатор ёмкостью $C = 22$ пФ, резистор с сопротивлением $R = 10$ МОм и идеальный источник напряжения номиналом $U = 100$ В соединены последовательно. Расстояние между обкладками быстро уменьшают в $n = 2$ раза. Найдите тепло Q , которое выделится после этого на резисторе.

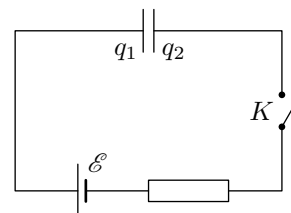
$$Q = \frac{U^2 C}{2(n-1)} = Q \quad (1)$$

ЗАДАЧА 29. (МФТИ, 2004) В схеме, представленной на рисунке, две одинаковые проводящие пластины с площадью S расположены на малом расстоянии d . Пластины положительно заряжены: на левой — заряд q_1 , на правой — заряд q_2 . Ключ K замыкают.

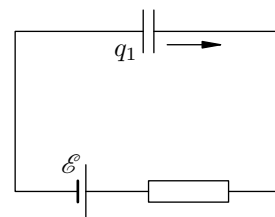
- 1) Найти заряды на пластинах после установления равновесного состояния.
- 2) Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа K ?

ЭДС батареи равна \mathcal{E} . Считать, что до и после замыкания ключа заряды (по модулю) проводов, резистора и источника пренебрежимо малы.

$$\frac{pS^2 \mathcal{E}}{2((1-b)-2b)p + 2S^2 \mathcal{E}^2} = Q \quad (\mathcal{E} > \frac{p}{2S^2 \mathcal{E}^2} - \frac{\mathcal{E}}{2b+1b} = \frac{\mathcal{E}}{2S^2 \mathcal{E}^2} + \frac{\mathcal{E}}{2b+1b} = \frac{1}{b}) \quad (1)$$



Задача 30. (МФТИ, 2004) В схеме, представленной на рисунке, батарея с постоянной ЭДС \mathcal{E} подключена через резистор к двум одинаковым проводящим пластинам площадью S и малым расстоянием d между ними. Обе пластины положительно заряжены, причём на левой пластине находится заряд q_1 , а на правой — некоторый неизвестный заряд. Правую пластину быстро смещают на расстояние d вправо (заряды пластин за время перемещения не изменяются).

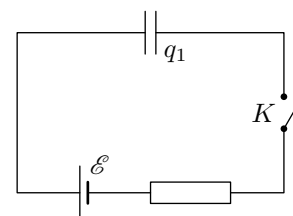


- 1) Найти заряды пластин после установления равновесия.
- 2) Какое количество теплоты выделится в цепи после перемещения пластины к моменту установления равновесного состояния?

Считать, что до и после смещения пластины заряды (по модулю) проводов, резистора и источника пренебрежимо малы.

$$\frac{pV}{\tau S^0 \varepsilon} = \mathcal{O} \left(\tau : \frac{p\tau}{S^0 \varepsilon} + \tau b = \tau b : \frac{p\tau}{S^0 \varepsilon} + \tau b = \tau b \right) (1)$$

Задача 31. (МФТИ, 2004) В электрической схеме, представленной на рисунке, две одинаковые проводящие пластины с площадью S расположены на малом расстоянии d друг от друга. Обе пластины заряжены, причём на правой находится положительный заряд q_1 . Ключ K замыкают.

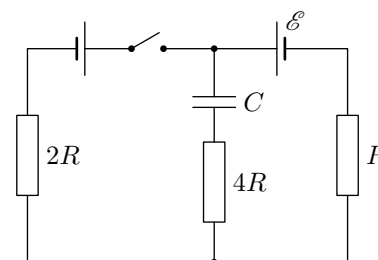


- 1) Найти начальный заряд левой пластины, если после замыкания ключа K батарея совершила работу A .
- 2) Какое количество теплоты выделилось в цепи после замыкания ключа K ?

ЭДС батареи равна \mathcal{E} . Считать, что до и после замыкания ключа заряды (по модулю) проводов, резистора и источника пренебрежимо малы.

$$\frac{\tau S^0 \varepsilon \tau}{p \tau V} = \mathcal{O} \left(\tau : \frac{p}{S^0 \varepsilon \tau} + \frac{\tau}{V \tau} - \tau b = \tau b \right) (1)$$

Задача 32. («Физтех», 2013) В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, известные параметры элементов указаны на рисунке, неизвестная ЭДС больше \mathcal{E} . Ключ замыкают и дожидаются установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное $\frac{1}{72} C \mathcal{E}^2$.

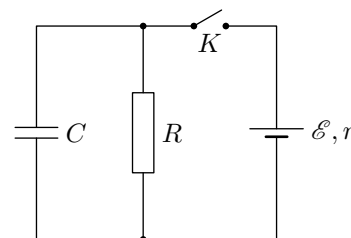


- 1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе $4R$ после размыкания ключа?

2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

$$\frac{49}{8} = I \left(\tau : \tau S^0 C \frac{06}{1} = 4R \mathcal{O} \right) (1)$$

ЗАДАЧА 33. (МФТИ, 2008) Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r , конденсатора ёмкостью C и резистора сопротивлением $R = 4r$ (см. рисунок). Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают. После размыкания ключа в схеме выделилось количество теплоты Q .

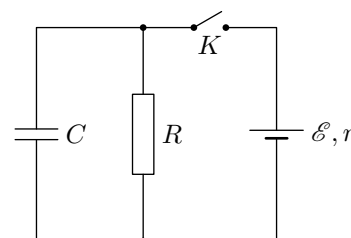


1) Найдите ток, текущий через источник непосредственно перед размыканием ключа.

2) Найдите ток, текущий через конденсатор в этот же момент.

$$\frac{\partial}{\partial z} \Lambda^{\frac{4r}{\mathcal{E}}} - \frac{1}{\mathcal{E}} = \mathcal{O}I \quad (z : \frac{\partial}{\partial z} \Lambda^{\frac{4}{1}} - \frac{1}{\mathcal{E}} = \mathcal{O}I \quad (1$$

ЗАДАЧА 34. (МФТИ, 2008) Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r , конденсатора ёмкостью C и резистора сопротивлением $R = 5r$ (см. рисунок). Ключ K замыкают, а затем размыкают в момент, когда токи через конденсатор и резистор сравниваются по величине.

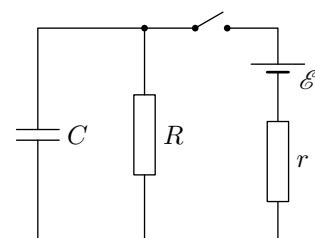


1) Какую мгновенную мощность развивает источник непосредственно перед размыканием ключа?

2) Какое количество теплоты выделится в схеме после размыкания ключа?

$$\tau \mathcal{E} \mathcal{O} \frac{86}{\mathcal{E} z} = \partial \quad (z : \frac{1}{z} \frac{1}{\mathcal{E} z} = d \quad (1$$

ЗАДАЧА 35. («Физтех», 2011) В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ замыкают на некоторое время, а затем размыкают. Оказалось, что величина тока через конденсатор непосредственно перед размыканием ключа в три раза больше, чем сразу после размыкания.



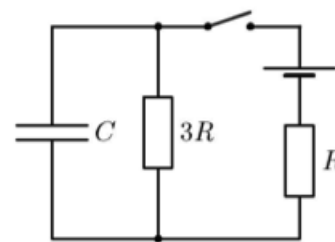
1) Найдите ток через конденсатор сразу после замыкания ключа.

2) Найдите напряжение на конденсаторе сразу после размыкания ключа.

3) Какое количество теплоты выделилось в цепи после размыкания ключа?

$$\left(\frac{1+r}{R} \right) \frac{z}{C} = \partial \quad (z : \frac{1+r}{R} = \mathcal{O}I \quad (z : \frac{1}{\mathcal{E}} = \mathcal{O}I \quad (1$$

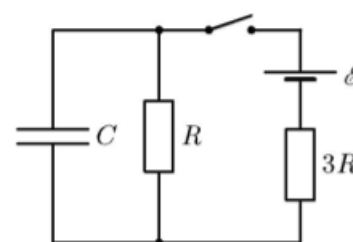
ЗАДАЧА 36. («Физтех», 2015, 11) В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. Сразу после замыкания ключа ток через конденсатор равен I_0 . Сразу после размыкания ключа ток через конденсатор равен $I_0/5$.



- 1) Найдите ЭДС источника.
- 2) Найдите количество теплоты, которое выделится в цепи после размыкания ключа.
- 3) Найдите ток, текущий через источник непосредственно перед размыканием ключа.

$$I_0 \frac{\varepsilon}{2} = I (\varepsilon ; \tau \mathcal{E} I_0 \frac{\varepsilon}{6} = \mathcal{D} (\tau ; \mathcal{E} I_0 = \mathcal{D} (I$$

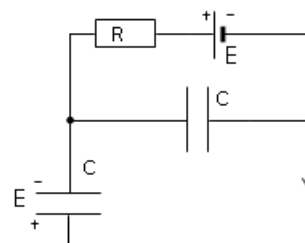
ЗАДАЧА 37. («Физтех», 2015, 11) В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. За время, пока ключ был замкнут, через резистор R протёк заряд q_0 . После размыкания ключа через тот же резистор протёк заряд $q_0/2$.



- 1) Найдите ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найдите количество теплоты, которое выделилось в цепи после размыкания ключа.
- 3) Найдите количество теплоты, которое выделилось в цепи при замкнутом ключе.

$$\frac{\mathcal{D}\mathcal{E}}{q_0} - \mathcal{D} \mathcal{E} \frac{\tau}{2} = \tau \mathcal{D} (\varepsilon ; \frac{\mathcal{D}\mathcal{E}}{q_0} = \tau \mathcal{D} (\tau ; \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{D}} = \mathcal{D} I (I$$

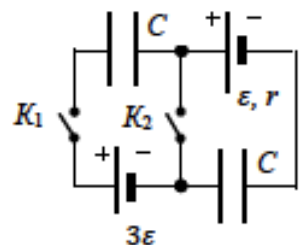
ЗАДАЧА 38. («Физтех», 2014, 11) Определите количество теплоты, которое выделится на резисторе после замыкания ключа. Изначально конденсатор в ветви ключа заряжен до напряжения E в полярности, указанной на рисунке. ЭДС источника $E = 50$ В. Ёмкости $C = 10$ мкФ. Источник идеальный.



$$25 \text{ мДж}$$

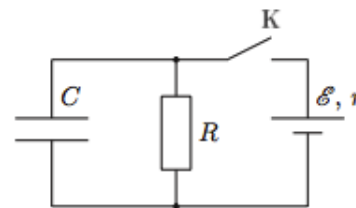
ЗАДАЧА 39. (МОШ, 2017, 11) В электрической цепи, схема которой приведена на рисунке, изначально ключи разомкнуты, а конденсаторы не заряжены. $C = 1$ мкФ, $\mathcal{E} = 2$ В.

- 1) Определите напряжения на конденсаторах через большое время после замыкания ключа K_1 .
- 2) Определите количество теплоты Q , которое выделится на внутреннем сопротивлении источника \mathcal{E} , если через большое время после замыкания ключа K_1 замкнуть ключ K_2 .
- 3) Определите разность потенциалов на контактах ключа K_2 перед его замыканием.
- 4) Определите величину заряда, протекшего через ключ K_2 после его замыкания. Внутренним сопротивлением источника $3\mathcal{E}$ можно пренебречь.



$$(1) U_1 = \mathcal{E} = 2 \text{ В}; (2) Q = 8 \text{ мкДж}; (3) U = 3\mathcal{E} = 6 \text{ В}; (4) q = 4C\mathcal{E} = 8 \text{ мкКл}$$

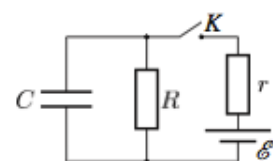
ЗАДАЧА 40. (Всеросс., 2013, РЭ, 11) Электрическая цепь (см. рисунок) состоит из конденсатора ёмкостью $C = 125 \text{ мкФ}$, резистора R , сопротивление которого неизвестно, источника постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E} = 70 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = R/2$. Вначале конденсатор не заряжен, ток отсутствует. Ключ K замыкают и через некоторое время размыкают. Оказалось, что сразу после размыкания ключа сила тока, текущего через конденсатор, в два раза больше силы тока, текущего через конденсатор непосредственно перед размыканием ключа. Найдите количество теплоты, которое выделилось в цепи после размыкания ключа K .



$$\int_{0}^{\infty} I^2 r dt = \frac{C \mathcal{E}^2}{8} = Q$$

ЗАДАЧА 41. (Всеросс., 2010, РЭ, 11) Электрическая схема (см. рисунок) состоит из источника постоянного тока с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r , конденсатора ёмкостью C и резистора R . В начальный момент конденсатор не заряжен.

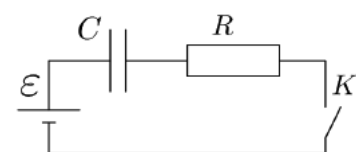
Ключ K в схеме сначала замыкают, а затем размыкают в тот момент, когда скорость изменения энергии, запасённой в конденсаторе, достигает максимума. Какое количество теплоты выделится в схеме после размыкания ключа?



$$\left(\frac{r+R}{R} \right) \frac{C \mathcal{E}^2}{4} = Q$$

ЗАДАЧА 42. (Всеросс., 2017, РЭ, 11) В электрической цепи (рис.) все элементы можно считать идеальными. Конденсатор ёмкостью C не заряжен. ЭДС батареи задана. Ключ K замыкают, а затем размыкают в тот момент, когда скорость изменения энергии, запасённой в конденсаторе, составляет 75% от максимальной.

Найдите количество теплоты, выделившееся в цепи при замкнутом ключе.

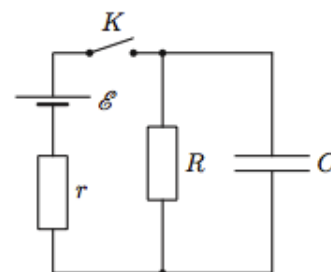


$$\frac{C \mathcal{E}^2}{2} = Q \quad \frac{C \mathcal{E}^2}{4} = Q$$

ЗАДАЧА 43. (Всеросс., 2013, финал, 10) В схеме (см. рисунок) все элементы можно считать идеальными. ЭДС источника $\mathcal{E} = 4,0 \text{ В}$, сопротивления резисторов $r = 50 \text{ кОм}$, $R = 150 \text{ кОм}$, ёмкость конденсатора $C = 2,0 \text{ мФ}$. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ замыкают на некоторое время, а затем размыкают. За время, пока ключ был замкнут, в схеме выделилось количество теплоты $Q_1 = 7,43 \text{ мДж}$, а после размыкания ключа в схеме выделилось количество теплоты $Q_2 = 1,00 \text{ мДж}$.

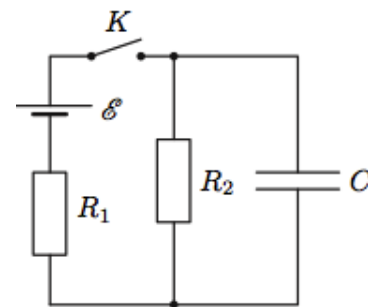
1) Какой заряд протёк через резистор R , пока ключ был замкнут?

2) На какое время замкнули ключ?



$$Q_1 = \frac{C \mathcal{E}^2}{4} - \frac{C \mathcal{E}^2}{(r+R)(r+R)} = \frac{C \mathcal{E}^2}{4} - \frac{C \mathcal{E}^2}{r+R} = Q_2$$

ЗАДАЧА 44. (Всеросс., 2016, финал, 10) В электрической цепи (см. рисунок) все элементы можно считать идеальными. Вначале конденсатор ёмкостью C не заряжен. Ключ K замыкают, а затем, когда скорость изменения энергии в конденсаторе достигает максимума — размыкают.

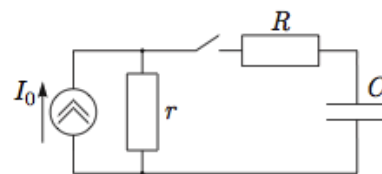


1) Найдите мощность N , которую развил источник постоянного напряжения к моменту размыкания ключа.

2) Пусть сопротивления резисторов равны $R_1 = R_2 = R$. В этом случае скорость изменения энергии в конденсаторе достигает максимума через время $t_0 = CR \ln \sqrt{2}$ (это время можно найти, решая соответствующее дифференциальное уравнение, которое вам решать не нужно). Определите количество теплоты Q , которое выделится в цепи при замкнутом ключе K .

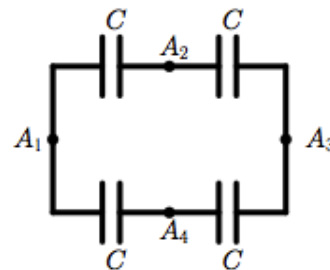
$$\left(\frac{r}{\mathcal{E}} + \frac{r}{\mathcal{E}}\right) \frac{v}{\mathcal{E}C} = \partial \left(\frac{r}{\mathcal{E}} + \frac{r}{\mathcal{E}}\right) \frac{v}{\mathcal{E}C} = N \quad (1)$$

ЗАДАЧА 45. (Всеросс., 2014, финал, 10) Стабилизированный источник тока способен выдавать постоянный ток I_0 независимо от подключённой к нему нагрузки. Источник включён в цепь, показанную на рисунке. Все элементы цепи можно считать идеальными, их параметры указаны на рисунке. До замыкания ключа конденсатор не был заряжен. В некоторый момент времени ключ замкнули. Какое количество теплоты Q выделилось на резисторе R после замыкания ключа?



$$\frac{(r+R)C}{r} I_0 = \partial$$

ЗАДАЧА 46. (МОШ, 2015, 11) На рисунке изображена схема электрической цепи, составленной из четырёх первоначально незаряженных конденсаторов ёмкости C . Сначала к точкам A_1 и A_3 подключили батарейку с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r . Когда ток через батарейку стал пренебрежимо малым, батарейку отключили, а к точкам A_1 и A_2 подключили резистор R , который также отключили, когда ток через него стал пренебрежимо мал. Найдите электрические заряды на каждой из пластин конденсаторов:

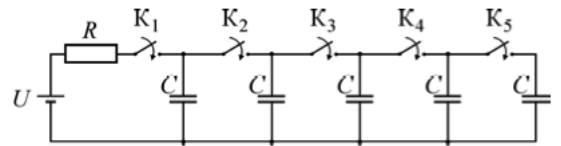


- после отключения батарейки;
- после отключения резистора.
- Каким был максимальный электрический ток через резистор в данном процессе?
- Какое количество теплоты выделилось на резисторе?

Получите ответы в виде общих формул и в частном случае $\mathcal{E} = 6$ В, $r = 1$ Ом, $C = 1$ мФ, $R = 1$ кОм.

См. конец листка

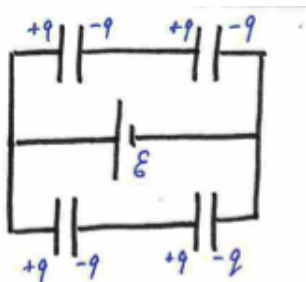
Задача 47. (МОШ, 2014, 10) В цепи, схема которой изображена на рисунке, по очереди замыкают ключи $K_1 - K_5$, выжидая каждый раз достаточно длительное время до окончания процессов зарядки конденсаторов. Во сколько раз отличаются количества теплоты, выделившиеся в резисторе R после замыкания ключа K_1 и ключа K_5 ? До его замыкания все остальные ключи уже были замкнуты. Сопротивления всех проводов и источника тока пренебрежимо малы.



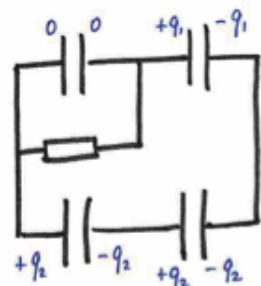
В 5 раз

Ответ к задаче 46

(а) $q = C\mathcal{E}/2 = 3$ мкКл (см. рисунок).



(б) $q_1 = 2C\mathcal{E}/3 = 4$ мкКл, $q_2 = C\mathcal{E}/3 = 2$ мкКл (см. рисунок).



(в) $I_{\max} = \frac{\mathcal{E}}{2R} = 3$ мА.

(г) $Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{6} = 6$ мДж.