

Соединения конденсаторов

Содержание

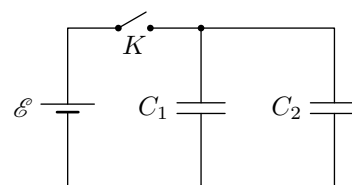
1	Всероссийская олимпиада школьников по физике	3
2	Московская олимпиада школьников по физике	4
3	МФТИ и «Физтех»	4
4	«Росатом»	6
5	«Покори Воробьёвы горы!»	7

ЗАДАЧА 1. Конденсатор ёмкостью C заряжен до напряжения U . Конденсатор ёмкостью $2C$ заряжен до напряжения $3U$. Обкладки первого конденсатора соединяют с обкладками второго. Найдите напряжение, которое установится на конденсаторах, если

- 1) соединены одноимённо заряженные обкладки;
- 2) соединены разноимённо заряженные обкладки.

$$\frac{q_1}{C} = \frac{q_2}{2C} \quad (\text{или } \frac{q_1}{C} = \frac{q_2}{2C} = \frac{q}{3C})$$

ЗАДАЧА 2. Два конденсатора ёмкостями C_1 и C_2 соединены параллельно и подключены через ключ K к источнику постоянного тока с ЭДС \mathcal{E} (см. рисунок). Вначале ключ разомкнут и конденсаторы не заряжены. Ключ замыкают.

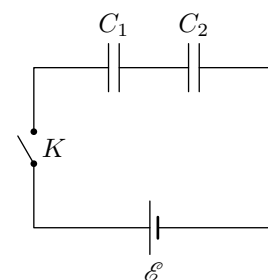


- 1) Какие заряды установились на конденсаторах после замыкания ключа?
- 2) Какой заряд прошёл через источник?
- 3) Чему равна ёмкость данной системы конденсаторов?

Примечание. Если на систему конденсаторов подано напряжение U и при этом через источник прошёл заряд q , то ёмкостью системы конденсаторов называется величина $C = q/U$.

$$\frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = \frac{q}{C} \quad (\text{или } \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = \frac{q}{C} = \frac{q}{C})$$

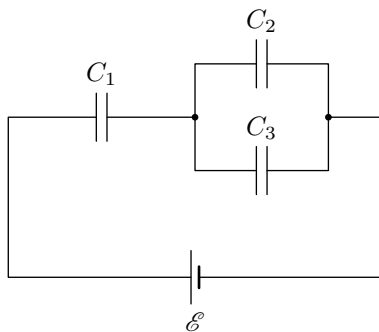
ЗАДАЧА 3. Два конденсатора ёмкостями C_1 и C_2 соединены последовательно и подключены через ключ K к источнику постоянного тока с ЭДС \mathcal{E} (см. рисунок). Вначале ключ разомкнут и конденсаторы не заряжены. Ключ замыкают.



- 1) Какие заряды установились на конденсаторах после замыкания ключа?
- 2) Какой заряд q прошёл через источник?
- 3) Чему равна ёмкость данной системы конденсаторов?

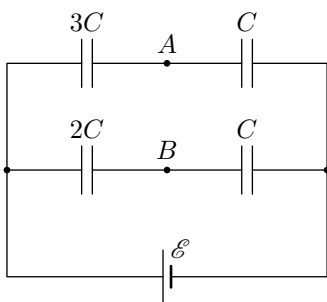
$$\frac{q}{C_1} = \frac{q}{C_2} = \frac{q}{C} \quad (\text{или } \frac{q}{C_1} = \frac{q}{C_2} = \frac{q}{C} = \frac{q}{C})$$

ЗАДАЧА 4. Найдите заряд каждого из конденсаторов. Параметры схемы указаны на рисунке.



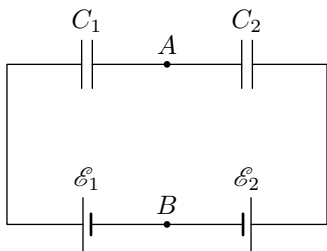
$$\frac{\varepsilon C_2 + \varepsilon C_3 + I_0}{\varepsilon C_1 C_2} = \varepsilon b ; \frac{\varepsilon C_2 + \varepsilon C_3 + I_0}{\varepsilon C_1 C_2} = \varepsilon b ; \frac{\varepsilon C_2 + \varepsilon C_3 + I_0}{(\varepsilon C_2 + \varepsilon C_3) C_1} = I_0$$

ЗАДАЧА 5. В схеме, изображённой на рисунке, найдите разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_B$.



$$\frac{\varepsilon I}{\varphi} = \varepsilon \phi - \varepsilon \psi$$

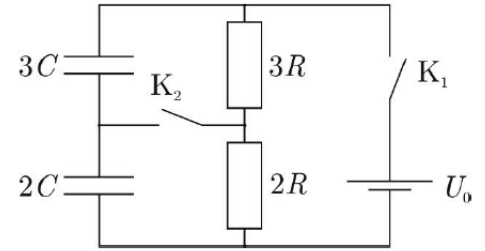
ЗАДАЧА 6. В схеме, изображённой на рисунке, найдите разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_B$.



$$\frac{\varepsilon C_2 + I_0}{\varepsilon C_1 C_2} = \varepsilon \phi - \varepsilon \psi$$

1 Всероссийская олимпиада школьников по физике

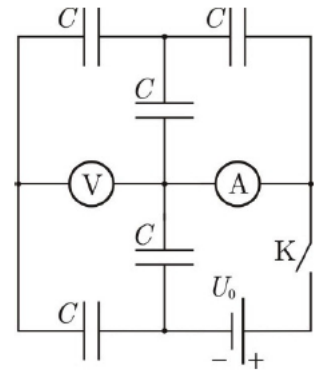
ЗАДАЧА 7. (Всеросс., 2016, ШЭ, 11) В цепи, схема которой показана на рисунке, в начальный момент времени конденсаторы не заряжены, а ключи разомкнуты. Сначала замыкают ключ K_1 , а затем спустя некоторое время замыкают ключ K_2 , после чего ждут достаточно долго. Определите, какой заряд в результате протёк через ключ K_2 . Все параметры, указанные на схеме, известны. Источник напряжения идеальный.



$$q_{K_2} = b$$

ЗАДАЧА 8. (Всеросс., 2016, МЭ, 11) На рисунке изображена схема электрической цепи, состоящей из источника постоянного напряжения U_0 , конденсаторов ёмкостью C , идеального вольтметра и идеального амперметра. В начальный момент времени ключ K разомкнут, а конденсаторы не заряжены. Ключ K замыкают и ждут до зарядки конденсаторов. Определите, чему будут равны следующие величины:

- 1) показания вольтметра U_V ;
- 2) заряд q , который протёк через амперметр;
- 3) суммарная энергия W , которая запасена во всех конденсаторах.

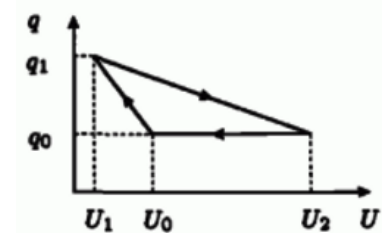
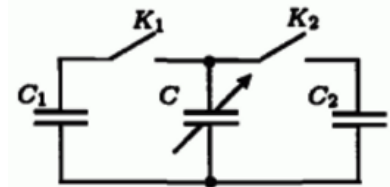


$$U_V = \frac{U_0}{2}, \quad q = \frac{C U_0}{2}, \quad W = \frac{C U_0^2}{4}$$

ЗАДАЧА 9. (Всеросс., 2003, ОЭ, 10) Из конденсатора переменной ёмкости C и конденсаторов постоянных ёмкостей C_1 и C_2 собрана цепь (рис. сверху). Производятся следующие действия:

- 1) Замыкают ключ K_1 и изменяют ёмкость конденсатора C .
- 2) Размыкают ключ K_1 , замыкают ключ K_2 и изменяют ёмкость конденсатора C .
- 3) Размыкают ключ K_2 и изменяют ёмкость конденсатора C .

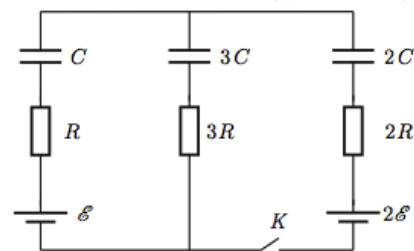
На графике (рис. снизу) изображена зависимость заряда q на конденсаторе C от разности потенциалов U на нём. Начальные заряд и разность потенциалов на этом конденсаторе q_0 и U_0 , промежуточные q_1 и U_1 , $q_2 = q_0$ и U_2 известны. Найдите ёмкости конденсаторов C_1 и C_2 , начальные и конечные разности потенциалов на них, а также изменение энергии системы конденсаторов C_1 и C_2 в описанном процессе.



$$C_1 = \frac{q_1 - q_0}{U_1 - U_0}, \quad C_2 = \frac{q_0}{U_2 - U_0}$$

Задача 10. (Всеросс., 2014, РЭ, 11) Параметры электрической цепи указаны на схеме (см. рисунок). Вначале ключ K разомкнут.

- 1) Определите напряжение на конденсаторе ёмкостью C .
- 2) Определите силу тока, который потечёт через резистор сопротивлением $3R$ сразу после замыкания ключа K .
- 3) Какое напряжение установится на конденсаторе ёмкостью C после того, как переходные процессы в цепи завершатся?



$$\mathcal{I}_1^9 = \Omega \left(\varepsilon : \frac{4R}{3} = 0 \right) \left(\tau : \mathcal{I}_2^7 = 0 \right) \left(\varepsilon : \mathcal{I}_3^7 = 0 \right) \left(\Omega \right)$$

2 Московская олимпиада школьников по физике

Задача 11. (МОШ, 2014, 11) Школьник Вася проводит опыты с конденсаторами. Когда Вася подключил цепь из трёх последовательно соединённых конденсаторов к источнику напряжения, он обнаружил, что на первом конденсаторе напряжение составляет 2 В, на втором конденсаторе — 3 В, на третьем конденсаторе — 4 В.

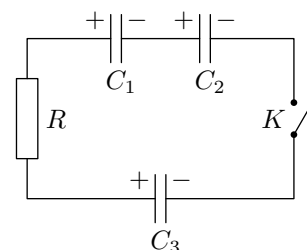
- А) Укажите номер конденсатора с наименьшей электрической ёмкостью.
- В) Школьник Вася разобрал электрическую цепь и подсоединил к батарейке цепь, состоящую из конденсаторов 1 и 2, соединённых последовательно. Каким будет напряжение на конденсаторе 1? Ответ выразите в вольтах и округлите до второй значащей цифры.
- С) Школьник Вася разобрал электрическую цепь и подсоединил к батарейке цепь, состоящую из конденсаторов 1 и 2, соединённых последовательно. Каким будет напряжение на конденсаторе 2? Ответ выразите в вольтах и округлите до второй значащей цифры.
- Д) Школьник Вася разобрал электрическую цепь и подсоединил к батарейке цепь, состоящую из конденсаторов 1 и 2, соединённых параллельно. Каким будет напряжение на конденсаторе 1? Ответ выразите в вольтах и округлите до второй значащей цифры.
- Е) Школьник Вася разобрал электрическую цепь и подсоединил к батарейке цепь, состоящую из конденсаторов 1 и 2, соединённых параллельно. Каким будет напряжение на конденсаторе 2? Ответ выразите в вольтах и округлите до второй значащей цифры.

$$\text{A) } 3; \text{ B) } 3,6; \text{ C) } 5,4; \text{ D) } 9; \text{ E) } 6$$

3 МФТИ и «Физтех»

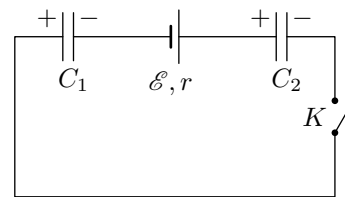
Задача 12. (МФТИ, 1994) Три конденсатора с ёмкостями $C_1 = C_0$, $C_2 = 2C_0$ и $C_3 = 3C_0$, каждый из которых заряжен от батареи с ЭДС \mathcal{E} , и резистор сопротивлением R включены в схему, изображённую на рисунке.

- 1) Чему равен ток в цепи сразу после замыкания ключа?
- 2) Какая разность потенциалов установится на конденсаторе C_3 ?



$$\mathcal{I}_1^{\text{II}} = \varepsilon \Omega \left(\tau : \frac{R}{3} = I \right) \left(\Omega \right)$$

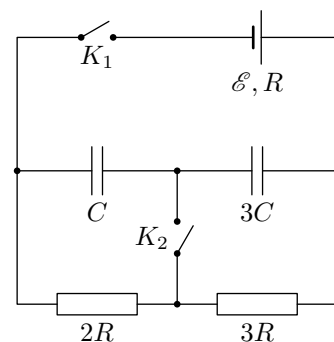
Задача 13. (МФТИ, 1994) В схеме, изображённой на рисунке, при разомкнутом ключе K конденсатор C_1 ёмкостью $2C_0$ заряжен до напряжения $U_1 = 3\mathcal{E}$, а конденсатор C_2 ёмкостью $3C_0$ — до напряжения $U_2 = 4\mathcal{E}$, где \mathcal{E} — ЭДС батареи, внутреннее сопротивление которой равно r .



- 1) Чему будет равен ток в цепи сразу после замыкания ключа K ?
- 2) Какая разность потенциалов установится на конденсаторе C_2 ?

$$\mathcal{I} = \frac{\mathcal{E}}{8} = I \quad \left(\tau = \frac{C}{\mathcal{I}} = I \right)$$

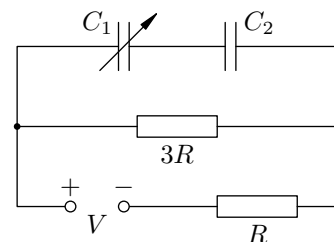
Задача 14. (МФТИ, 1995) В схеме, изображённой на рисунке, ключи K_1 и K_2 разомкнуты, а конденсаторы не заряжены. Ключ K_1 замыкают, оставляя K_2 разомкнутым. В результате на конденсаторе ёмкостью C устанавливается напряжение $V_1 = 15$ В.



- 1) Найди ЭДС \mathcal{E} источника тока.
- 2) Каким станет установившееся напряжение V_2 на конденсаторе ёмкостью C после замыкания ключа K_2 при замкнутом K_1 ?

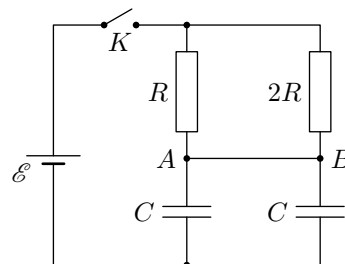
$$\mathcal{E} = 8 \text{ В} \quad \left(V_1 = \frac{15}{8} \mathcal{E} = 15 \text{ В} \right) \quad \left(V_2 = 24 \text{ В} \right)$$

Задача 15. (МФТИ, 1996) На схему (см. рисунок) подано постоянное напряжение $V = 36$ В. В каких пределах можно изменять напряжение на конденсаторе C_1 при медленных изменениях ёмкости в пределах от $C/2$ до $8C$? Ёмкость конденсатора C_2 постоянна и равна C .



$$U_{C_1} = \frac{V}{3} = 12 \text{ В} \quad \left(U_{C_2} = \frac{V}{2} = 18 \text{ В} \right)$$

Задача 16. (МФТИ, 2001) В схеме, изображённой на рисунке, в начальный момент ключ K разомкнут, а конденсаторы не заряжены. Какой заряд протечёт через перемычку AB после замыкания ключа K ? Сопротивлением перемычки пренебrecь. Параметры схемы указаны на рисунке.

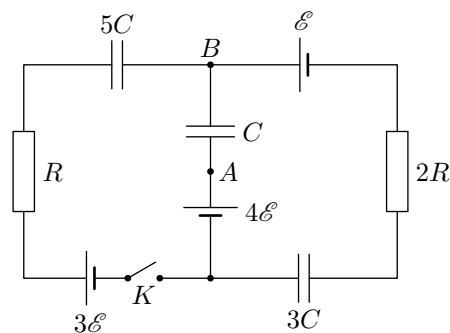


$$Q = \frac{\mathcal{E}}{2} = b$$

Задача 17. (МФТИ, 2007) В электрической цепи, собранной из резисторов, батарей и первоначально незаряженных конденсаторов, все возникшие после соединения процессы перезарядки закончились. Все элементы можно считать идеальными, их параметры указаны на рисунке.

1) Найдите разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_B$ в установившемся режиме при разомкнутом ключе K .

2) Найдите (с указанием направления) ток через резистор с сопротивлением R сразу после замыкания ключа K .

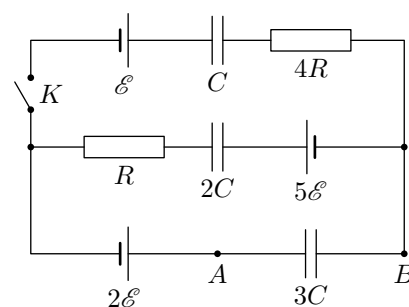


$$\left(\text{хдэая} \right) \frac{\mathcal{U}}{\mathcal{E}} = I \left(\tau : \mathcal{E} \frac{\mathcal{U}}{6} = \mathcal{A} \phi - \nu \phi \right) \text{ (I)}$$

Задача 18. (МФТИ, 2007) В электрической цепи, собранной из резисторов, батарей и первоначально незаряженных конденсаторов, все возникшие после соединения процессы перезарядки закончились. Все элементы можно считать идеальными, их параметры указаны на рисунке.

1) Найдите разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_B$ в установившемся режиме при разомкнутом ключе K .

2) Найдите (с указанием направления) ток через резистор с сопротивлением $4R$ сразу после замыкания ключа K .

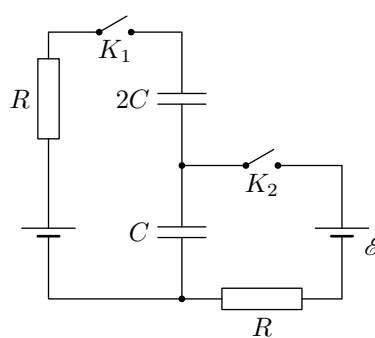


$$\left(\text{эина} \right) \frac{\mathcal{U}}{\mathcal{E}} = I \left(\tau : \mathcal{E} \frac{\mathcal{U}}{4} = \mathcal{A} \phi - \nu \phi \right) \text{ (I)}$$

Задача 19. («Физтех», 2009) В схеме, изображённой на рисунке, в начальный момент конденсаторы не заряжены. Параметры элементов указаны на рисунке. Сначала замыкают ключ K_1 и ждут установившегося режима. Затем замыкают ключ K_2 , причём ток через него сразу после этого оказался равным \mathcal{E}/R и направленным слева направо.

1) Найдите ЭДС левой батареи.

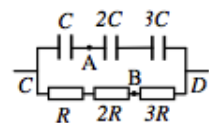
2) Найдите величину заряда, протекшего через ключ K_2 после его замыкания, и укажите направление, в котором протёк заряд.



$$\left(\text{оаядан ааятс} \right) \mathcal{E} \mathcal{C} \left(\tau : \mathcal{E} \right) \text{ (I)}$$

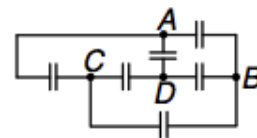
4 «Росатом»

Задача 20. («Росатом», 2012, 11) В схеме, представленной на рисунке, найти разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_B$ между точками A и B. Разность потенциалов между точками C и D известна: $\varphi_C - \varphi_D = \Delta\varphi$, значения сопротивлений и ёмкостей приведены на рисунке.



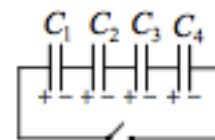
$$\phi \nabla \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{I}} - = \mathcal{A} \phi - \nu \phi$$

ЗАДАЧА 21. («Росатом», 2013, 11) Дана цепь, содержащая 6 конденсаторов. Пять из них одинаковы, а конденсатор между контактами C и D имеет вдвое меньшую ёмкость. К какой паре контактов ($A-B$, $A-C$, $A-D$, $B-C$, $B-D$ или $C-D$) нужно подключить источник напряжения, чтобы хотя бы один из конденсаторов схемы оказался незаряженным? Ответ обосновать.



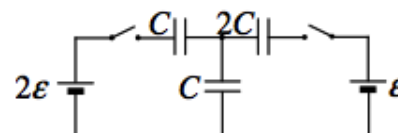
$$A-B \text{ или } B-A$$

ЗАДАЧА 22. («Росатом», 2011, 11) Четыре плоских конденсаторов с ёмкостями $C_1 = C$, $C_2 = 2C$, $C_3 = 3C$, $C_4 = 4C$ ($C = 1 \text{ Ф}$) заряжают до одинакового напряжения $U = 1 \text{ В}$ каждый. Затем все конденсаторы соединяют последовательно («+» одного с «-» соседнего) в замкнутую цепь так, как показано на рисунке. Чему равен заряд левой пластины конденсатора C_1 после установления равновесия?



$$q = 26,0 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} = 26 \text{ нКл}$$

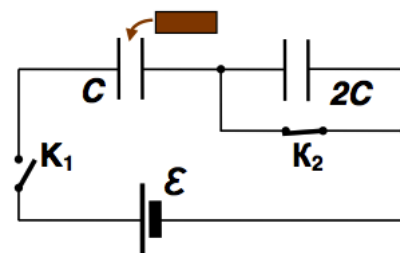
ЗАДАЧА 23. («Росатом», 2012, 10–11) В схеме, изображённой на рисунке, проводят следующий процесс: замыкают правый ключ, а после установления равновесия его размыкают и замыкают левый ключ. Найти напряжение на «среднем» конденсаторе после этого. Чему будет равно напряжение на среднем конденсаторе через очень большое число переключений ключей? Изначально конденсаторы не заряжены. ЭДС источников и ёмкости конденсаторов приведены на рисунке.



$$U = \frac{2}{3} \varepsilon$$

5 «Покори Воробьёвы горы!»

ЗАДАЧА 24. («Покори Воробьёвы горы!», 2018, 10–11) В схеме, показанной на рисунке, конденсаторы изначально разряжены. После замыкания ключа K_1 заряд конденсатора с ёмкостью C стал равен $q = 5 \text{ мкКл}$. Затем ключ K_2 разомкнули, а после этого конденсатор C полностью заполнили диэлектриком с проницаемостью $\varepsilon = 3$. Какой заряд после этого будет на конденсаторе ёмкостью $2C$?



$$q = 10 \text{ мкКл}$$