

10.13. Соединение конденсаторов

10.13.1. Какой емкости C_1 конденсатор следует подключить последовательно к конденсатору емкостью $C_2 = 600$ пФ, чтобы емкость батареи была $C = 120$ пФ?

10.13.2. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения. Внутри одного из них вносят диэлектрик с проницаемостью ϵ , который заполняет все пространство между обкладками. Во сколько раз изменится напряженность электрического поля в этом конденсаторе?

10.13.3. Найдите емкость батареи из трех одинаковых воздушных плоских конденсаторов, соединенных параллельно, если площадь каждой пластины равна $S = 314$ см², а расстояние между ними $d = 1$ мм. Как изменится емкость этой батареи, если между пластинами одного конденсатора поместить слюду ($\epsilon_1 = 7$), а другого — парафин ($\epsilon_2 = 2$)?

10.13.4. Воздушный конденсатор, заряженный до напряжения $U_0 = 800$ В, соединяют параллельно с одинаковым по размерам незаряженным конденсатором, заполненным диэлектриком. При этом напряжение на обкладках конденсатора стало $U_1 = 100$ В. Определите диэлектрическую проницаемость диэлектрика.

10.13.5. Конденсатор емкостью $C_1 = 4$ мкФ, заряженный до напряжения $U_1 = 10$ В, и конденсатор емкостью $C_2 = 6$ мкФ, заряженный до напряжения $U_2 = 20$ В, соединили параллельно разноименными полюсами. Какой заряд окажется на пластинах первого конденсатора после соединения?

• **10.13.6.** Обкладки конденсатора с неизвестной емкостью C_1 , заряженного до разности потенциалов $\Delta\phi_1 = 80$ В, соединяют с обкладками конденсатора емкостью $C_2 = 60$ мкФ, заряженного до разности потенциалов $\Delta\phi_2 = 16$ В. Определите емкость C_1 , если разность потенциалов на конденсаторах после их соединения равна $\Delta\phi = 20$ В, а конденсаторы соединяются обкладками, имеющими: а) одноименные заряды; б) разноименные заряды.

• **10.13.7.** До замыкания ключа K два конденсатора емкостями $C_1 = 1$ мкФ и $C_2 = 2$ мкФ были заряжены до напряжений $U_1 = 400$ В и $U_2 = 100$ В соответственно (рис. 10.13.1). Какая энергия Q выделится на резисторе R после замыкания ключа?

10.13.8. Конденсатор емкостью $C_1 = 3$ мкФ, заряженный до разности потенциалов $\Delta\phi_1 = 300$ В, и другой конденсатор емкостью $C_2 = 2$ мкФ,

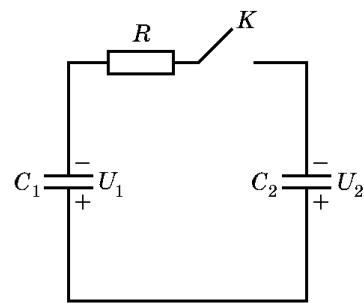


Рис. 10.13.1

заряженный до $\Delta\phi_2 = 200$ В, соединили одноименными полюсами. Какое количество теплоты Q выделится при этом?

10.13.9. Пять одинаковых конденсаторов соединены параллельно друг с другом в батарею. Во сколько раз емкость этой батареи превышает емкость отдельного конденсатора?

10.13.10. Четыре одинаковых конденсатора емкостью $C = 800$ мкФ каждый соединяют различными способами (рис. 10.13.2). Определите емкость системы конденсаторов в каждом случае.

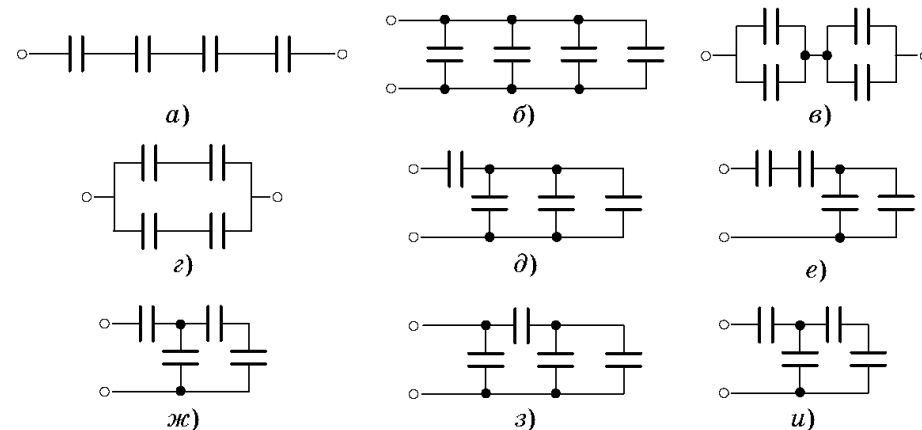


Рис. 10.13.2

10.13.11. Найдите емкость батареи конденсаторов между точками A и B , которая показана на рисунке 10.13.3, если $C = 2$ мкФ.

10.13.12. Найдите емкость батареи конденсаторов, показанной на рисунке 10.13.4, если $C_1 = 2$ мкФ, $C_2 = C_3 = 4$ мкФ.

10.13.13. Найдите емкость батареи конденсаторов между точками A и B , которая показана на рисунке 10.13.5, если $C = 26$ пФ.

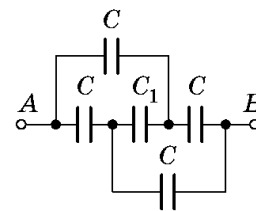


Рис. 10.13.3

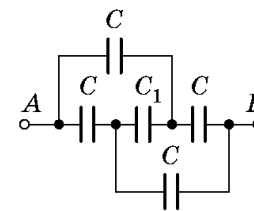


Рис. 10.13.4

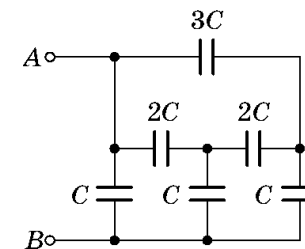


Рис. 10.13.5

10.13.14. Найдите емкость батареи конденсаторов между точками A и B , которая показана на рисунке 10.13.6, если $C = 5$ мкФ.

• **10.13.15.** Определите емкость бесконечно длинной системы одинаковых конденсаторов емкостью C , соединенных друг с другом, как показано на рисунке 10.13.7.

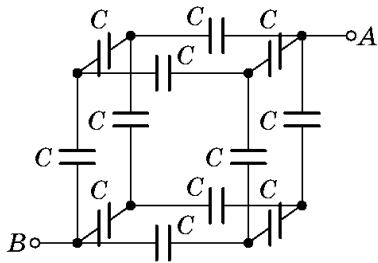


Рис. 10.13.6

10.13.16. Как изменятся заряд и разность потенциалов на обкладках конденсатора C_3 (рис. 10.13.8) при пробое (коротком замыкании) конденсатора C_2 ? Во сколько раз?

10.13.17. Три источника ЭДС ($\mathcal{E}_1 = 6$ кВ, $\mathcal{E}_2 = 3$ кВ и $\mathcal{E}_3 = 2$ кВ) и три конденсатора ($C_1 = 3$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ и $C_3 = 1$ мкФ) соединяют между собой последовательно в замкнутую цепь, чередуя друг с другом (рис. 10.13.9). Найдите напряжение на каждом конденсаторе.

• **10.13.18.** Определите разность потенциалов между точками A и B в схеме, изображенной на рисунке 10.13.10, если емкости конденсаторов $C_1 = 10$ пФ, $C_2 = 20$ пФ, $C_3 = 30$ пФ, $C_4 = 40$ пФ, а ЭДС источника тока $\mathcal{E} = 10$ В.

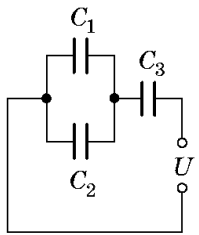


Рис. 10.13.8

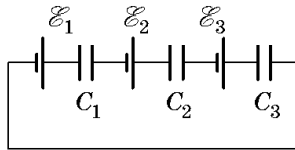


Рис. 10.13.9

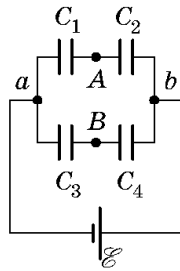


Рис. 10.13.10

10.13.19. Определите разность потенциалов между точками A и B в схеме, изображенной на рисунке 10.13.11. Значения емкостей конденсаторов C_1, C_2 и ЭДС $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ источников известны.

10.13.20. Четыре конденсатора соединены по схеме, приведенной на рисунке 10.13.12. Полюсы источника постоянного напряжения можно присоединять либо к точкам A и B , либо к точкам M и N . Емкости конденсаторов $C_1 = 2$ мкФ и $C_2 = 5$ мкФ.

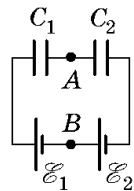


Рис. 10.13.11

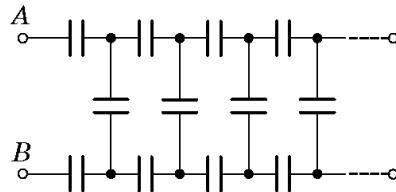


Рис. 10.13.7

Найдите емкости конденсаторов C_x и C_y , при которых заряды на обкладках всех конденсаторов по модулю будут равны между собой независимо от того, каким способом будет присоединен источник напряжения.

10.13.21. Когда к батарее конденсаторов (рис. 10.13.13) подвели напряжение U , заряд конденсатора 5 оказался равен нулю. Какова емкость конденсатора 4?

10.13.22. Найдите заряды конденсаторов в цепи, показанной на рисунке 10.13.14. Значения емкостей конденсаторов C_1, C_2, C_3 и ЭДС $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ источников известны.

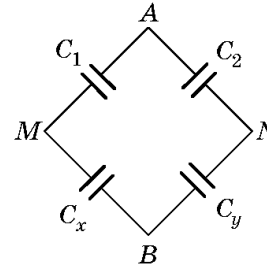


Рис. 10.13.12

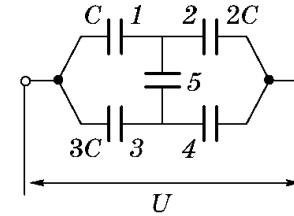


Рис. 10.13.13

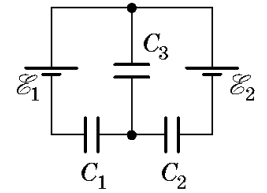


Рис. 10.13.14

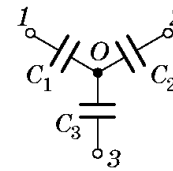


Рис. 10.13.15

• **10.13.23.** В схеме, изображенной на рисунке 10.13.15, известны потенциалы точек $1, 2$ и 3 и емкости конденсаторов C_1, C_2 и C_3 . Найдите потенциал точки O . Потенциалы со временем не изменяются, предварительно все конденсаторы были разряжены.

10.13.24. Конденсаторы C_1 и C_2 последовательно подключены к источнику постоянного напряжения (рис. 10.13.16). После зарядки конденсаторов к конденсатору C_2 через резистор r подключают конденсатор C_3 . Какое количество теплоты выделится на резисторе в процессе зарядки конденсатора C_3 ? Емкости всех трех конденсаторов одинаковы и равны C ; ЭДС источника \mathcal{E} .

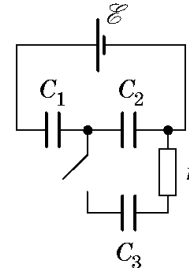


Рис. 10.13.16

• **10.13.25.** В незаряженный плоский воздушный конденсатор параллельно его обкладкам вносят тонкую металлическую пластину с зарядом q . Площади каждой из обкладок конденсатора и внесенной пластины равны S , расстояние между обкладками конденсатора равно d . Как зависит разность потенциалов на обкладках конденсатора от расстояния x между одной из обкладок и металлической пластиной?

10.13.26. Обкладки плоского воздушного конденсатора соединены проводником. Между обкладками находится тонкая пластина такого же размера, что и обкладки конденсатора. Зазор между обкладками d делится пластиной в отношении 1 : 3. Определите разность потенциалов между пластиной и обкладками конденсатора, если на пластину поместить заряд Q . Площадь каждой пластины S .

• **10.13.27.** Между соединенными проводником обкладками плоского незаряженного конденсатора помещена металлическая пластина, делящая расстояние между обкладками в отношении 1 : 3. Какой заряд протечет по проводнику, если на внутреннюю пластину поместить заряд Q ?

10.13.28. Расстояние между обкладками плоского закороченного заземленным проводником конденсатора равно d (рис. 10.13.17). Между обкладками находится параллельная им и такая же по размерам пластина с зарядом q . Какой заряд протечет по проводнику, если пластину переместить параллельно самой себе на расстояние Δl ?

• **10.13.29.** Расстояние между обкладками плоского закороченного проводником конденсатора равно d . Между обкладками помещают металлическую плоскопараллельную пластину толщиной b и зарядом Q на расстоянии a от одной из обкладок. Определите заряды на каждой из сторон пластины.

10.13.30. В незаряженный плоский конденсатор с площадью пластин S вставляют такой же конденсатор, у которого обкладки соединены между собой проводником. Зазор d между обкладками незаряженного конденсатора при этом делится одной из пластин закороченного конденсатора в отношении 1 : 3 (рис. 10.13.18). Определите разность потенциалов, возникающую между обкладками незаряженного конденсатора, если пластинам закороченного конденсатора сообщен заряд q .

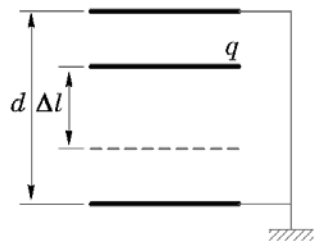


Рис. 10.13.17

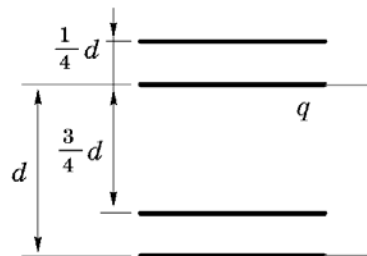


Рис. 10.13.18

10.13.31. Два параллельно соединенных конденсатора емкостью $C = 1$ мкФ каждый имеют на обкладках общий заряд $q = 10^{-5}$ Кл. Какую минимальную работу необходимо совершить, чтобы развести обкладки одного конденсатора на большое расстояние?

10.13.32. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы вставить одну систему разноименно заряженных пластин в другую так, как показано на рисунке 10.13.19? Поверхностная плотность зарядов на пластинах равна $\pm\sigma$, площадь каждой пластины S , расстояние d между ними много меньше линейных размеров пластин.

10.13.33. Два плоских воздушных конденсатора с обкладками одинаковой площадью $S = 10$ см² имеют равные заряды $q = 2 \cdot 10^{-6}$ Кл

и вставлены друг в друга так, как показано на рисунке 10.13.20. Расстояние между обкладками первого конденсатора $d = 10$ мм вдвое больше, чем у второго. На сколько изменится энергия системы, если обкладки внутреннего конденсатора сложить вместе?

10.13.34. Два плоских воздушных конденсатора с обкладками одинаковой площадью $S = 5$ см² имеют равные заряды $q = 10^{-7}$ Кл. Расстояние между обкладками первого конденсатора $d = 4$ мм вдвое больше, чем у второго. Какое минимальное количество теплоты выделится, если вставить второй конденсатор внутрь первого так, как показано на рисунке 10.13.20?

10.13.35. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора с обкладками площадью $S = 15$ см² и расстоянием между ними $d = 10$ мм имеют равные заряды $q = 3 \cdot 10^{-6}$ Кл и вставлены друг в друга так, как показано на рисунке 10.13.21. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы вынуть один конденсатор из другого?

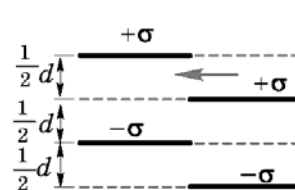


Рис. 10.13.19

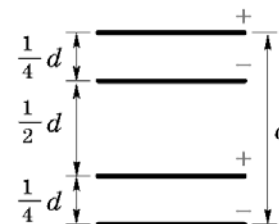


Рис. 10.13.20

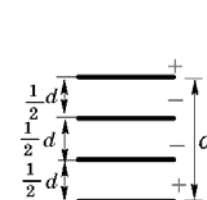


Рис. 10.13.21

Ответы

$$10.13.1. C_1 = \frac{CC_2}{C_2 - C} = 150 \text{ мкФ.}$$

$$10.13.2. \text{ Увеличится в } \frac{\varepsilon + 1}{2} \text{ раза.}$$

$$10.13.3. C_{01} = \frac{3\varepsilon_0 S}{d} = 832 \text{ пФ}; C_{02} = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + 1)S}{d} = 2775 \text{ пФ.}$$

$$10.13.4. \varepsilon = \frac{U_0 - U_1}{U_1} = 7.$$

$$10.13.5. q_1' = \frac{C_1 |C_2 U_2 - C_1 U_1|}{C_1 + C_2} = 32 \text{ мкКл.}$$

$$10.13.8. Q = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \frac{(\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2)^2}{2} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

$$10.13.9. \text{ В } 5 \text{ раз.}$$

$$10.13.10. \text{ См. в условии рис. 10.13.2:}$$

$$\text{а) } C_0 = \frac{C}{4}; \text{ б) } C_0 = 4C; \text{ в) } C_0 = C;$$

$$\text{г) } C_0 = C; \text{ д) } C_0 = \frac{3}{4} C; \text{ е) } C_0 = \frac{2}{5} C;$$

$$\text{ж) } C_0 = \frac{3}{5} C; \text{ з) } C_0 = \frac{5}{3} C;$$

$$\text{и) } C_0 = 2,5C.$$

$$10.13.11. C_0 = C = 2 \text{ мкФ.}$$

$$10.13.12. C_0 = \frac{C_1 + C_2}{2} = 3 \text{ мкФ.}$$

$$10.13.13. C_0 = \frac{63}{26} C = 63 \text{ пФ.}$$

$$10.13.14. C_0 = \frac{6}{5} C = 6 \text{ мкФ.}$$

$$10.13.16. \text{ Увеличатся в } n =$$

$$= \frac{C_1 + C_2 + C_3}{C_1 + C_2} \text{ раз.}$$

$$10.13.17. U_1 = \frac{C_2 C_3 (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3)}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} =$$

$$= 2 \text{ кВ}; U_2 = \frac{C_1 C_3 (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3)}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} =$$

$$= 3 \text{ кВ}; U_3 = \frac{C_1 C_2 (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3)}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} =$$

$$= 6 \text{ кВ.}$$

$$10.13.19. \Delta\varphi = \frac{\mathcal{E}_1 C_1 - \mathcal{E}_2 C_2}{C_1 + C_2}.$$

10.13.20. Это возможно в двух случаях: $C_x = C_y = 5 \text{ мкФ}$ или $C_x = C_y = 2 \text{ мкФ}$.

$$10.13.21. C_4 = 6C.$$

$$10.13.22.$$

$$q_1 = C_1 \frac{(\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1)C_2 - \mathcal{E}_1 C_3}{C_1 + C_2 + C_3};$$

$$q_2 = C_2 \frac{(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)C_1 - \mathcal{E}_2 C_3}{C_1 + C_2 + C_3};$$

$$q_3 = C_3 \frac{\mathcal{E}_1 C_1 + \mathcal{E}_2 C_2}{C_1 + C_2 + C_3}.$$

$$10.13.24. Q = \frac{\mathcal{E}^2 C}{12}.$$

$$10.13.26. \Delta\varphi_1 = \Delta\varphi_2 = \frac{3Qd}{16\varepsilon_0 S}.$$

$$10.13.28. q' = \frac{\Delta l q}{d}.$$

$$10.13.30. \Delta\varphi = \frac{qd}{8\varepsilon_0 S}.$$

$$10.13.31. A = \frac{q^2}{4C} = 25 \text{ мДж.}$$

$$10.13.32. A = \frac{\sigma^2 S h}{2\varepsilon_0}.$$

$$10.13.33. \Delta W = \frac{q^2 d}{4\varepsilon_0 S} = 1,13 \text{ Дж.}$$

$$10.13.34. Q = \frac{q^2 d}{2\varepsilon_0 S} = 4,5 \text{ мДж.}$$

$$10.13.35. A = \frac{q^2 d}{2\varepsilon_0 S} = 6,78 \text{ Дж.}$$