

### 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  $\epsilon$ , 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  $S = 314$  см<sup>2</sup>, 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, 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.

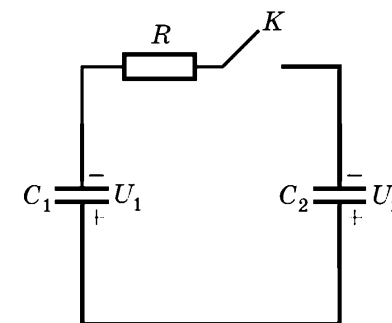


Рис. 10.13.1

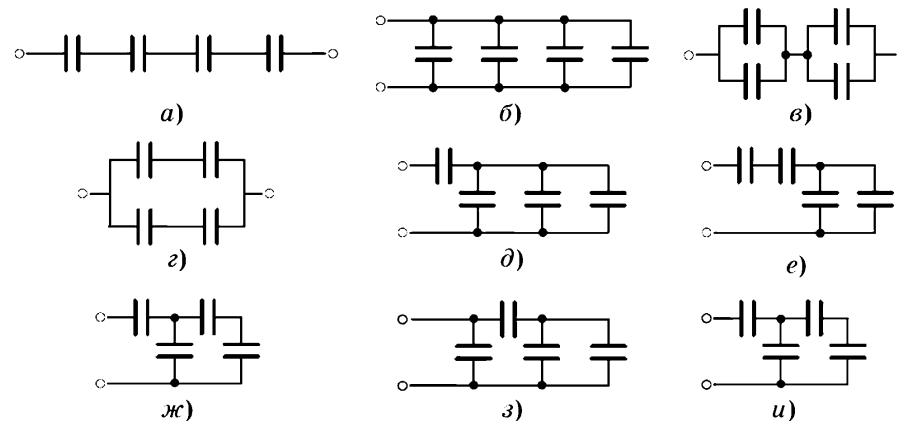


Рис. 10.13.2

**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.

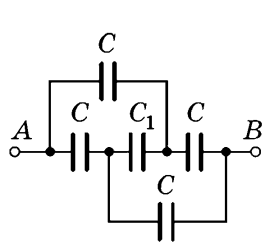


Рис. 10.13.3

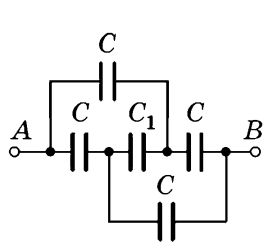


Рис. 10.13.4

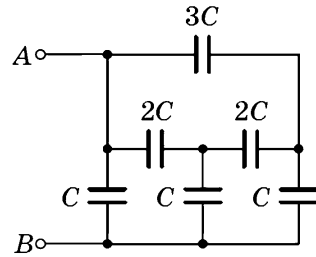


Рис. 10.13.5

**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.

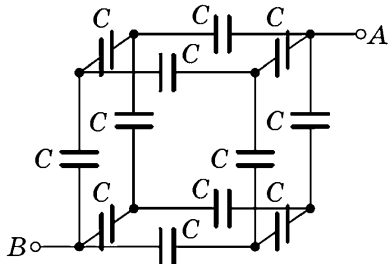


Рис. 10.13.6

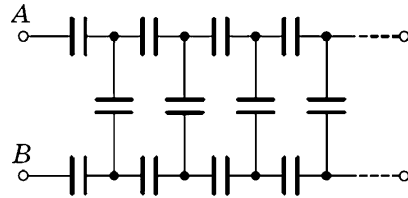


Рис. 10.13.7

**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.

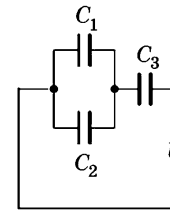


Рис. 10.13.8

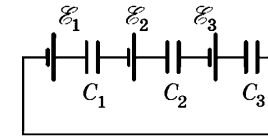


Рис. 10.13.9

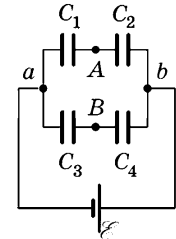


Рис. 10.13.10

**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.

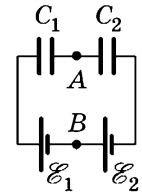


Рис. 10.13.11

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.

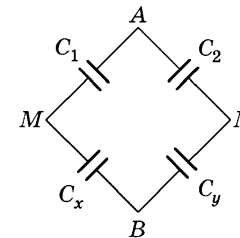


Рис. 10.13.12

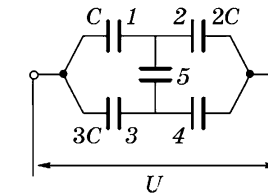


Рис. 10.13.13

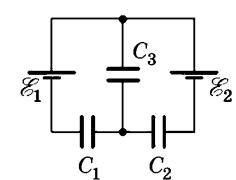
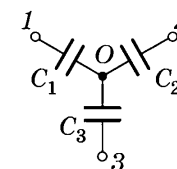


Рис. 10.13.14



• **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  $C_2$  последователь-

Рис. 10.13.15

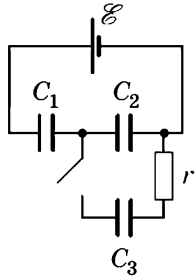


Рис. 10.13.16

но 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  $\mathcal{E}$ .

• **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  $\Delta l$ ?

• **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 за-

короченного конденсатора в отношении 1 : 3 (рис. 10.13.18). Определите разность потенциалов, возникающую между обкладками незаряженного конденсатора, если пластинам закороченного конденсатора сообщен заряд  $q$ .

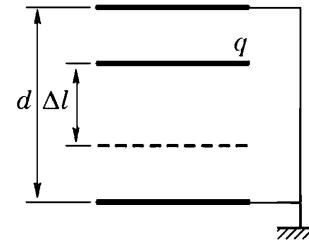


Рис. 10.13.17

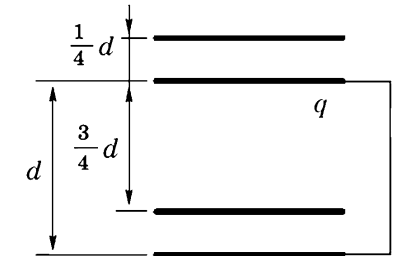


Рис. 10.13.18

**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  $S = 10$  см<sup>2</sup> 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  $S = 5$  см<sup>2</sup> 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  $S = 15 \text{ см}^2$  и расстоянием между ними  $d = 10 \text{ мм}$  имеют равные заряды  $q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$  и вставлены друг в друга так, как показано на рисунке 10.13.21. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы вынуть один конденсатор из другого?

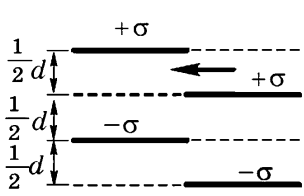


Рис. 10.13.19

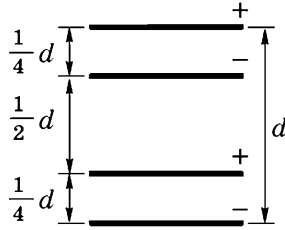


Рис. 10.13.20

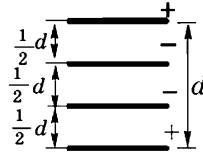


Рис. 10.13.21

Ответы:

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

**10.13.2.** Увеличится в  $\frac{\varepsilon + 1}{2}$  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.**  $q'_1 = \frac{C_1|C_2U_2 - C_1U_1|}{C_1 + C_2} = 32 \text{ мкКл}$ .

**10.13.8.**  $Q = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} \frac{(\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2)^2}{2} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ .

**10.13.9.** В 5 раз.

**10.13.10.** См. в условии рис. 10.13.2:

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

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

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

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.** Увеличатся в  $n = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{C_1 + C_2}$  раз.

**10.13.17.**  $U_1 = \frac{C_2C_3(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)}{C_1C_2 + C_1C_3 + C_2C_3} = 2 \text{ кВ}$ ;  $U_2 = \frac{C_1C_3(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)}{C_1C_2 + C_1C_3 + C_2C_3} = 3 \text{ кВ}$ ;  $U_3 = \frac{C_1C_2(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)}{C_1C_2 + C_1C_3 + C_2C_3} = 6 \text{ кВ}$ .

**10.13.19.**  $\Delta\varphi = \frac{\varepsilon_1C_1 - \varepsilon_2C_2}{C_1 + C_2}$ .

**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.**

$q_1 = C_1 \frac{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)C_2 - \varepsilon_1C_3}{C_1 + C_2 + C_3}$ ;

$q_2 = C_2 \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)C_1 - \varepsilon_2C_2}{C_1 + C_2 + C_3}$ ;

$q_3 = C_3 \frac{\varepsilon_1C_1 + \varepsilon_2C_2}{C_1 + C_2 + C_3}$ .

**10.13.24.**  $Q = \frac{\varepsilon^2 C}{12}$ .

**10.13.26.**  $\Delta\varphi_1 = \Delta\varphi_2 = \frac{3Qd}{16\varepsilon_0S}$ .

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

**10.13.30.**  $\Delta\varphi = \frac{qd}{8\varepsilon_0S}$ .

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

**10.13.32.**  $A = \frac{\sigma^2 Sh}{2\varepsilon_0}$ .

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