

10. Für zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren gilt:

$$U = U_1 + U_2 \text{ und } Q = Q_1 = Q_2$$

Im Gegensatz dazu sind die an zwei parallel geschalteten Kondensatoren abfallenden Spannungen gleich der anliegenden Spannung und die Gesamtladung errechnet sich zu

$$Q_{ges} = Q_1 + Q_2.$$

Gesucht :  $U_1, U_2, Q_1, Q_2$

Gegeben:  $C_1 = 4 \mu\text{F} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ F}$   
 $C_2 = 10 \mu\text{F} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ F}$   
 $U = 10 \text{ V}$

Lösung:

a) Kondensatoren einzeln:  $U = U_1 = U_2 = 10 \text{ V}$

$$\begin{aligned} Q_1 &= C_1 \cdot U \\ Q_1 &= 4 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 10 \text{ V} \\ Q_1 &= 4 \cdot 10^{-5} \text{ C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= C_2 \cdot U \\ Q_2 &= 10 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 10 \text{ V} \\ Q_2 &= 1 \cdot 10^{-4} \text{ C} \end{aligned}$$

b) Kondensatoren in Reihe:  $U = U_1 + U_2$

$$U = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

$$U = Q \cdot \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}$$

$$Q = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \cdot U$$

$$Q = \frac{4 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ F}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ F} + 10 \cdot 10^{-6} \text{ F}} \cdot 10 \text{ V}$$

$$Q = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

$$U_1 = \frac{Q}{C_1}$$

$$U_1 = \frac{2,9 \cdot 10^{-5} \text{ C}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ F}}$$

$$U_1 = 7,25 \text{ V}$$

$$U_2 = \frac{Q}{C_2}$$

$$U_2 = \frac{2,9 \cdot 10^{-5} \text{ C}}{10 \cdot 10^{-6} \text{ F}}$$

$$U_2 = 2,9 \text{ V}$$

- c) Kondensator parallel: Die an den Kondensatoren abfallenden Spannungen  $U_1$ ,  $U_2$  entsprechen der anliegenden Spannung  $U$ .

$$U_1 = U_2 = U = 10 \text{ V}$$

Die Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  ergeben sich, analog zum Aufgabenteil a), zu

$$Q_1 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C} \quad \text{und} \quad Q_2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ C}.$$

Sind die Kondensatoren jeweils einzeln geschaltet, so haben die Kondensatorspannungen den Wert  $U_1 = U_2 = U = 10 \text{ V}$ . Die Ladungen betragen  $Q_1 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  und  $Q_2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ . Gleiches gilt für die Parallelschaltung der Bauteile.

Für den Fall, dass die Kondensatoren in Reihe geschaltet sind, speichern beide die gleiche Ladung  $Q = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ . Die Kondensatorspannungen ergeben sich zu  $U_1 = 7,25 \text{ V}$  und  $U_2 = 2,9 \text{ V}$ .

11. Gesucht:  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $Q'_1$ ,  $Q'_2$

Gegeben:  $C_1 = 4 \mu\text{F} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ F}$   
 $C_2 = 10 \mu\text{F} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ F}$   
 $U_0 = 10 \text{ V}$

Lösung:

- a) Nach dem Aufladen der Kondensatoren speichern sie die Ladungen  $Q_1$  bzw.  $Q_2$ . Diese ergeben sich zu:

$$U_1 = C_1 \cdot U_0 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 10 \text{ V} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

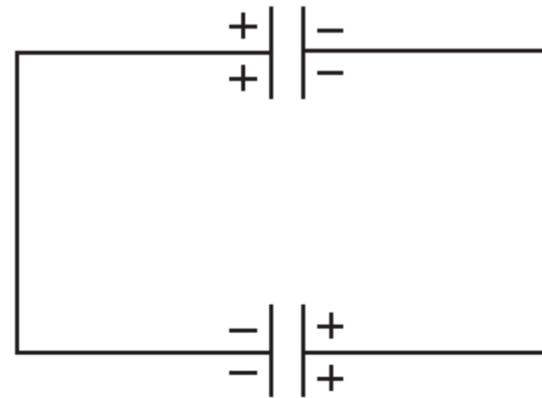
$$U_2 = C_2 \cdot U_0 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 10 \text{ V} = 10 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

Werden nun die Platten mit ungleicher Polung miteinander verbunden, so gleichen sich die Ladungen teilweise aus. Für die verbleibende Gesamtladung gilt:

$$Q = Q_2 - Q_1$$

$$Q = 10 \cdot 10^{-5} \text{ C} - 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

$$\underline{Q = 6 \cdot 10^{-5} \text{ C}}$$



Die Kondensatorspannungen  $U_1$ ,  $U_2$  sind bei einer Parallelschaltung gleich groß.

$$U = U_1 = U_2$$

$$U = \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2}$$

Mit  $Q = Q'_1 + Q'_2$  erhält man:

$$\frac{Q'_1}{Q'_1} = \frac{Q - Q'_1}{C_2}$$

$$Q'_1 = Q \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

$$Q'_1 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ C} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \text{ F}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ F} + 10 \cdot 10^{-6} \text{ F}}$$

$$\underline{Q'_1 = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ C}}$$

$$U = \frac{Q'_1}{C_1} \quad (U = U_1 = U_2)$$

$$Q'_2 = Q - Q'_1$$

$$Q'_2 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ C} - 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

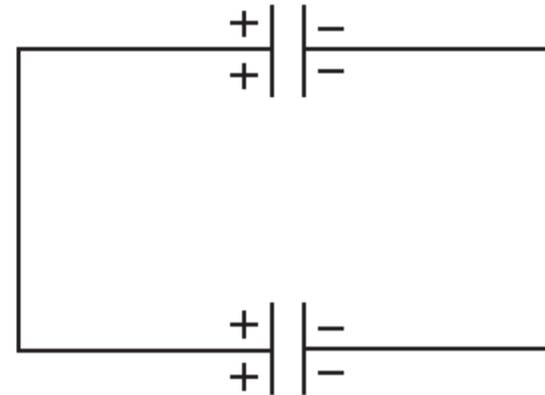
$$\underline{Q'_2 = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ C}}$$

$$U = \frac{1,7 \cdot 10^{-5} \text{ C}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ F}}$$

$$\underline{U = 4,3 \text{ V}}$$

b) Werden die Platten mit gleicher Polung miteinander verbunden, dann bleibt die Gesamtladung erhalten. Die Kondensatorspannungen entsprechen der Spannung  $U_0$ , die Plattenladungen bleiben gleich.

Werden die Platten mit ungleicher Polung miteinander verbunden, dann hat die an den Kondensatoren anliegende Spannung einen Wert von ca. 4,3 V, die Plattenladungen ergeben sich zu  $Q'_1 = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  und  $Q'_2 = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .



12. Gesucht:  $Q$ ,  $Q_{mit}$ ,  $U_{mit}$

Gegeben:  $C = 2 \mu\text{F} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$

$U = 120 \text{ V}$

$\epsilon_r = 2,1$

Lösung:

a)  $Q = C \cdot U$

$$Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 120 \text{ V}$$

$$\underline{Q = 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ C}}$$

b) Nach dem Einfüllen des Paraffinöls nimmt die anliegende Spannung ab, die Kapazität des Kondensators vergrößert sich. Es gilt:

$$U_{\text{mit}} = \frac{U}{\epsilon_r} \quad \text{und} \quad C_{\text{mit}} = \epsilon_r \cdot C$$

$$U_{\text{mit}} = \frac{120\text{V}}{2,1}$$

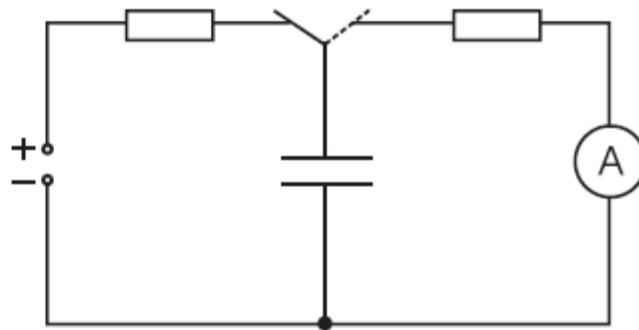
$$\underline{U_{\text{mit}} = 57\text{V}}$$

Da der Kondensator von der Spannungsquelle getrennt wurde, muss die auf ihm gespeicherte Ladung nach dem Einbringen eines Dielektrikums gleich bleiben. Dies kann auch quantitativ leicht nachvollzogen werden.

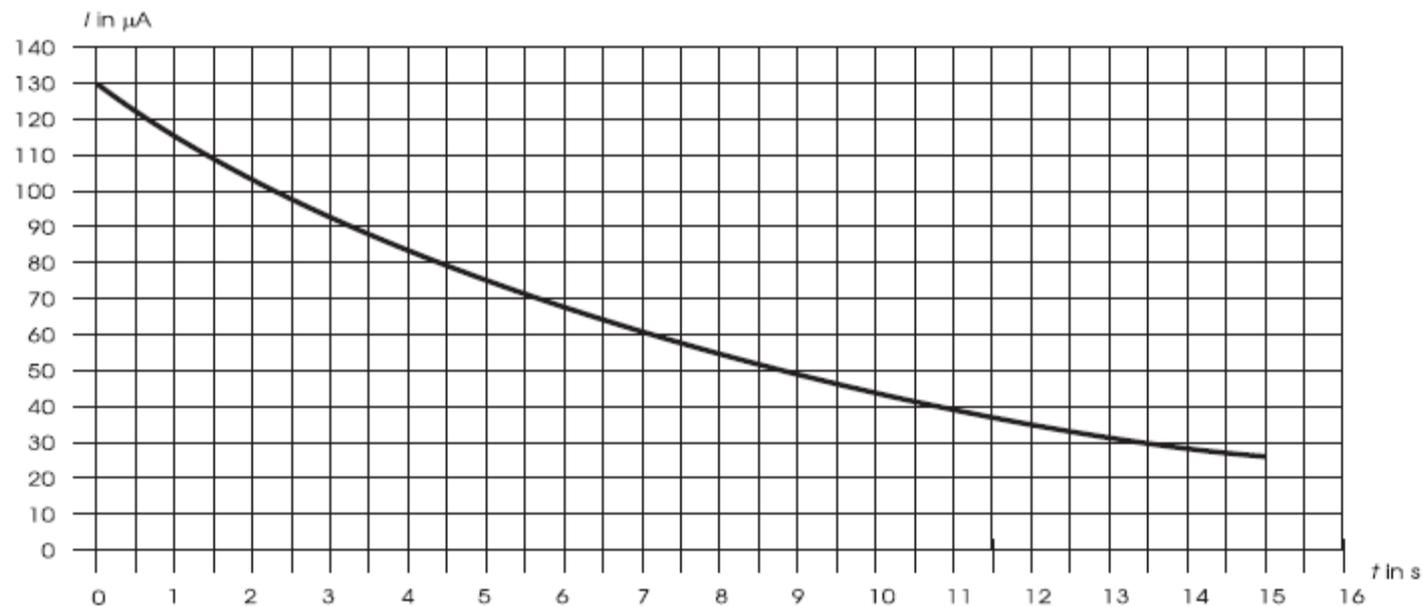
$$Q_{\text{mit}} = C_{\text{mit}} \cdot U_{\text{mit}} = \epsilon_r \cdot C \cdot \frac{U}{\epsilon_r} = C \cdot U = Q$$

Die Spannung zwischen den Platten nimmt durch das Einfüllen des Paraffinöls auf 57 V ab, die Plattenladung bleibt gleich. Sie hat den Wert  $Q = 0,24 \cdot 10^{-3}\text{ C}$ .

14. a)



b)



Beim Entladen eines Kondensators über einen Widerstand nimmt die Entladestromstärke exponentiell ab.

c) Nach 6,4 s ist die Stromstärke auf die Hälfte ihres Anfangswertes zurückgegangen. Ein Viertel der Anfangstromstärke liegt nach 12,8 s vor.

d) Nach der Definition der Stromstärke  $I = \frac{dQ}{dt}$  erhält man die gesuchte Ladung durch Integration der  $I$ - $t$ -Kurve.

Für eine Abschätzung kann der Entladestrom auf den angegebenen Intervallen als konstant angenommen werden. Es gilt:

$$Q \approx (130 \mu\text{A} + 91 \mu\text{A} + 68 \mu\text{A} + 51 \mu\text{A} + 35 \mu\text{A}) \cdot 3 \text{ s}$$

$$\underline{Q \approx 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ C}}$$

Die Fläche kann auch ausgezählt werden.

Die ursprüngliche Ladung des Kondensators betrug ca.  $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ .