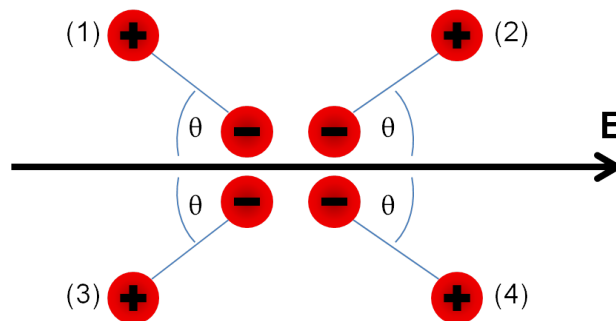


1. Dipol im E-Feld

Die Abbildung zeigt vier verschiedene Orientierungen eines Dipols in einem äußeren elektrischen Feld. Ordnen Sie die vier Fälle nach

- dem Betrag des auf den Dipol wirkenden Drehmoments.
- dem Betrag der potenziellen Energie des Dipols.



a) Aus der Vorlesung (Kapitel 4.2.8) wissen wir, dass das Drehmoment auf einen Dipol gegeben ist durch $\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$ bzw. $M = q|\vec{d}| \cdot |\vec{E}| \cdot \sin\theta$ wobei θ der Winkel zwischen E und d ist und d vom negativen zum positiven Pol zeigt. Folglich ist der Betrag des wirkenden Drehmoments für alle gleich:

$$\begin{aligned} (1) \quad M &= qd \cdot E \cdot \sin(\pi - \theta) = qd \cdot E \cdot \sin \theta \\ (2) \quad M &= qd \cdot E \cdot \sin \theta \\ (3) \quad M &= qd \cdot E \cdot \sin(\pi - \theta) = qd \cdot E \cdot \sin \theta \\ (4) \quad M &= qd \cdot E \cdot \sin \theta \end{aligned}$$

b) Aus der Vorlesung (Kapitel 4.2.8) wissen wir ebenfalls, dass für den Dipol $E_{pot} = -\vec{p} \cdot \vec{E} = |\vec{p}| \cdot |\vec{E}| \cdot \cos\theta$ gilt.

Analoges Vorgehen wie bei der a) ergibt

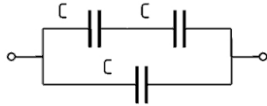
$$\begin{aligned} (1) \quad E_{pot} &= -p \cdot E \cdot \cos(\pi - \theta) = +p \cdot E \cdot \cos\theta \\ (2) \quad E_{pot} &= -p \cdot E \cdot \cos\theta \\ (3) \quad E_{pot} &= -p \cdot E \cdot \cos(\pi - \theta) = +p \cdot E \cdot \cos\theta \\ (4) \quad E_{pot} &= -p \cdot E \cdot \cos\theta \end{aligned}$$

D.h. dass jeweils (2), (4) und (1), (3) gleichauf sind, wobei (2), (4) weniger potentielle Energie haben als (1), (3).

2. Drei Kondensatoren

Drei Kondensatoren gleicher Kapazität werden

- in Reihe
- parallel
- wie auf dem Bild



geschaltet.

Wie groß ist jeweils die Gesamtkapazität der Schaltung?

Aus der Vorlesung (Kapitel 4.3.3) wissen wir bei Parallelschaltung addieren sich die Kapazitäten direkt, bei Reihenschaltung hingegen reziprok.

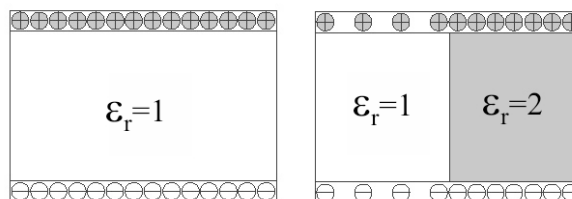
$$\text{a) } \frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{3}{C} \Rightarrow C_{\Sigma} = C/3$$

$$\text{b) } C_{\Sigma} = C + C + C = 3C$$

$$\text{c) } C_{\Sigma} = C + \frac{1}{\frac{1}{C} + \frac{1}{C}} = C + C/2 = \frac{3}{2}C$$

3. Plattenkondensator mit Dielektrikum

Ein idealer Plattenkondensator mit Luft als Dielektrikum (Skizze Bild links) liegt an der Spannung $U = 2 \text{ kV}$. Der Abstand zwischen den Platten ist $d = 5 \text{ mm}$, ihre Fläche $A = 10 \text{ cm}^2$.



- Welche elektrische Feldstärke E (in kV/cm) herrscht zwischen den Platten?
- Wie groß ist die Kapazität C des Luftkondensators?

Jetzt wird zwischen die Elektroden eine Isolierplatte mit der relativen Dielektrizitätszahl $\epsilon_r = 2$, wie im Bild rechts skizziert, geschoben, sodass die rechte Hälfte des Raumes zwischen den Platten $\epsilon_r = 2$ aufweist.

- Skizzieren Sie einige Feldlinien von \vec{D} in beiden Bereichen!
- Berechnen Sie Kapazität C !

Aus der Vorlesung (Kapiteln 4.3.2 und 4.4.1) wissen wir dass

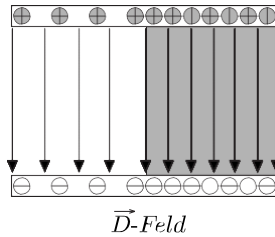
a) elektrische Feldstärke

$$E = \frac{U}{d} = \frac{2 \cdot 10^3 \text{ V}}{0,5 \text{ cm}} = 4 \cdot 10^5 \text{ V/m}$$

b) Kapazität

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{5 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 1,77 \text{ pF}$$

c)



d) Es liegt eine Parallelschaltung vor. Die Plattenfläche ist jeweils $A/2$.

$$C' = C_{links} + C_{rechts} = \frac{\epsilon_0 A}{2d} + \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{2d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{3}{2} C = 2.66 \text{ pF}$$

4. Ladungstransport

- Warum leiten Metalle den elektrischen Strom?
- Wie wirkt sich eine Temperaturzunahme auf die kleinsten Teilchen aus?
- Begründen Sie, warum die Leitfähigkeit der Metalle mit steigender Temperatur abnimmt.
- In welchem Zustand leiten Salze den elektrischen Strom?
- Warum nimmt die Leitfähigkeit der Salze unter den Bedingungen aus d) mit steigender Temperatur zu?

- Das aus den überflüssigen Außenelektronen gebildete Elektronengas ist beweglich und kann Ladung transportieren.
- Ihre Bewegung bzw. im festen Zustand Vibration nimmt zu.
- Die zunehmende Bewegung der Atomrümpfe im Metallgitter behindert den Fluss des Elektronengases.
- Im gelösten oder geschmolzenen (i.e. flüssigen) Zustand
- Die Beweglichkeit der Ionen wird durch die Energiezufuhr erhöht.

5. Toaster

Ein Toaster hat einen Widerstand von 50Ω .

- Berechnen Sie die Stärke des Stroms, der durch den Toaster fließt, wenn er an das Haushaltsnetz (230 V) angeschlossen wird.
- Der Toaster sei 120 s lang eingeschaltet.
Berechnen Sie die elektrische Ladung (in Ah), die in dieser Zeit durch den Toaster fließt.
Berechnen Sie die elektrische Energie (in kWh), die in dieser Zeit im Toaster in Wärme umgewandelt wurde.

a) Nach dem Ohm'schen Gesetz (Kapitel 4.5.4) gilt

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{50 \Omega} = 4,6 \text{ A}$$

b) Berechnung der Ladung (Kapitel 4.5.1):

$$\Delta Q = I \cdot \Delta t = 4,6 \text{ A} \cdot 120 \text{ s} = 0,153 \text{ Ah}$$

Berechnung der elektrischen Energie (Kapitel 4.5.3):

$$W = Q \cdot U = 0,15 \text{ Ah} \cdot 230 \text{ V} = 35 \text{ Wh} = 0,035 \text{ kWh}$$