

Elektrotechnik: Übungsblatt 4 - Elektrisches Feld

1. Aufgabe:

Erläutern Sie den Unterschied zwischen elektrischer Feldstärke, elektrischem Potential und Spannung.

Lösung:

Die elektrische Feldstärke resultiert aus der Kraft, die eine Einheitsladung aufgrund der umgebenden Ladungen erfährt. Entsprechend ist das elektrische Feld ein dreidimensionales Vektorfeld (die Kraft hat einen Betrag und eine Richtung).

Bewegt man eine Ladung durch das elektrische Feld, so muss dafür im Allgemeinen Arbeit aufgewendet werden. Da das elektrische Feld keine Rotation aufweist, ist diese Arbeit wegunabhängig, jedem Punkt im Raum kann also ein (bis auf eine additive Konstante) eindeutig bestimmtes Potential zugewiesen werden. Es handelt sich um ein skalares Feld, das die Arbeitsfähigkeit pro Einheitsladung angibt.

Als Spannungen werden Potentialdifferenzen bezeichnet, also die Arbeit, die verrichtet wird, wenn eine Einheitsladung zwischen zwei Punkten verschoben wird.

In der Technik sind Spannungen die am häufigsten verwendeten Größen. Werden sie nur für einen Punkt angegeben, muss zwingend noch eine 'Masse', also ein Bezugspunkt angegeben werden.

2. Aufgabe:

Erläutern Sie den Unterschied zwischen elektrischem Potential und potentieller Energie.

Lösung:

Das elektrische Potential wird aus praktischen Gründen für eine auf Eins normierte Ladung angegeben.

Um die tatsächliche potentielle Energie (vergleichbar mit der Lageenergie im Schwerfeld) eines Körpers zu erhalten, muss das elektrische Potential mit seiner Ladung multipliziert werden.

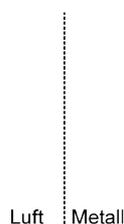
3. Aufgabe:

Zeichnen Sie die Feldlinienbilder für die gegebenen Ladungsverteilungen:

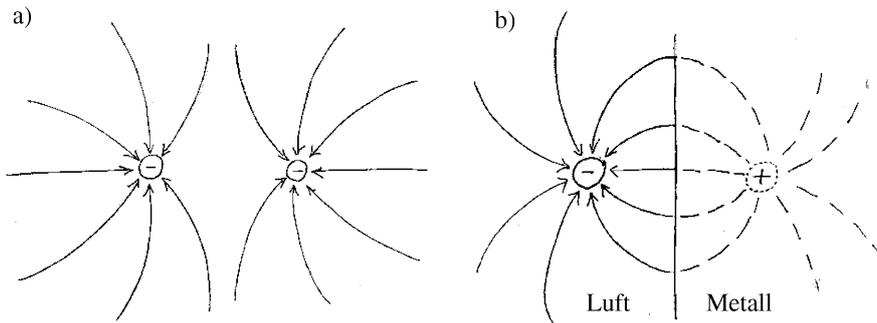
a)



b)

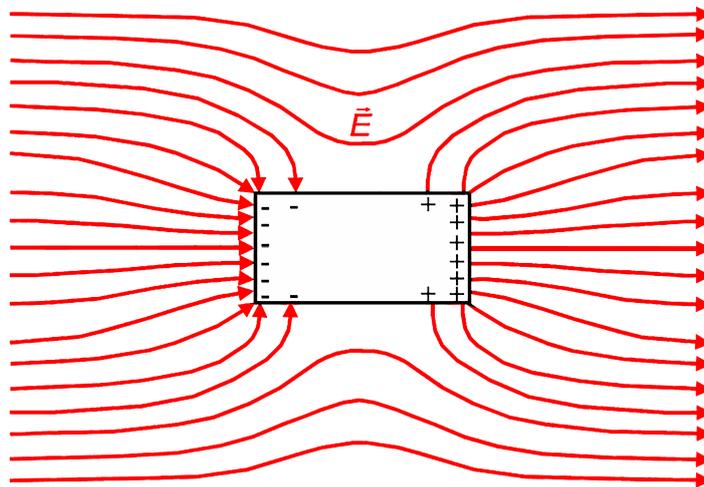


Lösung:



4. Aufgabe:

Der Körper ist aus Metall, also ein Leiter. Wie ist der Feldlinienverlauf kurz nach Anlegen eines Elektrischen Feldes \vec{E} ?



Lösung:

Allgemeine Aussagen:

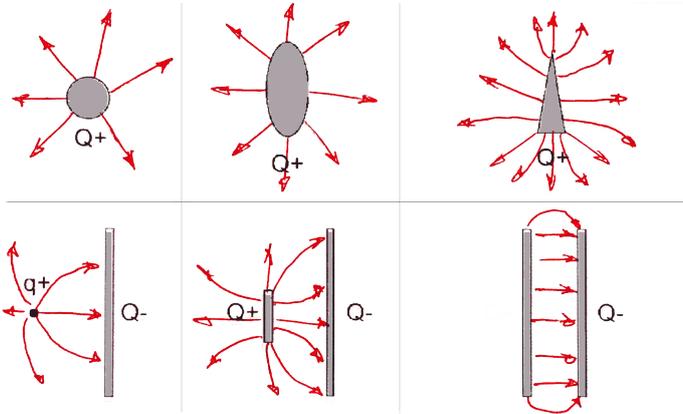
- Gleichgewicht: Ohne Kräfte (Felder) werden keine Ladungen mehr verschoben.
- Gleichgewicht stellt sich fast instantan ein (< 10 fs), d.h. Aussage über Feldfreiheit im Leiterinneren gilt allgemein.
- Sekundärfeld \vec{E}_{sek} bewirkt:
 - (A) Im Innern: Feldfreiheit
 - (B) Im Äusseren: keine parallelen Feldkomponenten entlang der Leiteroberfläche.
- Anschaulich: Elektrische Feldlinien werden vom Leiter "angesaugt".

\Rightarrow Das elektrische Feld trifft stets senkrecht auf die Leiteroberfläche auf.

5. Aufgabe:

Die Körper sind aus Metall. Wie ist der Feldlinienverlauf?

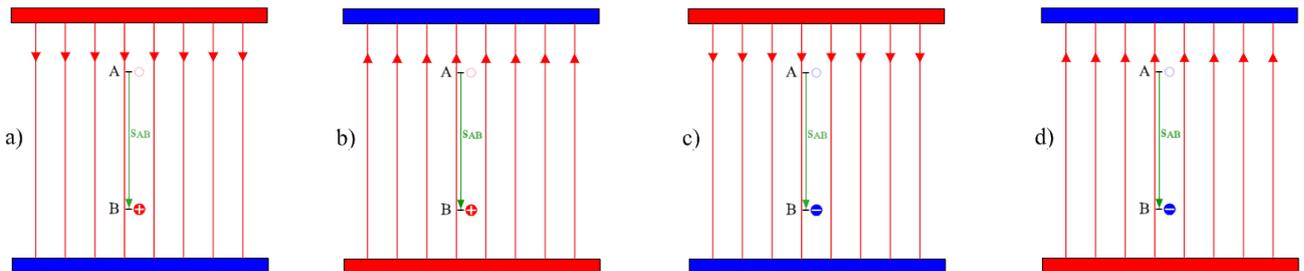
Lösung:



6. Aufgabe:

Berechnen Sie jeweils die Änderung der Energie des elektrischen Feldes für:

$|q| = 2.0 \cdot 10^{-17}$ As, $E = 2.0 \cdot 10^4$ NAs und $s_{AB} = 0.10$ m.

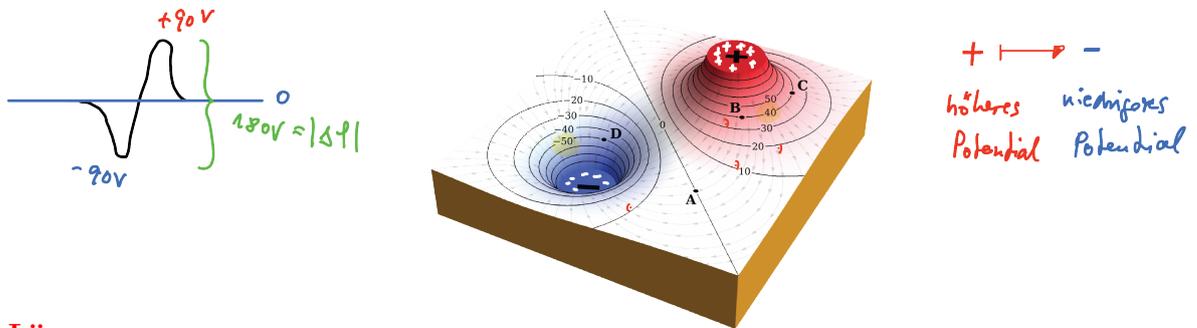


Lösung:

- a) Bewegungsrichtung und Feldrichtung stimmen überein, d.h. $\alpha = 0^\circ \Rightarrow \cos(\alpha) = 1$.
Der Ausdruck $\Delta E_{pot} = -q \cdot E \cdot s_{AB} \cdot 1$ ist wegen $q > 0$ insgesamt negativ, d.h. die potentielle Energie nimmt ab.
 $\Delta E_{pot} = -|q| \cdot E \cdot s_{AB} \Rightarrow$
 $\Delta E_{pot} = -2.0 \cdot 10^{-17} \text{ As} \cdot 2.0 \cdot 10^4 \text{ NAs} \cdot 0.10 \text{ m} = -4.0 \cdot 10^{-14} \text{ J}$
- b) Bewegungsrichtung und Feldrichtung stimmen überein, d.h. $\alpha = 180^\circ \Rightarrow \cos(\alpha) = -1$.
Der Ausdruck $\Delta E_{pot} = -q \cdot E \cdot s_{AB} \cdot (-1)$ ist wegen $q > 0$ insgesamt positiv, d.h. die potentielle Energie nimmt zu.
 $\Delta E_{pot} = |q| \cdot E \cdot s_{AB} \Rightarrow$
 $\Delta E_{pot} = 2.0 \cdot 10^{-17} \text{ As} \cdot 2.0 \cdot 10^4 \text{ NAs} \cdot 0.10 \text{ m} = +4.0 \cdot 10^{-14} \text{ J}$
- c) Bewegungsrichtung und Feldrichtung stimmen überein, d.h. $\alpha = 0^\circ \Rightarrow \cos(\alpha) = 1$.
Der Ausdruck $\Delta E_{pot} = -q \cdot E \cdot s_{AB} \cdot 1$ ist wegen $q < 0$ insgesamt positiv, d.h. die potentielle Energie nimmt zu.
 $\Delta E_{pot} = |q| \cdot E \cdot s_{AB} \Rightarrow$
 $\Delta E_{pot} = 2.0 \cdot 10^{-17} \text{ As} \cdot 2.0 \cdot 10^4 \text{ NAs} \cdot 0.10 \text{ m} = +4.0 \cdot 10^{-14} \text{ J}$
- d) Bewegungsrichtung und Feldrichtung stimmen überein, d.h. $\alpha = 180^\circ \Rightarrow \cos(\alpha) = -1$.
Der Ausdruck $\Delta E_{pot} = -q \cdot E \cdot s_{AB} \cdot (-1)$ ist wegen $q < 0$ insgesamt negativ, d.h. die potentielle Energie nimmt ab.
 $\Delta E_{pot} = -|q| \cdot E \cdot s_{AB} \Rightarrow$
 $\Delta E_{pot} = -2.0 \cdot 10^{-17} \text{ As} \cdot 2.0 \cdot 10^4 \text{ NAs} \cdot 0.10 \text{ m} = -4.0 \cdot 10^{-14} \text{ J}$

7. Aufgabe:

- a) Welche beiden grundlegenden Zusammenhänge zwischen Äquipotenzialflächen und Feldlinien gelten immer?
 b) Wie groß ist der Potentialunterschied φ_{BD} zwischen Punkt B und Punkt D (Angaben in Volt)?



Lösung:

- a) - Feldlinien stehen senkrecht auf Äquipotenzialflächen.
 - Feldlinien gehen vom höheren zum niedrigeren Potenzial.
 b) $\varphi_{BD} = \varphi_D - \varphi_B$
 $\varphi_{BD} = -50 \text{ V} - (+40 \text{ V})$
 $\varphi_{BD} = -90 \text{ V}$

8. Aufgabe:

Das Bild zeigt den Potentialverlauf des Feldes zweier geladener Kugeln. Der Potentialunterschied φ_{1A} zwischen der linken Kugel und dem Punkt A sei $\varphi_{1A} = -30 \text{ V}$. Was gilt für die Potentialunterschiede φ_{12} und φ_{1B} ? Zeichnen Sie die Feldlinienverläufe ein und bestimmen Sie die Vorzeichen der Ladungen.

Lösung:

$\varphi_{12} = 0 \text{ V}$
 $\varphi_{1B} = -60 \text{ V}$

Begründung für gleichartige Ladungen:
 Die Äquipotentiallinien verlaufen bei direkter Verbindung zwischen den Ladungen weniger dicht als außerhalb.

