

## Lösungen zum Übungsblatt 2 Physik für Biologen / Chemiker

### Lösung der Fragen zum Verständnis:

#### **Aufgabe 1**

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.

#### **Aufgabe 2**

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.

#### **Aufgabe 3**

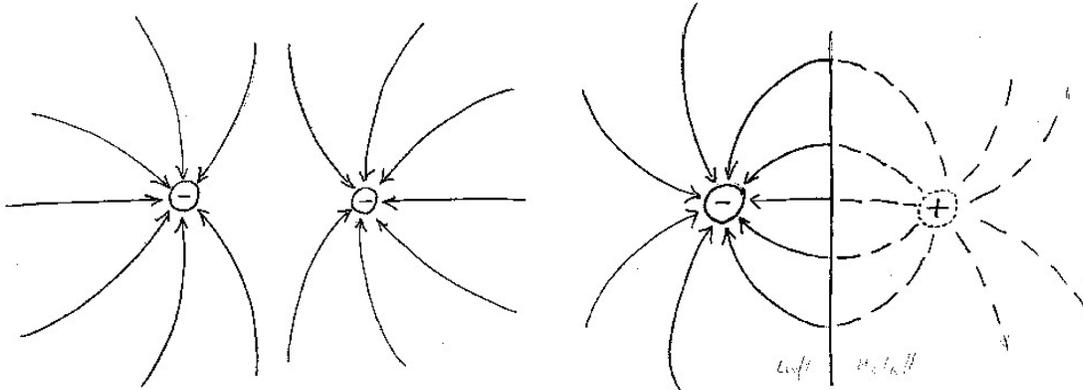
Für den Plattenkondensator gibt die Kapazität den Quotienten aus gespeicherter Ladung und Spannung (Potentialdifferenz) zwischen den Platten an, anschaulich die Speicherfähigkeit des Kondensators für Ladung bei gegebener Spannung. Dies lässt sich auf beliebige Körper erweitern. Das Potential einer Ladungsverteilung ist direkt proportional zum Betrag der Ladung. Diese Proportionalitätskonstante ist gerade die Kapazität.

#### **Aufgabe 4**

Das elektrische Feld in einem Plattenkondensator hängt von der Ladung pro Oberfläche, aber nicht von dem Abstand zwischen den Platten ab (vergleiche das Feld einer unendlich ausgedehnten Platte). Sind die Platten weiter von einander entfernt, so muss mehr Arbeit

aufgewendet werden, um eine Probeladung von einer Seite auf die andere zu bringen (die Kraft ist gleich, aber der Weg ist länger), die Potentialdifferenz (Spannung) ist bei gegebener Ladung also größer. Dann ist aber der Quotient aus Ladung und Spannung also die Kapazität kleiner als bei näher zusammenstehenden Platten.

### Aufgabe 5



Das Feld der Ladung vor einer Metallfläche wird so verzerrt, als sitze im Spiegelpunkt eine Ladung mit umgekehrtem Vorzeichen (Bildladung).

### Aufgabe 6

Stromstärke: Anzahl der Ladungsträger die pro Zeiteinheit an einer Stelle des Drahtes durch den Querschnitt  $A$  des Drahtes fließen.

Stromdichte: Stromstärke geteilt durch die Fläche durch die der Strom fließt.

### Aufgabe 7

Es gelten:  $U = R \cdot I$  und  $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$  und  $A = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$  mit dem spezifischen Widerstand des Drahtes  $\rho$  und der Länge  $L$ , der Querschnittsfläche  $A$  und dem Durchmesser  $d$  des Drahtes. Einsetzen und auflösen nach  $I$  ergibt:

$$I = \frac{\pi U d^2}{4\rho L} \propto \frac{d^2}{L}$$

- Wird die Länge  $L$  des Drahtes verdoppelt, so halbiert sich die Stromstärke.
- Wird der Durchmesser  $d$  des Drahtes verdoppelt, so vervierfacht sich die Stromstärke.

### Aufgabe 8

In Metallen tragen vor Allem die nur schwach lokalisierten Elektronen zum Ladungstransport bei. Dabei wechselwirken sie mit dem Metallgitter, stoßen also schon nach kurzer Zeit gegen ein Atom. Dabei verlieren sie einen Teil ihrer Bewegungsenergie und/oder ändern ihre Richtung. Auf diese Weise erreichen die Elektronen keine hohen Geschwindigkeiten,

sondern werden immer wieder abgebremst und bewegen sich mit einer niedrigen mittleren Geschwindigkeit.

### Aufgabe 9

Kennlinie b gehört zum größeren Widerstand. Betrachte die gemessenen Stromstärken an Widerstand a ( $I_a$ ) und b ( $I_b$ ) bei gleicher angelegter Spannung  $U$ . Offenbar ist  $I_a > I_b$ . Aus dem Ohmschen Gesetz ( $U = R \cdot I$ ) folgt, dass  $R_a < R_b$  sein muss.

## Lösung der Rechenaufgaben:

### Aufgabe 10

Es gelten  $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$  und  $A = \pi \cdot r^2$  (mit Ohmscher Widerstand  $R$ , spezifischem Widerstand  $\rho$  und Querschnittsfläche des Drahtes  $A$ ). Der Widerstand pro Längeneinheit berechnet sich zu:

$$\frac{R}{L} = \frac{\rho}{\pi r^2} = \frac{1.6 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}}{\pi \cdot (0.001 \text{ m})^2} = 5 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{m}$$

### Aufgabe 11

Formel zur Berechnung der Kapazität  $C$  eines Plattenkondensators (siehe Skript)

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Werte einsetzen

$$C = 8.885 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \cdot \frac{(0.5 \text{ m})^2}{0.001 \text{ m}} = 2.2 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 2.2 \text{ nF}$$

### Aufgabe 12

Aus  $U = E \cdot d$  folgt

$$d = \frac{U}{E} = \frac{2000 \text{ V}}{3 \cdot 10^7 \text{ V/m}} = 6.7 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Kapazität eines Kondensators mit Dielektrikum:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \text{ (siehe Skript)}$$

umformen nach  $A$  und einsetzen:

$$A = \frac{Cd}{\epsilon_0 \epsilon_r} = \frac{0.1 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 6.7 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{8.9 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \cdot 12} = 0.063 \text{ m}^2 = 630 \text{ cm}^2$$