

1. Stromdichte, Kontinuitätsgleichung, elektrisches Feld und Mr. Ohm

In isotropen Materialien ist die Stromdichte \vec{j} näherungsweise der elektrischen Feldstärke \vec{E} proportional $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ (allgemeines Ohmsches Gesetz). Im *stationären* Fall gilt (WARUM?)

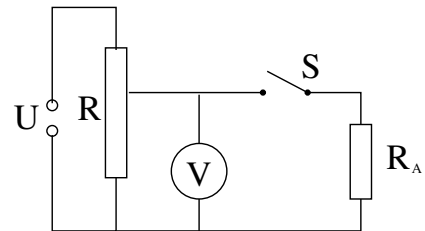
$$\nabla \cdot \vec{j} = 0 \quad \text{und} \quad \nabla \times \vec{E} = 0$$

Wenn das stromleitende Material an einem vollkommenen Isolator (Vakuum) angrenzt, muss man überdies das Verschwinden der Normalkomponente von \vec{j} als Randbedingung fordern.

Zeigen sie (*kurz*), dass diese Forderungen für einen geraden Draht von konstanter Querschnittsfläche A erfüllt sind, wenn man die Stromdichte im Inneren als konstant ansetzt. Wie kommt das Ohmsche Gesetz in der integralen Form $U = R \cdot I$ mit $R = \frac{l}{\sigma A}$ für eine Spannung U zwischen den Drahtenden im Abstand l zustande?

2. Netzwerke 1

An einem Spannungsteilerwiderstand $R = 120\Omega$ wird eine Betriebsspannung $U = 220V$ angelegt. Ohne Belastung (Schalter S geöffnet) wird eine Teilspannung von $U_1 = 100V$ eingestellt. Welche Spannung U_2 stellt sich bei Belastung mit $R_A = 16\Omega$ (Schalter S geschlossen) ein?



3. Netzwerke 2

Ein Drehspulinstrument, dessen Skala 100 Teilstriche enthält, hat einen Innenwiderstand $R_i = 10\Omega$. Die maximal zulässige Stromstärke beträgt $I_m = 10 \text{ mA}$.

- (a) Welcher Zusatzwiderstand R_v ist erforderlich, damit das Instrument bei Vollausschlag $U = 300V$ anzeigt ?
- (b) Welcher Zusatzwiderstand R_s ist erforderlich, damit das Instrument bei Vollausschlag $I = 0.2A$ anzeigt ?

4. Elektrolytische Leitung

Eine KCl-Lösung mit einer Konzentration von 10^{-4} Mol/cm^3 besitzt bei 15° C eine spezifische Leitfähigkeit von $\sigma = 1.05 \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$. Aus anderen Messungen wurde das Verhältnis der Ionenradien zu $a_{\text{Cl}}/a_{\text{K}} = 1.36$ bestimmt.

- (a) Wie groß sind die beiden Ionenradien?

- (b) Mit welchen Geschwindigkeiten bewegen sich die Ionen in einem Feld von $E = 500 \text{ V/m}$?

Für die Wanderung der Ionen soll das Stokessche Gesetz über den Flüssigkeitswiderstand für eine Kugel bei laminarer Strömung, $F_R = 6\pi\eta av$, verwendet werden. Die Viskosität von Wasser nehme man mit $\eta = 10^{-3} \text{ m}^{-1} \text{ kg s}^{-1}$ an.

5. Faradaysche Gesetze

1. *Faradaysches Gesetz: Elektrochemisches Äquivalent.*

- Wieviel Kilogramm eines Stoffes in Lösung, der in z -fach geladenen Ionen dissoziiert, werden bei der Elektrolyse durch einen Strom von 1 A und 1 s Dauer, d.h. bei Transport der Ladung 1C, abgeschieden (elektrochemisches Äquivalent K)
- Wie groß ist K für Gold? Gold hat die relative Atommasse $A_r = 196,067$ und ist 3-wertig.

2. *Faradaysches Gesetz (der Elektrolyse)*

Zwei elektrolytische Tröge mit AgNO_3 - und CuSO_4 - Lösungen sind in Reihe geschaltet. Wieviel Kupfer wird in derselben Zeit abgeschieden, in der 108mg Silber abgeschieden worden sind? Relative Atommassen: $A_{r1} = 107,868$ (Ag); $A_{r2} = 63,546$ (Cu).

6. Stromfluss in Metallen

Ein Kupferdraht mit $A = 1 \text{ mm}^2$ Querschnitt und einem spezifischem Widerstand von $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ leitet einen Strom von $I = 1,0 \text{ A}$.

- (a) Berechnen Sie das elektrische Feld E und die Spannung U , die in einem Draht der Länge $l = 3 \text{ m}$ abfällt.
- (b) Berechnen Sie die Driftgeschwindigkeit v_D der Elektronen im Metall unter der Annahme, dass jedes Kupferatom ein Leitungselektron freisetzt.
(Cu: spez. Dichte $\rho_{\text{Cu}} = 8,93 \text{ g/cm}^3$, Molmasse $M = 63,5 \text{ g/Mol}$)
- (c) Berechnen Sie die mittlere Streuzeit τ der Elektronen unter der Annahme, dass die Elektronen nach jedem Stoß (im Mittel) $v = 0$ haben und durch das elektrische Feld E beschleunigt werden.
- (d) Berechnen Sie die Beweglichkeit μ ($v_D = \mu E$) der Elektronen im Kupfer. Metallartige ("entartete"), 2-dimensionale Elektronensysteme in speziellen Halbleiterschichtsystemen weisen bei tiefen Temperaturen ($T = 1 \text{ K}$) Beweglichkeiten über $\mu = 10^7 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ in der Schichtebene auf. Welche Streuzeit und Driftgeschwindigkeit für die Elektronen ergeben sich bei einem elektrischen Feld wie in a).

Virtuelles Rechnen - Aufteilung: ||1||2||3||4||5||6||

Übungsleiter: Frank Hartmann, IEKP, CN, KIT

Tel.: +41 75411 4362; Mobil - immer

Tel.: +49 721 608 23537 - ab und zu

Email: Frank.Hartmann@kit.edu

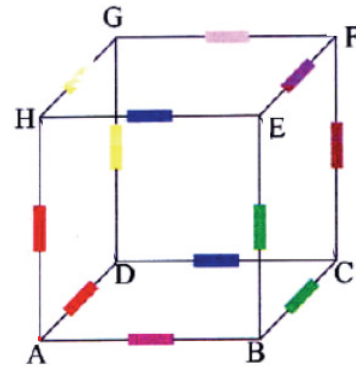
www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/EDYN.htm

Und zum Spass (Teaser ohne Kreuze), einfach mal drüber nachdenken :-):

1. Würfel

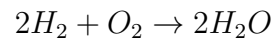
Gegeben sei ein Würfel aus gleichen Widerständen mit jeweils 1Ω Widerstand (siehe Abbildung). Berechnen Sie den Gesamtwiderstand, wenn die Anschlüsse

- (a) in der Raumdiagonalen sind (Bsp.: A-F)
- (b) in der Flächendiagonal gegenüber liegen (Bsp.: A-E)
- (c) benachbart sind (Bsp.: A-B)



2. Elektrolyse

Die Reaktion zur Bildung von Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff



erfolgt unter Wärmeabgabe (exotherm), wobei eine Wärme von $\Delta H = 5,75 \cdot 10^5 J$ freigesetzt wird. Wie groß muss die elektrische Spannung U mindestens sein, um eine Zerlegung des Wassers durch Elektrolyse zu erreichen.