

# Übungsblatt ED 3

## E2/E2p Elektrodynamik, Prof. Braun, SoSe 2020

### Widerstände, Schaltungen, Magnetfelder, Teilchen im Magnetfeld

#### Mündliche Aufwärmfragen: Haben Sie gut aufgepaßt?

Formel für die Energie eines Dipols im elektrischen Feld? Definition eines Stroms? Einer Stromdichte? Typische Geschwindigkeit von Ladungsträgern in Metallen? Ohm'sches Gesetz? Wie ist die Temperaturabhängigkeit des Widerstands bei Metallen und bei Halbleitern? Skizzieren Sie die Kirchhoff'sche Knoten- und Maschenregel? Was ist die "recht Handregel" für das Magnetfeld? Definition für magnetischer Fluß?  $\text{div}\vec{B}=?$   $\oint\vec{B}\vec{d}s=?$  Definition der elektrischen Arbeit? Der elektrischen Leistung?

#### Aufgaben zum Vorrechnen

##### 1. Nervenwiderstand (leicht)

Physiologischer Salzpuffer, also eine Salzlösung die der Flüssigkeit in Säugetierzellen sehr ähnlich kommt, hat eine spezifische Leitfähigkeit von etwa  $75\Omega\text{cm}$ . Berechnen Sie den elektrischen Widerstand einer Ihrer Rückenmarksnervenzellen (Länge 1m, Durchmesser  $3\mu\text{m}$ ). Es ist wohl doch besser, daß Nervenimpulse nicht mit Gleichstrom übertragen werden!

##### 2. Kupferabscheidung (leicht)

Sie wollen auf einer  $1\text{cm}^2$  großen Fläche Kupfer der Dicke 0.1 mm abscheiden. Wie lange müssen Sie hierzu einen Strom von 0.2 A fließen lassen? (Kupfer ist in Lösung 2-fach geladen. Molekulargewicht  $M_W=63.5\text{g/mol}$  und Dichte von Kupfer  $8.96\text{g/cm}^3$ ).

##### 3. Magnetfelder (mittel)

(a) Berechnen Sie das Magnetfeld innerhalb und außerhalb eines mit Strom I durchflossenen Kabels mit Radius a. Nehmen Sie hierzu an, daß der Strom im Inneren des Leiters homogen verteilt ist.

(b) Berechnen Sie das Magnetfeld innerhalb eines Koaxialkabels welcher mit Strom I durchflossen wird (innerer Stromleiterradius a, äußere Abschirmung bei Radius b soll eine vernachlässigbare Dicke aufweisen). Der Strom im inneren Kern fließt entgegen dem äußeren Strom in der Abschirmung. Welche Eigenschaft des externen Magnetfelds bewirkt die Abschirmung?

#### 4. Lange Spule versus Plattenkondensator (mittel)

Wir möchten die (Anti)Symmetrien zwischen den Randbedingungen des elektrischen und des magnetischen Felds betrachten. Dazu rekapitulieren wir das Beispiel einer langen Spule aus der Vorlesung.

a) Beschreiben Sie mit eigenen Worten und eventuell einer Skizze der Geometrie noch einmal die Integralsätze  $\iint \vec{E} \cdot d\vec{A} = Q/\epsilon_0$  und  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I$ .

b) Mit einer "flachen Kiste" um die Ladung auf einer Platte des Kondensators hatten wir hergeleitet, daß das senkrecht stehende elektrische Feld einen Sprung von  $\sigma/\epsilon_0$  macht mit der Ladungsflächendichte  $\sigma$ . Leiten Sie dies aus dem obigen Gauss-Satz her.

c) Analog - aber geometrisch anders gelagert - konnten wir aus dem Ampère-Gesetz zeigen, daß die parallele Komponente des magnetischen Feldes einen Sprung macht um den Betrag  $\mu_0 i$  mit einer Stromdichte pro Länge  $i$ , in der Vorlesung als  $NI/L$  definiert mit  $N$  der Windungszahl,  $L$  der Länge und  $I$  des Stromes durch den Draht. Leiten Sie dies aus dem Ampère-Gesetz her.

d) Jetzt können Sie aus (c) einen Ausdruck für das Magnetfeld einer langen Spule ausrechnen. Machen Sie mit (b) dasselbe für das E-Feld eines Plattenkondensators.

#### 5. Komplexe Schaltungen (mittel-knifflig)

Stellen Sie mit den Kirchhoff'schen Regeln das Gleichungssystem auf und den Lösungsweg dar, mit dem der Widerstand der rechts stehenden Anordnung bestimmt werden kann. Geben Sie dazu die Stromrichtungen  $I_1 \dots I_5$  durch die Widerstände vor und ermitteln Sie den Strom  $I_A$  durch den Punkt A als Funktion der Spannung zwischen A und B. Das Lösen des Gleichungssystems sparen wir uns, wer mag, kann es mit Mathematica etc. angehen.

