

**Abgabe:** bis 29.04.2014, 18:00 (Fächer vor Büro 1.20)

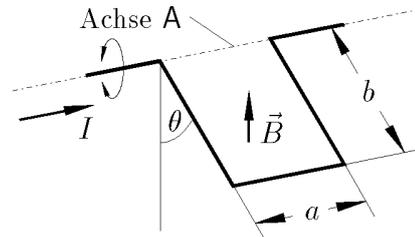
**15.04.2014**

**Hinweis:**

Die Folien für Kapitel 5 „Wechselstrom & elektrotechnische Anwendungen“ sind auf ADAM verfügbar.  
 Ordner: Calame public/Physik II FS2014/Vorlesung

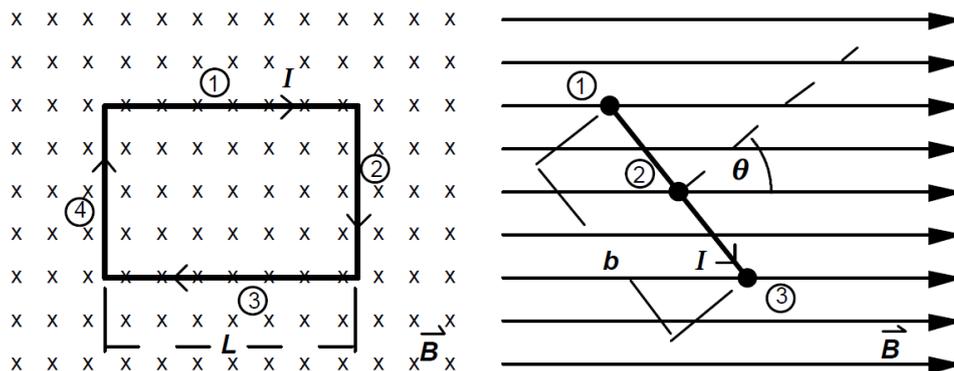
**Aufgabe 1 - Stromdurchflossener Drahtbügel im Magnetfeld (6 Punkte)**

Ein entsprechend der Abbildung geformter Drahtbügel ist um die Achse  $A$  frei drehbar. Der Draht, aus einem Material mit der Dichte  $\rho$ , hat den Querschnitt  $A_D$ . Er wird von einem Strom  $I$  durchflossen und befindet sich sowohl im Schwerfeld der Erde, als auch in einem dem Schwerfeld entgegen, senkrecht nach oben gerichteten homogenen Magnetfeld mit der konstanten magnetischen Flussdichte  $\vec{B}$ . Er wird dadurch aus der senkrechten Lage um den Winkel  $\theta$  ausgelenkt.



- Leiten Sie für den allgemeinen Fall den Auslenkwinkel in Abhängigkeit vom Strom  $I$  her.
- Man berechne den Strom  $I$  für den speziellen Fall eines Kupferbügels mit den Abmessungen  $a = 2.0\text{cm}$ ,  $b = 3.0\text{cm}$  und einem Drahtdurchmesser  $d = 2.0\text{mm}$ , der bei einer magnetischen Flussdichte  $B = 20\text{mT}$  um den Winkel  $\theta = 45^\circ$  ausgelenkt wird. Die Dichte des Kupfers beträgt  $\rho_{Cu} = 8.9 \cdot 10^3 \text{kgm}^{-3}$ .

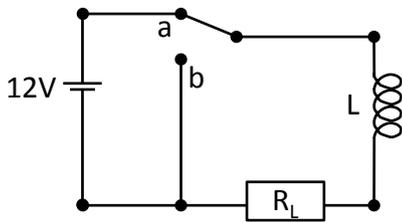
**Aufgabe 2 - Drehmoment einer Leiterschleife im Magnetfeld (6 Punkte)**



Eine rechteckige Leiterschleife (Länge  $l$ , Breite  $b$ ) befindet sich in einem homogenen Magnetfeld und wird von einem konstanten Strom  $I$  durchflossen. Orientierung der Leiterschleife und Stromrichtung sind aus der Abbildung ersichtlich.

- Zeichnen Sie eine Skizze mit allen wirkenden Kräften.
- Bestimmen Sie das auf die Leiterschleife wirkende Drehmoment. Formulieren Sie das Ergebnis unter Berücksichtigung von  $p_m = I \cdot A$  (magn. Dipolmoment der Leiterschleife).
- Vergleichen Sie ihr Ergebnis mit dem Drehmoment eines elektrischen Dipols im homogenen  $\vec{E}$ -Feld.
- Die Stromquelle wird durch ein Oszilloskop ersetzt, mit dem der Zeitverlauf einer Spannung aufgenommen werden kann. Berechnen Sie die induzierte Spannung  $U(t)$ , wenn die Leiterschleife von  $\theta_0 = 0^\circ$  auf  $\theta_1 = 90^\circ$  mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit  $\omega = 10\text{Hz}$  gedreht wird. In welche Richtung fließt der induzierte Strom in der Leiterschleife?

### Aufgabe 3 - Selbstinduktion (5 Punkte)



Der obige Stromkreis besteht aus einer Spannungsquelle und einer realen Spule, welche in der Skizze durch ihr Ersatzschaltbild bestehend aus einer idealen Spule mit Induktivität  $L$  und einem Spulenwiderstand  $R_L$  dargestellt wird. Der Schalter ist seit langer Zeit in der Stellung  $a$ . Bei einer Spannung von  $12.0V$  beträgt die Stromstärke  $48mA$ . Zum Zeitpunkt  $t_0$  wird der Schalter instantan auf Stellung  $b$  umgelegt.

- Berechnen Sie den Widerstand  $R_L$ .
- Berechnen und skizzieren Sie die Verläufe von  $I(t)$  und  $U_{ind}(t)$ .

### Aufgabe 4 - Hallspannung (4 Punkte)

Man lässt durch eine Platte aus leitendem Material mit der Dicke  $d$ , der Breite  $b$  und der Länge  $l$  in Längsrichtung einen Strom mit der Stromdichte  $\vec{j}$  fließen. Wird senkrecht zur Platte ein homogenes Magnetfeld mit der magnetischen Flußdichte  $\vec{B}$ , entsteht eine Hallspannung  $U_H$  senkrecht zu  $\vec{B}$  und  $\vec{j}$ .

- Leiten Sie die Hallspannung für den Fall der reinen Elektronenleitung in Abhängigkeit von Stromstärke, magnetischer Flussdichte, Abmessungen der Platte und den Materialeigenschaften her.
- Geben Sie einen Ausdruck für die Dichte  $n_e$  der Leitungselektronen an und ermitteln Sie ihre Beweglichkeit  $\mu_e$ .

Hinweis:

Die Ladungsträgermobilität  $\mu$ , meist einfach Mobilität genannt, bezeichnet den Zusammenhang zwischen der Driftgeschwindigkeit von Ladungsträgern  $\vec{v}_D$  und einem angelegten elektrischen Feld  $\vec{E}$ :

$$\vec{v}_D = \mu \vec{E}$$

### Aufgabe 5 - Transformator (5 Punkte)

Ein Luftspulentransformator besteht aus zwei langen Zylinderspulen mit Querschnittsfläche  $A$ , die dicht übereinander gewickelt sind, und die Windungszahlen  $N_1$  und  $N_2$  haben. Bestimmen sie die Sekundärspannung  $U_2$  und den Sekundärstrom  $I_2$  sowie ihre Phasenverschiebung gegen die Primärspannung  $U_1$ , wenn der Transformator

- mit dem Widerstand  $R$  bzw.
- mit einem Kondensator mit Kapazität  $C$  belastet wird.

### Aufgabe 6 - Zusammenfassung der klassischen Elektrodynamik (4 Punkte)

Alle Phänomene der Elektrodynamik können durch die vier Maxwell-Gleichungen und die Lorentz-Kraft in Kombination mit der Newtonschen Bewegungsgleichung beschrieben werden. Die Maxwell-Gleichungen erfüllen zudem die Kontinuitätsgleichung:

$$\nabla \cdot \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

- Geben Sie die Maxwell-Gleichungen in Materie und im Vakuum an. Stellen Sie die Unterschiede heraus.
- Leiten Sie die Kontinuitätsgleichung durch Umformung der Maxwell-Gleichungen in Materie ab.
- Geben Sie die Lorentzkraft in der allgemeinen Form an.  
Es sei nun ein elektrisches Feld  $\vec{E} = E\vec{e}_y$  und magnetisches Feld  $\vec{B} = B\vec{e}_z$  gegeben. Stellen Sie für diesen Fall das Differentialgleichungssystem auf, welches die Bewegung eines geladenen Teilchens in alle drei Raumkomponenten beschreibt.