



# FERIENKURS EXPERIMENTALPHYSIK 2

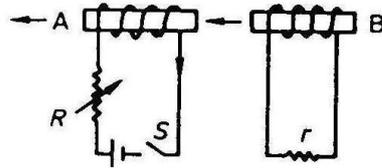
## Übung 5

### Elektrodynamik

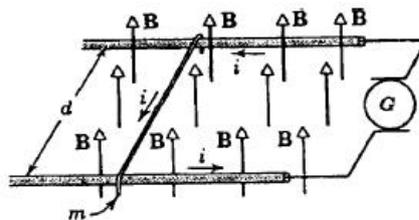
Andreas Brenneis, Marcus Jung, Ann-Kathrin Straub

17.09.2010

- Die Spulen in der unten gezeigten Anordnung seien gleichsinnig um Eisenkerne gewickelt. Bei geschlossenem Schalter  $S$  und im Gleichgewicht fließt der Strom wie im Kreis A angedeutet. Geben Sie für die folgenden Fälle an, ob der elektrische Strom im Kreis B im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn fließt und begründen Sie Ihre Antwort:
  - Schalter  $S$  wird geöffnet,
  - Schalter  $S$  ist geschlossen und Widerstand  $R$  wird reduziert,
  - Schalter  $S$  ist geschlossen und die Spule A wird in Richtung des Pfeils von Spule B entfernt.



- Ein Metalldraht der Masse  $m$  und dem elektrischen Widerstand  $R$  gleitet reibungsfrei auf zwei parallelen Metallschienen (Abstand  $d$ ) gemäß der Skizze in einem zeitlich konstanten homogenen Magnetfeld der Flussdichte  $B$ .
  - In welche Richtung wird der Stab bei der angegebenen Polung/ Stromfluss beschleunigt?
  - Der Generator  $G$  liefert einen konstanten Strom  $I$ . Stellen Sie die Differentialgleichung für die Bewegung des Metalldrahtes auf und berechnen Sie seine Geschwindigkeit  $v(t)$ .
  - Der Generator  $G$  wird nun durch eine Batterie ersetzt, die eine konstante Spannung  $U_B$  liefert. Bestimmen Sie die im Metalldraht induzierte Spannung  $U_d$  und den induzierten Strom  $I_d$ , wenn sich der Draht mit der Geschwindigkeit  $v$  entlang der Metallschiene bewegt.
  - Stellen Sie die Bewegungsgleichung für den Fall (b) auf und bestimmen Sie  $v(t)$  und die Endgeschwindigkeit  $v_e$ .
  - Zeigen Sie, dass beim Erreichen der Endgeschwindigkeit im Metalldraht kein Strom fließt.



- Ein einfacher Tiefpass besteht aus einer Kapazität  $C$  und einem Widerstand  $R$ , die in Reihe geschaltet sind. Man greift die Spannung  $U_a$  ab, die an dem Widerstand abfällt. Diese Schaltung ist nun an eine Spannungsquelle  $U_e = U_0 \cos \omega t$  angeschlossen.
  - Berechnen Sie den Strom mit dem Ansatz  $I = I_0 \sin(\omega t + \varphi)$ . Stellen Sie dazu die DGL für die Spannung auf und Lösen Sie sie im Reellen. Berechnen Sie auch den Tangens des Phasenwinkels  $\varphi$ . (Hinweis: Verwende Additionstheorem  $\sin(x + y) = \sin(x) \cos(y) + \sin(y) \cos(x)$ ,  $\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$ , oder einfach das erhaltene Gleichungssystem für  $t = 0$  betrachten.)
  - Nun betrachten Sie das Problem im Komplexen. Für  $U_e$  gilt dann  $U_e = U_0 e^{i \cdot \omega t}$ . Wie lautet der Gesamtwiderstand  $Z$ ? Berechnen Sie den Strom im Komplexen. Stimmen die Ergebnisse überein?

- c) Wir bleiben im Komplexen und berechnen noch das Verhältnis von der abgegriffenen Spannung am Widerstand  $U_a$  zur Spannung  $U_e$ :

$$\eta = \frac{|U_a|}{|U_e|} \quad (1)$$

## Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

4. In einem LC-Schwingkreis mit  $L = 50\text{mH}$  und  $C = 4\mu\text{F}$  befindet sich der Strom zu Beginn an seinem Scheitelwert. Nach welcher Zeit ist die Kapazität zum ersten Mal maximal geladen?
5. Ein Parallelschwingkreis oszilliert mit einer Frequenz von  $800\text{kHz}$ . Nach 30 Schwingungen ist die Spannungsamplitude am Kondensator  $C = 1\text{nF}$  auf die Hälfte ihres Anfangswertes gesunken. Wie groß sind  $R$  und  $L$ ?
6. Ein System aus oszillierenden Dipolen, die in einem kleinen (praktisch punktförmigen) Volumen konzentriert sind, strahlt isotrop eine Leistung von  $10^4\text{W}$  ab. Wie groß sind in einer Entfernung von  $r = 1\text{m}$  ( $r \gg$  Quellenausdehnung) die Amplituden des elektrischen und magnetischen Feldes? Wie groß ist die Intensität der elektromagnetischen Welle?
7. Die Sonne strahlt der Erde eine Leistung von  $1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$  (Solarkonstante) zu. Wie groß sind elektrische und magnetische Feldstärke der Sonnenstrahlung auf der Erde, wenn Reflexion und Absorption in der Erdatmosphäre nicht berücksichtigt werden? Wie groß ist die gesamte von der Sonne in alle Richtungen abgestrahlte Leistung? Wie groß ist die elektrische Feldstärke der Strahlung auf der Sonnenoberfläche (Radius Sonne:  $6,96 \cdot 10^5\text{km}$ )?
8. Eine Glühlampe mit einer elektrischen Leistung von  $100\text{W}$  strahlt 70% dieser Leistung isotrop in Form elektromagnetischer Wellen ab. Wie groß ist die elektrische Feldstärke in  $1\text{m}$  Entfernung? Man vergleiche dies mit der Feldstärke der Sonnenstrahlung. Welche Leistung müsste die Lampe haben, damit die Feldstärken gleich sind?
9. Die maximale Intensität der Sonnenstrahlung auf eine zur Sonnenrichtung senkrechte Fläche auf der Erdoberfläche ist in Deutschland im Juni etwa  $800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ . Welche Leistung würde durch die Augenpupille (Durchmesser  $2\text{mm}$ ) gehen, wenn man ungeschützt in die Sonne schauen würde? Die Augenlinse bildet die Sonnenscheibe auf einem Fleck mit etwa  $0,1\text{mm}$  Durchmesser auf der Netzhaut ab. Wie groß ist die Intensität auf der Netzhaut?
10. Ein Flugzeug empfängt von einem  $10\text{km}$  entfernten Radiosender ein Signal mit der Intensität  $10 \frac{\mu\text{W}}{\text{m}^2}$ . Berechne die Amplitude, des von diesem Signal hervorgerufenen elektrischen Feldes im Flugzeug, die Amplitude des zugehörigen Magnetfelds und die Gesamtleistung des Senders (der isotrop strahlen soll)!
11. Eine ebene elektromagnetische Welle mit einer Wellenlänge von  $3\text{m}$  bewege sich im Vakuum in positiver  $x$ -Richtung. Ihr elektrisches Feld  $\mathbf{E}$  habe eine Amplitude von  $300 \frac{\text{V}}{\text{m}}$  und zeige in  $y$ -Richtung. Berechne die Frequenz der Welle! Gib die Richtung und Amplitude des zugehörigen magnetischen Felds an. Gib die Werte von  $k$  und  $\omega$  an, wenn  $E = E_m \sin(kx - \omega t)$  ist. Wie groß ist die zeitgemittelte Rate des Energieflusses der durch diese Welle erzeugt wird?