

**Übungen zu Physik III**

*H.F. Arlinghaus, R. Friedrich*, Veranstaltung Nr. 110969, WS 2005/06

<http://pauli.uni-muenster.de/menu/Arbeitsgebiete/friedrich/lehrews0506.html>

\*=Aufgaben aus der Experimentalphysik

SCHRIFTLICH:

**Aufgabe 1: Hilfsformel (1 P)**

Zeigen Sie, daß die Beziehung

$$\operatorname{rot}_r \frac{\mathbf{j}(\mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} = \mathbf{j}(\mathbf{r}') \times \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} \quad (1)$$

gilt für  $\mathbf{r} \neq \mathbf{r}'$ .

**Aufgabe 2: Ringspule (1 P)**

Zeigen Sie mit Hilfe des allgemeinen Durchflutungsgesetzes, daß das  $B$ -Feld im Inneren einer Ringspule mit  $N$  Windungen durch die ein Strom  $I$  fließt gegeben ist durch

$$B(r) = \frac{\mu_0 I N}{2\pi r} \quad (2)$$

MÜNDLICH:

**Aufgabe 3: Magnetische Erregung\* (2 P)**

Eine Überlandleitung bestehe aus Aluminium-Seilen mit  $D = 60$  mm Durchmesser. Wie groß ist die magnetische Erregung  $H$

- an der Leiteroberfläche,
- in 20 m Entfernung (an der Erdoberfläche),

wenn ein Strom von  $I = 150$  A durch die Leitung fließt? Welche Richtung hat  $\vec{H}$ ? Warum ist die am Erdboden gemessene, durch Überlandleitungen hervorgerufene magnetische Erregung in der Praxis wesentlich geringer? Wie ist der Feldverlauf  $H(r)$  im Innern des Leiters, wenn die Stromdichte  $j$  im Leiter überall gleich ist? Zeichnen Sie die Funktion  $H(r)$  innerhalb und außerhalb des Leiters.

**Aufgabe 4: Magnetische Induktion einer Spule\* (2 P)**

Berechnen Sie mit Hilfe des Biot-Savart'schen Gesetzes die magnetische Induktion  $\vec{B}$  im Mittelpunkt einer langen Spule ( $N = 1000$  Windungen; Länge  $L = 20$  cm; Radius  $R = 2$  cm; Stromstärke  $I = 1$  A). Wie groß ist  $\vec{B}$  bei einer unendlich langen Spule ( $L \rightarrow \infty$ )?

**Aufgabe 5: Hilfsformeln zur Multipolentwicklung (2 P)**

Nehmen Sie an, daß die Stromdichte  $\mathbf{j}$  die Voraussetzungen

$$\operatorname{div} \mathbf{j} = 0, \quad \lim_{|\mathbf{r}| \rightarrow \infty} \mathbf{j}(\mathbf{r}) = 0 \quad (3)$$

erfüllt. Zeigen Sie, daß dann die beiden Integralbeziehungen

$$\int d^3r \mathbf{j}(\mathbf{r}) = 0 \quad (4)$$

und

$$\int d^3r' [\mathbf{r} \cdot \mathbf{r}'] \mathbf{j}(\mathbf{r}') = - \int d^3r' [\mathbf{r} \cdot \mathbf{j}(\mathbf{r}')] \mathbf{r}' \quad (5)$$

gelten, wobei die Integration über den ganzen Raum  $R^3$  erfolgt.

**Aufgabe 6: Taylorentwicklung (1 P)**

Beweisen Sie, daß für  $|\mathbf{r}'| \ll |\mathbf{r}|$  gilt

$$\frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} = \frac{1}{|\mathbf{r}|} + \frac{\mathbf{r} \cdot \mathbf{r}'}{|\mathbf{r}|^3} + \dots \quad (6)$$

**Aufgabe 7: Spule endlicher Länge (4 P)**

a) Gegeben sei eine sehr dicht gewickelten Spule der Länge  $L$ , die von einem Gleichstrom  $I$  durchflossen wird und die  $z$ -Achse als Spulenachse hat. Der Spulenradius sei  $R$ . Die Windungszahl sei  $n$ . Berechnen Sie mit Hilfe des Biot-Savartschen Gesetzes die magnetische Induktion  $B(z)$  (in  $z$ -Richtung) auf der  $z$ -Achse. Hinweis: siehe Aufg. 6.

b) Diskutieren Sie die Grenzfälle  $L \gg R$  und  $L \ll R$ .

c) Berechnen Sie das magnetische Moment und das  $B$ -Feld der Spule in einem Aufpunkt  $\mathbf{r}$ , der sich in großer Entfernung vom Spulenmittelpunkt befindet (Dipolnäherung).

Hinweis: Im Laufe der Rechnung werden Sie dem Integral  $\int [f(x)]^{-3/2} dx$  mit  $f(x) = ax^2 + bx + c$  begegnen. Die Stammfunktion dieses Integrals finden Sie in den meisten Formelsammlungen.