

Übungen zur Einführung in die Physik II

für Studierende der Physik, Nanowissenschaften, Informatik, Chemie und Mathematik

Abgabe: 20.04.2012 in der Vorlesung

10.04.2012

1. Vektorpotentiale (4 Punkte)

- a) Zeigen Sie, dass die Integralform des Ampere'schen Gesetzes unter Verwendung der Coulomb-Eichung lautet:

$$\vec{A}_m(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{\vec{j}(\vec{r}')}{|\vec{r}-\vec{r}'|} d^3r',$$

wobei $\vec{A}_m(\vec{r})$ das Vektorpotential und $\vec{j}(\vec{r}')$ die Stromdichte ist.

- b) Leiten Sie aus diesem Ausdruck das Biot-Savart-Gesetz ab

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{\vec{j}(\vec{r}') \times (\vec{r}-\vec{r}')}{|\vec{r}-\vec{r}'|^3}.$$

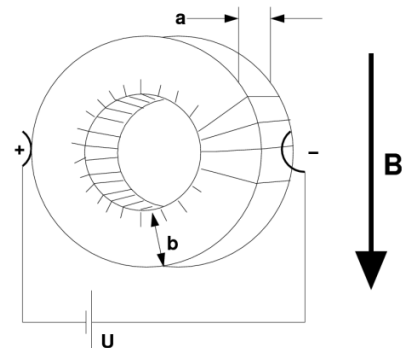
Hinweis: Benutzen Sie die Definition des Vektorpotentials: $\vec{B}(\vec{r}) = \vec{\nabla} \times \vec{A}_m(\vec{r})$ und zeigen Sie zuerst,

dass die folgende Beziehung gilt: $\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{|\vec{r}-\vec{r}'|} \right) = -\frac{x-x'}{|\vec{r}-\vec{r}'|^3}$

2. Gleichstrommotor (4 Punkte)

Eine dichtgewickelte Toroidspule mit Querschnitt $a \cdot b$ und $\mu=1$ rotiert mit der Frequenz ν um ihre Achse in einem senkrecht zur Achse stehenden Magnetfeld B . Schleifkontakte, angebracht an den Enden des Durchmessers, der senkrecht zur Feldrichtung verläuft, sind mit einer Gleichspannungsquelle U_0 verbunden. Der Ohmsche Widerstand pro Spulenhälfte sei $2 \cdot R$.

- a) Wie gross sind der Anlaufstrom, die entsprechende Leistung $P_{el}(\nu=0)$ und das Anzugsdrehmoment $\tau(\nu=0)$?
 b) Wie gross sind die induzierte Gegenspannung $U_{ind}(\nu)$, der Strom $I(\nu)$, das Drehmoment $\tau(\nu)$, die abgegebene Leistung $P_M(\nu)$ des Motors und der Wirkungsgrad $\eta(\nu)$ als Funktion der Frequenz? (Skizzen!)



3. Quenching (4 Punkte)

Ein supraleitender Magnet besitzt einen zylindrischen Innenraum von 1.4m Durchmesser und 1m Länge. Die kreisförmige Spule hat 1488 Windungen und erzeugt ein nahezu homogenes Feld von 2 Tesla.

- a) Berechnen Sie die magnetische Feldenergie und den Strom in der Spule.
 b) Falls die Supraleitung im Störfall zusammenbricht (Quenching), nimmt der Strom sehr rasch ab. Welche Spannung tritt an den Spulenden auf, wenn der Strom in 1s auf 0A abfällt?
 c) Wie stark würde sich die Spule (Masse 200kg) erwärmen, wenn in diesem Fall die gesamte Energie im Kupferleiter deponiert würde (spez. Wärmekapazität von Kupfer 376Ws/(kgK))?

4. Sättigungsmagnetisierung (4 Punkte)

In einer Ringspule mit Eisenkern misst man das Feld B als Funktion des erregenden Stromes (d. h. als Funktion der magnetischen Feldstärke $\mu_0 H = \mu_0 I N / L$, wobei N die Zahl der Windungen auf dem Umfang L ist). Man beginnt bei einer Magnetisierung von $M = 0$. Die Kurve $B (= \mu_0 H)$ ist zunächst näherungsweise eine Gerade mit der Steigung $\kappa_m \sim 10^4$, und nähert sich asymptotisch einer Geraden mit Steigung 1. Die Asymptote schneidet die B -Achse bei $B = 2,3 \text{ T}$.

- Erklären Sie dieses Verhalten.
- Wie gross ist die Sättigungsmagnetisierung?
- Was ist das durchschnittliche magnetische Moment eines Eisenatoms? (Die Dichte von Eisen ist $\rho = 7870 \text{ kg/m}^3$, das Atomgewicht $A = 55,8 \text{ u}$ und die Avogadrozahl $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} / \text{mol}$).
- Wenn man annimmt, dass der Magnetismus von Eisen durch ausgerichtete Elektronenspins herrührt, die jeweils ein magnetisches Moment von einem Bohrschen Magneton $\mu_B = \frac{1}{2} \frac{e}{m} \hbar = 9,27 \cdot 10^{-22} \text{ J/T}$ besitzen: wie viele Elektronenspins pro Eisenatom sind dann im Mittel ausgerichtet?

