

1. **Homogene Wellengleichung.** Fehlen Ströme und Ladungen, dann erfüllen in der Lorentz-Eichung skalares Potential $\phi(\vec{r}, t)$ und Vektorpotential $\vec{A}(\vec{r}, t)$ im Vakuum die homogene Wellengleichung (mit $\square = \Delta - (1/c^2)(\partial^2/\partial t^2)$):

$$\square\phi(\vec{r}, t) = 0,$$

$$\square\vec{A}(\vec{r}, t) = 0.$$

- (a) Zeigen Sie, dass das elektrische Feld \vec{E} und magnetische Induktion \vec{B} dieselbe Differentialgleichung erfüllen. (1 Pkt.)

- (b) Die Ausdrücke (1 Pkt.)

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \sin(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t),$$

$$\vec{B}(\vec{r}, t) = \vec{B}_0 \sin(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t),$$

lösen die Wellengleichung. Welche Beziehung besteht dann zwischen ω und \vec{k} ? Untersuchen Sie die gegenseitige Lage der Vektoren $\vec{k}, \vec{E}_0, \vec{B}_0$!

- (c) Wie groß ist die Energiestromdichte (Energiefluss) parallel bzw. senkrecht zu \vec{k} ? (1 Pkt.)

- (d) Wie groß ist die Feldenergiedichte? (1 Pkt.)

(insgesamt 4 Pkt.)

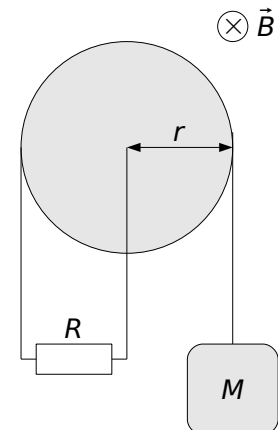
2. **Feldenergie in einer Spule.** Durch eine lange Spule mit n Windungen pro Längeneinheit fließe ein allmählich anwachsender Strom. Der Spulenradius sei R , und der Strom verhalte sich gemäß $I(t) = at$. (4 Pkt.)

- (a) Berechnen Sie das induzierte elektrische Feld im Abstand $r < R$ von der Spulenachse. (2 Pkt.)

- (b) Ermitteln Sie Betrag und Richtung des Poyntingvektors \vec{S} an der zylindrischen Oberfläche (bei $r = R$). (1 Pkt.)

- (c) Berechnen Sie den Fluss $\oint d\vec{f} \cdot \vec{S}$ in das Innere der Spule, und zeigen Sie, dass der Fluss gleich der Anstiegsgeschwindigkeit der magnetischen Energie der Spule ist. (1 Pkt.)

3. **Faradays Gleichstromgenerator.** Nebenstehende Skizze zeigt das Prinzip des Faraday'schen Gleichstromgenerators. Er besteht aus einer ideal leitenden Scheibe (Radius r) in einem konstanten Magnetfeld ($|\vec{B}| = B$), das senkrecht zur Scheibe ist. Schleifkontakte verbinden den Rand der Scheibe über einen Widerstand R mit der Drehachse. Wenn die Scheibe mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit rotiert, liefert die Anordnung einen glatten Gleichstrom. Um die Scheibe ist ein Seil gewickelt, an dem die Masse M hängt. Sie verursacht das nötige Drehmoment, da sich die Masse im homogenen Schwerfeld der Erde befindet.



- (a) Erklären Sie, wie und warum ein Strom fließt. Finden Sie einen quantitativen Ausdruck für die Stromstärke als Funktion der Winkelgeschwindigkeit. (2 Pkt.)

- (b) Angenommen, das Seil wäre lang genug, so wird das System eine konstante Winkelgeschwindigkeit erreichen. Berechnen Sie diese und den dabei fließenden Strom. (1 Pkt.)

(insgesamt 3 Pkt.)

Auf diesem Übungsblatt sind maximal **15 Punkte** zu erreichen, Abgabe der ersten beiden Aufgaben erfolgt am 10.06.2009.