

11. Tutorium

für 19.06.2020

11.1 Kugelwelle

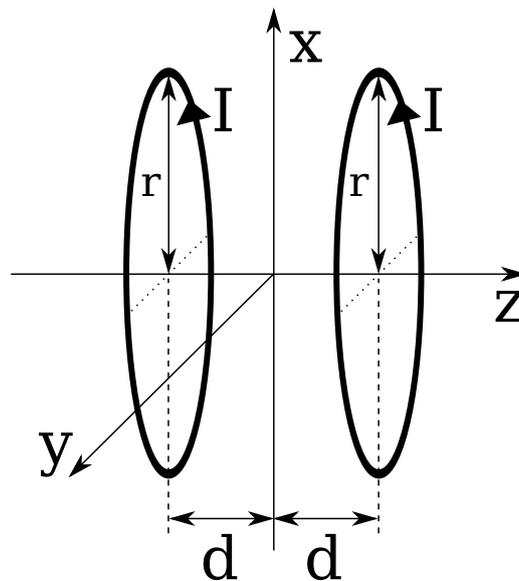
Das Vektorpotential einer Kugelwelle im Vakuum ist

$$\vec{A} = \frac{a_0}{r} e^{i(kr - \omega t)} \vec{e}_z \quad a_0 \in \mathbb{R}. \quad (1)$$

- Berechne \vec{E} und \vec{B} .
- Betrachte nun die Näherung großer Abstände $r \gg \lambda$, wobei λ die Wellenlänge der Kugelwelle ist ("Strahlungszone" bzw. "Fernfeldnäherung"). Berechne \vec{E} und \vec{B} in dieser Näherung.
- Berechne die (über eine Schwingungsperiode) zeitlich gemittelte abgestrahlte Leistung pro Raumwinkelement $\frac{d\langle P \rangle}{d\Omega}$ in der Näherung $r \gg \lambda$ und skizziere das Resultat.
- Berechne die gesamte abgestrahlte Leistung, wenn $r \gg \lambda$.

11.2 Helmholtz-Spule

Gegeben seien zwei eng gewickelte Spulen mit Radius r , welche im Abstand $2d$ voneinander entsprechend untenstehender Skizze angeordnet sind. Jede Spule hat N Windungen in welcher ein Strom der Stärke I fließt.



- a) Berechne das Magnetfeld $\vec{B}(0, 0, z)$ entlang der z -Achse.
 b) Wie groß muss der Abstand d gewählt werden, damit das Magnetfeld um den Ursprung herum möglichst konstant bleibt, also die erste und zweite Ableitung von \vec{B} nach z verschwindet? Wie groß ist das Magnetfeld dann im Zentrum?

11.3 Metallischer Spiegel

Der Halbraum $z < 0$ sei ladungsfreies Vakuum, der Halbraum $z \geq 0$ sei von einer ideal leitenden Substanz erfüllt. Aus dem Vakuum falle eine monochromatische ebene elektromagnetische Welle auf die Grenzfläche $z = 0$ ein, deren elektrische Feldstärke durch

$$\vec{E}^+(z, t) = E_0^+ \cos(kz - \omega t) \vec{e}_x, \quad E_0^+ \in \mathbb{R}, \quad k = \frac{\omega}{c}$$

gegeben ist.

- a) Berechne das elektromagnetische Gesamt-Wellenfeld, das sich im Halbraum $z < 0$ ausbildet. Zeige über Additionstheoreme, dass sich eine stehende Welle bildet. (Hinweis: Im Inneren eines sogenannten „idealen Leiters“ ist das elektromagnetische Feld stets null.)
 b) Berechne die Flächenladungsdichte und die Flächenstromdichte auf der Oberfläche $z = 0$ des idealen Leiters.
 c) Berechne die Energiedichte und die Energiestromdichte im Halbraum $z < 0$ sowie deren zeitliche Mittelwerte über eine Periode $T = \frac{2\pi}{\omega}$ des Wellenfeldes.

Ankreuzbar: 1ab, 1cd, 2a, 2b, 3abc