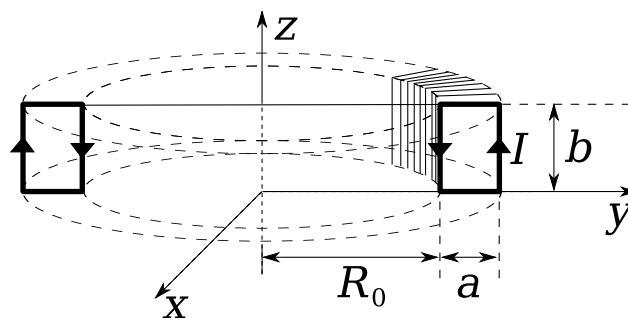


## 11.1 Toroidale Spule mit rechteckigem Querschnitt

a) Eine sehr fein und gleichmäßig gewickelte Spule mit  $N$  Windungen sei um einen in sich ringförmig geschlossenen Spulenkörper gewickelt. Dieser Spulenkörper ergebe sich durch Rotation eines Rechtecks mit Seitenlängen  $a$  und  $b$  um die  $z$ -Achse mit Innenabstand  $R_0$  (siehe Skizze). Durch die Spule werde ein Strom  $I$  geschickt. Welches Magnetfeld ergibt sich im Inneren und Äußeren dieser Spule?

b) Berechne außerdem den magnetischen Fluss durch die Spule und ihre Selbstinduktion. Hat für  $b > a$  die gegebene Spule die größere Selbstinduktion, oder die Spule mit  $a$  und  $b$  vertauscht (sonstige Parameter gleich)?



Hinweis: Überzeuge dich zunächst, dass das Magnetfeld von der Form  $\vec{B}(x, y, z) = B(r, z)\vec{e}_\varphi$  ist (mit  $r, \varphi, z$  Zylinderkoordinaten), und wende dann die Integralform des Oersted'schen Gesetzes über eine geeignete Fläche an, um das Magnetfeld im Innen- und Außenraum zu berechnen.

## 11.2 Permanent magnetisierter Zylinder

Ein unendlich langer *permanent* magnetisierter Zylinder mit dem Radius  $a$  und der  $z$ -Achse als Zylinderachse besitzt die Magnetisierung

$$\vec{M}(r, \varphi, z) = M_0 \frac{r^2}{a^2} \vec{e}_\varphi, \quad M_0 > 0$$

( $r, \varphi, z$  Zylinderkoordinaten).

- a) Berechne die Magnetisierungs-Volumsstromdichte  $\vec{j}_M$  im Inneren des Zylinders und die Magnetisierungs-Flächenstromdichte  $\vec{k}_M$  auf dem Zylindermantel sowie den in  $z$ -Richtung fließenden Gesamtstrom.
- b) Berechne im gesamten Raum das vom magnetisierten Zylinder verursachte  $\vec{B}$ -Feld. Gib ferner für den gesamten Raum das zugehörige  $\vec{H}$ -Feld an.

### 11.3 Verzögerungsplatte

Eine in  $z$ -Richtung propagierende ebene Welle trifft senkrecht auf eine Verzögerungsplatte, die in  $x$ - und  $y$ -Richtung verschiedene Brechungsindizes  $n_x$  und  $n_y$  aufweist. Welche Dicke  $d$  muss die Verzögerungsplatte haben, damit linear polarisiertes Licht mit Polarisationsrichtung um  $+45^\circ$  gegenüber der  $x$ -Achse geneigt (also eine Superposition phasengleicher, gleich starker, in  $x$ - und  $y$ -Richtung linear polarisierter Wellen) als zirkular polarisiertes Licht austritt? Wie ist das austretende Licht polarisiert, wenn eine doppelt so dicke Verzögerungsplatte verwendet wird? Wie bei einer dreifach so dicken Verzögerungsplatte?

### 11.4 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 elektro-magnetische 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, 2ab, 3, 4ab, 4c