

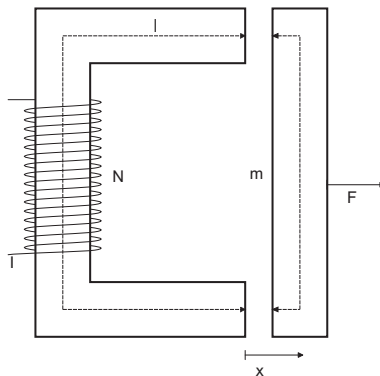
Elektromagnetische Felder

SS 2019

9. Übung

21. Aufgabe

Abgebildet ist ein Lasthebemagnet aus Eisen. Er übt auf die Masse m in Abhängigkeit vom Abstand x eine Kraft aus. Die Spule wird vom Strom I durchflossen und hat N Windungen und die Querschnittsfläche A . Die relative Permeabilität μ_r des Magneten und der Last ist groß genug, so daß sich das $\vec{B}$ -Feld innerhalb des Eisens und des Luftspalts konzentriert. Der Integrationsweg im Eisen kann durch l angenähert werden.



- a) Errechnen Sie zunächst das $\vec{B}$ -Feld und die $\vec{H}$ -Felder in Luftspalt und Eisen.
Hinweis: Integrieren Sie $\vec{H}$ auf dem eingezeichneten Weg durch das Eisen und den Luftspalt. Sie können die Richtung von $\vec{H}$ als parallel zum Integrationsweg annehmen. Innerhalb des Eisens und innerhalb der Luft kann $\vec{H}$ als konstant angenommen werden.
- b) Stellen Sie jeweils eine Formel für die magnetische Energie W_m auf. Einmal in Abhängigkeit vom Strom und dem Abstand ($W_m(I, x)$) und einmal in Abhängigkeit vom Fluss und dem Abstand ($W_m(\phi, x)$). Wie hängt die Energie in beiden Fällen mit dem Abstand zusammen?
- c) Errechnen Sie die Kraft in x -Richtung, die auf die Masse ausgeübt wird.
Hinweis: Bei konstantem Strom ergibt sich die Kraft zu:

$$F = \frac{\partial W_m}{\partial x}$$

Bei konstantem Fluss errechnet sich die Kraft zu:

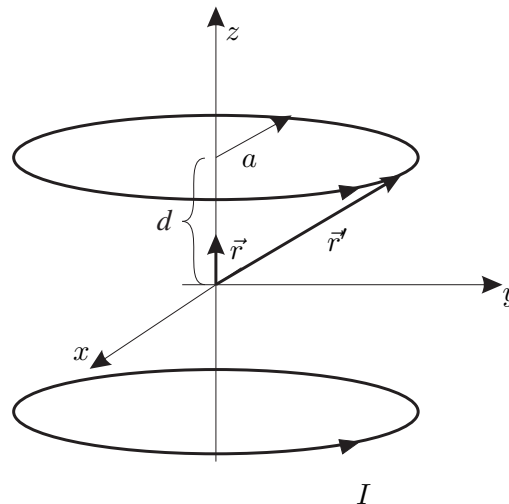
$$F = -\frac{\partial W_m}{\partial x}$$

Warum kommt in beiden Fällen das gleiche heraus?

22. Aufgabe

Als Helmholtzspule wird eine Anordnung von zwei kurzen Spulen bezeichnet. Das Feld einer einzelnen kurzen Spule ist sehr inhomogen. Bei richtiger Dimensionierung des Spulenabstandes von zwei kurzen Spulen ist das Feld in der Mitte des Spulenpaares möglichst homogen (d.h. die Ableitungen verschwinden bis zu einer bestimmten Ordnung).

Gegeben seien zwei übereinander liegende Stromschleifen mit dem Radius a , die auf der z -Achse zentriert sind. Sie sind spiegelbildlich zur x - y -Ebene angeordnet und haben jeweils den Abstand d .



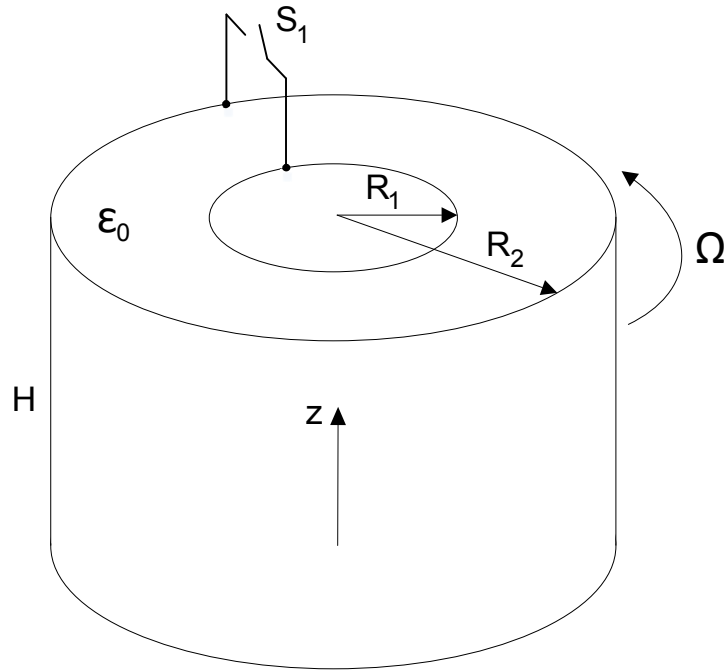
- a) Betrachten Sie zunächst das Feld $\vec{B}_{z1}$ der Spule im Abstand $+d$ von der x - y -Ebene. Berechnen Sie das $\vec{B}$ -Feld dieser einen Spule auf der z -Achse. (Rechnen Sie in Zylinderkoordinaten und beachten Sie, dass das Feld auf der z -Achse aufgrund der Symmetrie nur eine z -Komponente haben kann.)

Egal, was Sie bei Aufgabenteil a) berechnet haben, rechnen Sie nun mit $B_{z1} = |\vec{B}_{z1}(z)| = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 a^2 I}{(a^2 + (z-d)^2)^{3/2}}$ weiter.

- b) Geben Sie nun das Feld des Spulenpaares auf der z -Achse an.
 c) Bestimmen sie den Wert der ersten Ableitung.
 d) Der Abstand d soll nun variabel sein. Bestimmen Sie diesen Abstand so, dass die zweite Ableitungen $\partial^2 B_z / \partial z^2$ im Punkt $z = 0$ verschwindet.

Zusatzaufgabe

Gegeben ist ein, mit der Winkelgeschwindigkeit Ω , rotierender Hohlzylinder der Höhe H . Im Innern des Hohlzylinders herrscht Vakuum. Der Hohlzylinder besitzt eine Leitfähigkeit κ . Im ganzen Raum existiert ein $\vec{B}$ -Feld: $\vec{B} = B_0 \vec{e}_z$.



- Berechnen Sie zunächst das $\vec{E}$ -Feld und die Potentialdifferenz $\Delta\Phi = \Phi(R_2) - \Phi(R_1)$, wenn der Schalter S_1 geöffnet ist. Berechnen Sie zudem die Flächenladungsdichten und die Raumladungsdichte. Geben Sie die Gesamtladung Q an.
- Der Schalter S_1 ist nun geschlossen und es fließt der Kurzschlussstrom I_k . Berechnen Sie das entstehende $\vec{E}$ -Feld und die dazugehörige Potentialdifferenz $\Delta\tilde{\Phi}$. Berechnen Sie zudem die Flächenladungsdichten $\tilde{\sigma}$ und die Raumladungsdichte $\tilde{\rho}$. Geben Sie die resultierende Gesamtladung $\tilde{Q}$ an.
- Berechnen Sie den Kurzschlussstrom I_k in Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit. Welchen Innenwiderstand weist der Hohlzylinder auf?
- Welches Drehmoment muss beim Kurzschlussstrom I_k aufgebracht werden?