

Heften Sie die Blätter zur Abgabe zusammen und tragen Sie auf jedem Blatt den Nachnamen Ihres Tutors und Ihre Namen ein. Auf das erste Blatt schreiben Sie bitte die kompletten Namen und den Buchstaben Ihres Tutoriums. Rechnen Sie die Aufgaben maximal zu dritt.

Abgabe bis Mo, 09. Juli, 11:15 Uhr im Erdgeschoss von Geb. 30.23 (Physikhochhaus)
Besprechung Mi, 11. Juli im Tutorium

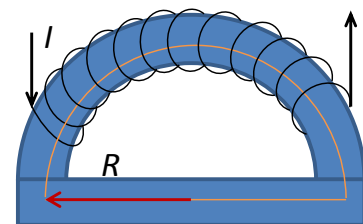
1. Elektromagnetisches Joch mit Anker

(3 Punkte)

Die Magnetisierungskurve einer bestimmten Eisensorte ist durch folgende Tabelle gegeben:

H (A/m)	10	10^2	$2 \cdot 10^3$	10^4	$2,5 \cdot 10^4$
B (T)	0,05	0,82	1,4	1,8	2,0

Die Sättigungsmagnetisierung beträgt 2,0 T.



- Wie groß ist die Permeabilität des Materials bei Feldstärken von 10, 100 und 2000 A/m?
- Aus diesem Material sind das halbkreisförmige Joch ($R=0,5$ m) und der Anker der Hebevorrichtung eines elektromagnetischen Krans gefertigt. Der Querschnitt von Joch und Anker beträgt $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Um das Joch ist eine Spule aus Kupferdraht ($\phi=2$ mm) gewickelt. Der Kupferdraht darf im Dauerbetrieb mit 4 A/mm^2 belastet werden. Wie viele Windungen muss die Spule haben, um maximale Tragfähigkeit zu erreichen?
- Nun werde ein Elektromagnet der gleichen Konstruktion aus Eisen mit $\mu_r=600$ benutzt. In der Kupferspule mit 5000 Windungen fließt ein Strom $I=1$ A. Wie groß sind $\vec{B}$ und $\vec{H}$ im Eisen sowie die magnetische Feldenergie ($E = \frac{1}{2} \vec{B} \cdot \vec{H} V$) für den Fall, dass der Anker eng anliegt?

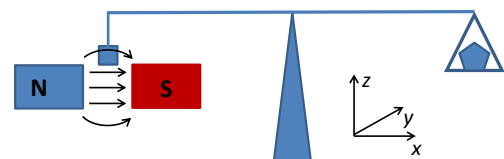
2. Magnetische Waage

(3 Punkte)

An einem Arm einer gleicharmigen Balkenwaage hängt ein Probekörper ($V=0,1 \text{ cm}^3$) zwischen den Polschuhen eines Elektromagneten. Nach Einschalten des Feldes muss auf der gegenüberliegenden Waagschale ein Gewicht von 12 mg entfernt werden, damit das Gleichgewicht hergestellt ist. Am Ort des Probekörpers ist das Feld durch $\vec{B} = (1\text{T}, 0, 0)$ gegeben. Der Feldgradient in z -Richtung beträgt dort $\frac{\partial B_x}{\partial z} = -10 \text{ T/m}$.

Wie groß ist die Suszeptibilität der Probe?

Hinweis: Nutzen Sie die Verbindung zwischen Magnetisierung, magnetischem Dipolmoment und Volumen ($\vec{M} = \frac{\vec{m}}{V}$).



3. Induktionsspule

(2 Punkte)

In einer langen zylindrischen Feldspule liegt eine kurze Induktionsspule. Die Spulenachsen sind parallel. Die Länge der Feldspule beträgt $l = 0,45$ m, ihre Windungszahl $n_1 = 400$. Die Induktionsspule hat $n_2 = 1800$ Windungen, die von den Windungen umschlossene Fläche beträgt $A = 7,5 \text{ cm}^2$. In welcher Zeit δt muss die Stromstärke I in der Feldspule linear von Null auf ein Ampere anwachsen, damit an den Enden der Induktionsspule die Spannung $U_{ind} = 6 \text{ mV}$ induziert wird?

4. Spule im Erdmagnetfeld

(2 Punkte)

Eine Spule wird im Erdmagnetfeld um eine vertikale Achse gedreht. Die Spulenachse liegt horizontal, die Spule hat $n = 175$ Windungen und die von den Spulenwindungen eingeschlossene Fläche ist $A = 0,25 \text{ m}^2$. Die Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes am Ort der Spule beträgt $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

- Mit welcher Winkelgeschwindigkeit ω muss die Spule um die Drehachse rotieren, damit in der Spule eine Wechselspannung U_{ind} mit der Scheitelspannung $U_0 = 2,34 \text{ mV}$ induziert wird?
- Wie groß ist die Periodendauer der Drehung der Spule?

5. Ferromagnetismus - Hysteresis

(1,5 Punkte)

Erklären Sie die Begriffe Hysteresis (mit Zeichnung), Koerzitivfeldstärke, Sättigung, Remanenz. Was stellt die Fläche der Hysteresiskurve dar?

6. Bohrsches Magnetron

(1,5 Punkte)

Gemäß dem Bohrschen Atommodell kreist im Wasserstoffatom (im Grundzustand) ein Elektron mit der Geschwindigkeit $v = 2,19 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ im Abstand $a_H = 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ um ein Proton als Atomkern.

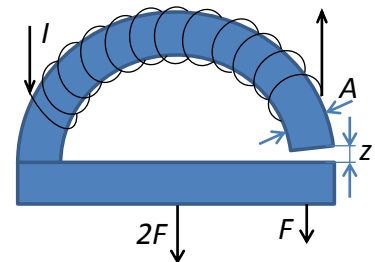
- Welcher Stromstärke entspricht diese Ladungsbewegung?
- Wie groß ist das magnetische Dipolmoment dieses Kreisstroms?
- Wie stark ist das Magnetfeld, dass das kreisende Elektron am Ort des Protons erzeugt?

7. Bonusaufgabe: Tragkraft eines Elektromagneten

(4 Punkte)

Joch und Anker sind aus Stahl mit einem Querschnitt von jeweils $A = 0,03 \text{ m}^2$, Permeabilität $\mu_r = 200$, und mit einer magnetischen Weglänge l in Joch und Anker von zusammen 1 m . Der Magnet wird durch einen konstanten Strom $I = 2 \text{ A}$ in 1820 Windungen erregt. Welche Last ($2F$) kann dieser Elektromagnet tragen?

Lösungshinweis: Man berechne zunächst die Feldstärke B im Magneten mit einem kleinen Luftspalt z ($\int \frac{B}{\mu_r} dl = \mu_0 NI$). Wie ändert sich die Feldenergie ($E = \frac{\vec{B}^2 V}{2\mu_0 \mu_r}$) im Eisen und im Luftspalt? Wie ändert sich der Fluss im Joch beim Öffnen des Spalts von Null auf $z \ll l/\mu_r$? Welche elektrische Arbeit leistet dabei der Strom gegen die durch die Flussänderung induzierte Spannung? Die Energiebilanz liefert die mechanische Arbeit, welche zum Öffnen des Spalts aufgebracht werden muss.



Die Übungsblätter dürfen grundsätzlich nicht weiterverbreitet werden, weder online noch offline, weder digital noch analog.