

Lösungen zum Übungsblatt 4 Physik für Biologen / Chemiker

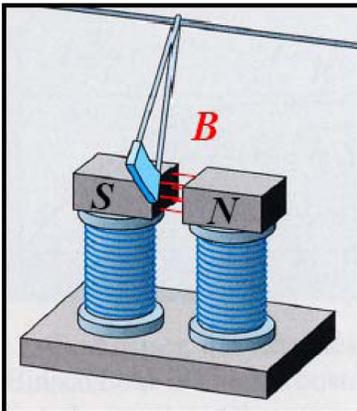
Anmerkung

Die Lösung der Verständnisaufgaben sind keine Musterlösungen. Sie sollen nicht auswendig gelernt werden. Die Fragen in der Klausur werden von denen der Übungszettel abweichen.

Lösung der Fragen zum Verständnis:

Aufgabe 1

Eine Wirbelstrombremse kann z.B. durch einen Elektromagneten realisiert werden.



Bewegt sich eine Metallplatte durch das von dem Elektromagneten erzeugte Magnetfeld, so wird diese abgebremst.

Wenn sich die Metallplatte in das Magnetfeld bewegt, so ändert sich der magnetische Fluss durch die Metallplatte. Es wird eine Spannung induziert. Auf die in der Metallplatte entstehenden Wirbelströme wirken im Magnetfeld die Lorentzkräfte. Nach der Lenzschen Regel sind die Ströme so gerichtet das sie ihrer Ursache, der Bewegung der Metallplatte im Magnetfeld, entgegenwirken. Die kinetische Energie der Metallplatte wird über die Wirbelströme (Joule-Energie) in Wärme umgewandelt.

Aufgabe 2

Eine Möglichkeit ist es, die Leiterschleife im Magnetfeld rotieren zu lassen. Dabei darf die Rotationsachse nicht senkrecht auf der Fläche der Leiterschleife liegen und nicht parallel zum Magnetfeld sein. Durch die Rotation des Leiters ändert sich der magnetische Fluss

durch die Schleife periodisch und es wird eine Wechselspannung im Draht induziert. Die Amplitude der induzierten Wechselspannung ist abhängig von der Stärke des Magnetfeldes, von der Rotationsgeschwindigkeit sowie der von der Leiterschleife eingeschlossenen Fläche.

Aufgabe 3

Elektrische Ladungen sind Quellen von elektrischen Feldern. Elektrische Felder sind Quellfelder.

Es gibt keine magnetischen Monopole. Das magnetische Feld ist Quellenfrei.

Ja, sich zeitlich ändernde elektrischen und magnetische Felder können sich gegenseitig erzeugen und am Leben erhalten.

Aufgabe 4

Der Strom durch den geraden Draht erzeugt eine um den Draht radiales Magnetfeld gegen den Uhrzeigersinn (von oben gesehen; Rechtefaustregel), das nach außen hin abnimmt: $B(r) = \mu_0 I / (2\pi r) \propto 1/r$. Da der Draht sehr lang ist, ändert sich das Magnetfeld längs des Drahts nicht.

Die linke Schleife bewegt sich längs des Drahts. Der magnetische Fluss durch die Schleife bleibt konstant, da sie entlang ihrer Bewegungsrichtung stets dasselbe Feld sieht (und auch die Fläche gleich bleibt). Folglich ist die induzierte Spannung $U_{\text{ind}} = -d/dt \Phi = 0$ und es fließt kein Strom.

Die rechte Schleife bewegt sich weg vom Draht. Das Magnetfeld durch die Schleife und damit auch der magnetische Fluss wird zunehmend schwächer. Es wird also eine Spannung $U_{\text{ind}} = -d/dt \Phi > 0$ induziert und es fließt ein Strom. Die Richtung des Stromflusses kann man mit der Lenzschen Regel herleiten: Der induzierte Strom ist so gerichtet, dass er seiner Ursache (Erniedrigung des Magnetfeldes) entgegenwirkt, also versucht das Magnetfeld durch die Schleife zu verstärken. Das Magnetfeld zeigt an der rechten Schleife in die Blattebene hinein, anhand der Rechtefaustregel kann man sehen, dass dieses dann verstärkt wird, wenn der Strom im Uhrzeigersinn fließt.

Aufgabe 5

Der Wechselstrom durch die Spule im Induktionsherd erzeugt ein zeitlich veränderliches Magnetfeld, das seinerseits in der Metallpfanne Wirbelströme erzeugt (vgl. Wirbelstrombremse). Diese Wirbelströme werden durch den Ohmschen Widerstand gedämpft, die so verlorene Energie geht in Wärme über, und die Pfanne wird heiß. Wenn man außerdem einen ferromagnetischen Topf verwendet, wird dieser durch das ständige Ummagnetisieren zusätzlich aufgeheizt. Im Glasgefäß können sich dagegen keine Wirbelströme ausbilden.

Aufgabe 6

Im nichtmagnetisierten Eisen sind die mikroskopischen Elementarmagnete statistisch angeordnet und heben sich auf. Nähert man sich mit dem Nordpol des Magneten dem Eisenstück,

so orientieren sich Südpole der Elementarmagnete im Eisen in Richtung Nordpol des Magneten. Dreht man den Magneten um, können sich die Elementarmagnete entsprechend umorientieren und werden analog auch vom Südpol angezogen. Dies funktioniert auch mit einem paramagnetischen Stoff. In ferromagnetischen Stoffen (wie Eisen) ist dieser Effekt besonders stark, weil die Elementarmagnete untereinander wechselwirken und ihre Ausrichtung verstärken.

Lösung der Rechenaufgaben:

Aufgabe 7

Benutze Induktionsgesetz:

$$U_{ind} = -\dot{\Phi}_B$$

hier:

$$\dot{\Phi}_B = -\frac{d}{dt}(\vec{A} \cdot \vec{B}(t)) = \vec{A} \cdot \dot{\vec{B}}(t)$$

Dabei sind $\dot{B} = 85 \text{ T/s}$ und $A = \pi r^2$. Einsetzen der Werte (beachte Winkel und Anzahl der Windungen)

$$\dot{\Phi}_B = \pi \cdot (0,04 \text{ m})^2 \cdot \cos(30^\circ) \cdot 85 \frac{\text{T}}{\text{s}} \cdot 300 = 111 \frac{\text{T m}^2}{\text{s}}$$

$$U_{ind} = -111 \frac{\text{T m}^2}{\text{s}} = \underline{\underline{-111 \text{ V}}}$$

Aufgabe 8

Das durch den Strom erzeugte Magnetfeld eines jeden Drahts in 38 cm Entfernung ist

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ V s/(A m)} \cdot 8 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,38 \text{ m}} = 4,21 \mu\text{T}$$

Die Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter ist $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$. Die Kraft pro Länge ist (da $\vec{L} \parallel \vec{e}_z$)

$$\vec{f} = \frac{\vec{F}}{L} = I(\vec{e}_z \times \vec{B})$$

Der Betrag der einzelnen Kräfte pro Länge ist:

$$f = |\vec{f}| = IB = 8 \text{ A} \times 4,21 \mu\text{T} = 33,68 \frac{\text{A} \times \text{Vs}}{\text{m}^2} = 33,68 \text{ N/m}$$

Nun gilt es noch die Kraftvektoren der jew. zwei anderen Drähte vektoriell zu addieren. Die Abbildung zeigt in grün die Richtung der Magnetfelder (Rechtefaustregel). Das Magnetfeld eines einzelnen Drahts (z.B. B) am Ort eines anderen (z.B. A) steht senkrecht zur Verbindungslinie (da B-Felder radial um die Drähte verlaufen). Die Lorentzkraft

wiederum steht senkrecht zur Stromrichtung und zum B-Feld, also parallel zur jeweiligen Verbindungslinie. Ob die Lorentzkraft eines Drahts auf einen anderen anziehend oder abstoßend wirkt, ergibt sich aus der Stromrichtung: gleichgerichtete (B & C) ziehen sich an, entgegengerichtete (A & B; A & C) stoßen sich ab.

Da die Einzelkräfte alle denselben Betrag haben, lassen die Vektoren sich leicht addieren (s. Bild)

(a) Kraft auf Draht A: $f_{\text{ges}} = 2f \cos 30^\circ = 2 \times 33,68 \text{ N/m} \cos 30^\circ = 58,3 \text{ N/m}$ in y -Richtung

(b) Kraft auf Draht B: $f_{\text{ges}} = 2f \cos 60^\circ = 33,68 \text{ N/m}$ im Winkel von -120° zur x -Achse.

(c) Kraft auf Draht C: $f_{\text{ges}} = 2f \cos 60^\circ = 33,68 \text{ N/m}$ im Winkel von -60° zur x -Achse.

