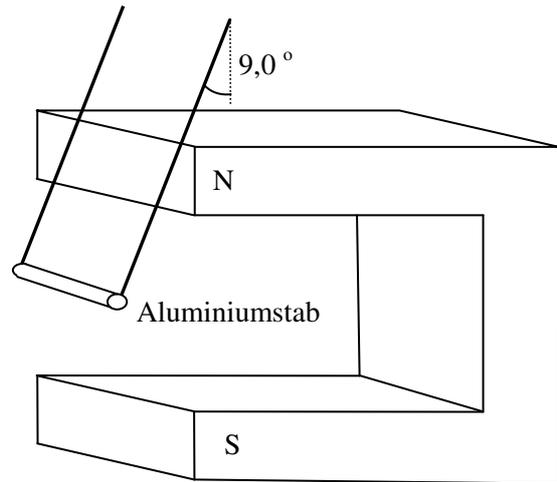


Physik * Jahrgangsstufe 11 * Aufgaben zum magnetischen Feld

1. Eine stromführende Leiterschaukel (siehe Bild) wird im Magnetfeld eines Hufeisenmagneten ausgelenkt. Die Auslenkung beträgt $9,0^\circ$ bei einer Stromstärke von $1,0\text{ A}$ durch den 20 cm langen Aluminium-Stab der Masse $5,0\text{ g}$. (Die Masse der restlichen stromführenden Kabel darf vernachlässigt werden.) Berechnen Sie die magnetische Flussdichte des Hufeisenmagneten an der Stelle des Alustabs. Geben Sie auch die technische Stromrichtung an!

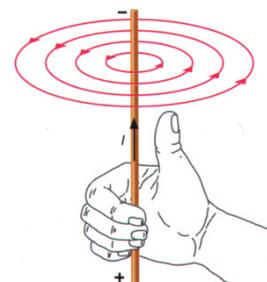


2. Für die Kraft auf einen die Stromstärke I führenden Leiter der Länge ℓ im magnetischen Feld der Flussdichte B gilt unter bestimmten Bedingungen: $F = I \cdot B \cdot \ell$
- Wie lauten diese Bedingungen? Welche Richtung hat F ?
Wie kann man den Zusammenhang allgemeiner beschreiben?
 - Wie müsste man vorgehen, um mit Hilfe dieser Beziehung in einem Raumpunkt die Größe der magnetischen Flussdichte B zu ermitteln?
Warum ist diese Methode nicht sehr praktikabel?
 - Mit einer Hall-Sonde kann man die magnetische Flussdichte sehr viel besser in einem Punkt des Raums messen. Man unterscheidet dabei Tangential- und Axial-Sonden. Erklären Sie, wie man mit diesen unterschiedlichen Sonden das magnetische Feld in einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule messen kann.
Von welchen Größen hängt die magnetische Flussdichte B im Innern einer Spule ab?

3. Für die magnetische Flussdichte B im Abstand r von einem stromführenden (unendlich langen, geraden Leiter)

$$\text{gilt: } B = B(r) = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi \cdot r} \quad \text{mit } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

- Wie kann man mit einer Tangential-Hallsonde diese Gesetzmäßigkeit überprüfen?
Welche Messungen müssen dazu durchgeführt werden?
- Die Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT, Kernspintomographie) ist ein wichtiger Bestandteil der bildgebenden radiologischen Diagnostik. Hierbei wird unter anderem ein sehr starkes, statisches Magnetfeld benötigt, dessen Flussdichte bis zu $3,0\text{ Tesla}$ beträgt. Welche Stromstärke müsste durch einen langen Draht fließen, damit in einem Abstand von $1,0\text{ cm}$ diese Flussdichte erreicht wird? Beurteilen Sie das Ergebnis Ihrer Rechnung. Wie erzeugt man die für die MRT benötigten Flussdichten?
(Geben Sie neben Ihrer Antwort auch die verwendeten Quellen an!)



Physik * Jahrgangsstufe 11 * Aufgaben zum magnetischen Feld * Lösungen

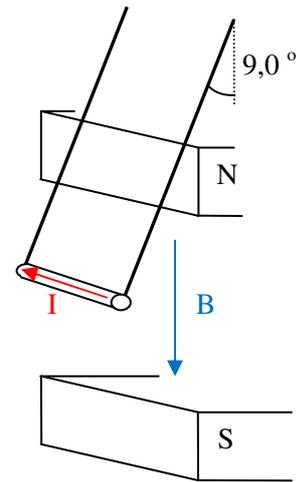
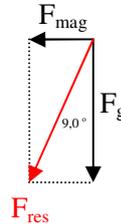
1. $F_{\text{mag}} = I \cdot B \cdot \ell$ und $F_g = m \cdot g$ und

$$\tan(9,0^\circ) = \frac{F_{\text{mag}}}{F_g} = \frac{I \cdot B \cdot \ell}{m \cdot g} \Rightarrow$$

$$B = \frac{\tan(9,0^\circ) \cdot m \cdot g}{I \cdot \ell} =$$

$$\frac{\tan(9,0^\circ) \cdot 0,005 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{1,0 \text{ A} \cdot 0,20 \text{ m}} =$$

$$0,039 \frac{\text{N}}{\text{Am}} = 39 \text{ mT}$$



2. a) $F = I \cdot B \cdot \ell$ falls I und B senkrecht aufeinander stehen.

allgemeiner: $F = I \cdot B \cdot \ell \cdot \sin(\varphi)$ falls φ der Winkel zwischen I und B ist.

In beiden Fällen steht F senkrecht auf I und B (U-V-W-Regel).

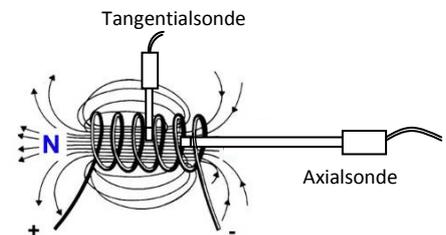
b) Sehr kleine Leiterschaukel erforderlich; I möglichst groß, damit F_{mag} ausreichend für eine Messung (schwierig!); Richtung von I solange verändern, bis F_{mag} maximalen Wert annimmt. Richtung von B lässt sich dann mit UVW-Regel finden.

c) Im Innern einer (lang gestreckten) Spule gilt:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I \cdot N}{\ell}$$

N Anzahl der Windungen; ℓ Länge der Spule;

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \quad \text{magnetische Feldkonstante}$$



3. a) Richtung von B ergibt sich aus der Orientierung der Hallsonde bei größtem Messwert; B wird dann in Abhängigkeit von r und von I gemessen.

$$b) 3 \text{ Tesla} = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi \cdot r} \Rightarrow I = \frac{3 \text{ T} \cdot 2\pi \cdot 0,01 \text{ m}}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}} = \frac{3 \cdot 0,01}{2 \cdot 10^{-7}} \text{ A} = 150 \text{ kA}$$

Diese riesige Stromstärke würde den Draht sofort zum Schmelzen bringen.

Supraleitung: Bestimmte Materialien leiten den elektrischen Strom bei Unterschreitung einer (meist nur knapp über dem absoluten Nullpunkt liegenden) Temperatur verlustfrei, d.h. der elektrische Widerstand wird dann praktisch Null.

http://w1.siemens.com/innovation/de/publikationen/zeitschriften_pictures_of_the_future/pof_herbst_2005/gesundheit_digital/tesla_magnetresonanz.htm

Auf dem Gelände der Uniklinik Magdeburg steht einer der leistungsfähigsten Magnetresonanz-Tomographen (MRT) der Welt. In seinem Inneren beträgt die magnetische Flussdichte 7 Tesla, das ist 140 000-mal so stark wie das Erdmagnetfeld. Der Koloss wiegt 32 t und besteht aus einem 400 km langen, zu einer Spule aufgewickelten, supraleitenden Niob-Titan-Draht, der auf -269°C gekühlt wird. Der 7-Tesla-MRT ist der erste seiner Art in Europa und einer von bislang sechs auf der Welt – drei davon hat Siemens gebaut.