

### 1. Aufgabe – LinkeFaustRegel

- a) Erläutere anhand einer Skizze, wie das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule aussieht und kennzeichne die homogenen Bereiche des Magnetfeldes.

**Siehe Skizze oben rechts, wobei die schwarzen Pfeile die technische Stromrichtung anzeigen und nicht den Elektronenfluss.**

**Dabei ist der homogene Bereich nur im Inneren der Spule zu finden und bereits an den Rändern sind die Feldlinien nicht mehr parallel, daher untersucht man ja meist auch nur „langgezogene“ Spulen, weil da diese Verzerrungen nicht so sehr ins Gewicht fallen.**

- b) Erläutere mit der Linken-Faustregel wie es entsteht.

**Wenn man in Gedanken die schwarzen Pfeile also rumdreht, dann kann man feststellen, dass für jeden Pfeil das blau eingezeichnete Feld korrekt ist. Wieso es trotz der Breite der Spule bzw. der vielen parallelen Pfeile passt, liegt daran, dass sich zwei benachbarte „Kreisfelder“ innen immer gegenseitig wegheben.**

- c) Was passiert mit dem Magnetfeld, wenn kein Strom fließt?

**Kein Strom, kein Magnetfeld. Das Feld bricht zusammen.**

### 2. Aufgabe – Energie im Magnetfeld einer Spule

Durch eine Spule fließt ein elektrischer Strom der Stärke  $I=5\text{A}$  und die Eigeninduktivität der Spule ist  $L=5\text{ H}$  (H steht für Henry).

- a) Berechne mit  $W=0,5LI^2$  die Energie, die im Magnetfeld gespeichert werden kann!

**Einfach einsetzen:  $W=0,5 \cdot 5 \cdot 5^2$  Joule = 62,5 Joule.**

- b) Jemand behauptet, dass die Formel  $W=0,5LI^2$  sehr ähnlich ist zu der Formel  $W=0,5CU^2$  für die Energie, die im elektrischen Feld eines Kondensators mit der Kapazität  $C$  gespeichert ist. Was meint er damit? Gibt es einen dir bekannten Aufbau, bei dem man direkt beobachten kann, wie sich diese Energieformen abwechselnd ineinander umwandeln?

**Wie  $C$  die Fähigkeit eines Kondensators beschreibt, Ladungen zu trennen und darüber ein elektrisches Feld bestimmter Stärke (hohes  $C$ , großes  $E$ ) aufzubauen, so gibt das  $L$  bei Spulen an, wie gut diese „Pole trennen kann“ und damit ein Magnetfeld bestimmter Stärke aufbauen kann (großes  $L$ , großes  $B$ ).**

**Wir haben das in der letzten Stunde ganz am Ende beim Schwingkreis sehen können!**

### 3. Aufgabe – Energie im Magnetfeld einer Spule ( $W=0,5LI^2$ )

Durch eine Spule fließt elektrischer Strom der Stärke  $I=5A$  und im Magnetfeld steckt die Energie von  $10 J$ . Berechne die Eigeninduktivität  $L$  der Spule!

**Ohne Einheiten ergibt sich mit  $10 = 0,5 \cdot L \cdot 5^2$  der Zusammenhang  $10 = 12,5 L$  oder  $L=10/12,5=0,8$  mit der Einheit Henry.**

### 4. Aufgabe – Textaufgabe zu $F=IBs$ , Dreifingerregel

Eine Stromleitung ( $I=6000A$ ) verläuft von Ost nach West. Das Erdmagnetfeld verläuft von Nord nach Süd ( $B=15\mu T$ ). Die Masten haben dabei einen Abstand von  $50$  Metern.

- a) Wie groß ist die Kraft, die auf die Leitung zwischen zwei Masten wirkt?

**Die Kraft ist  $F = IBs = 6000 \cdot (15 \cdot 10^{-6}) \cdot 50 = 4,5N$ , was ca. der Gewichtskraft einer  $450g$ -Masse entspricht. Das ist nicht so viel.**

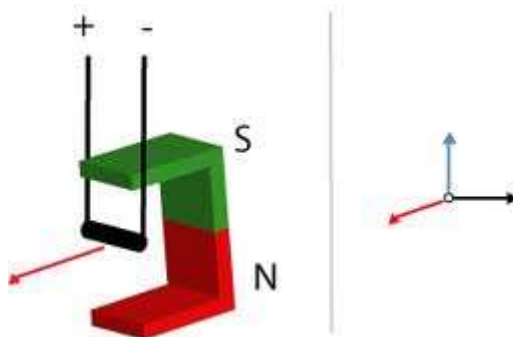
- b) Welche Richtung hat diese Kraft? Begründe mit der Dreifingerregel!

**Wir sagen mal links=WEST, weg von uns=NORD. Also: Kraftwirkung Richtung Mittelfinger bei Stromrichtung von rechts nach links (Hand verdrehen) und Zeigefinger fürs Magnetfeld zeigt auf einen selbst; also nach unten!**

### 5. Aufgabe – Verständnisaufgabe Leiterschaukel

Im Unterricht haben wir das Experiment Leiterschaukel durchgeführt.

- a) Erläutere anhand einer Skizze, wie das Experiment aussieht und was man daran sehen kann.



**Ein stromdurchflossener Leiter (Elektronenrichtung von vorne nach hinten) wird in einem Magnetfeld (hier von einem Dauermagneten mit Feldlinienrichtung nach oben) nach Außen gedrückt. Er erfährt offensichtlich eine Kraft, die sogenannte Lorentzkraft. Ohne Strom ist keine Auslenkung zu sehen.**

- b) Erkläre, was beim Umpolen (Vertauschen von  $+$  und  $-$ ) bzw. beim Umdrehen des Hufeisenmagneten passiert.

**Beim Umpolen, also beim Tauschen der Stromrichtung wird der Leiter reingezogen. Ebenfalls beim Umdrehen des Magneten. Wird beides gemacht, also sowohl Umpolen als auch Umdrehen des Feldes, dann gibt es wieder die Auslenkung nach Außen. Das kann man sich jeweils mit der Dreifingerregel klar machen.**

## 6. Aufgabe – Verständnisaufgabe Magnetfeld einer Spule ( $B = \mu_0 \cdot I \cdot n / l$ )

Du hast einen Draht, durch den du einen Strom der Stärke  $I = 10\text{A}$  leiten kannst.

- a) Wie oft musst du den Draht auf einer Länge von 1m aufwickeln, damit ein Magnetfeld der Stärke von 1 Tesla entsteht? ( $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}$ )

**Mit  $B = \mu_0 \cdot I \cdot n / l$  ergibt sich ohne Einheiten  $1 = 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot n / 1$ . Löst man nach  $n$  auf, so ergibt sich  $n = 79365$  Wicklungen. Man muss knapp 80.000mal den Draht aufwickeln, was einem hohen Materialverbrauch entspricht! Deswegen sind Spulen übrigens schwer und deswegen sind Lautsprecher oder Verstärker immer so schwer!**

- b) Der Bruch  $n/l$  in der obigen Formel hat eine anschauliche Bedeutung. Erkläre das!

**Hätte man nur 40.000mal gewickelt bei einer 50cm langen Spule, dann wäre das Magnetfeld genauso stark! Der Bruch  $n/l$  gibt die sogenannte Windungszahldichte an, also wie oft wird pro Länge gewickelt. Siehe c)!**

- c) Wie ändert sich das Magnetfeld, wenn du bei gleichen Bedingungen deine Spule auf 2 Meter Länge streckst?

**Gleiches  $n$ , doppeltes  $l$ . Damit halbiert sich  $B$  auf  $B = 0,5\text{T}$ .**

## 7. Aufgabe – Induktionsprinzip – $B$ ändert sich ( $U_{\text{ind}} = -n \cdot (\Delta B / \Delta t) \cdot A$ )

Das Magnetfeld einer Spule ändert sich in 0,1s von  $B = 0,2\text{T}$  auf  $B = 0,1\text{T}$ . In der Spule befindet sich eine quadratische Leiterschleife ( $n=1$ , da nicht gewickelt) senkrecht zu den Magnetfeldlinien. Diese hat eine Seitenlänge von 5cm.

- a) Wie groß ist die bei diesem Vorgang induzierte Spannung in der Leiterschleife?

**Mit  $U_{\text{ind}} = -n \cdot (\Delta B / \Delta t) \cdot A$  finden wir die Lösung. Die vom Feld durchsetzte Fläche ist wegen der quadratischen Form einfach  $A = 25\text{cm}^2 = 0,0025\text{m}^2$ . Hier muss man aufpassen! Wir verwenden immer m,kg,s! Keine Zentimeter oder Gramm oder Sekunden. Die Änderung des Magnetfeldes ist 0,1T in 0,1s. Wir setzen also ein und erhalten  $U_{\text{ind}} = -1 \cdot (0,1/0,1) \cdot 0,0025 \text{ V} = 0,0025 \text{ V}$  bzw.  $U = 2,5\text{mV}$ .**

- b) Erläutere das Minuszeichen in der obigen Formel!

**Das Minuszeichen zeigt an, dass sich die induzierte Spannung der Ursache „entgegenstellt“; das ist die Lenz'sche Regel.**

**Ein Beispiel: Wird durch eine Außenspannung ein Strom erzeugt, der durch eine Spule fließt, wird ein Magnetfeld erzeugt. Da vorher kein Magnetfeld da war, wird während es sich aufbaut eine Spannung nach der  $U_{\text{ind}}$ -Formel erzeugt. Diese induzierte Spannung ist der Außenspannung entgegengesetzt.**

- c) Welche Spannung würde induziert, wenn die Leiterschleife parallel zu den Feldlinien ausgerichtet wäre?

**Keine, weil (siehe Dreifingerregel) ja immer Bewegungsrichtung und Magnetfeldlinien senkrecht aufeinander stehen müssen ;-)**

## 8. Aufgabe – Induktionsprinzip – A ändert sich ( $U_{\text{ind}} = -n \cdot (\Delta A / \Delta t) \cdot B$ )

- a) Du ziehst eine Leiterschleife ( $n=1$ , da nicht aufgewickelt) aus einem homogenen Magnetfeld der Stärke  $B=1\text{T}$  heraus. Dabei ändert sich die vom Feld durchsetzte Fläche in 1s von  $50\text{cm}^2$  auf  $5\text{cm}^2$  (das Rähmchen ist 5cm breit und anfangs 10cm, danach nur noch 1 cm ins Feld eingetaucht). Wie groß ist die induzierte Spannung bei diesem Vorgang?

**Die Flächenänderung von  $45\text{cm}^2 = 0,0045\text{m}^2$  (ACHTUNG:  $\text{m}^2$  nehmen!) in 1s bedeutet für die oben angegebene Formel folgendes:  $U_{\text{ind}} = -1 \cdot (0,0045/1) \cdot 1 = 0,0045\text{V}$  oder  $-4,5\text{ mV}$ . [An dem Ergebnis sehen wir, wieso wir in unseren Versuchen immer einen Mikrovoltverstärker hatten; der hat nämlich diese winzigen Spannungen „verstärkt“ und dadurch überhaupt messbar gemacht.]**

- b) Was passiert, wenn man die Leiterschleife genauso schnell wieder zurückschiebt?

**Wieder ist  $\Delta A / \Delta t = 0,0045\text{m}^2/1\text{s}$ , also kommt das gleiche Ergebnis raus. Bis auf das Minuszeichen! Denn dieses Mal ist die Bewegung umgedreht. also  $+4,5\text{mV}$ . [Das haben wir gesehen in unseren Versuchen; da hat der Zeiger immer hin- und hergewackelt.]**