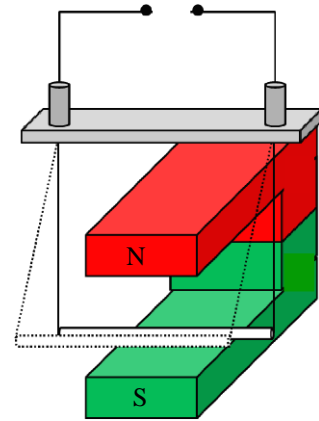


3.4. Prüfungsaufgaben zur Induktion

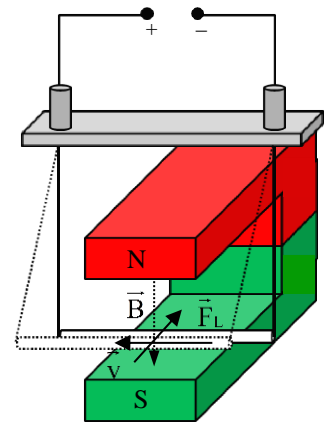
Aufgabe 1: Induktionsspannung in einem bewegten Leiter (6)

- Kennzeichne die magnetische Flussdichte \vec{B} , die Geschwindigkeit \vec{v} und die Lorentzkraft \vec{F}_L sowie die resultierende Polung der Induktionsspannung am oberen Anschluss in der rechts abgebildeten Leiterschleife, wenn der Leiter nach **hinten** schaukelt. (2)
- Berechne die Induktionsspannung für einen 3 cm langen Leiter, der mit 0,2 m/s durch ein 0,5 T starkes Magnetfeld bewegt wird. (2)
- Nenne vier Maßnahmen, mit denen man die Spannung am Anschluss oben erhöhen kann. (2)



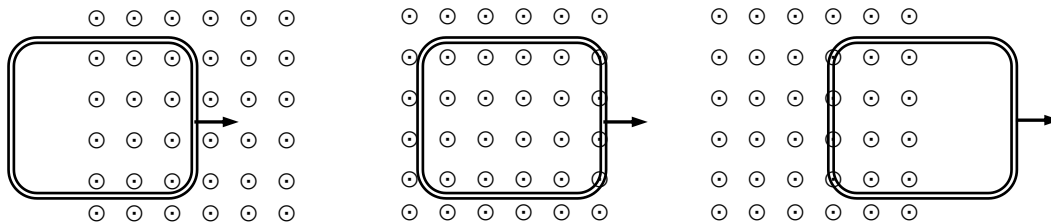
Aufgabe 1: Induktionsspannung in einem bewegten Leiter (6)

- siehe rechts: Polung von außen betrachtet: (2)
- $U_{\text{ind}} = 3 \text{ mV}$ (2)
- Erhöhung der Geschwindigkeit v (0,5)
Verstärkung des Magnetfeldes B (0,5)
Verlängerung der Leiterschleife in einem breiteren Magneten (!) (0,5)
Verwendung mehrerer paralleler Leiterschleifen (0,5)



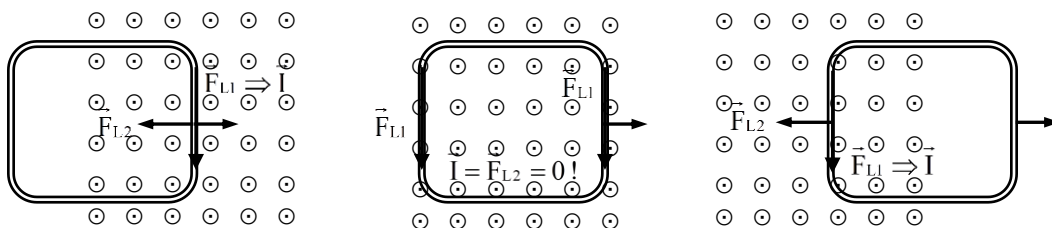
Aufgabe 2: Lenzsche Regel (6)

Eine Leiterschleife wird wie unten abgebildet senkrecht zu den Feldlinien in ein begrenztes Magnetfeld hinein und dann durch dieses hindurch bewegt. Kennzeichne jeweils die in Richtung des Leiters wirkende primäre Lorentzkraft \vec{F}_{L1} , die Richtung des Induktionsstromes \vec{I} und die durch den Induktionsstrom hervorgerufene sekundäre Lorentzkraft \vec{F}_{L2} .



Aufgabe 2: Lenzsche Regel (6)

Die Lorentzkraft des induzierten Stromes wirkt der Bewegung entgegen (**Lenzsche Regel**)



Beim **Eintritt** in das Magnetfeld bewirkt die Lorentzkraft \vec{F}_{L1} in der **rechten Hälfte** der Leiterschleife einen **Kreisstrom** \vec{I} im **Uhrzeigersinn**, der selbst wieder als Ursache für eine Lorentzkraft \vec{F}_{L2} ist, die entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung und damit bremsend wirkt. (2)

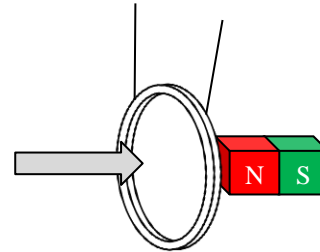
Beim **Durchtritt** durch das Magnetfeld wirkt die Lorentzkraft \vec{F}_{L1} in **beiden Hälften** der Leiterschleife und bewirkt einen **Stau** der Ladungsträger in der unteren Hälfte aber keinen Strom und damit auch keine zweite Lorentzkraft. Im Inneren des Magnetfeldes besteht keine Bremswirkung! (2)

Beim **Austritt** aus dem Magnetfeld bewirkt die Lorentzkraft \vec{F}_{L1} in der **linken** Hälfte der Leiterschleife einen **Kreisstrom \vec{I} gegen den Uhrzeigersinn**, der selbst wieder als Ursache für eine Lorentzkraft \vec{F}_{L2} ist, die entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung und damit bremsend wirkt. (2)

Aufgabe 3: Lenzsche Regel (4)

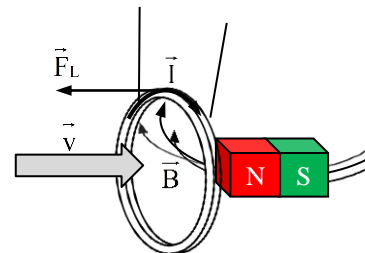
Die Pendelschwingung eines an zwei Fäden aufgehängten Aluminiumringes wird durch einen Magneten gedämpft.

- Erkläre dieses Phänomen durch Kennzeichnung der magnetischen Feldlinien \vec{B} , des Induktionsstromes \vec{I} und der durch den Induktionsstrom hervorgerufenen Lorentzkraft \vec{F}_L . (3)
- Wie ändert sich das Verhalten des Ringes, wenn man ihn an einer Stelle durchtrennt? Begründe. (1)



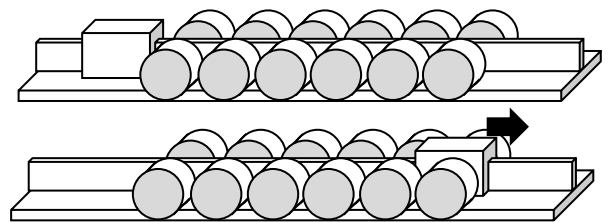
Aufgabe 3: Lenzsche Regel (4)

- Siehe rechts (3)
- Bei einem durchtrennten Ring kann ein Kreisstrom nicht mehr fließen und die Dämpfung entfällt. (1)



Aufgabe 4: Lenzsche Regel (6)

Die Abbildung rechts zeigt eine einfache Form eines Linearmotors, wie sie in Katapulten oder Stellmotoren (Servos) für z.B. Weichen, Außenspiegel oder Ruder eingesetzt werden. Der Schlitten bewegt sich auf einer Schiene zwischen zwei Reihen aus Elektromagneten. Seine Lage und seine Geschwindigkeit werden durch An- bzw. Ausschalten der einzelnen Magnete geregelt. Das erste Spulenpaar links wird angeschaltet.



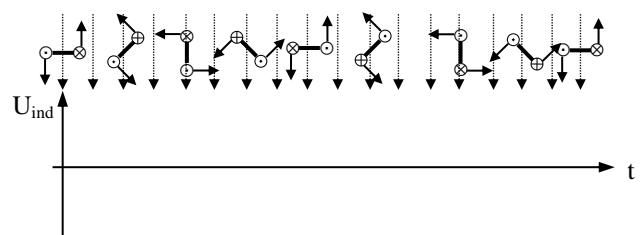
- Was passiert, wenn der Schlitten aus Aluminium ist? Begründe. (2)
- Was passiert, wenn der Schlitten aus Eisen ist? Begründe. (2)
- Der Schlitten sei nun (wie üblich) aus Eisen. An welcher Position bleibt der Schlitten stehen, wenn man das erste Spulenpaar angeschaltet lässt? (1)
- Der Schlitten soll als Katapult dienen und auf maximale Geschwindigkeit beschleunigt werden. Wie muss man die Spulenpaare ansteuern? (2)
- Der Schlitten soll als Servo dienen und **langsam** bis zum ganz rechten Spulenpaar fahren und dann stehen bleiben. Was muss gegenüber d) in der Steuerung geändert werden? (1)

Aufgabe 4: Lenzsche Regel (6)

- Im Aluminiumschlitten wird nach der Lenzschen Regel ein Kreisstrom induziert, dessen Magnetfeld dem äußeren Magnetfeld entgegengesetzt ist und den Schlitten nach links aus diesem heraus drückt. (2)
- Im Eisenschlitten richten sich die bereits vorhandenen Kreisströme in den Weisschen Bezirken gleichsinnig zum äußeren Magnetfeld aus und der Schlitten nach rechts in dieses hinein zieht. Der zusätzlich nach der Lenzschen Regel induzierte gegenläufige Kreisstrom ist viel schwächer und bremst die Bewegung nur unmerklich. (1)
- Die Spulen müssen immer dann angeschaltet werden, wenn der Schlitten von links kommt und müssen ausgeschaltet werden, sobald sich der Wagen zwischen den Spulen befindet. (2)
- Wenn die Spulenpaare immer etwas zu spät ausgeschaltet werden, wird der Schlitten beim Verlassen des Magnetfeldes jeweils etwas abgebremst. Das letzte Spulenpaar bleibt angeschaltet. (1)

Aufgabe 5: Wechselstrom (6)

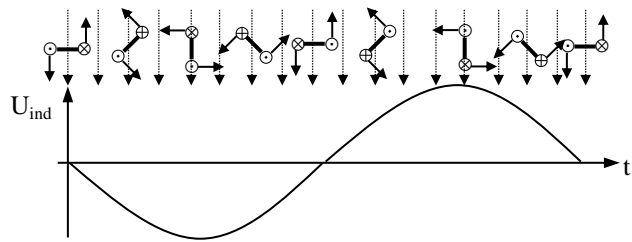
- Skizziere den Verlauf der Induktionsspannung U_{ind} passend zur Stellung der Leiterschleife in das Diagramm. Berücksichtige auch Die Stromrichtung bzw. das Vorzeichen in Bezug auf die durch \otimes und \odot vorgegebene Richtung in der Leiterschleife (2)
- Berechne die Winkelgeschwindigkeit ω einer Leiterschleife, die sich 20 mal in der Sekunde um sich selber dreht. (2)



- c) Wie groß ist die maximale Induktionsspannung U_{ind} , die eine Spule mit der Querschnittsfläche $A = 10 \text{ cm}^2$ und 400 Windungen in einem Magnetfeld mit $B = 0,3 \text{ T}$ bei einer Drehfrequenz von 50 Hz erzeugt? (2)

Aufgabe 5: Wechselstrom

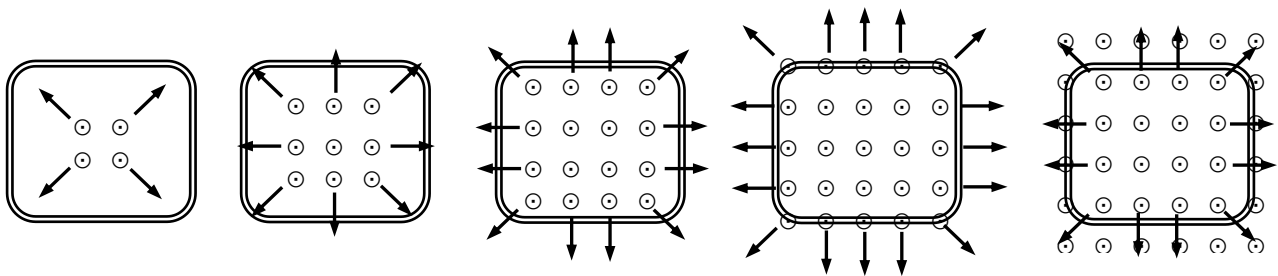
- a) Siehe rechts (2)
 b) $\omega = 2\pi f = 40\pi \text{ s}^{-1}$. (2)
 c) $U_{\text{indMax}} = n \cdot \omega \cdot A \cdot B \approx 15,08 \text{ V}$ (2)



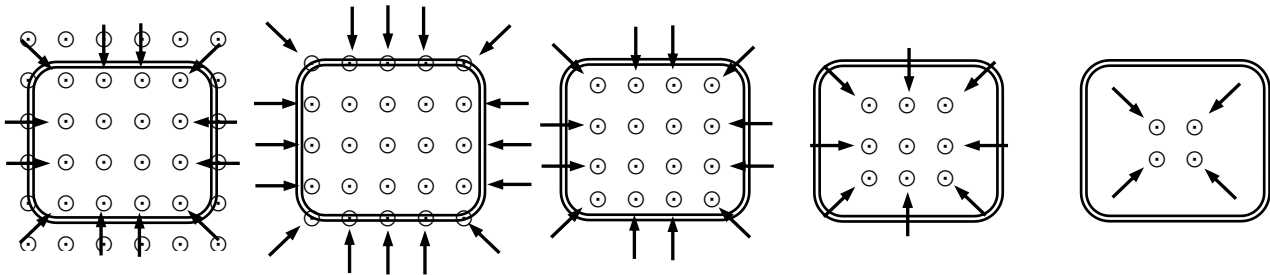
Aufgabe 6: Induktion bei veränderlichem Magnetfeld (4)

Kennzeichne jeweils die Stromrichtung \vec{I} und das durch den Induktionsstrom hervorgerufene Magnetfeld \vec{B} . Erkläre anhand dieser Darstellung das Prinzip des **Transformators** und des **Touchscreens**.

- a) Beim **Anwachsen** eines magnetischen Feldes durch eine Leiterschleife entstehen im Zentrum des Feldes fortlaufend neue Feldlinien, welche die inneren Feldlinien **nach außen drängen**, welche dabei die Leiterschleife **von innen überfluten**.

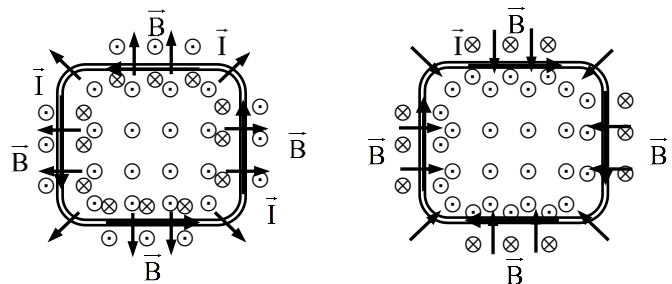


- b) Beim **Schrumpfen** des Feldes weichen die äußeren Feldlinien **nach innen zurück** und **überfluten die Leiterschleife von außen**.



Aufgabe 6: Induktion bei veränderlichem Magnetfeld (4)

- a) Das induzierte Magnetfeld wirkt dem Anschwellen des ursprünglichen Magnetfeldes nach der **Lenz'schen Regel** entgegen und schwächt es im Inneren der Leiterschleife. (linkes Bild) (2)
 b) Das induzierte Magnetfeld wirkt dem Abschrumpfen des ursprünglichen Magnetfeldes nach der **Lenz'schen Regel** entgegen und stärkt es im Inneren der Leiterschleife. (rechtes Bild) (2)



Aufgabe 7: Transformator

Für Experimente zum Transformator stehen drei Spulen mit $n_1 = 200$, $n_2 = 400$ und $n_3 = 800$ mit passendem Eisenkern und eine Wechselstromquelle mit $U = 10 \text{ V}$ zur Verfügung.

- a) Wozu benötigt man den Eisenkern?
 b) Was passiert, wenn man den Eisenkern weglässt?
 c) Welche Sekundärspannungen können erzeugt werden?

Aufgabe 7: Transformator

- a) Man benötigt den Eisenkern zur Bündelung und Übertragung des magnetischen Flusses von einer Spule auf die andere.
 b) Ohne Eisenkern durchdringen die Feldlinien nur einen Teil der Wicklungen. Die Stromstärke und die Spannung in der Sekundärspule sind dann viel kleiner.
 c) Mögliche Kombinationen : siehe rechts:

Primär		Sekundär	
U_1	n_1	n_2	U_2
10 V	200	400	20 V
10 V	200	800	40 V
10 V	400	200	5 V
10 V	400	800	20 V
10 V	800	200	2,5 V
10 V	800	400	5 V

Aufgabe 8: Transformator

Ein Hochstromtransformator besteht aus einer Primärspule mit $n_1 = 1600$ Wicklungen und einer Sekundärspule mit $n_2 = 10$ sehr dicken Kupferwicklungen, welche mit einem Nagel kurzgeschlossen werden. Wenn die Primärseite an die mit einer 10 A-Sicherung versehene Netzspannung von 220 V angeschlossen wird, soll durch den Nagel ein Strom von ca. 200 A fließen, so dass dieser schließlich durchschmilzt.

- Prüfe durch Rechnung, ob die Sicherung der Primärseite den Betrieb aushält.
- Was passiert, wenn man anstelle des Nagels die Hand zwischen die Buchsen der Sekundärseite hält?

Aufgabe 8: Transformator

- Bei verlustfreiem Betrieb gilt $I_1' \approx I_2 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 1,375$ A. Die Sicherung sollte standhalten.
- Im unbelasteten Zustand ist die Sekundärspannung $U_2 = U_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 1,375$ V. Der Widerstand der Hand bzw. der Haut ist so groß, dass kein schädlicher Strom fließen kann. Der Strom fließt außerdem nur durch die Hand und nicht über das Herz.

Aufgabe 9: Transformator

Ein Hochspannungstransformator besteht aus einer Primärspule mit $n_1 = 400$ Wicklungen und einer Sekundärspule mit $n_2 = 20000$ Wicklungen, an die zwei auf Isolierfüßen stehende „Hörner Elektroden“ angeschlossen sind, die an ihrer engsten Stelle einen Abstand von 1 mm aufweisen. Wird die Primärseite an die Wechselspannung von 30 V angeschlossen, so springt zwischen den Elektroden ein Funke über, der die Luft zwischen den Elektroden ionisiert. Es entsteht ein Lichtbogen, der aufwärts wandert und dann abreißt.

- Welche Spannung liegt zwischen den beiden Elektroden?
- Welche Stromstärke liegt im Lichtbogen vor, wenn im Primärkreis 8 A fließen und der Wirkungsgrad des Transformators $\eta = 80\%$ beträgt??

Aufgabe 9: Transformator

- Sekundärspannung $U_2 = U_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 1,5$ kV
- Sekundärstrom $I_2' \approx \eta \cdot I_1' \cdot \frac{n_1}{n_2} = 0,128$ A

Aufgabe 10: Selbstinduktion

Eine Spule mit der Induktivität $L = 20$ H wird von einem Strom der Stärke $I = 0,5$ A durchflossen. Welche mittlere Selbstinduktionsspannung entsteht beim Ausschalten in der Zeitspanne $\Delta t = 0,02$ s?

Aufgabe 10: Selbstinduktion

$$|U_{\text{ind}}| = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = 500 \text{ V}$$

Aufgabe 11: Selbstinduktion

Wie lange mindestens muss der Ausschaltvorgang dauern, damit die Selbstinduktionsspannung einer von 200 mA durchflossenen Spule mit $L = 8$ H nicht über 500 V ansteigt?

Aufgabe 11: Selbstinduktion

$$\Delta t \geq \frac{L \cdot \Delta I}{|U_{\text{ind}}|} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Aufgabe 12: Selbstinduktion

Berechne die Induktivität einer 8 cm langen und 2 cm breiten Spule mit 1000 Windungen.

Aufgabe 12: Selbstinduktion

$$L = \mu_0 \cdot n^2 \cdot \frac{A}{s} \approx 4,94 \text{ mH.}$$