

Elektromagnetische Induktion

A1: Ein quadratischer Kupferrahmen von 50 cm Seitenlänge wird binnen 0,5s ganz in ein homogenes Magnetfeld von 2,0 T geschoben. Dabei durchsetzen die B-Feldlinien seine Fläche in jedem Moment senkrecht. Der Draht des Kupferrahmens hat 50 mm² Querschnittsfläche ($\rho = 0,017\Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$).

- Berechne die induzierte Spannung. [1V]
- Berechne die beim Einschieben auftretende Stromstärke und die durch den Querschnitt fließende Ladung. [1470A, 735C]
- Berechne die Kraft, die der Rahmen erfährt. [1470N]

A2: Ein Eisenbahnzug fährt mit 40m/s über eine waagerechte Strecke. Zwischen den isolierten Schienen (Spurweite 1435mm) liegt ein Spannungsmesser.

- Was zeigt der Spannungsmesser an, wenn die Vertikalkomponente des Erdmagnetfelds $B_v = 0,43 \cdot 10^{-4}\text{T}$ beträgt. [2,5mV]
- Was ist mit der „Vertikalkomponente des Erdmagnetfelds“ gemeint?

A3: Ein quadratisches Rähmchen mit der Seitenlänge 6,0 cm hat 500 Windungen. Das homogene Magnetfeld hat die Flussdichte $B = 2,1\text{ mT}$. Seine B-Feldlinien sind in die Zeichenebene hinein gerichtet. Das Rähmchen befindet sich teilweise im B-Feld. Es wird mit der konstanten Geschwindigkeit von 1mm/s so herausgezogen, dass beide Seiten gleich weit aus dem Feld herausragen.

- Fertige eine Zeichnung an, welche die Situation physikalisch korrekt illustriert.
- Bestimme die Spannung zwischen den beiden unteren Ecken des Quadrates. [$-63\mu\text{V}$]
- Gib begründet die Polung der Spannung an.

Die Unterkante des Rähmchens befindet sich jetzt am oberen Rand des B-Feldes. Aus der Ruhe beginnt es zum Zeitpunkt $t = 0$ frei in das B-Feld zu fallen.

- Berechne den Zeitpunkt, zu dem das Rähmchen ganz in das B-Feld eintaucht und zu dem es das Feld verlässt (Ausdehnung von B beträgt 10cm) [110ms; 181ms]
- Gib eine Gleichung für $U_{\text{ind}}(t)$ an und zeichne das $U_{\text{ind}} - t$ -Diagramm. (t-Achse 1cm \equiv 20ms; U-Achse: 1cm \equiv 20mV)

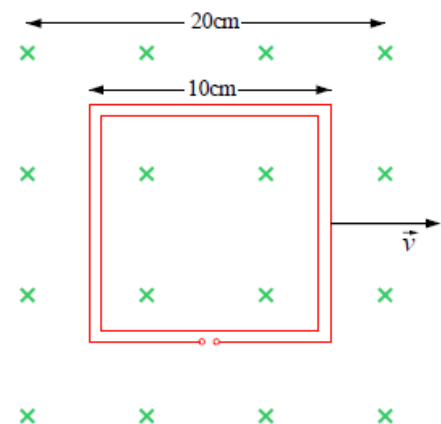
A4: Eine Leiterschleife der Fläche 50cm² steht senkrecht auf einem Feld mit $B = 0,2\text{T}$. Sie wird in 0,10s auf 5 cm² zusammengedrückt.

- Wie groß ist die mittlere induzierte Spannung?[-9mV]
- Um welchen Winkel hätte man sie in der gleichen Zeit gedreht?[84°]

A5: Ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B=50\text{mT}$ ist auf den in der Figur gekennzeichneten Bereich beschränkt; die Feldlinien verlaufen senkrecht zur Zeichenebene. Im Magnetfeld befindet sich eine Spule Windungszahl $N=100$ mit quadratischer Querschnittsfläche (parallel zur Zeichenebene, Seitenlänge $l=10\text{cm}$), die mit der konstanten Geschwindigkeit $v=5,0\text{cm/s}$ nach rechts aus dem Magnetfeld herausgezogen wird.

Die Beobachtung der Bewegung beginnt ($t=0$), wenn der rechte Rand der Spule gerade 5,0cm vom rechten Rand des Magnetfeldes entfernt ist.

- Stelle den zeitlichen Verlauf der in der Spule induzierten Spannung für $0 \leq t \leq 4\text{s}$ in einem t-U-Diagramm dar.
- Wenn die Anschlüsse der Spule (OHMscher Widerstand $R=50\Omega$) kurzgeschlossen werden, erfährt sie während des Bewegungsvorgangs zeitweilig eine der Bewegung entgegengerichtete Kraft. Begründe!
- Berechne den Betrag der Kraft.



Lösungen zu den Aufgaben Elektromagnetische Induktion bei zeitlich konstantem Magnetfeld/Generatoreffekt

Erklärvideo: <https://www.youtube.com/watch?v=9pQsN4J62kE>

Fragen zum Erklärvideo:

Unter welcher Voraussetzung entsteht eine Induktionsspannung?

Weshalb wird keine Spannung induziert, wenn die Schleife vollständig in das Magnetfeld eingetaucht wird?

$$U_i = -N \cdot B \cdot \frac{\Delta A_w}{\Delta t} \quad \Delta A_w = \Delta s \cdot l \quad U_i = -N \cdot B \cdot l \cdot v$$

U_i = Induktionsspannung in Volt

N = Windungen der Spule

B = Magnetische Flussdichte des Magnetfeldes

ΔA_w = Änderung durchsetzten wirksamen Fläche

Δt = Änderung der Zeit

v = Geschwindigkeit in m/s, mit der sich die Leiterschleife (Spule) bewegt

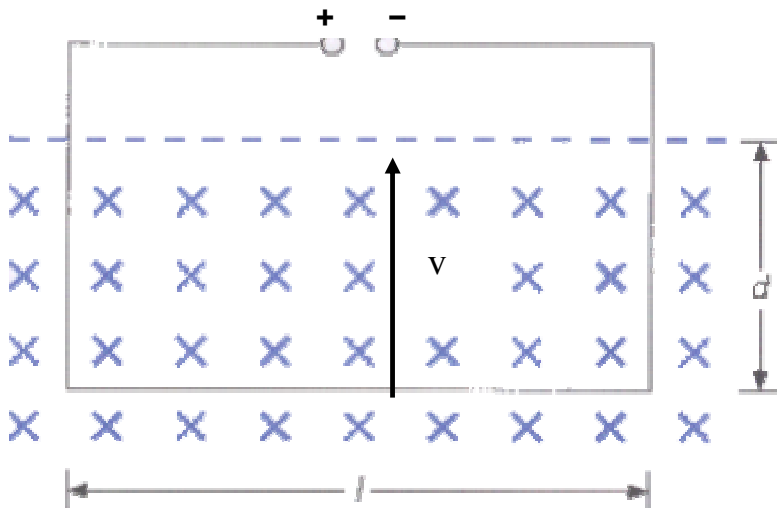
l = Breite von der Schleife

A1: a) $U_i = -N \cdot B \cdot \frac{\Delta A_w}{\Delta t}$

A2a) $U_i = -N \cdot B \cdot l \cdot v = -1 \cdot 0,43 \cdot 10^{-4} \text{ T} \cdot 1,435 \text{ m} \cdot 40 \text{ m/s} = 2,5 \text{ mV}$

A2 b) Vertikalkomponente des Erdmagnetfelds = Komponente des Erdmagnetfelds, die senkrecht zu den Bahnschienen auf der Erdoberfläche ist.

A3: a),c) Nach der Linken Handregel (Daumen in Richtung von v , Zeigefinger in Richtung B und Mittelfinger in Richtung F , Lorenzkraft) ergibt rechts den Minuspol und links den Pluspol.



$U_i = -N \cdot B \cdot l \cdot v$

b) $U_i = -500 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 10^{-3} \text{ m/s} = -6,3 \cdot 10^{-5} \text{ V} = 63 \mu\text{V}$

Aufgabe 5: Lösung siehe Webseite auf dem Arbeitsblatt

d) Freier Fall

$$(1) s = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad v = g \cdot t \quad g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$(1) \text{ nach } t \text{ umstellen : } t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

Fallender Leiterraum drei Momentaufnahmen

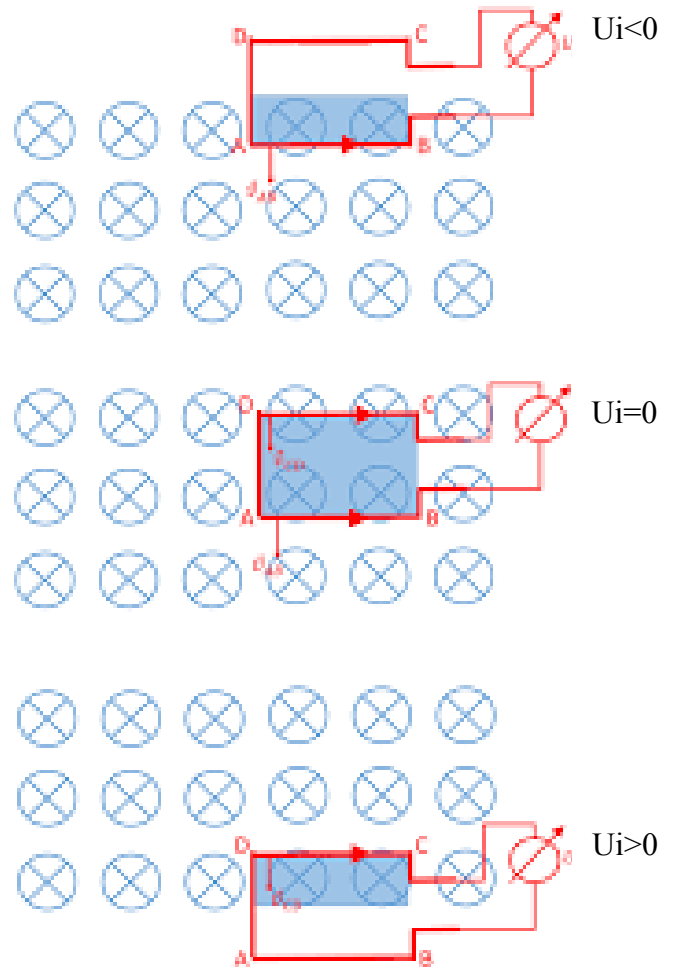
Fallstrecke für das erste vollständige Eintauchen $s=0,06m$

Fallstrecke für den Moment des Verlassens des Magnetfeldes $s = 0,1m$

Zeiten in die nach t umgestellte Formel

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,06m}{9,81 \frac{m}{s^2}}} = 0,110s$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,1m}{9,81 \frac{m}{s^2}}} = 0,181s$$



Gleichung für U_i für $0 \leq t \leq 110ms$

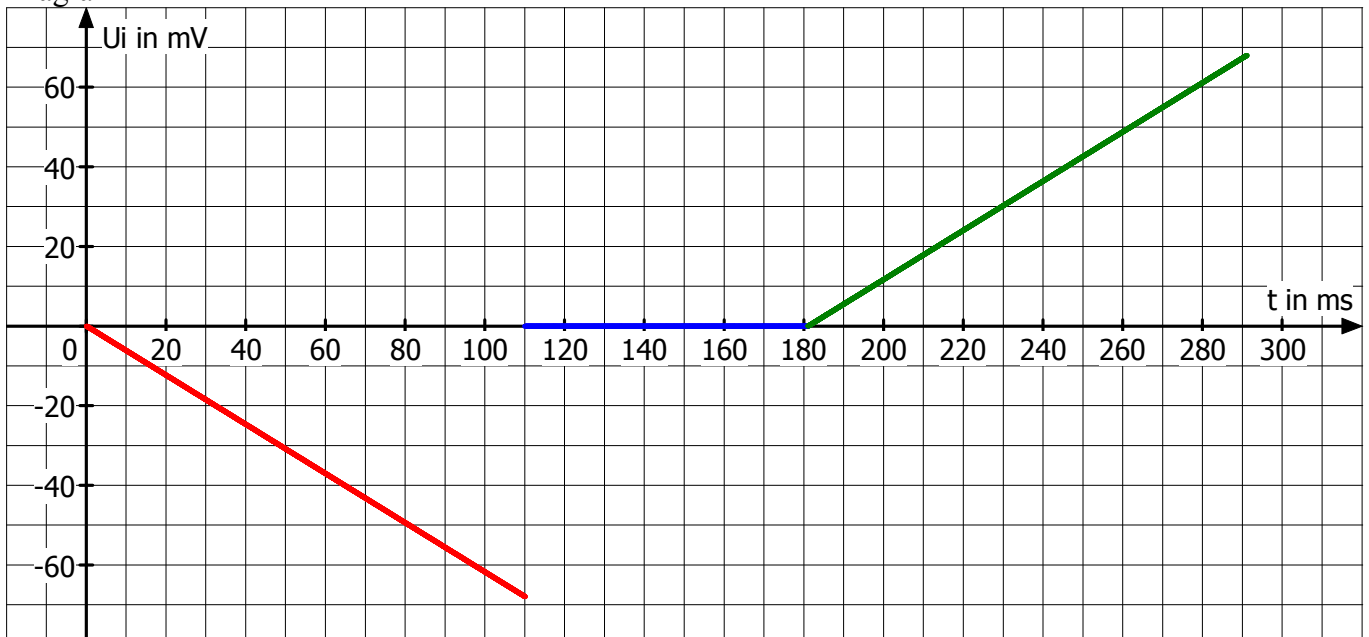
$$U_i = -N \cdot B \cdot l \cdot v = -N \cdot B \cdot l \cdot g \cdot t = -500 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3} T \cdot 0,06m \cdot 9,91 \frac{m}{s^2} \cdot t = -618,03 \frac{mV}{s} \cdot t$$

Das Magnetfeld nimmt zu, daher hat die Induktionsspannung ein negatives Vorzeichen.

Gleichung für U_i für $110ms \leq t \leq 181ms$ $U_i = 0$ Keine Induktionsspannung, da sich die Fläche nicht ändert.

Gleichung für U_i für $181ms \leq t \leq 291ms$ $U_i = 618,03 \frac{mV}{s} \cdot t$ Das Magnetfeld nimmt ab, daher hat die Induktionsspannung positives Vorzeichen.

Diagramm



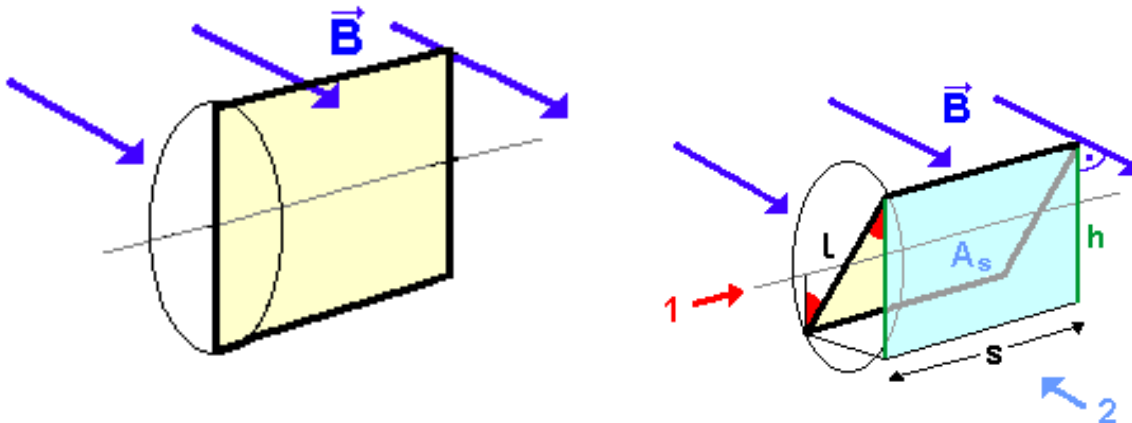
A4:

$$U_i = -N \cdot B \cdot \frac{\Delta A_w}{\Delta t}$$

$$U_i = -1 \cdot 0,2\text{T} \cdot \frac{45 \cdot 10^{-4} \text{m}^2}{0,1\text{s}} = 9\text{mV}$$

Drehwinkel: Animation der Drehung unter

https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/physik/unterrichtsmaterialien/e_lehre_2/induktion/drehspule.htm



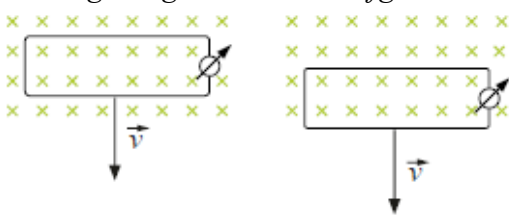
Es gilt am Anfang $A_1 = 50 \text{ cm}^2$, nach der Drehung $A_{\text{senkrecht}} = 5 \text{ cm}^2$,

$$\cos \alpha = \frac{A_s}{A_1} \quad \alpha = \cos^{-1}\left(\frac{A_s}{A_1}\right) = 84,26^\circ$$

weitere leichte Übungsaufgaben mit Lösungen:

A6: Bewegte Leiterschleife im Magnetfeld

Schwierigkeitsgrad: leichte Aufgabe



Eine Drahtschleife mit eingebautem Messgerät wird durch ein homogenes Magnetfeld bewegt. Gib an, welche Reaktion des Stromanzeigerätes in den beiden unten dargestellten Situationen zu beobachten ist.

Gib für deine Antwort eine Begründung.

Lösung unter: <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/aufgabe/bewegte-leiterschleife-im-magnetfeld>

A7: Aufgabe mit Lösung (Lorenzkraft, linke Hand-Regel)

<https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/aufgabe/induktionsspannung-im-metallischen-leiter>

A8: mittelschwere Aufgabe mit Lösung

<https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/aufgabe/induktionsstrom-abitur-2002-gk-a1-2>