

Prüfungsvorbereitung Physik: Induktion

Alle Grundlagen aus den vorhergehenden Prüfungen werden vorausgesetzt.
Das heisst: **Gut repetieren!**

Theoriefragen: Diese Begriffe müssen Sie auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- Wie sieht das Magnetfeld eines Stroms aus? (Beschreiben oder skizzieren)
- Wie sieht das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule aus? (Beschreiben oder skizzieren)
- Wie verändert sich das Magnetfeld, wenn man einen Eisenkern in eine stromdurchflossene Spule schiebt? Warum?
- Nennen Sie Anwendungen von Elektromagneten
- Welche Kraft wirkt auf bewegte Ladungen im Magnetfeld? In welche Richtung wirkt diese Kraft?
- Welche Bahn beschreibt ein geladenes Teilchen, das durch ein homogenes Magnetfeld fliegt (wenn es senkrecht/parallel zu den Feldlinien eingeschossen wurde)?
- Erklären Sie die Funktionsweise eines Elektromotors
- Wie kommt die Induktionsspannung in einem Stab zustande, der durch ein Magnetfeld bewegt wird? Wie muss er bewegt werden? Fertigen Sie selber eine Skizze an.
- Erklären Sie die Regel von Lenz anhand eines Beispiels (mit Hilfe einer selbst angefertigten Skizze).
- Wie lautet die Regel von Lenz?
- Erklären Sie Aufbau und Funktionsweise eines Wechselstromgenerators (anhand einer gegebenen Skizze)
- Wie ist der Effektivwert der Wechselspannung definiert?
- Magnetischer Fluss
- Unter welchen Bedingungen wird (nach dem Induktionsgesetz) in einer Leiterschleife eine Spannung induziert? Nennen Sie zwei Möglichkeiten.
- Wie ist ein Transformator aufgebaut? Welchen Zweck erfüllt er?
- Erklären Sie, warum es Pumpspeicherwerke braucht und wie diese eingesetzt werden.

Physikalische Grössen: Diese physikalischen Grössen müssen Sie kennen, mit Symbolen und Einheiten.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Lorentzkraft			Magnetische Feldstärke		
Induktionsspannung			Scheitelspannung		
Effektivspannung			Magnetischer Fluss		
Winkel im Bogenmass			Frequenz		
Kreisfrequenz			Winkelgeschwindigkeit		
Periode			Fläche		
Geschwindigkeit			Stromstärke		

Fähigkeiten:

- Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- Mit Diagrammen umgehen
- Elektrische und magnetische Feldlinienbilder interpretieren und zeichnen können
- Elektrische Schaltpläne interpretieren und zeichnen können
- Die Linke-Hand Regel richtig anwenden können
- Die Drei-Finger-Regel richtig anwenden können
- Joule in Elektronvolt umwandeln können und umgekehrt
- Joule in Kilowattstunden umwandeln können und umgekehrt
- Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen und umgekehrt

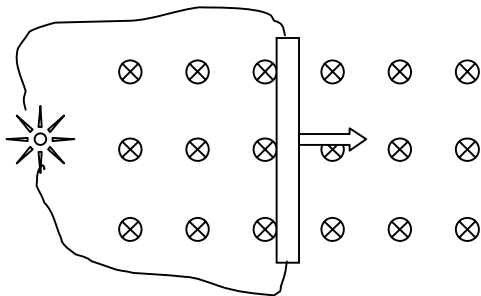
Erlaubte Hilfsmittel: einfacher Taschenrechner (ohne CAS), «Formeln, Tabellen, Begriffe», Formelblatt («Spick», A5 beidseitig beschrieben). An der Prüfung erhalten Sie ein kleines Blatt mit einer Liste von Schaltzeichen.

Übungsaufgaben:

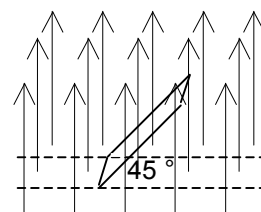
Alle Arbeitsblätter sowie Aufgabenblätter A17 bis A20

Weitere Aufgaben

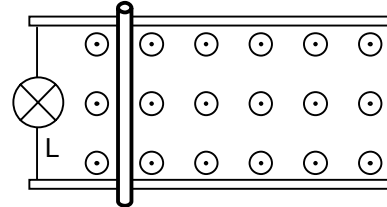
1. Ein Metallstab der Länge 20.0 cm wird durch ein Magnetfeld ($B = 0.12 \text{ T}$) bewegt. (Die Feldlinien gehen ins Blatt hinein.) Zwischen den Enden des Stabs misst man die Spannung 30.0 mV.



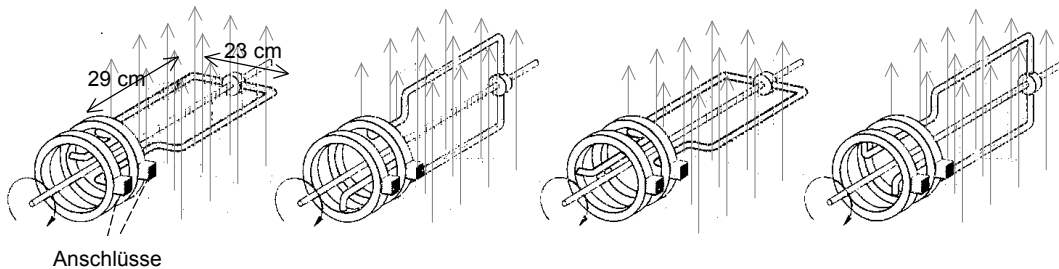
- a) Zeichnen Sie das positive und das negative Ende des Stabs ein.
 - b) Wie schnell bewegt sich der Stab?
 - c) Wie gross ist die Stromstärke, wenn man die beiden Enden mit einem Kabel verbindet, und Strom durch ein Lämpchen ($R = 0.40 \Omega$) fliesst?
 - d) Wie gross ist die Kraft, mit der man den Stab nach rechts schieben muss?
 - e) Wie gross ist die Leistung des Lämpchens?
2. In einem homogenen Magnetfeld ($B = 0.22436000 \mu\text{T}$) befindet sich eine Leiterschleife mit den Seitenlängen 13.7400 cm und 0.00972 km. Die magnetischen Feldlinien verlaufen senkrecht zur Fläche der Leiterschleife.
- a) Wie viele signifikante Ziffern besitzen die drei Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
 - b) Rechnen Sie aus, wie gross der magnetische Fluss durch die Leiterschleife ist und runden Sie das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
 - c) Notieren Sie das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise.
3. Hier sehen Sie eine quadratische Leiterschleife mit einer Seitenlänge von 37.5 cm. Sie ist um 45° geneigt und befindet sich in einem Magnetfeld der Stärke 25 mT. Berechnen Sie den magnetischen Fluss durch die Leiterschleife.



4. Wir betrachten einen verlustfreien Transformator, der auf der Sekundärseite eine 100mal grössere Windungszahl hat als auf der Primärseite. Vervollständigen Sie:
- «Die Spannung auf der Sekundärseite ist mal so gross wie auf der Primärseite.»
 - «Die Stromstärke auf der Sekundärseite ist mal so gross wie auf der Primärseite.»
5. Ein 16.2 cm langer Metallstab befindet sich in einem homogenen Magnetfeld ($B = 217 \text{ mT}$, die magnetischen Feldlinien zeigen aus dem Blatt heraus). Er wird mit der Geschwindigkeit $4.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ reibungsfrei auf zwei Metallschienen nach rechts geschoben (siehe Abb).
- Wie gross ist die Induktionsspannung längs des Stabs?
 - Wie gross ist der Induktionsstrom, wenn der Stab zusammen mit dem angeschlossenen Stromkreis und dem Lämpchen einen Widerstand von $R = 0.87 \Omega$ hat?
 - In welche Richtung fliessen die Elektronen? Zeichnen Sie es ein (im ganzen Stromkreis).
 - Wie gross ist die Kraft, mit der man den Stab schieben muss?

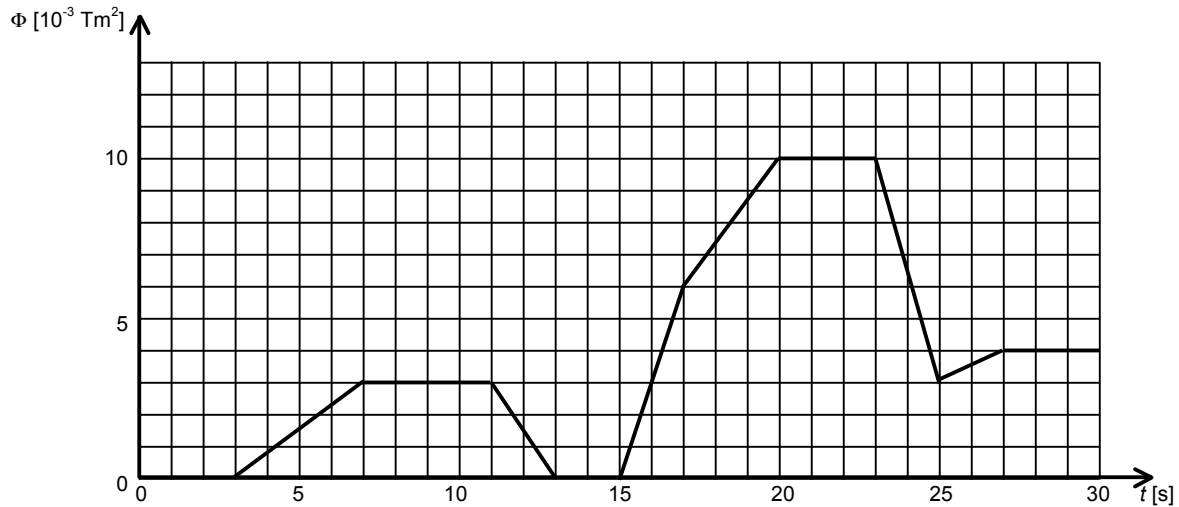


6. Kevin steht auf dem Balkon und hält einen 58.4 cm langen Metallstab waagrecht in West-Ost-Richtung. Dann lässt er ihn aus einer Höhe von 6.8 m frei zu Boden fallen. (Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes an dieser Stelle: $B = 2.06 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, Luftwiderstand wird vernachlässigt.)
- Welches Ende des Stabes wird negativ aufgeladen? Fertigen Sie eine Skizze an.
 - Wie gross ist die Spannung zwischen den Stabenden beim Erreichen des Erdbodens?
7. Hier sehen Sie vier Momentaufnahmen einer Leiterschleife, die 20mal pro Sekunde im Uhrzeigersinn in einem homogenen Magnetfeld gedreht wird. (Die Magnetfeldlinien sind als Pfeile dargestellt, $B = 95.3 \text{ mT}$.)

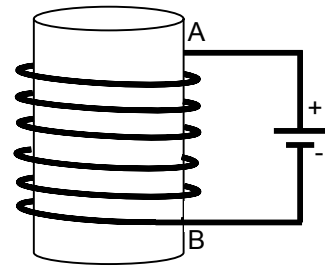


- Zeichnen Sie in allen vier Abbildungen ein, ob und in welche Richtung sich die Elektronen in der Leiterschleife bewegen.
 - Zeichnen Sie dort, wo eine Spannung induziert wird, bei den Anschlüssen Plus- und Minuspol ein.
 - Wie gross ist die Scheitelspannung?
 - Wie gross ist die Effektivspannung?
 - Zu welchen Zeiten ist die Spannung maximal? (Bitte zwei mögliche Zeiten angeben)
 - Zu welcher Zeit hat die Spannung den Betrag 418.0 mV?
 - Wenn man die Anschlüsse über ein Kabel mit einem Lämpchen verbindet, so dass ein Strom fliessen kann, wird es schwerer, die Leiterschleife zu drehen. Warum?
8. Der Generator eines Kraftwerks gibt bei einer Spannung von 27 kV eine Leistung von 87 MW ab. Ein Transformator erhöht diese Spannung auf 420 kV. Die elektrische Energie wird mit Hilfe einer Aluminium-Fernleitung von insgesamt 20 km Länge (hin und zurück) und einer Querschnittsfläche von 120 mm^2 übertragen.
- Wie gross ist die Windungszahl der Primärspule des Transformators, wenn die Sekundärspule 2'800 Windungen hat?
 - Wie gross sind Primär- und Sekundärstromstärke, wenn man annimmt, dass der Transformator verlustfrei arbeitet?
 - Wie gross ist die Verlustleistung in der Leitung?
 - Wie gross wäre die Verlustleistung ohne Transformator?
 - Wie viel Prozent der vom Generator abgegebenen Leistung geht mit und wie viel ohne Transformator verloren?

9. Hier sehen Sie den zeitlichen Verlauf des magnetischen Flusses durch eine Leiterschleife in einem Diagramm dargestellt.
Geben Sie an, wie gross jeweils die induzierte Spannung ist.



10. Hier sehen Sie eine Spule, die an eine Spannungsquelle angeschlossen ist. Die Stromstärke in der Spule wird laufend verkleinert.
- Zeichnen Sie ein, in welche Richtung die Elektronen durch die Spule fliessen.
 - Zeichnen Sie das Magnetfeld der Spule.
 - Was bedeutet die Abnahme der Stromstärke für das Magnetfeld in der Spule?
 - Was bedeutet das für den magnetischen Fluss durch die Spule?
 - Warum entsteht eine Spannung zwischen den Anschlüssen A und B der Spule? (Diese Spannung entsteht zusätzlich zur bereits vorhandenen Spannungsquelle, an der die Spule angeschlossen ist, ist aber schwächer.)
 - Nach der Regel von Lenz ist «die Induktionsspannung so gerichtet, dass sie ihrer Ursache entgegen wirkt.» Überlegen Sie:
 - ☞ Was ist die Ursache der (zusätzlichen) induzierten Spannung?
 - ☞ Wie muss diese Spannung gepolt sein, so dass sie ihrer Ursache entgegen wirkt?
 - Zeichnen Sie Plus- und Minuspol dieser zusätzlichen (induzierten) Spannung bei A und B ein.
 - Was bedeutet diese zusätzliche (induzierte) Spannung für die Abnahme der Stromstärke in der Spule? Nimmt die Stromstärke stärker/gleich stark/weniger ab, als wenn der Draht gestreckt und nicht zu einer Spule aufgewickelt wäre?



Lösungen:

1. a) oben positiv, unten negativ

$$b) v = \frac{U_{\text{ind}}}{B \cdot d} = \frac{0.030 \text{ V}}{0.12 \text{ T} \cdot 0.20 \text{ m}} = 1.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c) I = \frac{U_{\text{ind}}}{R} = \frac{0.030 \text{ V}}{0.40 \Omega} = 75 \text{ mA}$$

$$d) F_L = B \cdot I \cdot s = 0.12 \text{ T} \cdot 0.075 \text{ A} \cdot 0.20 \text{ m} = 1.8 \text{ mN}$$

$$e) P = U \cdot I = 0.030 \text{ V} \cdot 0.075 \text{ A} = 2.25 \text{ mW}$$

2. a) B : 8, s_1 : 6, s_2 : 4 Resultat: 3

$$b) \Phi = B \cdot A = B \cdot s_1 \cdot s_2 = 0.22436000 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot 13.7400 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 0.00972 \cdot 10^3 \text{ m} \\ = 0.0000002996390621 \text{ Tm}^2 = 0.000000300 \text{ Tm}^2$$

$$c) 3.00 \cdot 10^{-7} \text{ Tm}^2$$

3. $\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypothenuse}} \Rightarrow$

$$\text{Ankathete} = \cos \alpha \cdot \text{Hypothenuse} = \cos(45^\circ) \cdot 37.5 \text{ cm} = 19.7 \text{ cm}$$

$$A = 19.7 \text{ cm} \cdot 37.5 \text{ cm} = 739 \text{ cm}^2 = 7.39 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\Phi = B \cdot A = 25 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 7.39 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 = 1.85 \cdot 10^{-3} \text{ Tm}^2$$

4. a) 100 mal

$$b) \frac{1}{100} \text{ mal}$$

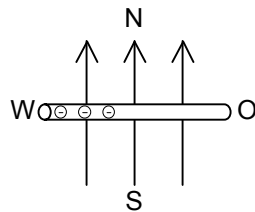
5. a) $U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot d = 0.217 \text{ T} \cdot 4.30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.162 \text{ m} = 0.151 \text{ V} = 151 \text{ mV}$

$$b) I = \frac{U}{R} = \frac{0.151 \text{ V}}{0.87 \Omega} = 0.174 \text{ A}$$

c) Gegenuhrzeigersinn

$$d) F_L = B \cdot I \cdot s = 0.217 \text{ T} \cdot 0.174 \text{ A} \cdot 0.162 \text{ m} = 6.11 \text{ mN}$$

6. a)



Ansicht von oben. Der Stab fällt senkrecht nach unten, ins Blatt hinein. Der geographische Nordpol der Erde ist ein magnetischer Südpol!

$$b) v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6.8 \text{ m}} = 11.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot d = 2.06 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot 11.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.584 \text{ m} = 0.139 \text{ mV}$$

7. a) Bild 1 und 3: Leiter bewegt sich parallel zu den Magnetfeldlinien, es wirkt keine Lorentzkraft

Bild 2 und 4: Elektronen gehen oben nach hinten, unten nach vorne

b) Bild 2: vorne -, hinten +, Bild 4: vorne +, hinten -

$$c) \hat{U} = n \cdot A \cdot B \cdot \omega = 1 \cdot 0.0667 \text{ m}^2 \cdot 95.3 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 126 \text{ s}^{-1} = 0.80 \text{ V}$$

$$d) U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{0.80 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 0.57 \text{ V}$$

e) $T = 0.05 \text{ s}$. Maximale Spannung zu den Zeiten 0.0125 s, 0.0375 s, 0.0625 s, etc.

$$f) U(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t) \Rightarrow \sin(\omega \cdot t) = \frac{U(t)}{\hat{U}} = 0.52$$

$$t = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{U(t)}{\hat{U}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0.55}{2 \cdot \pi \cdot 20 \text{ Hz}} = 4.38 \text{ ms}$$

g) Weil der induzierte Strom im Magnetfeld eine Lorentzkraft erfährt. Diese ist entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung der Leiterschleife.

8. a) $n_1 = n_2 \cdot \frac{U_1}{U_2} = 2'800 \cdot \frac{27 \text{ kV}}{420 \text{ kV}} = \underline{180}$

b) $I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{87 \cdot 10^6 \text{ W}}{27 \cdot 10^3 \text{ V}} = \underline{3.2 \cdot 10^3 \text{ A}} \quad I_2 = \frac{P}{U_2} = \frac{87 \cdot 10^6 \text{ W}}{420 \cdot 10^3 \text{ V}} = \underline{207 \text{ A}}$

c) $R_{\text{Leitung}} = \rho_{\text{el}} \cdot \frac{l}{A} = 3.21 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m} \cdot \frac{20.0 \cdot 10^3 \text{ m}}{1.20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 5.35 \Omega$

$P = U \cdot I = (R \cdot I) \cdot I = R \cdot I^2 = 5.35 \Omega \cdot (207 \text{ A})^2 = \underline{230 \text{ kW}}$

d) $P = R \cdot I^2 = 5.35 \Omega \cdot (3.2 \cdot 10^3 \text{ A})^2 = \underline{54.8 \text{ MW}}$

e) Mit: $\frac{230 \cdot 10^3 \text{ W}}{87 \cdot 10^6 \text{ W}} = \underline{0.26\%}$

Ohne: $\frac{54.8 \cdot 10^6 \text{ W}}{87 \cdot 10^6 \text{ W}} = \underline{63\%}$

9. $U_1 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0}{3.0 \text{ s}} = \underline{0}$

$U_2 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{3.0 \cdot 10^{-3} \text{ Tm}^2}{4.0 \text{ s}} = \underline{-0.75 \text{ mV}}$

$U_3 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0}{4.0 \text{ s}} = \underline{0}$

$U_4 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{-3.0 \cdot 10^{-3} \text{ Tm}^2}{2.0 \text{ s}} = \underline{1.5 \text{ mV}}$

$U_5 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0}{2.0 \text{ s}} = \underline{0}$

$U_6 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{6.0 \cdot 10^{-3} \text{ Tm}^2}{2.0 \text{ s}} = \underline{-3.0 \text{ mV}}$

$U_7 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{4.0 \cdot 10^{-3} \text{ Tm}^2}{3.0 \text{ s}} = \underline{-1.3 \text{ mV}}$

$U_8 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0}{3.0 \text{ s}} = \underline{0}$

$U_9 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{-7.0 \cdot 10^{-3} \text{ Tm}^2}{2.0 \text{ s}} = \underline{3.5 \text{ mV}}$

$U_{10} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{1.0 \cdot 10^{-3} \text{ Tm}^2}{2.0 \text{ s}} = \underline{-0.50 \text{ mV}}$

$U_{11} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0}{3.0 \text{ s}} = \underline{0}$

10. a) Die Elektronen fließen von Minus zu Plus: \rightarrow
 b) Linke-Hand-Regel anwenden. Magnetfeld: \rightarrow
 c) Das Magnetfeld nimmt ab
 d) Der magnetische Fluss nimmt ab
 e) Weil sich der magnetische Fluss ändert
 f) Die Ursache der induzierten Spannung ist eine Flussänderung, die durch eine Magnetfeldänderung verursacht wird. Die Ursache der Magnetfeldänderung ist eine Abnahme der Stromstärke.
 Um einer Abnahme der Stromstärke entgegen zu wirken, muss die induzierte Spannung in die gleiche Richtung wie die äussere (ursprüngliche) Spannungsquelle gepolt sein.
 g) A: Plus, B: Minus
 h) Die Stromstärke nimmt weniger stark ab.

