

# PRÜFUNGSVORBEREITUNG PHYSIK: INDUKTION, TRANSFORMATOREN, EINSTEIN

Theoriefragen: Diese Begriffe musst du auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Vektor/Skalar
- b) Masse:     - Welche Eigenschaften hat eine Masse?  
                  - Was bedeutet jede dieser Eigenschaften?
- c) Wechselwirkungsprinzip
- d) Kräftegleichgewicht
- e) Definition der physikalischen Arbeit
- f) Energie
- g) Periode
- h) Frequenz
- i) Winkelgeschwindigkeit
- j) Magnetfeld
- k) Definition der Richtung des Magnetfeldes
- l) Wie lautet die Regel von Lenz?
- m) Wie ist der Effektivwert der Wechselspannung definiert?
- n) Magnetischer Fluss
- o) Unter welchen Bedingungen wird (nach dem Induktionsgesetz) in einer Leiterschleife eine Spannung induziert? Nenne zwei Möglichkeiten.
- p) Wie ist ein Transformator aufgebaut? Welchen Zweck erfüllt er?
- q) Inertialsystem
- r) Auf welchen zwei Voraussetzungen beruht die spezielle Relativitätstheorie? (Postulate von Einstein)
- s) Welche Folgen haben diese Postulate für *Längen* und *Zeiten* bei hoher Geschwindigkeit?

Physikalische Größen: Für diese physikalischen Größen musst du Symbol und Einheit kennen.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Weg/Strecke			Zeit		
Geschwindigkeit			Beschleunigung		
Kraft			Masse		
Arbeit			Energie		
Leistung			Ladung		
Spannung			Stromstärke		
Widerstand			Magnetische Feldstärke		
Lorentzkraft			Fläche		
Lichtgeschwindigkeit			Magnetischer Fluss		

Formeln: An der Prüfung erhältst du ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt findest du alle Formeln, die du brauchst, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt kannst du auf [massenpunkt.ch](http://massenpunkt.ch) anschauen und herunterladen.

Fähigkeiten:

- ☞ Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- ☞ Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden und mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise schreiben
- ☞ Diagramme zeichnen und interpretieren
- ☞ Elektrische und magnetische Feldlinienbilder interpretieren und zeichnen können
- ☞ Elektrische Schaltpläne interpretieren und zeichnen können
- ☞ Joule in Kilowattstunden umwandeln können und umgekehrt
- ☞ Joule in Elektronvolt umwandeln können und umgekehrt
- ☞ Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen können und umgekehrt
- ☞ Aufgaben mit vektoriellen Grössen zeichnerisch und rechnerisch lösen
- ☞ Fehlerschranken ausrechnen und korrekt angeben für Resultate, die aus Messwerten (mit Fehlerschranken) berechnet wurden
- ☞ Die Linke-Hand Regel richtig anwenden können
- ☞ Die Drei-Finger-Regel richtig anwenden können
- ☞ Diverse Anwendungen von Elektromagneten erklären können
- ☞ Aufbau und Funktionsweise eines Elektromotors erklären können
- ☞ Aufbau und Funktionsweise eines Generators erklären können

Übungsaufgaben:

Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar ersichtlich sein.  
Bei Berechnungen werden für die volle Punktzahl eine algebraische Lösung (das heisst die Formel, umgeformt nach der gesuchten Grösse) und die vollständig eingesetzte Rechnung (das heisst Zahlenwerte mit Einheiten) verlangt.  
Resultate müssen unterstrichen sein (Einheiten nicht vergessen!).

**Alle Arbeits- und Theorieblätter sowie Aufgabenblätter A70 bis A72**

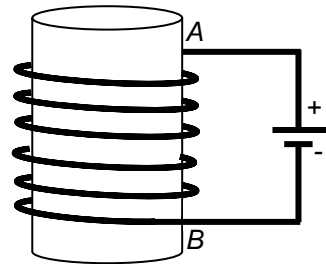
**Weitere Aufgaben**

1. Wir betrachten einen verlustfreien Transformator, der auf der Sekundärseite eine 100mal grössere Windungszahl hat als auf der Primärseite. Vervollständige:
  - a) «Die Spannung auf der Sekundärseite ist ..... mal so gross wie auf der Primärseite.»
  - b) «Die Stromstärke auf der Sekundärseite ist ..... mal so gross wie auf der Primärseite.»
2. Ein Elektron der Ladung  $(1.602 \pm 0.001) \cdot 10^{-19} \text{ C}$  wurde auf eine Geschwindigkeit von  $(1.53 \pm 0.04) \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  beschleunigt und bewegt sich senkrecht zu den Feldlinien eines Magnetfeldes der Stärke  $(11.76 \pm 0.02) \mu\text{T}$  auf einem Kreis mit Radius  $(7.410 \pm 0.005) \text{ cm}$ . Gib die Masse des Elektrons korrekt mit (absoluter) Fehlerschranke an.
3. In einem homogenen Magnetfeld ( $B = 0.0150 \text{ T}$ ) befindet sich senkrecht zu den Feldlinien eine quadratische Leiterschleife. Der magnetische Fluss durch die Leiterschleife beträgt  $0.0149940 \text{ Tm}^2$ . Die Seitenlänge der Leiterschleife (in mm) soll berechnet werden.
  - a) Markiere bei den benötigten Zahlenwerten die signifikanten Ziffern mit einem Punkt über der Ziffer. Wie viele signifikante Ziffern besitzen diese? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
  - b) Berechne die Seitenlänge der Leiterschleife.
  - c) Notiere das Resultat (in mm) mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise und runde auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.

4. 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  $120 \text{ mm}^2$  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?

5. Hier siehst du eine Spule, die an eine Spannungsquelle angeschlossen ist. Die Stromstärke in der Spule wird laufend verkleinert.

- Zeichne ein, in welche Richtung die Elektronen durch die Spule fliessen.
- Zeichne 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.» Überlege:
  - Was ist die Ursache der (zusätzlichen) induzierten Spannung?
  - Wie muss diese Spannung gepolt sein, so dass sie ihrer Ursache entgegen wirkt?
- Zeichne 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?



6. Morris ( $m = 65.0 \text{ kg}$ ) und Maurice ( $m = 65.0 \text{ kg}$ ) fliegen in ihren superschnellen Raumschiffen mit einer konstanten Relativgeschwindigkeit von  $150'000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  aneinander vorbei. Beide haben genau gleiche Uhren und genau gleiche Massstäbe (die längs zur Bewegungsrichtung des Raumschiffs liegen) von je  $1.000 \text{ m}$  Länge dabei.

*Ergänze mit länger/kürzer, schneller/langsamer, grösser/kleiner:*

- Morris sagt: «Der Massstab von Maurice ist ..... als meiner. Die Uhr von Maurice geht ..... als meine. Maurice hat eine ..... Masse als ich.»
  - Maurice sagt: «Der Massstab von Morris ist ..... als meiner. Die Uhr von Morris geht ..... als meine. Morris hat eine ..... Masse als ich.»
7. Wie schnell müsste ein Porsche fahren, so dass er wegen der Längenkontraktion von jemandem, der am Strassenrand steht, als nur noch halb so lang wahrgenommen würde (Ohne Reibung, Luftwiderstand etc.)?

### Lösungen:

1. a) 100 mal  
b)  $\frac{1}{100}$  mal

$$2. \quad m = \frac{B \cdot q \cdot r}{v} = \frac{11.76 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0.07410 \text{ m}}{1.53 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 9.124238 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_{\max} = \frac{B_{\max} \cdot q_{\max} \cdot r_{\max}}{v_{\min}} = \frac{11.78 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot 1.603 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0.07415 \text{ m}}{1.49 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 9.397313 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\Delta m = m_{\max} - m = 9.397313 \cdot 10^{-31} \text{ kg} - 9.124238 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0.2730 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0.3 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m = \underline{(9.1 \pm 0.3) \cdot 10^{-31} \text{ kg}}$$

3. a)  $B = 0.0150 \text{ T}$ : 3 signifikante Ziffern,  $\Phi = 0.0149940 \text{ Tm}^2$ : 6 signifikante Ziffern,  
Resultat: 3 Ziffern

$$b) \quad A = \frac{\Phi}{B} \quad s = \sqrt{\frac{\Phi}{B}} = \sqrt{\frac{0.0149940 \text{ T} \cdot \text{m}^2}{0.0150 \text{ T}}} = 0.99979998 \text{ m} = 1.00 \text{ m}$$

$$c) \underline{1.00 \cdot 10^3 \text{ mm}}$$

$$4. \quad a) \quad n_1 = n_2 \cdot \frac{U_1}{U_2} = 2'800 \cdot \frac{27 \text{ kV}}{420 \text{ kV}} = \underline{180}$$

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

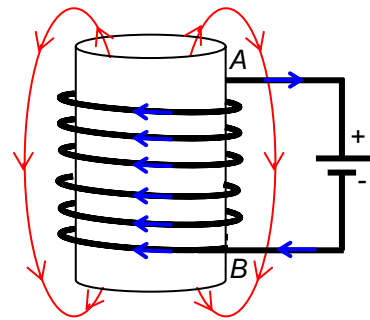
$$c) \quad R_{\text{Leitung}} = \rho_{\text{el}} \cdot \frac{l}{A} = 3.21 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m} \cdot \frac{20.0 \cdot 10^3 \text{ m}}{1.20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 5.35 \Omega$$

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

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

$$e) \quad \text{Mit: } \frac{230 \cdot 10^3 \text{ W}}{87 \cdot 10^6 \text{ W}} = \underline{0.26\%} \quad \text{Ohne: } \frac{54.8 \cdot 10^6 \text{ W}}{87 \cdot 10^6 \text{ W}} = \underline{63\%}$$

5. 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.



6. a) kürzer/ langsamer/ grössere  
b) kürzer/ langsamer/ grössere

$$7. \quad \frac{\ell}{\ell_0} = \frac{1}{2} \quad v = c \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\ell}{\ell_0}\right)^2} = 299'792'458 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \underline{2.596 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$