

Die Klausur zur Vorlesung Physik II findet am 18. Juli von 14⁰⁰ – 16⁰⁰ im Gerthsen und Gaede Hörsaal statt. Die Aufteilung finden sie Anfang nächster Woche auf dem Web. Zulässige Hilfsmittel sind lediglich Taschenrechner und Schreibmaterial. Formelsammlungen, alphanumerisch programmierbare Taschenrechner oder elektron. Kommunikationsmittel sind nicht erlaubt. Bitte bringen Sie Ihren Studierendenausweis mit. In den Übungen am 23. Juli werden die Aufgaben der Klausur besprochen.

1. Zwei gerade, unendlich lange Leiter!

Zwei gerade, unendlich lange Leiter 1 und 2, die einen Abstand von $d = 10\text{cm}$ voneinander haben, werden von den Gleichströmen $I_1 = 20\text{A}$ und $I_2 = 30\text{A}$ in gleicher Richtung durchflossen.

- (a) Berechnen sie die resultierende magnetische Feldstärke H für einen Punkt, der genau in der Mitte zwischen den Leitern liegt!
- (b) In welchem Abstand x vom Leiter 1 ist die resultierende Kraft gleich null?

2. BOHRsches Magneton

Gemäß dem BOHRschen Atommodell kreist im Wasserstoffatom (im Grundzustand) ein Elektron mit der geschwindigkeit $v = 2,19 \cdot 10^6\text{m/s}$ im Abstand $a_H = 0,529 \cdot 10^{-15}\text{m}$ um ein Proton als Atomkern.

- (a) Welcher Stromstärke entspricht diese Ladungsbewegung?
- (b) Wie groß ist das magnetische Dipolmoment dieses Kreisstroms?
- (c) Wie stark ist das Magnetfeld, dass das kreisende Elektron am Ort des Protons erzeugt?

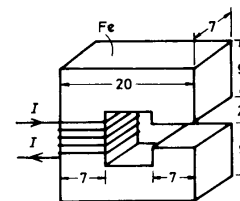
Masse des Elektrons: $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}\text{kg}$; Elementarladung: $e = 1,620 \cdot 10^{-19}\text{As}$.

3. Ferromagnetismus – Hysteresis

Erklären sie die Begriffe Hysteresis (mit Zeichnung), Koerzitivfeldstärke, Sättigung, Remanenz! Was stellt die Fläche der Hysteresiskurve dar?

4. Magnetfeld einer Spule

Ein Eisenmagnet mit C-förmiger Geometrie habe die Abmessungen in cm wie in der Abbildung angegeben. Die relative magnetische Permeabilität des weichen Eisenjochs sei $\mu_r = 3000$. Wie viele Windungen werden benötigt, damit ein durch die Windungen fließender Strom von $I = 1\text{A}$ ein Magnetfeld der Stärke $B = 0.01\text{T}$ in dem Luftspalt erzeugt?



5. Induziertes elektrisches Feld

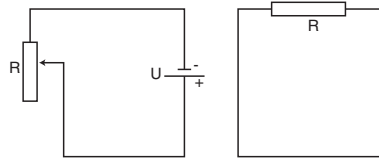
Diskutieren Sie die folgenden Aussagen und entscheiden sie, welche zutrifft:

- (a) Die Feldlinien eines induzierten, elektrischen Feldes bilden geschlossene Schleifen.
- (b) Das induzierte elektrische Feld ist konservativ.

6. Lenz'sche Regel

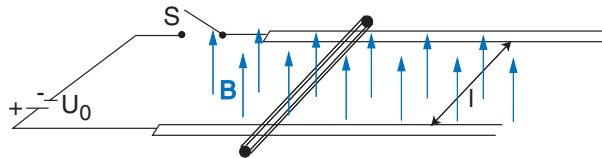
In welche Richtung fließt der induzierte Strom im rechten Stromkreis der Abbildung, wenn der Widerstand im linken Kreis

- (a) erhöht wird?
- (b) erniedrigt wird?



Diskutieren Sie zunächst das Magnetfeld, das sich bei konstanten Bedingungen einstellt.

7. Lorentz-Kraft und Induktion



Ein Stab mit der Masse m und dem Ohm'schen Widerstand R kann sich reibungsfrei auf zwei parallelen Schienen bewegen. Zwischen den Schienen, die den Abstand l besitzen, herrsche ein senkrechtes, homogenes Magnetfeld B (siehe Abbildung). Durch Schließen des Schalters S werde eine Spannungsquelle mit der Spannung U_0 zwischen den Schienen angeschlossen. Der Ohm'sche Widerstand der Schienen sei null.

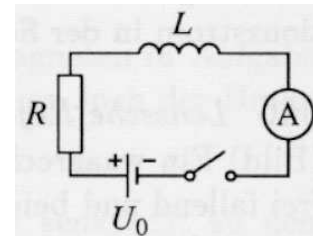
- (a) Berechnen Sie die Kraft auf den Stab als Funktion des Stroms I im Stab.
- (b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit $v_s = v_s(t)$ des Stabs unter Berücksichtigung der Induktion. Gehen Sie hierzu von der Bewegungsgleichung $F = m\dot{v}$ aus. Zeigen Sie, dass für $t \rightarrow \infty$ eine (konstante) Endgeschwindigkeit v_e erreicht wird. Welcher Strom I_e fließt dann?

8. Selbstinduktion

- (a) Durch eine auf einem geschlossenen ringförmigen Eisenkern (Durchmesser des Kerns $d_e = 2\text{cm}$, mittlerer Durchmesser des Rings $d_s = 10\text{cm}$, Permeabilitätszahl $\mu_r = 600$) einlagig gewickelte Spule mit $N=300$ Windungen fließt bei einer anliegenden Gleichspannung von $U_0 = 133\text{V}$ ein Strom von $I = 3,5\text{A}$. Auf elektronischem Wege ist die Stromstärke in der Spule $t = 10^{-3}\text{s}$ nach dem Abschalten?

Der Stromkreis bestehend aus einer Spule mit der Induktivität $L = 0,8\text{H}$, einem ohmschen Widerstand $R = 10\Omega$ und einer

- (b) Spannungsquelle U_0 wird zum Zeitpunkt $t = 0$ geschlossen. Nach welcher Zeit hat die Stromquelle die Stromstärke 99% ihres Endwertes erreicht?



9. Quellen? Wirbel?

- (a) Was bedeutet *wirbelfrei*? Bildlich und mathematisch!
- (b) Was bedeutet *quellenfrei*? Bildlich und mathematisch!
- (c) Was ist $\text{div rot } \vec{A}$?
- (d) Was $\text{rot grad } \Phi$?

Übungsleiter: Frank Hartmann, IEKP, Forschungszentrum Karlsruhe, www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/edyn.html

Anmerkung: Ich habe versucht das Stoffgebiet in den Aufgaben vollständig abzudecken, was manchmal zu einer Fülle von Aufgabe führte, aber selbst in 11 Übungsblättern kann das Gebiet nicht vollständig abgedeckt werden. Da das Vorlesungsende nicht mit dem Übungsende zusammenfällt lege ich ihnen ans Herz, zusätzlich Aufgaben zu *EM-Wellen* und zu *Wechselstrom und Schaltkreise* zu bearbeiten!

Weiterhin war es mein Ziel, sie durch Aufgaben zur Vektoranalysis auf die folgende Theorie-Vorlesung vorzubereiten, ich hoffe sie werden davon profitieren und wünsche ihnen allen weiterhin viel Erfolg im Studium und in der Physik II Klausur!

Zu Blatt 11 und eigentlich der ganzen Vorlesung:

Die **Essenz der Elektrodynamik** und einige Zeit der Gedanke, dass damit die gesamte Physik-Forschung abgeschlossen ist: *Die Maxwellgleichungen*.

Lexikon: "War es ein Gott, der diese Zeilen schrieb..." von Boltzmann 1893, über die eindrucksvolle Schönheit und weltweite Bedeutung der Maxwellgleichungen. James Clerk Maxwell *1831 †1879

Maxwellgleichungen in integraler Form:

$$\oint_{\partial F} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int \int_F \vec{J} \cdot d\vec{F} + \frac{d}{dt} \int \int_F \vec{D} \cdot d\vec{F} \quad (1)$$

$$\oint_{\partial F} \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int \int_F \vec{B} \cdot d\vec{F} \quad (2)$$

$$\int \int_{\partial V} \vec{D} \cdot d\vec{F} = \int \int_V \rho dV \quad (3)$$

$$\int \int_{\partial V} \vec{B} \cdot d\vec{F} = 0 \quad (4)$$

Maxwellgleichungen in differentieller Form: Übergang mittels Gauss'schen bzw. Stoke'schem Satz!!!

$$\nabla \times \vec{H}(\vec{r}, r) = \text{rot } \vec{H}(\vec{r}, r) = \vec{J}(\vec{r}, r) + \frac{\partial}{\partial t} \vec{D}(\vec{r}, r)$$

$$\nabla \times \vec{E}(\vec{r}, r) = \text{rot } \vec{E}(\vec{r}, r) = -\frac{\partial}{\partial t} \vec{B}(\vec{r}, r)$$

$$\nabla \cdot \vec{D}(\vec{r}, r) = \text{div } \vec{D}(\vec{r}, r) = \rho(\vec{r}, t)$$

$$\nabla \cdot \vec{B}(\vec{r}, r) = \text{div } \vec{B}(\vec{r}, r) = 0$$

mit Materialgleichungen (oft auch 5. und 6. Maxwellgleichung genannt):

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}, \quad \vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M})$$

$$\text{linear: } \vec{P} = \epsilon_0 \xi_e \vec{E} \Rightarrow \vec{D} = \epsilon \vec{E}, \quad \vec{M} = \xi_m \vec{H} \Rightarrow \vec{B} = \mu \vec{H}; \quad \vec{J} = \sigma \vec{E}$$

(1) *Ampersches Gesetz: Durchflutungsgesetz:* Ein sich zeitlich änderndes Magnetfeld erzeugt ein Elektrisches Wirbelfeld, bzw. einen Strom!

(2) *Faraday-Lorentz-Gesetz: Induktionsgesetz:* Jedes zeitlich sich ändernde elektrische Feld erzeugt ein magnetisches Wirbelfeld, und umgekehrt.

(3),(4) Elektrische Ladungen sind Quellen und Senken des D-Feldes. Das B-Feld hat keine Quellen oder Senken, d.h. es gibt keine magnetische Ladungen (Monopole).

Etwas zum merken:

$$c = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}$$

Satz von Gauss:

$$\int \int \int_V \text{div } \vec{A} dV = \int \int_F \vec{A} \cdot d\vec{F}$$



Carl-Friedrich Gauß
(1777-1855)

Satz von Stokes:

$$\int \int_F \text{rot } \vec{A} d\vec{F} = \oint_{\partial F} \vec{A} \cdot d\vec{r}$$



George Gabriel Stokes
(1819-1903)

Das elektrische Feld:

Was also ist das elektrische Feld? Es ist wie das Grinsen der Grinsekatz in Lewis Carrolls Buch Alice im Wunderland:

\Na, Katzen ohne Grinsen habe ich schon oft gesehen\ sagte Alice. \ Aber Grinsen ohne Katzen!
Das ist das Wunderlichste, was ich je erlebt habe.\

Das elektrische Feld ist nichts weiter als ein mathematischer Begriff, der uns die Beschreibung der elektrischen Kräfte zwischen Ladungen erleichtert.