

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
Prof. Dr. W. Daum

1 Geschwindigkeit von Gasteilchen

Wie groß ist die mittlere Energie von Gasatomen in der Einheit J und meV bei Raumtemperatur ($T = 24^\circ\text{C}$)? Wie lautet die Maxwell-Boltzmannsche Geschwindigkeitsverteilung? Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf der Verteilung für die Temperaturen 70 K und 300 K.

2 Ideales Gas

- (a) Wie groß ist die Molekülanzahl pro cm^3 in einem idealen Gas bei der Temperatur $T=20^\circ\text{C}$ und dem Druck $p=1\text{ bar}$?
- (b) Eine Druckflasche enthält komprimiertes Gas unter einem Druck $p_1 = 40 \cdot 10^5\text{ Pa}$ und der Temperatur von 27°C . Nach dem Ablassen der Hälfte des eingeschlossenen Gases fällt die Temperatur um 15°C . Welcher Druck p_2 stellt sich nun ein?

3 Thermische Ausdehnung

Der 64l Stahltank ($\alpha = 1,6 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ Längenausdehnungskoeffizient von Stahl) eines Pkw wurde bei 10°C randvoll mit Benzin gefüllt. Der Volumenausdehnungskoeffizient von Benzin ist $\gamma = 3,7 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$. Wieviel Benzin läuft aus dem Tank aus, wenn die Temperatur auf 25°C steigt? Nehmen Sie dazu einen würfelförmigen Tank an und berücksichtigen Sie nur dessen Längenausdehnung.

4 Das Gesetz von Gay-Lussac

- (a) Um welchen Druck Δp erhöht sich der Druck eines Gases mit dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\gamma = 3,7 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$ in einem Behälter konstanten Volumens, wenn die Temperatur um $\Delta T=20^\circ\text{C}$ erhöht wird und zuvor ein Druck $p_0 = 1\text{ bar}$ eingestellt war?
- (b) Nennen und erklären Sie eine Anwendung des Gesetzes von Gay-Lussac.

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
Prof. Dr. W. Daum

5 Gasflaschen

Eine Sauerstoffflasche besitzt ein Volumen $V = 60\text{ l}$ und steht bei einer Temperatur $T = 300\text{ K}$ unter einem Druck $p = 100\text{ bar}$.

- (a) Wie groß ist die Masse des gesamten Sauerstoffs in der Flasche, wenn ein Sauerstoffmolekül O_2 eine Masse von 32 u besitzt? (1 u ist gleich $1/12$ der Masse eines ^{12}C Atoms)

Eine zweite, unbekannte Gasflasche zeigt bei einer Temperatur von $T = 320\text{ K}$ einen Druck $p = 12,8\text{ bar}$ an. Das Gas habe eine Dichte von $\rho = 13,47\text{ kg/m}^3$.

- (b) Wie groß ist die Masse eines einzelnen Gasmoleküls in der Einheit u ?
- (c) Um welches Gas handelt es sich?

Hinweise: Die Avogadro-Konstante ist $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$ und die Boltzmann-Konstante ist $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}\text{ J/K}$.

6 Spezifische Wärme von Gasen

Ein Behälter mit 1 mol Helium (He) und ein gleich großer Behälter mit 1 mol Stickstoff (N_2) werden beide mit der gleichen Heizleistung $W = 10\text{ W}$ erwärmt. Berechnen Sie, wie lange es dauert, bis die Behälter von $T_1 = 20^\circ\text{C}$ auf $T_2 = 100^\circ\text{C}$ erwärmt sind, wenn die Wärmekapazität der Behälterwand 10 Ws/K ist.

Hinweise: (a) Berücksichtigen Sie nur Translations- und eventuelle Rotationsfreiheitsgrade zur Berechnung der spezifischen Molwärme sowie (b) die Additivität der Wärmekapazitäten von Gas und Behälterwand.

7 Raumheizung

Eine Elektroheizung mit der Leistung $P = 1\text{ kW}$ wird verwendet, um einen Raum mit den Dimensionen $4\text{ m} \times 5\text{ m} \times 2,5\text{ m}$ zu beheizen. Der Wirkungsgrad η der Heizung beträgt 75% . Die Wärmekapazität der Luft im Raum ist $c = 1500\text{ Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$.

- (a) Wie lange dauert es, bis die Luft im Raum von 10°C auf 20°C erwärmt ist?
- (b) Die Kilowattstunde Strom kostet 15 Cent . Wie hoch sind die Stromkosten, um den Raum aufzuheizen?

8 Wasserbad

In ein Wasserbad mit 3 Liter Inhalt und einer Anfangstemperatur $T_0 = 20^\circ\text{C}$ werden ein 200 g schwerer Kupferblock mit der Temperatur $T_{Cu} = 75^\circ\text{C}$ und ein 500 g schwerer Bleiklotz mit der Temperatur $T_{Pb} = 45^\circ\text{C}$ geworfen. Welche Temperatur stellt sich im thermischen Gleichgewicht ein?

(Dichte von Wasser $\rho_{H_2O} = 1\text{ g/cm}^3$, spezifische Wärmekapazitäten für Kupfer $c_{Cu} = 0,385\text{ kJ/(kg K)}$, Blei $c_{Pb} = 0,129\text{ kJ/(kg K)}$ und Wasser $c_{H_2O} = 4,2\text{ kJ/(kg K)}$)

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
Prof. Dr. W. Daum

9 Vakuumpumpe

Als Pumpgeschwindigkeit einer Pumpe ist das Gasvolumen definiert, welches beim aktuellen Druck des zu pumpenden Gases pro Zeiteinheit von der Pumpe gefördert wird. In dieser Aufgabe werde eine Rotationspumpe mit der Pumpgeschwindigkeit $K = 0,21/\text{s}$ betrachtet, mit deren Hilfe der Druck von Heliumgas in einem Volumen $V = 40\text{l}$ vom Ausgangsdruck $p_A = 1\text{ bar}$ auf den Enddruck $p_E = 10^{-3}\text{ bar}$ reduziert werden soll. Das Helium kann als ideales Gas einer konstanten Temperatur betrachtet werden.

Berechnen Sie die Zeit t , welche nötig ist, um den Enddruck p_E zu erreichen. Gehen Sie dazu von der idealen Gasgleichung aus und stellen Sie anschließend die Gleichung nach dp/p um und integrieren Sie die Gleichung.

10 Wärmeleitung

Eine 30cm dicke Ziegelmauer mit der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_1 = 0,35\text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ hat an der Außenseite eine Temperatur von $+4^\circ\text{C}$.

- (a) Welche Heizleistung ist bei einer Mauerfläche von 30 m^2 nötig, um an der Innenseite eine Temperatur von $+20^\circ\text{C}$ aufrechtzuerhalten?
- (b) Auf welchen Wert wird die Heizleistung reduziert, wenn auf der Außenseite eine 3,5cm dicke Styroporschicht mit der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_2 = 0,038\text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ angebracht wird?

11 Schmelz- und Verdampfungswärme

Einem Behälter mit 1 kg Wassereis wird bei einer Anfangstemperatur von $T_0 = -4^\circ\text{C}$ eine konstante Heizleistung $P = 1\text{ kW}$ zugeführt.

- (a) Zeichnen Sie den Temperaturverlauf des Wassers in Abhängigkeit von Heizdauer t .
- (b) Wie lange dauert es das Eis zu schmelzen und anschließend vollständig zu verdampfen?

Nehmen Sie dazu folgende Konstanten an: spezifische Wärme von Eis $c_E = 2,1\text{ kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, spezifische Wärme von flüssigen Wasser $c_{H_2O} = 4,2\text{ kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ spezifische Schmelzwärme von Eis $\lambda_S = 332,8\text{ kJ/kg}$, spezifische Verdampfungswärme von Wasser $\lambda_V = 2256\text{ kJ/kg}$.

12 Isotherme Ausdehnung eines idealen Gases

Ein ideales Gas dehnt sich bei konstanter Temperatur $T = 200^\circ\text{C}$ auf das dreifache Volumen aus. Wie groß ist die verrichtete Arbeit und die notwendige Wärmezufuhr für 1 kmol des Gases? Wie ändert sich die innere Energie?

Übungen zur Vorlesung Experimentalphysik für Ingenieure II Prof. Dr. W. Daum

13 Der Otto-Motor I

Der Kreisprozess im Otto-Motor kann durch folgenden Kreisprozess idealisiert werden:

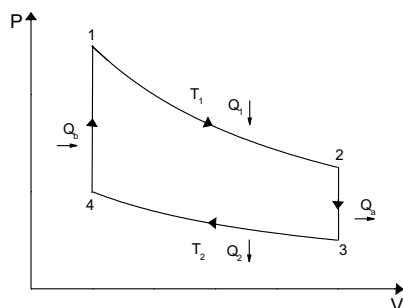
1. Adiabatische Kompression des idealen Arbeitsgases mit dem Adiabatenindex $\kappa = 1,4$ vom Volumen $V_1 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, der Temperatur $T_1 = 303 \text{ K}$ und dem Druck $p_1 = 1 \text{ bar}$ zum Volumen V_2 ,
2. isochore Druckerhöhung, wobei das Gas mit einem Wärmebad der konstanten Temperatur $T_3 = 1973 \text{ K}$ in Berührung gebracht wird und der Temperatureausgleich abgewartet wird.
3. adiabatische Expansion bis zum Anfangsvolumen V_1 ,
4. isochore Druckerniedrigung bis zum Anfangsdruck, wobei das Gas mit einem zweiten Wärmebad der konstanten Temperatur T_1 in Berührung gebracht und der Temperatureausgleich abgewartet wird.

Wie sieht das $p - V$ -Diagramm des Kreisprozesses aus? Berechnen Sie jeweils die Drücke, Volumina und die Temperaturen für die Anfangspunkte der 4 Teilprozesse wenn das Kompressionsverhältnis V_1/V_2 gleich 8 ist.

14 Der Otto-Motor II

Berechnen Sie mit den Werten aus Aufgabe 13 die pro Umlauf im p - V -Diagramm gewonnene Arbeit ΔW . Nehmen Sie dazu eine spezifische Wärmekapazität von $c_v = 1,238 \text{ J/K}$ an. Wie groß ist der Wirkungsgrad dieses Otto-Motors?

15 Die Stirling-Maschine (Heißluftmotor)



Die Stirling-Maschine benutzt als Arbeitsmedium ein ideales Gas, das in einem Kreisprozess aus zwei Isothermen und zwei Isochoren periodisch expandiert und komprimiert wird (siehe Abbildung). Berechnen Sie allgemein den Wirkungsgrad dieser Maschine. Berücksichtigen Sie dabei, dass die Wärmemengen ΔQ_a und ΔQ_b nicht nach außen abgegeben werden. Berechnen Sie den Wirkungsgrad mit: $\eta = \frac{-\Delta W}{\Delta Q_2}$

16 Die Kältemaschine

Ein Kühlschrank laufe als idealisierter Carnot-Prozess. Welche Energie benötigt der Kühlschrank, um 2 kg Wasser (spezifische Wärmekapazität $c_{H_2O} = 4,2 \text{ kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$) von $T_a = 18^\circ\text{C}$ auf $T_e = 10^\circ\text{C}$ abzukühlen? Die Außentemperatur T_1 sei konstant 22°C .

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
 Prof. Dr. W. Daum

17 Elektrisches Feld einer Punktladung

Zwei positive Ladungen der Größe q und $4q$ werden im Abstand d fest angeordnet. Berechnen Sie mit Hilfe des Coulomb-Gesetzes denjenigen Punkt auf der Verbindungslinie beider Ladungen, in dem das elektrische Feld verschwindet. Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf der Feldlinien und der Äquipotentialflächen.

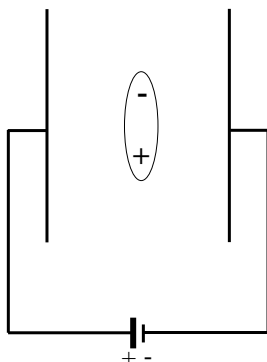
18 Das Gaußsche Gesetz

- (a) Gegeben sei eine homogen geladene Vollkugel mit dem Radius R und der Ladungsdichte ρ . Berechnen Sie den Betrag $E(r)$ der elektrischen Feldstärke in Abhängigkeit vom Abstand r vom Zentrum der Kugel für $r \geq R$ sowie $r \leq R$. Zeichnen Sie den Verlauf der Feldstärke in Abhängigkeit von r .
- (b) Analog zu (a) sei eine Vollkugel mit einer konstanten Massendichte und dem Radius R gegeben. Berechnen Sie die Gravitationsfeldstärke $g(r)$ in Abhängigkeit vom Abstand r vom Zentrum der Kugel für $r \geq R$ sowie $r \leq R$.

19 Kondensator

- (a) Die beiden Platten eines Plattenkondensators haben den Abstand $d = 1$ cm. Zwischen den Platten liegt eine Spannung $U = 5$ kV an. Wie groß ist die elektrische Feldstärke zwischen den Platten?
- (b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v , auf welche ein Elektron mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 0$ auf der Strecke von einer Kondensatorplatte zur anderen beschleunigt wird. Nehmen Sie dazu die Werte aus (a) für den Kondensator sowie die Werte $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C für die Elementarladung und $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg für die Elektronenmasse an.

20 Dipol



Das Dipolmoment eines Wassermoleküls ist $P_{H_2O} = 1,85$ D (1 D=1 Debye= $3,3 \cdot 10^{-30}$ Cm). In das homogene elektrische Feld $E = 5 \cdot 10^5$ V/m eines Plattenkondensators werde, wie in der Abbildung gezeigt, ein Wassermolekül eingebracht. Wie groß ist das auf den Dipol wirkende Drehmoment? Welche Energie wird gewonnen, wenn die Dipolachse um 90° im Uhrzeigersinn gedreht wird?

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
 Prof. Dr. W. Daum

21 Ladungsdoppelpendel

Zwei Kugeln der Masse $m = 10\text{ g}$ sind an zwei als masselos zu betrachtenden Fäden der Länge $l = 2\text{ m}$ im selben Punkt befestigt. Beide Kugeln werden mit der gleichen positiven Ladung Q geladen, auf Grund der Abstoßung haben die

Mittelpunkte der beiden Kugel den Abstand $d = 2\text{ cm}$. Berechnen Sie den Wert der Ladung Q , in dem Sie das Ergebnis von Aufgabe 18 berücksichtigen.

22 Gaußsches Gesetz 2

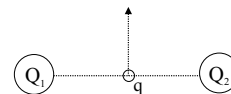
Berechnen Sie mit Hilfe des Gaußschen Gesetzes das elektrische Feld innerhalb eines langen, geraden und geladenen Drahtes mit der Länge l und dem Radius R . Die Ladung Q sei homogen auf den Draht verteilt.

23 Arbeit im elektrischen Feld

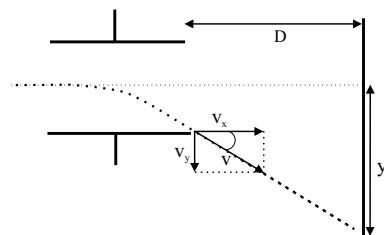
In der Mitte zwischen den beiden Ladungen Q_1 und Q_2 befindet sich die Ladung q . Zeichnen Sie die Äquipotentialflächen sowie die Feldlinien ohne q für die Fälle (a) und (b). Berechnen Sie die notwendige Arbeit, um die Ladung q wie in der Abbildung gezeigt vom Ausgangspunkt senkrecht zur Achse durch Q_1 und Q_2 zu einem unendlich weit entfernten Punkt zu bringen, für die Fälle

(a) $Q_1 = Q_2 = +Q$ und $q = -e$

(b) $Q_1 = -Q_2$ und $q = \pm e$.



24 Elektronen im elektrischen Feld



Ein Elektron wird mit der Spannung U auf die Geschwindigkeit v_x beschleunigt und anschließend in das homogene elektrische Feld eines Plattenkondensators eingeschossen (siehe Abbildung). An dem Kondensator der Länge L und dem Plattenabstand d liegt die Spannung U_y an. Berechnen Sie die Ablenkung y , wenn das Elektron nach Verlassen des Kondensator auf einem Fluoreszenzschirm im Abstand D vom Kondensator auftrifft.

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
 Prof. Dr. W. Daum

25 Plattenkondensator

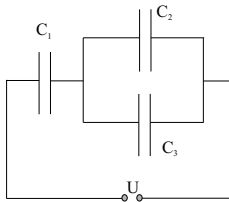
Die beiden Platten eines Plattenkondensators haben einen Abstand $d = 2\text{ cm}$ und jeweils eine Fläche von $A = 0,1\text{ m}^2$. Zwischen den Kondensatorplatten liegt eine Spannung $U = 2\text{ kV}$ an.

In den Kondensator wird ein Dielektrikum der Dicke $d/2$, der Fläche A und einer Dielektrizitätskonstanten $\epsilon_r = 3,75$ eingeschoben, so dass der Kondensator bis zur Hälfte ausgefüllt wird. Berechnen Sie die Kapazität dieses Kondensators sowie die elektrische Feldstärke E_{Diell} im Dielektrikum.

26 Kugelkondensator

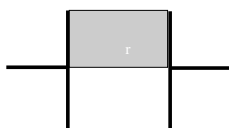
Ein Kugelkondensator besteht aus zwei konzentrischen Kugelflächen, welche die Ladung $+Q$ bzw. $-Q$ tragen. Die innere Kugelfläche habe den Radius R_i und die äußere den Radius R_a . Berechnen Sie die Kapazität dieses Kondensators und zeichnen Sie qualitativ den Feldstärkeverlauf für dieses System.

27 Kondensatorschaltung



Die Kondensatoren aus der in der Abbildung gezeigten Kondensatorschaltung haben folgende Kapazitäten: $C_1 = 3\ \mu\text{F}$, $C_2 = 2\ \mu\text{F}$ und $C_3 = 4\ \mu\text{F}$. Die Spannung U beträgt 300 V . Bestimmen Sie die Ladung und den Potentialunterschied auf jedem Kondensator.

28 Kondensator mit Dielektrikum



Ein Plattenkondensator mit dem Plattenabstand $d = 1\text{ mm}$ und der Plattenfläche $A = 0,03\text{ m}^2$ wird zunächst ohne Dielektrikum mit der Ladung $Q = 10^{-9}\text{ C}$ aufgeladen. Anschließend wird wie in der Abbildung gezeigt ein Dielektrikum mit der Dielektrizitätskonstanten $\epsilon_r = 4,3$ in den Kondensator eingebracht. Berechnen Sie die Spannung U zwischen den Kondensatorplatten für die Fälle mit und ohne Dielektrikum.

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
 Prof. Dr. W. Daum

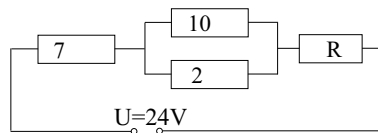
29 Driftgeschwindigkeit

An einem Kupferdraht der Länge $L = 1 \text{ m}$ und dem Querschnitt $A = 0,17 \text{ mm}^2$ liegt eine Spannung $U = 1 \text{ V}$ an. Durch den Kupferdraht fließt dabei ein Strom von $I = 10 \text{ A}$.

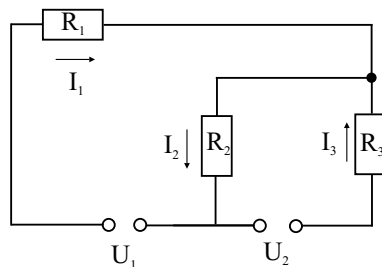
- Berechnen Sie den elektrischen Widerstand R des Drahtes, den spezifischen Widerstand ρ_{Cu} sowie die elektrische Leitfähigkeit σ_{Cu} von Kupfer.
- Berechnen Sie die mittlere Driftgeschwindigkeit \bar{v}_D der Leitungselektronen. Nehmen Sie dazu an, dass die mittlere Dichte n der Ladungsträger im Kupfer folgenden Wert hat: $n = 8,4 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$.
- Berechnen Sie mit Hilfe der Driftgeschwindigkeit die Zeit t , nach der ein Elektron aus der Spannungsquelle den Draht durchquert hat.

30 Widerstände

- Eine Autobatterie hat im unbelasteten Zustand die Spannung $U_0 = 12 \text{ V}$. Beim Anlassen des Motors sinkt die Spannung auf $U_1 = 10 \text{ V}$, wobei der Strom $I = 150 \text{ A}$ fließt. Berechnen Sie den Innenwiderstand R_i der Batterie, den Widerstand R_A des Anlassers und die in der Batterie verbrauchte Leistung.
- Berechnen Sie den Widerstand R aus der Abbildung, wenn der Strom I durch die gesamte Schaltung 2 A beträgt.



31 Kirchhoffsche Regeln



Wie groß sind in der gezeigten Abbildung die Ströme I_1 , I_2 und I_3 ? Wie groß ist der Spannungsabfall über R_1 ? Nehmen Sie dazu folgende Zahlenwerte an: $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = 5 \Omega$, $U_1 = 10 \text{ V}$ und $U_2 = 4 \text{ V}$.

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
Prof. Dr. W. Daum

32 Lorentzkraft

Ein Elektron tritt mit einer Anfangsgeschwindigkeit $\vec{v} = (0, 0, v_0)$ in ein homogenes Magnetfeld $\vec{B} = (0, B_y, 0)$ ein, das senkrecht zu einem homogenen elektrischen Feld $\vec{E} = (E_x, 0, 0)$ steht.

- (a) Geben Sie in Komponentenform die auf das Elektron wirkende vektorielle Gesamtkraft an.
- (b) Leiten Sie einen Ausdruck für die Geschwindigkeit ab, welche das Elektron haben muss, um von seiner anfänglich geradlinigen Bahn durch die beiden Felder nicht abgelenkt zu werden.
- (c) Für den Fall $E_x = 0$ wird das Elektron auf eine Kreisbahn gezwungen. Wie groß ist der Radius r dieser Kreisbahn?
($v_0 = 10^5$ m/s, $B_y = 10^{-5}$ T und $m_e/e = 5,69 \cdot 10^{-12}$ kg/C; m_e Elektronenmasse, e Elementarladung)

33 Hall-Effekt

Eine dünne Kupferfolie der Dicke $b = 0,1$ mm und der Breite $d = 1$ cm wird von einem Strom $I = 10$ A durchflossen. Senkrecht zur Folie und zum Strom herrscht ein Magnetfeld der Stärke $|\vec{B}| = 2$ T.

- (a) Erläutern Sie allgemein den Hall-Effekt. Fertigen Sie dazu auch eine Zeichnung an, in der Sie die Richtungen für die Stromdichte \vec{j} , des Magnetfeldes \vec{B} und des Hall-Feldes \vec{E}_H einzeichnen.
- (b) Berechnen Sie die Hall-Spannung U_H für dieses Beispiel. Nehmen Sie dazu an, dass die Dichte der Ladungsträger im Kupfer $n = 8 \cdot 10^{22}$ cm⁻³ ist.

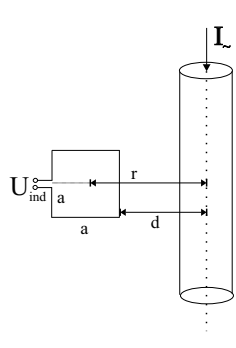
34 Ampèresches Gesetz

- (a) Erläutern Sie allgemein das Ampèresches Gesetz.
- (b) Berechnen Sie mit Hilfe des Ampèresches Gesetzes die magnetische Flussdichte \vec{B} im Kern einer mit dem Strom $I = 1$ A durchflossenen Ringspule mit $N = 5000$ Windungen. Der Radius der Ringspule ist $R = 0,2$ m
- (c) Berechnen Sie die magnetische Flussdichte im Inneren einer langen und geraden Spule mit der Länge L und der Windungszahl N . Berücksichtigen Sie dazu, dass der Integrationsweg an den Spulenden senkrecht zum Magnetfeld steht und das Magnetfeld im Außenraum vernachlässigbar klein gegenüber dem Feld im Inneren ist. Zeichnen Sie den Verlauf der Magnetfeldlinien in Abhängigkeit von der Stromrichtung.

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
 Prof. Dr. W. Daum

35 Induktion 1

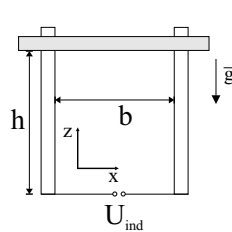
Ein langer gerader Draht wird mit einem Wechselstrom $I(t) = I_0 \cdot \sin \omega t$ durchflossen.



(a) Leiten Sie einen Ausdruck für die magnetische Flussdichte $B(r, t)$ außerhalb des Drahtes mit dem Ampèresches Gesetz ab. Zeichnen Sie den Verlauf der magnetischen Feldlinien in einer Ebene senkrecht zum Draht für eine fest gewählte technische Stromrichtung.

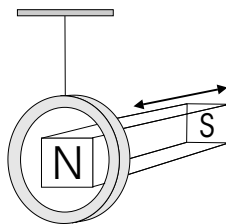
(b) Wie in der Abbildung gezeigt, befindet sich der stromführende Draht im Abstand d zu einer rechteckigen Leiterschleife. Leiten Sie einen Ausdruck für die Zeitabhängigkeit des magnetischen Flusses Φ_m durch die Leiterschleife ab. Wie groß ist die induzierte Spannung U_{ind} ?

36 Induktion 2



Wie in der Abbildung gezeigt, fällt von der Höhe $h = 1 \text{ m}$ ein metallischer Bügel der Breite $b = 10 \text{ cm}$ entlang zweier senkrechter Leiter zu Boden. Parallel zur Erdoberfläche verlaufen die Feldlinien des Erdmagnetfeldes mit einer Stärke $B = 31 \mu\text{T}$. Berechnen Sie, die nach der Fallstrecke h induzierte Spannung U_{ind} mit dem Induktionsgesetz $U_{ind} = -\dot{\Phi}_m$. Geben Sie die Richtung des induzierten elektrischen Feldes an.

37 Lenzsche Regel



Erklären Sie qualitativ die der Lenzsche Regel zugrunde liegenden physikalischen Effekte, wenn, wie in der Abbildung gezeigt, ein Stabmagnet in einen reibungsfrei aufgehängten Aluminiumring eingeschoben (a) bzw. herausgezogen (b) wird. (c) Zeichnen Sie für beide Fälle die Richtungen der im Ring induzierten Ströme und der Magnetfeldlinien von Magnet und Ring ein. Was geschieht wenn Nord- und Südpol des Magneten vertauscht werden?

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
 Prof. Dr. W. Daum

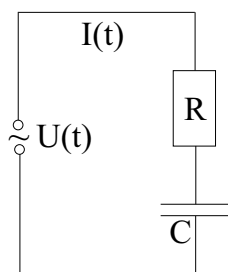
38 Induktivität einer Zylinderspule

- (a) Zeigen Sie, dass für die Induktivität L einer langen Zylinderspule mit der Länge l , der Windungszahl N und der senkrecht zum magnetischen Feld stehenden Querschnittsfläche A gilt: $L = \mu_0 \mu \frac{N^2 A}{l}$. Berechnen Sie L für die Werte $A = 10 \text{ cm}^2$, $l = 10 \text{ cm}$, $N = 500$ Windungen und für einen Eisenkern mit der Permeabilität $\mu = 5000$.
Hinweis: $\mu = \Phi_m / \Phi_m^0$ mit Φ_m^0 dem magn. Fluss durch die Spule ohne Kern und Φ_m dem magn. Fluss durch die Spule welche mit einem Kern der Permeabilität μ gefüllt ist.
- (b) Ein Stromkreis bestehe aus einer Spannungsquelle mit der konstanten Spannung U_0 und einer Spule mit der Induktivität L und dem Widerstand R . Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird durch einen Schalter der Stromkreis unterbrochen. Vor diesem Zeitpunkt sei der Strom durch die Schaltung I_0 . Leiten Sie einen Ausdruck für die Zeitabhängigkeit des Stromes $I(t)$ in der Schaltung für Zeiten $t > 0$ ab.

39 Transformator

- (a) Eine Überlandleitung habe den Leitungswiderstand $R/2 = 120 \Omega$ jeweils für die Hin- und Rückleitung. Der Effektivwert der Spannung am Anfang beträgt $U_{eff} = 230 \text{ V}$. Die Last am Ende der Leitung habe einen ohmschen Widerstand von $R_v = 100 \Omega$. Berechnen Sie den Spannungsabfall U_v am Verbraucher R_v und die Verlustleistung P_L in den Leitungen.
- (b) Mit Hilfe eines Transformators wird die Primärspannung $U_{eff}^1 = 230 \text{ V}$ auf $U_{eff}^2 = 220 \text{ kV}$ hochtransformiert über landtransportiert und vor dem Verbraucher wieder heruntertransformiert. Welches Verhältnis muss für die Wicklungszahlen von Primär- und Sekundärwicklung gelten. Welche Übertragungsverluste treten in diesen Fall auf?

40 RC-Kreis

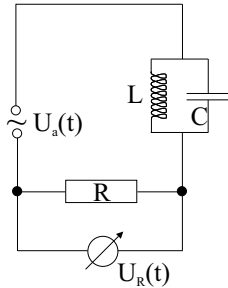


Wechselstromkreise können durch komplexe Wechselstromwiderstände (komplexe Impedanzen) $Z_L = i\omega L$, $Z_C = \frac{1}{i\omega C}$ und $Z_R = R$ der einzelnen Bauelemente beschrieben werden. Auf diese Wechselstromwiderstände können die vom Ohm'schen Widerstand bekannten Gesetze für Parallel- und Reihenschaltung angewendet werden, um den komplexen Gesamtwiderstand Z zu bestimmen. Es sei $U(t) = U_0 \cos(\omega t)$, wobei $U_0 = 10 \text{ V}$, $\omega = 1 \text{ MHz}$, $R = 120 \Omega$ und $C = 10,2 \text{ nF}$ sind.

- (a) Zeichnen Sie Z_C , Z_R und Z für die vorgegebenen Werte in der komplexen Ebene ein und lesen Sie die ungefähre Phasenlage zwischen Spannung und Strom ab.
- (b) Berechnen Sie die Phase zwischen $U(t)$ und $I(t)$ sowie die Stromstärke $I(t)$.

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
 Prof. Dr. W. Daum

41 R-LC-Kreis (Frequenz-Sperrfilter)



Ein Stromkreis besteht aus einer Induktivität L und einer Kapazität C in paralleler Schaltung, die in Serie mit einem Widerstand R verbunden sind.

- (a) Geben Sie einen Ausdruck für den komplexen Wechselstromwiderstand $Z(\omega)$ und die Phase $\delta(\omega)$ zwischen der Spannung $U_a(t)$ und der Stromstärke $I(t)$ an.
- (b) Geben Sie den Maximalwert $|U_R|$ der Spannung $U_R(t)$ an. Für welche Frequenz ω_R ist $|U_R| = 0$?

42 LC-Schwingkreis

Über eine Reihenschaltung sind eine Induktivität $L = 4 \text{ mH}$ und eine Kapazität $C = 1 \text{ mF}$ elektrisch miteinander verbunden. Zum Zeitpunkt $t = 0$ befindet sich auf den Kondensatorplatten die Ladung $Q_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ und durch die Spule fließt der Strom $I(t = 0) = 0$.

- (a) Geben Sie einen Ausdruck für die Zeitabhängigkeit der Ladung auf dem Kondensator und der Stromstärke im Stromkreis an und stellen Sie diese graphisch dar. Mit welcher Frequenz ω_0 schwingt das System?
- (b) Geben Sie jeweils einen Ausdruck für die Zeitabhängigkeit der elektrischen und magnetischen Feldenergie an und zeigen Sie, dass die Gesamtenergie $W_{ges} = W_C + W_{mag}$ konstant ist. Stellen Sie den zeitlichen Verlauf von W_C und W_{mag} graphisch dar.

43 Wellen

- (a) Zeigen Sie, dass die Überlagerung $\psi = f \pm g$ einer rechtslaufenden Welle $f(x - ct)$ und einer linkslaufenden Welle $g(x + ct)$ die Wellengleichung $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{c} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$ erfüllt.
- (b) Eine rechtslaufende harmonische Welle kann durch die Funktion $\psi(x, t) = \psi_0 \cos(kx - \omega t)$ beschrieben werden. Welcher Zusammenhang muss zwischen k , ω und der Phasengeschwindigkeit c gelten damit $\psi(x, t)$ die Wellengleichung erfüllt?
- (c) Zeichnen Sie qualitativ den räumlichen Verlauf der harmonischen Welle $\psi(x, t) = \psi_0 \cos(kx - \omega t)$ für die Zeiten $t = 0$, $t = \frac{\pi}{2\omega}$, $t = \frac{\pi}{\omega}$ und $t = \frac{2\pi}{\omega}$.

Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik für Ingenieure II
 Prof. Dr. W. Daum

44 Transversalwelle

Eine harmonische Transversalwelle breitet sich in positiver x -Richtung mit der Phasengeschwindigkeit $c = 3,2 \text{ m/s}$ und der Frequenz $f = 0,6 \text{ Hz}$ aus. Am Ort $x = 0$ hat die Welle zur Zeit $t = 0$ eine maximale positive Auslenkung von 20 cm .

- (a) Wie groß sind Schwingungsdauer und Wellenlänge dieser Welle?
- (b) Nach welcher Zeit hat das Wellenmaximum, das zur Zeit $t = 0$ bei $x = 0$ lag, den Ort $x = 2,25 \text{ m}$ erreicht?
- (c) Geben Sie die Wellenfunktion $\psi(x, t)$ für diese Welle an.

45 Stehende Welle

Wie lautet die Funktion $\psi_2(x, t)$ einer Welle, die durch Überlagerung mit einer zweiten Welle $\psi_1(x, t) = \psi_0 \cos(k_1 x - \omega t)$ eine stehende Welle $\psi(x, t)$ der Kreisfrequenz $\omega = 10\pi \text{ s}^{-1}$ und der Wellenzahl $k_1 = \frac{\pi}{4} \text{ m}^{-1}$ ergibt? Die stehende Welle hat am Ort $x_1 = 2 \text{ m}$ einen Knoten mit $\psi(x_1, t) = 0$ für alle Zeiten t .

Hinweis: $\cos x + \cos y = 2 \cos \left[\frac{x+y}{2} \right] \cos \left[\frac{x-y}{2} \right]$

46 Beugung I

Ein Transmissionsgitter mit 1000 Linien/mm wird mit einem parallelen Lichtbündel der Wellenlänge $\lambda = 480 \text{ nm}$ unter einem Einfallswinkel $\alpha = 30^\circ$ bestrahlt.

- (a) Berechnen Sie denjenigen Winkel θ , unter welchem das Beugungsmaximum erster Ordnung zu beobachten ist.
- (b) Welches ist die größte noch zu beobachtende Beugungsordnung für senkrechten Einfall auf das Gitter?

47 Beugung II

Wenn ein paralleles Lichtbündel der Wellenlänge λ senkrecht auf ein Transmissionsgitter mit N Spalten auftrifft, wird es derart gebeugt, dass für die Intensitätsverteilung auf einem Schirm hinter dem Gitter gilt:

$$I(\theta) = I_0 \cdot \frac{\sin^2 \left(\frac{Nd\pi}{\lambda} \sin \theta \right)}{\sin^2 \left(\frac{d\pi}{\lambda} \sin \theta \right)} \cdot \frac{\sin^2 \left(\frac{b\pi}{\lambda} \sin \theta \right)}{\left(\frac{b\pi}{\lambda} \sin \theta \right)^2}$$

- (a) Zeichnen Sie die Intensitätsverteilung $I(\frac{d \sin \theta}{\lambda})/I_0$ für ein Gitter mit 2 und 4 Spalten. Nehmen Sie dazu $b = d/\pi$ an. Hinweis: Für ein Gitter mit N Spalten gibt es zu jedem Hauptmaximum $N - 2$ Nebenmaxima.
- (b) Erläutern Sie das Zustandekommen der Beugungs- und Interferenzminima und Maxima.