Klausurprüfung in Physik (Experimentalphysik A und B) **Herbst 2023**

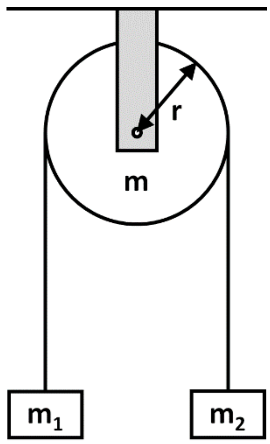
Lehramt Chemie, Lebensmittelchemie, Chemie, Chem. Biologie, Biologie, Lehramt NWT, Geodäsie, Angewandte Geowissenschaften, Geoökologie, Materialwiss. & Werkstofftechnik, ETIT (vor PO 2015), Technische VWL, Ingenieur-Pädagogik, Wissenschaft – Medien – Kommunikation

---

1. Ein Fußball der Masse m werde bei $x = 0$ im Abstand d von einem Tor aus der Höhe $z = h$ horizontal mit einer Anfangsgeschwindigkeit v_0 auf das Tor geschossen. Die Parameter seien so gewählt, dass der Ball nicht vor der Torlinie auf den Boden auftrifft. Luftreibung und Größe des Balles werden vernachlässigt.
   a) Welche Art von Bahnkurve durchläuft der Ball?
   Skizzieren Sie qualitativ die Funktion z(x) für die Bahnkurve.
   b) Wie lauten die Funktionen $x(t)$ und $z(t)$ in Abhängigkeit von v_0?
   c) Welche Betrag hat (i) die Geschwindigkeit v_{Tor} und (ii) der Impuls p_{Tor} beim Passieren der Torlinie?

2. Über eine Umlenkrolle (homogene ebene Scheibe mit Radius r, Masse m) laufe ohne Schlupf ein nicht dehnbares Seil vernachlässigbarer Masse. An den herabhängenden Enden seien zwei Gewichte der Massen m_1 und m_2 angebracht und werden bei $t = 0$ losgelassen. Das Trägheitsmoment einer homogenen ebenen Scheibe bei Rotation um ihre Symmetrieachse beträgt $\theta = 0{,}5 \cdot m \cdot r^2$.
   a) Leiten Sie einen Ausdruck für die gesamte kinetische Energie des Systems als Funktion der Geschwindigkeit v der Gewichte her.
   b) Mit welcher Beschleunigung a setzen sich die Gewichte in Bewegung?
   c) Welche Kraft wirkt dabei auf die Aufhängung der Umlenkrolle?
   d) Welcher Bruchteil der gesamten kinetischen Energie entfällt auf die Rotationsenergie der Umlenkrolle?

   Zahlenwerte: $r = 8{,}00$ cm; $m = 2{,}40$ kg; $m_1 = 0{,}100$ kg; $m_2 = 0{,}120$ kg.



3. Ein Schwungrad-Energiespeicher bestehe aus einer homogenen Stahlscheibe mit Radius r, Dicke d und Dichte ρ. Die Scheibe sei um eine zur Scheibenfläche senkrechte Achse durch den Massenschwerpunkt drehbar.
   a) Wie groß muss die Frequenz ν (Zahl der Umdrehungen pro Sekunde) sein, damit eine Rotationsenergie $E_{kin} = 1{,}00 \cdot 10^3$ kWh gespeichert ist? Wie groß ist dann der Drehimpuls L der Scheibe?
   b) Die Scheibe werde mit konstanter Verzögerung in 100 s zum Stillstand gebracht. Welches Drehmoment M ist hierfür erforderlich und welche Leistung P_0 wird zu Beginn des Bremsvorganges abgegeben?

   Zahlenwerte: $r = 3{,}00$ m; $d = 30{,}0$ cm; $\rho = 7{,}90$ g/cm^3.

4. Ideale Gase
   a) Wie lauten die drei mikroskopischen Annahmen der kinetischen Gastheorie für ideale Gase?
   b) Um welchen Betrag erhöht sich die mittlere kinetische Energie der Translation pro Molekül (i) für das einatomige ideale Gas Helium (He) und (ii) für das zweiatomige ideale Gas Sauerstoff (O_2), wenn beide Gase jeweils von 0°C auf 30°C erwärmt werden?
   c) Welche mittlere Geschwindigkeit v_{rms} hat ein He-Atom bei einer Temperatur von 293 K?
   d) Wie groß ist die spezifische molare Wärme (Wärmekapazität pro mol) bei konstantem Volumen für ein einatomiges und für ein zweiatomiges Gas?

   Zahlenwert: Molmasse von Helium $M_{molar,He} = 4{,}00$ g/mol.

5. Carnot´scher Kreisprozess
   a) Skizzieren Sie den Carnot-Prozess im pV-Diagramm. Benennen Sie die vier Teilprozesse und zeichnen Sie mit Pfeilen den Umlaufsinn für den Fall ein, dass die Carnot-Maschine als Wärmekraftmaschine arbeitet.
   b) Skizzieren Sie schematisch die relevanten Energieflüsse ΔQ_1, ΔQ_2 und ΔW einer Wärmekraftmaschine (jeweils mit Pfeilrichtung).
   c) Wie ist der Wirkungsgrad η einer Wärmekraftmaschine allgemein definiert?
   d) Drücken Sie den (idealen) Wirkungsgrad η_{Carnot} der reversibel arbeitenden Carnot-Maschine durch die Temperaturen T_1 und T_2 des wärmeren bzw. kälteren Reservoirs aus.

6. Elektrisch geladene kugelförmige Öltröpfchen (Durchmesser $d = 1{,}00\ \mu m$) befinden sich im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators (Platten horizontal) und tragen jeweils die negative Ladung $q = -1e$.
   a) Welche elektrische Feldstärke E muss im Plattenkondensator vorhanden sein, damit die elektrostatische Kraft F_E auf die Öltröpfchen deren Gewichtskraft kompensiert und die Tröpfchen somit schweben?
   b) Welche Spannung U muss hierzu an den Plattenkondensator mit einem Plattenabstand $a = 8{,}00$ mm angelegt werden?
   c) Zwei solche elektrisch geladene Öltröpfchen befinden sich nebeneinander im Abstand $b = 1{,}00$ cm. Berechnen Sie die Kraft F_{Tr}, die die beiden Tröpfchen aufeinander ausüben.

   Zahlenwert: Dichte des Öls $\rho_{Öl} = 0{,}870\ g/cm^3$.

7. Zwei quadratische Metallplatten der Kantenlänge ℓ stehen einander im Abstand d_1 isoliert gegenüber und sind mit einer Spannungsquelle der Spannung U_1 verbunden.
   a) Wie groß ist die elektrische Feldstärke im Zwischenraum?
   b) Welche Ladung befindet sich auf jeder der Platten?
   c) Der Kondensator wird nun von der Spannungsquelle getrennt und der Plattenabstand anschließend von d_1 auf d_2 vergrößert. Berechnen Sie die Spannung und die elektrische Feldstärke zwischen den Platten nach der beschriebenen Abstandsvergrößerung.
   d) Wie groß ist die beim Vergrößern des Plattenabstandes verrichtete Arbeit?

   Zahlenwerte: $\ell = 20{,}0$ cm; $d_1 = 1{,}50$ cm; $U_1 = 100$ V; $d_2 = 2{,}50$ cm.

8. Magnetismus
   a) Was geschieht, wenn man einen magnetischen Dipol in der Mitte zerteilt? Erläutern Sie das Ergebnis sowohl in Worten als auch mit Hilfe einer Skizze.
   b) Berechnen Sie (i) das H-Feld und (ii) das B-Feld im Abstand $r = 1{,}00$ m von einem unendlich langen Draht, der mit einer Stromstärke $I = 2{,}50$ A durchflossen wird, wenn sich die Anordnung im Vakuum befindet.
   c) Was versteht man unter Ferromagnetismus? Zeichnen, beschriften und erklären Sie eine entsprechende Hysteresekurve samt Neukurve und zeichnen Sie die magnetische Remanenz, die Sättigungsfeldstärke und die Koerzitivfeldstärke ein. Vergessen Sie nicht, die Koordinatenachsen zu beschriften.

9. Optik
   a) Nennen Sie drei Abbildungsfehler, die bei optischen Abbildungen mit einer Linse im Rahmen der geometrische Optik auftreten können und beschreiben Sie jeweils kurz, was man darunter versteht.
   b) Nennen Sie drei verschiedene Verfahren, polarisiertes Licht herzustellen und beschreiben Sie kurz, wie das jeweilige Verfahren funktioniert.

10. Bohr´sches Atommodell
   a) Wie lauten die drei Bohr´schen Postulate?
   b) Wie lauten im Bohr´schen Atommodell die beiden Bedingungen (Gleichungen) für die erlaubten Bahnen der Elektronen im Wasserstoffatom?
   c) Berechnen Sie daraus den Radius r_n der n-ten Bohr´schen Bahn sowie die Geschwindigkeit v_n eines Elektrons auf dieser Bahn.

Erdbeschleunigung	g	=	9,81 m/s²
Universelle Gaskonstante	R	=	8,31 J/(mol·K)
Avogadro-Konstante	N_A	=	$6{,}02 \cdot 10^{23}$/mol
Boltzmann-Konstante	k_B	=	$1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K
Dielektrizitätskonstante	ε_0	=	$8{,}85 \cdot 10^{-12}$ A·s/(V·m)
Magnetische Feldkonstante	μ_0	=	$1{,}26 \cdot 10^{-6}$ V·s/(A·m)
Elementarladung	e	=	$1{,}60 \cdot 10^{-19}$ A·s
Planck‘sches Wirkungsquantum	h	=	$6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s
Ruhemasse des Elektrons	m_e	=	$9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Punkte	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

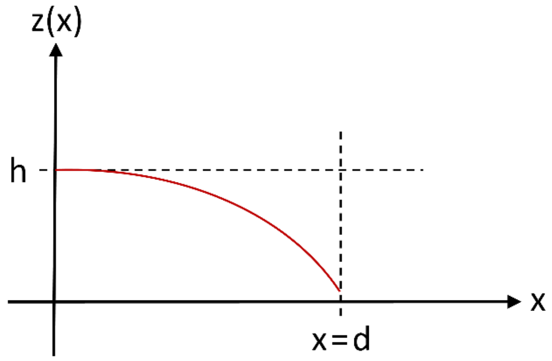
Lösungsvorschlag zur Klausurprüfung in Experimentalphysik A und B

**Lehramt Chemie, Lebensmittelchemie, Chemie,
Chem. Biologie, Biologie, Lehramt NWT, Geodäsie,
Angewandte Geowissenschaften, Geoökologie,
Materialwiss. & Werkstofftechnik ETIT (vor PO 2015),
Technische VWL, Ingenieur-Pädagogik,
Wissenschaft – Medien – Kommunikation**

Herbst 2023

Aufgabe 1: Fußball

a) Die Bahnkurve des Balles entspricht einer Parabel.



b) $\boldsymbol{v}_0 = (v_{0,x}, 0)$

$$\Rightarrow x(t) = v_{0,x} \cdot t = v_0 \cdot t$$

$$z(t) = h + v_{0,z} \cdot t - \frac{g}{2}t^2 = h - \frac{g}{2}t^2$$ (unabhängig von v_0)

c) $v_x(t) = \dot{x}(t) = v_0 \qquad \Rightarrow v_x(d) = v_0$

$v_z(t) = \dot{z}(t) = -g \cdot t$ und $t = \frac{x}{v_0} \qquad \Rightarrow v_z(d) = -g \cdot \frac{d}{v_0}$

$$\Rightarrow v_{Tor} = \sqrt{{v_x}^2(d) + {v_z}^2(d)} = \sqrt{{v_0}^2 + g^2 \cdot \frac{d^2}{v_0^2}}$$

$$\Rightarrow p_{Tor} = m \cdot v_{Tor} = m \cdot \sqrt{{v_0}^2 + g^2 \cdot \frac{d^2}{v_0^2}}$$

Aufgabe 2: Umlenkrolle

a) Es sind die kinetischen Energien der beiden Gewichte sowie die kinetische Energie der Rotation der Umlenkrolle zu berücksichtigen:

$$E_{kin,rot} = \frac{\theta_{SP}}{2} \cdot \omega^2 = \frac{1}{4} \cdot m \cdot r^2 \cdot \frac{v^2}{r^2} = \frac{1}{4} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_{kin,System}(v) = \frac{1}{2} m_1 v^2 + \frac{1}{2} m_2 v^2 + \frac{1}{4} \cdot m \cdot v^2 = (0{,}05 + 0{,}06 + 0{,}6) kg \cdot v^2 = 0{,}710 kg \cdot v^2$$

b) Kräftebilanz: $(m_2 - m_1) \cdot g = (m_1 + m_2) \cdot a + F_{Rolle}$

$$M_{Rolle} = r \cdot F_{Rolle} = \theta \cdot \dot{\omega} = \theta \cdot \frac{a}{r} = \frac{m \cdot r \cdot a}{2} \quad \Rightarrow \quad F_{Rolle} = \frac{m \cdot a}{2}$$

$$\Rightarrow \quad a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2 + \frac{m}{2}} \cdot g = \frac{0{,}12 kg - 0{,}1 kg}{0{,}1 kg + 0{,}12 kg + 1{,}2 kg} \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} = 0{,}138 \frac{m}{s^2}$$

c)

$$F_{Aufhängung} = F_{m_1} + F_{m_2} + F_{G,Rolle}$$

$$= m_1 \cdot (g + a) + m_2 \cdot (g - a) + m \cdot g$$

$$= 0{,}1 kg \cdot \left(9{,}81 \frac{m}{s^2} + 0{,}138 \frac{m}{s^2}\right) + 0{,}12 kg \cdot \left(9{,}81 \frac{m}{s^2} - 0{,}138 \frac{m}{s^2}\right) + 2{,}4 kg \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2}$$

$$= 25{,}7\, N$$

d) nach a)

$$E_{kin,trans} = (0{,}05 + 0{,}06) kg \cdot v^2$$

$$E_{kin,rot} = 0{,}6 kg \cdot v^2$$

$$\Rightarrow \quad \frac{E_{kin,rot}}{E_{kin,rot} + E_{kin,trans}} = \frac{0{,}6 kg \cdot v^2}{(0{,}6 kg + 0{,}11 kg) \cdot v^2} = 0{,}845$$

Aufgabe 3: Schwungrad-Energiespeicher

a) Trägheitsmoment der Kreisscheibe: $\theta = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot r^2 \pi d\rho \cdot r^2 = \frac{r^4}{2} \cdot \pi \cdot d \cdot \rho$

Rotationsenergie: $E_{kin} = \frac{\theta}{2} \cdot \omega^2 \;\Rightarrow\; \omega = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{\theta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{\frac{r^4}{2} \cdot \pi \cdot d \cdot \rho}}$

$$\Rightarrow\; \nu = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot E_{kin}}{\pi \cdot d \cdot \rho \cdot r^4}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 3{,}6 \cdot 10^9 J}{\pi \cdot 0{,}3m \cdot 7{,}9 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot (3m)^4}} = \boxed{24{,}6 Hz}$$

$$\Rightarrow L = \theta \cdot \omega = \sqrt{2 \cdot \theta \cdot E_{kin}} = \sqrt{\pi \cdot d \cdot \rho \cdot r^4 \cdot E_{kin}}$$

$$= \sqrt{\pi \cdot 0{,}3m \cdot 7{,}9 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot (3m)^4 \cdot 3{,}6 \cdot 10^9 J} = \boxed{46{,}6 \cdot 10^6 \frac{kg \cdot m^2}{s}}$$

b) $$M = \dot{L} = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{L_{max}}{\Delta t} = \frac{46{,}6 \cdot 10^6 \frac{kg \cdot m^2}{s}}{100 s} = \boxed{46{,}6 \cdot 10^4 \frac{kg \cdot m^2}{s^2} = 46{,}6 \cdot 10^4 Nm}$$

$$P = M \cdot \omega = M \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot E_{kin}}{\pi \cdot d \cdot \rho \cdot r^4}} = 46{,}6 \cdot 10^4 Nm \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 3{,}6 \cdot 10^9 J}{\pi \cdot 0{,}3m \cdot 7{,}9 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot (3m)^4}} = \boxed{7{,}20 \cdot 10^7 \frac{Nm}{s} = 72{,}0 MW}$$

Aufgabe 4: Ideale Gase

a) 1. Das Gas besteht aus einer großen Zahl von Teilchen, die untereinander und mit den Wänden nur elastische Stöße machen.

2. Großer Teilchenabstand, d. h. das Gefäßvolumen ist groß gegenüber dem Eigenvolumen aller darin enthaltenen Teilchen.

3. Zwischen den Stößen bewegen sich die Teilchen wechselwirkungsfrei.

b) Mittlere kinetische Energie: $\langle E_{kin} \rangle = \frac{f}{2} \cdot k_B \cdot T$

Zahl der Freiheitsgrade *der Translation* f_{trans} beträgt 3 für ein- und zweiatomige Moleküle.

$\Rightarrow \quad \langle \Delta E_{kin,trans} \rangle = \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \cdot 30K = 6{,}21 \cdot 10^{-22} J$ für Fall (i) und (ii).

c) $\frac{f}{2} \cdot k_B \cdot T = \frac{m}{2} \cdot v_{rms}^2$

Zahl der Freiheitsgrade f beträgt 3 für einatomiges Gas.

Für die Heliummasse gilt: $m_{He} = \frac{M_{molar,He}}{N_A} = \frac{4{,}0\ g/mol}{6{,}02 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}} = 6{,}65 \cdot 10^{-27}\ kg.$

$$\Rightarrow \quad v_{rms} = \sqrt{\frac{3 \cdot k_B \cdot T}{m_{He}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \cdot 293K}{6{,}65 \cdot 10^{-27} kg}} = 1{,}35 \cdot 10^3 \frac{m}{s} = 4860 \frac{km}{h}$$

d) $c_v = \frac{f}{2} \cdot R$

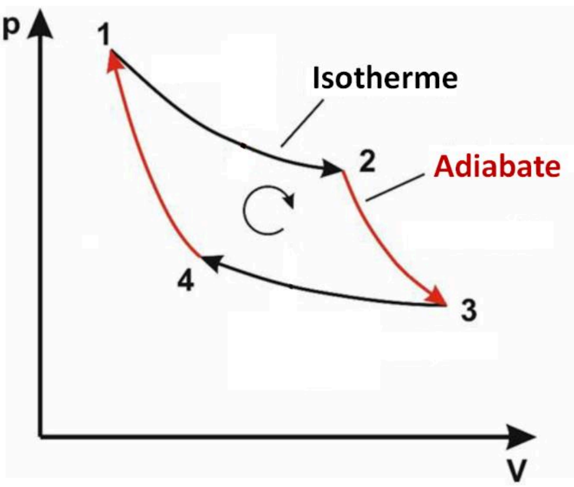
Einatomiges Gas: $f = 3 \Rightarrow \quad c_v = \frac{3}{2} \cdot 8{,}31 \frac{J}{mol \cdot K} = 12{,}5 \frac{J}{mol \cdot K}$

Zweiatomiges Gas: $f = 5 \Rightarrow \quad c_v = \frac{5}{2} \cdot 8{,}31 \frac{J}{mol \cdot K} = 20{,}8 \frac{J}{mol \cdot K}$

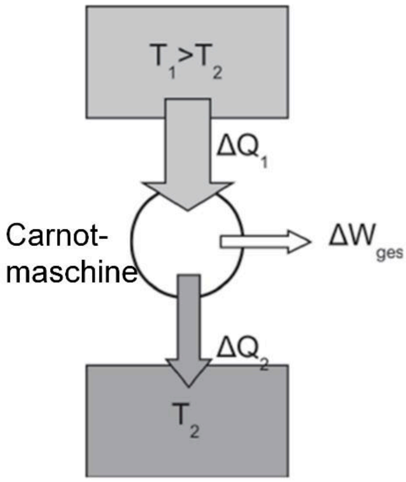
Aufgabe 5: Carnot´scher Kreisprozess

a) Prozess aus zwei Isothermen und zwei Adiabaten

1 → 2: Isotherme Expansion: $T = T_1 = const$
2 → 3: Adiabatische Expansion: $\Delta Q = 0$
3 → 4: Isotherme Kompression: $T = T_2 = const$
4 → 1: Adiabatische Kompression: $\Delta Q = 0$



b)



c) Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine

$$\eta = \frac{\text{pro Zyklus vom System verrichtete Arbeit}}{\text{pro Zyklus zugeführte Wärme}} = \frac{|\Delta W_{gesamt}|}{|\Delta Q_{zugeführt}|}$$

d) Carnot-Wirkungsgrad: $\eta_{Carnot} = \frac{|\Delta W_{gesamt}|}{\Delta Q_1} = \frac{\Delta Q_{gesamt}}{\Delta Q_1} = \frac{\Delta Q_1 - |\Delta Q_2|}{\Delta Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} < 1$

Hinweis zur Herleitung:

(i) Adiabate: $\Delta Q = 0$

$\Delta W_{23} = \Delta U_{23} = n \cdot R \cdot (T_2 - T_1) \;\Rightarrow\; \Delta W_{41} = -\Delta W_{23} \;\Rightarrow\; \Delta W_{\sum Adiabate} = 0$

(ii) Isotherme:

$$\Delta Q_1 = -\Delta W_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV = n \cdot R \cdot T_1 \cdot ln\frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta Q_2 = -\Delta W_{34} = \int_{V_3}^{V_4} p \cdot dV = n \cdot R \cdot T_2 \cdot ln\frac{V_4}{V_3}$$

Die Volumina lassen sich mithilfe der Adiabaten berechnen:

$T \cdot V^{\kappa-1} = const \;\Rightarrow\; T_1 \cdot V_1^{\kappa-1} = T_2 \cdot V_4^{\kappa-1}$ und $T_1 \cdot V_2^{\kappa-1} = T_2 \cdot V_3^{\kappa-1}$

$\Rightarrow\; \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_4}{V_3}$

$\Rightarrow\; \ln\frac{V_4}{V_3} = -\ln\frac{V_2}{V_1}$

Aufgabe 6: Geladene Öltröpfchen

a) Gewichtskraft eines kugelförmigen Öltröpfchens: $|\boldsymbol{F}_G| = m \cdot g = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho_{Öl} \cdot g$

Coulombkraft im elektrischen Feld: $|\boldsymbol{F}_E| = q \cdot E = |e| \cdot E$

Kräfte heben sich auf. $\Rightarrow$ $\boldsymbol{F}_G + \boldsymbol{F}_E = 0$ bzw. $|\boldsymbol{F}_G| = |\boldsymbol{F}_E|$ und Richtungen entgegengesetzt.

$$\Rightarrow \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho_{Öl} \cdot g = |e| \cdot E$$

$$\Rightarrow E = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho_{Öl} \cdot g}{3 \cdot |e|} = \frac{4 \cdot \pi \cdot \left(5 \cdot 10^{-7} m\right)^3 \cdot 870 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2}}{3 \cdot 1{,}60 \cdot 10^{-19} A \cdot s} = 27{,}9 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$$

b) $U = E \cdot a = 27{,}9 \cdot 10^3 \frac{V}{m} \cdot 8 \cdot 10^{-3} m = 223\, V$

c) Es gilt das Coulombsche Gesetz: $F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$

$$\Rightarrow F_{Tr} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{b^2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{V}} \cdot \frac{\left(-1{,}60 \cdot 10^{-19} A \cdot s\right)^2}{(0{,}01 m)^2} = 2{,}30 \cdot 10^{-24} N$$

Aufgabe 7: Plattenkondensator

a) Feldstärke: $E = \frac{U_1}{d_1} = \frac{100V}{1{,}5 \cdot 10^{-2}m} = 6{,}67 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$

b) Ladung auf den Platten:

+Q bzw. –Q mit: $|Q| = C \cdot U = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_1} \cdot U_1$

$$= 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{V} \cdot \frac{(0{,}2m)^2}{1{,}5 \cdot 10^{-2}m} \cdot 100V = 2{,}36 \cdot 10^{-9} As$$

c) Ladung bleibt konstant: $Q = C_1 \cdot U_1 = C_2 \cdot U_2$

$\Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{2{,}5}{1{,}5} \quad \Rightarrow \quad U_2 = 100V \cdot \frac{2{,}5}{1{,}5} = 167V \quad \Rightarrow \quad E_2 = \frac{U_2}{d_2} = \frac{U_1}{d_1}$ (E ändert sich nicht)

d) Die Zunahme an Feldenergie wird durch Verrichtung mechanischer Arbeit beim Auseinanderziehen der Platten gegen die elektrostatische Anziehungskraft erzielt.

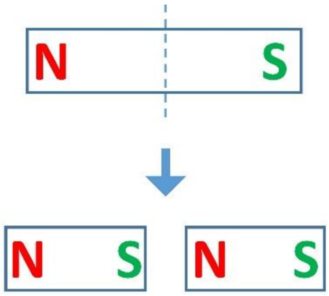
Energieerhaltungssatz: $\Delta W = \frac{1}{2} \cdot C_2 \cdot U_2^2 - \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot U_1^2$

$$= \frac{1}{2} \cdot (1{,}42 \cdot 10^{-11} \cdot 167^2 - 2{,}36 \cdot 10^{-9} \cdot 100^2) VAs$$

$$= 8{,}00 \cdot 10^{-8} J$$

Aufgabe 8: Magnetismus

a) Zerteilt man einen magnetischen Dipol, indem man ihn in der Mitte auseinanderbricht, ergibt sich an der Schnittstelle je ein neuer Nord- und Südpol, sodass jedes Bruchstück wieder ein Dipol bildet. Folge: Es gibt nur magnetische Dipole, aber keine magnetischen Ladungen („magnetische Monopole“), an denen die Feldlinien entspringen.



b) (i) $H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{2{,}5A}{2 \cdot \pi \cdot 1m} = 0{,}398\,\frac{A}{m}$

(ii) $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H = 1{,}26 \cdot 10^{-6}\,\frac{V \cdot s}{A \cdot s} \cdot 1 \cdot 0{,}398\,\frac{A}{m} = 5{,}01 \cdot 10^{-7} T$

c) Ferromagnetismus ist eine Form der magnetischen Ordnung in bestimmten Festkörpern, sog. Ferromagneten wie Eisen, Cobalt und Nickel. In Ferromagneten treten magnetisch geordnete Bereiche auf, sog. Weißsche Bezirke. Die magnetische Suszeptibilität κ ist sehr hoch (z. B. etwa 10^4 im Falle von Eisen). Im äußeren Magnetfeld findet eine magnetische Polarisation des Materials statt – durch Verschiebung der Grenzen zwischen den Weißschen Bezirken (Blochwandverschiebung) und durch die Umorientierung Weißscher Bezirke. Dies geschieht unstetig durch sog. Barkhausensprünge.

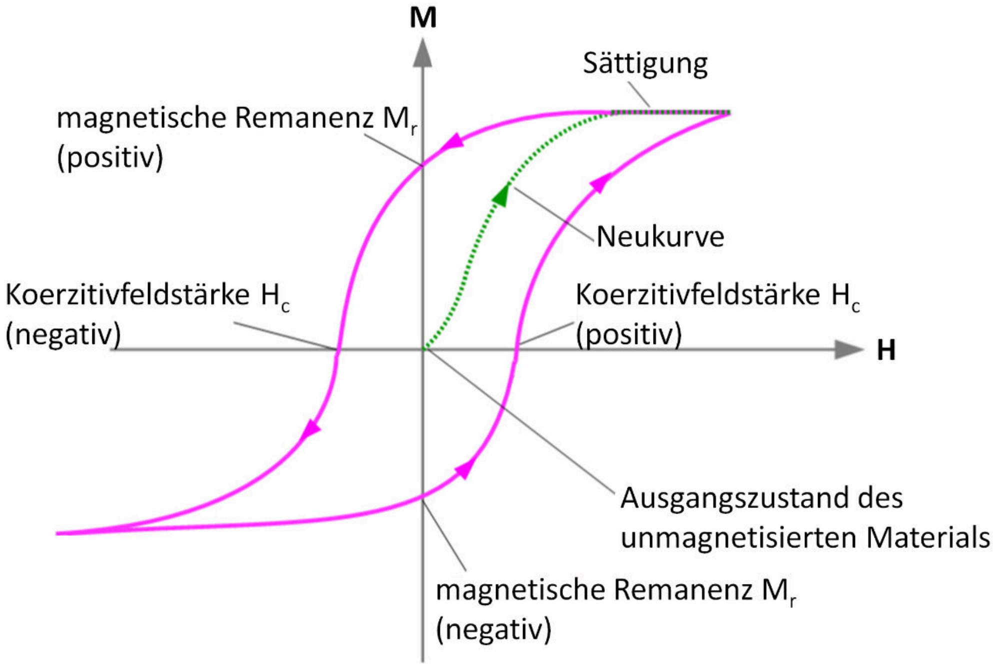
Hysterese der Magnetisierung *M*:

Neukurve: Magnetisierung eines unmagnetisierten Materials (M=0). Im unmagnetisierten Zustand existieren bereits Weißsche Bezirke (magnetisierte Bereiche), aber die Summe der Magnetisierung über alle Weißschen Bezirke ist null. Mit steigendem *H*-Feld nimmt *M* durch Blochwandverschiebung und durch Ausrichtung der Weißschen Bezirke zu.

Sättigung: Alle Weißschen Bezirke haben sich ausgerichtet.

Remanenz: Mit sinkendem *H* nimmt *M* etwas ab. Bei $H = 0$ verbleibt eine Restmagnetisierung M_r (Remanenz), da die Ausrichtung der Weißschen Bezirke bei Wegnahme des *H*-Felds ($H = 0$) teilweise erhalten bleibt.

Koerzitivfeldstärke: Um das Material wieder zu entmagnetisieren, muss ein *H*-Feld entgegengesetzt zur ursprünglichen Richtung angelegt werden mit $H = H_C$ (Koerzitiv-feldstärke).


M
Sättigung
magnetische Remanenz M_r
(positiv)
Neukurve
Koerzitivfeldstärke H_c
(negativ)
Koerzitivfeldstärke H_c
(positiv)
H
Ausgangszustand des
unmagnetisierten Materials
magnetische Remanenz M_r
(negativ)

Aufgabe 9: Optik

a) Abbildungsfehler:

1. **Sphärische Aberration**: Hierbei handelt es sich um die Abweichung von der berechneten Brennweite für achsenferne Strahlen.

2. **Chromatische Aberration**: Hierbei handelt es sich um die Wellenlängenabhängigkeit der Brennweite, d. h. $f = f(\lambda)$.

3. **Astigmatismus schiefer Bündel**: Parallelbündel achsenferner Strahlen werden auf gekrümmte (statt ebene) Fläche fokussiert.

b) Erzeugung von polarisiertem Licht:

1. **Reflexion**: Lichtbrechung und Reflexion an Übergang zwischen zwei Medien: Falls reflektierter und gebrochener Strahl senkrecht aufeinander stehen, ist nur Polarisation des reflektierten Strahls senkrecht zur optischen Ebene möglich (Brewster-Bedingung).

2. **Doppelbrechung**: Fällt unpolarisiertes Licht senkrecht zur Oberfläche eines optisch anisotropen Kristalls ein, so kommt es zur Aufspaltung in zwei zueinander senkrecht polarisierte Teilstahlen.

3. **Dichroismus**: Der Absorptionskoeffizient ist von der Polarisationsrichtung abhängig. Beispiel: Nach Durchgang durch verstreckte Polymerfolie entsteht teilweise polarisiertes Licht.

Aufgabe 10: Bohr´sches Atommodell

a) Die Bohr´schen Postulate:

1. Elektronen bewegen sich auf Kreisbahnen um den Atomkern.

2. Stationäre Bahnen, falls $m \cdot v \cdot r = n \cdot \hbar,\ n \in \mathbb{N}$. In diesen Fällen keine Abstrahlung im Gegensatz zur klassischen Physik. Für stabile Bahnen liegen diskrete Energieniveaus durch Drehimpulsquantisierung vor: $L = n \cdot \hbar$

3. Beim Übergang von Bahn mit höherer Energie zu Bahn mit niedrigerer Energie wird Licht der Frequenz ν emittiert. Es gilt: $h \cdot \nu = E_2 - E_1 \Rightarrow$ Emission eines Photons

b) Gleichgewichtsbedingung (Coulombkraft als Zentralkraft):

$$\frac{m \cdot v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r_n^2}$$

Quantisierungsbedingung:

$$m \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar\,,\ n \in \mathbb{N}$$

c) Aus Gleichgewichts- und Quantisierungsbedingung folgt mit $\hbar = \frac{h}{2 \cdot \pi}$:

$$r_n = 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{n^2 \cdot \hbar^2}{m \cdot e^2} = 4 \cdot \pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}\,\frac{As}{Vm} \cdot \frac{n^2 \cdot (1{,}05 \cdot 10^{-34} Js)^2}{9{,}11 \cdot 10^{-31} kg \cdot (1{,}60 \cdot 10^{-19} As)^2} = 0{,}53\ \text{Å} \cdot n^2$$

$$v_n = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{n \cdot \hbar} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}\,\frac{As}{Vm}} \cdot \frac{(1{,}60 \cdot 10^{-19} As)^2}{n \cdot 1{,}05 \cdot 10^{-34} Js} = 2{,}19 \cdot 10^6\,\frac{m}{s} \cdot n^{-1}$$