

Angewandte Geowissenschaften, Biologie, Chemie, Chemische Biologie, Geodäsie und Geoinformatik, Geoökologie, Ingenieurpädagogik LA Bachelor Berufliche Schulen, Lebensmittelchemie, Lehramt Chemie, Materialwissenschaft & Werkstofftechnik, Medizintechnik, NWT Lehramt, Technische Volkswirtschaftslehre, Wissenschaft – Medien – Kommunikation (ab SPO 2017)

1. Newtonsche Gesetze und Kreisbewegung

- Wie lauten die drei Newtonschen Axiome?
- Wie groß ist (i) der Impuls p , (ii) der Drehimpuls L , (iii) die kinetische Energie E_{kin} und (iv) die Winkelgeschwindigkeit ω eines Massenpunktes der Masse m , der sich mit der Geschwindigkeit v_0 auf einer Kreisbahn mit dem Radius r bewegt?
- Welches Drehmoment wird hier benötigt, um eine Winkelbeschleunigung $\dot{\omega}$ zu erzielen?

2. Die Wassersäule des Springbrunnens „Jet d'eau“ in Genf hat eine Höhe von $h = 100$ m. Das Strahlrohr hat einen Durchmesser von $d = 0,20$ m. Reibung werde vernachlässigt.

- Wie groß ist die Ausflussgeschwindigkeit v ?
- Wie groß ist die Aufenthaltszeit T des Wassers in der Luft?
- Welche Masse m an Wasser befindet sich dauernd in der Luft? (Dichte von Wasser: $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$)

3. 1,0 Liter Wasser wird mittels eines Zerstäubers vollständig in Tröpfchen mit 0,10 mm Durchmesser zerstäubt.

- Wie viele Wassertröpfchen werden dabei erzeugt?
- Wie viele Mol und wie viele Moleküle Wasser enthält ein solches Tröpfchen?
- Wie ist die Oberflächenspannung σ definiert? Geben Sie eine Formel an und benennen Sie alle darin vorkommenden Größen.
- Wie groß ist die beim Zerstäuben gegen die Oberflächenspannung zu verrichtende Arbeit? Hinweis: Die Oberflächenenergie vor dem Zerstäuben ist vernachlässigbar.

Zahlenwerte: $\sigma_{\text{Wasser}} = 0,074 \text{ N/m}$; $m_{\text{molar, Wasser}} = 18 \text{ g/mol}$; $\rho_{\text{Wasser}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

4. Thermodynamik

- Wie lautet die Zustandsgleichung idealer Gase? Schreiben Sie die Gleichung nieder und benennen Sie alle darin auftretenden Größen.
- Wie lautet die van-der-Waals'sche Zustandsgleichung realer Gase und wie heißen die beiden Terme, die im Vergleich zur Zustandsgleichung idealer Gase hinzukommen?
- Beschreiben Sie anhand einer beschrifteten Skizze die Funktion eines Kühlturmes mit allen wesentlichen Funktionselementen und benennen und erläutern Sie das physikalische Prinzip, nach dem er funktioniert.

5. In einer Druckgasflasche mit dem Volumen V ist bei der Temperatur T molekularer Wasserstoff H_2 der Masse m eingeschlossen.

- Welcher Druck p wirkt auf die Flaschenwand?
- Wie viele H_2 -Moleküle sind in der Flasche und wie groß ist die im Gas gespeicherte Wärmeenergie?
- Welche mittlere Geschwindigkeit v_{rms} haben die Moleküle?

Zahlenwerte: $V = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$; $T = 290 \text{ K}$; $m = 10 \text{ g}$; Molmasse von H_2 : $m_{\text{molar, H}_2} = 2,0 \text{ g/mol}$.

Lösungsvorschlag zur Klausurprüfung in Experimentalphysik A und B

**Angewandte Geowissenschaften, Biologie, Chemie, Chemische Biologie, Geodäsie und Geoinformatik,
Geoökologie, Ingenieurpädagogik LA Bachelor Berufliche Schulen, Lebensmittelchemie, Lehramt
Chemie, Materialwissenschaft & Werkstofftechnik, Medizintechnik, NWT Lehramt, Technische
Volkswirtschaftslehre, Wissenschaft – Medien – Kommunikation (ab SPO 2017)**

Aufgabe 1: Newtonsche Axiome und Kreisbewegung

a) Newtonsche Axiome

1. **Trägheitsprinzip:** Ein Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmig, geradlinigen Bewegung, solange keine resultierende Kraft \vec{F} auf ihn einwirkt.
2. **Aktionsprinzip:** $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ (allgemeiner: $\vec{F} = \dot{\vec{p}}$): Die Beschleunigung eines Körpers ist umgekehrt proportional zu seiner Masse und direkt proportional zur resultierenden Kraft, die auf ihn wirkt.
3. **Reaktionsprinzip: actio = reactio:** Übt ein Körper A eine Kraft auf Körper B aus, so übt Körper B eine betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Kraft auf A aus (Kräfte treten immer paarweise auf).

b) (i) $\vec{p} = m \cdot \vec{v} \Rightarrow p = m \cdot v_0$

(ii) $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} \Rightarrow L = r \cdot p = m \cdot r \cdot v_0$

(iii) $E_{\text{kin}} = \frac{m}{2} \cdot v_0^2$

(iv) $\omega = \frac{v_0}{r}$

c) $M = \dot{L} = \frac{d}{dt}(m \cdot r \cdot v_0) = \frac{d}{dt}(m \cdot r^2 \cdot \omega) = m \cdot r^2 \cdot \dot{\omega}$

Aufgabe 2: Springbrunnen

a) Energieerhaltung: $\frac{m}{2} \cdot v_0^2 = m \cdot g \cdot h \Rightarrow v_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

Einsetzen: $v_0 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100 \text{ m}} = 44 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) Freier Fall aus der Höhe h : $h = \frac{g}{2} \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$;

Gesamtzeit in der Luft: $T = 2 \cdot t = \sqrt{\frac{8 \cdot h}{g}}$

Einsetzen: $T = \sqrt{\frac{8 \cdot 100 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 9,0 \text{ s}$

c) Die Masse des Wassers in der Luft entspricht der Masse, die während T ausströmt.

$$m = V \cdot \rho = A \cdot l \cdot \rho = r^2 \cdot \pi \cdot v_0 \cdot T \cdot \rho$$

Einsetzen: $m = \left(\frac{0,2}{2}\right)^2 \text{ m}^2 \cdot \pi \cdot 44 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 9,0 \text{ s} \cdot 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 12 \cdot 10^3 \text{ kg}$

Angewandte Geowissenschaften, Biologie, Chemie, Chemische Biologie, Geodäsie und Geoinformatik, Geoökologie, Ingenieurpädagogik LA Bachelor Berufliche Schulen, Lebensmittelchemie, Lehramt Chemie, Materialwissenschaft & Werkstofftechnik, Medizintechnik, NWT Lehramt, Technische Volkswirtschaftslehre, Wissenschaft – Medien – Kommunikation (ab SPO 2017)

Aufgabe 3: Oberflächenspannung

$$\text{a) } V_{\text{Tröpfchen}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_{\text{Tröpfchen}}}{2}\right)^3$$

$$V_{\text{Gesamt}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$N_{\text{Tröpfchen}} = \frac{V_{\text{Gesamt}}}{V_{\text{Tröpfchen}}} = \frac{V_{\text{Gesamt}}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_{\text{Tröpfchen}}}{2}\right)^3} = \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}}{2}\right)^3} = 1,9 \cdot 10^9$$

$$\text{b) } N_{\text{Mol}} = \frac{m_{\text{Tröpfchen}}}{m_{\text{molar, H}_2\text{O}}} = \frac{V_{\text{Tröpfchen}} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{molar, H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_{\text{Tröpfchen}}}{2}\right)^3 \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{molar, H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}}{2}\right)^3 \cdot 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$$

$$N_{\text{Moleküle}} = N_{\text{Mol}} \cdot N_{\text{A}} = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,7 \cdot 10^{16}$$

c) Aufgrund von anziehenden Kräften zwischen den Molekülen einer Flüssigkeit benötigt man die Energie dW , um eine Oberfläche um dA zu vergrößern.

$$\text{Definition: } dW = \sigma \cdot dA$$

$$\sigma: \quad \text{Oberflächenspannung, } \left[\frac{\text{J}}{\text{m}^2}\right], \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}^2}\right], \left[\frac{\text{N}}{\text{m}}\right]$$

$$dW: \quad \text{verrichtete Arbeit, [J]}$$

$$dA: \quad \text{gewonnene Oberfläche, [m}^2\text{]}$$

d) $dW = \sigma \cdot dA$ bzw.

$$\Delta W = \sigma \cdot \Delta A = \sigma \cdot N_{\text{Tröpfchen}} \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2 = \sigma \cdot \frac{V_{\text{Gesamt}}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3} \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2 = \sigma \cdot \frac{3 \cdot V_{\text{Gesamt}}}{r} = \frac{6 \cdot V_{\text{Gesamt}}}{d} \cdot \sigma$$

$$\Delta W = \frac{6 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}} \cdot 0,074 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 4,4 \text{ J}$$

Hinweis: Die Oberflächenenergie vor dem Zerstäuben ist vernachlässigbar:

$$\Delta A = \frac{6 \cdot V}{d} = 60 \text{ m}^2; A_i \approx 10^{-1} \text{ m}^2 \Rightarrow A_i \ll \Delta A$$

Angewandte Geowissenschaften, Biologie, Chemie, Chemische Biologie, Geodäsie und Geoinformatik, Geoökologie, Ingenieurpädagogik LA Bachelor Berufliche Schulen, Lebensmittelchemie, Lehramt Chemie, Materialwissenschaft & Werkstofftechnik, Medizintechnik, NWT Lehramt, Technische Volkswirtschaftslehre, Wissenschaft – Medien – Kommunikation (ab SPO 2017)

Aufgabe 4: Thermodynamik

a) Die Zustandsgleichung für ein ideales Gas lautet:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T = N \cdot k_B \cdot T = n \cdot N_A \cdot k_B \cdot T,$$

mit

p	=	Druck
V	=	Volumen
n	=	Stoffmenge
R	=	Universelle Gaskonstante
T	=	Temperatur
N	=	Anzahl der Teilchen
k_B	=	Boltzmann-Konstante
T	=	Temperatur
N_A	=	Avogadro-Konstante

b) Die van-der-Waals'sche Zustandsgleichung für reale Gase lautet:

$$\left(p + \frac{a \cdot n^2}{V^2}\right) \cdot (V - b \cdot n) = n \cdot R \cdot T,$$

wobei

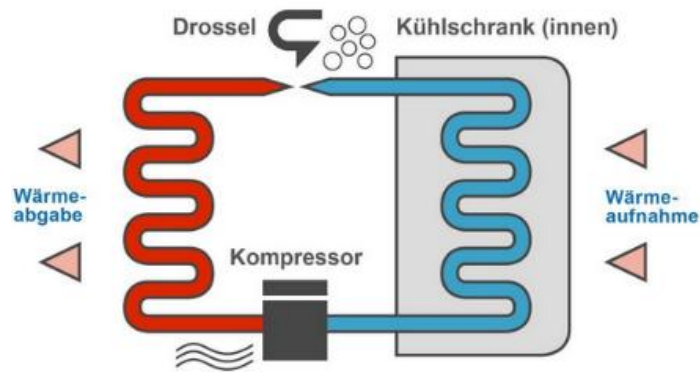
$\frac{a \cdot n^2}{V^2}$ als Binnendruck bezeichnet wird und

$b \cdot n$ als Kovolumen.

Somit kann die van-der-Waals'sche Zustandsgleichung für reale Gase auch geschrieben werden als:

$$(p + \text{Binnendruck}) \cdot (V - \text{Kovolumen}) = n \cdot R \cdot T.$$

c) Funktion Kühlschranks:



Ein gasförmiges Kältemittel wird durch einen Kompressor adiabatisch verdichtet, wodurch es sich erwärmt. Im Verflüssiger, der aus an der Außenseite angebrachte Kühlschlangen besteht, wird die Wärme an die Umgebung abgegeben, wodurch das Kältemittel kondensiert. Danach strömt es zur Druckabsenkung durch eine Drossel – z. B. ein Expansionsventil oder ein Kapillarrohr – und dann weiter in den Verdampfer im Inneren des Kühlschranks. Hier entnimmt das verdampfende Kältemittel die notwendige Verdampfungsenergie und kühlt dadurch das Innere des Kühlschranks. Es strömt als Gas wieder zum außen liegenden Kompressor.

Die Funktion eines Kühlschranks basiert auf die Nutzung **latenter Wärme** bei Verdampfung und Kondensation. Als latente Wärme bezeichnet man die bei einem Phasenübergang aufgenommene oder abgegebene thermische Energie.

Beispiel: Phasenübergang flüssig/gasförmig beim Verdampfen von Wasser bei 100°C: Durch Zufuhr thermischer Energie erhitzt sich Wasser bis zum Siedepunkt. Bei weiterer Energiezufuhr wird das Wasser nicht heißer (isothermer Prozess), sondern verdampft unter erheblicher Volumenzunahme. Das Wasser enthält als Dampf mehr Energie als in flüssiger Form, obwohl der Dampf nicht heißer ist. Bei der Kondensation wird die Energie bei konstant bleibender Temperatur und abnehmendem Volumen wieder frei.

Angewandte Geowissenschaften, Biologie, Chemie, Chemische Biologie, Geodäsie und Geoinformatik, Geoökologie, Ingenieurpädagogik LA Bachelor Berufliche Schulen, Lebensmittelchemie, Lehramt Chemie, Materialwissenschaft & Werkstofftechnik, Medizintechnik, NWT Lehramt, Technische Volkswirtschaftslehre, Wissenschaft – Medien – Kommunikation (ab SPO 2017)

Aufgabe 5: Druckflasche

$$\text{a) } p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{m}{m_{\text{molar, H}_2}} \cdot \frac{R \cdot T}{V}$$

$$\text{Einsetzen: } p = \frac{10 \text{ g}}{2,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot \frac{8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 290 \text{ K}}{5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 2,4 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad (24 \text{ bar})$$

$$\text{Alternative mit abgeleiteter Formel: } p = \frac{\rho}{3} \cdot v_{\text{rms}}^2 = \frac{m}{3 \cdot V} \cdot \frac{3 \cdot R \cdot T}{m_{\text{molar, H}_2}}$$

$$\text{b) } n = \frac{m}{m_{\text{molar, H}_2}}$$

$$N = n \cdot N_A = \frac{m}{m_{\text{molar, H}_2}} \cdot N_A$$

$$\text{Einsetzen: } N = \frac{10 \text{ g}}{2,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 3,0 \cdot 10^{24}$$

$$U = E_{\text{trans}} + E_{\text{rot}} = N \cdot \left(\frac{f_{\text{trans}}}{2} \cdot k_B \cdot T + \frac{f_{\text{rot}}}{2} \cdot k_B \cdot T \right) = N \cdot \frac{f}{2} \cdot k_B \cdot T$$

Für zweiatomiges Molekül gilt: 5 relevante Freiheitsgrade f – drei Freiheitsgrade der Translation und zwei Freiheitsgrade der Rotation.

$$\text{Einsetzen: } U = 3,0 \cdot 10^{24} \cdot \frac{5}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 290 \text{ K} = 30 \text{ kJ}$$

c) Drei Freiheitsgrade der Translation:

$$\frac{m_{\text{H}_2\text{-Molekül}}}{2} \cdot v_{\text{rms}}^2 \stackrel{!}{=} \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T \quad | \cdot N_A$$

$$\frac{N_A \cdot m_{\text{H}_2\text{-Molekül}}}{2} \cdot v_{\text{rms}}^2 = \frac{m_{\text{molar, H}_2}}{2} \cdot v_{\text{rms}}^2 \stackrel{!}{=} \frac{3}{2} \cdot N_A \cdot k_B \cdot T = \frac{3}{2} \cdot R \cdot T$$

$$\Rightarrow v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{m_{\text{molar, H}_2}}}$$

$$\text{Einsetzen: } v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 290 \text{ K}}{0,002 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}} = 1,9 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 6,8 \cdot 10^3 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Aufgabe 6: Plattenkondensator

a) $C_0 = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_0}$ (1)

$$W_0 = \frac{1}{2} C_0 \cdot U_0^2 = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_0} \cdot U_0^2 \quad (2)$$

b) mit (1) $\Rightarrow C = C_0 \cdot \frac{d_0}{d} = \frac{1}{3} \cdot C_0$ (\rightarrow Kapazität sinkt) (3)

$$U = \frac{Q}{C} \text{ und } Q = Q_0 \text{ und mit (3)} \Rightarrow U = U_0 \cdot \frac{C_0}{C} = 3 \cdot U_0 \quad (\rightarrow \text{Spannung steigt an}) \quad (4)$$

c) $U = \frac{Q}{C} \stackrel{!}{=} U_0 = \frac{Q}{C_0} \Rightarrow C \stackrel{!}{=} C_0$

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d} \stackrel{!}{=} C_0 = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_0}$$

$$C = \varepsilon_r \cdot \frac{d_0}{d} \cdot C_0 \stackrel{!}{=} C_0 \Rightarrow \varepsilon_r = \frac{d}{d_0} = 3$$

Aufgabe 7: Autobeleuchtung

a) Parallelschaltung: $P_{\text{ges}} = U_{\text{Nenn}} \cdot \sum I_i = \sum P_i$

$$P_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{Nenn}}^2}{R_{\text{ges}}} \Rightarrow R_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{Nenn}}^2}{P_{\text{ges}}}$$

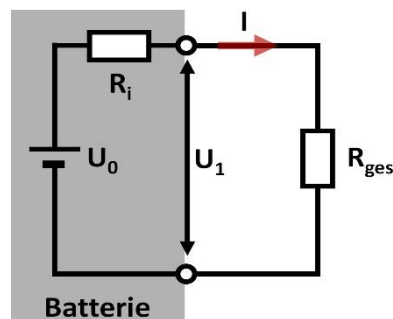
$$\text{Einsetzen: } R_{\text{ges}} = \frac{(12 \text{ V})^2}{(60+60+20+20)\text{W}} = \frac{144}{160} \Omega = 0,9 \Omega$$

b) $U_1 = R_{\text{ges}} \cdot I \Rightarrow I = \frac{U_1}{R_{\text{ges}}}$

$$I = \frac{10 \text{ V}}{0,9 \Omega} = 11,1 \text{ A}$$

c) $U_1 = U_0 - R_i \cdot I \Rightarrow R_i = \frac{U_0 - U_1}{I} = \frac{U_{\text{Bat}}}{I}$

$$\text{Einsetzen: } R_i = \frac{(12-10) \text{ V}}{11,1 \text{ A}} = 0,18 \Omega$$



d) $P_{\text{Bat}} = U_{\text{Bat}} \cdot I$

$$\text{Einsetzen: } P_{\text{Bat}} = (12 - 10) \text{ V} \cdot 11,1 \text{ A} = 22 \text{ W}$$

Aufgabe 8: Elektronen in elektromagnetischen Feldern

a) Zurückgelegte Strecke im Plattenkondensator (Superpositionsprinzip):

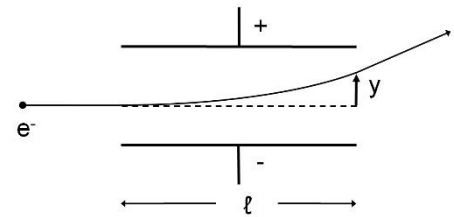
$$y = \frac{a_y}{2} \cdot (\Delta t)^2$$

$$x = \ell = v_x \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{\ell}{v_x}$$

$$\text{Newton: } m_0 \cdot a_y = e \cdot E \Rightarrow a_y = \frac{e \cdot E}{m_0}$$

$$\Rightarrow y = \frac{e \cdot E}{2 \cdot m_0} \cdot \left(\frac{\ell}{v_x}\right)^2$$

$$\text{Einsetzen: } y = \frac{1,60 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s} \cdot 2,0 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}}{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \cdot \left(\frac{1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{3,0 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right)^2 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

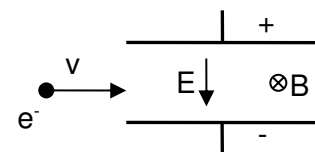


Hierbei handelt es sich um die abgelenkte Strecke unmittelbar nach Durchfliegen des Plattenkondensators.

b) Kräftegleichgewicht: $-e \cdot \vec{E} = -e \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$

$$\vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow E = v \cdot B \Rightarrow B = \frac{E}{v}$$

$$\text{Einsetzen: } B = \frac{2,0 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}}{3,0 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$



$$\vec{v} \perp \vec{E} \perp \vec{B}$$

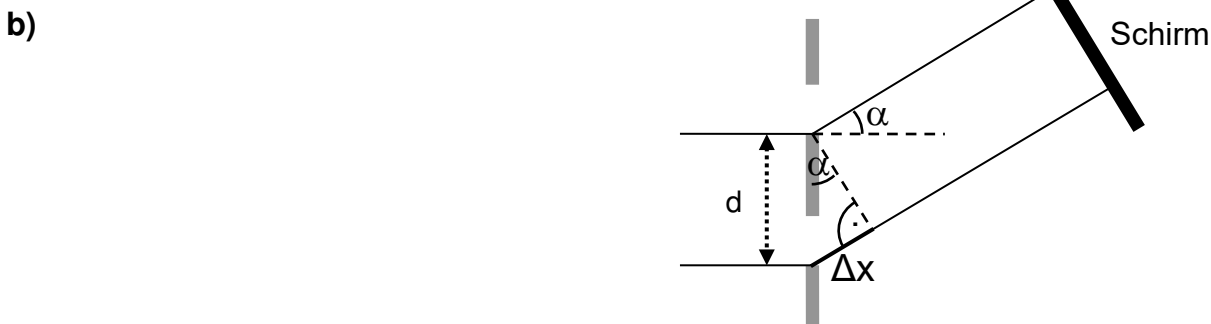
c) Kräftegleichgewicht: $|F_L| = F_z \Rightarrow e \cdot v \cdot B = m_0 \cdot r \cdot \omega^2 = m_0 \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{m_0 \cdot v}{e \cdot B} = \frac{m_0 \cdot v^2}{e \cdot E}$

$$\text{Einsetzen: } r = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \left(3,0 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{1,60 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s} \cdot 2,0 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}} = 2,6 \text{ cm}$$

Aufgabe 9: Interferenz am Doppelspalt

a) **Konstruktive Interferenz:** Überlagerung von Wellenzügen mit sich gegenseitig verstärkenden Amplituden. Bedingung: kohärentes, monochromatisches Licht mit einer Phasendifferenz von einem ganzzahligen Vielfachen von 2π .

Destruktive Interferenz: Überlagerung von Wellenzügen mit sich gegenseitig auslöschenden Amplituden. Bedingung: kohärentes, monochromatisches Licht mit einer Phasendifferenz von einem ungeradzahigen Vielfachen von π .



Gangunterschied: $\Delta x = d \cdot \sin \alpha$

Bedingung für Maximum: $\Delta x = m \cdot \lambda$ mit $m \in \mathbb{N}$

$\Rightarrow d \cdot \sin \alpha_{\max} = m \cdot \lambda$ bzw.

$$\alpha_{\max} = \arcsin \left(m \cdot \frac{\lambda}{d} \right)$$

In der Skizze hat der untere Strahl einen um Δx längeren Weg bis zum Schirm zurückzulegen als der obere Strahl. Beträgt Δx genau ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge des Lichts, so kommt es zu konstruktiver Interferenz und einem Intensitätsmaximum auf dem Schirm.

Angewandte Geowissenschaften, Biologie, Chemie, Chemische Biologie, Geodäsie und Geoinformatik, Geoökologie, Ingenieurpädagogik LA Bachelor Berufliche Schulen, Lebensmittelchemie, Lehramt Chemie, Materialwissenschaft & Werkstofftechnik, Medizintechnik, NWT Lehramt, Technische Volkswirtschaftslehre, Wissenschaft – Medien – Kommunikation (ab SPO 2017)

Aufgabe 10: Relativistische Elektronen

a) $E_0 = m_0 \cdot c^2$

Einsetzen: $E_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg} \cdot \left(3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ (= 512 keV)

b) $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} = e \cdot U$

Einsetzen: $E_{\text{kin}} = 500 \cdot 10^3 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 500 \cdot 10^3 \text{ V} = 8,0 \cdot 10^{-14} \text{ J}$

c) $E = m \cdot c^2 \Rightarrow E = E_0 + E_{\text{kin}} = m_0 \cdot c^2 + e \cdot U = m \cdot c^2 \Rightarrow m = m_0 + \frac{e \cdot U}{c^2}$

Einsetzen: $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg} + \frac{1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 500 \cdot 10^3 \text{ V}}{\left(3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 18 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

d) $m = m_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow v = \sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2} \cdot c$

Einsetzen: $v = \sqrt{1 - \left(\frac{9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg}}{18 \cdot 10^{-31} \text{kg}}\right)^2} \cdot c = 0,86 \cdot c$

Die Elektronengeschwindigkeit nach der Beschleunigung beträgt 86 % der Lichtgeschwindigkeit.