

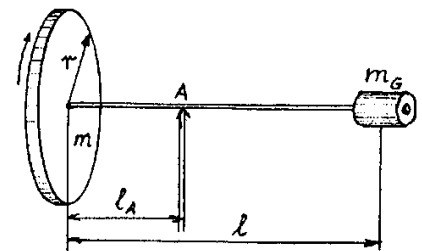
1. Eine Straßenbahn der Masse m wird auf gerader, ebener Strecke mit konstanter Leistung P_0 vom Stand aus beschleunigt. Reibungsverluste sollen vernachlässigt werden.
- Wie ändern sich die kinetische Energie $E_{\text{kin}}(t)$ und die Geschwindigkeit $v(t)$ mit der Zeit t ?
 - Wie groß ist die beschleunigende Kraft $F(t)$ als Funktion der Zeit t ?
 - Wie ändert sich die erforderliche Leistung $P(t)$, wenn eine konstante Beschleunigung $a_0 = 0,981 \text{ m/s}^2$ erzielt werden soll?

Zahlenwerte: $m = 3,00 \cdot 10^4 \text{ kg}$; $P_0 = 380 \text{ kW}$.

2. Eine Masse $m = 5,00 \text{ kg}$ befindet sich in einer Höhe $h_0 = 20,0 \text{ m}$ über der Mondoberfläche.
- Berechnen Sie die Beschleunigung g_M , die die Masse m im freien Fall auf den Mond erfährt.
 - Berechnen Sie die potentielle Energie E_{pot} der Masse m in der Höhe h_0 (bezüglich der Mondoberfläche).
 - Die Masse m wird aus der Ruhe losgelassen. Mit welcher Geschwindigkeit v trifft sie auf die Mondoberfläche?

Zahlenwerte: Mondmasse $m_M = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$; Mondradius $r_M = 1738 \text{ km}$.

3. An dem Ende einer masselosen Achse der Länge ℓ rotiere mit der Winkelgeschwindigkeit ω ein Schwungrad (kreisförmige Scheibe homogener Dichte, siehe Skizze) mit der Masse m und dem Radius r . Am anderen Ende ist ein Gegengewicht der Masse m_G befestigt. Die Achse ist um den Auflagepunkt A frei beweglich und bei stillstehendem Schwungrad ausbalanciert.



- Wie groß ist der Abstand l_A des Schwungrades vom Auflagepunkt?
- Wie groß ist das Trägheitsmoment Θ des Schwungrades um die Rotationsachse (Symmetrieachse, siehe Zeichnung)?
- Wie groß ist der Drehimpuls L des Schwungrades?
- Wird das Gegengewicht um Δm erhöht, präzediert der Kreisel. Wie groß ist das dann wirkende Drehmoment M ?

Zahlenwerte: $\ell = 0,400 \text{ m}$; $\omega = 100 \text{ s}^{-1}$; $m = 3,00 \text{ kg}$; $r = 20,0 \text{ cm}$; $m_G = 1,00 \text{ kg}$; $\Delta m = 0,500 \text{ kg}$.

4. Ein massiver Kupferstab mit kreisförmigem Querschnitt hat die Länge $\ell = 1,00 \text{ m}$, den Durchmesser $d = 1,00 \text{ cm}$ und die Masse $m = 700 \text{ g}$. Er wird um $\Delta T = 40,0 \text{ K}$ erwärmt.
- Welche Wärmemenge wird zum Erwärmen benötigt?
 - Um wie viel dehnt sich der Kupferstab bei der Erwärmung aus?
 - Vor dem Erwärmen wird der Kupferstab an seinen Enden eingespannt, wobei der seitliche Andruck vor dem Erwärmen vernachlässigbar sein soll. Mit welcher Kraft drückt der Kupferstab nach der Erwärmung auf die Einspannung, wenn sich der Kupferstab durch die Erwärmung ausdehnt, aber nicht verbiegt?

Zahlenwerte: Längenausdehnungskoeffizient $\alpha_{\text{Cu}} = 1,70 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$;
Elastizitätsmodul $E_{\text{Cu}} = 1,25 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$; spezifische Wärme: $c_{\text{Cu}} = 385 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$.

5. Hülle und Zubehör eines Heißluftballons haben zusammen die Masse $m = 75,0 \text{ kg}$. Der unten offene Ballon habe ein konstantes Volumen $V = 600 \text{ m}^3$. Der Luftdruck p betrage $1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Betrachten Sie Luft als ideales Gas mit der Molmasse $m_{\text{Molar}} = 29,0 \text{ g/mol}$.
- Berechnen Sie die Stoffmenge n an Luft, die sich bei der Temperatur $T_1 = 280 \text{ K}$ im Ballon befindet.
 - Welche Masse an Luft entweicht aus dem Ballon bei der Erwärmung von $T_1 = 280 \text{ K}$ auf $T_2 = 300 \text{ K}$?
 - Auf welche Temperatur T_3 muss die Innenluft bei einer Außentemperatur von $T_1 = 280 \text{ K}$ erwärmt werden, damit der Ballon abhebt?
 - Was ändert sich, wenn der Ballon bei weiterhin festem Volumen von $V = 600 \text{ m}^3$ bereits vor der Erwärmung komplett gasdicht geschlossen ist? Geben Sie eine kurze Begründung.

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, NWT Lehramt, Technische Volkswirtschaftslehre, Wissenschaft –
Medien – Kommunikation (ab SPO 2017)**

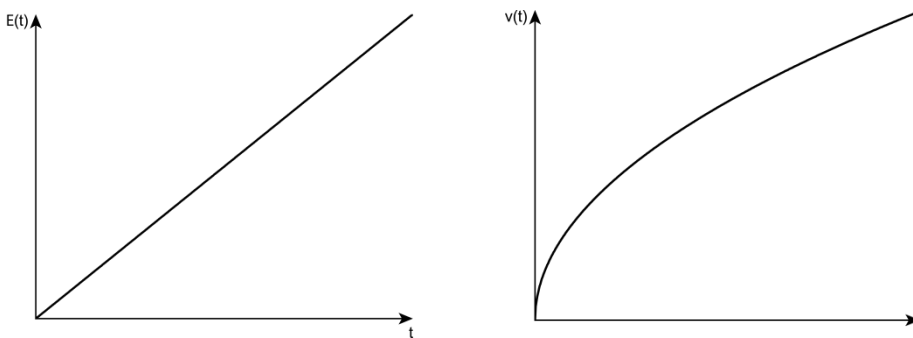
Aufgabe 1: Straßenbahn

- a) Es gilt für die Leistung: $P = \frac{dE(t)}{dt}$ mit $P = P_0 = \text{const.} \Rightarrow E \sim t$ und $E(t) = E_{\text{kin}}(t)$

Somit ist $E_{\text{kin}}(t) = P_0 \cdot t = 3,80 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot t$

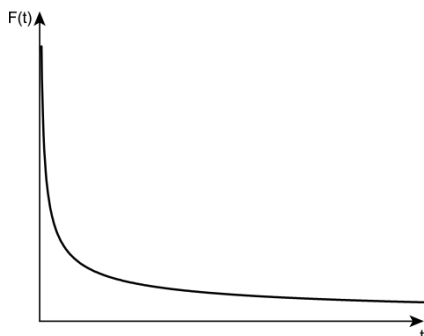
Anhand der kinetischen Energie kann die Geschwindigkeit bestimmt werden:

$$E_{\text{kin}}(t) = P_0 \cdot t = \frac{1}{2} m \cdot v(t)^2 \Rightarrow v(t) = \sqrt{\frac{2 \cdot P_0 \cdot t}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,80 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot t}{3,00 \cdot 10^4 \text{ kg}}} = 5,03 \text{ W}^{1/2} \cdot \text{kg}^{-1/2} \cdot \sqrt{t}$$



- b) Für die mechanische Leistung gilt: $P = F \cdot v$ mit $P = P_0 = \text{const.} \Rightarrow P_0 = F(t) \cdot v(t) = \text{const.}$

Somit ist $F(t) = \frac{P_0}{v(t)} \stackrel{\text{nach a)}}{=} \frac{P_0}{\sqrt{\frac{2 \cdot P_0 \cdot t}{m}}} = \sqrt{\frac{P_0 \cdot m}{2 \cdot t}} = \sqrt{\frac{3,80 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot 3,00 \cdot 10^4 \text{ kg}}{2 \cdot t}} = 7,55 \text{ W}^{1/2} \cdot \text{kg}^{1/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{t}}$

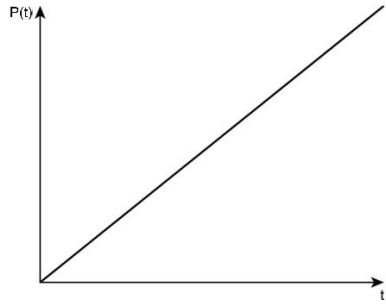


c) Für die mechanische Leistung gilt: $P = F \cdot v$ mit $F = m \cdot a$ und $v = a \cdot t$

$$\text{Somit ist } P(t) = m \cdot a^2 \cdot t = 3,00 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \left(0,981 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)^2 \cdot t = 2,89 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^4} \cdot t$$

Alternativer Lösungsweg mit $P(t) = \frac{dE(t)}{dt}$ mit $E = E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ und $v = a \cdot t$.

$$\text{Somit ist } P(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot a^2 \cdot t^2 \right) = m \cdot a^2 \cdot t = 3,00 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \left(0,981 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)^2 \cdot t = 2,89 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^4} \cdot t$$



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

Aufgabe 2: Mondgravitation

a) Es gilt das Newtonsche Gravitationsgesetz: $F_G = \gamma \cdot \frac{m \cdot m_M}{r^2} = m \cdot g_M$ mit $r = r_M + h_0 \stackrel{r_M \gg h_0}{=} r_M$

$$\Rightarrow g_M = \gamma \cdot \frac{m_M}{r_M^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{7,35 \cdot 10^{22} \text{kg}}{(1,738 \cdot 10^6 \text{m})^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2 \text{kg}^2} \cdot \frac{7,35 \cdot 10^{22} \text{kg}}{(1,738 \cdot 10^6 \text{m})^2} = 1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b) $E_{\text{pot}} = m \cdot g_M \cdot h_0 = 5,00 \text{kg} \cdot 1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 20,0 \text{m} = 162 \text{J}$

c) Es gilt Energieerhaltung. Die kinetische Energie auf der Mondoberfläche entspricht der potentiellen Energie des Steins in Höhe h_0 : $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}}$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = E_{\text{pot}}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{pot}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 162 \text{J}}{5,00 \text{kg}}} = 8,05 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 29,0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Alternativer Lösungsweg mit $v = g_M \cdot t$ und $h_0 = \frac{1}{2} \cdot g_M \cdot t^2$:

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot h_0}{g_M}}$$

$$\Rightarrow v = g_M \sqrt{\frac{2 \cdot h_0}{g_M}} = \sqrt{2 \cdot h_0 \cdot g_M} = \sqrt{2 \cdot 20,0 \text{m} \cdot 1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 8,05 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 29,0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

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

Aufgabe 3: Kreisel und Präzession

- a) Die Achse ist um den Auflagepunkt A ist bei stillstehendem Schwungrad ausbalanciert, wenn $\vec{M}_{\text{ges}} = 0$.

Es gilt allgemein für das Drehmoment: $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}_G$

Hier gilt: $|\vec{M}_S| = m \cdot g \cdot \ell_A$ und $|\vec{M}_G| = m_G \cdot g \cdot (\ell - \ell_A)$ sowie $\vec{M}_S = -\vec{M}_G$

$$\Rightarrow |\vec{M}_{\text{ges}}| = |\vec{M}_S| - |\vec{M}_G| = 0$$

$$\Rightarrow m \cdot g \cdot \ell_A - m_G \cdot g \cdot (\ell - \ell_A) = 0$$

$$\Rightarrow (m + m_G) \cdot \ell_A = m_G \cdot \ell$$

$$\Rightarrow \ell_A = \frac{m_G}{m + m_G} \cdot \ell = \frac{1,00 \text{ kg}}{(3,00 + 1,00) \text{ kg}} \cdot 0,400 \text{ m} = 0,100 \text{ m}$$

- b) Es handelt sich um das Trägheitsmoment einer Kreisscheibe bzw. eines Vollzylinders bezüglich der Symmetrieachse.

$$\text{Es gilt: } \theta = \frac{m}{2} \cdot r^2 = \frac{3,00 \text{ kg}}{2} \cdot (0,200 \text{ m})^2 = 0,0600 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{c) } L = \theta \cdot \omega = 0,0600 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot 100 \frac{1}{\text{s}} = 6,00 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{d) } |\vec{M}_{\text{ges}}| = \Delta m \cdot g \cdot (\ell - \ell_A) = 0,500 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0,4 - 0,1) \text{ m} = 1,47 \text{ N} \cdot \text{m}$$

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

Aufgabe 4: Erwärmung eines Kupferstabes

- a) Die Wärmemenge, die zum Erwärmen des Kupferstabs um $\Delta T = 40 \text{ K}$ benötigt wird, kann wie folgt berechnet werden:

$$\Delta Q = c_{\text{Cu}} \cdot m \cdot \Delta T = 385 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,700 \text{ kg} \cdot 40,0 \text{ K} = 10,8 \text{ kJ}$$

- b) Die Ausdehnung des Kupferstabs lässt sich wie folgt berechnen:

$$\Delta \ell = \alpha \cdot \Delta T \cdot \ell = 1,70 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} \cdot 40,0 \text{ K} \cdot 1,00 \text{ m} = 0,680 \text{ mm}$$

- c) Ist der Stab fest eingespannt, so kann er sich nicht ausdehnen und drückt daher bei Erwärmung auf die Einspannung. Die von ihm ausgeübte Kraft kann über das hookesche Gesetz ermittelt werden:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow \frac{F}{A} = E \cdot \frac{\Delta \ell}{\ell} \Rightarrow F = E \cdot A \cdot \frac{\Delta \ell}{\ell}$$

Mit $\Delta \ell$ aus c) ergibt sich:

$$F = E \cdot A \cdot \alpha \cdot \Delta T = E \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \alpha \cdot \Delta T = 1,25 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \pi \cdot \left(\frac{1,00 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{2}\right)^2 \cdot 1,70 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} \cdot 40,0 \text{ K} = 6,68 \text{ kN}$$

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

Aufgabe 5: Heißluftballon

- a) Mittels der idealen Gasgleichung ergibt sich die Stoffmenge n an Luft, die sich im Ballon befindet:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T_1 \quad \Rightarrow \quad n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T_1} = \frac{1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 600 \text{ m}^3}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 280 \text{ K}} = 2,58 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

- b) Der Ballon ist offen, somit bleibt der Druck p beim Erwärmen konstant. Des Weiteren bleibt das Volumen des Ballons V konstant. Beim Erwärmen ändert sich die Stoffmenge im Ballon von $n = n_1$ bei T_1 zu n_2 bei T_2 . Die Stoffmenge vor und nach dem Erwärmen ergibt sich jeweils mittels idealer Gasgleichung (siehe a). Für die Stoffmengendifferenz ergibt sich:

$$\Delta n = n_2 - n_1 = \frac{p \cdot V}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\text{und} \quad \Delta m = m_{\text{Molar}} \cdot \Delta n = m_{\text{Molar}} \cdot n_2 - n_1 = m_{\text{Molar}} \cdot \frac{p \cdot V}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\Delta m = 2,90 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \frac{1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 600 \text{ m}^3}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \left(\frac{1}{300 \text{ K}} - \frac{1}{280 \text{ K}} \right) = -49,9 \text{ kg}$$

- c) Bedingung für abhebenden Ballon: Der Betrag der Auftriebskraft (Gewichtskraft der vom Ballon verdrängten Luft) entspricht dem Betrag der Gewichtskraft des Ballons, d.h. $F_A = F_G$.

$$m_{\text{verdrängte Luft}} \cdot g = (m + m_{\text{Luft im Ballon}}) \cdot g$$

$$\Rightarrow \Delta m \stackrel{!}{=} -m = -75 \text{ kg}$$

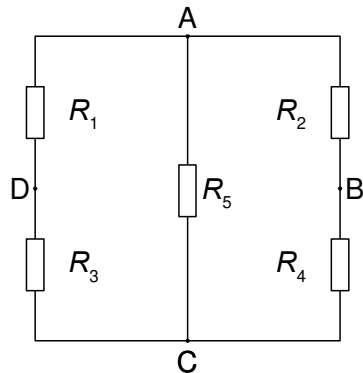
$$\text{Nach b):} \quad \Delta m = m_{\text{Molar}} \cdot \Delta n = m_{\text{Molar}} \cdot n_2 - n_1 = m_{\text{Molar}} \cdot \frac{p \cdot V}{R} \left(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\text{Auflösen:} \quad T_3 = \left(\frac{R \cdot \Delta m}{p \cdot V \cdot m_{\text{Molar}}} + \frac{1}{T_1} \right)^{-1} = \left(\frac{8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (-75 \text{ kg})}{1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 600 \text{ m}^3 \cdot 2,90 \cdot 10^{-2} \text{ kg}} + \frac{1}{280 \text{ K}} \right)^{-1} = 311 \text{ K} = 38,0^\circ \text{C}$$

- d) Ist der Ballon bei festem Volumen gasdicht verschlossen, steigt bei Erwärmung der Innendruck an. Es kann keine Luft entweichen. Somit bleibt die Stoffmenge an Luft n im Ballon und damit die **Gewichtskraft konstant**. Aufgrund des konstanten Volumens bleibt auch die **Auftriebskraft konstant**. Ist $F_A < F_G$, so hebt der Ballon nicht ab.

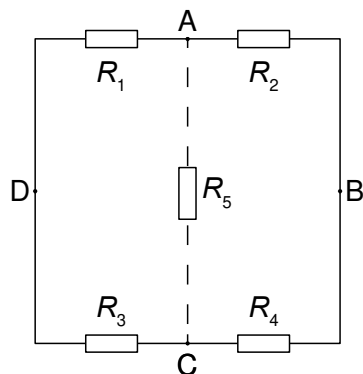
Aufgabe 6: Ohmsche Widerstände

a) Die Anordnung von Widerständen lässt sich durch folgendes Ersatzschaltbild darstellen:



$$\frac{1}{R_{\text{gesamt}}} = \frac{1}{R_1 + R_3} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_2 + R_4} \stackrel{R_1=R_3}{=} \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{2}{R} \Rightarrow R_{\text{gesamt}} = \frac{R}{2} = \frac{10,0 \Omega}{2} = 5,00 \Omega$$

b) Da $R_2 = R_4$ und $R_1 = R_3$ liegen die Punkte A und C auf gleichem Potential. Somit fließt durch R_5 kein Strom. Es ergibt sich das folgende Ersatzschaltbild:



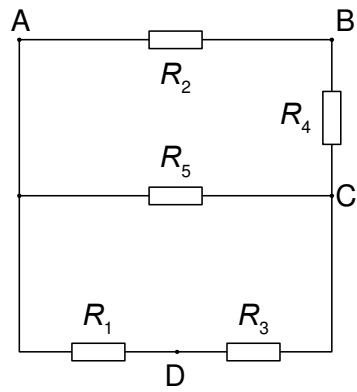
$$\frac{1}{R_{\text{gesamt}}} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3 + R_4} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{1}{R} \Rightarrow R_{\text{gesamt}} = R = 10,0 \Omega$$

c) Mit $P = U \cdot I$ und $I = \frac{U}{R_{\text{gesamt}}}$ ergibt sich: $P = \frac{U^2}{R_{\text{gesamt}}}$

Nach a): $R_{\text{gesamt}} = 5,00 \Omega$

$$\Rightarrow P = \frac{U^2}{R_{\text{gesamt}}} = \frac{(12,0)^2}{5,00 \Omega} = 28,8 \text{ W}$$

d) Die Anordnung von Widerständen lässt sich durch folgendes Ersatzschaltbild darstellen:



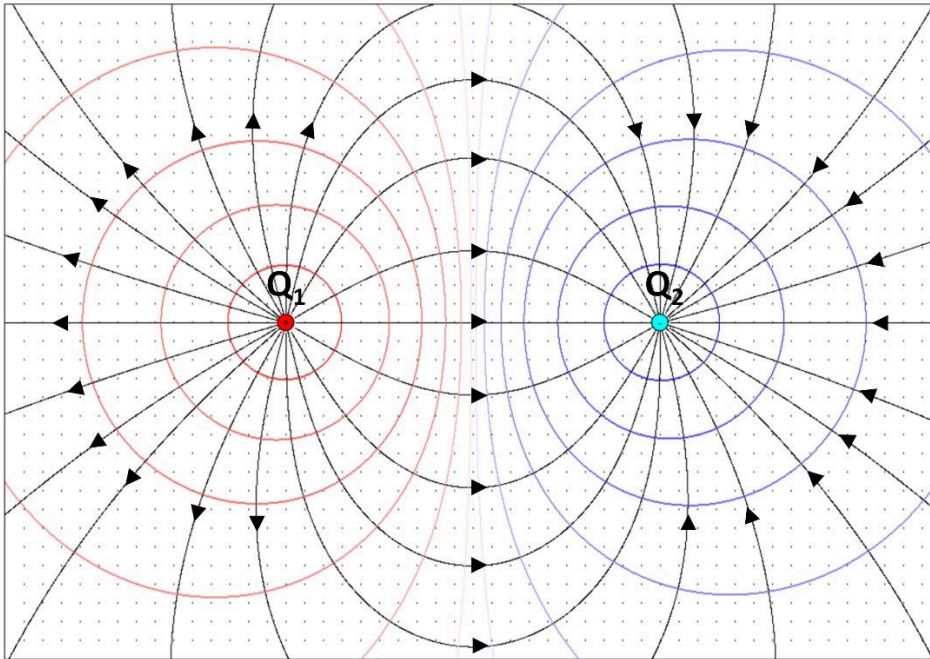
$$\frac{1}{R_{\text{gesamt}}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{\left(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_1 + R_3}\right)^{-1} + R_4} = \frac{1}{R} + \frac{1}{\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{2R}\right)^{-1} + R} = \frac{1}{R} + \frac{1}{\frac{2}{3}R + R} = \frac{1}{R} + \frac{1}{\frac{5}{3}R}$$

$$\Rightarrow R_{\text{gesamt}} = \frac{5}{8}R$$

$$R_{\text{gesamt}} = \frac{U}{I} \Rightarrow I = \frac{U}{R_{\text{gesamt}}} = \frac{12,0 \text{ V}}{\frac{5}{8} \cdot 10,0 \Omega} = 1,92 \text{ A}$$

Aufgabe 7: Elektrostatik

a) + b) Zeichnung:



Feldlinien mit Pfeilrichtung, schwarz; Äquipotentiallinien, farbig

c) Äquipotentiallinien sind Linien konstanten elektrischen Potentials. Die zu verrichtende elektrische Arbeit, um einen Ladungsträger von einem Punkt der Äquipotentialfläche zu einem anderen Punkt derselben Äquipotentiallinie zu bewegen, ist null. Es handelt sich um geschlossene Linien – sie haben also keinen Anfangs- und keinen Endpunkt. Äquipotentiallinien stehen stets senkrecht zu den Feldlinien des elektrischen Feldes.

d) Coulombsches Gesetz für Punktladungen:

$$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V} \cdot \text{m}}} \cdot \frac{-5,00 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 5,00 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{(0,100 \text{ m})^2} = -2,25 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

e) Potentielle Energie zweier Punktladungen:

$$W_{\text{pot}} = \int_{\infty}^d F_C ds = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi\epsilon_0} \int_{\infty}^d \frac{1}{s^2} ds = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(-\frac{1}{d}\right) = \frac{-5,00 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 5,00 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V} \cdot \text{m}}} \cdot \left(-\frac{1}{0,100 \text{ m}}\right) = 2,25 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

Hierbei handelt es sich um die Arbeit W , die man aufwenden muss, um die Punktladungen vollständig auseinanderzuziehen.

Aufgabe 8: Elektromagnetische Induktion

- a) Ändert man den magnetischen Fluss durch eine Leiterschleife so wird in der Leiterschleife eine Spannung U_{ind} induziert mit: $U_{\text{ind}} = \oint \vec{E} d\vec{s} = -\frac{d\Phi_M}{dt}$

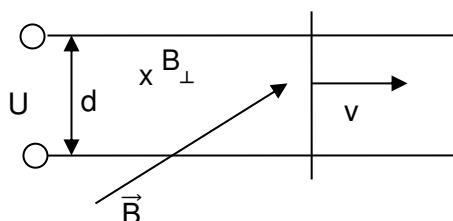
U_{ind} : Induzierte Spannung

\vec{E} : Elektrisches Feld

$d\Phi$: Änderung des magnetischen Flusses

dt : Infinitesimales Zeitintervall

- b)

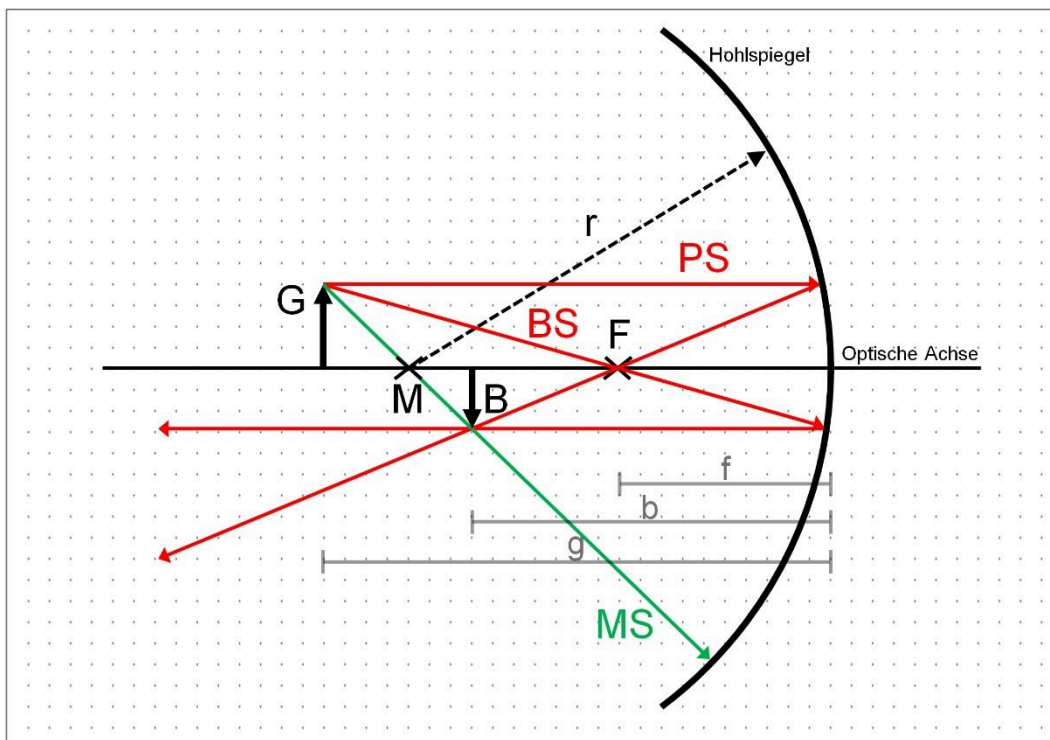


$$|U_{\text{ind}}| = |-\dot{\Phi}| = |-\dot{B \cdot A}| = |-\dot{B}_{\perp} \cdot d \cdot \dot{s}| = |B \cdot \cos(\alpha) \cdot d \cdot v|$$

$$= 4,00 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot \cos(55,0^{\circ}) \cdot 1,50 \text{ m} \cdot \frac{220 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} = 2,10 \text{ mV}$$

Aufgabe 9: Hohlspiegel

a) Zeichnung:



- G: Gegenstandsgröße
- B: Bildgröße
- F: Fokus = Brennweite
- g: Gegenstandsweite
- b: Bildweite
- f: Brennweite mit $f = \frac{r}{2}$
- PS: Parallelstrahl
- BS: Brennstrahl
- MS: Mittelpunktstrahl

Der Parallelstrahl wird zum Brennstrahl und der Brennstrahl zum Parallelstrahl. Der Mittelpunktstrahl wird in sich selbst reflektiert. Bei Reflexion am Hohlspiegel entspricht der Einfallswinkel dem Ausfallswinkel. Es entsteht ein reelles, invertiertes, verkleinertes Bild.

b) Anhand der Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \text{mit} \quad f = \frac{r}{2}$$

lässt sich die Bildweite wie folgt berechnen:

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{2}{r} \quad \Rightarrow \quad b = \frac{1}{\frac{2}{r} - \frac{1}{g}} = \frac{1}{\frac{2}{10,0 \text{ cm}} - \frac{1}{12,0 \text{ cm}}} = 8,57 \text{ cm}$$

Zudem kann die Vergrößerung V und damit die Bildgröße B wie folgt berechnet werden:

$$V = \frac{B}{G} = -\frac{b}{g} \quad \Rightarrow \quad B = -G \cdot \frac{b}{g} = -2,00 \text{ cm} \cdot \frac{8,57 \text{ cm}}{12,0 \text{ cm}} = -1,43 \text{ cm}$$

Es handelt sich um ein reelles Bild, da sich die Lage des Bildes vor dem Spiegel befindet. Allgemein entsteht bei einem Hohlspiegel ein reelles Bild, wenn die Gegenstandsweite g größer als die Brennweite f ist.

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

Aufgabe 10: Welle-Teilchen-Dualismus

a) 1. Beugung

2. Interferenz

b) 1. Photoeffekt

Beschreibung: Eine negativ geladene Metallplatte entlädt sich unter Lichteinstrahlung nur, falls die Lichtfrequenz größer als eine Grenzfrequenz ist, also $\nu > \nu_{\text{Grenz}}$.

Erklärung: Ein Photon schlägt ein Elektron aus der Metallplatte. Dazu ist die Austrittsarbeit W_A erforderlich. Der Photoeffekt lässt sich nur beobachten, falls $E_{\text{Photon}} = h \cdot \nu \geq W_A$.

2. Compton-Effekt

Beschreibung: Bei Streuung von Licht an Materie vergrößert sich die Wellenlänge des Lichts.

Erklärung: Es kommt zu einem elastischen Stoß eines Photons mit einem ruhenden Elektron.

Weitere Effekte: Paarbildung (z. B. Elektron-Positron-Erzeugung), Zerstrahlung eines Elektron-Positron-Paares, Rückstoß eines Atoms oder Moleküls bei Emission eines Photons

c) (i) Anhand der kinetischen Energie des Elektrons kann seine Geschwindigkeit bestimmt werden:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m_0 \cdot v^2 = e \cdot U$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s} \cdot 150 \text{ V}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 7,26 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(ii) Für die Wellenlänge gilt:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_0 \cdot v} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 7,26 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,00 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,100 \text{ nm}$$