

ExPhysik - H 2009

1. In dem Moment, in dem eine Ampel grün wird, fährt ein Auto mit konstanter Beschleunigung a los. Im gleichen Augenblick fährt ein Radfahrer mit der konstanten Geschwindigkeit v am Auto vorbei.
- Skizzieren Sie in jeweils einem Diagramm $a(t)$, $v(t)$ und $s(t)$.
 - Nach welcher Zeit und in welcher Entfernung von der Ampel überholt das Auto den Radfahrer?
 - Wie schnell fährt das Auto beim Überholen des Radfahrers?

Zahlenwerte: $a = 1,5 \text{ m/s}^2$; $v = 18 \text{ km/h}$.

2. Auf dem waagrechten Boden eines Schwimmbades mit der Wassertiefe h liegt ein Vollwürfel aus Aluminium mit einer Kantenlänge ℓ .
- Wie groß ist die Arbeit W , die man aufwenden muss, um ihn von dort aus anzuheben, bis seine Oberseite gerade die Wasseroberfläche berührt?
 - Um wieviel ist der Druck p am Boden des Schwimmbades höher als der an der Wasseroberfläche herrschende Luftdruck?

Zahlenwerte: $\ell = 0,4 \text{ m}$; $h = 3,0 \text{ m}$; $\rho_{\text{Aluminium}} = 2,7 \text{ g/cm}^3$; $\rho_{\text{Wasser}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$; $p_{\text{Luft}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

3. Ein Gegenstand der Masse m schwinde an der horizontalen Hooke'schen Feder der Federkonstante D mit der Amplitude s . Die größte Beschleunigung während der Schwingung betrage a .
- Wie lautet das Hooke'sche Gesetz? Benennen Sie die auftretenden Größen.
 - Stellen Sie für den vorliegenden Fall die Bewegungsgleichung auf und benennen Sie ebenfalls alle auftretenden Größen.
 - Wie groß ist im vorliegenden Fall die Schwingungsfrequenz f und Schwingungsdauer T ?
 - Wie groß ist der zeitliche Mittelwert der kinetischen Energie?

Zahlenwerte: $m = 5 \text{ kg}$; $s = 4 \text{ cm}$; $a = 24 \text{ m/s}^2$.

4. Ein Autoreifen habe bei 0°C und einem Druck von $2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ein Volumen von $0,06 \text{ m}^3$. Nach einer Erwärmung auf 40°C ist der Druck im Reifen auf $3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ angestiegen.
- Wie groß ist das Volumen nach der Erwärmung?
 - Welche Stoffmenge und welche Masse hat die Luft im Autoreifen?

Die Luft werde als ideales Gas behandelt und besteht im Verhältnis 4:1 aus Stickstoff (N_2) und Sauerstoff (O_2). Die Molmassen von Stickstoff und Sauerstoff betragen $m_{\text{molar, Stickstoff}} = 28 \text{ g/mol}$ und $m_{\text{molar, Sauerstoff}} = 32 \text{ g/mol}$.

5. Zimmerluft (ideales Gas) vom Volumen V und der Temperatur T werde durch eine elektrische Heizung der Leistung P um ΔT erwärmt. Dabei entweiche durch Ritzen Luft aus dem Zimmer, so dass der Druck p konstant bleibt. Der Wärmeübergang auf die Zimmerwände bleibe unberücksichtigt.
- Welche Aufheizzeit wird zum Erreichen der Temperaturdifferenz ΔT gebraucht?
 - Man zeige, dass die innere Energie der im Zimmer verbleibenden Luft während des Aufheizprozesses konstant bleibt, man also tatsächlich „zum Fenster hinaus“ heizt.
 - Wie groß ist die mittl. Geschwindigkeit v_{rms} der Stickstoffmoleküle (N_2) der Luft bei der Temperatur $T = 298 \text{ K}$?

Zahlenwerte: $p = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $V = 100 \text{ m}^3$; $P = 5 \text{ kW}$; $m_{\text{molar, Stickstoff}} = 28 \text{ g/mol}$; $T = 298 \text{ K}$; $\Delta T = 1 \text{ K}$.

6. Ein homogenes elektrisches Feld der Feldstärke E zeige in x -Richtung. Eine im Ursprung ruhende Punktladung Q werde losgelassen.
- Mit welcher Kraft wird die Ladung anfänglich beschleunigt?
 - Wie groß ist ihre kinetische Energie bei $x = 0,4 \text{ m}$?
 - Wie groß ist die Änderung ihrer potentiellen Energie zwischen $x = 0 \text{ m}$ und $x = 0,4 \text{ m}$?
 - Wie groß ist der Potentialunterschied $\varphi(0,4 \text{ m}) - \varphi(0 \text{ m})$?
 - Bestimmen Sie das Potential $\varphi(x)$, wenn $\varphi(0,1 \text{ m}) = 0$ gewählt wird.
 - Wie lautet allgemein das Coulomb'sche Gesetz für die Kraft zwischen zwei Punktladungen? Benennen Sie die auftretenden Größen.

Zahlenwerte: $E = 2 \cdot 10^3 \text{ N/As}$; $Q = 3 \text{ } \mu\text{As}$.

ExPhysik - H 2009

7. Ein Strahl einfach ionisierter Ionen der Geschwindigkeit $v = 2 \cdot 10^5$ m/s tritt senkrecht in ein Magnetfeld $B = 0,5$ Vs/m² ein. Nach Umlenkung um 180° treffen die Ionen auf eine Photoplatte auf.
- Skizzieren Sie die Anordnung und die Bahn der Ionen. Welche Art von Bahn durchlaufen die elektrisch geladenen Ionen im Magnetfeld?
 - Wie groß ist der Bahnradius der Ionen ^{16}O und ^{18}O im Magnetfeld? In welchem Abstand voneinander treffen sie auf die Photoplatte auf?
 - Wie groß ist der Drehimpuls eines ^{16}O -Ions bei seiner Bahn im Magnetfeld?
- Zahlenwerte: Die Molmassen von ^{16}O und ^{18}O betragen 16 g/mol bzw. 18 g/mol.
8. Gegeben sei eine ebene Rechteckspule mit $N = 250$ Windungen und der Fläche $A = 10$ cm².
- Die Spule rotiere um eine in der Spulenfläche liegende Achse mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega = 200$ s⁻¹. Wie groß ist die elektrische Spannung $U_{\text{ind}}(t)$ an den Enden der Spule, wenn die Rotation in einem zur Rotationsachse senkrechten Magnetfeld der magnetischen Flussdichte $B = 0,2$ Vs/m² erfolgt?
 - Die Spule wird nun mit ihrer Fläche senkrecht zum Magnetfeld festgehalten. Das Magnetfeld wird innerhalb von 0,5 s mit konstantem dB/dt vom Wert 0 auf den Maximalwert $B_{\text{max}} = 0,2$ Vs/m² hochgefahren. Welche Spannung tritt dabei an den Enden der Spule auf?
 - Anschließend fließe bei bestehendem Magnetfeld durch Anlegen einer äußeren Spannung ein Strom von 0,5 A durch die Spule. Wie groß ist das Drehmoment auf die Spule?
9. Eine Sammellinse erzeugt von einem Gegenstand (Pfeil der Höhe $G = 2$ cm; Gegenstandsweite $g = 8$ cm) ein auf die Hälfte verkleinertes Bild.
- Konstruieren Sie die Lage des Bildes und der Brennpunkte in möglichst korrektem Maßstab und erklären Sie die Konstruktion. Benennen Sie die gezeichneten Strahlen.
 - Berechnen Sie die Brennweite f der Linse.
 - Berechnen Sie, in welchem Abstand g von der Linse der Gegenstand aufgestellt werden muss, damit das Bild gleich groß ist wie der Gegenstand?
10. $^{235}_{92}\text{U}$ geht mit einer Halbwertszeit von $T_{1/2} = 7 \cdot 10^8$ Jahren durch α -Zerfall in den Folgekern Thorium (Th) über.
- Was geschieht beim α -Zerfall?
 - Wie groß sind im vorliegenden Fall die Ordnungszahl und die Massenzahl des Folgekerns?
 - Nach welcher Zeit ist die Aktivität $|dN/dt|$ auf 5 % des ursprünglichen Wertes gesunken?
 - Was ist ein β -Zerfall? Wie ändern sich beim β -Zerfall Ordnungszahl und Massenzahl?

| | |
|--------------------------|--|
| Erdbeschleunigung | $g = 9,81$ m/s ² |
| Universelle Gaskonstante | $R = 8,3$ J/mol K |
| Boltzmann-Konstante | $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K |
| Avogadro-Konstante | $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol ⁻¹ |
| Elementarladung | $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ As |
| 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 |

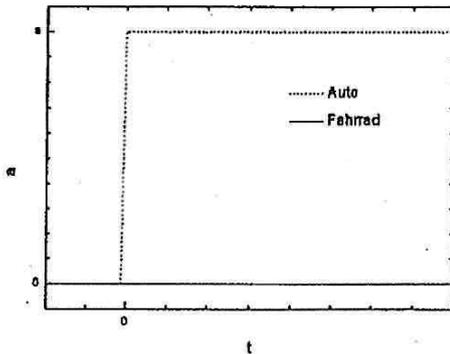
Lösungen zur Klausurprüfung in Physik

Aufgabe 1: Fahrrad gegen Auto

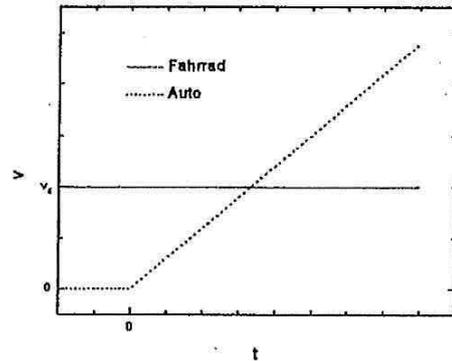
ExPhysik - H 2009

a)

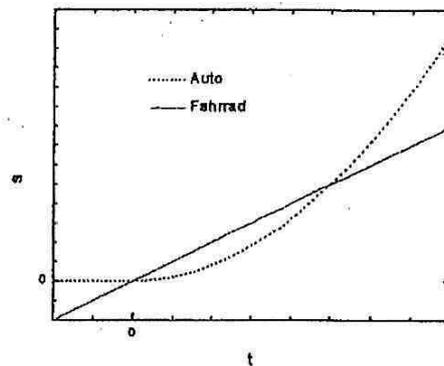
a(t)



v(t)



s(t)



- b) Überholen bedeutet, dass der vom Fahrrad (F) zurückgelegte Weg (s_F) dem vom Auto (A) zurückgelegten Weg (s_A) entspricht:

$$s_F = s_A$$

Der Zeitpunkt, zu dem die Ampel umschaltet, sei $t = 0$, der des Überholvorgangs t_0 . Dann ergibt sich:

$$s_F = v_F t_0 = \frac{1}{2} a t_0^2 = s_A$$

$$t_0 = \frac{2v_F}{a} = 6,7 \text{ s}$$

$$s = s_F = s_A = v_F t_0 = 33 \text{ m}$$

c) $v_A = a t_0 = a \frac{2v_F}{a} = 2v_F = 36 \text{ km/h}$

Aufgabe 2: Schwimmbad

a) $W = - \int F ds = \int_0^{h-l} (F_G - F_A) dz$

$$F_G = \rho_{\text{Aluminium}} l^3 g; \quad F_A = \rho_{\text{Wasser}} l^3 g \text{ für } z \leq (h-l)$$

$$\begin{aligned} W &= \int_0^{h-l} (F_G - F_A) dz \\ &= \int_0^{h-l} F_G dz - \int_0^{h-l} F_A dz \\ &= l^3 g (h-l) (\rho_{\text{Aluminium}} - \rho_{\text{Wasser}}) \\ &\Rightarrow W = 2,8 \text{ kJ} \end{aligned}$$

b) $p(h) = p_{\text{Luft}} + \rho_{\text{H}_2\text{O}} g h$

Der Druck steigt um das $\frac{\rho_{\text{Luft}} + \rho_{\text{H}_2\text{O}} g h}{\rho_{\text{Luft}}} = 1,39$ fache an.

Aufgabe 3: Federschwingung

- a) Hookesches Gesetz: $F = -D \Delta x$
 mit
 F : Rücktreibende Kraft
 D : Federkonstante
 Δx : Federauslenkung
- b) Bewegungsgleichung: $m \ddot{x} + Dx = 0$
 $ma + Ds = 0$
- c) Schwingungsfrequenz und Schwingungsdauer

$$\omega = \sqrt{\frac{D}{m}} = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m}} \stackrel{|F| = ma = Ds}{\Rightarrow \frac{D \cdot a}{m \cdot s}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a_{\max}}{s}}$$

$$\rightarrow f = 3,9 \frac{1}{s}$$

$$T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = 0,26 \text{ s}$$

- d) Zeitlicher Mittelwert der kinetischen Energie

$$E_{\text{ges}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} \Rightarrow \langle E_{\text{kin}} \rangle = E_{\text{ges}} - \langle E_{\text{pot}} \rangle$$

$$\langle E_{\text{pot}} \rangle = \left\langle \frac{1}{2} D x^2 \right\rangle = \frac{1}{2} D s^2 \langle \sin^2 \omega t \rangle$$

$$\stackrel{-\frac{1}{2}:}{\text{aus } \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(x) dx} = \frac{1}{4} D s^2 = \frac{1}{2} E_{\text{ges}} \quad (\text{da } E_{\text{ges}} = \frac{1}{2} D s^2)$$

$$\Rightarrow \langle E_{\text{kin}} \rangle = E_{\text{ges}} - \langle E_{\text{pot}} \rangle = \frac{1}{2} E_{\text{ges}} = \frac{1}{4} D s^2; \text{ mit } Ds = m a_{\max} \rightarrow D = \frac{m a_{\max}}{s}$$

$$\Rightarrow \langle E_{\text{kin}} \rangle = \frac{1}{4} \frac{m a_{\max}}{s} s^2 = 1,2 \text{ J}$$

Aufgabe 4: Autoreifen

Allgemeine Gasgleichung: $pV = nRT$

a) $n = \text{konstant} \Rightarrow \frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T}$
 $\Rightarrow V = \frac{p_0 V_0 T}{T_0 p} = 0,057 \text{ m}^3$

b) $n = \frac{p_0 V_0}{RT_0} \Rightarrow n = 5,77 \text{ mol}$

$$m = n \left(\frac{4}{5} m_{\text{molar, Stickstoff}} + \frac{1}{5} m_{\text{molar, Sauerstoff}} \right) = \frac{1}{5} \frac{p_0 V_0}{RT_0} (4 m_{\text{molar, Stickstoff}} + m_{\text{molar, Sauerstoff}})$$

$$m = 166 \text{ g}$$

Aufgabe 5: Zimmerluft

ExPhysik - H 2009

a) $c_v = \frac{f}{2}R, \quad c_p = c_v + R$

$$dQ = n(T)c_p dT = n(T)\left(\frac{f}{2} + 1\right)R dT = \frac{pV}{RT}\left(\frac{f}{2} + 1\right)R dT$$

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} dQ = pV \left(\frac{f}{2} + 1\right) \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = P\Delta t$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{pV}{P}\left(\frac{f}{2} + 1\right) \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{pV}{P}\left(\frac{f}{2} + 1\right) \ln\left(\frac{T + \Delta T}{T}\right)$$

Luft: zweiatomige Moleküle $\Rightarrow f = 5$ (3 Translation, 2 Rotation) $\Rightarrow \Delta t = 23,5\text{s}$

b) $U = n(T)c_v T = \frac{pV}{RT} \frac{f}{2} RT = pV \frac{f}{2} \Rightarrow U = \text{const.}$

c) $v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$

$$m = \frac{m_{\text{molar, Stickstoff}}}{N_A}$$

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3k_B T N_A}{m_{\text{molar, Stickstoff}}}}$$

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot 298 \text{ K} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}}{28 \text{ g/mol}}} = 514 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Aufgabe 6: Elektrisches Feld

a) $F = QE = 6 \text{ mN}$ (Definition des elektrischen Feldes)

b) $E_{\text{kin}} = \int_{x_1}^{x_2} F dx = F \Delta x = QE \Delta x = 2,4 \text{ mJ}$

c) $\Delta E_{\text{pot}} = -E_{\text{kin}} = -2,4 \text{ mJ}$

d) $\Delta \varphi = E \cdot \Delta x$

$$E = 2 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 0,4 \text{ m} = \underline{\underline{0,8 \cdot 10^3 \text{ V}}}$$

e) $\varphi(x) = \varphi_0 - Ex$ mit $\varphi_0 = \underbrace{\varphi(x_0)}_{=0} + Ex_0 = 0,2 \text{ kV} \Rightarrow \varphi(x) = (0,2 \text{ kV}) - \left(0,2 \frac{\text{kV}}{\text{m}}\right)x$

f) $\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$

mit

ϵ_0 : Dielektrizitätskonstante

Q_1, Q_2 : Ladungen 1 und 2

\vec{F}_{12} : Kraft zwischen den Ladungen 1 und 2

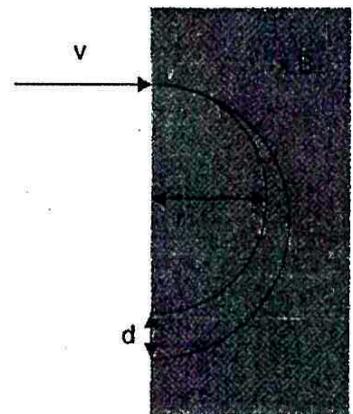
r_{12} : Abstand zwischen den Ladungen 1 und 2

\vec{r}_{12} : Abstandsvektor der Ladungen

Aufgabe 7: Ionenstrahl

a) $\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$

$$F_L = F_z \Rightarrow evB = \frac{m}{r} v^2 \Rightarrow r = \frac{m v}{e B} = \frac{M v}{e N_A B}$$



Sie durchlaufen eine halbe Kreisbahn

ExPhysik - H 2009

$$b) \quad m = \frac{m_{\text{molar}}}{N_A}$$

$$r = \frac{m v}{e B} = \frac{m_{\text{molar}} v}{e N_A B}$$

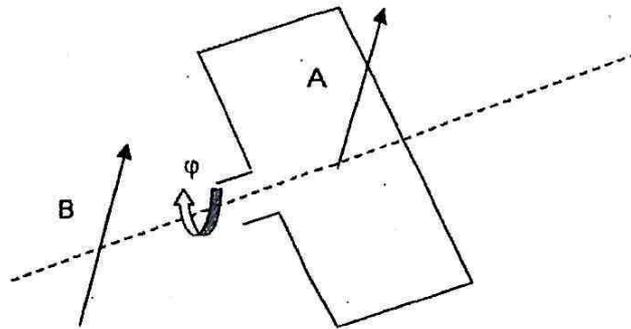
$$r_{\text{isO}^-} = \frac{16 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 2 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,6 \text{As} \cdot 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \cdot 0,5 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}} = 6,67 \text{ cm}$$

$$r_{\text{isO}^-} = 7,5 \text{ cm}$$

$$d = 2 \Delta r = \frac{2}{e N_A B} v \Delta m_{\text{molar}} = 1,67 \text{ cm}$$

$$c) \quad L = m r v = \frac{m_{\text{molar}}}{N_A} \frac{m_{\text{molar}}}{e N_A B} v v = \frac{m_{\text{molar}}^2 v^2}{e N_A^2 B} = 3,55 \cdot 10^{-22} \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}} = 3,55 \cdot 10^{-22} \text{ Js}$$

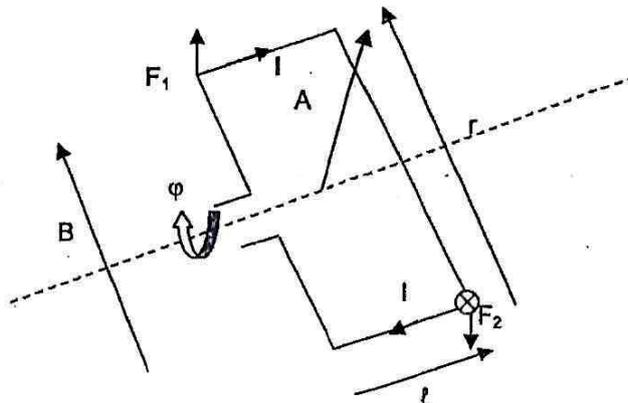
Aufgabe 8: Drahtschleife



$$a) \quad U_{\text{ind}} = -N \dot{\Phi} = -N \frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = -N \frac{d}{dt} (\vec{B} \cdot \vec{A}) = -N \frac{d}{dt} (B A \cos \varphi) = -N B A \frac{d}{dt} (\cos \omega t) \\ = N B A \omega \sin \omega t = U_0 \sin \omega t \quad \text{mit } U_0 = N B A \omega = 10 \text{ V}$$

$$b) \quad U_{\text{ind}} = -N \frac{d}{dt} (B A \cos \varphi) = -N A \dot{B} \cos \varphi = -N A \frac{\Delta B}{\Delta t} = -0,1 \text{ V}$$

c) Drehmoment auf stromdurchflossene Spule:



$$\vec{F}_1 = N I \cdot (\vec{\ell} \times \vec{B}), \quad \vec{F}_2 = -N I \cdot (\vec{\ell} \times \vec{B})$$

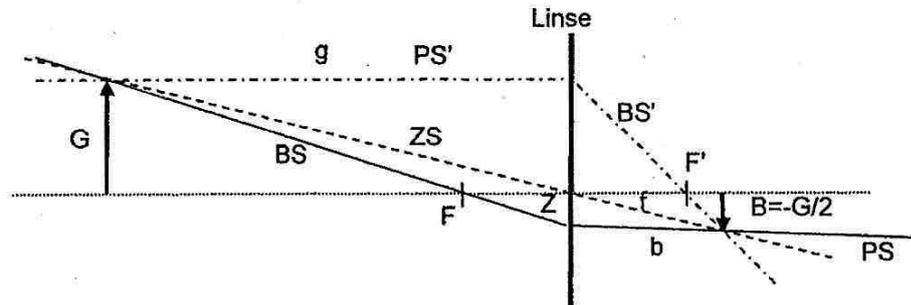
$$\vec{M} = \left(\frac{\vec{r}}{2} \times \vec{F}_1 \right) + \left(\left(-\frac{\vec{r}}{2} \right) \times \vec{F}_2 \right) = N I \cdot \vec{r} \times \vec{\ell} \times \vec{B} = N I \cdot \vec{A} \times \vec{B}$$

$$M = N I A B \sin \alpha = 0$$

Maximales Drehmoment, falls B in der Ebene der Leiterschleife liegt: $M = N I A B = 0,025 \text{ Nm}$

Aufgabe 9: Sammellinse

a)



1. Brennpunkt: achsenparalleler Strahl (Parallelstrahl, PS) bei $B = G/2$ wird zum Brennstrahl (BS) auf der Gegenstandsseite. Der Schnittpunkt zwischen BS und Achse definiert den Brennpunkt F.
2. Der Zentralstrahl (ZS) durch G und den Mittelpunkt Z der Linse wird nicht abgelenkt. Der Schnittpunkt zwischen ZS und PS definiert das Bild B.
3. Der Parallelstrahl PS' durch G wird auf der Bildseite zum Brennstrahl BS'. Dieser geht ebenfalls durch B. Der Schnittpunkt von BS' mit der Achse ergibt den Brennpunkt F' auf der Bildseite.

b) $\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$ mit $V = \frac{B}{G} = -\frac{b}{g} = -\frac{1}{2} \Rightarrow b = \frac{g}{2}$
 $\Rightarrow \frac{2}{g} + \frac{1}{g} = \frac{3}{g} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{g}{3} = 2,7 \text{ cm}$

c) $V = \frac{B}{G} = -\frac{b}{g} = -1 \Rightarrow g = b$
 $\Rightarrow \frac{1}{b} + \frac{1}{b} = \frac{2}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow b = 2f = 5,3 \text{ cm}$

Aufgabe 10: Radioaktiver Zerfall

a) α -Zerfall ist die Emission eines He-Kerns der Massenzahl $A = 4$ und der Ordnungszahl $Z = 2$ aus dem Atomkern.

b) α -Zerfall: $\Delta A = -4, \Delta Z = -2 \Rightarrow {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{231}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$ also $Z = 90, A = 231$

c) Zerfallsgesetz: $N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow$ Aktivität: $\frac{dN}{dt} = -\lambda N = -\lambda N_0 e^{-\lambda t}$

$$\Rightarrow \frac{\frac{dN}{dt}(t)}{\frac{dN}{dt}(t=0)} = \frac{\lambda N_0 e^{-\lambda t}}{\lambda N_0 \cdot 1} = e^{-\lambda t} = 0,05 \Rightarrow t = -\frac{\ln 0,05}{\lambda}$$

und mit der Halbwertszeit: $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$

$$\Rightarrow t = -\ln 0,05 \cdot \frac{T_{1/2}}{\ln 2} \Rightarrow t = 3 \cdot 10^9 \text{ Jahre}$$

d) Beim β^- -Zerfall handelt es sich um die Emission eines Elektrons durch den Kern.

Die Massenzahl bleibt gleich: $\Delta M = 0$

Die Ordnungszahl nimmt um eins zu: $\Delta Z = +1$