

Die Lösungen wurden von Referendaren des PRI Rostock erarbeitet.

Jochen Aschinger Aufgabe B1

Dr. Danilo Behnke Pflichtaufgabe, Aufgabe B2

Marco Giering A2

Natalja Person A1

Pflichtaufgabe

(20 BE)

Aufgabe P Bewegung von Körpern

1.

a) Trägheitsgesetz

Beispiel: Ball in einem anfahrenenden (beschleunigten) Fahrzeug, Bezugssystem Straße

Fall I: Ball frei beweglich im Fahrzeug,

Der Ball verharrt im Zustand der Ruhe, da die auf ihn wirkenden Kräfte Null sind.

Im Gegensatz zum Ball ändert das Fahrzeug seine Lage zur Straße. Der

Beobachter im Bezugssystem Straße beobachtet, dass der Ball im Pkw nach hinten rollt.

Fall II: Ball fest fixiert im Fahrzeug

Der Ball wird ebenso wie das Fahrzeug beschleunigt, da auf ihn, wie auch auf das

Fahrzeug Beschleunigungskräfte wirken (Kraftübertragung vom Pkw auf den Ball durch die feste Verbindung). Sein Zustand (der Ruhe) wird durch die wirkende Kraft

geändert. Der Beobachter im Bezugssystem Straße beobachtet, dass sich der Ball mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Pkw bewegt.

b) Wechselwirkungsgesetz (actio = reactio)

Ein Kind springt in eine Sandgrube.

actio: Bewegungsänderung des Kindes – Kraft greift am Kind an

reactio: Verformung des Bodens – Gegenkraft greift am Boden an

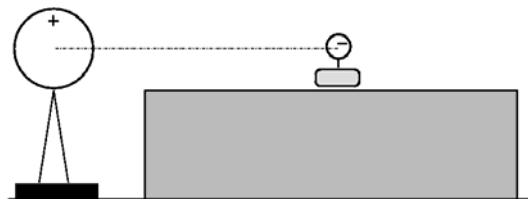
Kraft und Gegenkraft haben den gleichen Betrag, die gleiche Richtung aber einen entgegengesetzten Richtungssinn.

c) Grundgleichung der Mechanik $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

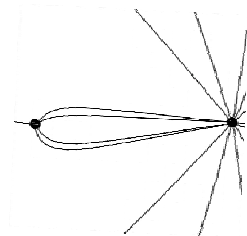
Greift an einen bewegbaren Körper konstanter Masse eine konstante Kraft an, dann bewegt sich der Körper gleichmäßig beschleunigt ($a = \text{konst.}$).

Z.B.: Ein Experimentierwagen wird über eine Umlenkrolle durch die Gewichtskraft eines Hakenkörpers beschleunigt. Kraft und Beschleunigung haben die gleiche Richtung und den gleichen Richtungssinn.

2.1 Skizze der Versuchsanordnung:



2.2 Abbildung 1 (vgl. nebenstehende Abbildung) entspricht der Anordnung am ehesten, da die Feldlinien in der Mitte geschlossen sind, was die anziehende Wirkung zwischen Ladungen mit verschiedenem Vorzeichen verdeutlicht. Zudem weist die Verzerrung auf unterschiedlich starke Ladungen hin, was hier der Fall ist.



2.3 Im Verlauf der Rechnung wird ausschließlich der Betrag der Kraft betrachtet.

Geg.: $r = 1,25 \text{ m}$ $Q_1 = -200 \text{ nC}$ $Q_2 = +2000 \text{ nC}$ ges.:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ AsV}^{-1}\text{m}^{-1}} \cdot \frac{200 \cdot 10^{-9} \cdot \text{As} \cdot 2000 \cdot 10^{-9} \cdot \text{As}}{(1,25\text{m})^2} = \underline{\underline{0,0023 \text{ N}}}$$

Die Kraft zwischen den beiden Ladungen beträgt 2,3 mN.

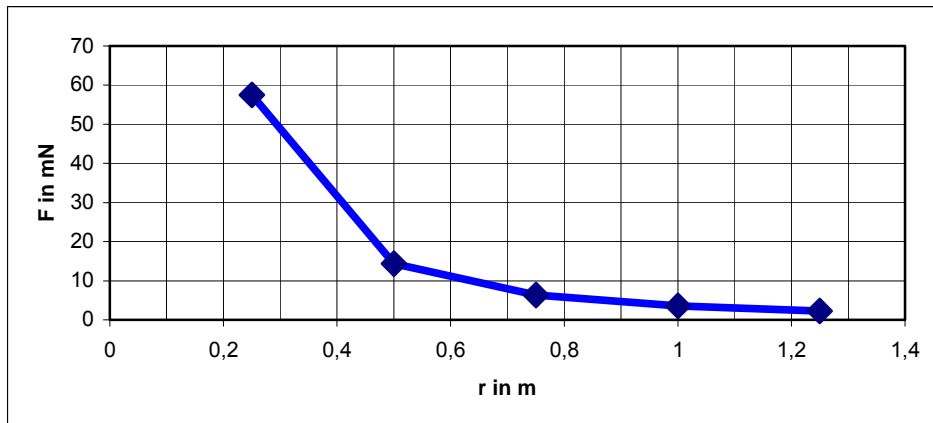
2.4 Berechnung der jeweils wirkenden Kraft für vier weitere Orte:

$$F(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad \text{Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle}$$

zusammengefasst.

r in m	F_{el} in mN
1,25	2,3
1,00	3,6
0,75	6,4
0,50	14,4
0,25	57,5

Grafische Darstellung der Veränderung der elektrostatischen Kraft F_{el} in Abhängigkeit vom Abstand r der beiden Kugelmitten im Bereich $0,25 \text{ m} \leq r \leq 1,25 \text{ m}$.



2.5 Die Beschleunigung des Gleiters nimmt zu, d.h. die Geschwindigkeit und die Änderung der Geschwindigkeit in gleichen Zeitintervallen wird größer. Dies kann mit der Tatsache begründet werden, dass mit abnehmenden Abstand zwischen den beiden geladenen Körpern die Anziehungskraft zwischen ihnen steigt ($F \sim \frac{1}{r^2}$; $Q_1; Q_2 = \text{konst.}$). Der Gleiter führt also eine $\underline{\underline{\text{gleichförmig beschleunigte Bewegung}}}$ aus.

2.6 Es gilt:

$$W = \int_{1,25\text{m}}^{0,25\text{m}} F \, dr = \int_{1,25\text{m}}^{0,25\text{m}} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left[-\frac{1}{r} \right]_{1,25\text{m}}^{0,25\text{m}} = \underline{\underline{11,5 \text{ mJ}}}$$

aus $W = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$ folgt:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11,5 \text{ mJ}}{0,1 \text{ kg}}} = \underline{\underline{0,48 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

Alternativer Lösungsweg:

Auszählen der Fläche unter der Kurve, die der verrichteten Arbeit entspricht.

Eine Flächeneinheit ergibt: $0,1\text{m} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 10^{-3} \text{ Nm} = 1 \text{ mJ}$.

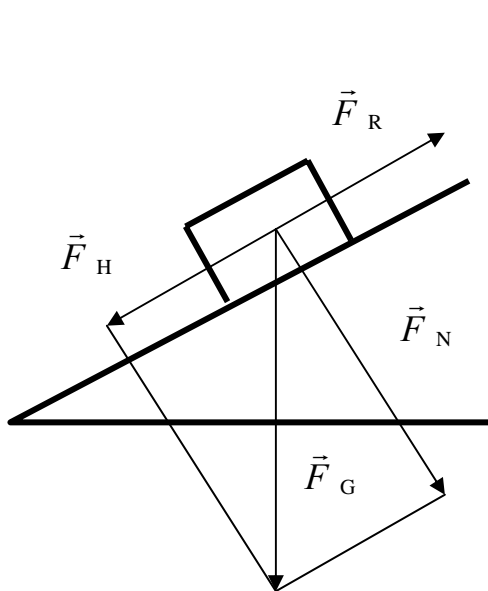
Die Auszählung ergibt ca. 12 Einheiten mit je $1,0 \text{ mJ} \rightarrow = 0,012 \text{ J}$, entsprechend ergibt sich für die Geschwindigkeit $= 0,5 \text{ m/s}$.

Wahlaufgabe A

(je 13 BE)

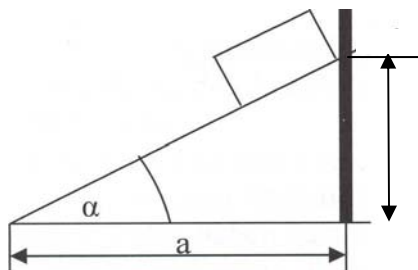
Aufgabe A1 **Schülerexperiment zur Bestimmung der Haftreibungszahl**

1. Skizze und Benennung



- \vec{F}_R - Reibungskraft
- \vec{F}_H - Hangabtriebskraft
- \vec{F}_N - Normalkraft
- \vec{F}_G - Gewichtskraft

2. Aufbau des Experiments:



geneigte Ebene, am Stativ
höhenverstellbar

Durchführung:

Herausfinden des Winkels (Winkelbereichs), in dem der Körper in Richtung von \vec{F}_H zu gleiten beginnt.

Experiment:

Variante a) Eingrenzen des Winkelbereichs und Messung des Winkels α

oder

Variante b) Die Höhe b , und die Länge a messen und den Winkels α über $\tan \alpha = \frac{b}{a}$ berechnen.

3. Interpretation der Gleichung $\mu = \tan \alpha$

Die Haftreibungszahl einer Stoffkombination ist gleich dem Tangens des Neigungswinkels α der geneigten Ebene, bei dem der Körper zu gleiten beginnt.

Herleitung: die Gleichung

$$R = \mu \cdot N; \quad N = G \cdot \cos \alpha; \quad H = G \cdot \sin \alpha;$$

Bedingung: $H = R$

$$G \cdot \sin \alpha = \mu \cdot G \cos \alpha$$

$$\rightarrow \mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\rightarrow \mu = \tan \alpha$$

4. Messwert erfassung und Berechnung

Beispiel einer Messreihe Holz auf Holz:

Der Körper wird auf unterschiedliche Aufsetzpunkte gebracht und der Neigungswinkel der geneigten Ebene ermittelt.

in cm	in cm	$\tan \alpha = \frac{b}{a}$
62,5	27,0	0,43
64,0	26,0	0,41
66,5	24,5	0,37
63,5	26,0	0,41

Ergebnis: $\mu_{\text{exp}} = \tan \alpha \approx 0,41$

5. $\mu_{\text{th}} = 0,5 \dots 0,65$ (laut Tafelwerk)

$$\mu_{\text{exp}} \approx 0,41 \quad |\Delta\mu| = \mu_{\text{th}} - \mu_{\text{exp}}$$

prozentuale Abweichung: $\frac{|\Delta\mu|}{\mu_{\text{th}}} \cdot 100 \approx 9\%$

Fehlerquellen:

systematische Fehler	zufällige Fehler
Oberfläche des Tisches ist nicht horizontal	Ablesefehler am Lineal
Unebenheiten und Verschmutzungen an verschiedenen Stellen der Bahn	Ablesefehler am Winkelmesser
Skaleneinteilung der Messgeräte (Winkelmesser, Lineal) besitzen Fertigungstoleranzen	ungenaueres Anlegen des Lineals
	ungenaueres Anlegen des Winkelmessers
	Reaktionszeit des Menschen beim Eingrenzen des Winkels

Aufgabe A2: Experimente mit einem Gleichstrommotor

1.

- Gleichstrommotor: elektrische Maschine, in der eine Drehbewegung erzeugt wird, indem man die Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter innerhalb eines Magnetfeldes ausnutzt (es wird elektrische Energie in mechanische Energie umgewandelt).

Genauer:

- stromdurchflossene Leiterschleife bewegt sich in einem Magnetfeld → Kraftwirkung auf Leiterschleife, da Summe der Lorentzkräfte auf die freibeweglichen Elektronen eine Kraft auf den stromdurchflossenen Leiter bewirkt (*), welche wie folgt beschrieben werden kann:

$$F = l \cdot I \cdot B, \text{ wenn } \vec{I} \text{ senkrecht } \vec{B}$$

$$(\text{allgemein: } \vec{F} = l \cdot (\vec{I} \times \vec{B}) = l \cdot I \cdot B \cdot \sin(\vec{I}, \vec{B}))$$

(*) Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (Elektronen) ist Ursache dieser

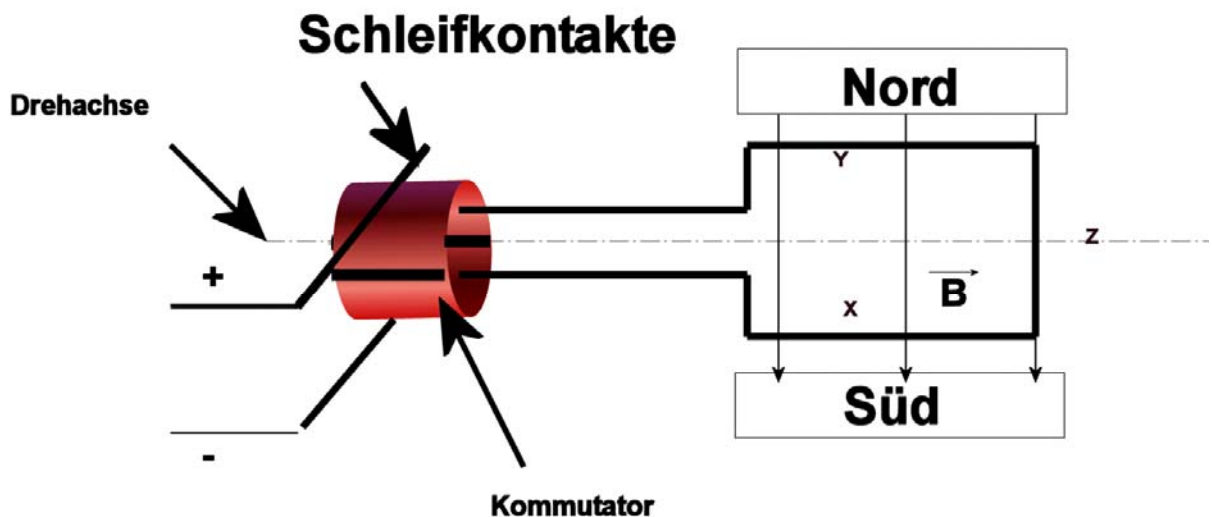
$$\text{Kraftwirkung } F = e \cdot v \cdot B, \text{ wenn } \vec{v} \text{ senkrecht } \vec{B}$$

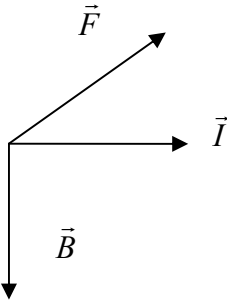
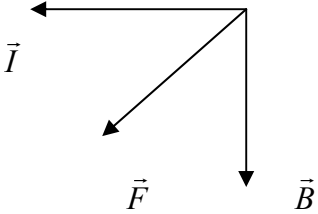
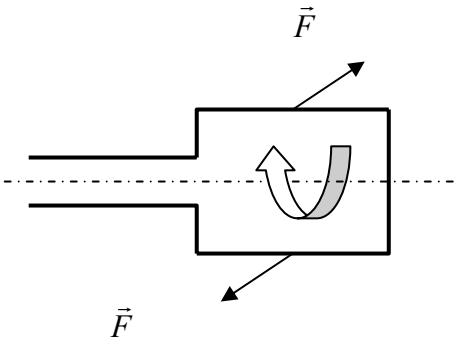
$$(\text{allgemein: } \vec{F} = e \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = e \cdot v \cdot B \cdot \sin \vec{v}, \vec{B})$$

- Drehbewegung der Leiterschleife wird durch diese Kraft bewirkt und durch die periodische Änderung der Stromrichtung (Kommutator) in Gang gehalten
- Änderung der Stromrichtung erfolgt im Totpunkt, wenn die Kraftwirkung auf die Leiterschleife für die Drehbewegung gleich null ist. Der Totpunkt wird durch die Trägheit des Rotors überwunden.

Nachfolgend wird die Leiterschleife im homogenen Magnetfeld betrachtet. Hierbei ist für die Punkte X, Y und Z jeweils die Richtung der wirkenden Kraft nach der UVW – Regel angegeben.

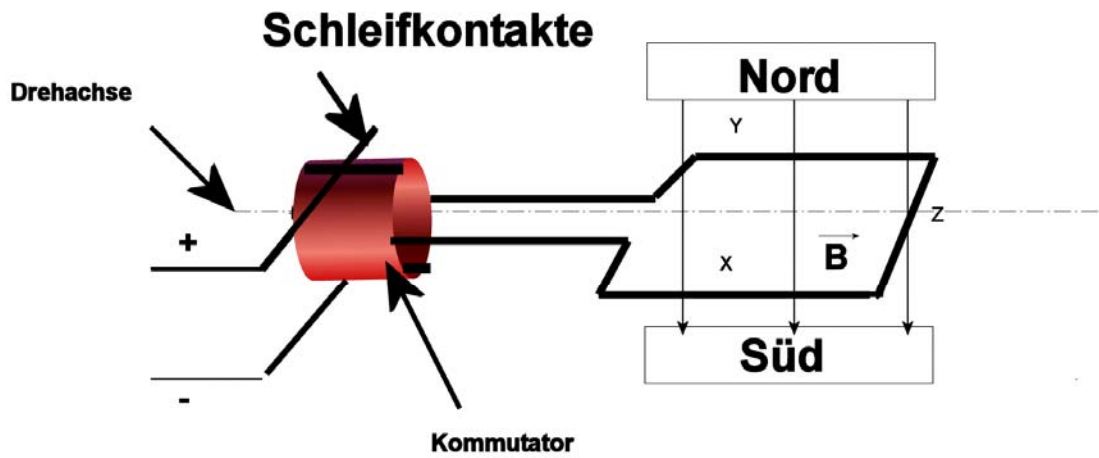
Position 1: Ausgangsposition



<p>Vektordreibein im Punkt Y der Leiterschleife¹:</p>	
<p>Vektordreibein im Punkt X der Leiterschleife:</p>	
<p>Vektordreibein im Punkt Z der Leiterschleife:</p>	<p>\vec{B} parallel zu \vec{I} → keine Kraftwirkung</p>
<p>Ergebnis: Die auf die Leiterschleife wirkenden Kräfte erzeugen eine Drehbewegung der Leiterschleife.</p>	

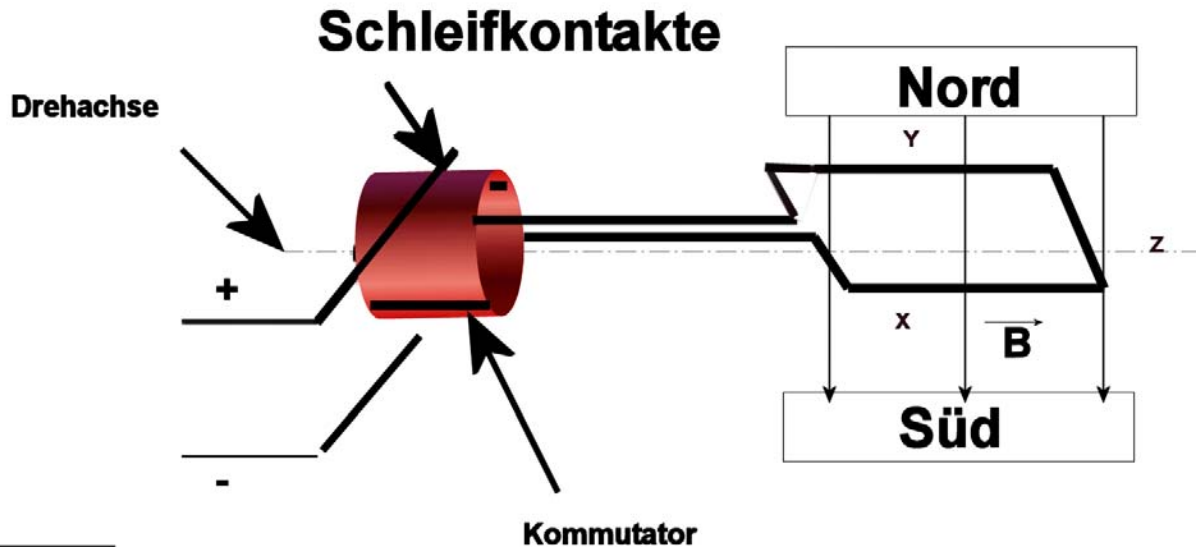
¹ 3-Finger-Regel der rechten Hand; gilt für alle Vektordreibeine in Aufgabe 1

Position 2: Totpunkt (kurz vor der Umpolung)



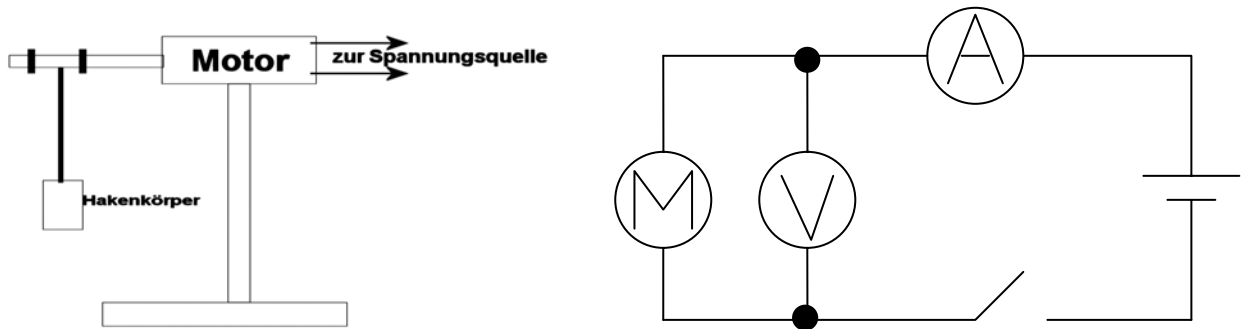
<p>Vektordreibein im Punkt Y der Leiterschleife:</p>	
<p>Vektordreibein im Punkt X der Leiterschleife:</p>	
<p>Vektordreibein im Punkt Z der Leiterschleife:</p>	
<p>Ergebnis: Die auf die Leiterschleife wirkenden Kräfte bewirken in diesem Fall keine Drehbewegung der Leiterschleife. Die Leiterschleife überwindet den Totpunkt allein durch ihre Trägheit.</p>	

Position 3: Nach der Überwindung des Totpunktes (Leiterschleife im Winkel von ca. 45° zu den Feldlinien)



<p>Vektordreibein im Punkt Y der Leiterschleife:</p>	
<p>Vektordreibein im Punkt X der Leiterschleife:</p>	
<p>Vektordreibein im Punkt Z der Leiterschleife:</p>	<p>keine Kraftwirkung für die Drehbewegung</p>
<p>Ergebnis: Die auf die Leiterschleife wirkenden Kräfte führen zu einer Drehbewegung der Leiterschleife.</p>	

2.1



2.2 Geg.: $U = 1,5 \text{ V}$; $I = 0,085 \text{ A}$; $m = 0,070 \text{ kg}$;
 $v = 0,13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $h = 2,0 \text{ m}$ (von Ausgangsposition gemessen)

ges.: potentielle Energie des angehobenen Hakenkörpers E_{pot}

elektrische Leistung des Motors beim Anheben P_{el}

Wirkungsgrad der Anordnung η

Lösung:

- $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 0,070 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,0 \text{ m} = \underline{1,37 \text{ J}}$
 - $P_{\text{el}} = U \cdot I = 1,5 \text{ V} \cdot 0,085 \text{ A} = \underline{0,128 \text{ W}}$
 - $\eta = \frac{P_{\text{mech}}}{P_{\text{el}}} = \frac{E_{\text{pot}}}{E_{\text{el}}}$
 - $P_{\text{mech}} = m \cdot g \cdot v = 0,070 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,13 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{0,09 \text{ W}}$ (wenn v , konstant)
 - $E_{\text{el}} = P_{\text{el}} \cdot t = 0,128 \text{ W} \cdot 15,4 \text{ s} = \underline{1,97 \text{ Ws}}$
- Hubzeit $t = \frac{h}{v} = \frac{2,0 \text{ m}}{0,13 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \underline{15,4 \text{ s}}$
- $\eta = \frac{P_{\text{mech}}}{P_{\text{el}}} = \frac{0,09 \text{ W}}{0,128 \text{ W}} = 0,7 \hat{=} 70\%$
 - $\eta = \frac{E_{\text{pot}}}{E_{\text{el}}} = \frac{1,37 \text{ J}}{1,97 \text{ J}} = 0,7 \hat{=} \underline{70\%}$

2.3 geg.: $a = 2,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $h = 2,0 \text{ m}$ ges.: Zeit t , Endgeschwindigkeit

$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2 \xrightarrow{\text{Umformung}} t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,0 \text{ m}}{2,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \underline{\underline{1,32 \text{ s}}}$$

Lösung: \rightarrow

$$\rightarrow v = 2,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,32 \text{ s} = \underline{\underline{3,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

2.4 geg.: $R \approx 1 \Omega$

- Rotorspule bewegt sich in einem Magnetfeld \rightarrow Spannung wird induziert (Induktionsvorgang - Generatorprinzip)
 - durch den Ohmschen Widerstand ist der Stromkreis geschlossen und ein Induktionsstrom kann fließen
 - der Induktionsstrom ist so gerichtet, dass er der Ursache des Induktionsvorganges entgegenwirkt (Lenzsche Regel)
 - durch den Induktionsstrom wird in der Rotorspule ein Magnetfeld erzeugt, das so gerichtet ist, dass es der Änderung des magnetischen Flusses entgegenwirkt
 - Kraftwirkung auf die nun stromdurchflossene Rotorspule, die der Drehbewegung des Rotors/der Rotorspule entgegenwirkt
- \rightarrow Sinken des Hakenkörpers wird verlangsamt

Energiebetrachtungen:

ohne Widerstand:

potentielle Energie des Hakenkörpers wird in kinetische Energie des Hakenkörpers und Rotationsenergie des Rotors umgewandelt

mit Widerstand:

potentielle Energie des Hakenkörpers wird in kinetische Energie des Hakenkörpers, Rotationsenergie des Motors sowie elektrische Energie (die elektrische Energie wird durch Bauelemente in andere Energiearten umgewandelt, z. B. thermische Energie im Widerstand) umgewandelt

\rightarrow kinetische Energie des Hakenkörpers muss geringer sein als ohne einen Widerstand; der Hakenkörper muss deutlich langsamer zu Boden sinken.

Wahlaufgabe B

(je 12 BE)

Aufgabe B1 FRANCK-HERTZ-Experiment

1. Bohrschen Postulate:

1. Quantenbedingung:

- Für das Elektron im Wasserstoffatom werden eine Reihe von bestimmten Bahnen festgelegt.
- Auf jeder Bahn bewegt sich das Elektron strahlungsfrei.
- n ist die Quantenzahl, die die Bahn bestimmt.
- Auf jeder dieser Bahnen hat das Elektron eine bestimmte Energie E_n .

2. Beim Übergang zwischen zwei Bahnen wird immer nur ein bestimmtes Energiequant absorbiert oder emittiert ($E_n - E_m = \Delta E$)

2. Beschreibung der Durchführung des Experiments:

- Die mit Quecksilberdampf gefüllte Röhre wird mit Hilfe der Heizspannung U_H auf ca. $\vartheta = 200^\circ \text{C}$ erwärmt. Die Temperatur wird dann konstant gehalten.
- Die Gegenspannung wird laut Abbildung in der Aufgabenstellung auf $U_G = 2,5 \text{ V}$ eingestellt und konstant gehalten.
- Die Beschleunigungsspannung U_B wird schrittweise von 0 V bis zu einem Höchstwert (etwa 50 V) kontinuierlich vergrößert.
- Die Anodenstromstärke I_A wird in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U_B gemessen.

3. Erklärung des Kennlinienverlaufs des Edelgases Neon:

Auswertung $I_A(U_B)$ -Diagramm:

Die Anodenstromstärke I_A steigt bis zu einer Beschleunigungsspannung von ca. $U_B = 13 \text{ V}$ an. Danach sinkt die Anodenstromstärke fast auf Null, um danach erneut bis zu einem Maximum bei etwa $U_B = 32 \text{ V}$ anzusteigen. Dieses Steigen und Fallen wiederholt sich dann immer wieder periodisch, wenn die Beschleunigungsspannung um etwa 19 V erhöht wird. Dies ist ein für Neondampf charakteristischer Wert.

Physikalische Deutung:

In der Franck-Hertz-Röhre bewegen sich die Elektronen beschleunigt. Im elektrischen Feld zwischen der Kathode und dem Gitter vergrößern sie ihre Geschwindigkeit und somit ihre kinetische Energie $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m_e v^2 = e \cdot U_B$, da eine Beschleunigungsspannung U_B anliegt.

Im elektrischen Feld zwischen Gitter und Anode verringern die Elektronen ihre Geschwindigkeit und somit ihre kinetische Energie, da eine sogenannte Gegenspannung $U_G = 2,5 \text{ V}$ anliegt, die aufgrund ihrer Polarität die Bewegung der Elektronen abbrems.

$$E_{\text{kin}} = e \cdot U_B - e \cdot U_G = e \cdot (U_B - 2,5 \text{ eV}).$$

Es handelt sich hier also um ein elektrisches Bremsfeld.

Durch die herrschende Neondampfatosphäre stoßen die Elektronen auf ihrem Weg zur Anode ständig mit Neonatomen zusammen. Die Masse eines Neonatoms ist viel größer als die Masse eines Elektrons, dadurch prallen die Elektronen bei einem elastischen Zusammenstoß mit einem Atom wie an einer Wand ab und behalten ihre kinetische Energie bei, nur die Bewegungsrichtung wird bei jedem Zusammenstoß geändert. Das

elektrische Feld zwischen Kathode und Gitter sorgt aber immer wieder von neuem durch seine auf die Elektronen wirkende Kraft in Richtung des Gitters dafür, dass sie, wenn auch über Zickzackkurse, zum Gitter gelangen.

Ist die kinetische Energie der Elektronen größer als die Energie, die sie im Bremsfeld zwischen Gitter und Anode verlieren ($\frac{1}{2} m_e v_{kin}^2 = e \cdot U_B > e \cdot U_G = 2,5 \text{ eV}$), so gelangen die Elektronen durch das Bremsfeld zur Anode: Es fließt ein Anodenstrom I_A .

Jeweils nach einer Erhöhung der Beschleunigungsspannung U_B um etwa 19 V sinkt der Anodenstrom. Es gelangen offenbar nur noch wenige Elektronen durch das Bremsfeld zur Anode, obgleich sie durch das Beschleunigungsfeld eine größere Energiezufuhr erhalten haben. Die Ursache dafür sind unelastische Stöße, die die Elektronen mit den Neonatomen durchführen. Dabei geben die Elektronen die Energie von 19 eV ab. Man spricht hier deshalb auch von einer quantenhaften Absorption der Energie. Bei vielen Elektronen reicht nun die verbleibende kinetische Energie nicht mehr aus, um das Bremsfeld $U_G = 2,5 \text{ V}$ zu überwinden. Beträgt die Energie der Elektronen weniger als 19 eV, absorbieren die Neonatome diese Energie nicht.

In Abständen von etwa 19 V wiederholen sich die Vorgänge. Da sehr viele Stöße stattfinden, können Elektronen sofern Sie eine kinetische Energie von mindestens 19 eV besitzen, mehrmals hintereinander den Energiebetrag von 19 eV an Neonatome abgeben. Die aufgenommene Energie wird von den Atomen in Form von Photonen (gequantelter Energie) wieder abgestrahlt (Lichtemission). Dabei kann der Rücksprung der Elektronen in ein niedrigeres Energieniveau auch in Stufen erfolgen. Das ist beim Neon der Fall. Hier wird keine Strahlung beobachtet, die einer Energiedifferenz von 19 eV entspricht. Statt dessen beobachtet man andere Spektrallinien mit geringerer Frequenz (ΔE)

4. Geg.: $\Delta U = 19 \text{ V}$

Definition Elektronvolt:

1 Elektronvolt ist die Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen einer Potentialdifferenz (Spannung) von 1 Volt im Vakuum gewinnt.

Tafelwerk: $1 \text{ eV} = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Rechnung:

Die Änderung der kinetischen Energie der Elektronen im Feld zwischen Kathode und Anode beträgt:

$$\Delta E_{kin} = e \cdot \Delta U$$

Wir setzen $e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ und $\Delta U = 19 \text{ V}$ ein.

$$\Delta E_{kin} = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 19 \text{ V}$$

Es ergibt sich

$$\Delta E_{kin} = 3,0441363 \cdot 10^{-18} \text{ J.}$$

Die Energie der Photonen müsste ΔE_{kin} entsprechen und somit gilt auch

$$\Delta E_{kin} = h \cdot \nu$$

Wir stellen die Gleichung nach ν um.

$$\nu = \frac{\Delta E_{kin}}{h}$$

und setzen die berechnete Energie $\Delta_{\text{kin}} = 3,0441363 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ und das Plancksche Wirkungsquantum $= 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ (vgl. Tafelwerk) ein.

$$= 3,044 \cdot 10^{-18} \text{ J} / 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Es ergibt sich

$$\underline{= 4,5942 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$$

Um zu überprüfen, ob dies der Wellenlänge von rotem Licht entspricht, stellen wir

λ nach

λ um

Nun setzen wir die Lichtgeschwindigkeit $= 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ und die oben errechnete Frequenz ein.

$$\lambda = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} / 4,594 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Es ergibt sich

$$\underline{\lambda = 65,2590 \text{ nm.}}$$

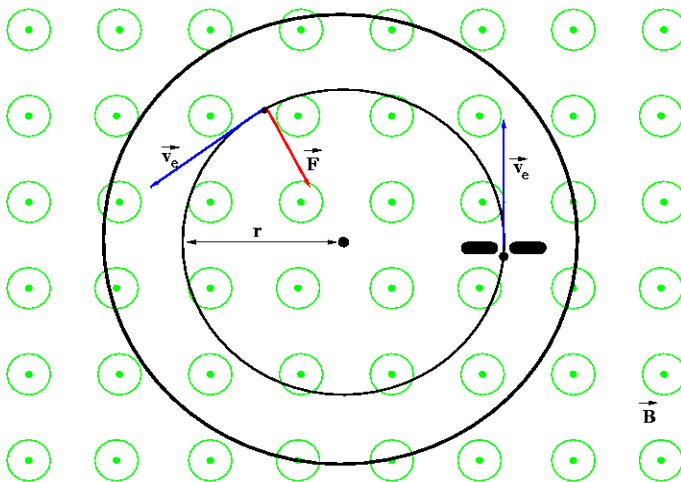
Schlussfolgerung:

Die beobachtete Emission von rotem Licht kann nicht dem direkten Übergang der Elektronen aus dem Anregungszustand in den Grundzustand des Neonatoms entsprechen, da die resultierende Wellenlänge mit $\lambda = 65 \text{ nm}$ nicht im sichtbaren Bereich des Emissionsspektrums liegt und somit kein rotes Licht darstellt. Rotes Licht liegt in einem Bereich von $\lambda_{\text{rot}} = 600 \text{ nm} - 800 \text{ nm}$.

Aufgabe B2 Spezifische Ladung des Elektrons

1.

Entsprechend der u.a. Versuchsanordnung treten die Elektronen senkrecht zu den Feldlinien mit konstanter Geschwindigkeit in das magnetische Feld mit der Flussdichte ein. Die Lorentzkraft $(F_L = e \cdot v \cdot B; \vec{v} \perp \vec{B})$ wirkt stets senkrecht zur Bewegungsrichtung der Elektronen und bewirkt so als Radialkraft F_R die Bewegung der Elektronen auf einer Kreisbahn in einer zu den Feldlinien senkrechten Ebene. Der Radius der Kreisbahn ergibt sich aus den variierbaren Bedingungen Geschwindigkeit der Elektronen und magnetischer Flussdichte. Im Vakuum liegt eine gleichförmige Bewegung der Elektronen vor, denn aus den Richtungen der Vektorgrößen $\vec{F} \perp \vec{v}$ folgt $|\vec{v}| = \text{konstant}$, d.h., die Elektronen werden nicht in Bewegungsrichtung beschleunigt, die Lorentzkraft F_L wirkt als Radialkraft F_R .



2. Die Lorentzkraft wirkt als Radialkraft, d.h., es gilt bei Beschränkung auf die Beträge der Kräfte:

$$F_L = F_R \rightarrow e \cdot v \cdot B = m_e \cdot \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \frac{e \cdot B \cdot r}{m_e}$$

Interpretation dieser Gleichung:

Für die Elektronen auf der Kreisbahn wird die erforderliche Radialkraft F_R durch die Lorentzkraft F_L aufgebracht, wobei die Elementarladung des Elektrons und dessen Masse m_e Konstanten und die Geschwindigkeit v , die magnetische Flussdichte B und der Radius der Elektronenbahn r miteinander verknüpfte Variablen sind.

Die Geschwindigkeit v ergibt sich aus den messbaren Größen B und r .

Des Weiteren ist der Gleichung etwa zu entnehmen, dass bei konstanter Geschwindigkeit v und Vergrößerung der magnetischen Flussdichte B der Radius r der Bahn kleiner werden muss.

Mit den gegebenen Messwerten ergibt sich die Elektronengeschwindigkeit v zu

$$v = \frac{e \cdot B \cdot r}{m_e} = \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 0,042 \text{ m}}{9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = \underline{\underline{7,98 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

3. Mit den im Experiment gemessenen Werten ($U = 180 \text{ V}$, $B = 1,08 \text{ mT}$, $d = 8,4 \text{ cm}$) ergibt sich für die spezifische Ladung des Elektrons

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot U}{\left(B \cdot \frac{d}{2}\right)^2} = \frac{2 \cdot 180 \text{ V}}{\left(1,08 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot \frac{0,084 \text{ m}}{2}\right)^2} = \underline{\underline{1,75 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}}}$$

4. Die Leuchterscheinung ist erklärbar durch die Tatsache, dass die beschleunigten Elektronen mit Atomen des hier benutzten Füllgases Argon zusammenstoßen, dabei die Außenelektronen des Argons anregen und durch Energieübertragung deren Energie vergrößern. Diese beim elastischen Stoß zugeführte Energie wird nach kurzer Zeit wieder in Form von Lichtquanten der diskreten Frequenz ν abgegeben, wobei die ursprünglich angeregten Elektronen wieder auf ihre ursprüngliche Bahn zurückfallen. Es gilt der Zusammenhang $E = h \cdot \nu$ zwischen der Lichtquantenenergie, deren Frequenz ν und dem Planckschen Wirkungsquantum h .