SMART

Sammlung mathematischer Aufgaben als Hypertext mit $\TeX$

Gymnasium Jahrgangsstufe 7 (Physik)

herausgegeben vom

Zentrum zur Förderung des
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts
der Universität Bayreuth*

10. Juni 2010

Inhaltsverzeichnis

1 Elektrischer Strom

1.1 Modellvorstellung, Atommodell

1. **Ströme**

   - Bei einem Gewitter treten Blitze zwischen Gewitterwolken und Boden auf.
   - Ein Topf mit heißem Pudding wird in eine Schüssel mit kaltem Wasser gestellt.
   - Aus einem aufgepumpten Fahrradschlauch wird das Ventil herausgezogen.

   Was haben diese drei Phänomene miteinander zu tun? Gehe auch auf die jeweilige Ursache dieser Phänomene ein.

   Quelle: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004

Lösung: Gemeinsam ist den drei Phänomenen ein Ungleichgewicht. Daraus resultieren Ströme, die aufrecht erhalten werden, bis sich das System im Gleichgewicht befindet.

Beim Blitz fließen elektrische Ladungen aufgrund eines Ladungsunterschieds (Potenzialunterschieds) zwischen Wolke und Erde.

Der Pudding kühlt sich ab und das Kühlwasser erwärmt sich bis zum Temperaturausgleich.

Die Luft strömt solange aus dem Fahrradschlauch aus, bis der Druck im Reifen dem äußeren Luftdruck entspricht.

2. Wie viele Elektronen müssen von einer elektrisch neutralen Metallkugel abfließen, damit sie die Ladung $Q = 4{,}8 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{C}$ trägt?

Lösung: $N = \dfrac{Q}{e} = 3{,}0 \cdot 10^9$

3. (a) Durch ein Radiogerät fließt in einer Minute die Ladung $27\,\mathrm{C}$. Berechne die Stromstärke!

   (b) Welche Ladung fließt in einer Stunde durch ein Bügeleisen, wenn die Stromstärke $3{,}0\,\mathrm{A}$ beträgt?

   (c) In welcher Zeit fließt durch eine Glimmlampe bei der Stromstärke $I = 0{,}20\,\mathrm{mA}$ die Ladung $5{,}0\,\mathrm{C}$?

(d) Durch einen Transistor fließt ein Strom der Stärke $I = 0{,}040\,\mu\text{A}$. Wie viele Elektronen wandern in einer Sekunde durch den Transistor?

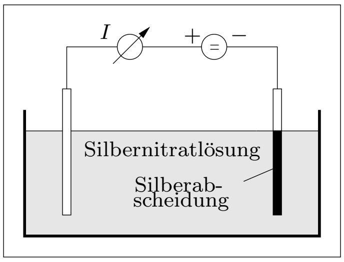
Lösung: (a) $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{27\,\text{C}}{60\,\text{s}} = 0{,}45\,\text{A}$

(b) $\Delta Q = I\Delta t = 3\,\text{A} \cdot 3600\,\text{s} = 10800\,\text{As} \approx 1{,}1 \cdot 10^4\,\text{C}$

(c) $\Delta t = \frac{\Delta Q}{I} = \frac{5\,\text{As}}{2 \cdot 10^{-4}\,\text{A}} = 2{,}5 \cdot 10^4\,\text{s} \approx 6{,}9\,\text{h}$

(d) $\Delta Q = I\Delta t = 4 \cdot 10^{-8}\,\text{A} \cdot 1\,\text{s} = 4 \cdot 10^{-8}\,\text{C}$, $n = \frac{\Delta Q}{e} = \frac{4 \cdot 10^{-8}\,\text{C}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\text{C}} = 2{,}5 \cdot 10^{11}$

4. Um ein Strommessgerät zu eichen, muss ein Strom von genau 1 A hergestellt werden, d.h. in einer Sekunde müssen genau $6{,}24 \cdot 10^{18}$ Elektronen durch den Leiterquerschnitt fließen. Teilaufgabe (b) zeigt, dass es unmöglich ist, diese riesige Zahl von Elektronen einzeln abzuzählen. Leitet man Strom durch eine Silbernitratlösung ($AgNO_3$), dann scheidet sich an der negativen Elektrode (Kathode) Silber ab, und zwar pro Elektron im Stromkreis genau ein Silberatom. Mit der bekannten Masse



$$M = 1{,}79 \cdot 10^{-25}\,\text{kg}$$

des Silberatoms kann aus der Masse m des abgeschiedenen Silbers die Zahl N der durch den Leiter geflossenen Elektronen berechnet werden.

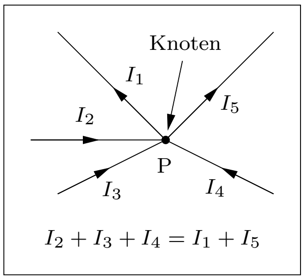
(a) Wieviel Silber wird von einem Strom der Stärke 1,00 A in einer Sekunde abgeschieden?

(b) Ein elektronisches Zählgerät ist in der Lage, pro Sekunde eine Milliarde Elektronen zu zählen. Wie viele Jahre braucht dieses Gerät, um alle Elektronen der Ladung $Q = 1\,\text{C}$ zu zählen?

Lösung: (a) $m = 6{,}24 \cdot 10^{18} \cdot 1{,}79 \cdot 10^{-25}\,\text{kg} = 1{,}12 \cdot 10^{-6}\,\text{kg} = 1{,}12\,\text{mg}$

(b) $\Delta t = \frac{6{,}24 \cdot 10^{18}}{10^9\,\frac{1}{\text{s}}} = 6{,}24 \cdot 10^9\,\text{s} = \frac{6{,}24 \cdot 10^9\,\text{a}}{3600 \cdot 24 \cdot 365{,}25} \approx 198\,\text{a}$

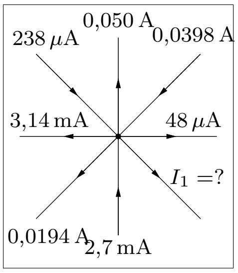
5. Es ist eine experimentell abgesicherte Tatsache, dass sich ein Verzweigungspunkt P (*Knoten*) einer elektrischen Schaltung nicht auflädt, d.h. die pro Sekunde in den Knoten hineinfließende Ladung muss gleich der pro Sekunde vom Knoten abfließenden Ladung sein. Da aber „Ladung pro Zeit“ nichts anderes als die Stromstärke ist, gilt folgende Regel:



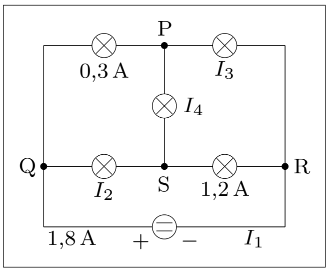
Die Summe der in einen Knoten P hineinfließenden Ströme ist gleich der Summe der von P abfließenden Ströme. (**1. Kirchhoff'sche Regel**)

Berechne alle in den folgenden Zeichnungen angegebenen Stromstärken!

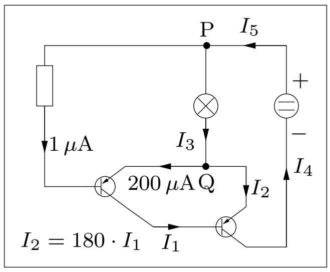
(a)



(b)



(c)



Lösung: (a) Zum Knoten: $I_{\text{hinein}} = (0{,}238 + 39{,}8 + 2{,}7)\,\text{mA} = 42{,}738\,\text{mA}$
Vom Knoten weg: $I_{\text{heraus}} = (50 + 0{,}048 + 3{,}14 + 19{,}4)\,\text{mA} = 72{,}588\,\text{mA}$

I_1 fließt zum Knoten: $I_1 = (72{,}588 - 42{,}738)\,\text{mA} = 29{,}85\,\text{mA}$

Der größte Fehler der gegebenen Ströme ist 0,5 mA (bei 0,050 A), daher Runden auf ganze mA: $I_1 \approx 30\,\text{mA}$.

(b) $I_1 = 1{,}8\,\text{A}$, $I_2 = 1{,}8\,\text{A} - 0{,}3\,\text{A} = 1{,}5\,\text{A}$, $I_4 = 1{,}5\,\text{A} - 1{,}2\,\text{A} = 0{,}3\,\text{A}$ (nach oben)

$I_3 = 0{,}3\,\text{A} + 0{,}3\,\text{A} = 0{,}6\,\text{A}$

(c) $I_1 = 201\,\mu\text{A}$, $I_2 = 180 I_1 = 36{,}18\,\text{mA}$, $I_4 = I_5 = I_1 + I_2 = 36{,}381\,\text{mA}$

$I_3 = I_5 - 0{,}001\,\text{mA} = 36{,}38\,\text{mA}$

1.2 Stromkreis, Wirkungen des elektrischen Stroms

1. Wirkung des elektrischen Stroms Welche Wirkungen des elektrischen Stroms gibt es? Gib für jede Wirkung eine Anwendung an.

Lösung:

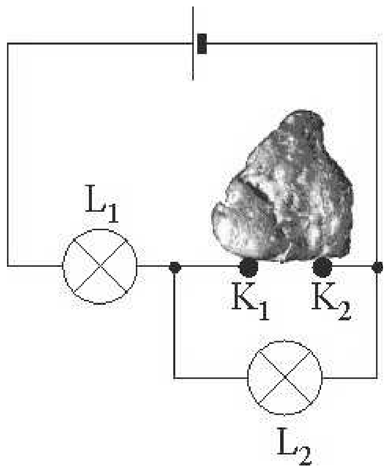
- Wärmewirklung: Föhn, Heizlüfter, Boiler, Wasserkocher, Bügeleisen
- Leuchtwirkung: Leuchtdiode, Glühbirne
- magnetische Wirkung: Elektromagnet, Relais, Klingel

- chemische Wirkung: galvanische Abscheidung

2. Herr Schlaumeier besitzt einen großen Goldklumpen. Um ihn vor Dieben zu schützen entwirft er eine elektrische Schaltung, die zwei Kontrolllampen enthalten sollte.
   - Die Lampe L_1 soll mit ihrem Leuchten anzeigen, dass die Schaltung in Betrieb ist.
   - Bei Entfernung des Goldklumpens soll die zweite Lampe L_2 aufleuchten. Mache einen möglichst einfachen Vorschlag für eine - im Prinzip - geeignete Schaltung.

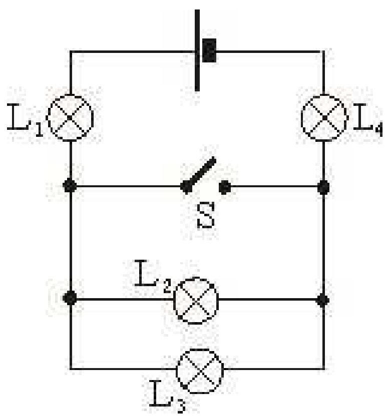
   Quelle: Julia Pürkner

Lösung:



Grundprinzip: Man benutzt den Goldklumpen als Schalter. Er überbrückt die beiden Kontakte K_1 und K_2. Wird der Goldklumpen gestohlen ist der Schalter offen.
Ist der Goldklumpen vorhanden, so schließt er (als guter elektrischer Leiter) die Lampe L_2 kurz, der Strom fließt durch L_1 und den Goldklumpen. Wird der Goldklumpen gestohlen, so ist kein Leiter zwischen K_1 und K_2, der Strom fließt durch L_1 und L_2.

3.



Im nebenstehenden Stromkreis befinden sich vier baugleiche Lämpchen, eine Stromquelle und ein Schalter.

(a) Welche Lämpchen leuchten, wenn der Schalter S geöffnet ist? Vergleiche die Helligkeit der Lämpchen untereinander und gib hierfür eine Begründung an.

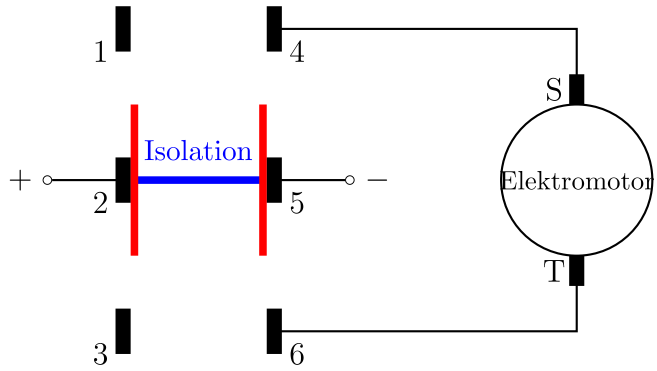
(b) Nun wird der Schalter geschlossen. Beantworte die Frage von Teilaufgabe (a) für diesen Fall.

Quelle: Julia Pürkner

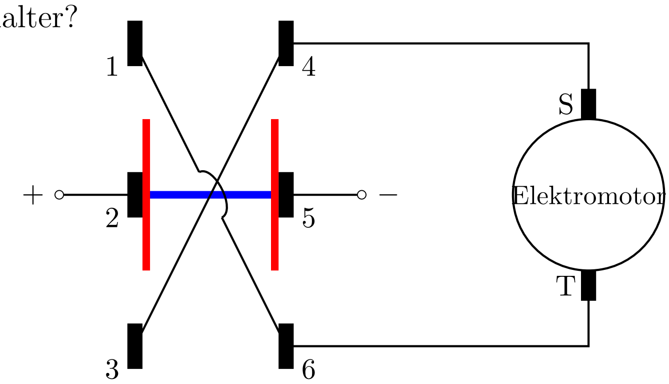
Lösung: (a) Es leuchten alle vier Lämpchen. Dabei leuchten jeweils L1 und L4 bzw. L2 und L3 gleich hell. L1 und L4 leuchten heller als L2 und L3: Der Strom der durch L1 bzw. L4 fließt teilt sich zu gleichen Teilen auf L2 und L3 auf.

(b) Jetzt leuchten nur noch L1 und L4 (gleich hell). L2 und L3 sind kurzgeschlossen (durch den geschlossenen Schalter S überbrückt).

4. Ein DPDT („Double Pole Double Throw") oder 2–poliger Wechselschalter ist ein Schalter, den man für Elektromotoren benutzt, die mit Gleichstrom betrieben werden.
Der Schalter hat sechs Anschlüsse 1, 2, 3, 4, 5 und 6. An den Anschluss 2 kommt der Pluspol und an den Anschluss 5 der Minuspol einer Batterie. Der Anschluss 4 wird über den Schleifkontakt S und der Anschluss 6 über den Schleifkontakt T mit dem Elektromotor verbunden. Das blau–rot gezeichnete, leitende Teil des Schalters kann über einen Schieber vertikal in der Zeichenebene bewegt werden. In der gezeichneten Position des blau–roten Teils soll keine Spannung am Motor liegen. Wird der Schieber nach oben bewegt, so dass er mit 1, 2, 4 und 5 Kontakt hat, dann soll der Pluspol an T und der Minuspol an S liegen. Wird der Schieber aus der gezeichneten Position nach unten bewegt, so dass das blau–rot gezeichnete Teil Kontakt mit 2, 3, 5 und 6 hat, dann soll der Pluspol an S und der Minuspol an T liegen.
Damit der Schalter wie beschrieben funktioniert sind noch zwei Verbindungen unter den Anschlüssen des Schalters nötig. Zeichne diese ein. Welchen Zweck erfüllt der Schalter?



Lösung:



1.3 Magnetismus

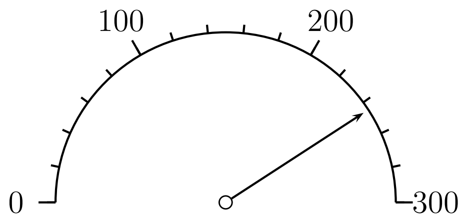
1. Ein Nagel wird 20 Mal von einem Draht umwickelt. Die Drahtenden werden an eine Batterie angeschlossen. Nun hält man den Nagel an ein Häufchen Büroklammern.
   (a) Was passiert?
   (b) Was passiert, wenn man den Nagel nur 10 Mal umwickelt und dann an die Büroklammern hält?
   (c) Was passiert, wenn man Nagel und Batterie trennt?

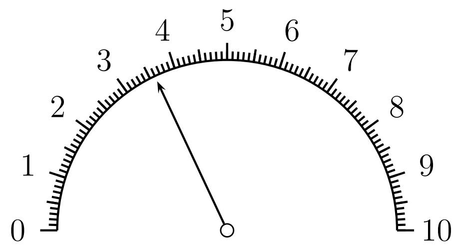
   Quelle: Julia Pürkner

Lösung: (a) Der Nagel zieht die Büroklammern an.
(b) Es werden weniger Büroklammern angezogen.
(c) Der Nagel zieht nichts mehr an.

1.4 Stromstärke, Spannung, Widerstand

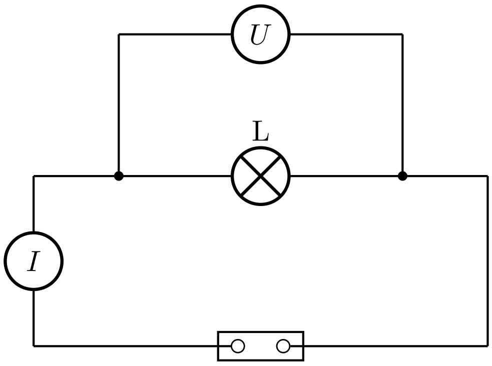
1. (a) Es soll der Widerstand einer Glühbirne experimentell ermittelt werden. Zeichne die zugehörige Schaltskizze.
   (b) Die Skalen, der in diesem Versuch verwendeten Messinstrumente zeigen folgende Werte an:





   Der Messbereich des Gerätes, das zur linken Skala gehört ist 300 mA und der des Gerätes, das zur rechten Skala gehört ist 10 V. Berechne den Wert des elektrischen Widerstands der Glühbirne.

Lösung: (a) Schaltskizze:



(b) $R = \frac{3{,}2\,\mathrm{V}}{0{,}24\,\mathrm{A}} = 15\,\Omega$

2 Mechanik

2.1 Geschwindigkeit und Beschleunigung

1. Untersuche die folgenden Bewegungen auf Gleichförmigkeit:

a)

$\frac{t}{\mathrm{s}}$	0	1	1,5	3	4
$\frac{x}{\mathrm{m}}$	-30	-18	-12	8	20

b)

$\frac{t}{\mathrm{s}}$	0	1	1,5	3	4
$\frac{x}{\mathrm{m}}$	-30	-18	-12	6	18

Lösung: (a) $\frac{-18-(-30)}{1-0} = 12, \; \frac{-12-(-18)}{1{,}5-1} = 12, \; \frac{8-(-12)}{3-1{,}5} = \frac{40}{3} \neq 12, \; \frac{20-8}{4-3} = 12$
$\Longrightarrow$ nicht gleichförmig!

(b) gleichförmig!

2. (a) Rechne $v = 1\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{h}}$ um auf $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ und $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{d}}$!

(b) Rechne die Lichtgeschwindigkeit um auf $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ und $\frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{ns}}$!

(c) Auf dem Planeten Dideldum gilt für Längen die Beziehung 1 Trara = 250 Trari und für Zeiten 1 Truru = 50 Triri.
Rechne $v_1 = 75\,\frac{\mathrm{Trara}}{\mathrm{Triri}}$ auf $\frac{\mathrm{Trari}}{\mathrm{Truru}}$ und $v_2 = 75\,\frac{\mathrm{Trara}}{\mathrm{Truru}}$ auf $\frac{\mathrm{Trari}}{\mathrm{Triri}}$ um!

Lösung: (a) $v = 1\,\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{h}} = \frac{1}{360\,000}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 2{,}\overline{7}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 10^{-5}\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 0{,}24\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{d}}$

(b) $c = 3\cdot 10^8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 1{,}08\cdot 10^9\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 300\,\frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{ns}}$

(c) $v_1 = 75\,\frac{\mathrm{Trara}}{\mathrm{Triri}} = 937\,500\,\frac{\mathrm{Trari}}{\mathrm{Truru}}$, $v_2 = 75\,\frac{\mathrm{Trara}}{\mathrm{Truru}} = 375\,\frac{\mathrm{Trari}}{\mathrm{Triri}}$

3. Ein Auto fährt mit konstanter Geschwindigkeit v auf der Autobahn. Eine Stoppuhr am Lenkrad zeigt bei km 65 die Zeit 00:11:28 und bei km 82,5 die Zeit 00:19:48 an.

(a) Berechne die Geschwindigkeit des Autos in $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ und in $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$!

(b) Bei welchem Kilometer wurde die Stoppuhr gestartet?

(c) Wie lange war das Auto vom Beginn der Autobahn bis zum Starten der Stoppuhr unterwegs?

Lösung: (a) $v = \frac{(82{,}5-65)\,\mathrm{km}}{(8\cdot 60+20)\,\mathrm{s}} = \frac{17{,}5\,\mathrm{km}}{500\,\mathrm{s}} = 35\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 126\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$

(b) $x(t) = x_0 + v \cdot t$, $x_0 = x(t) - v\,t = 65\,\mathrm{km} - 35\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot (11 \cdot 60 + 28)\,\mathrm{s} = 40{,}92\,\mathrm{km} \approx 41\,\mathrm{km}$

(c) $t_0 = \dfrac{x_0}{v} = 1169\,\mathrm{s} \approx 1{,}2 \cdot 10^3\,\mathrm{s}$

4. Zwei Raumstationen S_1 und S_2 sind 5000 km voneinander entfernt. Zur Zeit $t_0 = 0$ startet eine Rakete R_1 mit einem Geschwindigkeitsbetrag von $|v_1| = 500\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ von S_1 aus in Richtung nach S_2. Eine Stunde später startet eine weitere Rakete R_2 mit $|v_2| = 2000\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ von S_2 nach S_1. Wann und wo begegnen sich die beiden Raumschiffe? Rechnung und tx-Diagramm ($1\,\mathrm{h} \mathrel{\widehat{=}} 2\,\mathrm{cm}$, $1000\,\mathrm{km} \mathrel{\widehat{=}} 1\,\mathrm{cm}$)!

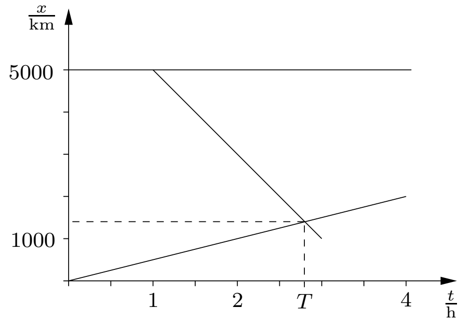
Lösung: R_1: $x_1(t) = 500\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \cdot t$

R_2: $x_2(t) = 5000\,\mathrm{km} - 2000\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \cdot (t - 1\,\mathrm{h}) =$

$= 7000\,\mathrm{km} - 2000\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \cdot t$

$x_1(T) = x_2(T) \quad \Longrightarrow \quad T = 2{,}8\,\mathrm{h}$

$x(T) = 1400\,\mathrm{km}$



5. In Bagdad wird dem Kalifen um 1:00 Uhr nachts (t_1) ein Pferd gestohlen. Der Dieb ergreift sofort die Flucht und legt dabei pro Stunde die Strecke 11 km 200 m zurück. Um 7:00 Uhr morgens (t_2) wird der Diebstahl entdeckt und der Kalif selbst reitet dem Dieb auf der Stelle mit seinem besten Pferd nach. Der Kalif legt dabei in einer Stunde einen Weg von 14 km 400 m zurück.

Wann (T) und in welcher Entfernung von Bagdad (X) wird der Dieb gestellt? Rechne zunächst in allgemeinen Größen und setze erst in die fertigen Ergebnisse die angegebenen Zahlenwerte ein.

Lösung: $x_\mathrm{D}(t) = 11{,}2\,\dfrac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \cdot (t - 1\,\mathrm{h}) = 11{,}2\,\dfrac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \cdot t - 11{,}2\,\mathrm{km}$

$x_\mathrm{K}(t) = 14{,}4\,\dfrac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \cdot (t - 7\,\mathrm{h}) = 14{,}4\,\dfrac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \cdot t - 100{,}8\,\mathrm{km}$

$x_\mathrm{D}(T) = x_\mathrm{K}(T) \quad \Longrightarrow \quad T = 28\,\mathrm{h}$ (4 : 00 am nächsten Tag)

$X = x_\mathrm{D}(T) = 302{,}4\,\mathrm{km} \approx 302\,\mathrm{km}$

6. Herr Gsundsama läuft frühmorgens mit der konstanten Geschwindigkeit v von seinem Gartentor ($x = 0$) zum Büro. Zur Zeit $t_1 = 10\,\mathrm{s}$ startet sein Hund Fiffi ebenfalls am Tor, läuft zu seinem Herrchen, kehrt sofort um, erreicht zur Zeit $t_2 = 50\,\mathrm{s}$ das Tor, läuft wieder zu seinem Herrchen, kehrt wieder um und und bleibt zur Zeit $t_3 = 150\,\mathrm{s}$ erschöpft am Tor stehen. Während des gesamten Laufs betrug Fiffi's Geschwindigkeitsbetrag $7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

(a) Zeichne die Weltlinien von Hund und Herrchen in ein tx-Diagramm mit den Einheiten $50\,\mathrm{m} \mathrel{\widehat{=}} 1\,\mathrm{cm}$ und $100\,\mathrm{s} \mathrel{\widehat{=}} 5\,\mathrm{cm}$. Berechne v in $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ und in $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$! Schreibe Herrn Gsundsama's $x(t)$ in einer möglichst einfachen Form hin!

(b) Nach einer kurzen Rast startet Fiffi um $t_4 = 200\,\mathrm{s}$ einen erneuten Lauf zum Herrchen und zurück. Wie schnell muss er laufen (in $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$), damit er zur Zeit $t_5 = 500\,\mathrm{s}$ wieder am Tor ankommt?

Lösung: (a) Umkehrpunkte Fiffi:

$$T_1 = \frac{t_1 + t_2}{2} = 30\,\mathrm{s}$$

$$T_2 = \frac{t_2 + t_3}{2} = 100\,\mathrm{s}$$

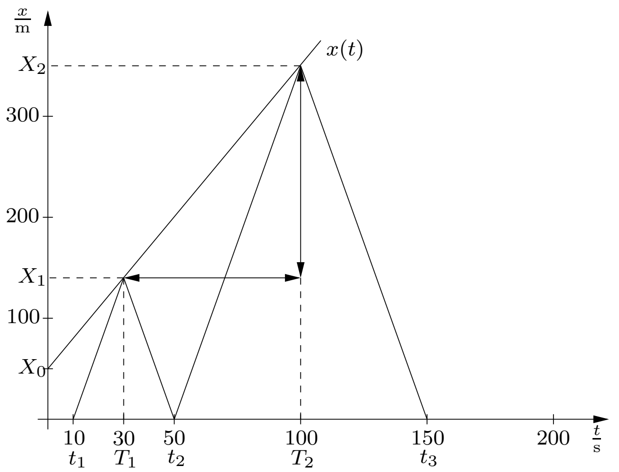
$$X_1 = 7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot (T_1 - t_1) = 140\,\mathrm{m}$$

$$X_2 = 7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot (T_2 - t_2) = 350\,\mathrm{m}$$

Herr Gsundsama:

$$v = \frac{X_2 - X_1}{T_2 - T_1} = 3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$x(t) = X_1 + v(t - T_1) = \underbrace{50\,\mathrm{m}}_{x_0} + vt$$



(b) $$T_3 = \frac{t_4 + t_5}{2} = 350\,\mathrm{s}, \quad X_3 = x(T_3) = 1100\,\mathrm{m}, \quad v_{\text{Fiffi}} = \frac{X_3}{T_3 - t_4} = \frac{22}{3}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 26{,}4\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

7. Wie kannst du während einer Autofahrt auf einer Bundesstraße oder einer Autobahn deine Geschwindigkeit ohne Verwendung des Tachometers bestimmen? Welche Ursachen kann eine Abweichung des von dir ermittelten Werts von dem, den das Tachometer anzeigt haben?

Lösung: Für die Geschwindigkeit ergibt sich eine individuelle Lösung. Im Wesentlichen wird hier die Momentangeschwindigkeit ermittelt. Abweichungen von der Momentangeschwindigkeit, die das Tachometer anzeigt, sind darin begründet, dass die mittlere Geschwindigkeit auf einer Wegstrecke von 50 m gemessen wird, dass die Zeitmessung ungenau ist und dass ein Tachometer in der Regel ,,vorgeht".

8. Ein Projektil wird in einem $s = 50\,\mathrm{cm}$ langen Gewehrlauf auf $v = 400\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ beschleunigt. Berechne die Beschleunigung a und die Zeitdauer t des Beschleunigungsvorgangs.

Lösung: $$s = \frac{a}{2}t^2 \text{ und } v = at \quad \Longrightarrow \quad s = \frac{a}{2} \cdot \frac{v^2}{a^2} = \frac{v^2}{2a} \quad \Longrightarrow \quad a = \frac{v^2}{2s} = 1{,}6 \cdot 10^5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$$t = \frac{v}{a} = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{s}$$

9. Ein Auto beschleunigt in $t = 10{,}8\,\mathrm{s}$ von $v_0 = 0$ auf $v = 100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Berechne die Beschleunigung a und die Beschleunigungsstrecke s.

Lösung: $a = \dfrac{v}{t} = \dfrac{100}{3{,}6 \cdot 10{,}8}\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 2{,}57\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}, \qquad s = \dfrac{a}{2}t^2 = \dfrac{vt}{2} = 150\,\mathrm{m}$

10. Ein Zug beschleunigt mit $a = 0{,}10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ aus dem Stand auf $v = 72\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Wie lange dauert der Beschleunigungsvorgang und wie weit fährt der Zug dabei?

Lösung: $t = \dfrac{v}{a} = \dfrac{72}{3{,}6 \cdot 0{,}1}\,\mathrm{s} = 200\,\mathrm{s}, \qquad s = \dfrac{a}{2}t^2 = 2000\,\mathrm{m}$

11. Nach der Reiskornlegende durfte der Erfinder des Schachspiels an den indischen Herrscher Shihram, den das Spiel sehr erfreute, einen Wunsch richten. Er wünschte sich, dass auf das erste Feld ein Reiskorn gelegt wird, auf das zweite doppelt so viele Reiskörner wie auf das erste, auf das dritte doppelt so viele wie auf das zweite usw. Zunächst lächelte der Herrscher über die Bescheidenheit dieses Wunsches, etwas später wurde er sehr zornig.

(a) Vervollständige die nachstehende Tabelle:

Feld–	Körner auf Feld		Körner auf Brett	
nummer	als Zahl	als 2–er Potenz	als Zahl	mit 2–er Potenz geschrieben
1				
2				
3				
4				
5				
6				
...	...	...	...	...
63				
64				

(b) Reis hat eine Dichte von etwa $1{,}39\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$. Zwanzig Reiskörner haben etwa eine Masse von 1 Gramm.

Der vierachsige Güterwaggon UIC 571–2 hat eine Länge über Puffer von $16{,}52\,\mathrm{m}$ und einen Laderaum vom Volumen $105\,\mathrm{m}^3$.

Wie lang müsste ein Zug bestehend aus solchen Waggons sein, damit man den gesamten Reis, der sich auf dem Schachbrett befindet, transportieren kann? Die Länge der Lok darfst du vernachlässigen (eventuell wird eine Lok zum Ziehen dieser Waggons nicht ausreichen).

(c) Wie lange müsstest du an einem beschrankten Bahnübergang warten, bis der Zug vorbeigefahren ist, wenn du annimmst, dass der Zug mit einer konstanten Geschwindigkeit von $100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ fährt?

Lösung: (a) Vervollständige die nachstehende Tabelle:

Feld–nummer	Körner auf Feld als Zahl	Körner auf Feld als 2–er Potenz	Körner auf Brett Zahl	Körner auf Brett mit einer 2–er Potenz geschrieben
1	1	2^0	1	$2^1 - 1$
2	2	2^1	3	$2^2 - 1$
3	4	2^2	7	$2^3 - 1$
4	8	2^3	15	$2^4 - 1$
5	16	2^4	31	$2^5 - 1$
6	32	2^5	63	$2^6 - 1$
...	...	...	...	...
63		2^{62}		$2^{63} - 1$
64		2^{63}		$2^{64} - 1$

(b) Es befinden sich $2^{64} - 1 = 18\,446\,744\,073\,709\,551\,615$ Reiskörner auf dem Schachbrett.

Diese haben eine Masse von etwa $m = 922\,337\,203\,685\,477\,\mathrm{kg}$.

Sie nehmen ein Volumen von $V = \frac{m}{\varrho} = \frac{922\,337\,203\,685\,477\,\mathrm{kg}}{1{,}39 \cdot 10^3\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}} \approx 663\,551\,945\,097\,\mathrm{m}^3$

Dafür brauchen wir $\frac{663\,551\,945\,097\,\mathrm{m}^3}{105\,\mathrm{m}^3} = 6\,319\,542\,334$ Waggons.

Diese haben eine Länge von $6\,319\,542\,334 \cdot 16{,}52\,\mathrm{m} \approx 104\,398\,839\,\mathrm{km}$.

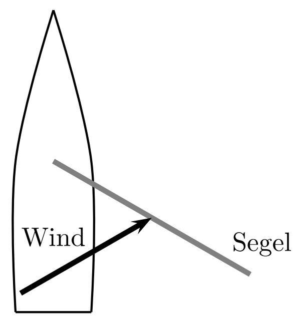
In Worten: Etwa 104 Millionen Kilometer!

(c) Am Bahnübergang muss man $\frac{104\,398\,839\,\mathrm{km}}{100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}} \approx 1\,043\,988\,\mathrm{h} \approx 119\,\mathrm{a}$ warten.

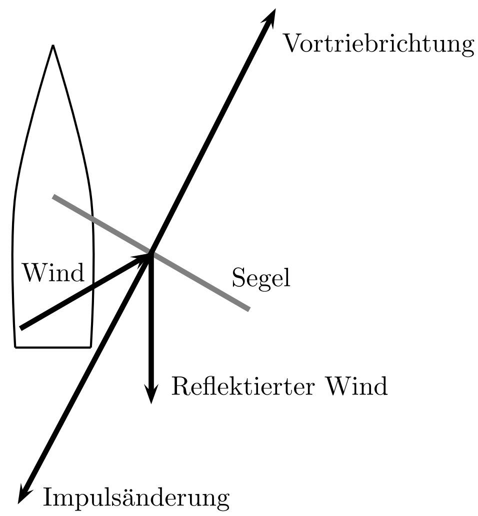
Hinweis: Die Ergebnisse wurden mit einem Computeralgebra–System über alle Maßen genau berechnet. Selbstverständlich können die Ergebnisse auch unter Verwendung von 10–er–Potenzen formuliert werden.

2.2 Kraftpfeile, Kräfteaddition

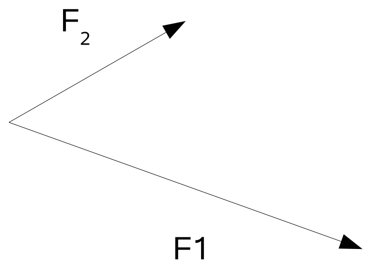
1. Nebenstehend sehen wir ein Segelboot von oben. Wir gehen idealisierend davon aus, dass das Segel ganz eben gestrafft ist. In welche Richtung treibt der Wind das Boot (Begründung!)?



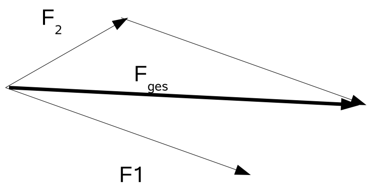
Lösung: Wegen der idealisierenden Annahme des ebenen Segels wird der Wind nach dem Reflexionsgesetz reflektiert. Durch die Reflexion erhalten wir eine Impulsänderung, die eine Kraft bewirkt. Wegen actio gegengleich reactio erhalten wir die angegebene Vortriebrichtung. Die Vortriebrichtung steht somit immer senkrecht auf dem Segel.



2. Bei einem Spaziergang wird Toni von seinen beiden Hunden mit den Kräften F_1 und F_2 ungestüm in verschiedene Richtungen gezogen (vgl. Abb.). Konstruiere die wirkende Gesamtkraft



Lösung:



3. Auf ein Motorsegelboot wirkt vom Motor eine Kraft von $F_M = 4000N$ und vom Wind auf das Segel eine Kraft von $F_S = 7000N$. Die beiden Kräfte schließen einen Winkel von 40° ein. Welche Gesamtkraft wirkt auf das Motorsegelboot?

Lösung: $10,4kN$

4. Bei einem Spaziergang wird Toni von seinen beiden Hunden mit den Kräften $F_1 = 200N$ und $F_2 150N$ ungestüm in verschiedene Richtungen gezogen. Die Leinen der Hunde schließen einen Winkel von 60° ein. Wie groß ist wirkende Gesamtkraft?

Lösung: $304N$

2.3 Trägheitssatz, Kräftegleichgewicht

1. Ein recht gut trainierter Sprinter schafft es seine Geschwindigkeit beim Start von 0 in etwa 5 Sekunden auf $10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ zu steigern. Das bedeutet, dass er eine durchschnittliche Beschleunigung von $2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ erreicht. Wenn wir eine Masse des Sprinters von 75 kg unterstellen, benötigt er nach dem zweiten Newtonschen Gesetz dazu eine Kraft von $F = m\,a = 75\,\mathrm{kg} \cdot 2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 150\,\mathrm{N}$. Dies entspricht in etwa einer Gewichtskraft von 15 kg.

   Ist der Sprinter so schwach oder woran liegt es, dass er so langsam beschleunigt?

Lösung: Der Sprinter kann nur dann eine beschleunigende Kraft erfahren, wenn er Kontakt mit dem Boden hat. Damit die mittlere beschleunigende Kraft dann 150 N ist, muss die beschleunigende Kraft während dieser Zeit bedeutend größer sein.

2.4 Gravitationskraft, Fallbeschleunigung, Wechselwirkungsgesetz

1. (a) Auf der Erde erfährt Harry Hecht (m = 76kg) eine Gewichtskraft von 760N. Welche Gewichtskraft würde der Mond ($g = 1,6\frac{m}{s^2}$) auf Harry ausüben? Meinst du, Harry springt auf dem Mond höher?

   (b) Der Raumanzug von Astronauten ist sehr schwer. Auf der Erde könnte ein Mensch kaum damit herumlaufen. Auf dem Mond aber ist das kein Problem. Welche Masse müssten ein Raumanzug und Harry Hecht zusammen haben, damit er sich auf dem Mond genauso schwer fühlt wie auf der Erde?

   Quelle: Julia Pürkner

Lösung: (a) Gewichtskraft auf dem Mond: 122N. Also würde er höher springen als auf der Erde.

(b) $m = \frac{76kg \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2}}{1{,}6\frac{m}{s^2}} = 466kg$

2. Ein chinesischer Astronaut wiegt auf der Erde für die Fahrt zu einem unbekannten Planeten einen Reisvorrat von 21kg ab.

   (a) Welche Gewichtskraft hat der Reis auf der Erde?

(b) Der Astronaut landet nun mit seinem Reis auf dem unbekannten Planeten, dessen Fallbeschleunigung g_p nicht bekannt ist. Was kann der Astronaut ohne zusätzliche Hilfsmittel über Masse und Gewichtskraft seines Reises auf dem Planeten aussagen? Begründung!

(c) Welche(s) Hilfsmittel bräuchte der Astronaut, um mit Hilfe seines Reises die Fallbeschleunigung g_p des unbekannten Planeten feststellen zu können?

(d) Der Astronaut bekommt Hunger und verzehrt ein Drittel seiner Reiskörner. Welche Masse hat der Reis jetzt noch?

(e) Zufällig ist jetzt die Gewichtskraft des übriggebliebenen Reises auf dem unbekannten Planeten gerade genau so groß wie die Gewichtskraft der 21kg Reis auf der Erde. Bestimme nun die Fallbeschleunigung g_p des unbekannten Planeten

Quelle: Julia Pürkner

Lösung: (a) $F = 206N$

(b) Die ortsunabhängige Masse ist nach wie vor 21 kg. Über die ortsabhängige Gewichtskraft kann er keine Aussage machen, da er den Ortsfaktor nicht kennt.

(c) Der Astronaut benötigt z. B. eine kalibrierte (geeichte) Federwaage, mit der er die Gewichtskraft bestimmen kann.

(d) Wenn er ein Drittel der Körner verzehrt, bleiben noch zwei Drittel der Körner übrig. Da die Zahl der Körner proportional zur Masse ist, gilt: $m' = \frac{2}{3} \cdot m = 14kg$

(e) $F' = m' \cdot g_P \Rightarrow g_P = \frac{206N}{14kg} = 15\frac{N}{kg}$

3. **Form von Flugzeugtragflächen**

Ist die Tragflächenform am Boden und im Flug die gleiche?

Quelle: Prof. Dr. Müller, Zentrum für Lehrerbildung, Campus Landau

Lösung: Am Boden hängen die Tragflächen durch das Gewicht des Triebwerks und das Eigengewicht nach unten durch. Im Flug hängt ein Flugzeug sozusagen an den Tragflächen (wird durch den Auftrieb an den Tragflächen hochgehoben), diese biegen sich also nach oben durch (außen am meisten). Bei der Boeing 707 liegt die Durchbiegung der Tragflächenspitze (gegenüber der Position am Boden) beim Geradeausflug in ruhiger Luft bei einem Meter. Die Grenzdurchbiegung liegt bei 3m aufwärts und 0,9m abwärts.

2.5 Kraft als Ursache von Bewegungsänderungen, F=ma

1. Der ICE–3 hat laut Hersteller eine maximale Anzugkraft von 300 kN und ein „Leergewicht" von 405 t. Der Zug hat 415 Sitzplätze. Wir unterstellen für einen Passagier eine Masse von 75 kg. Welche maximale Beschleunigung erreicht der vollbesetzte Zug?

Lösung: $a = \frac{F}{m} = \frac{3{,}0 \cdot 10^5\,\mathrm{N}}{4{,}05 \cdot 10^5\,\mathrm{kg} + 415 \cdot 75\,\mathrm{kg}} = 0{,}69\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

2. Der Saab 95 2.0 mit 110 kW hat laut Hersteller eine sogenante Elastizität für 80–120 km/h von 15,8 s. Berechne die zugehörige Beschleunigung in der Einheit $1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Lösung: $a = \frac{120\,\mathrm{km/h} - 80\,\mathrm{km/h}}{15{,}8\,\mathrm{s}} = 0{,}70\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

3. Eine S–Bahn hat eine Beschleunigung von $a = 0{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Welche Geschwindigkeit erreicht die S–Bahn, wenn sie aus dem Stand heraus 2,0 Minuten mit dieser Beschleunigung fährt?

Lösung: $v = a\,t = 0{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 120\,\mathrm{s} = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 108\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$

4. Ein Großraumflugzeug braucht zum Abheben etwa eine Geschwindigkeit von $300\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Wie lange dauert der Startvorgang, wenn das Flugzeug eine konstante Beschleunigung von $1{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ hat?

Lösung: 46 s

5. Der BMW 645 Ci beschleunigt laut Hersteller in 6,1 s von 0 auf $100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Wie lange dauert es bis das Fahrzeug seine Höchstgeschwindigkeit von $240\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ erreicht, wenn wir unterstellen, dass diese Beschleunigung auch für größere Geschwindigkeiten als $100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ Gültigkeit hat. Wieso ist die Annahme der konstanten Beschleunigung bis zur Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs falsch?

Lösung: $2{,}4 \cdot 6{,}1\,\mathrm{s} = 15\,\mathrm{s}$; wegen der Rollreibung und dem mit der Geschwindigkeit zunehmenden Luftwiderstand nimmt die Beschleunigung (bei maximaler und somit konstanter Leistung) stetig ab. Nach Erreichen der Höchstgeschwindigkeit ist sie sogar 0.

6. Wie groß ist die Antriebskraft einer Lokomotive, die dem Zug mit der Gesamtmasse $m = 700\,\mathrm{t}$ die Beschleunigung $a = 0{,}200\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ erteilt?

Lösung: $F = ma = 1{,}40 \cdot 10^5\,\mathrm{N}$

7. Auf einen Golf-GTI der Masse $m = 900\,\mathrm{kg}$ wirkt die Antriebskraft $F = 1530\,\mathrm{N}$. In welcher Zeit beschleunigt das Auto von Null auf $100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$?

Lösung: $a = \dfrac{F}{m} = 1{,}70\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}, \qquad t = \dfrac{v}{a} = \dfrac{100\,\mathrm{m}}{3{,}6\,\mathrm{s} \cdot 1{,}70\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 16{,}3\,\mathrm{s}$

8. Ein Auto fährt mit $v_0 = 108\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ gegen eine Wand. Welcher Kraft müssen die Sicherheitsgurte des Fahrers der Masse $m = 70{,}0\,\mathrm{kg}$ standhalten, wenn der Wagen auf einer Strecke von $\Delta x = 1{,}5\,\mathrm{m}$ (Knautschzone) zum stehen kommt und eine konstante Beschleunigung mit dem Betrag a angenommen wird?

Lösung: $v_0 = 30\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}, \qquad \Delta x = \dfrac{a}{2}t^2$ und $v_0 = at \quad \Longrightarrow \quad \Delta x = \dfrac{v_0^2}{2a} \quad \Longrightarrow$

$a = \dfrac{v_0^2}{2\Delta x} = 300\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 30{,}6g \quad \Longrightarrow \quad F = ma = 21{,}0\,\mathrm{kN}$

Es wirkt die 30,6-fache Gewichtskraft, allerdings nur für die Zeitspanne $\Delta t = \frac{v_0}{a} = 0{,}10\,\mathrm{s}$.

9. Ein Auto stürzt von einer Brücke in einen Fluss und hat beim Aufprall die Geschwindigkeit $20\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Wie hoch ist die Brücke?

Lösung: $h = \dfrac{v^2}{2g} = 20{,}4\,\mathrm{m}$

10. Aus einem Zeitungsartikel:

    ,,Die schnellste und höchste Achterbahn der Welt soll ab dem kommenden Frühjahr auf halber Strecke zwischen New York und Philadelphia für Nervenkitzel sorgen. Die Wagen werden aus dem Stand in 3,5 Sekunden auf 206 km/h beschleunigt, kündigte ein Sprecher des Vergnügungsparks ,,Six Flags" im US-Bundesstaat New Jersey an. Der höchste Punkt der Berg– und Talstrecke mit 270–Grad–Spiralen werde 139 Meter über dem Boden liegen."

    Berechne die Beschleunigung der Wagen beim Start in Vielfachen der Fallbeschleunigung $g = 9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Lösung: 1,7

11. In einem James-Bond-Film wird eine Fallschirm-Szene sehr dramatisch dargestellt. Beurteile, ob die Darstellung realistisch ist.

    (a) Ein Flugzeug, in dem sich James Bond und ein Bösewicht befinden, droht abzustürzen. Der Bösewicht springt mit dem einzigen Fallschirm aus dem Flugzeug. James Bond springt hinterher und holt ihn im freien Fall ein. Was sagst du dazu?

    (b) Beide nehmen stabile Freifallhaltungen ein, bewegen sich aufeinander zu, kämpfen in der Luft.

    (c) In einem Luftkampf entreißt James Bond dem Bösewicht den Fallschirm und zieht die Reißleine. Der Bösewicht schafft es, sich noch einem Moment an Bonds Bein festzuhalten, doch Bond kann ihn abschütteln.

    (d) Dann zieht es Bond am Fallschirm nach oben, während der Bösewicht in die Tiefe fällt.

    (e) Die gesamte Szene dauert etwa 2 Minuten.

    Quelle: Sinus-Transfer

Lösung: (a) Es ist möglich, einer Person hinterherzuspringen und sie im freien Fall einzuholen. Man braucht aber hohe Athletik oder eine gute Ausbildung, um den freien Fall derart als Skysurfing zu steuern.

(b) Eine saubere und stabile Freifallhaltung kann man in der Regel nicht ohne umfangreiches Training erlangen. Kämpfe in der Luft, Freifallformationen und zielgerichtetes Skysurfing sind ohne Training nicht möglich.

(c) Wird der Schirm geöffnet, so tritt eine Bremsbeschleunigung in Höhe von durchschnittlich $20\frac{m}{s^2}$ auf, was fast dem Dreifachen bei einer Vollbremsung im Auto entspricht. Bereits im Auto kann man nur durch einen Sicherheitsgurt gehalten werden. Deshalb ist ein Festhalten mit reiner Muskelkraft unmöglich.

(d) Ein Fallschirmspringer wird durch das Öffnen des Schirms nicht wieder nach oben gezogen. In der Filmaufnahme entsteht der Eindruck dadurch, dass der gefilmte Springer (James Bond) stark abgebremst wird, während der Kameramann mit gleich bleibender Geschwindigkeit $v = 200\frac{km}{h}$ weiter fällt.

(e) Bei einem Sprung aus $4.000m$ Höhe dauert der freie Fall etwas mehr als 60 Sekunden. Die Filmsezene ist somit aus Aufnahmen mehrerer Sprünge zusammengeschnitten worden. Ein mehrminütiger Fall wäre nur aus einer derart großen Absprunghöhe möglich, dass die Springer einen aufwendigen Kälteschutz und eine Sauerstoffversorgung benötigten.

12. Ein Auto der Masse $1,2\,t$ beschleunigt am Ortsende in $5s$ von $12\frac{m}{s}$ auf $22\frac{m}{s}$.

    (a) Beschreibe was man in der Physik unter Beschleunigung versteht.

    (b) Gib die Anfangsgeschwindigkeiten in km/h an.

(c) Wie groß ist die Beschleunigung des Autos?

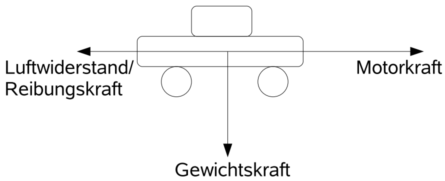
(d) Stelle in einer Skizze dar, welche Kräfte auf das Auto wirken.

Lösung: (a) Die Beschleunigung ist ein Maß dafür, wie sich die Geschwindigkeit im Laufe der Zeit ändert; Beschleunigung ist die Änderung der Geschwindigkeit dividiert durch die zugehörige Zeit

(b) $43\frac{km}{h}$, $79\frac{km}{h}$

(c) $a = \frac{22\frac{m}{s} - 12\frac{m}{s}}{5s} = 2\frac{m}{s^2}$

(d) .



13. Beim Start eines Space Shuttle im Raumfahrtzentrum Cape Canaveral wirkt auf die Raumfähre der Masse $2055t$ von den Triebwerken eine Kraft von $32600kN$.

(a) Welche Gewichtskraft wirkt auf die Raumfähre?

(b) Welche Beschleunigung erfährt die Raumfähre beim Start?

(c) Welche Geschwindigkeit erreicht die Raumfähre nach $10s$ in $\frac{km}{h}$?

Lösung: (a) $G = mg = 2055000kg \cdot 9,81\frac{m}{s^2} = 201595500N = 20\,160kN$

(b) $F_{ges} = F - G = 32\,600kN - 20\,160kN = 12\,440kN$

$a = \frac{F_{ges}}{m} = \frac{12\,440\,000N}{2055\,000kg} = 6,1\frac{m}{s^2}$

(c) $v = at = 6,1\frac{m}{s^2} \cdot 10s = 61\frac{m}{s} = 219\frac{km}{h}$

14. In einem James-Bond-Film wird eine Fallschirm-Szene sehr dramatisch dargestellt. Beurteile, ob die Darstellung realistisch ist.

(a) Ein Flugzeug, in dem sich James Bond und ein Bösewicht befinden, droht abzustürzen. Der Bösewicht springt mit dem einzigen Fallschirm aus dem Flugzeug. James Bond springt hinterher und holt ihn im freien Fall ein.

(b) Beide nehmen stabile Freifallhaltungen ein, bewegen sich aufeinander zu, kämpfen in der Luft.

(c) In einem Luftkampf entreißt James Bond dem Bösewicht den Fallschirm und zieht die Reißleine. Der Bösewicht schafft es, sich noch einem Moment an Bonds Bein festzuhalten, doch Bond kann ihn abschütteln.

(d) Dann zieht es Bond am Fallschirm nach oben, während der Bösewicht in die Tiefe fällt.

(e) Die gesamte Szene dauert etwa 2 Minuten.

Quelle: http://www.standardsicherung.nrw.de/materialdatenbank/

Lösung: (a) Es ist möglich, einer Person hinterherzuspringen und sie im freien Fall einzuholen. Eine größere Beschleunigung erhält man, z. B. durch einen deutlich geringeren Luftwiderstand. Man braucht aber hohe Athletik oder eine gute Ausbildung, um den freien Fall derart als Skysurfing zu steuern.

(b) Eine saubere und stabile Freifallhaltung kann man in der Regel nicht ohne umfangreiches Training erlangen. Kämpfe in der Luft, Freifallformationen und zielgerichtetes Skysurfing sind ohne Training nicht möglich.

(c) Wird der Schirm geöffnet, so tritt eine Bremsbeschleunigung in Höhe von durchschnittlich $20\frac{m}{s^2}$ auf, was fast dem Dreifachen bei einer Vollbremsung im Auto entspricht. Bereits im Auto kann man nur durch einen Sicherheitsgurt gehalten werden. Deshalb ist ein Festhalten mit reiner Muskelkraft schlichtweg unmöglich.

(d) Ein Fallschirmspringer wird durch das Öffnen des Schirms nicht wieder nach oben gezogen. In der Filmaufnahme entsteht der Eindruck dadurch, dass der gefilmte Springer (James Bond) stark abgebremst wird, während der Kameramann mit gleich bleibender Geschwindigkeit $v = 200\frac{km}{h}$ weiter fällt.

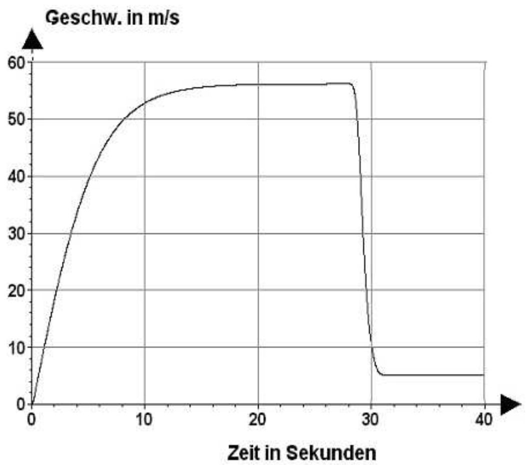
(e) Bei einem Sprung aus 4.000 m Höhe dauert der freie Fall etwas mehr als 60 Sekunden. Die Filmsezene ist somit aus Aufnahmen mehrerer Sprünge zusammengeschnitten worden. Ein mehrminütiger Fall wäre nur aus einer derart großen Absprunghöhe möglich, dass die Springer einen aufwendigen Kälteschutz und eine Sauerstoffversorgung benötigten.

15. Ein Fallschirmspringer springt aus einem Flugzeug.

(a) Welche Beschleunigung erfährt der Fallschirmspringer zum Zeitpunkt $t_1 = 0s$?

(b) Welche Geschwindigkeit würde der Fallschirmspringer nach 5s erreichen, wenn er in den ersten 5 Sekunden ohne Luftwiderstand fallen wüde?

Der zeitliche Verlauf der Geschwindigkeit ist in folgendem Diagramm dargestellt:



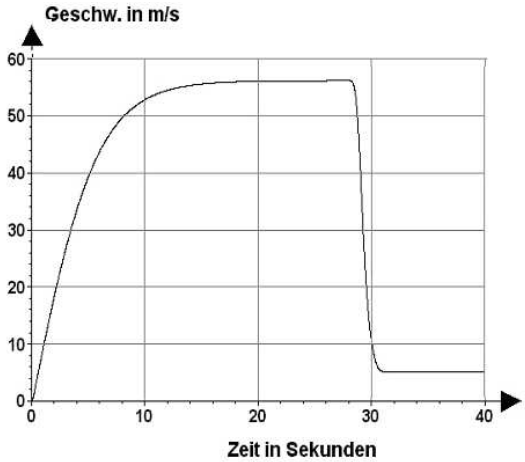
(c) Welche Kräfte wirken in den Zeitabschnitten 0s bis 15s, 20s bis 25s und 28s bis 31s?

Lösung: (a) Es wirkt die Gewichtskraft, also $g = 9,81\frac{m}{s^2}$

(b) $v = 49\frac{m}{s} = 177\frac{km}{h}$

(c) 0s bis 15s: Es wirken Gewichtskraft und Luftwiderstand. Der Luftwiderstand ist kleiner als die Gewichtskraft und nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit zu. Damit nimmt die Gesamtkraft (d. h. auch die Beschleunigung) und damit die Steigung der Kurve im t-v-Diagramm ab.
20s bis 25s: konstante Geschwindigkeit, d. h. Gesamtkraft ist Null, d. h. Luftwiderstand ist genausogroß wie Gewichtskraft.
18s bis 31s: Geschwindigkeit nimmt deutlich ab, d. h. Luftwiderstandskraft muss deutlich erhöht werden: Fallschirms wird geöffnet.

16. Ein Fallschirmspringer springt aus einem Flugzeug. Der zeitliche Verlauf der Geschwindigkeit ist in folgendem Diagramm dargestellt:



(a) Nach 28s wird der Fallschirm geöffnet. Wie stark bremst er durchschnittlich ab?

(b) Vergleiche die Bremsbeschleunigung des Fallschirms mit der eines PKW, der auf trockener Fahrbahn 4,1 s braucht, um von 110 km/h zum Stehen zu kommen.

(c) In einer Höhe von 800m über dem Boden ist der Fallschirm geöffnet und sinkt mit konstanter Geschwindigkeit.

i. In welcher Höhe befindet sich der Fallschirm weitere 20s später?

ii. Nach wie viel Sekunden ist der Fallschirm in eine Höhe von 100m über dem Boden?

iii. Nach wie viel Sekunden erreicht der Fallschirm den Boden?

Quelle: http://www.standardsicherung.nrw.de/materialdatenbank/

Lösung: (a) $a = \frac{-46\frac{m}{s}}{2s} = -23\frac{m}{s^2} = -2,3 \cdot g$

(b) $a = -7,4\frac{m}{s^2} = -0,76 \cdot g$

(c) i. $h(20s) = 800m - 5\frac{m}{s} \cdot 20s = 700m$

ii. $h(t) = 800m - 5\frac{m}{s} \cdot t = 100m \Rightarrow 140s$

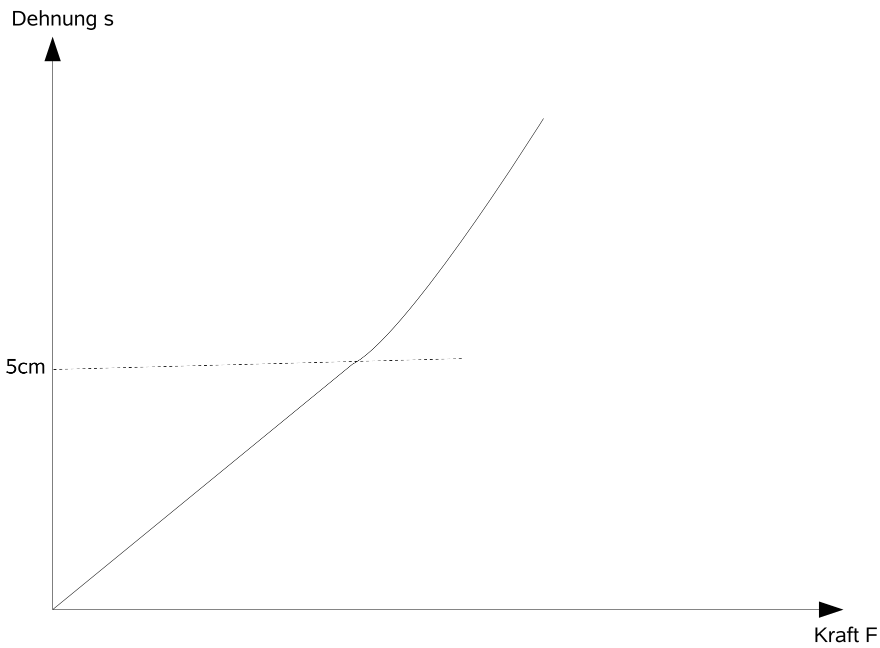
iii. $t = 160s$

2.6 Überblick über verschiedene Kraftarten (Kraft und Verformung

2.7 Kraft und Verformung

1. Skizziere ein F-s-Diagramm eines Gummis, für den bis zu einer Dehnung von 5cm das Hooksche Gesetz gilt und für Dehnungen über 5cm die Federhärte kleiner wird.

Lösung: Wenn die Federhärte D kleiner wird, heißt dies, dass $D = \frac{F}{s}$ kleiner wird. Damit wird die Steigung der Kurve im F-s-Diagramm ($\frac{\Delta s}{\Delta F}$) größer.



2. Hängt man auf der Erde an einen Federkraftmesser einen Nromkörper (1kg), so wird der Kraftmesser um 15cm gedehnt. Dank guter Beziehungen zur NASA nimmt ein Astronaut den Kraftmesser und den Normkörper mit zum Mond und stellte dort eine Verlängerung von nur mehr 2,5cm fest.

   (a) Berechne aus den obigen Werten den Ortsfaktor auf dem Mond.

(b) Welche Härte besitzt die Feder des Kraftmessers?

(c) Nun hängt der Astronaut einen gefundenen Stein an die Federwaage und stellt eine Federverlängerung von 9,0cm fest. Welche Masse hatte dieser Stein? Wenn der Astronaut dem Normkörper auf der Erde einen Fußtritt gibt, so tut ihm das ziemlich weh. Wird das am Mond auch so sein?

Quelle: Julia Pürkner

Lösung: (a) Die Federdehnung auf dem Mond ist ein Sechstel von der auf der Erde. Damit ist der Ortsfaktor auf dem Mond ein Sechstel von dem auf der Erde: $9,8\frac{m}{s^2} : 6 = 1,6\frac{m}{s^2}$

(b) $D = \frac{F}{s} = 65,4\frac{N}{m}$

(c) $F_{Stein} = 5,9N$, $m = 3,7kg$. Die Masse des Normkörpers ist auf dem Mond auch 1kg. Bei einem Fußtritt wird der Normkörper beschleunigt und für die dazu notwendige Kraft ist entscheidend welche Körpermasse vorliegt. Der Fußtritt schmerzt also auf dem Mond genauso wie auf der Erde.

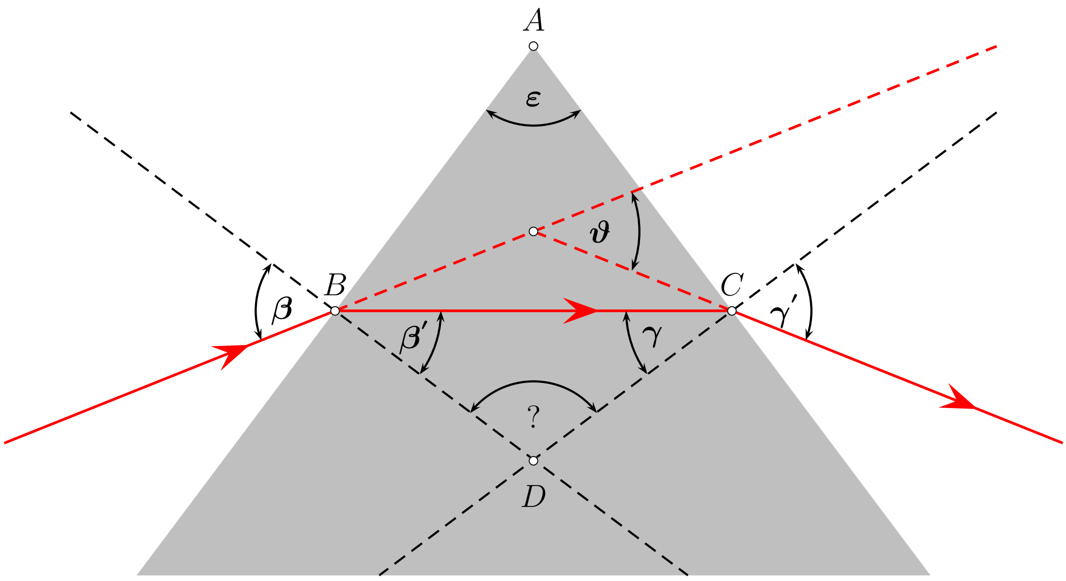
3 Optik

3.1 geradlinige Ausbreitung des Lichts

3.2 Brechung und Reflexion

1. In der unten stehenden Abbildung fällt ein Lichtstrahl von links auf ein gleichschenkliges Prisma mit Spitze A und ist nach dem Austritt um den Winkel $\boldsymbol{\vartheta}$ gegenüber der ursprünglichen Richtung abgelenkt.

   Dieser Winkel soll nun mit den anderen in der Zeichnung vorkommenden Winkeln ausgedrückt werden.



   (a) Drücke den Winkel **?** und anschließend $\boldsymbol{\beta}' + \boldsymbol{\gamma}$ unter Verwendung von $\boldsymbol{\varepsilon}$ aus.

   (b) Um welchen Winkel wird der von links einfallende Lichtstrahl im Punkt B und um welchen Winkel im Punkt D gedreht?

   (c) Wie kann man nun $\boldsymbol{\vartheta}$ ausdrücken?

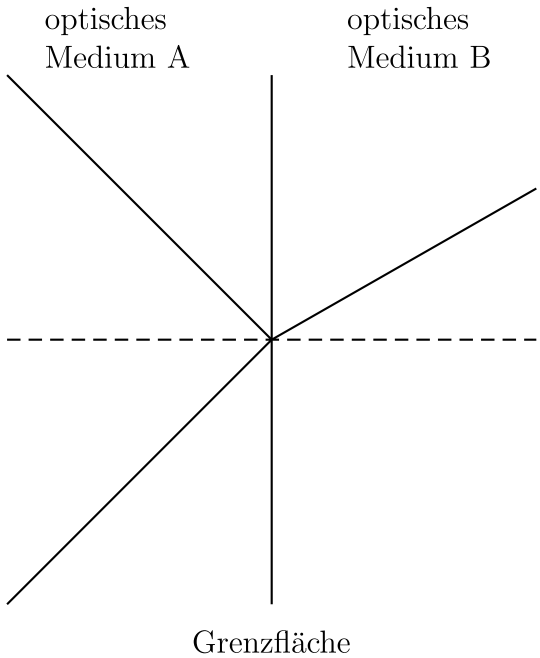
Lösung: (a) Das Viereck $ABCD$ hat bei B und D einen rechten Winkel. Da die Innenwinkelsumme in einem Viereck stets 180° ist, bleibt für $? = 180° - \varepsilon$.

Und somit ist $\boldsymbol{\beta}' + \boldsymbol{\gamma} = \boldsymbol{\varepsilon}$

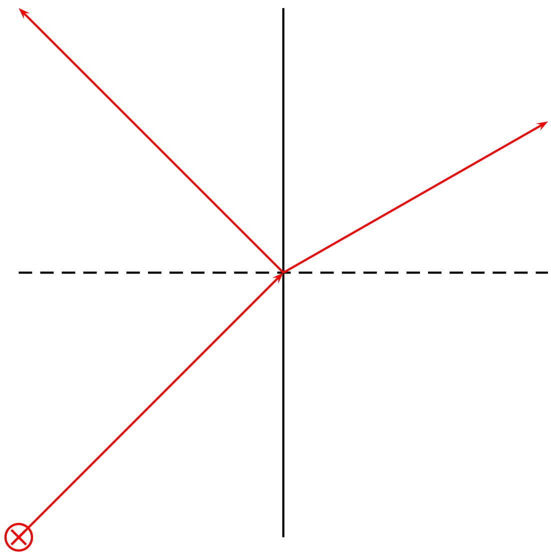
(b) Im Punkt B wird der Lichtstrahl um den Winkel $\boldsymbol{\beta} - \boldsymbol{\beta}'$ und im Punkt D um den Winkel $\boldsymbol{\gamma}' - \boldsymbol{\gamma}$ gedreht.

(c) $\boldsymbol{\vartheta} = \left(\boldsymbol{\beta} - \boldsymbol{\beta}'\right) + \left(\boldsymbol{\gamma}' - \boldsymbol{\gamma}\right) = \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\gamma}' - \left(\boldsymbol{\beta}' + \boldsymbol{\gamma}\right) = \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\gamma}' - \boldsymbol{\varepsilon}$

2. Beim Übergang des Lichtes von einem optischen Medium in ein anderes beobachtet man die gezeichneten Lichtstrahlen. Beantworte die folgenden Fragen und gib jeweils eine Begründung an:
   (a) Welches Medium ist optisch dicher?
   (b) In welcher Richtung verläuft das Licht?
   (c) Wo ist die Lichtquelle?



Lösung: Medium B ist optisch dichter als Medium A.



3. Ein Versuch zur Untersuchung des Brechungsverhaltens von Licht beim Übergang von Luft in Wasser, Luft in Glas bzw. Luft in Diamant erbrachte folgende Ergebnisse. Dabei bezeichnet α den Einfallswinkel und β den Brechwinkel.

Wasser

$\frac{\alpha}{\circ}$	0	10	20	30	40	50	60	65	70	75	80	85
$\frac{\beta}{\circ}$	0	8	15	23	29	36	42	44	46	48	49	50

Glas

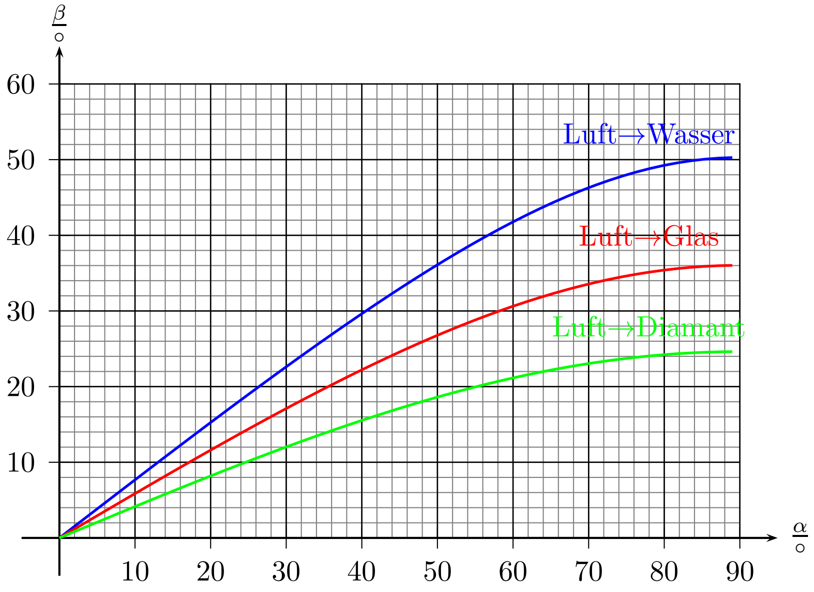
$\frac{\alpha}{\circ}$	0	10	20	30	40	50	60	65	70	75	80	85
$\frac{\beta}{\circ}$	0	6	12	17	22	27	31	32	34	35	35	36

Diamant

$\frac{\alpha}{\circ}$	0	10	20	30	40	50	60	65	70	75	80	85
$\frac{\beta}{\circ}$	0	4	8	12	17	19	21	22	23	24	24	25

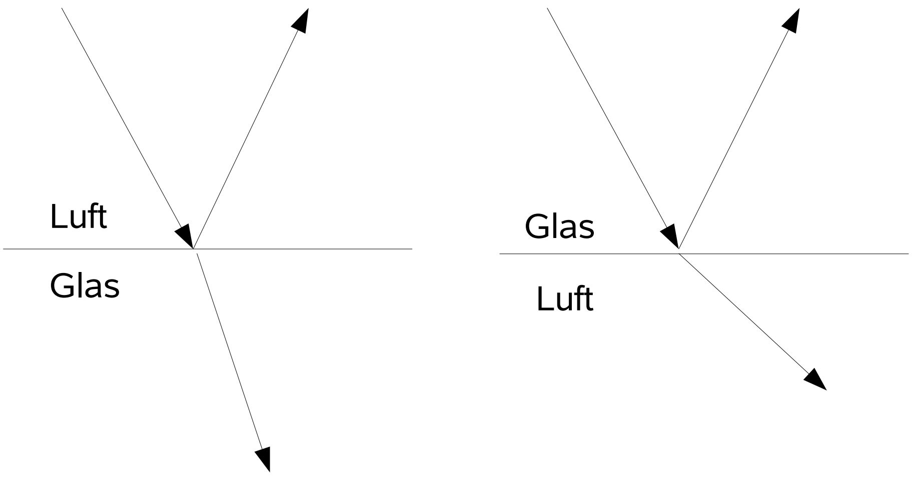
Trage die Messwerte auf mm–Papier in gemeinsames Diagramm ein!
Format: DIN A4 hoch, auf beiden Achsen 1 cm für 10°.

Lösung:



4. Wie kann man experimentell das Verhalten von Licht beim Übergang von Glas nach Luft untersuchen? Skizziere einen möglichen Versuchsaufbau und beschreibe die Beobachtung.

Lösung: Z. B. Lichtstrahl auf Glaskörper (Grenzschicht) fallen lassen:



An jeder Grenzfläche tritt Reflexion auf. Beim Übergang von Luft nach Glas (dichteres Medium) wird der Strahl zum Lot hin gebrochen. Beim Übergang von Glas (dichteres Medium) nach Luft wird der Strahl vom Lot weg gebrochen. Wird dabei der Grenzwinkel überschritten gibt es keinen gebrochenen Strahl mehr (Totalreflexion).

3.3 Linsen

1. (a) Beschreibe, wie man die Brennweite f einer Sammellinse bestimmen kann.
   (b) Ein leuchtender Gegenstand wird vor der Sammellinse aufgestellt. In welchem Bereich steht der Gegenstand, wenn sein scharfes Bild (reell) gleich groß auf dem Bildschirm zu sehen ist. Wie groß ist der Abstand des Bildes von der Linse?
   (c) Was ändert sich an der Abbildung von Teilaufgabe (b), wenn der Gegenstand nun weiter von der Linse entfernt wird?

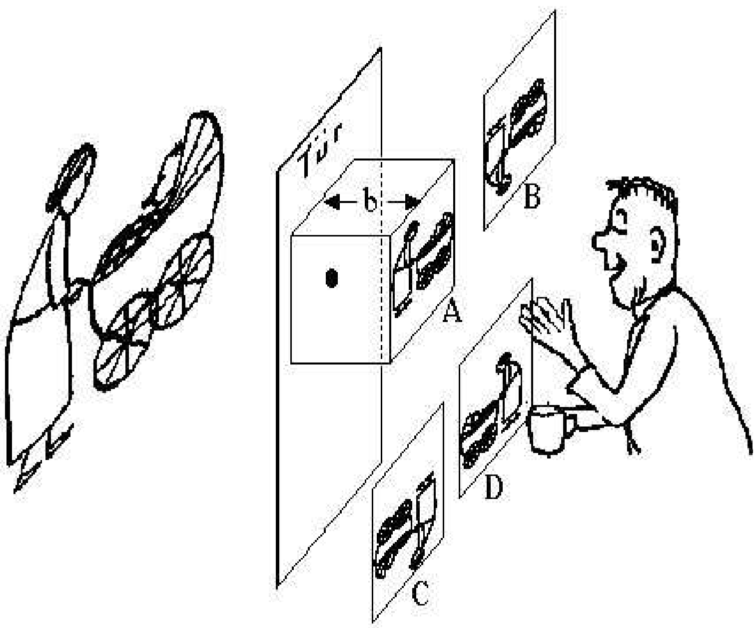
   Quelle: Julia Pürkner

Lösung: (a) Man lässt paralleles Licht auf die Linse fallen (Linsenebene senkrecht zu den Strahlen). Mit Hilfe eines Schirms stellt man den Brennpunkt fest. Der Abstand Brennpunkt-Linse ist die Brennweite f.

(b) In diesem Fall ist die Gegenstandsweite g gleich der doppelten Brennweite. Auch das Bild des Gegenstandes ist auf der anderen Linsenseite in der Entfernung $b = 2f$ zu beobachten.

(c) Die Bildweite verkleinert sich. Bei sehr weit entfernten Gegenständen ist die Bildweite b ungefähr gleich der Brennweite. Die Bildgröße B verkleinert sich im Vergleich zu Teilaufgabe (b).

2. Herr Schlaumeier hat in seine Wohnungstür ein kleines Loch gebohrt und im Abstand b hinter dem Loch eine Mattscheibe aufgestellt. Nun beobachtet er Frau Bolte.



   (a) Welches der Bilder A, B, C oder D sieht Herr Schlaumeier auf der Mattscheibe? Erläutere kurz deine Antwort!

(b) Da das Bild etwas unscharf und lichtschwach ist, setzt Herr Schlaumeier in das Loch eine Linse mit f=500mm. Sieht er damit ein vergrößertes oder verkleinertes Bild, wenn Frau Bolte 5,0m vom Loch entfernt ist? Begründe deine Antwort!

Quelle: Julia Pürkner

Lösung: (a) Das Bild C ist richtig, da das Bild, welches die Lochkamera entwirft, höhen- und seitenverkehrt ist.

(b) Gegenstände werden verkleinert, wenn die Gegenstandsweite g größer als die doppelte Brennweite ($2f = 2 \cdot 50$ cm $= 100$ cm) ist. Da Frau Bolte g =500 cm entfernt ist, entsteht ein verkleinertes Bild.

3. Beim Diaprojektor wird ein durchleuchtetes Bild mit einer Linse auf einer Leinwand abgebildet.

   (a) Das Bild auf der Leinwand ist zunächst zu klein, aber scharf. Was muss man mit dem Projektor tun, damit das Bild größer wird?

   (b) Das Vorgehen von Teilaufgabe (a) war erfolgreich, das Bild wurde größer. Was ist nun aber schlecht?

   (c) Durch welche Änderung am Projektor kann man auch den Nachteil aus Teilaufgabe (b) beheben?

   Quelle: Julia Pürkner

Lösung: (a) Man muss den Projektor weiter von der Wand entfernen.

(b) Das Bild ist unscharf geworden.

(c) Man muss den Abstand zwischen dem Dia (Gegenstand) und dem Objektiv (Linse) verändern. Genauer: Man muss den Abstand zwischen Dia und Objektiv verkleinern.

3.4 Farben

1. **Sonnenlicht**

   Die Sonne ist für das irdische Leben unverzichtbar. Allerdings wird auch sehr häufig vor Gefahren der Sonnenstrahlung gewarnt. Dabei wird auf verschiedene Anteile der Sonnenstrahlung, deren Eigenschaften und Wirkungen Bezug genommen.

   (a) Nenne die verschiedenen Anteile des Sonnenlichts. Wonach unterscheidet man diese?

   (b) Als Folge der Wechselwirkung des Sonnenlichts mit Materie lassen sich Wirkungen wie der Sonnenbrand, die Fotosynthese und die starke Erwärmung eines Körpers beobachten. Ordne diesen drei Wirkungen die dafür verantwortlichen Anteile des Sonnenlichts zu.

(c) Geldscheine werden mit Hilfe von ultraviolettem Licht auf Echtheit geprüft. Beschreibe eine Möglichkeit für den Nachweis des UV-Anteils in der Sonnenstrahlung mit Hilfe eines Geldscheines.

Quelle: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004

Lösung: (a) Es werden für den Menschen sichtbare und unsichtbare Anteile unterschieden.

Unsichtbare Anteile: Infrarot (Wärmestrahlung) und Ultraviolett

Sichtbare Anteile: Farbspektrum

(b)
- Sonnenbrand, Ursache: ultraviolette Strahlung
- Fotosynthese, Ursache: Teile des sichtbaren Lichtes
- Starke Erwärmung von Körpern, Ursache: infrarote Strahlung