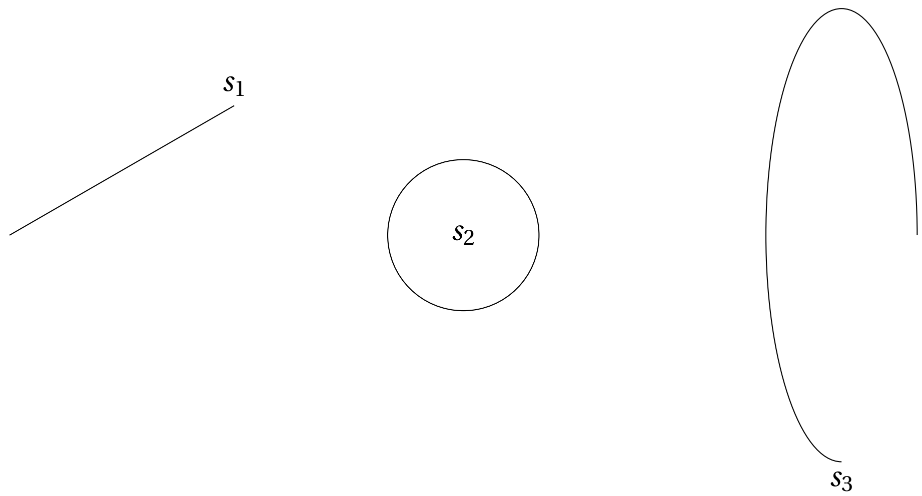
Aufgabensammlung Mechanik

Inhaltsverzeichnis

1 Einheiten

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/einheiten01.tex`.

AUFGABE 1: Bestimmen Sie die Länge der Wege s_1, s_2 und s_3.



LÖSUNG 1: Der Weg s_1 sollte 3,43 cm lang sein.
Der Weg s_2 beschreibt einen Kreis mit einem Radius von 1 cm. Sollte also 6,28 cm lang sein. Der Weg s_3 beschreibt dreiviertel eine Ellipse mit einem Radius von 1 cm und einem Radius von 3 cm. Dieser Weg sollte etwa 10 cm lang sein.

KLösung $s_1 = 3{,}43\,\text{cm}$, $s_2 = 6{,}28\,\text{cm}$, $s_3 \approx 10\,\text{cm}$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/einheiten02.tex`.

AUFGABE 2: Die ursprüngliche Definition des Meters definiert ihn als das $4 \cdot 10^{-7}$-fache des Erdumfangs am Äquator.

a) Welchen Umfang hat die Erde am Äquator (nach dieser Definition)?

b) Wäre die Erde eine ideale Kugel, wie gross wäre ihr Radius?

c) Welches Volumen hätte die Erde?

LÖSUNG 2:

a) Der Umfang am Äquator wäre $4 \cdot 10^7$ m. Das sind $4 \cdot 10^4$ km, also 40 000 km.

b)

$$U = 2 \cdot \pi \cdot r \rightarrow r = \frac{U}{2 \cdot \pi} = \frac{40\,000\,\text{km}}{2 \cdot \pi} = 6366{,}2\,\text{km}$$

c)

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = 1{,}08 \cdot 10^{12}\,\text{km}^3 = 1{,}08 \cdot 10^{21}\,\text{m}^3$$

KLösung a) $40\,000\,\mathrm{km}$, b) $6366{,}2\,\mathrm{km}$, c) $1{,}08 \cdot 10^{21}\,\mathrm{m}^3$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/einheiten03.tex`.

AUFGABE 3: Ein Bildschirm hat eine Diagonale von $15{,}6''$. Wie vielen Zentimetern entspricht das?

LÖSUNG 3: Ein Zoll sind $2{,}54\,\mathrm{cm}$. Damit sind $15{,}6\,''$ gleich $39{,}624\,\mathrm{cm}$.

KLösung 39,624 cm

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/einheiten04.tex`.

AUFGABE 4: Ein Drucker hat eine Auflösung von 300 dpi (dots per inch). Wie viele Punkte druckt er pro Quadratzentimeter?

KLösung Etwa 13 900 Punkte.

LÖSUNG 4: Ein Inch sind 2,54 cm (so wie ein Zoll). Dann kommen 118 Punkte auf einen Zentimeter. Das bedeutet 13 924 Punkte auf einen Quadratzentimeter.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/einheiten05.tex`.

AUFGABE 5: Wie viele Sekunden hat eine Woche?

LÖSUNG 5:

$$60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 7 = 604\,800$$

KLösung 604 800

AUFGABE 6: Das Universum ist etwa $4{,}3 \cdot 10^{17}$ s alt. Wie viele Jahre sind das?

LÖSUNG 6: Ein Jahr hat etwa 365,25 Tage. Das sind 31 557 600 Sekunden. Damit ist das Universum etwa $1{,}36 \cdot 10^{10}$ Jahre alt. Das sind 13,6 Milliarden Jahre.

KLösung 13,6 Milliarden Jahre

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/einheiten06.tex`.

AUFGABE 7: Ein Auto hat ein Gewicht von 1,6 T. Wie viele Gramm sind das?

LÖSUNG 7:

$$m = 1{,}6\,\mathrm{T} = 1600\,\mathrm{kg} = 1\,600\,000\,\mathrm{g}$$

KLösung 1 600 000 g

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/einheiten07.tex`.

AUFGABE 8: Eine Tintenpatrone mit 10 g Tinte kostet 30 Fr. Wie viel kostet es einen Buchstaben zu drucken, wenn dafür 3 μg Tinte verbraucht werden.

LÖSUNG 8:

$$\frac{3\,\mu\mathrm{g}}{10\,\mathrm{g}} \cdot 30\,\mathrm{Fr} = \frac{3 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{kg}}{10 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{kg}} \cdot 30\,\mathrm{Fr} = 9 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{Fr}$$

KLösung $9 \cdot 10^{-6}$ Fr

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/einheiten08.tex`.

AUFGABE 9: Eine Idee das Kilogramm neu zu definieren, besteht im Abzählen von Atomen. Jedes Atom hat eine bestimmte Masse. Gesucht ist nun die richtige Anzahl eines bestimmten Atomtyps. Wie viele Atome ${}^{28}_{14}\mathrm{Si}$ (Silizium, mit atomarer Masse 28) benötigt man, für ein Kilogramm?

LÖSUNG 9: 1 Mol dieses Silizium Isotops wiegt 28 g. Also benötigt man $\frac{1000\,\mathrm{g}}{28\,\mathrm{g/mol}} = 35{,}714$ mol dieses Isotops. Das sind $35{,}714\,\mathrm{mol} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1} = 2{,}1500 \cdot 10^{25}$ Atome.

KLösung $2{,}1500 \cdot 10^{25}$

2 Dichte

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/dichte01.tex`.

AUFGABE 10: Ein Würfel mit einer Kantenlänge von 10 cm wiegt 2,7 kg. Aus welchem Material ist der Würfel? Welche Masse hätte der Würfel, wenn er aus Gold wäre?

LÖSUNG 10: $V = 0.1^3 m^3 = 0.001 m^3$ $\rho = m/V = \frac{2{,}7\,\mathrm{kg}}{0{,}001\,\mathrm{m}^3} = 2700\,\mathrm{kg/m^3}$ (Aluminium)
$m = V \cdot \rho = 0{,}001\,\mathrm{m}^3 \cdot 19\,290\,\mathrm{kg/m^3} = 19{,}29\,\mathrm{kg}$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/dichte02.tex`.

AUFGABE 11: Berechnen Sie die Dichte der Erde. Nehmen Sie an, dass die Erde eine Kugel mit einem Umfang von 40 000 km ist. Die Masse der Erde ist $5{,}974 \cdot 10^{24}$ kg.

LÖSUNG 11:

$$U_{\text{Kreis}} = 2\pi \cdot R \rightarrow R = \frac{U_{Kreis}}{2 \cdot \pi} = \frac{40 \cdot 10^6\,\text{m}}{2 \cdot \pi} = 6{,}3662 \cdot 10^6\,\text{m}$$

$$V_{\text{Kugel}} = \frac{4}{3}\pi \cdot R^3 = 1{,}0808 \cdot 10^{21}\,\text{m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{5{,}974 \cdot 10^{24}\,\text{kg}}{1{,}0808 \cdot 10^{21}\,\text{m}^3} = 5527{,}4\,\text{kg/m}^3 = 5{,}5\,\text{g/cm}^3$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/dichte03.tex`.

AUFGABE 12: Die Dichte der Sonne ist $1{,}4\,\mathrm{g/cm^3}$. Die Masse ist $1{,}989 \cdot 10^{30}\,\mathrm{kg}$. Welches Volumen hat die Sonne?.

LÖSUNG 12:

$$\rho = \frac{m}{V} \to V = \frac{m}{\rho} \approx \frac{2 \cdot 10^{30}\,\mathrm{kg}}{1400\,\mathrm{kg/m^3}} = 1{,}4286 \cdot 10^{27}\,\mathrm{m^3}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/dichte04.tex`.

AUFGABE 13: Ein Neutronenstern mit der dreifachen Sonnenmasse hat einen Durchmesser von etwa 20 km. Wie gross ist seine Dichte?

LÖSUNG 13:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{3 \cdot 1{,}989 \cdot 10^{30}\,\mathrm{kg}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 1 \cdot 10^{12}\,\mathrm{m}^3} = 1{,}424 \cdot 10^{18}\,\mathrm{kg/m}^3$$

3 Geschwindigkeit

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/geschwindigkeit00a.tex`.

AUFGABE 14: Was verstehen Sie unter Geschwindigkeit? Stellen Sie eine Definition für die Geschwindigkeit auf.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/geschwindigkeit00b.tex`.

AUFGABE 15: Welche Geschwindigkeit haben Sie auf Ihrem morgendlichen Schulweg? Überlegen Sie für jeden Teilweg (Fussweg, Bus/Bahn, ...).

- Wie weit ist der Weg?
- Wie lange brauchen ich für den Weg?

Berechnen Sie daraus die Durchschnittsgeschwindigkeiten der Teilwege. Wie gross ist die höchste Geschwindigkeit auf Ihrem Weg?

Stellen Sie Ihren Schulweg in einem Koordinatensystem graphisch dar. Tragen Sie auf er x-Achse die Zeit auf und auf der y-Achse den Weg auf.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/geschwindigkeit01.tex`.

AUFGABE 16: Ein Velofahrer braucht für eine 18 km lange Strecke 45 min. Wie hoch ist seine Durchschnittsgeschwindigkeit?

KLösung 24 km/h

LÖSUNG 16:

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{18\,\mathrm{km}}{0{,}75\,\mathrm{h}} = 24\,\mathrm{km/h}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/geschwindigkeit02.tex`.

AUFGABE 17: Ein Floss treibt mit konstanter Geschwindigkeit auf einem Fluss. Die Fliessgeschwindigkeit des Flusses ist 1 m/s. Wie weit ist das Floss nach einer Stunde gekommen?

KLösung 3600 m

LÖSUNG 17:

$$\Delta s = \bar{v} \cdot \Delta t = 1\,\mathrm{m/s} \cdot 3600\,\mathrm{s} = 3600\,\mathrm{m}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/geschwindigkeit03.tex`.

AUFGABE 18: Wie lange braucht das Licht für die Entfernung von

a) der Sonne zur Erde (der mittlere Abstand ist $1{,}5 \cdot 10^{11}$m),

b) der Erde zum Mond (mittlerer Abstand $3{,}84 \cdot 10^{8}$m)?

KLösung a) 500 s, b) 1,28 s

LÖSUNG 18:

a)

$$\Delta t = \frac{1{,}5 \cdot 10^{11}\,\mathrm{m}}{3 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m/s}} = 500\,\mathrm{s}$$

b)

$$\Delta t = \frac{3{,}84 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m}}{3 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m/s}} = 1{,}28\,\mathrm{s}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/geschwindigkeit04.tex`.

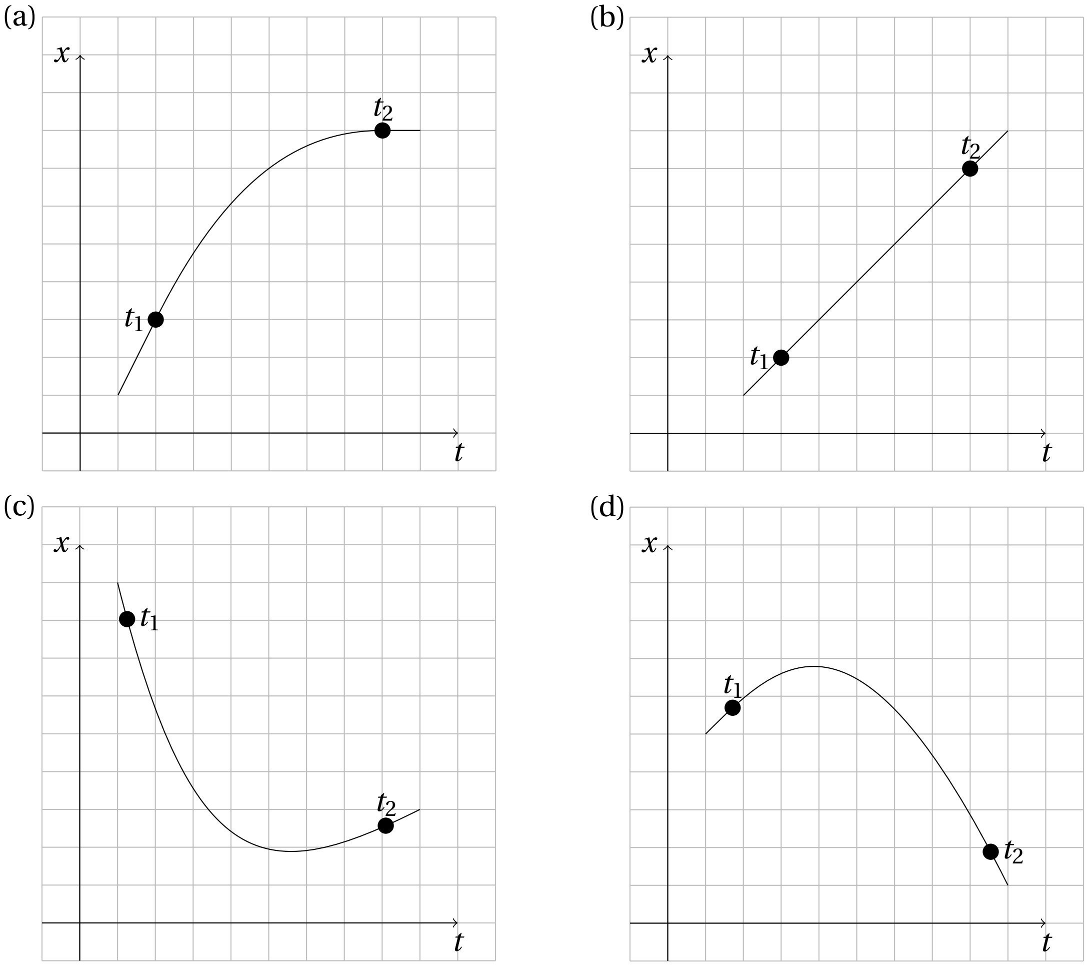
AUFGABE 19: Wie weit ist ein Lichtjahr (ein Lichtjahr ist die Strecke die das Licht in einem Jahr im Vakuum zurücklegt)?
KLösung $9{,}4608 \cdot 10^{15}\,\mathrm{m}$

LÖSUNG 19:

$$\Delta t = 1\,\mathrm{a} = 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 31\,536\,000\,\mathrm{s}$$
$$\Delta s = v \cdot \Delta t = 3 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m/s} \cdot 31\,536\,000\,\mathrm{s} = 9{,}4608 \cdot 10^{15}\,\mathrm{m}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/geschwindigkeit05.tex`.

AUFGABE 20: Geben Sie für die vier folgenden Weg-Zeit-Diagramme an, ob die Geschwindigkeit v_1 zum Zeitpunkt t_1 grösser, kleiner oder gleich der Geschwindigkeit v_2 zum Zeitpunkt t_2 ist.



KLösung a) $v_1 > v_2$ $\quad |v_1| > |v_2|$
b) $v_1 = v_2$ $\quad |v_1| = |v_2|$
c) $v_1 < v_2$ $\quad |v_1| > |v_2|$
d) $v_1 > v_2$ $\quad |v_1| < |v_2|$

LÖSUNG 20:

a) $v_1 > v_2$ $\quad |v_1| > |v_2|$

b) $v_1 = v_2$ $\quad |v_1| = |v_2|$

c) $v_1 < v_2$ $\quad |v_1| > |v_2|$

d) $v_1 > v_2$ $\quad |v_1| < |v_2|$

4 Beschleunigung

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/geschwindigkeit06.tex`.

AUFGABE 21: Lassen Sie einen Gegenstand (Stein, Metallmutter oder etwas anderes kleines schweres) aus verschiedenen Höhen fallen und messen Sie die Zeit, die es zum Herunterfallen benötigt (Fallzeit).

Erstellen Sie eine Tabelle, in die Sie die Messwerte eintragen. Messen Sie für fünf verschiedene Höhen und wiederholen Sie die Messungen einige Male (Sie bekommen dadurch Übung und die Messwerte werden genauer). Berechnen Sie für jede Fallhöhe den Mittelwert der Fallzeit und tragen Sie diese in ein Weg-Zeit-Diagramm (x-Achse Zeit, y-Achse Weg) ein.

Können Sie einen Zusammenhang zwischen Fallhöhe und Fallzeit feststellen? Was müsste man in diesem Experiment verbessern?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/geschwindigkeit07.tex`.

AUFGABE 22: Schauen Sie sich das Video an und übernehmen Sie die Messwerte in eine Tabelle. Zwischen jedem Bild vergeht 0,1 Sekunden. Zeichnen Sie die Messwerte in ein Weg-Zeit-Diagramm ein.

Kennen Sie die Form dieser Kurve? Wie gross ist die Konstante?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/beschleunigung01.tex`.

AUFGABE 23: Ein Zug beschleunigt auf einer Hochgeschwindigkeitsstrecke aus dem Stand mit einer Beschleunigung von $2\,\mathrm{m/s^2}$.

a) Welche Geschwindigkeit hat er nach 1 min erreicht?

b) Welche Strecke hat er bis dahin zurückgelegt?

KLösung a) $120\,\mathrm{m/s}$, b) $3600\,\mathrm{m}$

LÖSUNG 23:

a)
$$v = v_0 + a \cdot \Delta t = 2\,\mathrm{m/s^2} \cdot 60\,\mathrm{s} = 120\,\mathrm{m/s}$$

b)
$$\Delta s = v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot (\Delta t)^2 = 0.5 \cdot 2\,\mathrm{m/s^2} \cdot (60\,\mathrm{s})^2 = 3600\,\mathrm{m}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/beschleunigung02.tex`.

AUFGABE 24: Ein Auto beschleunigt gradlinig gleichförmig in 5s von 0km/h auf 100km/h. Wie gross ist die Beschleunigung?

KLösung 5,56 $\mathrm{m/s^2}$

LÖSUNG 24:

$$\Delta v = v_1 - v_0 = 100\,\mathrm{km/h} = 27{,}8\,\mathrm{m/s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{27{,}8\,\mathrm{m/s}}{5\,\mathrm{s}} = 5{,}56\,\mathrm{m/s^2}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kinematik01.tex`.

AUFGABE 25: Ein Auto fährt geradlinig gleichförmig mit einer Geschwindigkeit von 120km/h auf der Autobahn.

a) Wie weit kommt es in drei Sekunden?

b) Vor einem Tunnel bremst der Fahrer das Auto in zwei Sekunden auf 100 km/h ab. Wie gross ist die Beschleunigung?

c) Der Tunnel ist 140 m lang. Wie lange braucht das Auto durch den Tunnel?

d) Zeichnen Sie ein v-t-Diagramm und ein a-t-Diagramm der Aufgabe.

KLösung a) 100 m, b) $-2{,}8\,\mathrm{m/s^2}$, c) 5 s

LÖSUNG 25:

a) Das Auto kommt 100 m weit.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta s = v \cdot \Delta s = 33{,}3\,\mathrm{m/s} \cdot 3\,\mathrm{s} = 100\,\mathrm{m}$$

b) Die Beschleunigung ist $-2{,}8\,\mathrm{m/s^2}$.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-5{,}5\,\mathrm{m/s}}{2\,\mathrm{s}} = -2{,}8\,\mathrm{m/s}$$

c) Das Auto braucht 5 Sekunden durch den Tunnel.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{140\,\mathrm{m}}{27{,}8\,\mathrm{m/s}} = 5\,\mathrm{s}$$

4.1 Aufgaben mit beiden Formeln

AUFGABE 26: Sie schieben ein Spielzeugauto über den Tisch. Nachdem es die Hand verlassen hat, hat es eine Geschwindigkeit von 3 m/s. Nach 2,5 m bleibt das Auto stehen.

a) Wie gross ist die Beschleunigung?

b) Nach welcher Zeit kommt der Wagen zum stehen?

LÖSUNG 26: Gegeben: $v_0 = 3\,\mathrm{m/s}$, $\Delta s = 2{,}5\,\mathrm{m}$.

a) Für die beschleunigte Bewegung haben wir zwei Formeln. Beide enthalten die Zeit t. Wir formen $v = v/t$ nach t um und setzten in $s = 1/2 \cdot a \cdot t^2$ ein.

$$s = \frac{1}{2}\frac{v^2}{a} \rightarrow a = \frac{1}{2}\frac{v^2}{s} = 0{,}5 \cdot \frac{3\,\mathrm{m/s}^2}{2{,}5\,\mathrm{m}} = 1{,}8\,\mathrm{m/s}^2$$

Die Geschwindigkeit nimmt ab. Die Beschleunigung muss also negativ sein. $a = -1{,}8\mathrm{m/s}^2$.

b) Das Ergebnis von a) in $v = a \cdot t$ einsetzen.

$$v = a \cdot t \rightarrow t = \frac{v}{a} = \frac{3\,\mathrm{m/s}}{1{,}8\,\mathrm{m/s}^2} = 1{,}667\,\mathrm{s}$$

KLösung a) = $a = -1{,}8\,\mathrm{m/s^2}$, b) 1,667 s

5 Kreisbewegung

Die Aufgaben 27, 28 und 29 sind alle vom gleichen Typ. Die Schwierigkeit besteht darin die Frequenz der Kreisbewegung als gegebene Grösse zu erkennen. Ist dieses Hindernis überwunden muss die Winkelgeschwindigkeit berechnet werden und im Anschluss die Bahngeschwindigkeit.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kreis01.tex`.

AUFGABE 27: Ein Rasenmähermotor schafft maximal 3000 Umdrehungen in der Minute.

a) Welcher Winkelgeschwindigkeit entspricht das?

b) Wie hoch ist die Geschwindigkeit aussen am Rasenmähermesser? Der Durchmesser der Schneide ist 50 cm.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kreis02.tex`.

AUFGABE 28: Ein Flugzeugturbine schafft maximal 44 000 Umdrehungen in der Minute.

a) Welcher Winkelgeschwindigkeit entspricht das?

b) Wie hoch ist die Geschwindigkeit aussen an den Turbinenblättern? Der Durchmesser der Turbine ist 120 cm.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kreis03.tex`.

AUFGABE 29: Ein Elektromotor schafft maximal 8000 Umdrehungen in der Minute.

a) Welcher Winkelgeschwindigkeit entspricht das?

b) Wie hoch ist die Geschwindigkeit am montierten Rad, dessen Durchmesser 65 cm gross ist?

6 Bewegung in drei Raumrichtungen

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/beschleunigung03.tex`.

AUFGABE 30: Ein Ball wird mit einer Geschwindigkeit von 30 m/s nach oben geworfen, und fällt durch die Fallbeschleunigung wieder zu Boden.

a) Zeichnen Sie ein Beschleunigungs-Zeit- und in ein Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm für diesen Wurf.

b) Wie lange braucht der Ball bis zum höchsten Punkt?

c) Wie hoch steigt der Ball insgesamt?

d) Der Ball soll 50 m hoch kommen. Mit welcher Geschwindigkeit v_0 muss er hochgeworfen werden?

e) Zeichnen Sie ein Weg-Zeit-Diagramm und erklären Sie es.

KLösung b) 3,06 s, c) 45,87 m, d) 31,3 m/s

LÖSUNG 30:

a)

b) Am höchsten Punkt ist die Geschwindigkeit $v = 0$. Wir können also schreiben

$$0 = v_0 + a \cdot t \rightarrow t = -\frac{v_0}{a} = \frac{30\,\mathrm{m/s}}{9.81 m/s^2} = 3{,}06\,\mathrm{s}.$$

c) Dies kann auf drei unterschiedlichen Wegen bestimmt werden.

- $s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 30\mathrm{m/s} \cdot 3{,}06\mathrm{s} + 0.5 \cdot (-9{,}81\mathrm{m/s^2}) \cdot (3{,}06\mathrm{s})^2 = 91{,}743\mathrm{m} - 45{,}872\mathrm{m} = 45{,}872\,\mathrm{m}$
- $\bar{v} = \frac{1}{2} \cdot (v_0 + v_1) \rightarrow s = \bar{v} \cdot t = 15\,\mathrm{m/s} \cdot 3{,}06\,\mathrm{s} = 45{,}872\,\mathrm{m}$
- Oder man bestimmt die Fläche im v-t-Diagramm.

d) Der Ball braucht genauso viel Zeit um von unten nach oben aufzusteigen, wie um von oben nach unter herabzufallen. Wir berechnen nun die Zeit um 50 Meter zu fallen.

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}} = \sqrt{\frac{100\,\mathrm{m}}{9{,}81\,\mathrm{m/s^2}}} = 3{,}2\,\mathrm{s}$$

Mit

$$v = v_0 + a \cdot t \rightarrow v_0 = -a \cdot t = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2} \cdot 3{,}2\,\mathrm{s} = 31{,}321\,\mathrm{m/s}.$$

Alternativ kann man auch folgendes rechnen:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \rightarrow v_0 = \sqrt{v^2 - 2 \cdot a \cdot \Delta s} = \sqrt{0\,\mathrm{m/s} - 2 \cdot (-9{,}81\,\mathrm{m/s^2}) \cdot 50\,\mathrm{m}} =$$
$$= \sqrt{981\,\mathrm{m^2/s^2}} = 31{,}321\,\mathrm{m/s}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kinematik02.tex`.

AUFGABE 31: Ein Wasserstrahl tritt mit einer konstanten Geschwindigkeit von 40 m/s senkrecht nach oben aus (wie bei einer Fontäne).

a) Zeichen Sie ein a-t-, ein v-t- und ein s-t-Diagramm eines Wassertropfens.

b) Wie lange braucht ein Wassertropfen ganz nach oben?

c) Wie hoch kommt der Wassertropfen dabei?

d) Welche Anfangsgeschwindigkeit braucht der Wasserstrahl, damit die Fontäne wie in Genf 130 m hoch ragt?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/bew3d01.tex`.

AUFGABE 32: Ein Kaugummi wird horizontal aus dem Fenster ($h = 3\,\text{m}$) eines fahrenden Zuges ($v_{\text{Zug}} = 120\,\text{km/h}$) gespuckt. Die Spuckgeschwindigkeit ist 3 m/s.

a) Wo fällt das Kaugummi zu Boden?

b) Wohin fällt das Kaugummi aus der Sicht des Kaugummispuckes? Begründen Sie Ihre Antwort.

KLösung $s_x = 26{,}07\,\text{m}$ und $s_y = 2{,}3462\,\text{m}$

LÖSUNG 32:

a) Zuerst berechnen wir das Fallen des Kaugummi im Schwerefeld der Erde. Es gilt: (v_{0z} die Anfangsgeschwindigkeit in Richtung Boden ist Null.

$$s = v_{0z} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3\,\text{m}}{9{,}81\,\text{m/s}^2}} = 0{,}78\,\text{s}$$

Das Kaugummi hat die gleiche Geschwindigkeit wie der Zug $v_x = 120\text{km/h} = 33{,}3\text{m/s}$.

$$s_x = v_x \cdot t = 33{,}3\,\text{m/s} \cdot 0{,}78\,\text{s} = 26{,}069\,\text{m}$$
$$s_y = v_y \cdot t = 3\,\text{m/s} \cdot 0{,}78\,\text{s} = 2{,}3462\,\text{m}$$

b) Aus Sicht des Spuckers fällt das Kaugummi senkrecht zu Boden.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/bew3d02.tex`.

AUFGABE 33: Ein Wasserstrahl tritt mit einer konstanten Geschwindigkeit von 30 m/s senkrecht nach oben aus.

a) Wie lange braucht ein Wassertropfen ganz nach oben?

b) Wie hoch kommt der Wassertropfen dabei?

c) Welche Anfangsgeschwindigkeit v_0 braucht der Wasserstrahl damit die Fontäne 100 m hoch ist?

d) Wie lange dauert der Aufstieg dann?

e) Ein konstanter Seitenwind von 1 m/s wirkt auf die Fontäne. Wie gross ist der Ablenkungswinkel?

f) Wie weit weg vom Ursprung der Fontäne kommen die Wassertropfen auf der Wasseroberfläche an?

g) Wie stark muss der Wind wehen, damit die Wassertropfen nach 100 m wieder aufkommen?

h) Wie hoch müsste die Fontäne sein, damit die gleiche Auslenkung (100 m) wie in g) mit einem Seitenwind von 1 m/s erreicht wird?

LÖSUNG 33:

a)
$$v = v_0 - g \cdot t = 0 \rightarrow v_0 = g \cdot t \rightarrow t = \frac{v_0}{g} = \frac{30\,\text{m/s}}{10\,\text{m/s}^2} = 3\,\text{s}$$

b) Entweder mit der Formel $s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 30\,\text{m} \cdot 3\,\text{s} - 0{,}5 \cdot 10\,\text{m/s}^2 \cdot (3\,\text{s})^2 = 90\,\text{m} - 45\,\text{m} = 45\,\text{m}$
oder man berechnet die Fläche im v-t-Diagramm $s = \frac{1}{2} \cdot v_0 \cdot t = 15\,\text{m/s} \cdot 3\,\text{s} = 45\,\text{m}$.

c) Durch ausprobieren bekommen wir einen Wert zwischen 40 m/s und 50 m/s.
Mit $v^2 = v_0^2 - 2 \cdot a \cdot \Delta s = 0\text{m}^2/\text{s}^2 \rightarrow v_0^2 = 2 \cdot a \cdot \delta s \rightarrow v_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta s} = \sqrt{2 \cdot 10\,\text{m/s}^2 \cdot 100\,\text{m}} = 44{,}72\,\text{m/s}$

d) Wie in Teil a) $\rightarrow t = 4{,}5\,\text{s}$.

e) $s_x = v_x \cdot t = 1\,\text{m/s} \cdot 4{,}5\,\text{s} = 4{,}5\,\text{m}$
$\tan\alpha = \frac{4{,}5\,\text{m}}{100\,\text{m}} = 0{,}045 \rightarrow \alpha = 2{,}6°$

f) $s_x = v_x \cdot t = 1\,\text{m/s} \cdot 2 \cdot 4{,}5\,\text{s} = 9\,\text{m}$

g) $v_x = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{100\,\text{m}}{9\,\text{s}} = 11{,}1\,\text{m/s}$

h)

$$t = \frac{\Delta s}{v_x} = \frac{100\,\mathrm{m}}{1\,\mathrm{m/s}} = 100\,\mathrm{s} \to 50\,\mathrm{s}$$

um den höchsten Punkt zu erreichen.
Jetzt wie in a) $v_0 = g \cdot t = 10\,\mathrm{m/s^2} \cdot 50\,\mathrm{s} = 500\,\mathrm{s}$.
Wie in b) $\Delta s = \frac{1}{2} \cdot v_0 \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 500\,\mathrm{m/s} \cdot 50\,\mathrm{s} = 25\,000\,\mathrm{m}$.

7 Gravitation

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/gravitation01.tex`.

AUFGABE 34: Wie gross ist die Anziehungskraft zwischen einer ein Kilogramm schweren Kugel aus Blei, und einer ein Kilogramm schweren Kugel aus Holz, deren Massenmittelpunkte einen Meter von einander entfernt sind.

LÖSUNG 34:

$$F_{\text{Gra}} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6{,}674 \cdot 10^{-11}\,\text{Nm}^2/\text{kg}^2 \cdot \frac{1\,\text{kg} \cdot 1\,\text{kg}}{(1\,\text{m})^2} = 6{,}674 \cdot 10^{-11}\,\text{N}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/gravitation02.tex`.

AUFGABE 35: Wie gross ist die Gravitationskraft zwischen der Erde und einem 80 kg schweren Menschen auf der Erdoberfläche? Nehmen Sie an, die Erde sein ein Kugel mit einem Umfang von 40 000 km und einer Masse von $5{,}9722 \cdot 10^{24}$ kg.

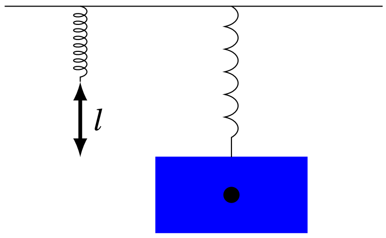
LÖSUNG 35: Der Radius lässt sich aus dem Umfang berechnen.
$U = 2 \cdot \pi \cdot r \rightarrow r = 6{,}366 \cdot 10^3$ m.

$$F_{\text{Gra}} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6{,}674 \cdot 10^{-11}\,\text{Nm}^2/\text{kg}^2 \cdot \frac{5{,}9722 \cdot 10^{24}\,\text{kg} \cdot 80\,\text{kg}}{(6366 \cdot 10^3\,\text{m})^2} = 786{,}77\,\text{N}$$

8 Federgesetz

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/federgesetz01.tex`.

AUFGABE 36: Betrachten Sie die Skizze welche Kräfte wirken auf die Feder? Zeichnen Sie diese Kräfte ein.



Sie finden diese Aufgabe: `\dir/federgesetz02.tex`.

AUFGABE 37: Eine Feder hat eine Federkonstante von $D = 300\,\mathrm{N/m}$. Ein Körper mit der Masse von 4 kg hängt an der Feder. Wie gross ist die Auslenkung der Feder?

LÖSUNG 37:

$$F_G = -F_F$$
$$m \cdot g = D \cdot l$$

$$l = \frac{m \cdot g}{D} = \frac{4\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}}{300\,\mathrm{N/m}} = 0{,}131\,\mathrm{m}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/federgesetz03.tex`.

AUFGABE 38: Zwei Federn mit unterschiedlichen Federkonstanten werden hintereinander gehängt. Die eine Feder hat eine Federkonstante von 100 N/m, die andere Feder hat eine Federkonstante von 50 N/m. Die Kraft, die auf die Federn wirkt sei 10 N. Wie gross ist die gesamte Auslenkung? Wie gross ist die Federkonstante?

LÖSUNG 38:

$$F = D \cdot l \to l = \frac{F}{D}$$

Die Kraft ist für beide Federn gleich gross.

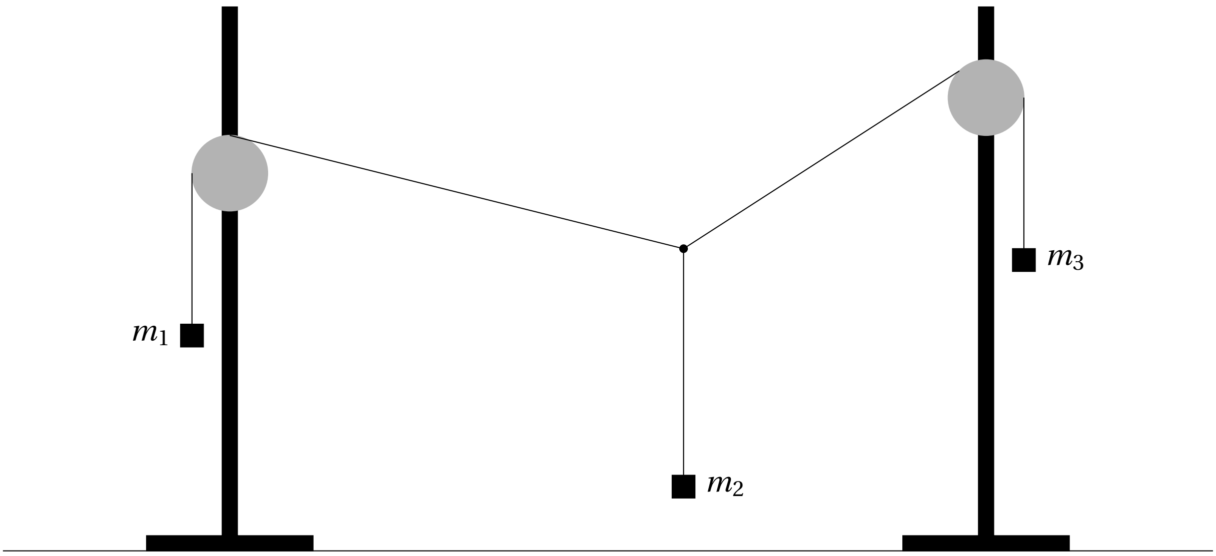
$$l = l_1 + l_2 = \frac{F}{D_1} + \frac{F}{D_2} = \frac{10\,\mathrm{N}}{100\,\mathrm{N/m}} + \frac{10\,\mathrm{N}}{50\,\mathrm{N/m}} = 0{,}1\,\mathrm{m} + 0{,}2\,\mathrm{m} = 0{,}3\,\mathrm{m}.$$

Um die Federkonstante zu bestimmen stellen wir das Federgesetz nach ihr um

$$F = D \cdot l \to D = \frac{F}{l} = \frac{10\,\mathrm{N}}{0{,}3\,\mathrm{m}} = 33{,}3\,\mathrm{N/m}.$$

9 Vektoren

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren01.tex`.



AUFGABE 39:

a) Zeichnen Sie die Gewichtskräfte F_1', F_2' und F_3' der Massen m_1, m_2 und m_3 ein.

b) Zeichnen Sie die Fadenkräfte F_1, F_2 und F_3 ein, die am Knotenpunkt angreifen.

c) Konstruieren Sie ein Kräfteparallelogramm der Kräfte F_1 und F_3, so dass die resultierende Kraft senkrecht nach oben zeigt.

d) Die Kraft F_1 sei 4,5 N. Bestimmen Sie die Beträge der Kräfte F_2 und F_3.

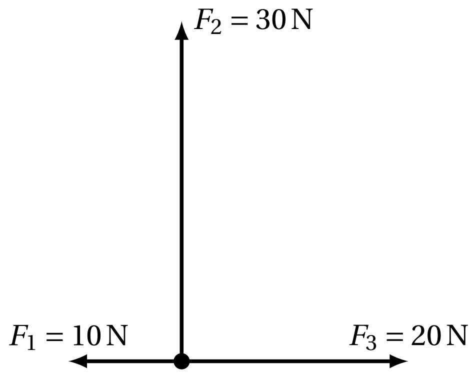
Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren02.tex`.

AUFGABE 40:

a) Bestimmen Sie die Richtung der resultierenden Kraft in der Abbildung.

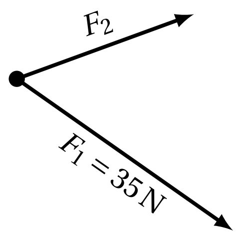
b) Es gibt zwei Möglichkeiten den Betrag der resultierenden Kraft zu bestimmen. Welche sind das?

c) Wie gross ist der Betrag?



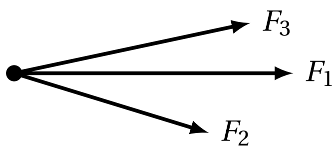
Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren03.tex`.

AUFGABE 41: Die Kräfte F_1 und F_2 haben den selben Angriffspunkt. Der Betrag der Kraft F_1 ist bekannt. Bestimmen Sie Betrag und Richtung jener dritten Kraft mit dem gleichen Angriffspunkt, welche das Gleichgewicht herstellt.

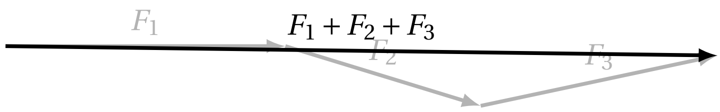


Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren04.tex`.

AUFGABE 42: Drei Hunde ziehen einen Hundeschlitten. Der erste Hund zieht mit 37 N, der zweite Hund mit 27 N unter einem Winkel von $-17°$. Der dritte Hund zieht mit einer Kraft von 32 N und einem Winkel von 12° (siehe Zeichnung). In welche Richtung und mit welcher Kraft wird der Schlitten gezogen. Lösen Sie graphisch.

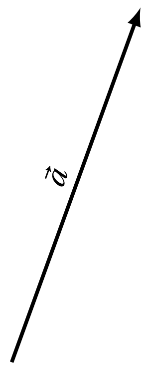


LÖSUNG 42: Durch verschieben der Vektoren bekommen wir den resultierenden Vektor. Seine Länge und sein Winkel können gemessen werden.



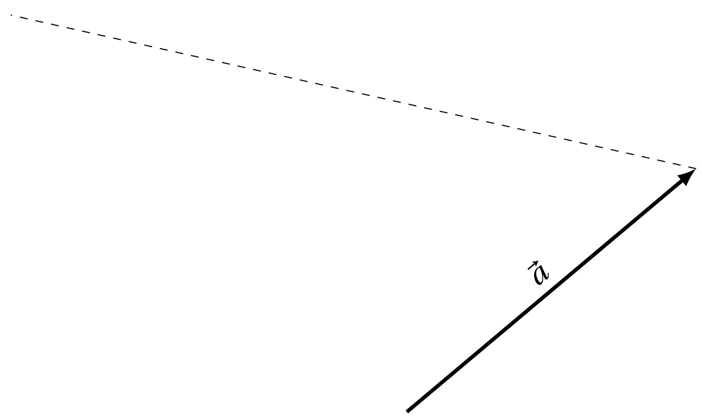
Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren05.tex`.

AUFGABE 43: Zerlegen Sie den Vektor $\vec{a}$ in zwei beliebige Vektoren.



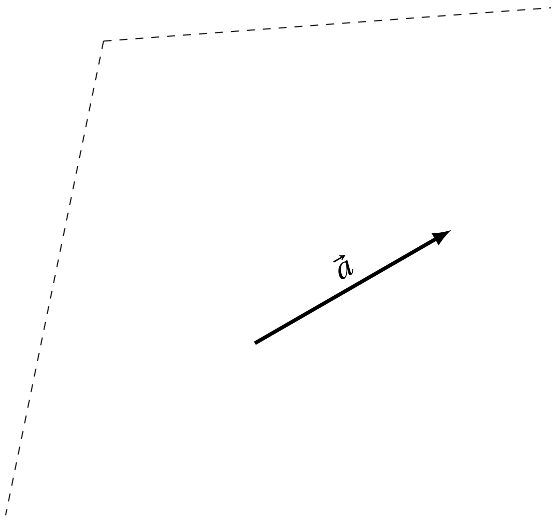
Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren06.tex`.

AUFGABE 44: Zerlegen Sie den Vektor $\vec{a}$ in zwei Vektoren, einer der Vektoren soll parallel zur gestrichelten Linie verlaufen.



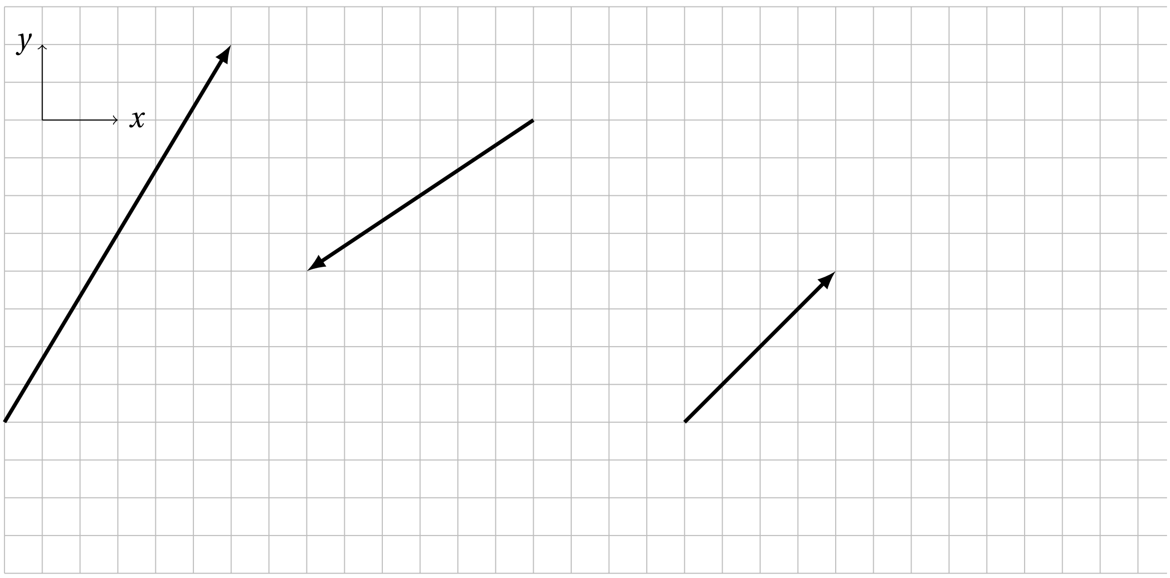
Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren07.tex`.

AUFGABE 45: Zerlegen Sie den Vektor $\vec{a}$ in zwei andere Vektoren, die parallel zu den gestrichelten Linien verlaufen.



Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren08.tex`.

AUFGABE 46: Zerlegen Sie die eingezeichneten Vektoren in ihre x- und y-Komponente.



Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren09.tex`.

AUFGABE 47:

Auf dem Foto ist eine Lampe zu sehen, die in der Freiburger Altstadt montiert ist. Die Lampe ist über eine Befestigung mit der Wand des Ursulinenklosters verbunden.

a) Zeichnen Sie die Gewichtskraft der Lampe an dessen Schwerpunkt an.

b) Die Lampe ist in Ruhe, es müssen also noch zusätzliche Kräfte auf die Lampe wirken. Zeichnen Sie diese ein.

c) Die Lampe sei 20 Kilogramm schwer. Übertragen Sie Kräfte aus dem Foto (Lageplan) in den Kräfteplan und bestimmen Sie zeichnerisch die Grösse der wirkenden Kräfte.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren10.tex`.

AUFGABE 48:

Kräfte sind ..... Damit ein Leser gleich sieht, dass es sich um eine ....rösse, und nicht um eine ....rösse handelt, schreibt man über dem Formelbuchstaben einen kleinen ..... Zum Beispiel $\vec{F}$.

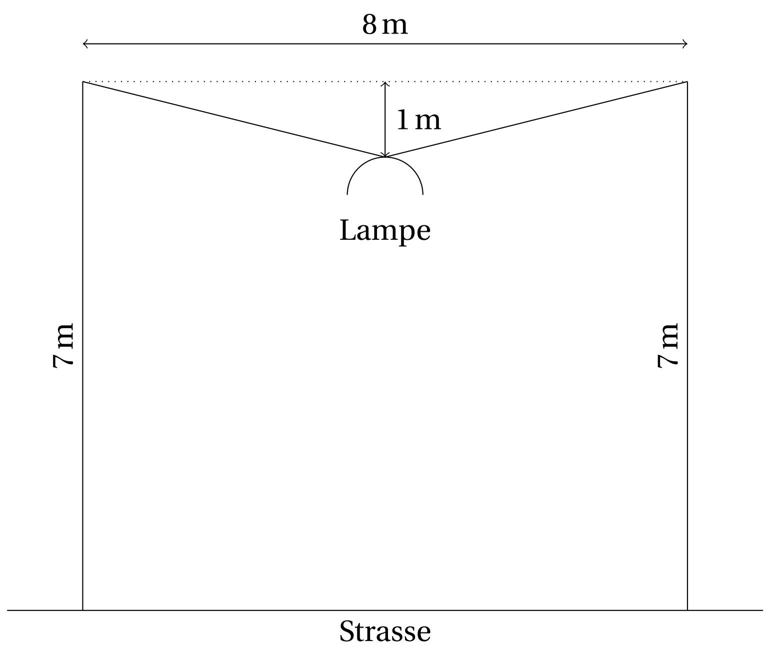
Ein Vektor hat einen ....nd eine ..... so wie ein Pfeil. Daher benutzt man Pfeile, wenn man einen Vektor zeichnen möchte.

Will man zwei Kräfte, die einen gemeinsamen ....aben, zeichnerisch addieren, so zeichnet man im Kräfteplan ein ..... Allgemein kann man Vektoren mit gemeinsamen Angriffspunkt zeichnerisch durch ....erschieben addieren. Erhält man einen geschlossenen Weg aus Pfeilen, bei dem jeweils eine Spitze ein Ende eines Pfeils berühren, so ist die Summe der Vektoren .....

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/vektoren11.tex`.

AUFGABE 49: Lösen Sie die Aufgabe 42 indem Sie die Kraftvektoren in eine x- und eine y-Komponente zerlegen. Legen Sie das Koordinatensytem so, dass die Kraft F_1 in x-Richtung zeigt.
Sie finden diese Aufgabe: `\dir/statik02.tex`.

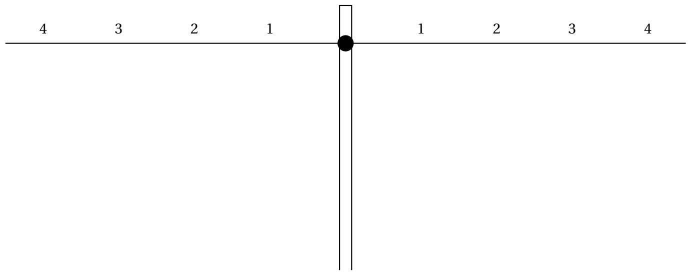
AUFGABE 50: In einer Strasse hängt die Beleuchtung über der Strasse. Die Lampen sind über Drahtseile mit Pfosten verbunden (siehe Skizze). Die Gewichtskraft einer Lampe beträgt 1000 N. Bestimmen Sie die Kräfte in den Drähten.

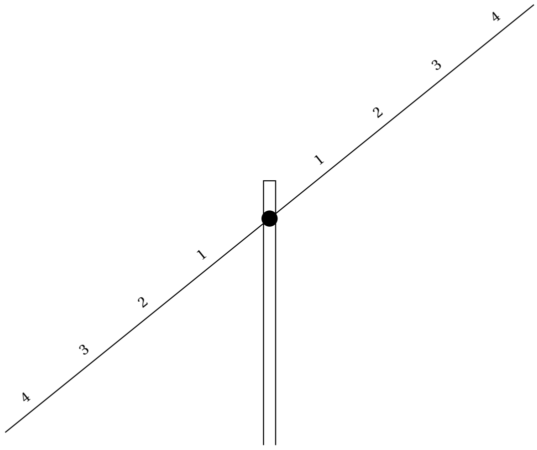


10 Drehmomente

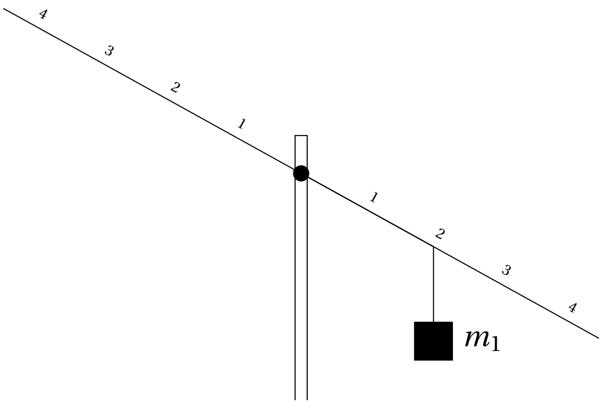
Sie finden diese Aufgabe: `\dir/drehmomente01.tex`.

AUFGABE 51: Was beobachten Sie an diesen Wippen?

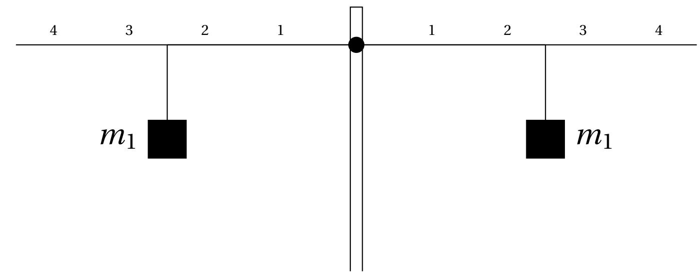




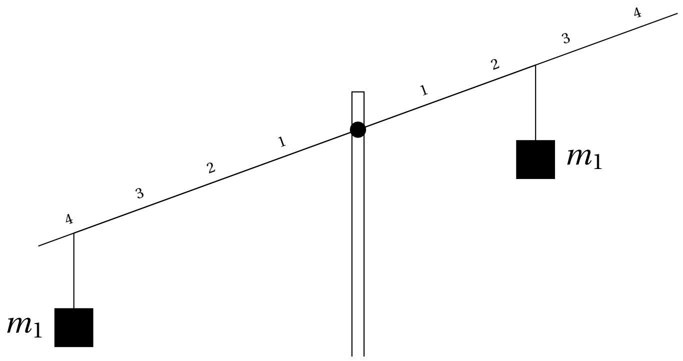
Warum verändert sich die Stellung der Wippe?



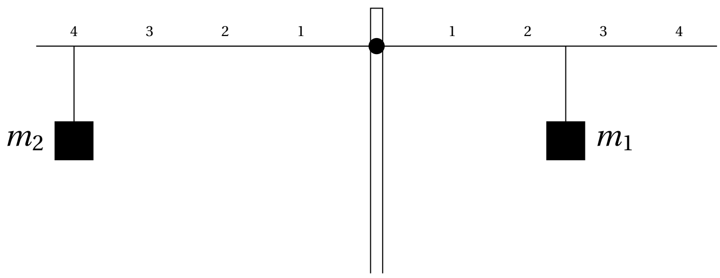
Was sieht man hier?



Was hat sich hier verändert?



Was hat sich hier verändert?



AUFGABE 52:

a) Finden Sie mindestens drei unterschiedliche Kombinationen aus Länge des Hebelarms und Gewichten, in denen die Wippe im Gleichgewicht ist.

b) Bestimmen Sie das Verhältnis der Hebelarme und das Verhältnis der Massen für diese Gleichgewichtsstellungen. Was fällt Ihnen auf?

c) Formulieren Sie Ihr Hebelgesetz.

AUFGABE 53: Betrachen Sie die obige Abbildung. Wenn die Masse m_1 200 g gross ist, wie gross ist dann die Masse m_2?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/drehmomente02.tex`.

AUFGABE 54: Auf dem Foto ist ein Nussknacker zu sehen.

a) Finden Sie die Drehachse des Nussknackers sowie die zwei Hebelarme im Foto.

b) Beschreiben Sie warum man den Nussknacker zum Knacken von Nüssen verwendet.

c) Das Foto zeigt den Nussknacker nicht massstabsgetreu. Die Länge des Nussknackers ist etwa 15 Zentimeter. Warum ist diese Angabe für die Berechnung der Kraftverstärkung nicht wichtig?

d) Zum Knacken einer Wallnuss wird eine Kraft von etwa 1000 N benötigt. Wie viel Kraft brauchen Sie mit diesem Nussknacker um die Nuss zu knacken?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/drehmomente03.tex`.

AUFGABE 55: Eine Wippe besteht aus einem fünf Meter langem Rundholz, dass in der Mitte gelagert ist. Ein 25 kg schweres Kind sitzt an einem Ende der Wippe. Wo muss ein anderes Kind mit 37 kg Gewicht sitzen, damit die Wippe ausbalanciert ist?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/drehmomente04.tex`.

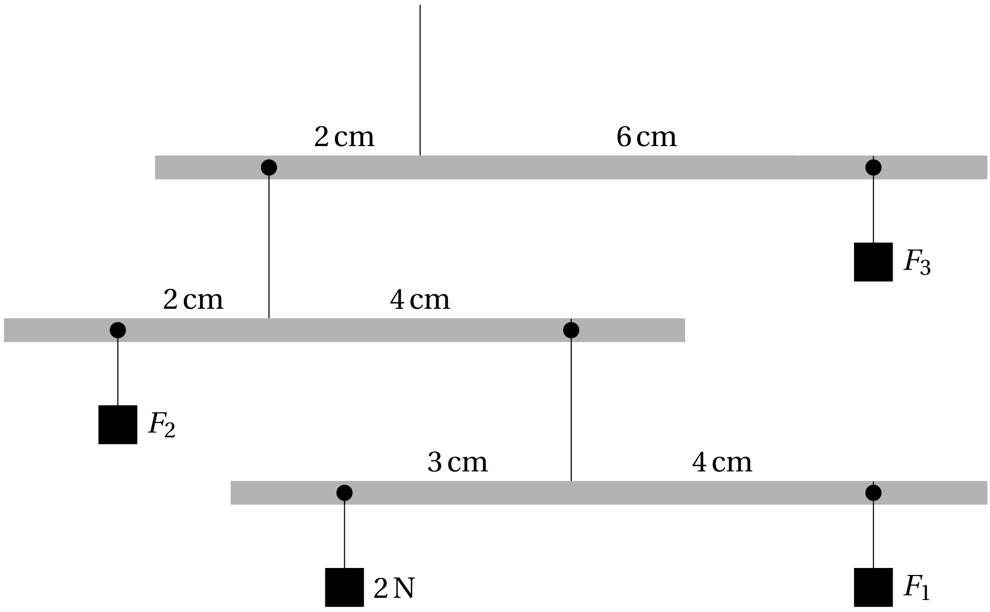
AUFGABE 56: Auf dem Foto ist eine Zange zu sehen.Eine Zange hat gewöhnlich einen Griff, ein Gelenk und einen Zangenkopf. Am Zangenkopf dieser Zange können Sie drei verschieden geformte Bereiche unterscheiden.

a) Kennen Sie die Funktionen dieser Bereiche? Gibt es einen Grund warum die drei Elemente so angeordnet sind?

b) Wie gross ist die Kraftverstärkung in den drei Bereichen des Zangenkopfes?

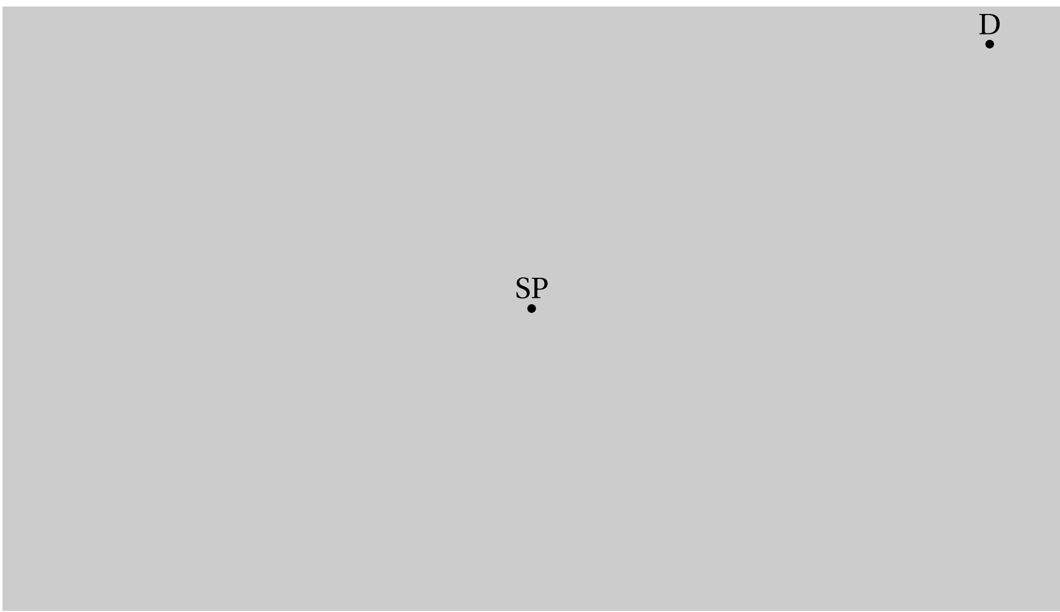
Sie finden diese Aufgabe: `\dir/drehmomente05.tex`.

AUFGABE 57: Bestimmen Sie die unbekannten Kräfte an diesem Mobile.



Sie finden diese Aufgabe: `\dir/statik01.tex`.

AUFGABE 58: Das Blech hat eine Stärke von 1 cm und eine Dichte von 2700 kg/m^3. Zeichnen Sie die Gewichtskraft ein. Zerlegen Sie die Gewichtskraft grafisch in eine Komponente parallel zum Hebelarm (Sp–D), und eine senkrecht zum Hebelarm. Berechnen Sie die Grösse des Drehmoments?



Sie finden diese Aufgabe: `\dir/drehmomente06.tex`.

AUFGABE 59: An der Antriebsachse eines Autos erzeugt der Motor ein Drehmoment von 2000 Nm. Die Räder des Autos haben einen Radius von 33 cm.

Wie gross ist die Kraft die über die Reifen auf die Strasse wirkt um das Auto zu beschleunigen?

KLösung 6061 N

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/drehmomente07.tex`.

AUFGABE 60: Auf einer Achse stecken zwei Scheiben mit unterschiedlichen Durchmessern. An der ersten Scheibe mit 50 Zentimeter Durchmesser ist ein Schnur aufgewickelt. Am Ende der Schnur hängt eine Masse von einem Kilogramm frei zu Boden.

a) Wie gross ist das Drehmoment an der Achse, das von der herunter hängenden Masse erzeugt wird.

b) An der zweiten Scheibe (10 cm Durchmesser) ist ebenfalls ein Faden befestigt an dessen Ende ein zweites Gewicht hängt. Sinkt das erste Gewicht, steigt das zweite an. Wie schwer darf das zweite Gewicht maximal sein, damit es noch angehoben wird?

KLösung a) 2,45 Nm, b) 5 kg

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/drehmomente_ski.tex`.

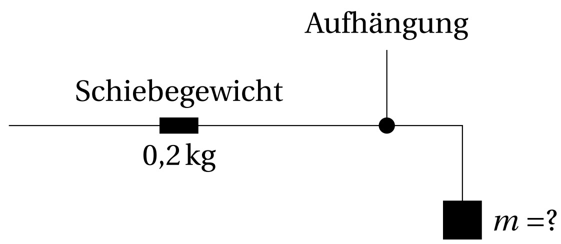
AUFGABE 61: Sie tragen Ihre Ski (1,6 m, 2 kg) auf der Schulter. Die Ski liegen so auf Ihrer Schulter auf, dass 40 Zentimeter vorne überstehen. Mit der Hand halten Sie ganz vorne am Ski fest, so dass der Ski waagerecht auf Ihrer Schulter liegt.

a) Skizzieren Sie die Situation und zeichnen Sie alle relevanten Grössen in die Skizze ein.

b) Bestimmen Sie die unbekannten Kräfte.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/waage.tex`.

AUFGABE 62:



a) Wie viel wiegt das Gesicht m, das an der Schiebewaage hängt.

b) Erklären Sie das Funktionsprinzip dieser Waage.

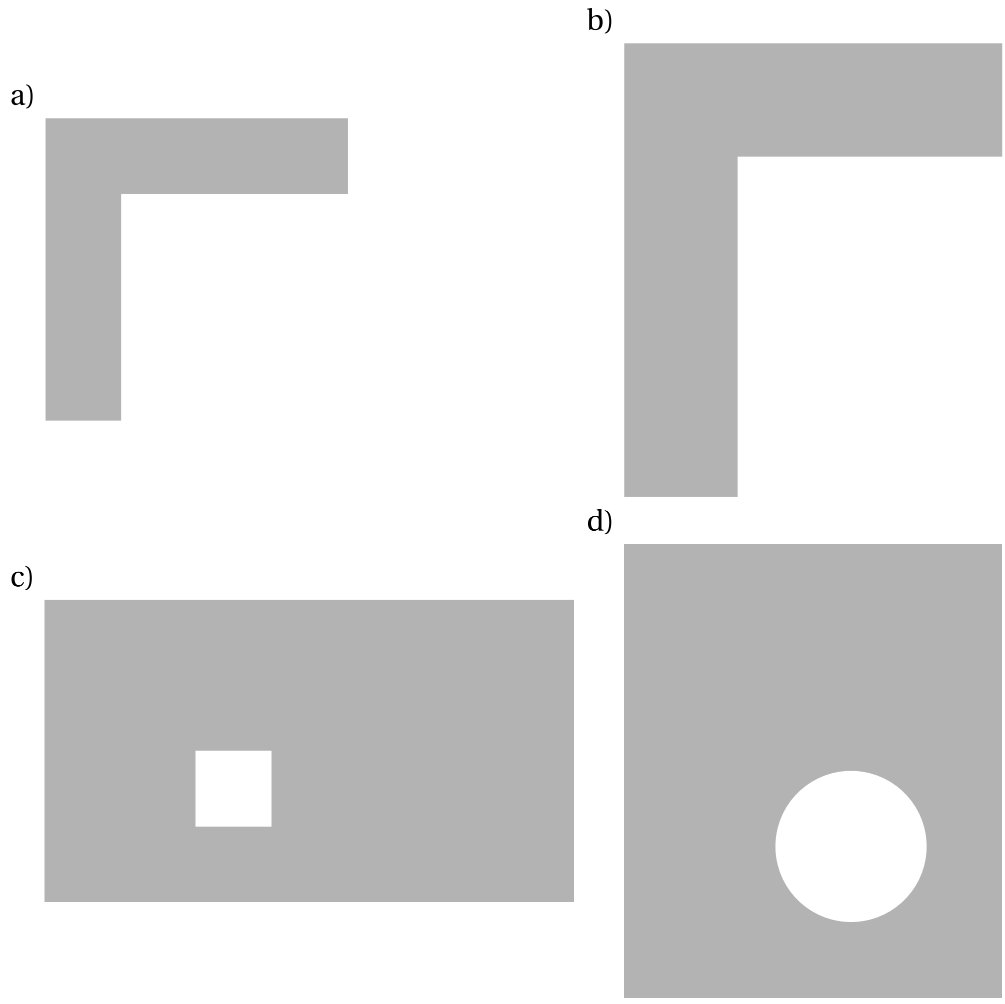
11 Schwerpunkt

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/schwerpunkt01.tex`.

AUFGABE 63: Bestimmen Sie den Schwerpunkt des Zweikörperproblems von Erde und Sonne. Die Erde hat eine Masse von $5{,}9722 \cdot 10^{24}$kg, die Masse der Sonne ist $1{,}9884 \cdot 10^{30}$kg. Der Abstand zwischen beiden beträgt im Mittel $1{,}496 \cdot 10^{11}$ m.

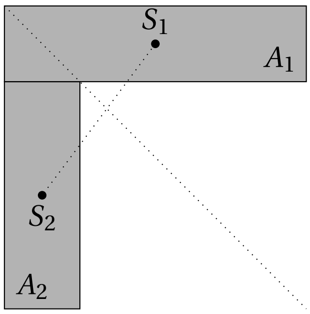
Sie finden diese Aufgabe: `\dir/schwerpunkt02.tex`.

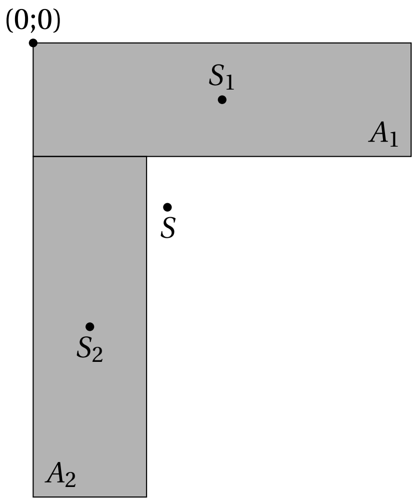
AUFGABE 64: Bestimmen Sie den Schwerpunkt der folgenden Körper.



LÖSUNG 64: Der Schwerpunkt liegt am Schnittpunkt der zwei gepunkteten Linien.

a)

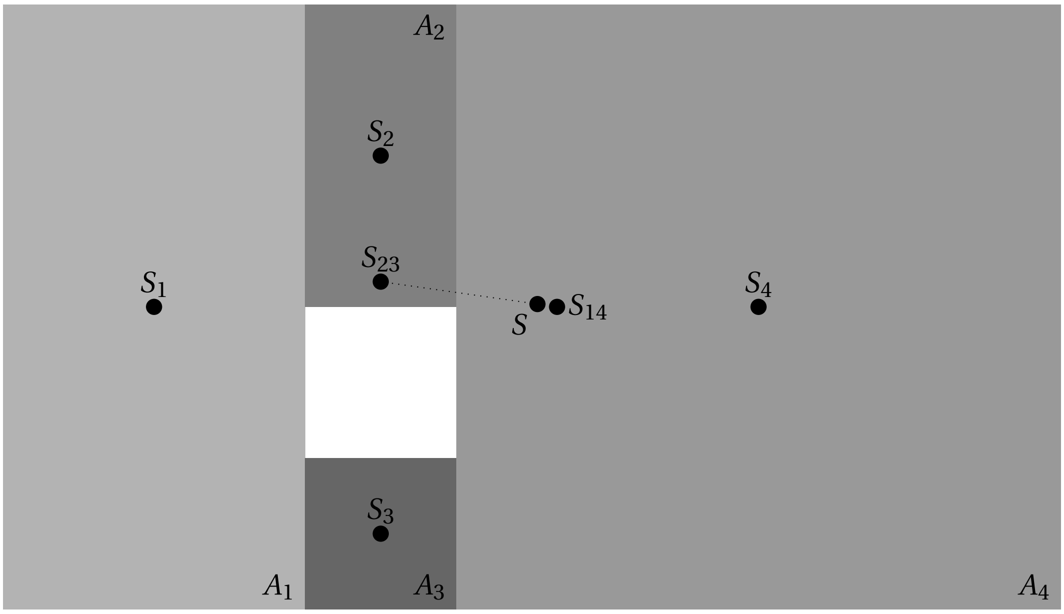




Den Urspring des Koordinatensystems lege ich an die ober linke Ecke der Gesamtfläche.
Mit dem gewählten Ursprung des Koordinatensystems liegt der Teilschwerpunkt S_1 bei der Koordinate $(2{,}5;-0{,}75)$, S_2 liegt bei $(0{,}75;-3{,}75)$.
Der Schwerpunkt der Gesamtfläche liegt bei

$$
\begin{aligned}
r_s &= \frac{r_1 \cdot A_1 + r_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2} = \\
&= \frac{\begin{pmatrix} 2.5 \\ -0.75 \end{pmatrix} \cdot 7{,}5\,\mathrm{cm}^2 + \begin{pmatrix} 0.75 \\ -3.75 \end{pmatrix} \cdot 6{,}75\,\mathrm{cm}^2}{14{,}25\,\mathrm{cm}^2} = \\
&= \frac{\begin{pmatrix} 20.25 \\ -5.625 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 5.0625 \\ -25.3125 \end{pmatrix}}{14{,}25\,\mathrm{cm}^2} == \frac{\begin{pmatrix} 25.3125 \\ -30.9375 \end{pmatrix}}{14{,}25\,\mathrm{cm}^2} = \\
&= \begin{pmatrix} 1.77632 \\ -2.17105 \end{pmatrix}
\end{aligned}
$$

c)



Die Flächen haben die folgenden Grössen:

- $A_1 = 8\,\text{cm}^2$
- $A_2 = 2\,\text{cm}^2$
- $A_3 = 1\,\text{cm}^2$
- $A_4 = 16\,\text{cm}^2$

Zuerst bestimme ich den gemeinsamen Schwerpunkt der Fläche A_1 und A_4. Der Teilschwerpunkt S_{14} liegt auf der Geraden zwischen den Teilschwerpunkten S_1 und S_4. Der Abstand zum Punkt S_1 ist

$$S_{14} = \frac{A_4}{A_1 + A_4} \cdot d = \frac{16\,\text{cm}^2}{24\,\text{cm}^2} \cdot 4\,\text{cm} = 2{,}667\,\text{cm}$$

Der Teilschwerpunkt S_{23} liegt auf der Geraden zwischen den Teilschwerpunkten S_2 und S_3. Der Abstand zum Punkt S_2 ist

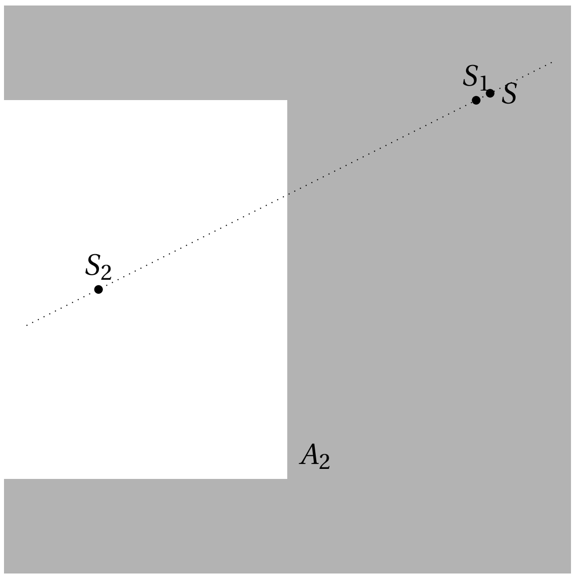
$$S_{23} = \frac{A_3}{A_2 + A_3} \cdot d = \frac{1\,\text{cm}^2}{3\,\text{cm}^2} \cdot 2{,}5\,\text{cm} = 0{,}833\,\text{cm}$$

Der Schwerpunkt S der gesamten Fläche liegt auf der Geraden zwischen den Teilschwerpunkten S_{14} und S_{23}. Der Abstand zum Punkt S_{23} ist

$$S = \frac{A_{14}}{A} = \frac{24\,\text{cm}^2}{27\,\text{cm}^2} = \frac{8}{9}$$

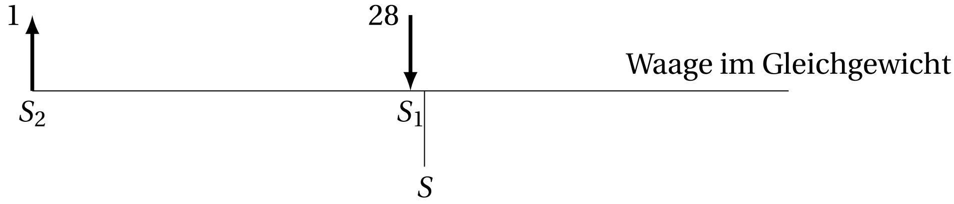
vom Gesamtabstand der Punkte S_{14} und S_{23}.

Man kann die Fläche auch aus zwei Teilflächen zusammensetzen. Das wäre einmal die gesamte Fläche ohne das Loch (diese Fläche wird von der Erde angezogen) und als zweite Fläche das Loch, das aus einem Material besteht, das von der Erde abgestossen wird. Damit vereinfacht sich die Schwerpunktsbestimmung erheblich.

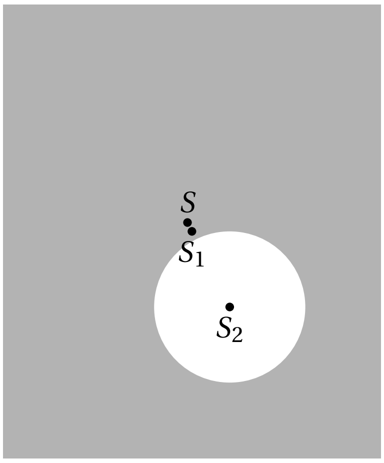


$$S = \frac{A_2}{A_1 + A_2} = \frac{-1\,\mathrm{cm}^2}{27\,\mathrm{cm}^2} = -\frac{1}{27}$$

Der Schwerpunkt der Fläche liegt auf der Geraden, die durch die Teilschwerpunkte S_1 und S_2 verläuft in einem Abstand von $1/27$ des Abstandes von S_1 zu S_2 hinter dem Punkt S_1 (vergleiche Zeichnung).



d)



Den Urspring des Koordinatensystems lege ich an die ober linke Ecke der Gesamtfläche.

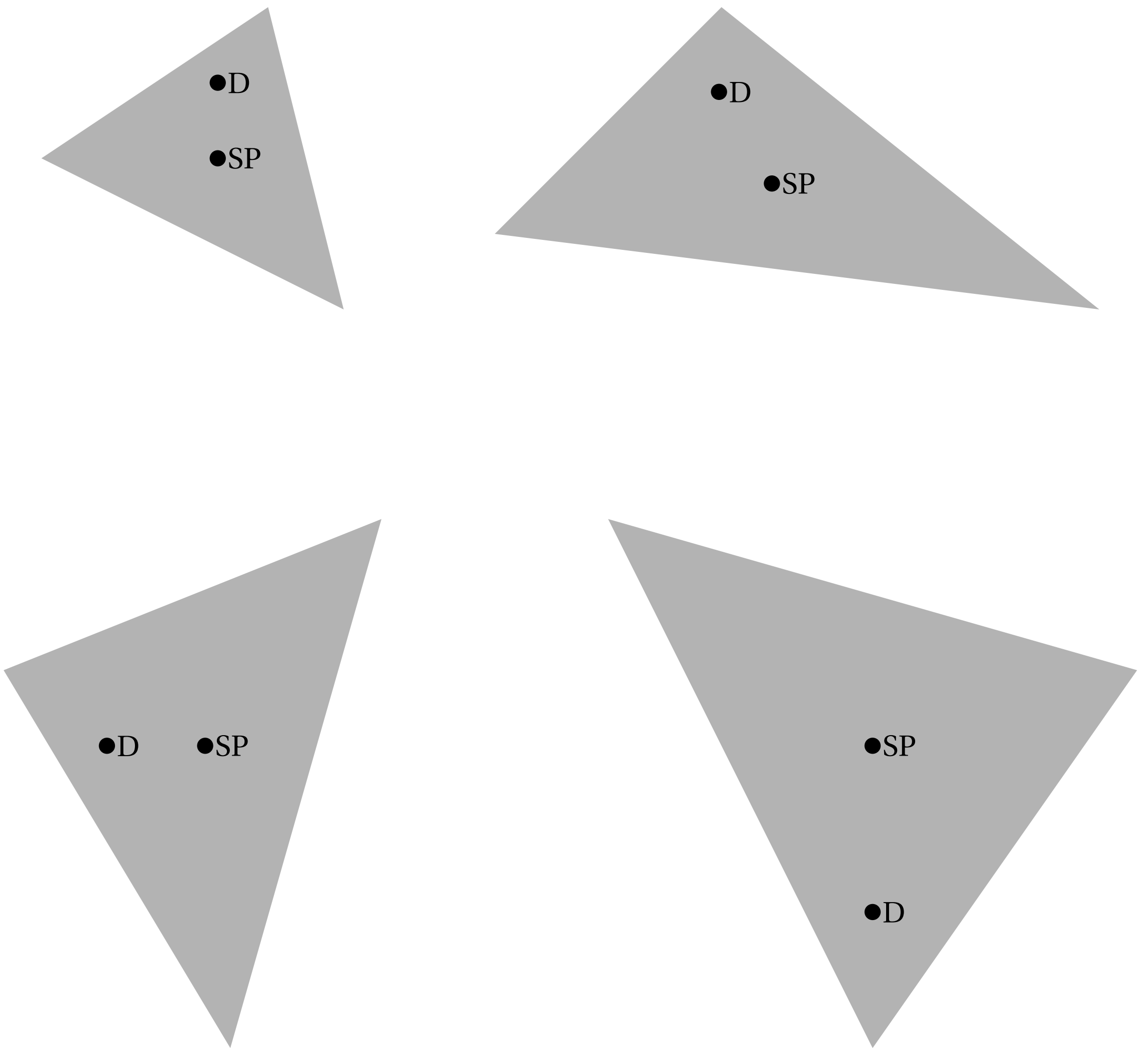
Mit dem gewählten Ursprung des Koordinatensystems liegt der Teilschwerpunkt S_1 (Gesamtfläche ohne Loch) bei der Koordinate $(2{,}5;-3)$, diese Fläche ist $30\,\mathrm{cm}^2$ gross. Der Teilschwerpunkt S_2 (Kreisfläche) liegt bei $(3;-4)$, der Radius dieser Fläche ist $1\,\mathrm{cm}$ gross, damit ist diese Fläche $\pi\,\mathrm{cm}^2$ gross.

Der Schwerpunkt der Gesamtfläche liegt bei

$$
\begin{aligned}
r_s &= \frac{r_1 \cdot A_1 + r_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2} = \\
&= \frac{\begin{pmatrix} 2.5 \\ -3 \end{pmatrix} \cdot 30\,\mathrm{cm}^2 + \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix} \cdot (-3{,}1415\,\mathrm{cm}^2)}{30\,\mathrm{cm}^2 - 3{,}1415\,\mathrm{cm}^2} = \\
&= \frac{\begin{pmatrix} 75 \\ 90 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -9.4248 \\ +12.5664 \end{pmatrix}}{26{,}858\,\mathrm{cm}^2} = \\
&= \frac{\begin{pmatrix} 65.575 \\ -77.434 \end{pmatrix}}{26{,}858\,\mathrm{cm}^2} = \\
&= \begin{pmatrix} 2.4415 \\ -2.8830 \end{pmatrix}
\end{aligned}
$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/schwerpunkt03.tex`.

AUFGABE 65: Zeigen die folgenden Abbildungen immer eine Gleichgewichtslage des Körpers? Wenn ja, ist das Gleichgewicht stabil, labil oder indifferent? Wenn nicht, gibt es ein Drehmoment. Berechnen Sie dieses. Die Gewichtskraft der Dreiecke soll in jedem Fall 10 N betragen.



Sie finden diese Aufgabe: `\dir/schwerpunkt04.tex`.

AUFGABE 66: Bestimmen sie zeichnerisch den Schwerpunkt eines Kreiskegels mit der Höhe von 10 cm und einem maximalen Radius von 3 cm. Überlegen Sie sich ein geeignetes Koordinatensystem, um den Schwerpunkt anzugeben. Tipp: Die Schnittflächen sind Flächen, so wie bei den vorherigen Aufgaben.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/statik03.tex`.

AUFGABE 67: Schwerpunktbestimmung einer Fläche.

a) Geben Sie ein Lösungsverfahren an um den Flächenschwerpunkt zu bestimmen.

b) Bestimmen Sie den Flächenschwerpunkt dieser Fläche.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/flaechen_schwerpunkt_buchstaben_T.tex`.

AUFGABE 68: Schwerpunktbestimmung einer Fläche.

a) Geben Sie ein Lösungsverfahren an um den Flächenschwerpunkt dieses Buchstabens zu bestimmen.

b) Bestimmen Sie den Flächenschwerpunkt dieses Buchstabens.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/flaechen_schwerpunkt_buchstaben_U.tex`.

AUFGABE 69: Schwerpunktbestimmung einer Fläche.

a) Geben Sie ein Lösungsverfahren an um den Flächenschwerpunkt dieses Buchstabens zu bestimmen.

b) Bestimmen Sie den Flächenschwerpunkt dieses Buchstabens.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/flaechen_schwerpunkt_buchstaben_I.tex`.

AUFGABE 70: Schwerpunktbestimmung einer Fläche.

a) Geben Sie ein Lösungsverfahren an um den Flächenschwerpunkt dieses Buchstabens zu bestimmen.

b) Bestimmen Sie den Flächenschwerpunkt dieses Buchstabens.

12 Lösen von Statikproblemen mit Hilfe des Drehmomentes

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/loesen01.tex`.

AUFGABE 71: Zwei Arbeiter tragen auf ihren Schultern einen 12 m langen und 0,6 kN schweren Balken. Der eine trägt 2 m, der andere 1 m vom jeweiligen Ende des Balkens entfernt.

a) Machen Sie sich eine Skizze und zeichnen Sie alle Kräfte ein.

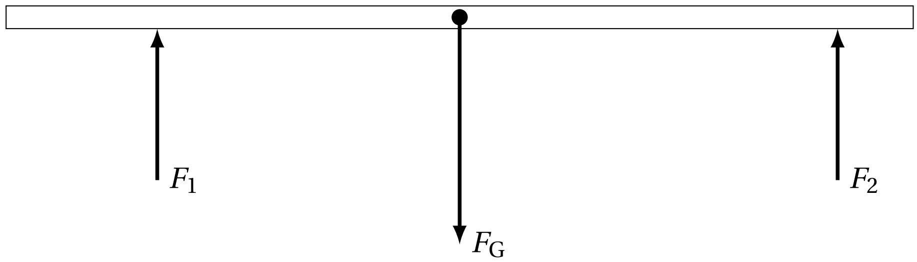
b) Wählen Sie eine Drehachse und stellen sie die Gleichgewichtsbedingungen auf.

c) Lösen Sie das Gleichungssystem. Welche Last trägt welcher Arbeiter?

KLösung c) 0,2667 kN und 0,333 kN.

LÖSUNG 71:

a) Die Skizze könnte so aussehen:



b) Als Drehachse wähle ich den Schwerpunkt des Balken. Die zwei Gleichgewichtsbedingungen lauten:

$$F_1 + F_2 - F_G = 0$$

und

$$0 \cdot F_G - 4\,\text{m} \cdot F_1 + 5\,\text{m} \cdot F_2 = 0$$

c) Aus der Bedingung für die Drehmomente lässt sich F_1 in Abhängigkeit von F_2 auflösen.

$$0 \cdot F_G - 4\,\text{m} \cdot F_1 + 5\,\text{m} \cdot F_2 = 0 \rightarrow F_1 = \frac{5}{4} \cdot F_2$$

Dies kann man dann in die Kraftbedingung einsetzen und auflösen.

$$F_1 + F_2 - F_G = 0 \rightarrow \frac{5}{4} \cdot F_2 + F_2 - F_G = 0 \rightarrow \frac{9}{4} \cdot F_2 = F_G \rightarrow F_2 = \frac{4}{9} \cdot F_G = \frac{4}{9} \cdot 0{,}6\,\text{kN} = 0{,}2667\,\text{kN}$$

F_1 ist dann 0,333 kN gross.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/loesen02.tex`.

AUFGABE 72: Ein 50kg schwerer Junge steht im Schwimmbad auf dem Sprungbrett 20cm vom Ende des Brettes entfernt. Das Sprungbrett ist drei Meter lang und hat eine Masse von 30 Kilogramm. Das Sprungbrett liegt vorne und bei einem Meter auf.

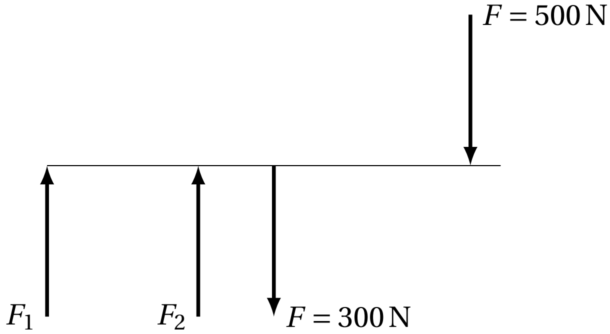
a) Machen Sie sich eine Skizze und zeichnen Sie alle Kräfte ein.

b) Wählen Sie eine Drehachse und stellen sie die Gleichgewichtsbedingungen auf.

c) Lösen Sie das Gleichungssystem. Welche Kräfte treten an den Auflagestellen auf?

LÖSUNG 72:

a) Eine Skizze des Sprungbretts mit allen wirkenden Kräften könnte so aussehen.



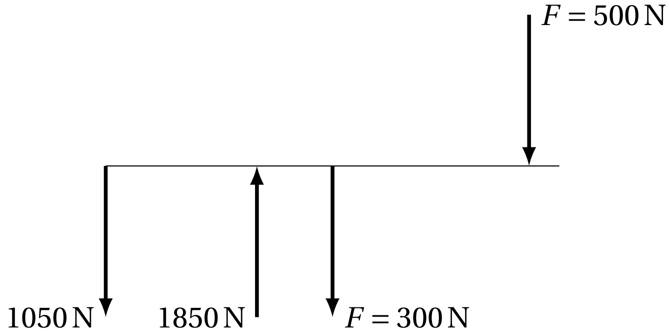
b) Um die Kräfte F_1 und F_2 ermitteln zu können, stellen wir die Summe der Drehmomente auf. Ich wähle als erste Drehachse den Punkt an den die Kraft F_1 angreift.

$$F_2 \cdot 1\,\mathrm{m} - 300\,\mathrm{N} \cdot 1{,}5\,\mathrm{m} - 500\,\mathrm{N} \cdot 2{,}8\,\mathrm{m} = 0 \rightarrow F_2 = 1850\,\mathrm{N}$$

Um die Kraft F_1 zu bestimmen wähle ich als Drehachse den Punkt an den die Kraft F_2 angreift.

$$-F_1 \cdot 1\,\mathrm{m} - 300\,\mathrm{N} \cdot 0{,}5\,\mathrm{m} - 500\,\mathrm{N} \cdot 1{,}8\,\mathrm{m} = 0 \rightarrow F_1 = -1050\,\mathrm{N}$$

Die Kraft F_1 ist negativ. Das heisst, unsere Annahme F_1 zeigt nach oben ist falsch. F_1 zeigt also nach unten. Abschliessend noch einmal die Kräfteverteilung am Sprungbrett:



KLösung c) $-1050\,\mathrm{N}$ und $1850\,\mathrm{N}$.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/statik_drehmomente_bruecke01.tex`.

AUFGABE 73: Eine Person (75 kg) geht über einen zehn Meter langen Stahlträger. Der Stahlträger liegt vorne und hinten auf. Nehmen Sie den Stahlträger fürs erste als masselos an.

a) Skizzieren Sie die Situation.

b) Zeichnen Sie einen Kräfteplan.

c) Welche Bedingung muss für die Kräfte gelten?

d) Was gilt für die Drehmomente?

e) Wählen Sie einen der Auflagepunkte als Drehachse und berechnen Sie die Kraft auf den ersten Auflagepunkt wenn der Mensch direkt darauf steht.

f) Wie gross ist die Kraft auf den ersten Auflagepunkt, wenn der Mensch in der Mitte der Brücke steht?

g) Stellen Sie die Kraft auf den ersten Auflagepunkt für beliebige Positionen des Menschen graphisch dar.

h) Berücksichtigen Sie die Masse des Stahlträgers von 150 kg. Wie verläuft die Kraft nun in Abhängigkeit von der Position der Person?

LÖSUNG 73:

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/statik_drehmomente_bruecke02.tex`.

AUFGABE 74: Eine Person (75 kg) geht über einen zehn Meter langen Stahlträger. Der Stahlträger liegt vorne und hinten auf. Berechnen Sie die Kraft, die auf den ersten Aufliegepunkt wirkt, während die Person über die Brücke geht. Stellen Sie ihr Ergebnis graphisch dar.

a) Nehmen Sie zuerst an, der Stahlträger sei masselos.

b) Berücksichtigen Sie die Masse des Stahlträgers von 150 kg.

LÖSUNG 74:

13 Reibung

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/reibung01.tex`.

AUFGABE 75: Geben Sie je ein Beispiel für Gleitreibung, Rollreibung und Haftreibung. Worin besteht der Unterschied zwischen Gleitreibung, Rollreibung und Haftreibung? In welcher Grössenordung ist die Gleitreibungszahl, Rollreibungszahl, Haftreibungszahl? Was bedeutet der Unterschied in den Gleitzahlen?

LÖSUNG 75:

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/reibung02.tex`.

AUFGABE 76: Kann die Reibungszahl grösser als 1 sein?Was bedeutet das? Wo könnte so ein Fall auftreten?

LÖSUNG 76:

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/reibung03.tex`.

AUFGABE 77: Bremsen in Autos werden mit einem speziellen System, dem ABS (Antiblockiersystem) gesteuert. Drückt der Autofahrer auf sein Bremspedal, sorgt das ABS dafür, dass der Bremsdruck von den Bremsklötzen in rascher Abfolge vermindert wird.

a) Veranschaulichen Sie sich das Bremssystem eines Autos.

b) Warum ist die Nutzung des ABS sinnvoll?

LÖSUNG 77:

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/reibung04.tex`.

AUFGABE 78: Ein Auto mit einer Masse von 1,5 T überträgt über die Pneus eine Kraft auf die Strasse. 60 % der Wagenmasse liegen auf der Antriebswelle (und damit auch auf den Antriebsrädern, der Wagen hat kein Allrad).

a) Was passiert, wenn diese Kraft überschritten wird?

b) Wie viel Kraft kann maximal auf die Strasse übertragen werden?

LÖSUNG 78: Die maximale Kraft, die auf die Strasse übertragen werden kann ist begrenzt durch die Reibung. Die Reibung ist proportional zur Normalkraft. In der Formelsammlung findet man die Proportionalitätskonstante für dieses Problem. Die Haftreibungszahl ist

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/reibung05.tex`.

AUFGABE 79: Auf einen ruhenden Holzblock der Masse 500 g, der auf einer Tischplatte aus Holz liegt, greift eine horizontale Zugkraft von 2 N an. Bewegt sich der Körper? Begründen Sie ihre Antwort. Die Haftreibungszahl ist 0,6.

KLösung Der Klotz bewegt sich nicht. $F_{\mathrm{R}} = 2{,}94\,\mathrm{N}$.

LÖSUNG 79: Der Körper bewegt sich dann, wenn die horizontal angreifende Zugkraft grösser als die maximale Reibungskraft ist. Die maximale Reibungskraft ergibt sich aus

$$F_{\mathrm{R}} = \mu \cdot F_{\mathrm{N}} = 0{,}6 \cdot 0{,}5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2} = 2{,}94\,\mathrm{N}.$$

Da die maximale Reibunskraft grösser als die Zugkraft ist, bewegt sich der Holzblock nicht.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/reibung06.tex`.

AUFGABE 80: Ein Schlitten hat eine Masse von 75 kg. Berechnen Sie

a) die Haftreibung.

b) die Gleitreibung.

KLösung a) 19,9 N, b) 10,3 N

LÖSUNG 80: Die Normalkraft ist gleich der Gewichtskraft. $F_N = m \cdot g = 75\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 = 735{,}75\,\text{N}$. Die Reibungszahlen entnimmt man einer Tabelle.

a) Haftreibung Stahl auf Eis $\mu = 0.027$ aus Tabelle.

$$F_R = \mu \cdot F_N = 0{,}027 \cdot 735{,}75\,\text{N} = 19{,}865\,\text{N}$$

b) Gleitreibung: Stahl auf Eis $\mu = 0.014$ aus Tabelle.

$$F_R = \mu \cdot F_N = 0{,}014 \cdot 735{,}75\,\text{N} = 10{,}30\,\text{N}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/reibung07.tex`.

AUFGABE 81: Zwei Kinder werden mit dem Schlitten über eine schneebedeckte Wiese gezogen. Die Kinder wiegen zusammen 35 kg. Der Schlitten wiegt 5 kg. Am Schlitten ist ein Seil befestigt. Zwischen Boden und Seil ist ein Winkel von 40°. Bestimmen Sie die Reibungskraft, die vom Schnee auf den Schlitten wirkt wenn die Zugkraft im Seil 100 N beträgt. Wie gross ist die Beschleunigung des Schlittens für diesen Fall?

LÖSUNG 81: Die Zugkraft Z hat Komponenten in x- und z-Richtung.

$$Z_\mathrm{z} = \sin(40°) \cdot Z = 0{,}6428 \cdot 100\,\mathrm{N} = 64{,}28\,\mathrm{N}$$
$$Z_\mathrm{x} = \cos(40°) \cdot Z = 0{,}7660 \cdot 100\,\mathrm{N} = 76{,}60\,\mathrm{N}$$

In z-Richtung bewegt sich der Schlitten nicht. Das heisst, die Summe der Kräfte in z-Richtung ist Null. Damit bekommen wir die Normalkraft.

$$0 = F_\mathrm{N} + Z_z - F_G \to F_N = F_G - Z_z = m \cdot g - Z_z = 40\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2} - 64{,}28\,\mathrm{N} = 328{,}12\,\mathrm{N}$$

Die Reibungskraft ist proportional zur Normalkraft. Haftreibung: $\mu = 0.027$ aus Tabelle.

$$F_\mathrm{R} = \mu \cdot F_\mathrm{N} = 0{,}027 \cdot 328{,}12\,\mathrm{N} = 8{,}86\,\mathrm{N}$$

Gleitreibung: $\mu = 0.014$ aus Tabelle.

$$F_\mathrm{R} = \mu \cdot F_\mathrm{N} = 0{,}014 \cdot 328{,}12\,\mathrm{N} = 4{,}59\,\mathrm{N}$$

14 Schiefe Ebene

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/schiefeEbene01.tex`.

AUFGABE 82: Ein Holzklotz mit dem Gewicht von 300 Gramm liegt auf einer schiefen Ebene. Bei einer Steigung von 35° beginnt der Block zu rutschen.

a) Machen Sie sich eine Skizze der Situation und vervollständigen sie diese mit den auftretenden Kräften.

b) Bestimmen Sie die Normalkraft und die Reibungskraft.

c) Wie gross ist die Haftreibungszahl?

LÖSUNG 82:

a) Skizze wie über der Aufgabe.

b) Um Normalkraft und Reibungskraft zu erhalten, muss die Gewichtskraft in eine Komponente senkrecht zur Ebene (Normalkraft) und eine parallel zur Ebene (Reibungskraft) zerlegt werden.

$$F_{\mathrm{N}} = \cos\alpha F_{\mathrm{G}}$$

und

$$F_{\mathrm{R}} = \sin\alpha F_{\mathrm{G}}.$$

c) Mit der Formel für die Reibungskraft ergibt sich die Haftreibungszahl:

$$F_{\mathrm{R}} = \mu \cdot F_{\mathrm{N}} \rightarrow \mu = \frac{F_{\mathrm{R}}}{F_{\mathrm{N}}} = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = 0{,}7.$$

<++> KLösung c) $\mu = 0{,}7$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/dynamik05.tex`.

AUFGABE 83: Ein Auto mit einem Masse von 1200 kg parkiert an einem 20° steilen Hang.

a) Skizzieren Sie die Situation und zeichnen Sie die relevanten Kräfte ein.

b) Wie gross ist die Reibungskraft der Pneus auf die Strasse?

c) Wie gross muss die Haftreibungszahl (Pneu auf Asphalt) mindestens sein, damit das Auto haften bleibt?

d) Die Bremsen des Autos lösen sich, die Rollreibungszahl sei 0,05. Wie gross ist die Beschleunigung des Autos?

15 Newton'sche Axiome

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/dynamik01.tex`.

AUFGABE 84: Begründen Sie Ihre Antworten schriftlich.

a) Was passiert mit einem Körper, auf den eine Kraft wirkt?

b) Kann sich ein Körper ohne Krafteinwirkung bewegen?

c) Welche Rolle spielt die Masse eines Körpers im zweiten Newtonschen Gesetz?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/dynamik02.tex`.

AUFGABE 85: Ein Velofahrer (70 kg) beschleunigt mit $2\,\mathrm{m/s^2}$. Das Velo hat eine Masse von 15 kg. Wie viel Kraft braucht er für die Beschleunigung? KLösung 170 N

LÖSUNG 85: Die gesamte Masse ist $70\,\mathrm{kg} + 15\,\mathrm{kg} = 85\,\mathrm{kg}$. Mit dem zweiten Newtonschen Gesetz ergibt sich das folgende:

$$F = m \cdot a = 85\,\mathrm{kg} \cdot 2\,\mathrm{m/s} = 170\,\mathrm{N}.$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/dynamik04.tex`.

AUFGABE 86: Wie viel Kraft braucht ein Velofahrer (60 kg) um in 30 Sekunden aus dem Stand auf 20 km/h zu beschleunigen?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/newton01.tex`.

AUFGABE 87: Eine Masse von 3 kg wird durch eine konstante Kraft in fünf Sekunden um zehn Meter verrückt. Wie gross ist die Kraft?

LÖSUNG 87: Eine konstante Kraft bedeutet eine konstante Beschleunigung. Es gilt

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 10\,\mathrm{m}}{25\,\mathrm{s}^2} = 0{,}8\,\mathrm{m/s}^2$$

$$F = m \cdot a = 3\,\mathrm{kg} \cdot 0{,}8\,\mathrm{m/s}^2 = 2{,}4\,\mathrm{N}$$

KLösung $F = 2{,}4\,\mathrm{N}$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/newton02.tex`.

AUFGABE 88: Eine Schachtel mit einer Masse von 100g wird über einen Tisch geschoben. Nachdem sie die Hand verlassen hat, hat sie eine Geschwindigkeit von 3m/s. Nach 1,25m bleibt die Schachtel liegen.

a) Wie gross ist die Beschleunigung?

b) Wie gross ist die Bremskraft?

LÖSUNG 88: Gegeben: $m = 0{,}1\,\mathrm{kg}$, $v_0 = 3\,\mathrm{m/s}$, $\Delta s = 1{,}25\,\mathrm{m}$.

a)

$$v^2 = v_0^2 + 2\cdot a\cdot s \rightarrow a = \frac{v^2 - v_0^2}{2\cdot s} = \frac{0\,\mathrm{m/s} - 9\,\mathrm{m/s}}{2\cdot 1{,}25\,\mathrm{m}} = -3{,}6\,\mathrm{m/s^2}$$

b)

$$F = m\cdot a = 0{,}1\,\mathrm{kg}\cdot(-3{,}6\,\mathrm{m/s^2}) = -0{,}36\,\mathrm{N}$$

KLösung a) = $a = -3{,}6\,\mathrm{m/s^2}$, b) $F = -0{,}36\,\mathrm{N}$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/newton03.tex`.

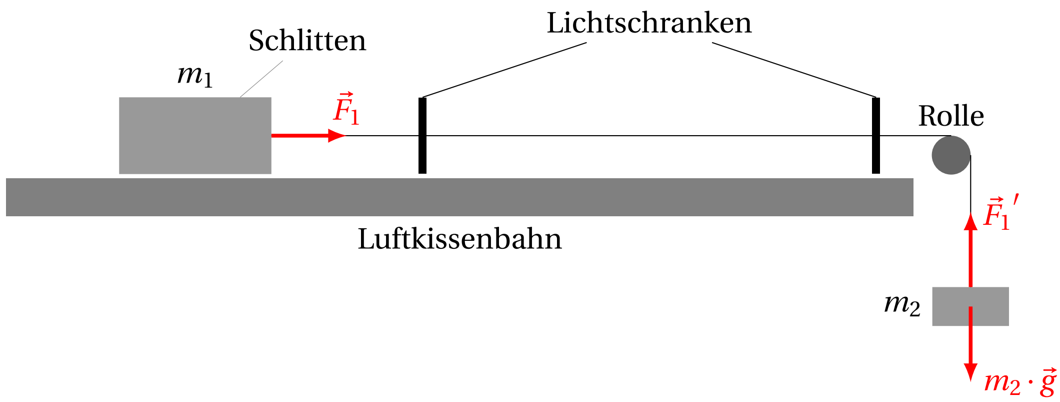


Abbildung 1: Ein Schlitten der Masse m_1 wird reibungsfrei auf einer Luftkissenbahn beschleunigt. Die Kraft F_1 entsteht durch die Gewichtskraft der Masse m_2, deren Richtung an einer Rolle umgelenkt wird.

AUFGABE 89: Auf einer Luftkissenbahn steht ein Schlitten mit einer Masse von 5 kg (m_1). Über eine Schnur ist m_1 mit einer anderen Masse von 2 kg verbunden(siehe Abbildung 1). Durch die Luftkissenbahn kann Reibung vernachlässigt werden. Wie gross ist die Beschleunigung?

LÖSUNG 89: Die beschleunigende Kraft ist $F = m_2 \cdot g$ die zu beschleunigende Masse ist $(m_1 + m_2)$.

$$F = m \cdot a$$

$$m_2 \cdot g = (m_1 + m_2) \cdot a \rightarrow a = g \cdot \frac{m_2}{m1 + m_2} = 9{,}81 \cdot \frac{2\,\mathrm{kg}}{5\,\mathrm{kg} + 2\,\mathrm{kg}} = 2{,}8\,\mathrm{m/s^2}$$

KLösung $a = 2{,}8\,\mathrm{m/s^2}$

16 Kreisbewegungen

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kreisbewegung_erklaerung.tex`.

AUFGABE 90: Erklären Sie anhand einer Skizze welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit sich ein Gegenstand auf einer Kreisbahn bewegt.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kreisbewegung01.tex`.

AUFGABE 91:

a) Um einen Körper auf eine Kreisbahn zu zwingen benötigt man eine Kraft. Erklären Sie dies.

b) In welche Richtung zeigt diese Kraft?

c) Von welchen Grössen hängt diese Kraft ab?

d) Wie gross ist die Kraft?

LÖSUNG 91:

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kreisbewegung_eimer.tex`.

AUFGABE 92:

Haben Sie schon einmal einen mit Wasser gefüllten Eimer vertikal über den Kopf schwingen lassen? Schwingt man den Eimer schnell genug, dann wird man dabei nicht nass.

a) Machen Sie eine Skizze der Situation in der der Eimer an der untersten bzw. obersten Position ist und zeichnen Sie die wirkenden Kräfte ein.

b) Mit welcher Geschwindigkeit müssen Sie den Eimer mindestens schwingen, damit kein Wasser raus läuft? Nehmen Sie einen Radius von einem Meter an. KLösung v=3,2m/s

LÖSUNG 92:

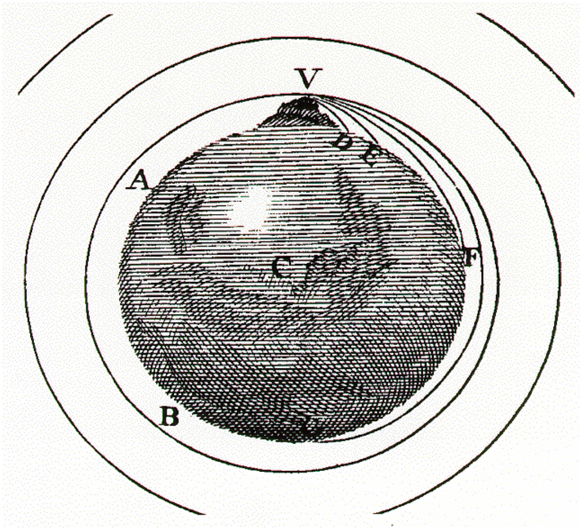
Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kreisbewegung_reibung.tex`.

AUFGABE 93: Ein Auto fährt auf einem Kreis mit 25 m Radius. Die Haftreibungszahl von Pneu auf Strasse sei 0,85. Wie schnell kann das Auto maximal fahren bevor es mit rutschen anfängt? KLösung 14,4 m/s

LÖSUNG 93:

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kreisbewegung_kanone.tex`.

AUFGABE 94: Das erste Newtonsche Gesetz besagt, dass die gleichmässig gleichförmige Geschwindigkeit der natürliche Bewegungszustand jedes Körpers ist. Ohne äussere Kräfte ändert sich die Geschwindigkeit eines Körpers nicht. Schon Newton erkannte das Prinzip. Nehmen Sie an, Sie stehen auf einem 8000 m hohen Berg, und schiessen mit einer Kanone. Welche Geschwindigkeit brauch die Kanonenkugel, um einmal um die Erde zu kommen. Jede Art von Reibung soll vernachlässigt werden.



LÖSUNG 94:

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/dynamik03.tex`.

AUFGABE 95: Die Internationale Raumstation (ISS) umkreist die Erde in einer Höhe von etwa 380 km. Die Masse der Erde ist $5{,}9722 \cdot 10^{24}$ kg, der Radius der Erde ist $6{,}37 \cdot 10^{6}$ m.

a) Warum kann die ISS ohne Antrieb um die Erde kreisen?

b) Machen Sie eine Skizze, in der Sie alle Kräfte eintragen.

c) Wie gross ist die Erdanziehung in dieser Höhe im Vergleich zum Erdboden?

d) Mit welcher Geschwindigkeit fliegt die ISS?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/hammerwurf.tex`.

AUFGABE 96: Beim Hammerwurf schwingen Sie eine Metallkugel an einem Drahtseil im Kreis. Die Metallkugel wiegt 7,26 kg. Das Drahtseil ist 2,10 m lang.

a) Wie hoch ist die Geschwindigkeit der Kugel wenn die Seilkraft 2000 N beträgt?

b) Wie viele Umbrehungen machen Sie in der Sekunde bei dieser Geschwindigkeit?

KLösung a) $v = 24\,\mathrm{m/s}$, b)1,82 Hz

LÖSUNG 96:

a) Die Geschwindigkeit der Kugel kann so bestimmt werden:

$$F_{\mathrm{Res}} = \frac{m \cdot v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{F_{\mathrm{Res}} \cdot r}{m}} = 24\,\mathrm{m/s}$$

b) Damit ergeben sich 1,82 Umdrehungen pro Sekunde.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{U \cdot n}{\Delta t} \rightarrow n = \frac{v \cdot \Delta t}{U} = 1{,}82\,1/\mathrm{s} = 1{,}82\,\mathrm{Hz}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/kreisbewegung_schaukel.tex`.

AUFGABE 97: Auf einer Kirmes gibt es eine Schiffsschaukel mit Überschlag. Die Sitzplätze sind zehn Meter von der Drehachse der Schiffsschaukel entfernt.

a) Skizzieren Sie die Situation und zeichnen Sie die relevanten Grössen ein.

b) Mit welcher Bahngeschwindigkeit muss das Fahrgeschäft mindestens betrieben werden, damit niemand rausfallen kann.

c) Welcher Umlauffrequenz entspricht das?

17 Wechselwirkungsgesetz

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/wechselwirkung01.tex`.

AUFGABE 98:

a) Zeichnen Sie in die linke Skizze die Ihnen bekannten Kräfte ein.

b) Lesen Sie sich das Wechselwirkungsgesetz noch einmal genau durch und zeichnen Sie in die rechte Skizze die Reaktionskräfte ein.

c) Welche Kräfte wirken auf den Block?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/wechselwirkung02.tex`.

AUFGABE 99: Stellen Sie sich vor, Sie stehen auf einem Skateboard. Sie fahren nicht, halten aber einen Ball in den Händen. Nun werfen Sie den Ball horizontal weg. Was passiert? Machen Sie eine Skizze und zeichnen Sie die Kräfte ein.

18 Impuls

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/impuls01.tex`.

AUFGABE 100: Ein Auto mit einem Gewicht von 1,5 T fährt 50 km/h schnell. Wie gross ist der Impuls des Autos? KLösung 20 833 kgm/s

LÖSUNG 100:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} = 1500\,\mathrm{kg} \cdot 13{,}89\,\mathrm{m/s} = 20\,833\,\mathrm{kgm/s}$$

19 Arbeit und Energie

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/arbeit_schrank.tex`.

AUFGABE 101: Ein Schrank (50 kg) soll um zwei Meter verrückt werden. Die Gleitreibungszahl ist 0,3.

a) Machen Sie eine Skizze und zeichnen Sie die wirkenden Kräfte ein.

b) Wie viel Arbeit ist das verrücken des Schrankes?

c) Sie benutzen zum Verrücken einen Rollwagen. Die Rollreibungszahl sei 0,05. Müssen Sie mehr oder weniger arbeiten als bei a)?

d) Wie viel Arbeit ist nötig für das Verrücken unter b)?

KLösung b) 294,3 J, d) 49 J

LÖSUNG 101:

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/arbeit_schlitten.tex`.

AUFGABE 102: Eine Person zieht einen Schlitten unter einem Winkel von $\alpha = 30°$ mit einer Kraft von $F = 30\,\mathrm{N}$. Wie gross ist die verrichtete Arbeit nach einem Weg von 50 m.
KLösung 1299 J

LÖSUNG 102:

$$W = 30\,\mathrm{N} \cdot \cos 30° \cdot 50\,\mathrm{m} = 25{,}981\,\mathrm{N} \cdot 50\,\mathrm{m} = 1299{,}0\,\mathrm{J}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/arbeit_hub.tex`.

AUFGABE 103: Eine Masse von 5 kg wird um 3 m angehoben.

a) Berechnen Sie die erforderliche Hubarbeit?

b) Um wie viel hat sich die potentielle Energie der Masse vergrössert?

KLösung a) 147,15 J, b) 147,15 J

LÖSUNG 103:

a)

$$W_{\mathrm{Hub}} = F_{\mathrm{G}} \cdot s = m \cdot g \cdot s = 5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s}^2 3\,\mathrm{m} = 147{,}15\,\mathrm{J}$$

b)

$$E_{\mathrm{pot}} = m \cdot g \cdot h = 5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s}^2 3\,\mathrm{m} = 147{,}15\,\mathrm{J}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/Ekin_auto.tex`.

AUFGABE 104: Ein Auto mit der Masse von 1500 kg fährt mit 50 km/h durch die Stadt. Wie gross ist die kinetische Energie des Wagens? KLösung 144,68 kJ

LÖSUNG 104: Zuerst sollten alle Grössen in den Grundeinheiten vorliegen.

$$v = 50\,\mathrm{km/h} = 13{,}89\,\mathrm{m/s}$$

$$E_{\mathrm{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0{,}5 \cdot 1500\,\mathrm{kg} \cdot (13{,}89\,\mathrm{m/s})^2 = 144{,}68\,\mathrm{kJ}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/arbeit_feder01.tex`.

AUFGABE 105: Um eine Feder um 15 cm auszulenken ist eine Kraft von 5 N nötig. Wie viel Arbeit ist es die Feder auszulenken? KLösung 0,375 J

LÖSUNG 105:

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/arbeit_feder02.tex`.

AUFGABE 106: Eine Feder mit einer Federkonstanten von 100 N/m wird um 25 cm ausgelenkt. Wie viel Arbeit ist dazu nötig? KLösung 3,125 J

LÖSUNG 106:

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/arbeit_feder03.tex`.

AUFGABE 107:

a) Wie viel Arbeit ist es die reale Feder aus Abbildung **??** um einen Meter auszulenken?

b) Wie viel Energie ist in der Feder gespeichert, wenn sie zwei Meter ausgelenkt ist?

KLösung a) etwa 1 J, b) etwa 3,5 J

LÖSUNG 107:

20 Energieerhaltung

20.1 Pendel

Sie finden diese Aufgabe: `./energieerhaltung_pendel.tex`.

AUFGABE 108: Begründen und Argumentieren Sie Ihre Antworten schriftlich.

a) Was müssen Sie tun, um ein Fadenpendel aus seiner Ruhelage auszulenken?

b) Wie viel müssen Sie für diese Auslenkung arbeiten?

c) Wie viel potentielle Energie hat das Pendel durch diese Auslenkung erhalten?

d) Sie lassen das Pendel nun schwingen. Geben Sie die Geschwindigkeit für einige ausgewählte Positionen des Pendels an.

e) Was passiert mit der potentiellen Energie während der Schwingung?

AUFGABE 109: Berechnen Sie Zahlenwerte für die Fragestellungen aus Aufgabe 108. Dazu lenken Sie den 1 m langen Faden des Pendels um 30° aus.

Sie finden diese Aufgabe: `./energieerhaltung_bruecke.tex`.

AUFGABE 110: Ein Stein (1,5 kg) fällt von einer 40 m hohen Brücke.

a) Wie hoch ist die potentielle Energie des Steins auf der Brücke?

b) Wie hoch ist die kinetische Energie des Steins auf der Brücke?

c) Wie gross ist seine Gesamtenergie?

d) Mit welcher Geschwindigkeit kommt der Stein unten auf?

LÖSUNG 110:

a)

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 1{,}5\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 \cdot 40\,\text{m} = 588{,}6\,\text{J}$$

b)

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0{,}5 \cdot 1{,}5\,\text{kg} \cdot 0 m/s = 0\,\text{J}$$

c) Die Gesamtenergie ist konstant.

$$E_{\text{tot}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = 588{,}6\,\text{J} + 0\,\text{J} = 588{,}6\,\text{J}$$

d) Am Boden ist die Gesamtenergie genauso gross wie auf der Brücke (Energieerhaltung).

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 1{,}5\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 \cdot 0\,\text{m} = 0\,\text{J}$$
$$E_{\text{tot}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} \rightarrow E_{\text{kin}} = E_{\text{tot}} - E_{\text{pot}} = 588{,}6\,\text{J} - 0\,\text{J} = 588{,}6\,\text{J}$$
$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m}} = 28{,}0\,\text{m/s}$$

Sie finden diese Aufgabe: `./energieerhaltung_feder.tex`.

AUFGABE 111: Eine Feder mit einer Federkonstanten von 200 N/m wird gestaucht.

a) Wie viel Arbeit ist nötig um die Feder um 15 cm zu stauchen?

b) Wie viel Energie ist nun in der Feder gespeichert?

c) Nun wird ein Schlitten ($m = 1{,}7\,\mathrm{kg}$) vor die gespannte Feder gesetzt, und die Feder entspannt. Auf welche Geschwindigkeit wird der Schlitten beschleunigt, wenn Reibung vernachlässigt wird?

d) Der Schlitten hat Stahlkufen und gleitet auf einer Stahloberfläche. Wie weit kommt der Schlitten, wenn die Reibung nach entspannen der Feder einsetzt?

LÖSUNG 111:

a) Die Federkraft ist nicht konstant, sondern steigt linear mit der Auslenkung. Die Fläche unter dem Arbeitsdiagramm ist

$$W = \frac{1}{2} \cdot F_\mathrm{F} \cdot (\Delta x) = \frac{1}{2} \cdot D \cdot (\Delta x)^2 = 0{,}5 \cdot 200\,\mathrm{N/m} \cdot (0{,}15\,\mathrm{m})^2 = 2{,}25\,\mathrm{J}$$

b) Das spannen der Feder hat 2,25 J gekostet, damit ist die Federenergie $E_\mathrm{Feder} = 2{,}25\,\mathrm{J}$.

c) Es gilt Energieerhaltung. Die Federenergie wird vollständig in kinetische Energie umgewandelt.

$$E_\mathrm{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_\mathrm{kin}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2{,}25\,\mathrm{J}}{1{,}7\,\mathrm{kg}}} = 1{,}63\,\mathrm{m/s}$$

d) Wir rechnen zuerst die Reibungskraft aus. Aus der Tabelle finden wir die Reibungszahl μ für Gleitreibung Stahl auf Stahl. Es wirkt nur die Gewichtskraft und die Normalkraft in vertikaler Richtung auf den Schlitten, daraus folgt, dass die Normalkraft gleich der Gewichtskraft ist.

$$F_\mathrm{R} = \mu \cdot F_\mathrm{N} = \mu \cdot m \cdot g = 0{,}1 \cdot 1{,}7\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2} = 1{,}67\,\mathrm{N}$$

Es gibt nun zwei Möglichkeiten um zu berechnen, wie weit der Schlitten noch kommt.

(1) Im ersten Fall berechnen wir die Arbeit, die die Oberfläche gegen den Schlitten verrichtet. Wenn die kinetische Energie des Wagens vollständig in innere Energie U umgewandelt wurde, kommt dieser zum Stehen.

$$W = F \cdot s = F_\mathrm{R} \cdot s \rightarrow s = \frac{W}{F_\mathrm{R}} = \frac{2{,}25\,\mathrm{J}}{1{,}67\,\mathrm{N}} = 1{,}35\,\mathrm{m}$$

(2) Mit $F = m \cdot a$ kann man nun die Beschleunigung ausrechnen. F_R wirkt entgegen der Bewegungsrichtung, also $-F_\mathrm{R}$.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_\mathrm{R}}{m} = \frac{-1{,}67\,\mathrm{N}}{1{,}7\,\mathrm{kg}} = -0{,}981\,\mathrm{m/s^2}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s \rightarrow s = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a} = \frac{(0\,\mathrm{m/s})^2 - (1{,}63\,\mathrm{m/s})^2}{2 \cdot (-0{,}981\,\mathrm{m/s^2})} = 1{,}35\,\mathrm{m}$$

Sie finden diese Aufgabe: `./energieerhaltung_wagen_feder.tex`.

AUFGABE 112: Ein Wagen (3kg) rollt eine schiefe Ebene herunter. Die Ebene ist mit einem Winkel von 25° gegen die Horizontale geneigt.

a) Wie schnell ist der Wagen nach 7,5 m?

b) Nach 15 m fährt der Wagen auf eine Feder mit einer Federkonstante von 100 N/m wie stark wird die Feder gestaucht?

c) Der Wagen wird auf eine horizontale Ebene mit Reibung ($\mu = 0.1$) umgelenkt. Wie weit kommt der Wagen?

LÖSUNG 112:

a) Der Wagen wandelt potentielle Energie in kinetische Energie.

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot \Delta s = 3\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 \cdot 0{,}42 \cdot 7{,}5\,\text{m} = 93{,}282\,\text{J}$$

Diese potentielle Energie hat der Wagen verloren. Gleichzeitig hat er denselben Betrag an kinetischer Energie gewonnen (Energieerhaltung). Durch umstellen der kinetischen Energie nach v erhalten wir

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 93{,}28\,\text{J}}{3\,\text{kg}}} = 7{,}89\,\text{m/s}$$

b) Nun wird die kinetische Energie in Federenergie umgewandelt. Da die kinetische Energie am Startpunkt Null war, ist die kinetische Energie unten, gleich der potentiellen Energie am Startpunkt.

$$E_{\text{tot}} = E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot \sin(25°) \cdot 15\,\text{m} = 3\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 \cdot 0{,}42 \cdot 15\,\text{m} = 186{,}56\,\text{J}$$

Aus der Federenergie kann die Auslenkung Δx bestimmt werden

$$E_{\text{Feder}} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot (\Delta x)^2 \rightarrow \Delta x = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{Feder}}}{D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 186{,}56\,\text{J}}{100\,\text{N/m}}} = \sqrt{3{,}73\,\text{m}^2} = 1{,}93\,\text{m}$$

c) Zuerst berechnen wir die Reibungskraft. Die Gewichtskraft und die Normalkraft sind die einzigen Kräfte in vertikale Richtung. Daher müssen beide gleich gross sein.

$$F_{\text{R}} = \mu \cdot R_{\text{N}} = \mu \cdot m \cdot g = 0{,}1 \cdot 3\,\text{m} \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 = 2{,}94\,\text{N}$$

Nun gibt es zwei Möglichkeiten auszurechen, wie weit der Schlitten noch fährt.

(1) Wir wandeln die kinetische Energie in innere Energie U um.

$$U = F_\mathrm{R} \cdot s \rightarrow s = \frac{U}{F_\mathrm{R}} = \frac{186{,}56\,\mathrm{J}}{2{,}94\,\mathrm{N}} = 63{,}39\,\mathrm{m}$$

(2) Wir berechnen aus der Reibungskraft die Beschleunigung und dann damit den Bremsweg.

$$F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{2{,}94\,\mathrm{N}}{3\,\mathrm{kg}} = 0{,}98\,\mathrm{m/s^2}$$

Aus der Gesamtenergie bestimmen wir die Geschwindikeit

$$E_\mathrm{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_\mathrm{kin}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 186{,}56\,\mathrm{J}}{3\,\mathrm{kg}}} = 11{,}15\,\mathrm{m/s}$$

Damit bekommen wir

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s \rightarrow s = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a} = \frac{(0\,\mathrm{m/s})^2 - (11{,}15\,\mathrm{m/s})^2}{2 \cdot (-0{,}98\,\mathrm{m/s^2})} = \frac{124{,}38\,\mathrm{m^2/s^2}}{1{,}96\,\mathrm{m/s^2}} = 63{,}39\,\mathrm{m}$$

Sie finden diese Aufgabe: `./arbeit01.tex`.

AUFGABE 113: Eine Batterie (35 g) hat eine Kapazität von 4 Wh.

a) Wie viel Joule Energie sind in der Batterie gespeichert?

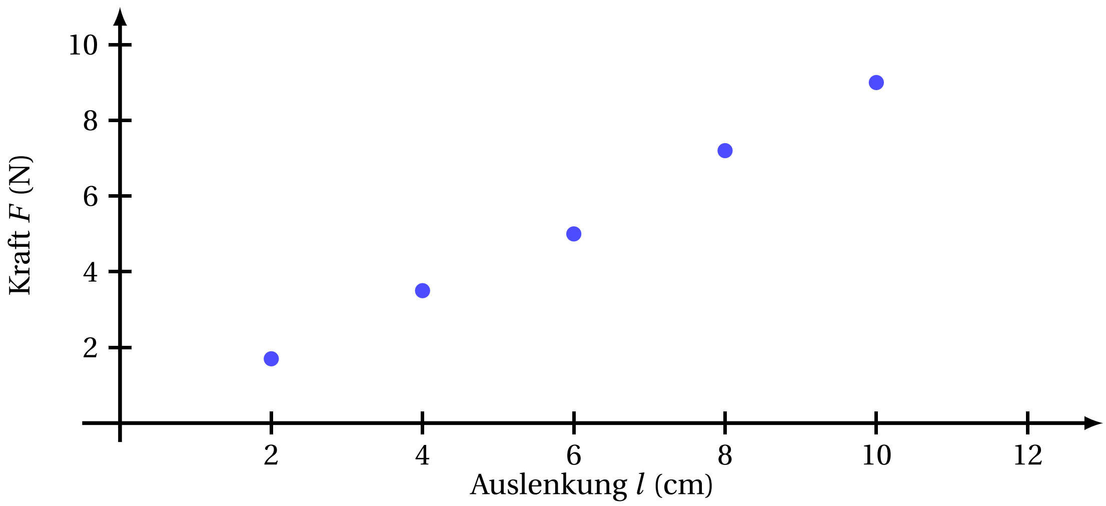
b) Auf welche Geschwindigkeit müsste man die Batterie beschleunigen, damit die Bewegungsenergie der Batterie gleich der gespeicherten elektrischen Energie ist?

c) Auf welche Höhe könnte man die Batterie mit ihrer gespeicherten elektrischen Energie anheben?

Sie finden diese Aufgabe: `./arbeit02.tex`.

AUFGABE 114:

Während des Unterrichts wurde das folgende Arbeitsdiagramm für das Spannen eines Luftballons aufgenommen.



a) Wie viel Verformungsenergie ist im Luftballon gespeichert?

b) Wie hoch würde der Luftballon mit dieser Energie kommen, wenn die gesamte Verformungsenergie in potentielle Energie umgewandelt werden würde? (Die Masse des Luftballons ist 3,2 g)

c) Bei einem Test haben Sie festgestellt, dass der Luftballon nur etwa zwei Meter aufsteigt. Was ist mit der restlichen Energie passiert? Und wie viel restliche Energie ist es?

Sie finden diese Aufgabe: `./arbeit03.tex`.

AUFGABE 115: Ein Bungeespringer (65 kg) springt von einer hohen Brücke. Sein Bungeeseil ist unbelastet 38 Meter lang. Während des Sprungs verlängert sich das Seil auf 55 Meter.

a) Skizzieren Sie den Sprung von der Brücke. Welche Energien kennen Sie schon?

b) Welche Geschwindigkeit erreicht der Springer bevor das Seil gedehnt wird?

c) Berechnen Sie die Federkonstante D des Bungeeseils. Nehmen Sie an, dass das Federgesetz gilt.

d) Warum erreicht der Springer nicht nach 38 Metern seine grösste Geschwindigkeit?

Sie finden diese Aufgabe: `./arbeit04.tex`.

AUFGABE 116: Um die Geschwindigkeit einer Gewehrkugel zu bestimmen, schiesst ein Balistiker mit einem Gewehr auf einen grossen Gummiblock. Der Gummiblock ist an einem Haken aufgehängten. Die Kugel wird vom Gummiblock aufgenommen und abgebremst, dadurch wir dieser ausgelenkt.

a) Skizzieren Sie den Versuch.

b) Welches Prinzip können Sie nutzen zum die Geschwindigkeit der Kugel zu berechnen?

c) Die Gewehrkugel hat eine Masse von 50 g. Der 500 kg schwere Block wird insgesamt um 40 cm angehoben. Wie gross ist die Geschwindigkeit der Kugel?

Sie finden diese Aufgabe: `./energieerhaltung_kugelbahn.tex`.

AUFGABE 117: Galileo Galilei (* 1564 in Pisa, † 1641 in Arcetri bei Florenz) untersuchte das Fallen von Körpern und fand dabei als erster das Fallgesetz. Zu seiner Zeit gab es noch keine Uhren, die Bruchteile von Sekunden messen konnten, daher war er darauf angewiesen, dass Fallen stark zu verlangsamen um den Zusammenhang von Weg und Zeit beim Fallen von Körpern trotzdem messen zu können. Um dies zu erreichen, benutzte er eine schiefe Ebene um die Beschleunigung zu verringern. Für die schiefe Ebene hängt die Beschleunigung vom Steigungswinkel ab. Bei kleinen Steigungen, ist die Beschleunigung klein, im Grenzfall eines Winkels von 90° erhält man die Fallbeschleunigung. Benutzten Sie die Energieerhaltung (dieses praktische Konzept kannte Galilei noch nicht), um die Beschleunigung in Abhängigkeit vom Steigungswinkel zu bestimmen.

a) Machen Sie eine Skizze des Versuchsaufbaus. *Zeichnerisch K1*

b) Finden Sie eine Formel für die potentielle Energie, die vom Steigungswinkel abhängt. *Formale Herleitung K1*

c) Berechnen Sie für verschiedene Steigungswinkel (15°, 45 , °, 75° und 90°) die Endgeschwindigkeit eines Schlittens, der 1,5 m auf einer schiefen Ebene gleitet. *Berechnung mit numerischem Resultat K2*

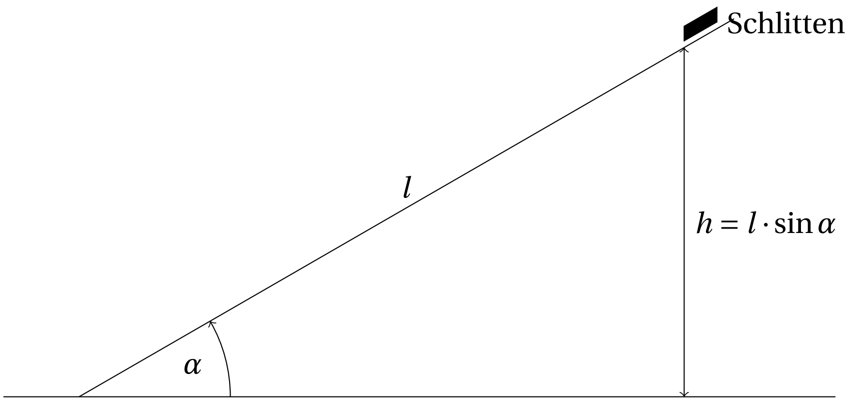
d) Wie stark wurde der Schlitten für die oben genannten Winkel beschleunigt? Tragen Sie die Werte in ein Diagramm ein. Stellen Sie eine allgemeine Formel für die Beschleunigung in Abhängigkeit vom Steigungswinkel auf. *Berechnung mit numerischem Resultat K2*

Galilei nutzt anstatt eines Schlittens eine Kugeln, die er die schiefe Ebene runter rollen liess. Er ignorierte dabei, dass die Kugel rollend die schiefe Ebene herunterkommt. Dadurch kam er auf einen falschen Wert für die Fallbeschleunigung. Benutzt man eine Kugel, ist die kinetische Energie $E_{\text{kin}} = {}^{7}/_{10} \cdot m \cdot v^2$.

e) Auf welchen Wert für die Fallbeschleunigung ist Galilei mit einer Messingkugel gekommen? *Berechnung mit numerischem Resultat K2*

LÖSUNG 117:

a) Eine Skizze könnte so aussehen:



b) Für die potentielle Energie gilt:

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot l \cdot \sin\alpha.$$

c) Es gilt die Energieerhaltung. Das heisst, die Gesamtenergie bleibt konstant, während der Schlitten die Ebene herunterrutscht. Die potentielle Energie, die der Schlitten oben mehr hat, wandelt sich beim runterrutschen in kinetische Energie um. Oben war die kinetische Energie Null, damit ist sie unten gleich der potentiellen Energie oben.

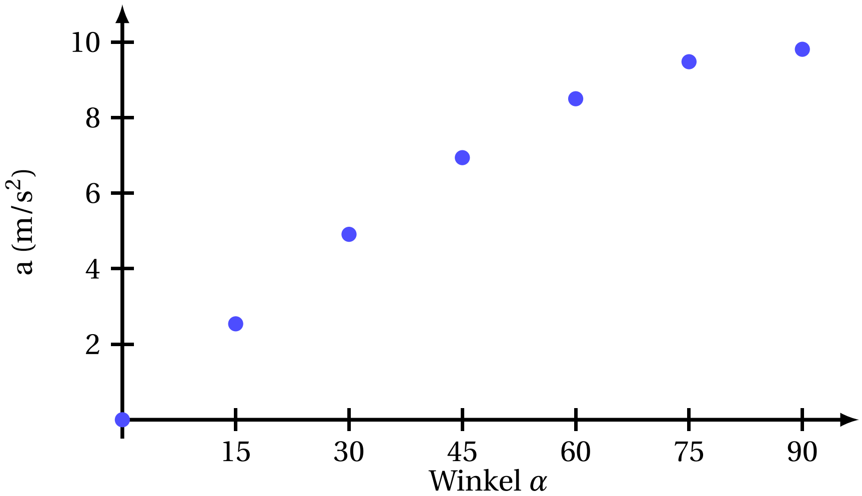
$$\begin{aligned} E_{\text{pot}} &= E_{\text{kin}} \\ m \cdot g \cdot l \cdot \sin\alpha &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \to v = \sqrt{2 \cdot g \cdot l \cdot \sin\alpha}. \end{aligned}$$

Damit erhält man für 15° eine Geschwindigkeit von 2,76 m/s, für 45° eine Geschwindigkeit von 4,56 m/s, für 75° eine Geschwindigkeit von 5,33 m/s und für 90° eine Geschwindigkeit von 5,42 m/s.

d) Für diesen Aufgabenteil kann eine Formel aus der Kinematik verwendet werden:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \rightarrow a = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot \Delta s}.$$

Damit bekommen wir Werte für die Beschleunigung. Bei einem Winkel von 15° ist die Beschleunigung 2,54 m/s^2, bei einem Winkel von 45° ist die Beschleunigung 6,94 m/s^2, bei einem Winkel von 75° ist die Beschleunigung 9,48 m/s^2 und bei einem Winkel von 90° ist die Beschleunigung 9,81 m/s^2.



Setzt man die Formel für die Geschindigkeit (haben wir in Aufgabenteil c) erhalten) in die obige Formel ein, bekommen wir eine allgemeine Formel für die Beschleunigung an der schiefen Ebene

$$a = \sin\alpha \cdot g.$$

e) Wiederholt man die Rechnung, und setzt dabei die kinetische Energie einer Kugel ein, so erhält man die folgend winkelabhängige Beschleunigung

$$a = \frac{5}{7} \cdot g \cdot \sin\alpha.$$

Galilei muss also etwa 7 m/s^2 für die Fallbeschleunigung erhalten haben.

21 Leistung

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/leistung01.tex`.

AUFGABE 118: Wie viel Joule elektrischer Energie benötigt eine 15 Watt Lampe pro Sekunde?

LÖSUNG 118:

$$\Delta W = P \cdot \Delta t = 15\,\mathrm{W} \cdot 1\,\mathrm{s} = 15\,\mathrm{J}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/leistung02.tex`.

AUFGABE 119: Mit einem Lastenaufzug sollen 50 kg Steine in 20 Sekunden zehn Meter hochbefördert werden. Für welche Leistung muss der Motor ausgelegt sein?

LÖSUNG 119: Die Kraft ist die Gewichtskraft

$$F_\mathrm{G} = m \cdot g = 50\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2} = 490{,}5\,\mathrm{N}$$

Eine Hubarbeit von

$$W_\mathrm{Hub} = F_\mathrm{G} \cdot h = 490{,}5\,\mathrm{N} \cdot 10\,\mathrm{m} = 4905\,\mathrm{J}$$

muss der Motor bewältigen. Damit ergibt sich eine minimale Leistung von

$$P = \frac{W_\mathrm{Hub}}{\Delta t} = \frac{4905\,\mathrm{J}}{20\,\mathrm{s}} = 245{,}25\,\mathrm{W}$$

Lithium-Ionen-Akku	starke Sprengstoffe	Schokolade	Benzin	Plutoniumbatterie
0,5	7	23	43	11 200

Tabelle 1: Energiedichte verschiedener Energieträger in MJ/kg. Plutoniumbatterien werden fast ausschliesslich in der Raumfahrt verwendet.

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/leistung03.tex`.

AUFGABE 120: Der Lithium-Ionen-Akku eines Smartphones hält bei normaler Nutzung etwa einen Tag. Seine Kapazität beträgt 7,98 Wh bei einem Gewicht (mit Schale) von 38 g.

a) Wie gross ist die Energiedichte ($w = \frac{\Delta E}{\Delta m}$) des Akkus? Vergleichen Sie mit dem Tabellenwerte. *Berechnung mit numerischem Resultat K1*

b) Wie lange würde das Telefon mit einem anderen Energiespeichermedium halten, wenn es sich für die Nutzung eignen würde? *Berechnung mit numerischem Resultat K2*

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/leistung04.tex`.

AUFGABE 121: Um vom Erdgeschoss des Lyceums zum Physikunterricht in den zweiten Stock zu kommen, muss man 56 Treppenstufen von etwa 16,5 cm Höhe nehmen.

a) Wie viel Energie benötigen Sie mindestens, um vom Erdgeschoss in den Physikraum zu gelangen?

b) Beeilt man sich, kann man in 12 Sekunden oben sein. Wie viel müssten Sie dafür leisten?

c) Wie leistungsfähig können Sie beim Treppensteigen sein?

KLösung Die Werte hängen von Ihrem Gewicht ab. Annahme Sie wiegen 60 kg. a) $E = 5438{,}7\,\mathrm{J}$, b) $P = 453{,}2\,\mathrm{W}$

LÖSUNG 121:

a) Um die Energie berechnen zu können, benötigen Sie die zurückgelegte Höhe:

$$h = 0{,}165\,\mathrm{m} \cdot 56 = 9{,}24\,\mathrm{m}$$

Mit Ihrem Körpergewicht (z.B. 60 kg) kommen Sie auf die potentielle Energie:

$$E_{\mathrm{pot}} = m \cdot g \cdot h = 60\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2} \cdot 9{,}24\,\mathrm{m} = 5438{,}7\,\mathrm{J}$$

b) Leistung ist verrichtete Arbeit pro Zeit. Damit kommen wir auf:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{5438{,}7\,\mathrm{J}}{12\,\mathrm{s}} = 453{,}2\,\mathrm{W}$$

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/leistung05.tex`.

AUFGABE 122: Sie haben sicher schon einmal gehört, dass Licht eine Energieform ist. Wenn nicht, kennen Sie ja sicher Solarzellen. Diese Bauteile wandeln Lichtenergie in elektrische Energie um. Lichtenergie wird in kleinen Paketen übertragen, den sogenannten Photonen. Die Energiemenge, die ein Photon überträgt, ist abhängig von der Farbe des Lichtes. Es gilt $E = h \cdot \nu$. Dabei ist h das Planck'sche Wirkungsquantum, sein Wert ist $6{,}626 \cdot 10^{-34}\,\mathrm{Js}$ und ν die Frequenz des Lichtes.

Ein roter Laserpointer ($\nu = 4{,}4 \cdot 10^{14}\,\mathrm{s}^{-1}$) mit einer Lichtleistung von 3 mW erreicht einen Wirkungsgrad von 80 %.

a) Wie viel Energie wird in einer Sekunde in Laserlicht abgegeben? *Berechnung mit numerischem Resultat K2*

b) Schätzen Sie ab, wie viele Photonen vom Laserpointer während einer Sekunde abgegeben werden? *Fermiproblem K1*

LÖSUNG 122:

a) Die Lichtleistung und die Zeit sind gegeben. Damit kommt man auf

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \rightarrow \Delta E = P \cdot \Delta t = 3\,\mathrm{mW} \cdot 1\,\mathrm{s} = 3\,\mathrm{mWs} = 3\,\mathrm{mJ}.$$

b) Zuerst schätzen wir die Energie eines Photons

$$E = h \cdot \nu \approx= 1 \cdot 10^{-34}\,\mathrm{Js} \cdot 1 \cdot 10^{14}\,\mathrm{s}^{-1} = 1 \cdot 10^{-20}\,\mathrm{J}.$$

Nun können wir die Anzahl der Photonen schätzen

$$n = \frac{\Delta E}{E_{\mathrm{Photon}}} \approx \frac{1 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{J}}{1 \cdot 10^{-20}\,\mathrm{J}} = 1 \cdot 10^{17}.$$

Rechnen wir mit den exakten Werten bekommen wir eine Anzahl von $1{,}03 \cdot 10^{16}$ Photonen, also etwa 1/10 unseres Schätzwertes.

Sie finden diese Aufgabe: `./arbeit05.tex`.

AUFGABE 123: Ein Auto (1500 kg) hat einen Motor, der 100 PS (73,55 kW) leistet. Wie viel Zeit braucht der Wagen mindestens, um von 0 auf 100 km/h zu beschleunigen?

Sie finden diese Aufgabe: `\dir/leistung_velo.tex`.

Original-URL des Artikels: http://www.golem.de/news/flykly-elektrofahrrad-nachruestsatz-steckt-komplett-im-hinterrad-1310-102213.html
Veröffentlicht: 18.10.2013 12:04

Flykly

Elektrofahrrad-Nachrüstsatz steckt komplett im Hinterrad

Das Hinterrad Flykly macht aus jedem normalen Fahrrad ein Pedelec. Neben dem Motor befindet sich auch der Akku in der Radnabe. Gesteuert wird die Elektronik über eine Smartphone-App.

Mit dem Flykly haben New Yorker Erfinder eine Nachrüstmöglichkeit für Fahrräder entwickelt, die dadurch zu Elektrofahrrädern werden sollen. Finanziert wird die Fertigung über Kickstarter.

Auf der Radnabe des mit 4 kg vergleichsweise leichten Hinterrades mit einer 26- oder 29-Zoll-Bereifung steckt zwischen den Speichen nicht nur ein besonders flacher 250-Watt-Elektromotor in einem robusten Gehäuse, sondern auch noch ein 36-Volt-Lithium-Ionen-Akku, der für eine Reichweite von ungefähr 50 Kilometern sorgen soll.

Die maximale Unterstützung reicht bis 25 km/h. Der Akku wird direkt am Rad geladen. Durch Rekuperation lässt sich der Akku, der eine Lebensdauer von 1.000 Ladevorgängen aufweisen soll, auch beim Rollen des Rades füllen. Das Flykly kann allerdings nicht mit einer Ketten- oder Nabenschaltung kombiniert werden, sondern lässt sich nur an Ein-Gang-Fahrrädern nutzen. Das ist ein deutlicher Nachteil gegenüber herkömmlichen Pedelecs.

Der Radfahrer benötigt auch noch ein Smartphone, das mit Hilfe der beigelegten Lenkerhalterung mit eingebautem Akku-Frontlicht befestigt wird. Der Akku kann über den Dynamo geladen werden und versorgt auch das Smartphone mit Strom, das per Bluetooth Kontakt zum Hinterrad hält. Die App soll für iOS, Android und die Pebble-Smartwatch erscheinen.

Die App dient dazu, die maximale Unterstützung des Elektromotors zu programmieren. Das ist bei anderen Pedelecs auch möglich, allerdings nicht mit dem Smartphone, sondern mit einer Steuerung, die am Rad dauerhaft befestigt wird. Daten zur Fahrgeschwindigkeit, dem Akkustand und der zurückgelegten Strecke werden von der App ebenfalls visualisiert. Die Streckendaten können auch mit Freunden geteilt werden. Wer will, kann über die App auch eine Wegfahrsperre aktivieren.

Die Entwickler benötigen für die Serienproduktion des Flykly 100.000 US-Dollar, die über Kickstarter besorgt werden sollen. Dieses Ziel hatten sie in rund zwei Tagen erreicht. Ein Flykly kostet 590 US-Dollar inklusive weltweitem Versand. Beim Import nach Deutschland kommen noch der Zoll und Steuern dazu. Die Auslieferung soll im Mai 2014 beginnen. (ad)

AUFGABE 124:

a) Lesen Sie den Zeitungsartikel und beschreiben Sie in zwei Sätzen worum es darin geht. *Text K1*

b) Berechnen Sie den Rollwiderstand F_{Roll} für ein 20 kg schweres Velo. Die Masse des Fahrers soll 60 kg betragen. Nehmen Sie einen Rollwiderstandsbeiwert von $c = 0.01$ an. *Berechnung mit numerischem Resultat K2*

c) Berechnen Sie den Luftwiderstand bei einer Geschwindigkeit von 20 km/h. Die effektive Stirnfläche $c_w \cdot A$ soll 0,75 sein. *Berechnung mit numerischem Resultat K2*

d) Zeichnen Sie die Geschwindigkeits-Leistungs-Diagramm. Welche maximale Geschwindigkeit ist demnach mit dem Velo möglich? *Graphische Darstellung K2*

e) Ist es möglich die 30 km von Bern (542 m ü. M.) nach Thun (560 m ü. M.) ausschliesslich im Elektrobetrieb zurückzulegen? Wenn ja, wie lange dauert die Fahrt mindestens? *Qualitative Abschätzung K3*