HTWG Konstanz
Studienkolleg

Vorkenntnisse im Fach Physik
Stand 01.05.2019

Wir stellen Ihnen die physikalischen Begriffe und Formeln vor, die wir im Studienkolleg vorausetzen. Sie bilden die Grundlage des Aufnahmetests. Im Aufnahmetest liegt der Schwerpunkt im physikalischen Verständnis, es werden weniger Rechnungen verlangt als in diesem Dokument. Sie können mit gutem Gefühl in den Test gehen, wenn Sie mit die hier vorliegenden Aufgaben gemeistert haben.

Teil A Übersicht über die Themen
Teil B Erklärungen und Aufgaben
Teil C Lösungen zu den Aufgaben

Teil A

I. Mechanik

1. Länge (Definition, Einheiten, Längenmessung)
2. Zeit (Definition, Einheiten, Zeitmessung)
3. Geschwindigkeit, Galilei-Transformation
4. Weg-Zeit-Diagramme $s = s(t)$
5. Masse (Definition, Einheiten, Bestimmung der Masse), Massendichte ϱ (Definition, Einheiten)
6. Kraft (Definition, Einheiten, Bestimmung der Kraft, Addition von Kräften, Zerlegung einer Kraft in vorgeschriebene Richtungen, Kraft und Gegenkraft, Gravitationsgesetz)
7. Reibungskräfte, Luftwiderstand (phänomenologisch)
8. Gewichtskraft (Einheit, Ortsabhängigkeit)
9. Hookesches Gesetz
10. Impuls, Impulserhaltung (Definition, Einheiten, Bestimmung des Impulses)
11. Arbeit (Definition, Einheiten, Bestimmung der Arbeit, Energie, Energieerhaltung)
12. Umrechnungen von Einheiten

II. Wärmelehre

   1. Temperatur, Temperaturskalen (Celsius, Kelvin, Fahrenheit)
   2. Wärme als Energieform, Schmelzen und Sieden
   3. Mischungstemperatur, spezifische Wärmekapazität

III. Magnetismus

IV. Elektrizitätslehre

   1. Stromstärke und Widerstand
   2. elektrische Leistung
   3. Reihenschaltung von Widerständen
   4. Parallelschaltung von Widerständen
   5. spezifischer Widerstand

Teil B

I. **Mechanik**

Die Mechanik unterteilt man in **Kinematik** und **Dynamik**.

- Die **Kinematik** beschäftigt mit der Beschreibung von Bewegungen, ohne zu fragen, auf welche Weise diese Bewegungen angestoßen werden,
- die **Dynamik** fragt nach den Kräften, die einen Körper in Bewegung versetzen oder seine Bewegung bremsen.

Für die Kapitel 1.1. – 1.4. sollen Sie über Grundkenntnisse der linearen Bewegung verfügen. Sie wissen, wie Zeit und Zeiteinheiten (Stunde, Minute usw.) definiert sind, wie man Längen misst und in welchen Einheiten.
Sie kennen die den Begriff **Geschwindigkeit**:

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{zurückgelegter Weg}}{\text{benötigte Zeit}} \qquad v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Für die Beschreibung einer Bewegung benutzt man

$$\begin{array}{rcl} \text{Weg in Abhängigkeit von der Zeit } s & = & s(t) = s_0 + v_0 \cdot t \\ \text{Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit } v & = & v(t) = v_0 = \text{const} \end{array}$$

Die **graphische Darstellung** dieser Funktionen stellt ebenfalls den Bewegungsablauf dar.

Für die Aufgaben legen Sie als **Gravitationsfeldstärke** den Wert $g = 9{,}8\,\text{N/kg}$ zugrunde!

1. **Längen**

   1.1. **Addition und Subtraktion**

   Berechnen Sie und geben Sie das Ergebnis in einer geeigneten Einheit an:

   (a) $2{,}5\,\mathrm{cm} + 3{,}5\,\mathrm{dm} + 4{,}5\,\mathrm{m} =$

   (b) $75{,}2\,\mathrm{km} - 2667\,\mathrm{m} - 124\,\mathrm{dm} =$

   (c) $123\ 672\,\mathrm{\mu m} + 255\,\mathrm{mm} + 3{,}23\,\mathrm{m} =$

   1.2. **Flächeninhalt**

   Geben Sie die den Flächeninhalt an:

   (a) Rechteck mit der Länge $5{,}9\,\mathrm{m}$ und der Breite $25\,\mathrm{cm}$

   (b) Kreis mit Radius $r = 7{,}3\,\mathrm{mm}$

   (c) In einem kartesischen Koordinatensystem mit der Längeneinheit $1\,\mathrm{m}$ liegen die Punkte $A(1|1)$, $B(8|2)$, $C(9|5)$, $D(2|4)$. Sie definieren ein Parallelogramm $ABCD$.
   Berechnen Sie dessen Flächeninhalt.

2. **Zeit**

   2.1. **Umrechnungen**

   Rechnen Sie in die Zieleinheit um:

   (a) $47\,\mathrm{min} \to \ldots\,\mathrm{s}$

   (b) $78\ 445\,\mathrm{min} \to \ldots\,\mathrm{d} \ldots\,\mathrm{h} \ldots\,\mathrm{min}$

   (c) $365{,}25\,\mathrm{d} \to \ldots\,\mathrm{s}$ (d = (lat.) dies = Tag)

   2.2. **Zugfahrten**

   (a) Ein Schnellzug beginnt seine Fahrt um 6.13 Uhr und kommt um 21.05 Uhr an.
   Wie lange war er unterwegs?

   (b) Ein Zug fährt um 20.17 Uhr in Bahnhof A ab und kommt am nächsten Tag um 9.46 Uhr in Bahnhof B an.
   Wie lange dauerte die Fahrt?

   (c) Um 17.53 Uhr fährt ein Zug ab und ist 12 Std. 18 min. unterwegs.
   Wann kommt er an?

3. **Geschwindigkeit**

3.1. **Sprint oder Dauerlauf?**
Drei Freunde Albert, Bernhard und Christian verabreden sich zum Wettlauf. Albert ist 12 Jahre alt, Berhard ist 14 Jahre alt und Christian 18 Jahre alt. Sie können also fairerweise nicht auf gleicher Strecke gegeneinander antreten. Albert läuft die Strecke von 50 m in 8,5 s, Berhard läuft die Strecke von 75 m in 11,7 s und Christian braucht für die Strecke von 400 m 63,4 s.
Wer ist der schnellste Läufer?

3.2. **zwei Pkw**
Welchen Weg legt ein Pkw in 6 h zurück, wenn seine Geschwindigkeit 70 km/h beträgt?
Ein zweiter Pkw fährt für 4,5 h mit 78 km/h.
Welchen Weg legt dieser zurück?

3.3. **Radfahrer I**
Welche Geschwindigkeit hat ein Radfahrer, der in 20 min 6,8 km zurücklegt?

3.4. **Ein Damm wird belastet**
Ein 500 m langer Güterzug fährt mit 55 km/h über einen 2,6 km langen Damm.
Während welcher Zeit belastet ein Teil des Zuges den Damm?

3.5. **Erde um die Sonne**
Welche mittlere Geschwindigkeit v hat die Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne, wenn der Radius der Erdbahn $150 \cdot 10^6$ km beträgt und die Umlaufzeit 365,25 d dauert?
Zusatzaufgabe: Warum ist hier bei der Erdbewegung von *mittlerer* Geschwindigkeit die Rede?

3.6. **Radfahrer II**
Die Frankreichrundfahrt (*Tour de France*) besteht aus Tages-Etappen unterschiedlicher Länge und von unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad.

(a) Ein Radfahrer fährt die 4. Etappe mit der Länge 223 km in 5 h48 min.
Welche mittlere Geschwindigkeit hat er?

(b) Wann erreicht dieser Teilnehmer die Zwischenstation, die sich 148 km vom Start befindet?

(c) Eine Passabfahrt durchfährt er mit 66,3 km/h und braucht dazu 13 min27 s.
Wie lang ist diese Abfahrt?

3.7. **Radfahrer III, 1. Teil**
Peter besucht seinen Freund Paul, der in 12 km Entfernung wohnt. Zunächst fährt er mit 14 km/h für 25 min, dann bei einem Anstieg für 22 min mit 4 km/h und schließlich die restliche Strecke mit 17 km/h.

(a) Wie lange dauert die Fahrt auf dem letzten Streckenabschnitt?

(b) Welche mittlere Geschwindigkeit hat Peter gehabt?

(c) Nach 2 Stunden fährt ihn Pauls Vater wieder nach Hause mit einer Geschwindigkeit von 65 km/h.
Wie lange war Peter insgesamt unterwegs?

3.8. **Schiff auf dem Rhein**

Ein Schiff fährt auf dem Rhein Geschwindigkeit 20 km/h. Der Schiffsjunge läuft mit der Geschwindigkeit 6 km/h auf dem Schiff nach hinten, nach kurzer Zeit mit 4 km/h wieder nach vorn.

Geben Sie die Geschwindigkeit des Schiffsjungen in Bezug auf das Ufer an und begründen Sie Ihr Ergebnis.

3.9. **Pkw und Lkw**

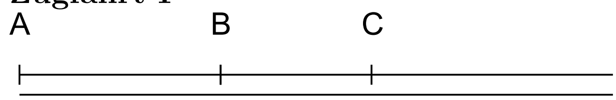
Ein Pkw fährt auf der Autobahn mit 150 km/h; in 2 km Entfernung vor ihm fährt ein Lkw mit der Geschwindigkeit 110 km/h.

(a) Wie lange dauert es, bis sich der Pkw bis auf 50 m dem Lkw genähert hat und dann ausscheren muss?

(b) Welchen Weg hat er dahin zurückgelegt?

4. Weg-Zeit-Diagramme

4.1. Zugfahrt I



Ein Zug fährt gleichmäßig mit der Geschwindigkeit 85 km/h auf einer zweispurigen Strecke. Er fährt, ohne zu halten, um 8.00 Uhr durch den Bahnhof A.

(a) Wann erreicht er den Bahnhof B in 27 km Entfernung?

(b) Wie weit ist er um 9.10 Uhr gefahren, wenn unterwegs ein Aufenthalt von 5 min in Bahnhof B fahrplanmäßig vorgesehen ist und der Zug weiterhin 85 km/h fährt?

4.2. Zugfahrt II

Ein Zug fährt um 8.00 Uhr durch Bahnhof A und ohne Halt mit 85 km/h zum Bahnhof C, der 100 km von Bahnhof A entfernt liegt.
Um 8.50 Uhr fährt ein anderer Zug von Bahnhof C dem ersten Zug mit der Geschwindigkeit 90 km/h entgegen.
Wann und wo begegnen sich die beiden Züge?
Zeichnerische und rechnerische Lösung verlangt.

4.3. Radfahrer III, 2. Teil

Erstellen Sie für die Aufgabe **Radfahrer III** ein $s(t)$-Diagramm.

4.4. Interpretation einer Bewegung

Beschreiben Sie jeweils die Bewegung, die in nachfolgenden $s(t)$-Diagrammen dargestellt ist.

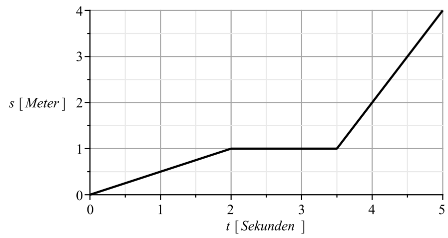


Abbildung 1:

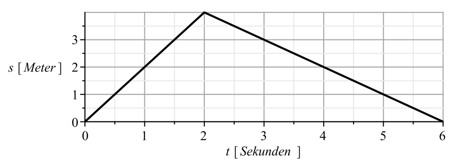


Abbildung 2:

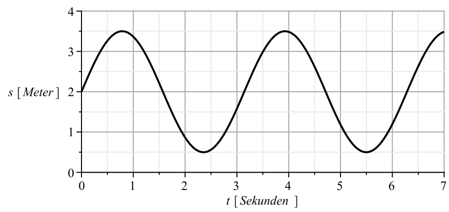


Abbildung 3:

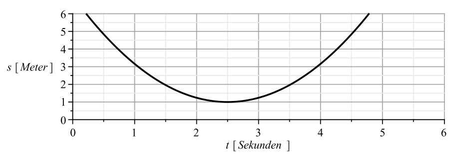


Abbildung 4:

5. Masse und Dichte

Die **Masse** ist die Eigenschaft eines Körpers, die überall (auf der Erde und im Weltall) gleich ist und angibt,

- wie der Körper bei Anwesenheit von Gravitation (**schwere Masse**)
- bei Änderung seines Bewegungszustandes (beschleunigen, abbremsen, Richtung ändern) (**träge Masse**)

reagiert.
Mit der Allgemeinen Relativitätstheorie von Albert Einstein (1915) ist diese Unterscheidung hinfällig.
Masse und Volumen eines homogenen Körpers hängen über die **Dichte** zusammen:

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}} \qquad \varrho = \frac{m}{V}$$

Wenn von den Größen Masse, Volumen, Dichte zwei gegeben sind, kann die dritte berechnet werden.

Rechnen Sie im folgenden stets mit $g = 9{,}8\,\mathrm{m/s^2}$.

5.1. Dieselöl I
Ein aufrecht stehender zylinderförmiger Tankbehälter hat einen Durchmesser von 3,50 m und eine Höhe von 5,50 m. Er wird mit Dieselöl befüllt. Welche Masse hat das Dieselöl? (Dichte von Öl: $\varrho = 0{,}84\,\mathrm{g/cm^3}$)

5.2. Dieselöl II
Bei einem Schiffsunglück laufen 500 t Dieselöl aus und verteilen sich auf dem Meer über eine Fläche von 300 000 $\mathrm{m^2}$.
Wie dick ist diese Ölschicht? (Dichte von Öl: $\varrho = 0{,}84\,\mathrm{g/cm^3}$)

5.3. In der Industrie
In der Industrie wird die Dichte immer in $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}}$ angegeben.

Rechnen Sie in diese Einheit um:
a) $0{,}0045\,\mathrm{g/cm^3}$, b) $7{,}2\,\mathrm{kg/dm^3}$, c) $12\,\mathrm{mg/mm^3}$

5.4. Marmor
Um die Dichte von Marmor zu bestimmen, wird ein Quader aus Marmor gewogen: Masse zu 2,65 kg. Seine Kanten haben die Längen
$a = 18\,\mathrm{cm}$, $b = 12\,\mathrm{cm}$ und $c = 4{,}5\,\mathrm{cm}$.
Welche Dichte hat Marmor?

5.5. Benzin
Eine Messflasche nimmt bei vollständiger Füllung mit einer Flüssigkeit genau $10\,\mathrm{cm^3}$ Flüssigkeit auf. Füllt man sie mit Benzin, hat sie die Masse 42,9 g, leer beträgt ihre Masse 35,7 g.
Wie groß ist die Dichte von Benzin?

5.6. Sandkasten
Für Katharians Sandkasten, der 1,40 m lang, 1,20 m breit ist und der 25 cm hoch mit Sand gefüllt werden soll, holt der Vater mit dem Pkw-Anhänger den Sand.
Ist das möglich, wenn er mit maximal 500 kg beladen werden kann?
Dichte von Sand: $\varrho = 1{,}6\,\mathrm{g/cm^3}$

5.7. **Quecksilber**
Mit welcher Kraft wird ein Liter Quecksilber von der Erde angezogen?
Dichte von Quecksilber: $\varrho = 13{,}6\,\mathrm{g/cm^3}$

5.8. **Schneefall**
Welche Gewichtskraft wirkt auf ein waagrechtes Dach mit der Fläche $A = 160\,\mathrm{m}^2$, wenn es frisch gefallener Schnee mit einer Dicke von $12\,\mathrm{cm}$ bedeckt?
Dichte von Schnee $\varrho = 0{,}2\,\mathrm{g/cm^3}$

6. Kräfte, Addition, Zerlegung

Wenn eine Kraft F auf einen Körper einwirkt, wird er verformt oder er ändert seinen Bewegungszustand (er wird beschleunigt, abgebremst, seine Bewegungsrichtung wird geändert) oder es geschieht beides.
Die zentralen Gleichungen von Isaac Newton (1687) lauten (in vereinfachter Form)

$$\begin{aligned} \text{Impuls } \vec{p} &= m \cdot \vec{v} \\ \text{Kraft } \vec{F} &= \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m \cdot \vec{v})}{\Delta t} = \underbrace{\frac{\Delta m}{\Delta t}}_{\text{Term 1}} \cdot \vec{v} + m \cdot \underbrace{\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}}_{\text{Term 2}} \end{aligned}$$

Beachten Sie, dass als Ausgangsgröße der **Impuls** steht und dessen Änderung durch eine **Kraft** herbeigeführt wird. Eine solche Änderung kann hervorgerufen werden

- allein durch eine Änderung der Geschwindigkeit, also durch eine Beschleunigung: Term 1 $= 0$, Term 2 $\neq 0$
- allein durch eine Änderung der Masse: Term 1 $\neq 0$, Term 2 $= 0$
- durch Änderung beider Größen: Term 1 $\neq 0$, Term 2 $\neq 0$

Es ist also im einzelnen zu prüfen, welche Größen sich bei dem Bewegungsvorgang ändern.

Der Impuls und damit auch die Kraft sind **vektorielle Größen**, die einen Betrag und eine Richtung haben. Sie werden nach dem Parallelogrammverfahren zu einem Summenvektor addiert:

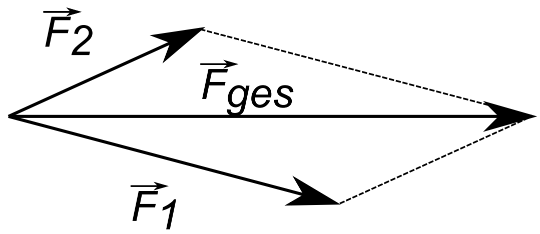


Abbildung 5: Kräfteaddition

6.1. Kraft I

Ein Pkw mit der Masse 1500 kg beschleunigt mit der Kraft 5 kN von 0 auf 100 km/h.

(a) Wie lange dauert der Beschleunigungsvorgang?

(b) Wann hat der Pkw die Geschwindigkeit 70 km/h erreicht?

(c) Wann hat der Pkw die Strecke 110 m zurückgelegt und welche Geschwindigkeit hat er dann?

6.2. **Kraft II**

Ein Stein mit der Masse 2 kg wird mit der Geschwindigkeit $v_0 = 10\,\mathrm{m/s}$ senkrecht nach oben geworfen.

(a) Geben Sie die Weg-Zeit-Funktion $s(t)$ für diese Bewegung an. (Die positive Achse des Koordinatensystem ist nach oben gerichtet.)

(b) Welche Höhe erreicht der Stein?

(c) Wann schlägt er wieder auf dem Boden auf?

6.3. **Kraft III**

Ein Lastkraftwagen mit der Masse 7,5 t fährt mit 30 km/h auf einen Brückenpfeiler. Dabei wird die Motorhaube um 10 cm eingedrückt.

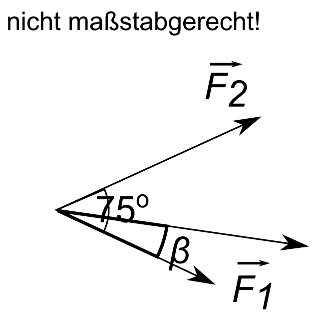
(a) Wie lange dauert dieser „Bremsvorgang“?

(b) Welche durchschnittliche Kraft muss der Brückenpfeiler aufbringen?

(c) Welche Energie muss der Brückenpfeiler und die Autokarosserie aufnehmen?

6.4. **Kraft IV**

An einem Punkt greifen die Kräfte $F_1 = 15\,\mathrm{N}$ und $F_2 = 25\,\mathrm{N}$ an, der Winkel zwischen den Kräften F_1 und F_2 beträgt $\alpha = \sphericalangle(\vec{F_1}, \vec{F_2}) = 75°$.



(a) Konstruieren Sie die Gesamtkraft $\vec{F_{\text{ges}}} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$

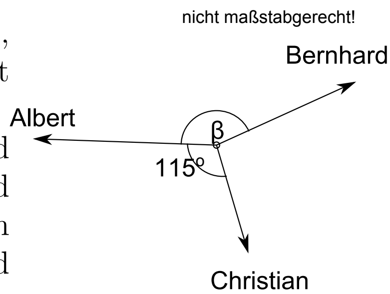
(b) Berechnen Sie die Gesamtkraft $\vec{F_{\text{ges}}}$ und geben Sie ihren Winkel β in Bezug auf F_1 an.

6.5. **Kraft V**

Drei Jungen wollen ihre Kräfte messen. Sie ziehen alle an einem Ring. Albert zieht mit 300 N, Bernhard zieht mit 450 N und Christian zieht mit 400 N.

Welchen Winkel β müssen Albert und Bernhard einnehmen und mit welcher Kraft muss Bernhard ziehen, damit Christian das Gleichgewicht halten kann, wenn der Winkel zwischen Christian und Albert 115° beträgt?

Eine Konstruktion ist verlangt.



6.6. Defekter Lkw

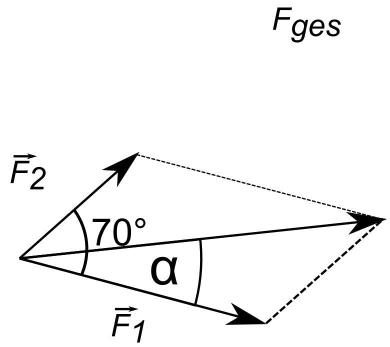
Ein Lkw mit der Masse 3,5 t hält an einer ansteigenden Straße mit der Steigung 18% an.

(a) Welche Kraft müssen die Bremsen insgesamt aufbringen, wenn er steht?

(b) Wie groß ist die Kraft, die von der Straße aufzubringen ist?

(c) Schließlich wird der Lkw von einem Kran aus der Straße gehoben.
Welche Kraft muss der Kran aufbringen?

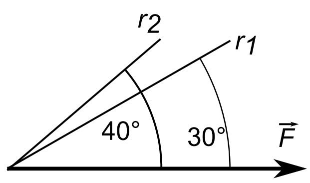
6.7. Kräfte an einem Angriffspunkt I
Die Kräfte $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ haben den gleichen Angriffspunkt, ihre Beträge sind 5,4 N und 6,8 N. Sie schließen einen Winkel von $\alpha = 70°$ ein.
Ermitteln Sie den Betrag der Summenkraft und die Richtung in Bezug auf $\vec{F}_1$.



6.8. Kräfte an einem Angriffspunkt II
Das gleiche wie in Aufgabe 6.7. für $F_1 = 45$ N und $F_2 = 62$ N und $\alpha = 155°$.

6.9. Zerlegung einer Kraft I
Die Kraft von Betrag 65 N soll in zwei Kraftkomponenten F_a und F_b zerlegt werden, die senkrecht aufeinander stehen. Die Kraftkomponente F_a soll den Betrag 48 N haben.

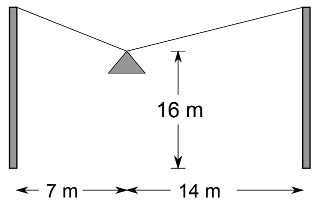
6.10. Zerlegung einer Kraft II
Eine Kraft mit dem Betrag 10 N soll in vorgeschriebene Richtungen r_1 und r_2 zerlegt werden. Die Richtung r_1 ist um 30° gegen die Richtung der Kraft F gedreht, die Richtung r_2 um 40°.
Konstruieren und berechnen Sie die Kraftkomponente in Richtung r_1 und die Kraftkomponente in Richtung r_2!



6.11. Drei Kräfte
Auf einen Punkt wirken drei Kräfte, nämlich vom Betrag 5 N, 6 N und 7 N. Welchen Winkel schließen die einzelnen Kräfte ein, wenn Gleichgewicht herrscht?

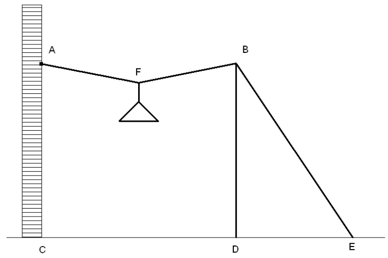
6.12. **Straßenlampe**

Eine Straßenlampe hat die Masse 50 kg und wird vom zwei Masten von 20 m Höhe und 21 m Entfernung in 16 m Höhe getragen.
Man bestimme die Zugkraft in den Drähten, wenn die Lampe von einem Mast 7 m und von dem anderen 14 m entfernt ist.



6.13. **Lampe über der Straße**

Ein Lampe von 50 kg Masse hängt in 4,50 m Höhe in der Mitte zwischen einem Mast und einer Hausmauer. Der Mast ist durch ein Drahtseil verspannt.
$\overline{AC} = \overline{BD} = 6\,\text{m}, \ \overline{CD} = 8\,\text{m}, \ \overline{DE} = 4\,\text{m}.$



(a) Bestimmen Sie die Kräfte in den Drähten FA und FB
(Vorschlag: 1 cm $\overset{\wedge}{=}_{100\,\text{N}}$).

(b) Zerlegen Sie die Kraft, die auf die Mauer wirkt, in eine Komponente senkrecht zur Mauer und in eine Komponente in Richtung der Mauer.

(c) Mit welcher Kraft wird das Seil BE belastet, wenn auf dem Mast BD die Kraft nur senkrecht nach unten wirken soll?

6.14. **Lkw auf schiefer Straße**

Eine 120 m lange Straße steigt um 18 m an, auf ihr steht ein 4,2 t schwerer Lastwagen.

(a) Zeichnen Sie ein Bild der Straße in geeignetem Maßstab.

(b) Welche Kraft ist erforderlich, um ein Abwärtsrollen des Lastwagens zu verhindern?

7. Reibung

Wenn ein Körper über einen Untergrund bewegt wird, so tritt eine Kraft auf, die Reibungskraft. Sie wirkt stets entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung und hängt ab von den aufeinander reibenden Materialien.

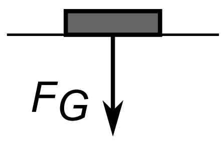
Beobachtungen zeigen, dass eine Mindestkraft notwendig ist, um einen Körper überhaupt in Bewegung zu versetzen. Diese Mindeskraft muss die **Haftreibungskraft** F_{h} überwinden.
Ist er in Bewegung, so genügt eine kleinere Kraft, die **Gleitreibungskraft** F_{gl}, um ihn in Bewegung zu halten.
Entscheidend ist die **Normalkraft** F_{N}, die auf den Boden drückt. Diese ist bei einem waagrechten Untergrund dieselbe wie die **Gewichtskraft** F_{G}, im Falle einer schiefen Ebene mit dem Neigungswinkel α nur die Normalkomponente, „normal“ im Sinne von „senkrecht zum Untergrund“.

Das Zusammenwirken der beteiligten Materialien wird beschrieben

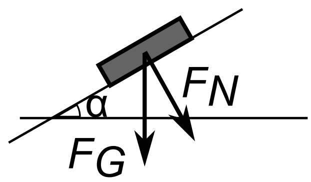
- durch den Haftreibungskoeffizenten μ_{h}
- und den Gleitreibungskoeffizenten μ_{gl}

$$\begin{aligned} \text{Normalkraft } F_{\mathrm{N}} &= F_{\mathrm{G}} \cdot \cos\alpha \\ \text{Haftreibungskraft } F_{\mathrm{h}} &\leq F_{\mathrm{h,\,max}} = F_{\mathrm{N}} \cdot \mu_{\mathrm{h}} \\ \text{Gleitreibungskraft } F_{\mathrm{gl}} &= F_{\mathrm{N}} \cdot \mu_{\mathrm{gl}} \end{aligned}$$

7.1. Kiste



(a) Auf ebenem Steinfußboden wird eine Kiste mit der Masse 35 kg waagrecht gezogen.
Welche Kraft wird dazu benötigt, wenn der Reibungswert $\mu_{\mathrm{gl}} = 0{,}3$ beträgt?



(b) Anschließend wird diese Kiste auf einer schiefen Ebene mit dem Neigungswinkel $\alpha = 15°$ gezogen.
Welche Kraft wird jetzt zum Ziehen benötigt?

7.2. Rennwagen

Ein 450 kg schwerer Rennwagen fährt mit 300 km/h auf gerader Strecke und bremst.

(a) Welche Bremskraft kann er aufbringen? (Haftreibungswert $\mu_{\mathrm{h}} = 0{,}7$)

(b) Welche Bremsverzögerung kann der Rennwagen erreichen?

(c) Wie lange dauert der Bremsvorgang?

7.3. Gleitlager

In einem Gleitlager wirkt die Kraft $F_{\mathrm{N}} = 2250\,\mathrm{N}$ zwischen den gleitenden Flächen. Bei guter Schmierung ist die Gleitreibungszahl $\mu_{\mathrm{gl}} = 0,02$, bei schlechter Schmierung $\mu_{\mathrm{gl}} = 0,08$.
Wie groß ist bei guter, bei schlechter Schmierung die Reibungskraft?

7.4. **Surfbrett**

Ein Kind besteigt auf nassen Bohlen ein Surfbrett, das nach unten gleitet und dann waagrecht über den angrenzenden Sand rutscht.

Mit welcher Kraft wird das Kind mit dem Surfbrett gebremst, wenn die gesamte Gewichskraft 850 N beträgt und die Gleitreibungszahl zwischen Surfbrett und Sand $\mu_{\mathrm{gl}} = 0,5$ ist?

7.5. **Resopal**

Zur Bestimmung der Gleitreibungszahl μ_{gl} zwischen Holz und Resopal-Tischplatte des Experimentiertisches wird eine Holzplatte ohne und mit aufgesetzten Gewichtsstücken mit konstanter Geschwindigkeit über die Tischplatte gezogen. Es wird jeweils die gesamte Gewichtskraft F_{G} und die Zugkraft F_{Zug} gemessen. Bestimmen Sie μ_{gl}.

F_{G}	1,20 N	2,20 N	5,20 N
F_{Zug}	0,215 N	0,40 N	0,94 N

7.6. **Schlittenfahrt**

Ein Junge zieht einen Schlitten, der mit $F_{\mathrm{G}} = 150\,\mathrm{N}$ auf den Schnee drückt, auf einer horizontalen Schneefläche mit der konstanten Geschwindigkeit $v = 3\,\mathrm{km/h}$ über eine Strecke von 200 m ($\mu_{\mathrm{gl}} = 0{,}11$).

Welche Kraft bringt der Junge auf?

8. **Gewichtskraft**

Im Schwerefeld eines Himmelskörpers erfährt jede Masse eine Kraft; sie heißt die **Gewichtskraft** F_G.
Zum Feststellen dieser Kraft muss ein Körper mit (kleiner) Masse m als „Testmasse“ an den Ort gebracht werden, an dem die Messung vorgenommen werden soll.

- Dazu wird auf der Erde ein Körper mit der Masse m frei aufgehängt und seine Gewichtskraft F_G wird gemessen.
- Ein Satellit wird im Gravitationsfeld in seiner Bahn beeinflusst. Dabei bedeutet „Satellit“
  - einen mit einer Rakete von der Erde hochgeschossenen Himmelskörper
  - oder einen Mond, der den Planeten umkreist
  - oder einen Stern, der den interessierenden Stern umkreist (Doppelsternsystem), falls ein solcher vorhanden ist
  - eine Galaxie, die eine andere umkeist oder sich in ihrer Nähe befindet und daher in ihrer Form verzerrt wird (Beispiel: die beiden Galaxien in M51)

  Aus dieser Ablenkung kann auf Größe und Richtung des Schwerefeldes $\vec{g}$ des Himmelskörpers geschlossen werden.

Es gilt

$$\vec{F}_G = m \cdot \vec{g}$$

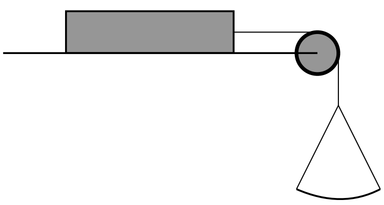
8.1. **Gewichtskraft I**
Berechnen Sie die Gravitationsfeldstärke g an einem Ort,

- an dem die Masse 75 kg die Gewichtskraft 730 N erfährt
- an dem die Masse 24 kg die Gewichtskraft 184 N erfährt

8.2. **Gewichtskraft II**
Man berechne die Gewichtskraft, die ein Roboter auf dem Mars erfährt, der auf der Erde die Masse 245 kg hat. ($g_{\text{Mars}} = 3{,}71$ N/kg)

8.3. **Roboter**
Die NASA überlegt, einen baugleichen Roboter auf einem Kometen landen zu lassen.
Welche Kraft müssen die Triebwerke beim erneuten Start auf dem Kometenkern mindestens aufbringen, wenn $g_{\text{Komet}} = 0{,}05$ N/kg beträgt?

8.4. **schwere Kiste**
Auf waagrechter Ebene steht eine 120 kg schwere Kiste. Sie ist an einem Seil befestigt, an dem über eine Rolle eine 10 kg schwere Schale angehängt ist.
Welche Masse darf in die Schale höchstens gelegt werden, damit die Kiste nicht ins Rutschen kommt?
($\mu_h = 0{,}7$, $\mu_{gl} = 0{,}3$)



9. **Hookesches Gesetz**

Wenn an einer Schraubenfeder eine Kraft F angreift, dann dehnt sich diese um die Strecke Δs.
Wenn diese Dehnung Δs nicht zu groß ist, dann sind die Dehnung und die angreifende Kraft zueinander proportional.

$$F \sim \Delta s \quad \Rightarrow \quad F = k \cdot \Delta s$$

Die Größe k heißt **Richtgröße der Feder** oder **Federkonstante**.

9.1. Eine Feder wird von der Kraft 1 N um 4 cm gedehnt.
   (a) Berechnen Sie die Federkonstante k.
   (b) Wie weit dehnt sich diese Feder bei einer Kraft von 5 N, 6 N, 0,2 N?
   (c) Welche Kraft zieht an der Feder, wenn sie um 5 cm, um 2,2 cm, 11 cm gedehnt wird?

9.2. Um die Federkonstante zu bestimmen, hängt man an die Feder ein Gewichtsstück mit der Masse 4,5 kg; die Feder dehnt sich um 3 cm.

9.3. Bestimmen Sie mit einem geeigneten Diagramm die Federkonstante, wenn folgende Messwerte gegeben sind (gemessen vom Aufhängepunkt aus):

Kraft	1 N	4 N	7 N	10 N	15 N
Position	15,7 cm	16,3 cm	17,1 cm	18,4 cm	19,8 cm

9.4. Die Feder eines Kugelschreibers hat die Federkonstante 2 N/cm.
   (a) Was lässt sich über die Verlängerung bei einer Kraft von 50 N sagen?
   (b) Worauf ist bei der Anwendung des Hookeschen Gesetzes zu achten?

10. **Impuls**

Ein Körper mit der Masse m und der Geschwindigkeit $\vec{v}$ hat den Impuls

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Wenn zwei Körper mit den Massen m_1 und m_2 und den Geschwindigkeiten $\vec{v}_1$ und $\vec{v}_2$ wechselwirken, z.B. aneinander stoßen, dann bleibt der Gesamtimpuls erhalten, er wird nur anders auf die beteiligten Körper verteilt.

$$\vec{p}_{\text{ges}} = \underbrace{m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2}_{\text{vor dem Stoß}} = \underbrace{m_1 \cdot \vec{v}_1' + m_2 \cdot \vec{v}_2'}_{\text{nach dem Stoß}} = \text{const}$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

(siehe auch S. 10)

10.1. **Es regnet**

Ein oben offenes Boot mit der Masse 250 kg gleitet antriebsfrei und reibungsfrei mit der Geschwindigkeit 10 Knoten[1] über das Wasser. Von oben regnet es hinein, und zwar 10 ℓ Wasser pro Minute.
Auf welchen Wert sinkt die Geschwindigkeit des Bootes nach 10 Minuten?

10.2. **Wassertankwagen**

Ein Tankwagen mit der Masse 12 t ist mit 30 m^3 Trinkwasser gefüllt. Er fährt mit 20 km/h an einer Engstelle vorbei und beschleunigt dann in 20 Sekunden auf 60 km/h.

(a) Wie ändert sich der Impuls des Fahrzeuges?

(b) Welche durchschnittliche Kraft muss der Motor auf waagrechter Straße während der Beschleunigung aufbringen?

(c) Wie ändert sich die Bewegungsenergie des Fahrzeuges?

(d) Wie groß ist die durchschnittliche Leistung des Motors während der Beschleunigung?

10.3. **Eisenbahnwaggon**

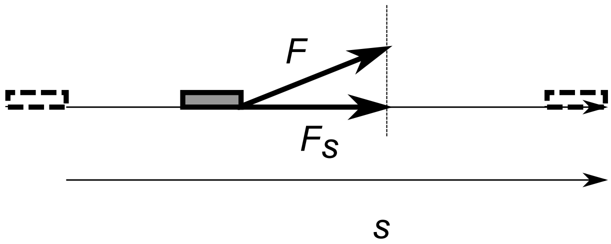
Im Rangierbahnhof stößt ein Eisenbahnwaggon mit der Masse 26 t auf einen anderen Waggon mit der Masse 20 t, der mit 5 km/h in die gleiche Richtung rollt. Die beiden Waggons kuppeln aneinander und fahren mit der Geschwindigkeit 6 km/h weiter.
Welche Geschwindigkeit hatte der erste Eisenbahnwaggon?

[1] 1 Knoten = 1 Seemeile/h = 1,852 km/h

11. **Arbeit und Energie**

Man definiert

$$\begin{aligned} \text{Arbeit} &= \text{Kraftkomponente in Wegrichtung} * \text{Weg} \\ W &= F_s \cdot s \end{aligned}$$



Einen Spezialfall liegt vor, wenn ein Körper senkrecht hochgehoben wird. Die Masse des Körpers ist m, die Höhe, um die er angehoben wird, ist Δz.

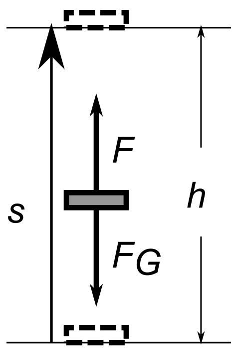
$$W_{\text{Hub}} = m \cdot g \cdot \Delta z$$

Wenn an einem Körper Arbeit verrichtet wird, kann dieser Körper anschließend selbst Arbeit verrichten, wenn diese Arbeit als Arbeitsvorrat (Energie) in dem System, in dem sich der Körper befindet, gespeichert wird oder sie steht nicht oder nur zum Teil zur Verfügung, wenn während der Arbeit durch Reibungskräfte (siehe S. 14) Energie an die Umgebung, in der Regel in Form von Wärme, abgegeben wird.

Man unterscheidet

- **Hubarbeit** und damit **potentielle Energie** oder **Energie der Lage**

$$W = m \cdot g \cdot h = \Delta E_{\text{pot}}$$

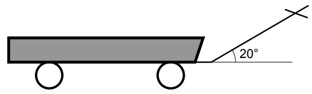


- **Bewegungsarbeit**: ein Körper mit der Masse m wird aus der Ruhelage auf die Geschwindigkeit v beschleunigt. Er hat dann **Bewegungsenergie** oder **kinetische Energie**

$$W_{\text{kin}} = \frac{m}{2} \cdot v^2$$

11.1. **Koffer tragen**
Jemand trägt einen Koffer von 25 kg zunächst eine Treppe von 5 m Höhe hinauf und geht dann anschließend mit dem Koffer auf ebener Strecke 200 m.
Welche (physikalische) Arbeit wird an dem Koffer verrichtet?

11.2. **Handwagen**
Berechnen Sie die Arbeit, die man verrichten muss, um einen Handwagen über eine horizontale Strecke von 150 m zu ziehen, wenn die Deichsel unter einem Winkel von 20° gegen die Horizontale geneigt ist und man an ihr mit einer Kraft von 100 N zieht.



11.3. **Bergsteiger**
Im Himalaja steigt ein Bergsteiger, der mit Rucksack die Masse 90 kg hat, von der Basisstation zum 2700 m höher gelegenen Zwischenlager.
(a) Welche (physikalische) Arbeit verrichtet er?
(b) Wie groß ist seine durchschnittliche Leistung, wenn er für einen Höhenunterschied von 300 m eine Stunde braucht?
(c) Wie lange ist er unterwegs?

11.4. **Wasserpumpe I**
Welche Arbeit ist notwendig, um 400 m^3 Wasser 20 m hochzupumpen?

11.5. **Wasserpumpe II**
Wie lange braucht eine Pumpe mit 3,7 kW, um 10 m^3 Wasser 25 m hoch zu heben? ($\varrho_{\text{Wasser}} = 1{,}0\,\text{g/cm}^3$)

11.6. **Gabelstapler**
Der Motor eines Gabelstaplers hat die maximale Leistung 20 kW. Der Gabelstapler hebt eine Last von 300 kg auf ein Höhe von 2,20 m.
Welche Zeit braucht er für diesen Vorgang, wenn die Hubleistung nur 25 % der maximalen Leistung beträgt?

11.7. **Wasserkraftwerk**
Das Walchensee-Kraftwerk gewinnt seine Energie aus dem Wasserfluss vom Walchensee (802 m ü.NN) zum Kochelsee (600 m ü. NN).
(a) Berechnen Sie die Energie, die beim Herabfließen von 1 kg Wasser frei wird.
(b) Bestimmen Sie die Energie, die zur Verfügung steht, wenn der ganze Walchensee entleert wird (Fläche 16,2 km^2, durchschnittliche Tiefe 100 m).
(c) Das Walchenseekraftwerk hat eine Leistung von 124 MW.
Wie lange würde es mit dem Wasservorrat arbeiten können?

11.8. **Aufzug**
Mit welcher Geschwindigkeit kann ein Motor mit der Leistung 4,5 kW einen Aufzug, der mit Beladung 600 kg hat, hochziehen?

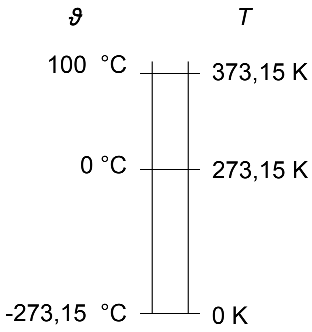
12. **Umrechnungen**
Rechnen Sie in die angebene Zieleinheit um!

12.1. $654{,}55 \cdot 10^5$ s $\rightarrow$ ... h
12.2. 613 d $\rightarrow$ ... s (d = dies = Tage)
12.3. $2{,}55 \cdot 10^5$ mm $\rightarrow$ ... m
12.4. $1{,}2345 \cdot 10^{-7}$ m $\rightarrow$ ... μm
12.5. 326 ha $\rightarrow$ ... m^2
12.6. $4\,567 \cdot 10^2$ cm $\rightarrow$ ... m^2
12.7. $6 \cdot 10^4$ mm^3 $\rightarrow$ ... cm^3
12.8. 150 ℓ $\rightarrow$ ... cm^3
12.9. 987 km^3 $\rightarrow$ ... m^3
12.10. $3{,}4 \cdot 10^6$ ℓ $\rightarrow$ ... m^3
12.11. $76{,}22 \cdot 10^4$ g $\rightarrow$ ... kg
12.12. $155\,453{,}376 \cdot 10^4$ mg $\rightarrow$ ... kg
12.13. $678 \cdot 10^{-3}$ mg $\rightarrow$ ... ng
12.14. 5 g/cm^3 $\rightarrow$ ... kg/m^3
12.15. 16,9 kg/ℓ $\rightarrow$ ... g/cm^3
12.16. $3{,}2\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \rightarrow \ldots\ \mathrm{m/s}$
12.17. $0{,}2\ \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}} \rightarrow \ldots\ \mathrm{m/s}$
12.18. $36\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}} \rightarrow \ldots\ \mathrm{m/s}$
12.19. $20\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \rightarrow \ldots \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
12.20. $36\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \rightarrow \ldots \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}$
12.21. $880\ \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}} \rightarrow \ldots \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{min}}$
12.22. 17,3 kWh $\rightarrow$ ... J (J = Joule)
12.23. $5{,}7 \cdot 10^8$ J $\rightarrow$ ... kW h

II. Wärmelehre

In der Wärmelehre (Thermodynamik) unterscheidet man

- zwischen der Temperatur
- und dem Energieinhalt eines Körpers, seiner „inneren Energie“



Die Temperatur wird gemessen in Grad Celsius (°C) und Kelvin (K).

Beide Temperaturskalen haben sie dieselben Gradschritte, die Kelvin-Skala (absolute Temperatur) ist um 273,15 °C nach unten verschoben.
Also ist der Zusammenhang zwischen diesen beiden Temperaturskalen gegeben durch:

$$\frac{\vartheta}{°\mathrm{C}} = \frac{T}{\mathrm{K}} - 273{,}15$$

Wenn man einem Körper mit der Masse m die Energie Q zuführt, so ändert sich seine Temperatur um $\Delta\vartheta$, sie wird in dem Körper als innere Energie gespeichert.
Es gilt:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

c heißt spezifische Wärmekapazität (des Stoffes).

Gewöhnlich tritt ein Körper in drei Phasen (Aggregatzuständen) auf:

- fest
- flüssig
- gasförmig

Um von einer Phase in die nächste zu wechseln, muss Energie zugeführt werden, ohne dass sich die Temperatur erhöht.
Diese Energie heißt

- im Falle fest → flüssig **Schmelzwärme** $Q_{\mathrm{schmelz}} = q_{\mathrm{schmelz}} \cdot m$,
  q_{schmelz} heißt spezifische Schmelzwärme
- im Falle flüssig →gasförmig: **Verdampfungswärme** $Q_{\mathrm{verd}} = q_{\mathrm{verd}} \cdot m$,
  q_{verd} heißt spezifische Verdampfungswärme

Nicht zu den SI-Einheiten zählt die Temperaturskala nach Fahrenheit.
Sie ist festgelegt durch

$$\frac{\vartheta_{\mathrm{F}}}{°\mathrm{F}} = \frac{9}{5} \cdot \frac{\vartheta_{\mathrm{C}}}{°\mathrm{C}} + 32$$

1. **Temperaturskalen**
   1.1. Man rechne um: 30 °F → ℃, 451 °F → ℃.
   1.2. 365 K → ℃
   1.3. 510 ℃ → K
2. **Wärme als Energieform**
   2.1. **Tauchsieder**
   Man erwärmt $300\,\mathrm{cm}^3$ Öl mit dem Tauchsieder. Dieser hat eine Leistung von 300 W. Nach 45 Sekunden ist die Temperatur von 12 °C auf 45 °C gestiegen.
   Berechnen Sie daraus die spezifische Wärmekapazität $c_{\text{Öl}}$.
   Dichte von Öl $\varrho = 0{,}82\,\mathrm{kg}/\ell$
   2.2. **kleiner See**
   Welche Wärmemenge nimmt ein kleiner See auf, dessen Oberfläche $0{,}88\,\mathrm{km}^2$ und dessen durchschnittliche Tiefe 4,75 m beträgt, wenn sich während eines Sonnentages die Wassertemperatur um 2,2 K erhöht?
   Setzen Sie voraus, dass das Wasser des Sees gleichmäßig durchmischt ist.
   (ϱWasser $= 1{,}0\,\mathrm{g\,cm}^3$; $c_{\text{Wasser}} = 4{,}19\,\mathrm{J/(g\,K)}$)
3. **Mischungstemperatur**
   3.1. **kaltes Wasser + warmes Wasser**
   Man mischt $500\,\mathrm{cm}^3$ Wasser von 20 °C mit $700\,\mathrm{cm}^3$ Wasser von 70 °C.
   Welche Mischungstemperatur stellt sich ein?
   Dichte von Wasser $\varrho = 1\,\mathrm{g/cm}^3$,
   spezifische Wärmekapazität von Wasser $c = 4{,}19\,\mathrm{J/(g\,K)}$)
   3.2. **Eisenklotz**
   Ein Eisenkotz mit der Masse 500 g wird auf die Temperatur von 70 °C erwärmt und dann in 200 g Wasser von 10 °C gebracht.
   Berechnen Sie die Mischungstemperatur.
   ($c_{\text{Fe}} = 0{,}46\,\mathrm{J/(g\,K)}$), $c_{\text{Wasser}} = 4{,}19\,\mathrm{J/(g\,K)}$

III. **Magnetismus**

1. Erläutern Sie den Begriff Magnetismus.
   Welche Materialien zeigen magnetische Erscheinungen?
2. Erläutern Sie den Begriff *magnetische Influenz*.
3. Erläutern Sie den Begriff *Missweisung* oder *Deklination* der Kompassnadel.
4. Stellen Sie die Gedankengänge dar, die auf die Vorstellung der *Elementarmagnete* führen.
5. 5.1. Was versteht an unter einem Magnetpol?
   5.2. Wo liegen die Magnetpole der Erde?
   5.3. Was wissen Sie über die Änderung des Magnetfeldes der Erde?

IV. Eletrizitätslehre

Wenn an einem Leiter die Spannung U angelegt wird, fließt ein Strom, dessen Stärke I vom Widerstand R des Leiters abhängt.
Alternativ wird auch die Leitfähigkeit G des Leiters zur Beschreibung des Zusammenhanges von Strom und Spannung herangezogen. Es gilt

$$U = R \cdot I, \quad I = G \cdot U$$

$$\begin{aligned} \text{Einheiten:} \quad [I] &= 1\,\mathrm{A} \quad \text{(Ampere)} \\ [U] &= 1\,\mathrm{V} \quad \text{(Volt)} \\ [R] &= 1\,\Omega \quad \text{(Ohm)} \\ [G] &= 1\,\mathrm{S} \quad \text{(Siemens)} \end{aligned}$$

Man sagt, der Leiter erfüllt das **Ohmsche Gesetz**, wenn $R = \text{const}$ bzw. $G = \text{const}$ ist.
Spannung U und Stromstärke I und die Energieübertragung (**Leistung**) P hängen zusammen

$$P = U \cdot I$$

1. Stromstärke und Widerstand

1.1. Widerstand
Wie groß ist der Widerstand R eines Leiters, durch den bei einer Spannung $U = 20\,\mathrm{V}$ eine Strom der Stärke $I = 0{,}5\,\mathrm{A}$ fließt?

1.2. Stromstärke
Ein elektrisches Bügeleisen hat in heißem Zustand den Widerstand $R = 100\,\Omega$. Wie groß ist die Stromstärke I, wenn das Bügeleisen an die Spannung 230 V angeschlossen wird?

1.3. Spannung
Welche Spannung muss zwischen die Endpunkte eines Leiters mit dem Widerstand 50 Ω gelegt werden, damit im Leiter ein Strom von 0,2 A fließt?

1.4. Ohmsches Gesetz I
Durch eine Spule aus Kupferdraht fließt bei einer Spannung von 6 V ein Strom der Stärke $I_1 = 1{,}5\,\mathrm{A}$.
Wie groß ist die Stromstärke I_2, wenn die Spannung 4,8 V angelegt wird und angenommen werden darf, dass die Voraussetzungen des Ohmschen Gesetzes erfüllt sind?

1.5. Ohmsches Gesetz II
In einem Eisendraht ist beim Anlegen der Spannung $U = 12\,\mathrm{V}$ die Stromstärke zunächst $I_1 = 3{,}5\,\mathrm{A}$. Nach einiger Zeit stellt sich die konstante Stromstärke $I_2 = 2{,}6\,\mathrm{A}$ ein.
Berechnen Sie die Widerstände R_1 und R_2 für die genannten Stromstärken.
Erklären Sie das Ergebnis! Ist das Ohmsche Gesetz anwendbar?
Begründen Sie Ihre Aussage.

2. **elektrische Leistung**

2.1. **Tauchsieder I**

Zwei Tauchsieder haben laut Herstellerangaben die Leistung 1000 W bzw. 300 W.

(a) Geben Sie in beiden Fällen an die Stromstärke an, die bei einer Spannung von 230 V fließt.

(b) Berechnen Sie in beiden Fällen den Ohmschen Widerstand.

(c) Auf dem Campingplatz werden die beiden Tauchsieder an eine Autobatterie von 12 V gehängt. „Na, dann bringt jeder nur 1/20 der Leistung[2]“, meint ein Camper. Sind Sie auch dieser Meinung?

2.2. **Theaterleuchte**

Von einer Theaterleuchte ist bekannt, dass sie bei 380 V (Drehstromanschluss) mit einer 16 A-Sicherung abgesichert ist.

(a) Welches ist die maximale Leistung, die eine eingesetzte Glühlampe haben darf?

(b) Da die Zuleitungen dann doch zu warm geworden sind, wird eine Sicherung von 5 A eingesetzt.
Wie groß ist jetzt die maximale Glühlampenleistung?

2.3. **Elektromotor**

Mit einem Elektromotor, der eine elektrische Leistungsaufnahme von 450 W und eine mechanische Leistungsabgabe von 350 W hat, soll eine Last von 50 kg über eine Höhe von 12 m gehoben werden.

(a) Berechnen Sie die den Wirkungsgrad η des Motors.

(b) Berechnen Sie die Arbeit, die der Motor verrichten muss.

(c) Bestimmen Sie die Zeit, die der Motor zum Hochheben braucht.

(d) Oben beim Aushängen fällt das Gewichtstück wieder nach unten.
Berechne die durchschnittliche „Fall-Leistung“ des Gewichtstückes (Falldauer 1,6 s).

2.4. **Tauchsieder II**

Ein Tauchsieder bringt in 5,2 min 700 mℓ Wasser von 20 °C zum Sieden.

(a) Wie groß ist die Stromstärke I im Tauchsieder, wenn die Spannung 230 V beträgt?

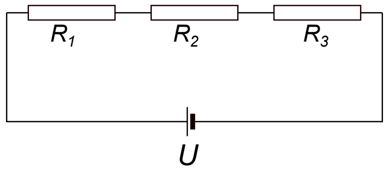
(b) Berechnen Sie die Leistungsaufnahme des Tauchsieders, wenn er am 230 V-Haushaltsnetz hängt und angenommen wird, dass keine Wärmemenge an die Umgebung verloren geht?
spezifische Wärmekapazität von Wasser $c = 4{,}19\,\mathrm{J/(g\,K)}$

[2] $\frac{12}{230} \approx \frac{1}{20}$

3. **Reihenschaltung von Widerständen**: unverzweigter Stromkreis

Für die **Reihenschaltung** (Serienschaltung, Hintereinanderschaltung) von Widerständen $R_i, i = 1 \ldots n$ ergibt sich der Gesamtwiderstand durch

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$$



3.1. **drei Widerstände**
Drei Widerstände $R_1 = 20\,\Omega$, $R_2 = 30\,\Omega$ und $R_3 = 50\,\Omega$ liegen in Reihe an einer Spannung von $150\,\text{V}$.
Wie groß sind Gesamtwiderstand und Stromstärke und wie groß sind die Teilspannungen?
Fertigen Sie einen Schaltplan an!

3.2. **Vorwiderstand I**
Eine Projektorlampe trägt die Bezeichnung $5\,\text{V}$ / $3\,\text{A}$. Sie soll an eine Spannung von $12\,\text{V}$ angeschlossen werden.
Welcher Vorwiderstand ist erforderlich?

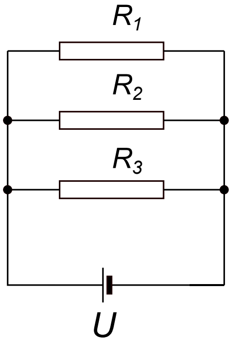
3.3. **Vorwiderstand II**
Ein Spannungsmesser mit dem Messbereich von $30\,\text{V}$ besitzt einen Innenwiderstand $R_i = 20\,\text{k}\Omega$. Der Messbereich soll auf $300\,\text{V}$ erweitert werden.
Welcher Vorwiderstand ist vorzusehen?

3.4. **Bleiakku**
Ein Bleiakku besitzt einen Innenwiderstand von $0{,}05\,\Omega$.
Um welchen Betrag sinkt die Klemmenspannung, wenn der Akku mit $10\,\text{A}$ belastet wird?

4. **Parallelschaltung von Widerständen**: verzweigter Stromkreis

Für die **Parallelschaltung** von Widerständen $R_i, i = 1 \ldots n$ ergibt sich der Gesamtwiderstand durch

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$$



4.1. **Parallelschaltung I**

Zwei Widerstände von $10\,\Omega$ und $20\,\Omega$ sind parallel geschaltet. An ihnen liegt eine Spannung von $10\,\text{V}$.

(a) Welcher Strom fließt in der Zuleitung und wie teilt er sich auf?

(b) Wie groß muss die angelegte Spannung sein, wenn durch den kleineren Widerstand ein Strom der Stärke $150\,\text{mA}$ fließen soll?

4.2. **Parallelschaltung II**

Zwei Widerstände liegen parallel an $100\,\text{V}$. Es fließt ein Gesamtstrom von $0{,}9\,\text{A}$. Einer der Widerstände ist $200\,\Omega$. Wie groß sind die Teilströme?

4.3. **Parallelschaltung III**

Der Widerstand einer Schaltung beträgt $100\,\Omega$. Er soll durch eine Parallelschaltung eines zweiten Widerstandes auf einen Gesamtwiderstand von $20\,\Omega$ gebracht werden. Welchen Wert muss dieser Widerstand haben?

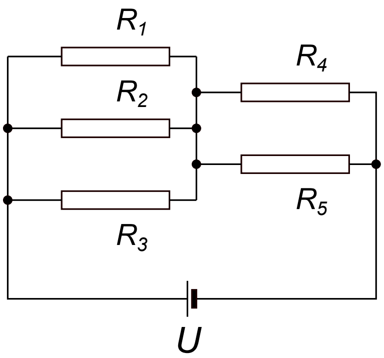
4.4. **Messbereichserweiterung**

Ein Messwerk hat einen Innenwiderstand von $80\,\Omega$ und zeigt bei einem Strom von $1\,\text{mA}$ Vollausschlag.
Wie kann der Messbereich auf 1 A erweitert werden?
Welchen Ersatzwiderstand hat das Messgerät dann?

4.5. **Parallel- und Reihenschaltung von Widerständen**

Eine Anordnung von Widerständen wird an eine Spannungsquelle mit $U = 20\,\text{V}$ angeschlossen.

Berechnen Sie die Stromstärke I_{gesamt}, wenn $R_1 = 1000\,\Omega$, $R_2 = 2000\,\Omega$, $R_3 = 1500\,\Omega$, $R_4 = 500\,\Omega$ und $R_5 = 700\,\Omega$ beträgt.



5. **spezifischer Widerstand**

Für einen elektrischen Widerstand aus homogenem Material mit der Länge ℓ, der Querschnittsfläche A und dem spezifischen Widerstand ϱ die Formel

$$R = \varrho \cdot \frac{\ell}{A}$$

5.1. Wie groß ist der Widerstand R eines Kupferdrahtes von 600 m Länge und von der Querschnittsfläche $2\,\mathrm{mm}^2$, wenn der spezifische Widerstand von Kupfer $\varrho = 0{,}017\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$ beträgt?

5.2. Ein Konstantandraht von 75 m Länge hat eine Querschnittsfläche von $0{,}5\,\mathrm{mm}^2$. Welches ist sein Widerstand R? ($\varrho = 0{,}50\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$)

5.3. Welche Länge ℓ muss ein runder Aluminiumdraht mit dem Durchmesser $d = 1\,\mathrm{mm}$ haben, damit ein Strom der Stärke 0,8 A durch ihn fließt, wenn zwischen seine Endpunkte eine Spannung von 1,2 V angelegt wird?
$\varrho_{\mathrm{Al}} = 0{,}027\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$

5.4. Ein Kupferdraht von 59 m Länge hat den Widerstand $R = 8\,\Omega$.
Welchen Durchmesser d hat die Querschnittsfläche des Drahtes?
$\varrho = 0{,}017\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$

5.5. (a) Welchen Widerstand R hat eine zweiadrige Kupferleitung (d.h. eine Leitung, bei der je ein Draht für die Hin- und Rückleitung isoliert nebeneinander liegen) von 12 km Länge, wenn jeder Draht die Querschnittsfläche $2{,}5\,\mathrm{mm}^2$ hat? ($\varrho_{\mathrm{Cu}} = 0{,}017\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$)

(b) Welchen Widerstand hätte diese Leitung mit gleichen Abmessungen aus Eisen? ($\varrho_{\mathrm{Fe}} = 0{,}10\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$)

5.6. Um den spezifischen Widerstand ϱ von Silber zu bestimmen, legt man an einen 2 m langen Silberdraht mit dem Durchmesser $d = 0{,}1\,\mathrm{mm}$ die Spannung $U = 1{,}2\,\mathrm{V}$ aus einem Ni-Cd-Akkumulator und misst eine Stromstärke von $I = 300\,\mathrm{mA}$.

Teil C Lösungen zu den Aufgaben

I. Mechanik

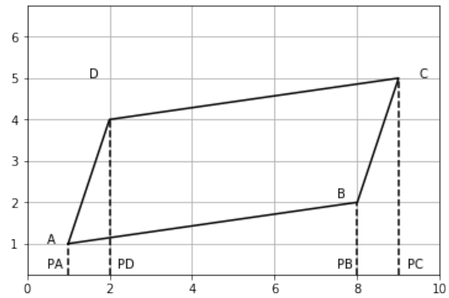
1. **Längen**
   Berechnen Sie alle Längen in dieselbe Einheit um z.B. in Meter oder in die kleinste vorkommende Einheit, um Rechenfehler zu vermeiden.

1.1. (a) 4,875 m, (b) 72 520,6 m, (c) 3,608 672 m

1.2. (a) $5{,}9\,\mathrm{m} \cdot 25\,\mathrm{cm} = 5{,}9\,\mathrm{m} \cdot 0{,}25\,\mathrm{m} = 1{,}475\,\mathrm{m}^2$

(b) $A_{\text{Kreis}} = r^2 \cdot \pi; \quad A = (7{,}3\,\mathrm{mm})^2 \cdot \pi = 167{,}42\,\mathrm{mm}^2$

(c) dringende Empfehlung:
Skizzieren Sie die Figur in einem kartesischen Koordinatensystem



Berechnung der Fläche

- Berechne die Fläche der Trapeze [PA,PD,D,A], [PD,PC,C,D] = Gesamtfläche;
  davon ist zu subtrahieren [PA,PB,B,A] und [PB,PC,C,B]:

  $[PA, PD, D, A] = (D_x - A_x) \cdot (A_y + D_y)/2 = (2-1) \cdot (1+4)/2 = 1 \cdot 5/2 = 5/2$
  $[PD, PC, C, D] = (C_x - D_x) \cdot (C_y + D_y)/2 = (9-2) \cdot (5+4)/2 = 63/2$

  $[PA, PB, B, A] = (B_x - A_x) \cdot (B_y + A_y)/2 = 21/2$
  $[PB, PC, C, B] = (C_x - B_x) \cdot (C_y + B_y)/2 = 7/2$
  Fläche des Parallelogramms:
  $(5/2 + 63/2) - (21/2 + 7/2) = 20$ FE (= Flächeneinheiten)
- mit Determinante:
  Wenn die Punkte $A(a_x, a_y), B(B_x, b_y)$ und $C(c_x, c_y)$ beliebige Punkte in der Ebene sind, dann hat das Dreieck ΔABC den Flächeninhalt

  $$A = \frac{1}{2} \cdot \begin{vmatrix} a_x & a_y & 1 \\ b_x & b_y & 1 \\ c_x & c_y & 1 \end{vmatrix}$$

  Der Wert ist positiv, wenn die Punkte A, B, C im mathematisch positiven Sinne angeordnet sind, sonst negativ.

  Anwendung: $\Delta ABC = \frac{1}{2} \cdot \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 8 & 2 & 1 \\ 9 & 5 & 1 \end{vmatrix} = \frac{1}{2} \cdot 20 = 10$ FE

  analog für ΔACD.

- mit dem cos-Satz:
  $\overline{AB} = \sqrt{50}\,\text{LE}$, $\overline{AD} = \sqrt{10}\,\text{LE}$, $\overline{BD} = \sqrt{40}\,\text{LE}$ (LE = Längeneinheit)
  $\overline{BD}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{AD}^2 - 2 \cdot \overline{AB} \cdot \overline{AD} \cdot \cos(\alpha) \;\Rightarrow\; \alpha = 63{,}43°$
  Fläche $= g \cdot h/2 = \overline{AB} \cdot \overline{AD} \cdot \sin(\alpha)/2 = 10$ FE;
  analog für ΔBCD

2. **Zeit**:

2.1. Umrechnungen:
(a) 2820 Sek., (b) 54 Tage 11 h 25 min 0 Sek. (c) 31557600 Sek.

2.2. **Zugfahrten:**
(a) Dauer der Fahrt: 14 h 52 min; (b) 13 h 29 min
(c) Ankunft: 6.11 Uhr am nächsten Tag

3. **Geschwindigkeit**

3.1. Albert: 5,88 m/s = 21,2 km/h
Bernhard : 6,41 m/s = 23,1 km/h
Christian : 6,31 m/s = 22,7 km/h

3.2. 420 km; 351 km

3.3. 5,67 m/s = 20,4 km/h

3.4. Weg = Zuglänge + Damm; Belastungszeit = 202,90 s

3.5. Umfang der Erdbahn = 942 477 800 km, Zeitdauer 31 557 600 s, $v = 29{,}9$ km/s

3.6. $v = 38{,}4$ km/h; nach 3 h 51 min; Strecke 14,9 km

3.7. (a) 16,6 min; (b) 11,3 km/h; (c) die Rückfahrt dauert 11,1 min;
Gesamtzeit = 25 min + 22 min + 16,6 min + 2 h = 3 h 4min}

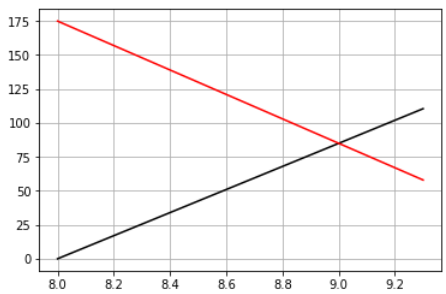
3.8. 14 km/h; 24 km/h

3.9. Dauer = 175 Sekunden; zurückgelegter Weg des Pkws = 7,3 km

4. **Weg-Zeit-Diagramme**

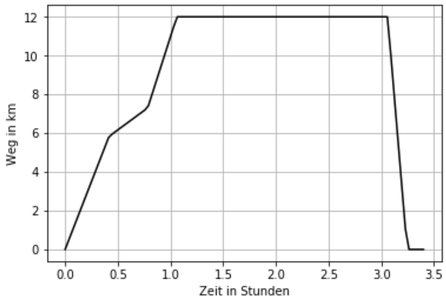
4.1. (a) Ankunft um 08.19 Uhr;
(b) reine Fahrzeit = 1 h 5 min, zurückgelegte Strecke 92,1 km.

4.2. Zeitpunkt der Begegnung: 9.00 Uhr
rechnerische Lösung (Strecke in km, Zeit in Stunden):



$$\begin{aligned} sA(t) &= 85 \cdot (t - 8) \\ sB(t) &= 100 - 90 \cdot (t - (8 + 50/60)) \\ \text{Lösung } t &= 9 \text{ Stunden} \end{aligned}$$

Hier wird „Uhrzeit" = „Stunden seit Mitternacht" benutzt!

4.3. 

4.4. Abb. 1: gleichmäßige Bewegung, dann Stillstand, dann schnellere gleichmäßige Bewegung
Abb. 2: gleichmäßige Bewegung vorwärts, dann Rückwärtsbewegung mit (dem Betrage nach) kleineren Geschwindigkeit
Abb. 3: Bewegung nach vorn, immer langsamer werdend, dann Rückwärtsbewegung, zunächst immer schneller, dann langsamer werdend, dann Wiederholung der Bewegung (Schwingung)
Abb. 4: Rückwärtsbewegung mit (dem Betrage nach) immer kleineren Geschwindigkeit, dann Vorwärtsbewegung, immer schneller werdend.

5. **Masse und Dichte**

5.1. Volumen 52,9 m^3; Masse 44 449,6 kg

5.2. Volumen 595,2 m^3, Dicke der Ölschicht 2 mm

5.3. 0,0045 $\text{g/cm}^3 = 4{,}5\,\text{kg/m}^3$
7,2 $\text{kg/dm}^3 = 7200\,\text{kg/m}^3$
12 $\text{mg/mm}^3 = 12\,000\,\text{kg/m}^3$

5.4. Volumen 972 $\text{cm}^3 = 0{,}000\,972\,\text{m}^3$; Dichte $\varrho = 2726\,\text{kg/m}^3$

5.5. Masse des Benzins 7,2 g, Dichte $0{,}72\,\text{g/cm}^3 = 720\,\text{kg/m}^3$

5.6. Volumen 0,42 m^3, Masse 672 kg: NEIN

5.7. Masse des Quecksilbers 13,6 kg, Gewichtskraft des Quecksilbers 133,280 N

5.8. Volumen 19,2 m^3, Masse 3840 kg, Gewichtskraft 37 600 N

6. **Kräfte**

6.1. (a) Endgeschwindigkeit $100\,\text{km/h} = 27{,}8\,\text{m/s}$, Beschleunigung $3{,}333\,\text{m/s}^2$, Dauer der Beschleunigungsphase 8,3 s
(b) $70\,\text{km/h} = 19{,}4\,\text{m/s}$, Dauer der Beschleunigungsphase 5,8 s
(c) Nach 8,1 s hat der Pkw die Strecke 110 m zurückgelegt und hat dann die Geschwindigkeit $27{,}1\,\text{m/s} = 97{,}5\,\text{km/h}$

6.2. (a) $s(t) = -4{,}9\,\text{m/s}^2 \cdot t^2 + 10\,\text{m/s} \cdot t$
(b) Dauer des Steigens $t_h = 1{,}02\,\text{s}$, max. Höhe 5,10 m
(c) nach 2,04 s schlägt der Stein wieder auf dem Boden auf.

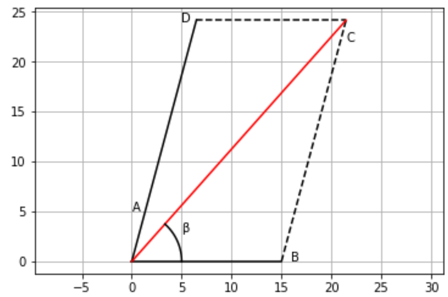
6.3. (a) Das Gleichungssystem

$$\begin{aligned} s(t) &= a/2 \cdot t^2 + a \cdot t \\ v(t) &= v0 + a \cdot t \end{aligned}$$

mit $v0 = 8{,}3\,\text{m/s}$ ist nach a und t aufzulösen $\Rightarrow\ a = -350\,\text{m/s}^2,\ t = 0{,}024\,\text{s}$, also Zeitdauer 0,024 s

(b): $F = m \cdot a = 7500\,\text{kg} \cdot 350\,\text{m/s}^2 = 2\,600\,000\,\text{N}$
(c): $E_{\text{kin}} = \frac{m}{2} \cdot v^2 = 260\,000\,\text{J}$

6.4. (a)



(b) Im Dreieck ΔABC ist der Winkel bei B $\alpha_1 = 180° - \alpha = 105°$;
mit dem cos-Satz wird die Strecke $\overline{AC}$ berechnet: $\overline{AC} = F_{\text{ges}} = 32{,}3\,\text{N}$
im Dreieck ΔABC wird der cos-Satz noch einmal angewandt: $\beta = 48{,}4°$

6.5. $\beta = 109{,}9°$, Betrag der Kraft, mit der Bernhard ziehen muss : 385 N.

6.6. (a) Kraft, die die Bremsen aufbringe müssen (Hangabtriebskraft) 6080 N
(b) Kraft, die die Straße aufbringen muss (Normalkraft) 33 760 N
(c) Kraft, die der Kran aufbringen muss (Gewichtskraft) 34 300 N

6.7. Summenkraft $F_{\text{ges}} = 10{,}0\,\text{N}$, $\alpha = 39{,}6°$

6.8. Summenkraft $F_{\text{ges}} = 28{,}5\,\text{N}$, $\alpha = 113{,}1°$

6.9. Kraft $F_b = 43{,}8\,\text{N}$

6.10. Kraft längs r_1: 37,0 N,
Kraft längs r_2: $-28{,}8\,\text{N}$, also entgegen der in der Skizze angedeuteten Richtung r_2

6.11. Konstruktionshinweis:
Konstruieren Sie ein Dreieck mit den Seiten $F_1 = 5\,\text{N}$, $F_2 = 5\,\text{N}$, $F_3 = 7\,\text{N}$. Da je zwei Kräfte der dritten das Gleichgewicht halten müssen, spannen F_1 und F_2 ein Parallelogramm auf, dessen Diagonale F_3 ist. F_3 ist dann am gemeinsamen Ausgangspunkt zu spiegeln.
$\sphericalangle(F_1, F_2) = 101{,}5°$, $\sphericalangle(F_2, F_3) = 135{,}6°$

6.12. Kraft $\overline{AF} = 658\,\text{N}$, $\overline{BF} = 595\,\text{N}$

6.13. (a) Kraft $\overline{FA} = \overline{FB} = 698\,\text{N}$
(b) $F_{\text{waagr}} = 653\,\text{N}$, $F_{\text{senkr}} = 245\,\text{N}$, (c) Winkel $\sphericalangle(DBE) = 33{,}7°$, Kraft $\overline{BE} = 294\,\text{N}$

6.14. Winkel gegen die Waagrechte = 8,6°, Hangabtriebskraft = 6174 N

7. Reibung

7.1. (a) Reibungskraft 103 N
(b) Hangabtriebskraft $F_H = 88{,}8\,\text{N}$, Reibungskraft $F_R = 99{,}4\,\text{N}$,
Gesamtkraft $F_{\text{ges}} = 188\,\text{N}$

7.2. (a) Bremskraft 3090 N
(b) max. Bremsverzögerung $6{,}86\,\text{m/s}^2$
(c) Bremszeit 12,1 s

7.3. $F_1 = 45\,\text{N}$, $F_2 = 180\,\text{N}$

7.4. Bremskraft 425 N

7.5. Übertrage die Punkte in ein Koordinatensystem und erstelle die Ausgleichsgerade. Ergebnis: $\mu = 0{,}18$

7.6. $F = 16{,}5\,\mathrm{N}$. Die Geschwindigkeit und die Streckenlänge spielen keine Rolle.

8. **Gewichtskraft**

8.1. $g_1 = 9{,}73\,\mathrm{m/s^2}, \quad g_2 = 7{,}67\,\mathrm{m/s^2}$

8.2. Die Masse ist die gleiche; $F_G = 909\,\mathrm{N}$

8.3. $F_G = 12{,}25\,\mathrm{N}$

8.4. Nur der Haftreibungskoeffizient wird benötigt:
Haftkraft der Kiste: 824 N, maximale Zusatzmasse : 74 kg.

9. **Hookesches Gesetz**

9.1. (a) $k = 25\,\mathrm{N/m}$
(b) $s = 0{,}2\,\mathrm{m},\ 0{,}24\,\mathrm{m},\ 0{,}008\,\mathrm{m}$
(c) $F = 1{,}25\,\mathrm{N},\ 0{,}55\,\mathrm{N},\ 2{,}75\,\mathrm{N}$

9.2. $k = 1470\,\mathrm{N/m}$

9.3. $k = 0{,}30\,\mathrm{N/m}$

9.4. Rechnerisch ergibt sich eine Verlängerung von 25 m; dies ist unmöglich! Man muss beachten, dass das Hookesche Gesetz nur in einem beschränkten (Elastizitäts-)Bereich gültig ist.

10. **Impuls**

10.1. Endgeschwindigkeit $3{,}67\,\mathrm{m/s} = 13{,}2\,\mathrm{km/h} = 7{,}1\,\mathrm{Kn}$

10.2. (a) Impuls bei 20 km/h: 233 000 kg m/s, Impuls bei 60 km/h: 700 000 kg m/s
Impulsänderung 470 000 kg m/s
(b) durchschnittliche Kraft: 23 000 N
(c) kin. Energie bei 20 km/h: $6{,}48 \cdot 10^5$ J, bei 60 km/h: $5{,}83 \cdot 10^6$ J
(d) durchschnittliche Motorleistung $2{,}59 \cdot 10^5$ W

10.3. Geschwindigkeit des ersten Waggons: 6,77 km/h

11. **Arbeit und Energie**

11.1. physikalische Arbeit beim Hochtragen: 1225 J,
das waagrechte Tragen ist im physikalischen Sinne keine Arbeitsverrichtung.

11.2. Arbeit: 14 100 J

11.3. (a) Arbeit: 2 381 400 J
(b) durchschnittliche Leistung 73,5 W
(c) er braucht 9 Stunden.

11.4. Arbeit 78 400 000 J

11.5. Zeitdauer: 660 s

11.6. Zeitdauer: 1,3 s

11.7. (a) Energie bei Abfluss von der Waseroberfläche: 1980 J
(b) durchschnittliche Höhe des Wassers über dem Tal: 150 m ($202\,\mathrm{m} - 100/2\,\mathrm{m}$). Energie: $3207 \cdot 10^{12}$ J
(c) Zeitdauer ca. 220 Tage.

11.8. Geschwindigkeit 0,77 m/s

12. **Umrechnungen**
   12.1. 18 181,944 44 h
   12.2. 52 963 200 s
   12.3. 255 m
   12.4. 0,123 45 µm
   12.5. 3 260 000 m^2
   12.6. 45,67 m^2
   12.7. 60 cm^3
   12.8. 150 000 cm^3
   12.9. $987 \cdot 10^9\,m^3$
   12.10. 3400 m^3
   12.11. 762,2 kg
   12.12. 1554,533 76 kg
   12.13. 678 000 ng
   12.14. 5000 kg/m^3
   12.15. 16,9 g/cm^3
   12.16. 0,8889 m/s
   12.17. 0,002 m/s
   12.18. 0,6 m/s
   12.19. 72 km/h
   12.20. 1000 cm/s
   12.21. 0,528 km/ min
   12.22. 62 280 000 J
   12.23. 158,33 kWh

II. Wärmelehre

1. **Temperatur, Temperaturskalen**
   1.1. −1,11° F; 232,7° F
   1.2. 91,85 °C
   1.3. 783,15 K
2. **Wärme als Energieform**
   2.1. spez. Wäremekapazität $c = 1{,}663\,\mathrm{J/(g\,K)}$
   2.2. Volumen $= 4{,}18 \cdot 10^{12}\,\mathrm{cm}^3 = 4{,}18 \cdot 10^6\,\mathrm{m}^3$
   gespeicherte Energie $E = 3{,}85 \cdot 10^{13}\,\mathrm{J} = 1{,}07 \cdot 10^7\,\mathrm{kWh}$
3. **Mischungstemperatur**
   3.1. Mischungstemperatur 49,2 °C
   3.2. Mischungstemperatur 22,9 °C

IV. **Elektrizitätslehre**

1. **Strom und Widerstand**
   1.1. $R = 40\,\Omega$
   1.2. Stromstärke $I = 2{,}3\,\mathrm{A}$
   1.3. Spannung $U = 10{,}0\,\mathrm{V}$
   1.4. Stromstärke $I = 1{,}2\,\mathrm{A}$
   1.5. Widerstand $R_1 = 3{,}4\,\Omega$, Widerstand $R_2 = 4{,}6\,\Omega$
   Ohmsches Gesetz ist nicht abwendbar, da die Stromstärke nur von der Spannung abhängt, wenn das Ohmsche Gesetz erfüllt ist, und nicht von anderen Größen wie hier von der Zeit.
2. **Elektrische Leistung**
   2.1. (a) $I_1 = 4{,}35\,\mathrm{A}$; $I_2 = 1{,}3\,\mathrm{A}$
   (b) $R_1 = 52{,}9\,\Omega$; $R_2 = 176{,}3\,\Omega$
   (c) Leistung am Campingplatz: $P_1 = 2{,}72\,\mathrm{W}$; $P_2 = 0{,}82\,\mathrm{W}$, also Verhältnis $\left(\frac{12}{230}\right)^2$
   2.2. maximale Leistung: 6080 W
   2.3. (a) Wirkungsgrad $\eta = 0{,}778$
   (b) Hubarbeit 5880 J
   (c) Zeitdauer 16,8 s
   (d) „Fall-Leistung“ 3675 W
   2.4. (a)/(b) Heizenergie $= 2{,}346 \cdot 10^5$ J; Leistung des Tauchsieders 750 W
   bei Spannung 230 V beträgt die Stromstärke $I = 3{,}27\,\mathrm{A}$
3. **Widerstände**
   3.1. Gesamtwiderstand $R_{\mathrm{ges}} = 100{,}0\,\Omega$; Gesamtstromstärke $I_{\mathrm{ges}} = 1{,}500\,\mathrm{A}$
   Teilspannungen: $U_1 = 30\,\mathrm{V}$, $U_2 = 45\,\mathrm{V}$, $U_3 = 75\,\mathrm{V}$
   3.2. Vorwiderstand $2{,}3\,\Omega$
   3.3. Vorwiderstand $180\,\mathrm{k}\Omega$
   3.4. Die Klemmenspannung sinkt um 0,500 V.
4. **Verzweigte Stromkreise**
   4.1. (a) Strom $I_1 = 1{,}0\,\mathrm{A}$, $I_2 = 0{,}5\,\mathrm{A}$ (b) benötigte Spannung 3,0 V
   4.2. Gesamtwiderstand $111\,\Omega$, der zweite Widerstand beträgt $250\,\Omega$
   Teilströme 0,50 A und 0,40 A
   4.3. Der zweite Widerstand muss den Wert $25{,}0\,\Omega$ haben.
   4.4. Ein (kleiner) Widerstand wird parallel geschaltet.
   Der maximale Spannungsabfall am Messgerät beträgt 0,080 V;
   für die gewünschte Messbereichserweiterung muss daher der Innenwiderstand $0{,}080\,\Omega$ betragen. Dies wird durch einen Parallelwiderstand von (rechnerisch) $0{,}080\,08\,\Omega$ erreicht.
   4.5. Widerstand $R_{123} = 461{,}5\,\Omega$, $R_{45} = 291{,}7\,\Omega$, Gesamtwiderstand $753{,}2\,\Omega$

5. **Spezifischer Widerstand**

   5.1. Der Widerstand beträgt $5{,}10\,\Omega$.

   5.2. Der Widerstand beträgt $75{,}0\,\Omega$.

   5.3. Widerstand beträgt $1{,}50\,\Omega$, Länge $43{,}6\,\mathrm{m}$.

   5.4. Durchmesser $0{,}40\,\mathrm{mm}$

   5.5. (a) Kupfer: Widerstand $163{,}2\,\Omega$, (b) Eisen: Widerstand $960\,\Omega$

   5.6. Widerstand $4{,}00\,\Omega$, spez. Widerstand von Silber $\varrho = 0{,}016\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$