

1. Ein Fallschirmspringer mit 70 kg Masse lässt sich aus einem Flugzeug fallen. [Tot. 9 P]
 Wir betrachten seine vertikale Bewegung während der Zeit, in der sein Fallschirm noch geschlossen ist.
- 1.1 Nach welcher Zeit erreicht er frei fallend die Geschwindigkeit 60 km/h? 1 P
- a) formal $a = g = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v - v_0}{t} = \frac{v}{t}$
- $t = \frac{v}{g}$
- b) numerisch $t = \frac{60 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,7 \text{ s}$ 1 P
- 1.2 Wie gross ist die dabei zurückgelegte Strecke? 1 P
- a) formal $v^2 = 2gs$
- $s = \frac{v^2}{2g}$
- b) numerisch $s = \frac{(60 \frac{\text{km}}{\text{h}})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 14 \text{ m}$ 1 P
- 1.3 a) Wie heisst die Kraft, die ihn beschleunigt?
 Gewichtskraft
- b) Wie gross ist sie (nur numerisch)? 1 P
- $F = mg = 700 \text{ N} = 0,70 \text{ kN}$
- 1.4 Wir betrachten die Gegenkraft der bei Aufgabe 1.3 angesprochenen Kraft.
 Ergänzen Sie die beiden unten stehenden Sätze:
- a) Die Gegenkraft ist die Kraft, die ... vom Springer auf ...
 die Erde ausgeübt wird. 1 P
- b) Die Gegenkraft greift ... im Erdmittelpunkt ... an. 1 P
- 1.5 Nach einer gewissen Zeit erreicht der Fallschirmspringer seine maximale Geschwindigkeit $1,6 \cdot 10^2 \text{ km/h}$, d. h. er wird von nun an nicht mehr schneller. Der Grund dafür ist die Luftwiderstandskraft.
 Wie gross ist die Luftwiderstandskraft in dieser Situation? Begründen Sie Ihre Antwort, und führen Sie die Formeln auf, auf die Sie sich dabei beziehen.

Nächste Seite \longrightarrow

Gleich gross, wie sein Gewichtskraft.

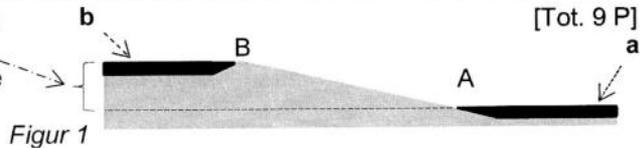
2 P

$$F_{\text{eff}} = 0, \text{ da } v = \text{Konst} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow m a = F_{\text{eff}} = 0$$

$$F_{\text{eff}} = 0 = F_G - F_R$$

$$\underline{F_R = F_G}$$

2. Um für Schiffe eine Verbindung vom Kanal **a** zum 24 m höher gelegenen Kanal **b** zu schaffen (Figur 1), wurde in England im 17. Jahrhundert ein **Schiffsaufzug** erstellt.



[Tot. 9 P]

Mit einem auf Schienen laufenden Transportwagen wird das Schiff bei **A** aus dem Wasser gehoben und anschliessend auf dem Transportwagen mit einem Seil nach **B** gezogen, wo es wieder ins Wasser eingesetzt wird.

- 2.1 Ein Schiff wird von **A** nach **B** gezogen, seine Masse (samt Transportwagen) ist 30 t. Wie gross ist die Hubarbeit, die nötig ist, um es von **A** nach **B** zu heben?

- a) formal

$$E_{\text{pot}} = W_{\text{Hub}} = mgh$$

1 P

- b) numerisch

$$\underline{W_{\text{Hub}} = 30t \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 24\text{m} = 7,2 \text{MJ}}$$

1 P

- 2.2 Ein Besucher der Anlage denkt mit Unbehagen an die Möglichkeit, dass das Seil reissen könnte. Welche Geschwindigkeit hätte das Schiff im Punkt **A**, wenn es auf dem Transportwagen von **B** aus abgebremst und ohne Reibung nach unten rollen würde?

- a) Diese Frage lässt sich mit Hilfe des Begriffs «Energie» beantworten. Beschreiben und begründen Sie Ihre diesbezüglichen Überlegungen.

„Abgebremst und ohne Reibung“: abgeschlossenes System \rightarrow Energieerhaltung.
 E_{pot} wandelt sich zu 100% in E_{kin} um

1 P

- b) Berechnen Sie die gesuchte Geschwindigkeit formal.

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\underline{v = \sqrt{2gh}}$$

1 P

- c) Berechnen Sie die gesuchte Geschwindigkeit numerisch.

$$\underline{v = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 24\text{m}} = 21 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

1 P

2.3 Während des Hinaufziehens beträgt die Zugkraft im Seil $2.3 \cdot 10^4$ N. Die Strecke **AB** ist 0.40 km lang. Wie gross ist die dabei verrichtete Arbeit?

a) formal

$$W_{AB} = F \cdot s$$

1 P

b) numerisch

$$W_{AB} = 2,3 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot 400 \text{ m} = 9,2 \cdot 10^7 \text{ J}$$

1 P

2.4 Vergleichen Sie die Resultate von Aufgabe 2.1 b und Aufgabe 2.3 b. Was fällt Ihnen auf? Erklären Sie den Sachverhalt.

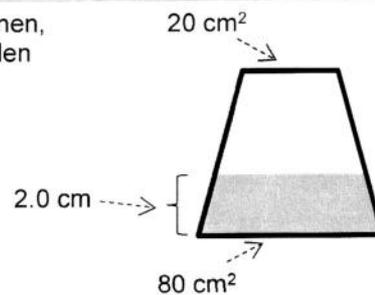
2 P

Deutlich mehr, also ist Reibung vorhanden.

Die Reibungsarbeit beträgt $|W_{KAB} - W_{AB}| = 2 \text{ MJ}$

3. Ein **Spielzeug** besteht aus einem verschlossenen, durchsichtigen Behälter mit kreisförmigem Boden (80 cm^2) und kreisförmigem Deckel (20 cm^2). In ihm befinden sich $1.3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$ Wasser, das 2.0 cm hoch steht (Figur 2).

[Tot. 11 P]



Figur 2

3.1 Wie gross ist der Wasserdruck am Boden des Behälters?

a) formal

$$p_s = \rho_w \cdot g \cdot h$$

1 P

b) numerisch

$$p_s = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,2 \text{ dm} = 2,0 \cdot 10^2 \text{ Pa}$$

1 P

3.2 Wie gross ist die Kraft, die das Wasser auf den Boden ausübt?

a) formal

$$F = p_s A = \rho_w g h A_{\text{Boden}}$$

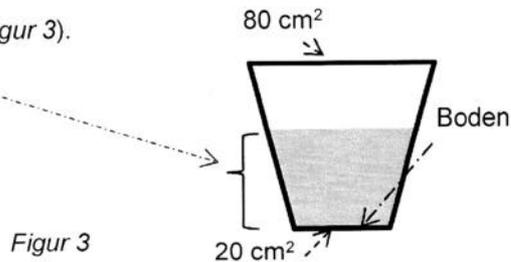
1 P

b) numerisch

$$F = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,2 \text{ dm} \cdot 80 \text{ dm}^2 = 1,6 \text{ N}$$

1 P

- 3.3 Nun wird das Spielzeug umgedreht (Figur 3).
 Das Wasser steht jetzt 3.5 cm hoch.



- a) Wie gross ist der Wasserdruck am Boden des Behälters (nur numerisch)?

$$p_s = \rho g h = 3,4 \cdot 10^2 \text{ Pa}$$

1 P

- b) Wie gross ist die Kraft, die auf die 20 cm² grosse Fläche wirkt (nur numerisch)?

$$F = p_s \cdot A = 0,68 \text{ N}$$

1 P

- 3.4 Wir vergleichen die Gewichtskraft des Wassers im Spielzeug mit der bei Aufgabe 3.3 b berechneten Kraft.

- a) Wie gross ist die Gewichtskraft von $1,3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$ Wasser (nur numerisch)?

$$F_g = m g = \rho_w \cdot V \cdot g = 1,3 \text{ N}$$

1 P

- b) Vergleichen Sie die numerischen Resultate von 3.4.a und 3.3.b. Was fällt Ihnen auf? Erklären Sie den Sachverhalt.

Das Gewicht des Wasser hat sich nicht geändert, trotzdem übt es wenig Kraft auf den Boden aus, weil es teilweise von den Wänden gehalten wird.

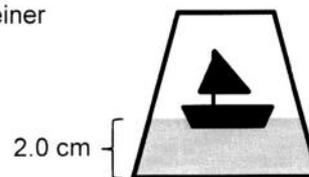
1 P

- 3.5 Vergleichen Sie die Gewichtskraft des Wassers im Spielzeug mit der bei 3.2.b berechneten Kraft auf den 80 cm² grossen Boden. Was fällt Ihnen auf? Erklären Sie den Sachverhalt.

Gleiche Gewicht, unter Kraft, weil die Schräg nach unten gerichtete Wände eine Reaktion auf den Druck des Wasser auf das Wasser ausüben.

1 P

- 3.6 Das in Figur 2 abgebildete Spielzeug gibt es auch in einer anderen Variante zu kaufen (Figur 4): Im Wasser schwimmt ein Schiffchen mit Masse 10 g. Das Wasser steht (wie in Figur 2) 2.0 cm hoch.



- Wie gross ist das Volumen des Wassers in Figur 4?
 Begründen Sie Ihre Antwort.

Figur 4

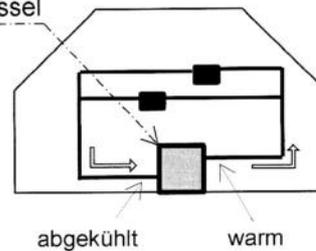
Das Schiff verdrängt 10 g (10 cm^3) Wasser. Stellt das Wasser gleich hoch, dann hat es 10 cm^3 wenig Volumen, also $1,2 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$.

2 P

4. Bei einer **Zentralheizung** wird das Wasser im Heizkessel erhitzt (Figur 5). Das warme Wasser strömt rechts aus dem Heizkessel, durchläuft die Heizkörper \blacksquare und gelangt links als abgekühltes Wasser wieder in den Heizkessel zurück.

[Tot. 9 P]

Figur 5



- 4.1 Im Heizkessel werden pro Minute (60 s) 1.1 Liter Wasser von 30 °C auf 80 °C erhitzt. Wie gross ist die Wärmemenge, die nötig ist, um 1.1 Liter Wasser von 30 °C auf 80 °C zu erhitzen?

a) formal

$$\Delta Q = c m \Delta T$$

$$= c \rho V (T_2 - T_1)$$

1 P

b) numerisch

$$\Delta Q = 4184 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 1.1 \text{ dm}^3 \cdot 50 \text{ K} = 0.23 \text{ MJ}$$

1 P

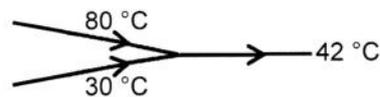
- 4.2 Wie gross ist die entsprechende Leistung (nur numerisch)?

$$P = \frac{\Delta Q}{t} = 3.8 \text{ kW}$$

1 P

- 4.3 Das 80 °C heisse Wasser wird im Heizkessel mit Wasser der Temperatur 30 °C gemischt, um Wasser der Temperatur 42 °C zu erhalten (Figur 6) – dieses Wasser der Temperatur 42 °C wird dann zu den Heizkörpern geleitet.

Figur 6



Wie viel Wasser der Temperatur 30 °C muss man mit 1.1 Liter Wasser von 80 °C mischen, um Wasser von 42 °C zu erhalten?

a) formal (begründen Sie Ihr Vorgehen stichwortartig)

$$\Delta Q_{\text{ab}} = \Delta Q_{\text{auf}}$$

$$c \frac{m_H}{\rho V} (T_H - T_M) = c \frac{m_K}{\rho V} (T_M - T_K)$$

$$V_K = \frac{T_H - T_M}{T_M - T_K} \cdot V_H$$

2 P

b) numerisch

$$V_K = \frac{38}{12} \cdot 1.1 \text{ l} = 3.5 \text{ l}$$

1 P

- 4.4 Ein warmer Heizkörper bewirkt, dass sich die Luft im ganzen Raum erwärmt. Welche Art des Wärmetransports spielt dabei die entscheidende Rolle? Begründen Sie Ihre Antwort.

Konvektion: Heizkörper erwärmt die Luft um ihn herum, die aufsteigt und den Raum erwärmt. 1 P

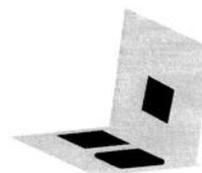
- 4.5 In der Betriebsanleitung der Heizung steht: «Im Heizkessel bewirkt eine spezielle Vorrichtung, dass der Wasserdampf in den Verbrennungsgasen kondensiert, bevor diese in den Kamin geleitet werden. Dies erhöht den Wirkungsgrad der Heizung.»

Erklären Sie, wieso dieser Vorgang den Wirkungsgrad erhöht. (Tipp: Welches physikalische Phänomen kommt dabei ins Spiel?)

Bei der Kondensation (gas → flüssig) wird viel Energie frei (2,3 MJ/kg), die dadurch wieder mit dem Dampf verloren geht. 2 P

5. Weil sein Autositz im Winter häufig kalt ist, will Chris eine **Sitzheizung** einbauen. Im Internet kauft er drei gleiche Heizelemente, die er unter dem Sitzbezug installieren will (Figur 7): ein Element in der Rückenlehne und zwei Elemente in der Sitzfläche (damit es dort stärker heizt).
 Der elektrische Widerstand eines solchen Heizelements ist 11 Ω.

[Tot. 9 P]



Figur 7

- 5.1 Wie gross ist der fließende Strom, wenn ein solches Heizelement an 12 V angeschlossen wird?

a) formal $U = R \cdot I$
 $I = \frac{U}{R}$ 1 P

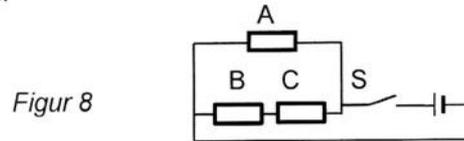
b) numerisch $I = \frac{12V}{11\Omega} = 1,1A$ 1 P

- 5.2 Wie gross ist die erzeugte Leistung?

a) formal $P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$ 1 P

b) numerisch $P = \frac{(12V)^2}{11\Omega} = 13W$ 1 P

- 5.3 Chris verbindet die Heizelemente wie folgt mit einem Schalter S und der 12-V-Batterie seines Autos (Figur 8):



Nun wird der Schalter S geschlossen.

Hinweis: Es genügt, wenn Sie die folgenden Aufgaben nur numerisch lösen.

- a) Wie gross ist der Strom im Heizelement A?

$I_A = 1,1 \text{ A}$ da direkt mit 12 V verbunden. 1 P

- b) Wie gross ist der Strom im Heizelement B? Beschreiben Sie Ihre Überlegung. Zu welchem Resultat gelangen Sie?

$R_{B,C} = 2R = 22 \Omega$ (Serienschaltung) 2 P
 verbunden mit 12 V fließt also nur
 die halbe Strom $0,55 \text{ A} = I_B$

- c) Wie gross ist die Leistung im Heizelement B?

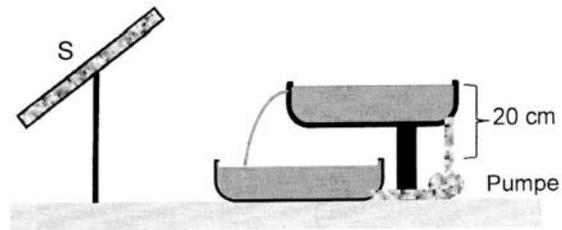
$P_B = U_B \cdot I_B = R_B \cdot I_B^2 = 3,3 \text{ W}$ 1 P
 (halber Strom, halbe Spannung: $\frac{1}{4} P_{S,C}$)

- d) Wie gross ist die Leistung, die in der Sitzfläche, d. h. durch B und C, erzeugt wird? Kommentieren Sie das Resultat.

$P_B + P_C = \frac{1}{2} P_{S,C} = 6,6 \text{ W}$ 1 P
 Nur halb so viel, wie in der Sitzfläche.
 B, C hätten parallel geschaltet werden müssen.

6. Ein Gartencenter verkauft einen **Solar-Gartenbrunnen** (Figur 9). Eine kleine Pumpe pumpt Wasser von einem unteren Becken in ein 20 cm höher gelegenes oberes Becken. Aus diesem fliesst das Wasser in das untere Becken zurück.
 Angetrieben wird die Pumpe durch ein Solarmodul S, das die nötige Spannung erzeugt (das Kabel von S zur Pumpe ist nicht eingezeichnet).

[Tot. 9 P]



Figur 9

Hinweis: Es genügt, wenn Sie die folgenden Berechnungen numerisch durchführen.

- 6.1 Pro Minute (60 s) werden 4.0 kg Wasser vom unteren Becken in das 20 cm höher gelegene Becken gepumpt.

- a) Wie gross ist die dabei verrichtete Hubarbeit?

$$W_{H} = m \cdot g \cdot h = 8,0 \text{ J}$$

1 P

- b) Wie gross ist die entsprechende Leistung?

$$P_{H} = \frac{W_{H}}{t} = 0,13 \text{ W}$$

1 P

- c) Für das Hochpumpen benötigt die Pumpe eine elektrische Leistung von 1.2 W. Wie gross ist der Wirkungsgrad?

$$\eta = \frac{P_{H}}{P_{e}} = 0,11 = 11\%$$

1 P

- 6.2 In der Betriebsanleitung des Solar-Gartenbrunnens steht: «Damit das Solarmodul die grösste Leistung erzeugt, muss es optimal auf die Sonne ausgerichtet aufgestellt werden.»

- a) Beschreiben und begründen Sie (mit Skizze), in welcher Lage das Solarmodul die grösste Leistung erzeugt.

So, dass die Sonnenstrahlen senkrecht einfallen können.



2 P

- b) Das Solarmodul hat eine Fläche von 0.030 m^2 . Wenn es optimal auf die Sonne ausgerichtet ist, hat die einfallende Sonnenstrahlung eine Leistung von 1.4 kW pro m^2 . Das Solarmodul gibt eine Leistung von 1.2 W an die Pumpe ab. Wie gross ist der Wirkungsgrad des Solarmoduls?

$$\eta = \frac{P_e}{P_0} = \frac{P_e}{S \cdot A} = \frac{1.2 \text{ W}}{1400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 0.03 \text{ m}^2} = 2.9\%$$

2 P

- 6.3 Lara betrachtet einen solchen Solar-Gartenbrunnen im Betrieb. Sie fragt Sie, was sich ändern würde, wenn man nun eine schachtelförmige Abdeckung aus dicken, festen Schaumstoffplatten («Styropor») über die beiden Becken und die Pumpe stellen würde (Figur 10).



Welche Antwort würden Sie Lara geben?
 Begründen Sie Ihre Antwort.

Figur 10

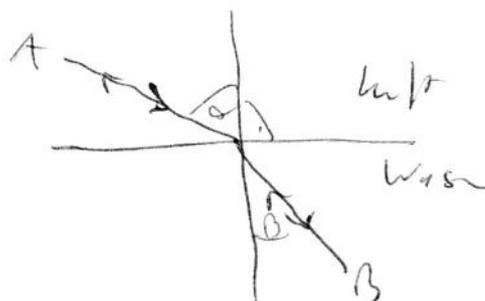
Die ungehinderte Leistung von 1.2 W würde der Brunnen langsam erwärmen, da er nun in einem abgeschlossenen System ist.

2 P

7. Die Aufgaben 7.1, 7.2 und 7.3 sind voneinander unabhängig.

[Tot. 9 P]

- 7.1 In der Optik gilt der Satz: «Der Strahlengang (= Lichtweg) ist umkehrbar.» Erklären Sie diesen Satz einem 'physikalischen Laien' am Beispiel des Übergangs Luft-Wasser (mit Skizze).



So wie Licht von A nach B gelangt, so kann auch Licht von B nach A gelangen

2 P

- 7.2 Sammellinsen haben zwei **Brennpunkte**. Erklären Sie einem 'physikalischen Laien', was man unter dem «Brennpunkt einer Sammellinse» versteht (mit Skizze) und inwiefern das Wort «Brennpunkt» gut gewählt ist.

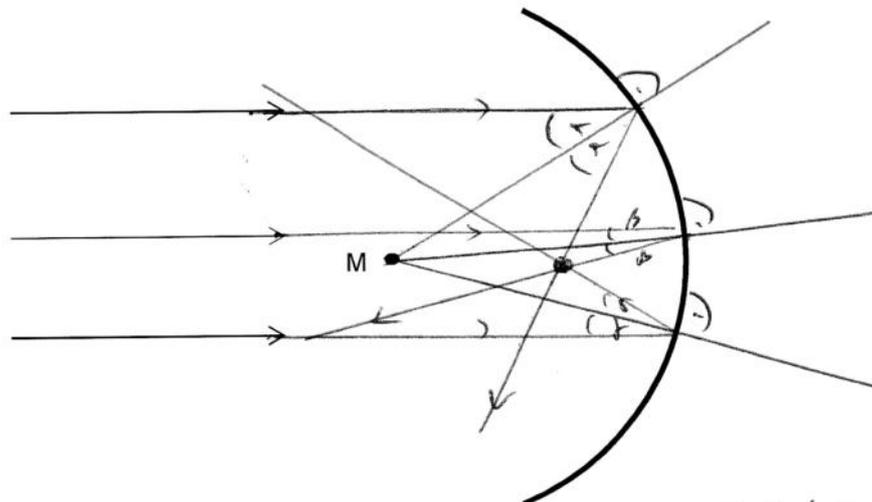
3 P

Brennpunkt ist der Ort, wo parallel einfallende Lichtstrahlen sich sammeln, d.h. auf einem Punkt gebündelt wird. Im Falle von Sonnenlicht kann es in diesem Punkt so heiß wie auf der Oberfläche der Sonne werden.

- 7.3 **Parallele Lichtstrahlen** fallen auf einen kreisbogenförmigen Spiegel (z. B. ein Stück glänzendes Blech), M ist der Mittelpunkt (Figur 11).

- a) Zeichnen Sie in Figur 11 möglichst genau den weiteren Verlauf dieser drei Lichtstrahlen ein, und begründen Sie Ihre Lösung.

3 P



Figur 11

Reflexion am Spiegel: Einfallswinkel = Reflexionswinkel
 Winkel gegen Lot
 Kreis: Lot ist Radius zum Auftreffpunkt

- b) Betrachten Sie die von Ihnen eingezeichneten Lichtstrahlen in Figur 11. Was stellen Sie fest?

1 P

Sie treffen sich praktisch in einem Punkt, dem Brennpunkt.