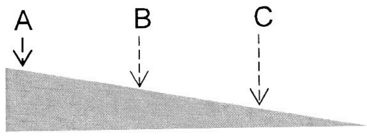
1. Chris steht mit seinem **Trottinett** ("Tretroller") auf einer abfallenden Strasse. [Tot. 10 P.]

Er stellt sich bei A auf das Trottinett (*Figur 1*) und rollt die Strasse hinunter. Wegen deren Neigung beschleunigt er mit 0.40 m/s^2. Beim Passieren des Punktes B beträgt seine Geschwindigkeit 5.2 m/s.



Figur 1

1.1 Nach welcher Zeit passiert er den Punkt B?

1.1.1 formal 1 P.

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v - v_0}{t} \quad | \; v_0 = 0$$

$$t = \frac{v}{a}$$

1.1.2 numerisch 1 P.

$$t = \frac{5{,}2\,\frac{m}{s}}{0{,}4\,\frac{m}{s^2}} = 13\,s$$

1.2 Wie lang ist die Strecke AB?

1.2.1 formal 1 P.

$$v^2 = 2as$$

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

1.2.2 numerisch 1 P.

$$s = \frac{(5{,}2\,\frac{m}{s})^2}{2 \cdot 0{,}4\,\frac{m}{s^2}} = 34\,m$$

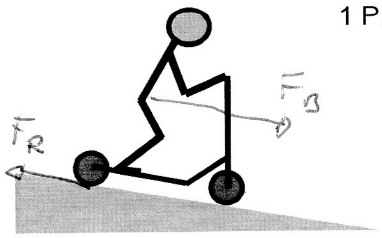
1.3 Chris und sein Trottinett haben zusammen die Masse 24 kg. Auf der Strecke AB wirkt die beschleunigende Kraft F_B.

1.3.1 Wie gross ist F_B (nur numerisch)? 1 P.

$$F_B = m a = 24\,kg \cdot 0{,}4\,\frac{m}{s^2} = 9{,}6\,N$$

1.3.2 Zeichnen Sie F_B in *Figur 2* gut sichtbar ein, beschriftet mit F_B (beachten Sie den Angriffspunkt). 1 P.

Figur 2



1.4 Damit er nach dem Passieren des Punkts B nicht mehr so stark beschleunigt, betätigt Chris die Bremse leicht – von jetzt an wirkt auf ihn und das Trottinett zusätzlich die bremsende Kraft F_R der Grösse 6.0 N.

1.4.1 Zeichnen Sie F_R in *Figur 2* gut sichtbar ein, beschriftet mit F_R (beachten Sie den Angriffspunkt). Begründen Sie Ihre Lösung. 1 P.

Kräfte wirken am Kontaktpunkt zwischen Körper.
Hier Reifen und Straße.

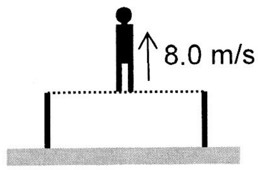
1.4.2 Wie gross ist jetzt die Beschleunigung (nur numerisch)? 2 P.

$$\underline{a} = \frac{F_{eff}}{m} = \frac{9,6\,N - 6\,N}{24\,kg} = \underline{0,15\,\frac{m}{s^2}}$$

1.5 Nachdem Chris den Punkt C erreicht hat, betätigt er die Bremse so stark, dass die bremsende Kraft gleich gross wie die beschleunigende Kraft F_B ist (vergl. 1.3). Was lässt sich über die sich daraus ergebende Bewegung sagen? Begründen Sie Ihre Antwort. 1 P.

$F_{eff} = 0 = ma \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v =$ Konst.
Trägheitsatz

2. Ein **Trampolinspringer** der Masse 60 kg führt vertikale Sprünge in aufrechter Haltung aus. [Tot. 10 P.]
Seine Geschwindigkeit beim Verlassen des Trampolintuchs ist 8.0 m/s (*Figur 3*).



Figur 3

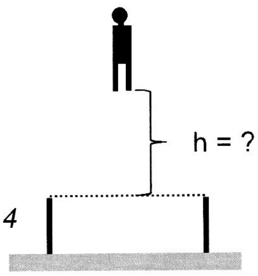
2.1 Wie gross ist seine Bewegungsenergie in diesem Moment?
2.1.1 formal 1 P.

$$\underline{E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2}$$

2.1.2 numerisch 1 P.

$$\underline{E_{kin}} = \frac{1}{2} \cdot 60\,kg \cdot \left(8\,\frac{m}{s}\right)^2 = \underline{1,9\,kJ}$$

2.2 Welche Höhe h erreicht der Springer maximal (*Figur 4*)?
2.2.1 Diese Frage lässt sich mit dem Begriff "Energie" beantworten. Beschreiben Sie Ihre Überlegungen verbal. 1 P.



Figur 4

Energieerhaltung (keine Reibung); E_{kin} wandelt sich in $E_{pot} \sim h$.

2.2.2 Berechnen Sie die Höhe h

2.2.2.1 formal 1 P.

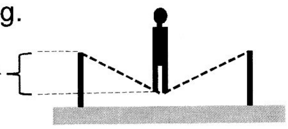
$mgh = \frac{1}{2} m v^2$

$h = \frac{v^2}{2g}$

2.2.2.2 numerisch 1 P.

$h = \frac{(8\frac{m}{s})^2}{2 \cdot 10\frac{m}{s^2}} = 3{,}2\,m$

2.3 *Figur 5* zeigt den Springer im tiefsten Punkt seiner Bewegung. Das elastische Tuch des Trampolins ist dabei um 1.1 m nach unten gedrückt, es hat deshalb "elastische Energie" gespeichert. Der Springer selbst ist in Ruhe.



Figur 5

Wie gross ist die "elastische Energie"?
Berechnen Sie die gesuchte Energie numerisch und begründen Sie Ihre Rechnung.
Hinweis: Vergleichen Sie *Figur 5* mit *Figur 3* (in *Figur 3* ist der Springer 1.1 m weiter oben und hat die Geschwindigkeit 8.0 m/s). h_2 3 P.

$E_{Feder} = mgh_2 + \frac{1}{2} m v^2$

$= 60kg \cdot 10\frac{N}{kg} \cdot 1{,}1m + 0{,}5 \cdot 60kg \cdot (8\frac{m}{s})^2$

$= 2{,}6\,kJ$

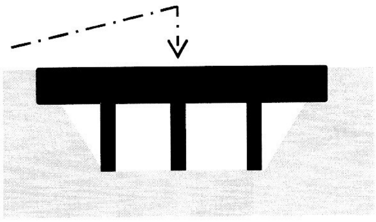
2.4 Die bei Aufgabe 2.3 betrachtete Energie bewirkt, dass der Springer die in *Figur 4* eingezeichnete Lage erreicht. Um noch höher zu springen, muss die Energie grösser sein. Wie kann der Springer das erreichen? (Verbale Antwort mit möglichst präziser Begründung.) 2 P.

Arbeit über seine Beine zuführen.

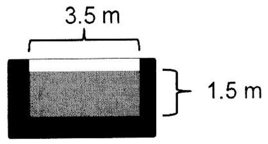
Muskelkraft F, Beinstreckung s : $W = F \cdot s$

3. Lara und Tom befahren mit ihren Eltern auf einem **Hausboot** Kanäle. [Tot. 11 P.]
Hinweis: Die Aufgaben 3.1, 3.2 und 3.3 sind voneinander unabhängig.

3.1 An einer Stelle wird der Kanal auf einer 40 m langen **Brücke** über ein Tal geführt (*Figur 6a*). Die Fahrrinne ist 3.5 m breit, das Wasser steht in ihr 1.5 m hoch (*Figur 6b*).



Figur 6a



Figur 6b
(Querschnitt der Fahrrinne)

3.1.1 „Diese Brücke muss beim Schiffsverkehr viel mehr aushalten", sagt Tom, „als wenn sie für Autos benutzt würde."
3.1.1.1 Wie gross ist das Gewicht der Wassermenge, das auf die Brücke wirkt (nur numerisch)? 2 P.

$F_G = mg = \rho \cdot V \cdot g = l \cdot b \cdot h \cdot \rho \cdot g$

$= 40\,m \cdot 3{,}5\,m \cdot 1{,}5\,m \cdot 1000\,\frac{kg}{m^3} \cdot 10\,\frac{N}{kg} = \underline{2{,}1\,MN}$

3.1.1.2 Schätzen Sie ab, wie gross die Kraft ungefähr ist, die auf die Brücke wirkt, wenn auf ihr Autos dicht hintereinander parkiert werden (kein Wasser!). Geben Sie an, welche Annahmen bezüglich Grösse und Gewicht eines Autos Sie treffen.
Hat Tom recht? 2 P.

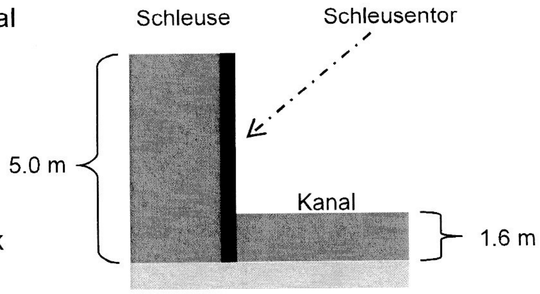
Länge Auto: 5m → $\frac{40}{5} = 8$ Autos } 9,6 t ≙ 96 kN
m " : 1,2 t

Wasser entspricht fast 20 x Autos.

3.2 Ein **Hausboot** der Masse 10 t nähert sich langsam der Brücke und überquert sie dann. Wie gross ist die vertikale Kraft, die die Brücke während des Überquerens "aushalten" muss (nur numerisch, aber Überlegungen begründen)? 3 P.

Boot verdrängt [illegible] Wasser (Archimedes)
Die Last der Brücke ändert sich nicht.

3.3 Das Hausboot nähert sich einer **Schleuse**. In ihr steht das Wasser 5.0 m hoch, im Kanal 1.6 m hoch (*Figur 7*). Tom fragt sich, wie gross die horizontale Kraft ist, die auf das 4.0 m breite Schleusentor wirkt.
Lara sagt: „Wenn du die horizontale Kraft ausrechnen willst, kannst du annehmen, dass auf die ganze Fläche ein Wasserdruck wirkt, der so gross ist wie der Wasserdruck im Mittelpunkt der Fläche.“



Figur 7

Tom rechnet nach dem unten stehenden Plan. Führen Sie die jeweiligen Berechnungen numerisch aus.

3.3.1 Kraft des Wassers in der Schleuse auf das Schleusentor

3.3.1.1 Berechnung des Drucks im Mittelpunkt der Fläche — 1 P.

$h_{Mitte} = 5m - \frac{1}{2}\cdot 1{,}6m = 4{,}2m$

$p_S = \rho \cdot g \cdot h_{Mitte} = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \frac{N}{kg} \cdot 4{,}2m = \underline{0{,}42\, bar}$

3.3.1.2 Berechnung der Grösse der Kraft — 1 P.

$F_S = p_S \cdot A = p_S \cdot l \cdot b = 0{,}42 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2} \cdot 1{,}6m \cdot 4m$

$= \underline{2{,}7 \cdot 10^5 N}$

3.3.2 Kraft des Wassers im Kanal auf das Schleusentor

3.3.2.1 Berechnung des Drucks im Mittelpunkt der Fläche — 0.5 P.

$p_S = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \frac{N}{kg} \cdot 0{,}8m = \underline{0{,}08\, bar}$

3.3.2.2 Berechnung der Grösse der Kraft — 0.5 P.

$F_K = p_S \cdot A = \underline{51\, kN}$

3.3.3 Resultierende Kraft auf das Schleusentor — 1 P.

$F = F_S - F_K = \underline{2{,}2 \cdot 10^5 N}$

4. Alain hat einige Gäste eingeladen. [Tot. 9 P.]

4.1 Er stellt im Tiefkühlfach **Eiswürfel** her. Welche Wärmemenge muss 0.50 kg Wasser von 20 °C entzogen werden, damit daraus Eis von –10 °C wird (nur numerisch, aber Rechnung stichwortartig begründen)? 3 P.

$$\Delta Q = c_W m_W \Delta T_W + L_f m + c_E m \Delta T_E$$

Wasser abkühlen, gefrieren, Eis abkühlen

$$= \left(4182 \tfrac{J}{kgK} \cdot 20K + 3{,}338 \cdot 10^5 \tfrac{J}{kg} + 2100 \tfrac{J}{kgK} \cdot 10K\right) \cdot 0{,}5\,kg$$

$$\approx 2{,}2 \cdot 10^5\,J$$

4.2 In einem Glas befinden sich 52 g Eis von –10 °C. Wie viele Gramm eines **Getränks** mit der Temperatur 22 °C muss Alain in das Glas geben, damit am Ende der Glasinhalt flüssig ist und die Temperatur 0 °C hat? Verwenden Sie für das Getränk die Konstanten von Wasser und nehmen Sie an, dass kein Wärmeaustausch mit dem Glas und der Umgebung stattfindet.

4.2.1 formal 2 P.

$$c_E \cdot m_E \Delta T_E + L_f \cdot m_E = c_W m_W \Delta T_W$$

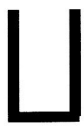
$$m_W = \frac{c_E m_E (T_0 - T_E) + L_f m_E}{c_W (T_W - T_0)}$$

4.2.2 numerisch 2 P.

$$m_W = \frac{2100 \frac{J}{kgK} \cdot 0{,}052\,kg \cdot 10K + 3{,}338 \cdot 10^5 \frac{J}{kg} \cdot 0{,}052\,kg}{4182 \frac{J}{kgK} \cdot 22\,K}$$

$$= 0{,}20\,kg$$

4.3 Um eine Flasche Wein kühl zu halten, stellt sie Alain in einen **Weinkühler** aus braunem Ton (gleiches Material wie ein Blumentopf), vgl. *Figur 8*. Wir untersuchen, wieso der Wein so länger kühl bleibt, als wenn Alain die Flasche in einen gleich geformten Behälter aus Metall stellen würde.



Figur 8

4.3.1 Welche Art der Wärmeübertragung spielt dabei die entscheidende Rolle? 1 P.

Wärmeleitung

4.3.2 Wieso ist die Wärmeübertragung bei dem braunen Ton viel geringer als bei Metall? 1 P.

Ton ist porös (Luftblasen). Luft leitet viel schlechter als Festkörper. Ton selbst leitet auch schlechter als Metall, da kein festes Kristallgitter.

5. Lars hat einen **Experimentierkasten** zur Elektrizitätslehre erhalten. [Tot. 8 P.]
Dieser enthält unter anderem Glühbirnchen mit einem Widerstand von 9.0 Ω.

5.1 Lars schliesst ein solches Glühbirnchen an eine 4.5-V-Batterie an.

5.1.1 Wie gross ist der fliessende Strom?

5.1.1.1 formal 1 P.

$$I = \frac{U}{R}$$

5.1.1.2 numerisch 1 P.

$$I = \frac{4{,}5\,V}{9\,\Omega} = \underline{0{,}50\,A}$$

5.1.2 Wie gross ist die produzierte Leistung?

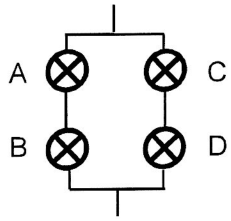
5.1.2.1 formal 1 P.

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$$

5.1.2.2 numerisch 1 P.

$$P = \frac{(4{,}5\,V)^2}{9\,\Omega} = \underline{2{,}3\,W}$$

5.2 Lars baut gemäss Anleitung die nebenstehende Schaltung auf (*Figur 9*) und schliesst sie an die 4.5-V-Batterie an.



Figur 9

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

5.2.1 Wie gross ist der Gesamtwiderstand (= Ersatzwiderstand) von A und B? 1 P.

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R+R} + \frac{1}{R+R}} = R = \underline{9{,}0\,\Omega}$$

5.2.2 Wie gross ist der Strom, der durch A und B fliesst? 1 P.

$$I_A = I_B = \frac{1}{2} I_{Gesamt} = \underline{0{,}25\,A}$$

5.2.3 Wie gross ist Strom, der von der Batterie wegfliesst? Begründen Sie Ihre Überlegung stichwortartig. 1 P.

Da $R_E = R$ ist I gleich 0,50 A

5.2.4 Wie gross ist die Leistung, die in den 4 Glühbirnchen insgesamt produziert wird? Begründen Sie Ihre Überlegung stichwortartig. 1 P.

Gleiche Gesamtspannung und -strom, also gleiche Leistung $\underline{P_G = 2{,}3\,W}$

6. Familie Rüegg hat ein **Elektroauto** angeschafft. Da sie über eine Garage mit einem 230-V-Anschluss verfügt, kann es dort geladen werden. [Tot. 9 P.]

6.1 Die Leistung beim Laden beträgt 3.7 kW.

6.1.1 Wie gross ist der beim Laden fliessende Strom?

6.1.1.1 formal 1 P.

$$I = \frac{P}{U}$$

6.1.1.2 numerisch 1 P.

$$I = \frac{3{,}7\ kW}{230\ V} = 16{,}1$$

6.1.2 Wie gross ist die Ladung, die dabei pro Minute (60 sec) fliesst (nur numerisch)? 1 P.

$$Q = I \cdot t = 0{,}97\ kC$$

6.1.3 Um 90 km weit fahren zu können, benötigt das Elektroauto $8.1 \cdot 10^7$ J Energie. Wie lange dauert das dafür nötige Laden?

6.1.3.1 formal 1 P.

$$t = \frac{E}{P}$$

6.1.3.2 numerisch (Resultat in Stunden) 1 P.

$$t = \frac{8{,}1 \cdot 10^7\ J}{3{,}7 \cdot 10^3\ W} = 6{,}1\ h$$

6.1.3.3 Kommentieren Sie das Resultat 1 P.

Das Auto lässt sich problemlos über Nacht aufladen.

6.2 In der Schweiz verkehren 4.6 Millionen Autos und legen pro Tag (durchschnittlich) insgesamt $1.7 \cdot 10^2$ Millionen km zurück.

6.2.1 Für das Laden von Elektroautos müssen pro Kilometer Fahrstrecke 0.25 kWh elektrische Energie bereitgestellt werden. Wie gross wäre die täglich benötigte Energiemenge, damit 4.6 Millionen Elektroautos insgesamt $1.7 \cdot 10^2$ Millionen km zurücklegen könnten (nur numerisch)? 2 P.

$$E = 0{,}25\ \frac{kWh}{km} \cdot 1{,}7 \cdot 10^8\ km = 43 \cdot 10^6\ kWh$$
$$= 1{,}5 \cdot 10^{14}\ J$$

6.2.2 Die Schweiz produziert gegenwärtig eine (durchschnittliche) elektrische Leistung von $13 \cdot 10^9$ W für die gesamte Stromversorgung des Landes (Haushalte, Industrie, öffentlicher Verkehr, Infrastruktur etc.).
Wie lange müsste jeden Tag die gesamte produzierte elektrische Leistung für das Laden der Elektroautos „reserviert" werden (nur numerisch, Resultat in Stunden)?

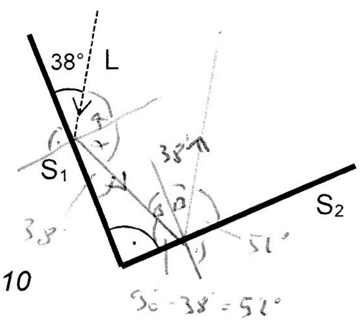
1 P.

$$\underline{t} = \frac{E}{P} = \frac{1,5 \cdot 10^{14}\,\mathrm{J}}{13 \cdot 10^{9}\,\mathrm{W}} = \underline{3,3\,\mathrm{h}}$$

7. Hinweis: Die Aufgabe 7.3 ist von 7.1 und 7.2 unabhängig. [Tot. 8 P.]

7.1 Zwei Spiegel, S_1 und S_2, bilden einen 90°-Winkel (*Figur 10*). Der Lichtstrahl L trifft unter 38° auf S_1.
7.1.1 Skizzieren Sie möglichst genau den weiteren Weg von L und begründen Sie Ihre Lösung.

2 P.

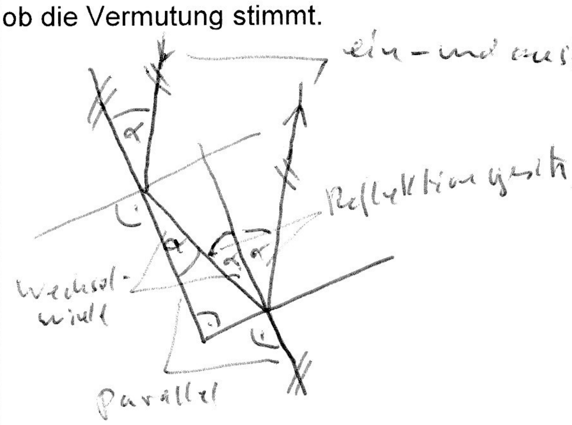


Figur 10

Spiegel: Einfallswinkel (zum Lot) = Reflektionswinkel
Ebene: " (zur Ebene) = "

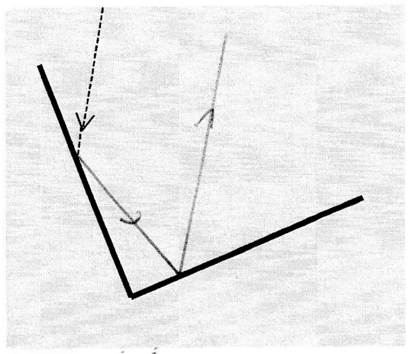
7.1.2 Welche Vermutung ergibt sich aus der Betrachtung der Lösung? Untersuchen Sie, ob die Vermutung stimmt.

1 P.



ein- und ausfallender Strahl sind immer parallel; unabhängig vom Winkel

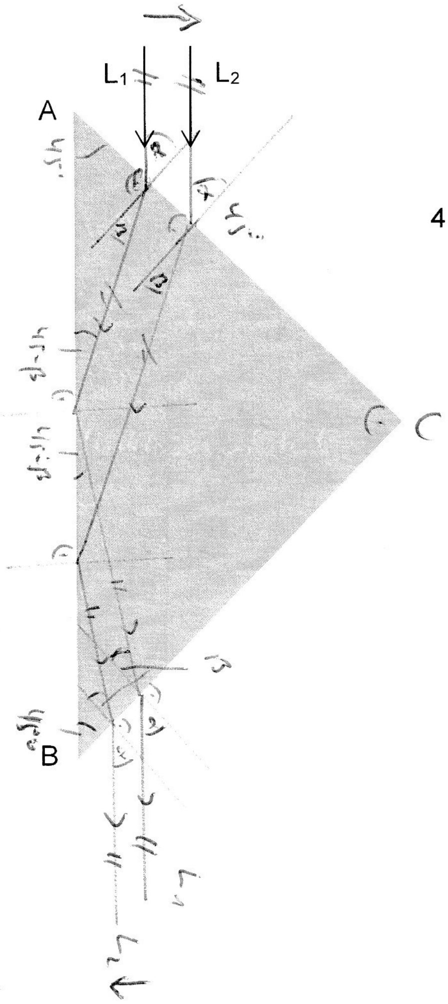
7.2 Die Anordnung von *Figur 10* wird ganz in ganz in Wasser getaucht, vgl. *Figur 11*. Skizzieren Sie in *Figur 11* den weiteren Weg des Lichtstrahls im Wasser und begründen Sie Ihre Lösung. 1 P.



Figur 11

Keine Änderung, da keine Brechung, da kein Übergang zwischen Medien unterschiedlicher optischer Dicht.

7.3 Ein Stück Glas hat die Form eines halben Quadrates (*Figur 12*). Zwei Lichtstrahlen, L_1 und L_2, bewegen sich parallel zur Seite AB. Skizzieren Sie möglichst genau den weiteren Weg der beiden Lichtstrahlen und begründen Sie Ihre Lösung. 4 P.



Figur 12

Umkehrprisma:
Die Strahlen bleiben parallel.
Auf AB findet Totalreflektion statt, da Winkel zum Lot sehr groß.
Da L_2 näher an B auf AB trifft, kommt er tiefer als L_1 bei BC heraus.
Die Winkel bei BC sind die gleichen wie bei AC, somit sind die austretenden Strahlen parallel, aber vertauscht, zu den eintretenden Strahlen.