1. Roger wirft einen **Tennisball** (Masse 58 g) aus 1.3 m Höhe mit 3.2 m/s vertikal nach unten. [Tot. 11 P]

1.1 Die Frage ist, mit welcher Geschwindigkeit der Tennisball am Boden auftrifft.
Diese Frage lässt sich mit Hilfe des Energiesatzes beantworten.

1.1.1 Was besagt der Energiesatz für diesen Vorgang? Geben Sie eine verbale Antwort mit Begründung in zwei bis drei Sätzen (ohne Formel). 2 P

Ohne Reibung (wie hier) liegt ein abgeschlossenes System vor, d.h. die Energie bleibt erhalten:
Die Summe aus pot. und kinetischen Energie beim Abwurf ist gleich der Summe bei der Landung.

1.1.2 Welche Auftreffgeschwindigkeit ergibt sich aus dem Energiesatz?

a) formal 2 P

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 \qquad | h=0 \text{ Boden}$$

$$\underline{\underline{v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}}}$$

b) numerisch 1 P

$$v = \sqrt{\left(3{,}2\,\tfrac{m}{s}\right)^2 + 2 \cdot 9{,}81\,\tfrac{m}{s^2} \cdot 1{,}3\,m}$$

$$\underline{\underline{v = 6{,}0\,\tfrac{m}{s}}}$$

$\eta = 1 - 45\% = 55\%$

1.2 Beim Aufprall am Boden verliert der Tennisball 45 % seiner mechanischen Energie. Berechnen Sie, bis auf welche maximale Höhe er nach dem Aufprall wieder hochspringt.

a) formal 3 P

$$\eta \cdot \left(\frac{1}{2} m v_0^2 + mgh\right) = mgh'$$

$$\underline{\underline{h' = \eta \cdot \left(\frac{v_0^2}{2g} + h\right)}}$$

b) numerisch 1 P

$$\underline{\underline{h'}} = 0{,}55 \cdot \left(\frac{(3{,}2\,\frac{m}{s})^2}{2 \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}} + 1{,}3\,m\right) = \underline{\underline{1{,}0\,m}}$$

1.3 Auch beim nächsten Aufprall am Boden verliert der Ball 45% seiner mechanischen Energie. Welche maximale Höhe erreicht er danach?
Diese Frage lässt sich sehr einfach beantworten. Begründen Sie Ihre Überlegung verbal und berechnen Sie die gesuchte Höhe (nur numerisch).

a) Begründung 1 P

$E_{pot} \sim h$

da E_{pot} um 45% abnimmt, tut dies auch h

b) numerisch 1 P

$$\underline{\underline{h''}} = 0{,}55 \cdot h' = \underline{\underline{55\,cm}}$$

2. Herr Schweizer hat sich ein **neues Auto** gekauft. Dessen Masse beträgt nur 1.3 t, was den Benzinverbrauch entsprechend senkt. Gemäss den Angaben des Herstellers beschleunigt es in 7.7 s von 0 auf 100 km/h. [Tot. 11 P]

Im Folgenden nehmen wie vereinfachend an, dass das Auto gleichmässig beschleunigt.

2.1 Wie gross ist die Beschleunigung bei dem oben erwähnten Vorgang?

a) formal

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_1 - v_0}{t} = \frac{v_1}{t} \quad | v_0 = 0$$

1 P

b) numerisch

$$a = \frac{100 \frac{km}{h}}{7{,}7 s} = 3{,}6 \frac{m}{s^2}$$

1 P

2.2 Welche Wegstrecke legt das Auto dabei zurück?

a) formal

$$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}\frac{v_1}{t}t^2 = \frac{v_1 t}{2}$$

2 P

b) numerisch

$$s = \frac{100 \frac{km}{h} \cdot 7{,}7 s}{2} = $$ 107m = 0,11km

1 P

2.3 Wie gross ist die für diese Beschleunigung nötige Kraft?

a) formal

$$F = ma = m \cdot \frac{v_1}{t}$$

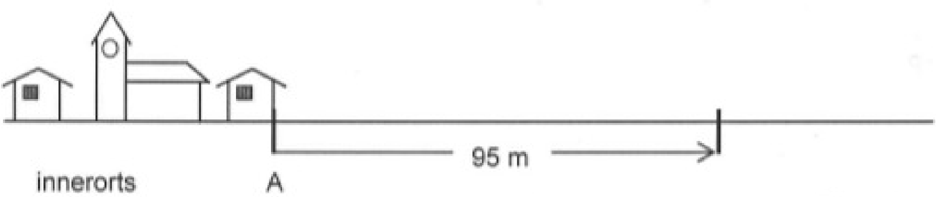
1 P

b) numerisch

$$F = 1300 kg \cdot \frac{100 \frac{km}{h}}{7{,}7 s} = 4{,}7 kN$$

2 P

2.4 Bei einer Fahrt mit seinem Auto verlässt Herr Schweizer den Innerortsbereich bei A (*Figur 1*) und beschleunigt anschliessend mit 3.2 m/s². Nach 4.5 s hat er 95 m zurückgelegt. Wie gross war seine Geschwindigkeit im Punkt A?



Figur 1

a) formal 2 P

$$s = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$$

$$\underline{\underline{v_0 = \frac{s}{t} - \frac{1}{2}at}}$$

b) numerisch (Resultat in km/h) 2 P

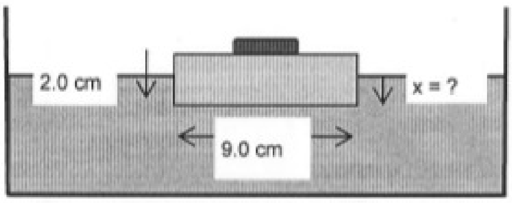
$$\underline{v_0} = \frac{95\,m}{4{,}5\,s} - \frac{1}{2}\cdot 3{,}2\,\frac{m}{s^2}\cdot 4{,}5\,s = 14\,\frac{m}{s} = \underline{\underline{50\,\frac{km}{h}}}$$

a h

3. Lara spielt mit einem quadratischen, 2.0 cm dicken **Holzbrettchen**. Die Seitenlänge des Quadrates misst 9.0 cm, die Dichte des Holzes ist 0.60 g/cm³. Sie lässt dieses Holzbrettchen in einem Becken mit Wasser schwimmen und legt dann ein Eisenstück von 24 g Masse darauf (*Figur 2*). [Tot. 8 P]

m

Figur 2



3.1 Wie tief taucht das Holzbrettchen in das Wasser ein, d. h. wie weit liegt die untere Quadratfläche unterhalb der Wasseroberfläche (x = ?)?

a) formal 3P

$$F_A = F_G$$

$$\rho_W \cdot a^2 \cdot x \cdot g = \rho_H \cdot a^2 \cdot h \cdot g + mg$$

$$\underline{\underline{x = \frac{\rho_H}{\rho_W} \cdot h + \frac{m}{\rho_W \cdot a^2}}}$$

b) numerisch

2 P

$$\underline{\underline{x}} = 0{,}6 \cdot 2\,\text{cm} + \frac{\cancel{0{,}0144\,\text{kg}}\ 24\,\text{g}}{9\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot (9\,\text{cm})^2} = \underline{\underline{1{,}5\,\text{cm}}}$$

3.2 Beim Spielen rutscht das Eisenstück vom Holzbrettchen und sinkt auf den Boden des Beckens. Die Frage ist, ob, bzw. wie sich dabei der Wasserspiegel im Becken ändert. Begründen Sie Ihre Antwort mit zwei bis drei Sätzen und führen Sie die Formeln auf, auf die Sie sich beziehen.

3 P

In der Ausgangsituation verdrängt das Eisenstück soviel Wasser, wie seinem Gewicht (Masse) entspricht.
Ist es im Wasser verdrängt es soviel, wie seinem Volumen entspricht.
Da seine Dichte grösser als die von Wasser ist, verdrängt es im Wasser weniger, der Pegel sinkt.

4. In einem Museum werden dort aufbewahrte **alte Handfeuerwaffen**, wie Gewehre und Pistolen, auf ihre Wirkung untersucht. Dies geschieht in einem unterirdischen Raum, dem sogenannten „Beschussraum". Die abgefeuerten Geschosse werden dabei in einem grossen, an der Wand montierten Klotz aus weichem Holz abgebremst. [Tot. 8 P]

Bei einem solchen Versuch trifft eine Bleikugel von 15 g Masse mit einer horizontalen Geschwindigkeit von $6.0 \cdot 10^2$ km/h auf den Holzklotz und bleibt nach 11 cm stecken. Dabei werden die Kugel und der Holzklotz etwas erwärmt.

4.1 Um wie viel erwärmt sich dabei die Bleikugel, wenn sie 70% η der Energie aufnimmt? Verwenden Sie bei der numerischen Berechnung für Blei (Pb) den Wert $c_{Pb} = 1.3 \cdot 10^2$ J/kg·K.

a) formal

3P

$$\Delta Q = c_{Pb} \cdot m_{Pb} \cdot \Delta T_{Pb} = \eta \cdot \frac{1}{2} m_{Pb} v^2$$

$$\underline{\underline{\Delta T_{Pb} = \eta \cdot \frac{v^2}{2 c_{Pb}}}}$$

b) numerisch

$$\underline{\underline{\Delta T_{Pb}}} = 0{,}7 \cdot \frac{\left(6 \cdot 10^2 \frac{km}{h}\right)^2}{2 \cdot 130 \frac{J}{kg\,K}} = \underline{\underline{75\,K}}$$

2 P

4.2 Was besagt der zweite Hauptsatz der Wärmelehre in Zusammenhang mit diesem Vorgang? Beantworten Sie diese Frage mit zwei bis drei Sätzen.
Als Hilfe geben wir Ihnen den Beginn Ihres ersten Antwortsatzes.

3 P

Antwort: Es ist ausgeschlossen, dass Wärme vom kälteren zum wärmeren Körper übergeht.
Nachdem die Kugel beim Einschlag erwärmt wurde, wird sie sich abkühlen, bis sie und der Holzklotz (der sich erwärmt), die gleiche Temperatur haben.

---

5. In ihrem **Elektrobaukasten** findet Lara unter dem Titel „Wir regulieren die Helligkeit eines Lämpchens" einige Versuche zum Nachbauen. Dafür stehen ihr eine Batterie von 4.5 V, ein Lämpchen mit dem Widerstand 20 Ω und ein elektrischer Widerstand von 10 Ω zur Verfügung. [Tot. 8 P]

5.1 Zuerst schliesst Lara das Lämpchen direkt an die Batterie an.
Wie gross ist die Leistung, die in dem Lämpchen produziert wird?

a) formal

$$\underline{\underline{P_L}} = U \cdot I = \underline{\underline{\frac{U^2}{R_L}}} \qquad \Big|\ R_L = 20\,\Omega$$

1 P

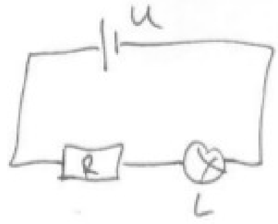
b) numerisch

$$\underline{\underline{P_L}} = \frac{(4{,}5\,V)^2}{(20\,\Omega)} = \underline{\underline{1{,}0\,W}}$$

1 P

5.2 Anschliessend bildet sie aus dem Lämpchen und dem elektrischen Widerstand eine Serieschaltung und schliesst diese an die Batterie an.

5.2.1 Skizzieren Sie diese Schaltung mit den korrekten Symbolen. 1 P



5.2.2 Wie gross ist der Strom, der jetzt durch das Lämpchen fliesst?

a) formal 1 P

$$U = R \cdot I$$

$$\underline{I} = \frac{U}{R} = \underline{\underline{\frac{U}{R_L + R}}}$$

b) numerisch 1 P

$$\underline{\underline{I}} = \frac{4{,}5\,V}{20\,\Omega + 10\,\Omega} = \underline{\underline{0{,}15\,A}}$$

5.2.3 Wie gross ist die Leistung, die dabei im Lämpchen produziert wird (nur numerisch)? 2 P

$$\underline{\underline{P_L}} = U \cdot I = R_L I^2 = 20\,\Omega \cdot (0{,}15\,A)^2 = \underline{\underline{0{,}45\,W}}$$

5. 3 Lara vergleicht nun die Resultate, die sich für die Schaltungen der Aufgaben 5.1 und 5.2 ergeben haben. Sie kommt zum Schluss, dass sich die Helligkeit des Lämpchens verändern lässt, indem man ... 1 P

einen zusätzlichen Widerstand (Vorwiderstand) in Serie schaltet, um so Stromstärke und Leistung zu verringern,

(vervollständigen Sie den begonnenen Satz)

da sich der Widerstand vergrössert.

6. Ein grosser französischer Autohersteller hat im Frühjahr 2012 ein kleines **Elektrofahrzeug** für zwei Personen auf den Markt gebracht. [Tot. 8 P]

6.1 „Zum Laden wird das Fahrzeug an eine Haushaltsteckdose angeschlossen. Dann fliessen 230 V in dessen Batterie und werden dort gespeichert." (Aus einem Testbericht).

6.1.1 Welche Aussage in diesem Testbericht ist physikalisch nicht korrekt?
Begründen Sie Ihre Aussage. 1 P

230 V sind eine Spannung, die nicht "fliessen" kann. Fließen können Ladungen in Form eines el. Stroms

6.1.2 Formulieren Sie die entsprechende Aussage so, dass sie physikalisch korrekt ist. (Verbal, ohne Formeln) 1 P

... . Dann fliessen Ladungen in deren Batt. ...

6.2 Bis die ganz entladene Batterie wieder vollständig geladen ist, dauert es 5.5 Stunden. Die Batterie hat dann 7.1 kWh gespeichert. Wie gross ist der beim Laden fliessende Strom? Wir nehmen vereinfachend an, dass er über die ganze Ladedauer konstant ist.

a) formal 2 P

$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$\underline{\underline{I = \frac{W}{Ut}}}$$

b) numerisch 1 P

$$\underline{\underline{I}} = \frac{7{,}1\,kWh}{230\,V \cdot 5{,}5\,h} = \underline{\underline{5{,}6\,A}}$$

6.3 Von der in der Batterie gespeicherten elektrischen Energie können 6.1 kWh für die Fortbewegung genutzt werden. Wie gross ist somit der Wirkungsgrad (nur numerisch)? 1 P

$$\underline{\underline{\eta}} = \frac{E_{raus}}{E_{rein}} = \frac{6{,}1\,kWh}{7{,}1\,kWh} = \underline{\underline{86\,\%}}$$

6.4 Bei einer Testfahrt mit 65 km/h konnte eine Strecke von 97 km zurückgelegt werden bis die anfänglich vollständig geladene Batterie leer war.

6.4.1 Wie lange dauerte diese Testfahrt (nur numerisch)? 1 P

$$\underline{\underline{t}} = \frac{s}{v} = \frac{97\,km}{65\,\frac{km}{h}} = \underline{\underline{1{,}5\,h}}$$

6.4.2 Wie gross war die für diese Testfahrt nötige Leistung (nur numerisch)? 1 P

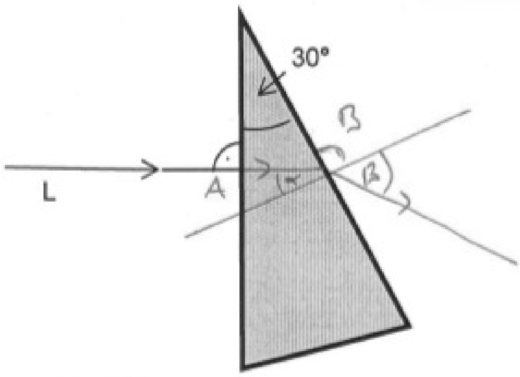
$$\underline{\underline{P}} = \frac{W}{t} = \frac{7{,}1\,kWh}{1{,}5\,h} = \underline{\underline{4{,}7\,kW}} \text{ (elektrisch)}$$

$$86\,\% : \underline{\underline{4{,}1\,kW}} \text{ (mechanisch)}$$

7. Ein **Lichtstrahl** L trifft senkrecht auf ein dreieckförmiges Glasstück (*Figur 3*). [Tot. 9 P]

7.1 Skizzieren Sie den weiteren Weg, den der Lichtstrahl durchläuft und erläutern Sie Ihre Lösung stichwortartig.

3 P



Figur 3

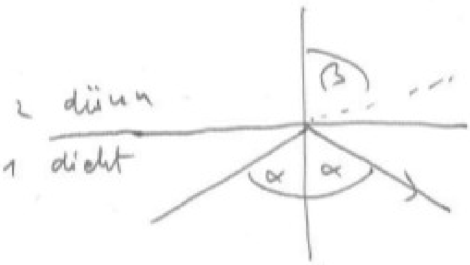
A: Winkel zum Lot: 0° -> kein Brechung

B: dicht -> dünn: Brechung vom Lot weg
α wahrscheinlich klein genug, damit kein Totalreflektion stattfindet (hängt von n ab)

7.2 Im Zusammenhang mit der Lichtbrechung kann das Phänomen „Totalreflexion" auftreten.

7.2.1 Erläutern Sie dieses Phänomen mit zwei bis drei Sätzen und eventuell einer Skizze.

2 P



$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{1,2} \qquad n_{1,2} < 1$$

$$\sin\beta = \underbrace{\frac{1}{n_{1,2}} \cdot \sin\alpha}_{> \sin\alpha}$$

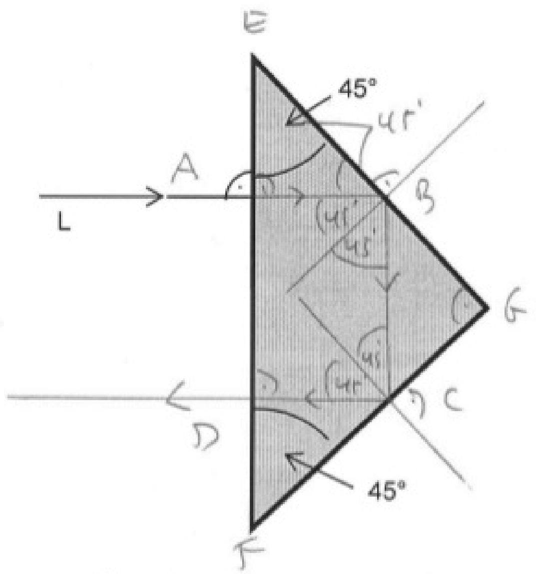
also $\beta > \alpha$

Brechung vom Lot weg

Totalreflektion: $\frac{\sin\alpha}{n_{1,2}} \geq 1$, somit kein β möglich

7.2.2 Ein Lichtstrahl L trifft senkrecht auf das in *Figur 4* dargestellte Glasstück.
Skizzieren Sie den weiteren Weg, den der Lichtstrahl durchläuft und erläutern bzw. erklären Sie Ihre Lösung stichwortartig.
Hinweis: Der Grenzwinkel der Totalreflexion beträgt 42°.

4 P



Figur 4

A: wie zuvor bei 7.2.1

B: Δ ABE hat 90° (Lot) und 45° bei E, also 45° bei B
somit auch 45° gegen Lot bei B. Das ist grösser als
42° ($n_{Glas, Luft} = 1,5$) und damit Totalreflektion.

C: Δ EFG hat 2x45°, somit 90° bei G. 45° bei B daher
auch 45° bei C (auch zum Lot)
Somit wie bei B

D: siehe A.