

1. Am 10. Oktober 2015 war in einer Zeitung Folgendes über das **Formel-1-Rennen in Sotschi** (Russland) zu lesen: „Beim Training verlor der Fahrer Carlos Sainz mit 309 km/h die Kontrolle über seinen ‚Toro Rosso‘-Rennwagen und krachte mit einer Aufprallkraft von 46 g in die Sicherheitsbarrieren.“ [Tot. 10 P]
- 1.1 Diese Meldung enthält einen, im physikalischen Sinn, falsch verwendeten Begriff.
- a) Um welchen Begriff handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort kurz.
 "46g" ist eine Beschleunigung, keine Kraft. 1 P
- b) Formulieren Sie die Meldung physikalisch korrekt.
 Er krachte mit dem 46-fachen seiner Gewichtskraft in die Barrieren. 1 P
- 1.2 Im Folgenden nehmen wir an, dass der Fahrer durch die Sicherheitsbarrieren auf 8.6 m Weg gleichmässig verzögert von $3.1 \cdot 10^2$ km/h zum Stillstand abgebremst wurde.
 Wie gross war dabei die Verzögerung (= negative Beschleunigung)?
- a) formal

$$v^2 = 2as + v_0^2 \quad | v = 0$$

$$a = -\frac{v_0^2}{2s}$$
 1 P
- b) numerisch

$$a = -\frac{(310 \frac{\text{km}}{\text{h}})^2}{2 \cdot 8.6 \text{ m}} = -431 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = -4.3 \cdot 10^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$
 1 P
- 1.3 Wie lange dauerte dieses Abbremsen durch die Sicherheitsbarrieren?
- a) formal

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{-v_0}{t}$$

$$t = -\frac{v_0}{a} = -\frac{v_0}{-\frac{v_0^2}{2s}} = \frac{2s}{v_0}$$
 2 P
- b) numerisch

$$t = \frac{2 \cdot 8.6 \text{ m}}{310 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 0.20 \text{ s}$$
 1 P

- 1.4 Die Masse des Rennwagens betrug 0.78 t. Wie gross war die Kraft, mit der der Rennwagen abgebremst wurde (nur numerisch)?

1 P

$$F = ma = -3,4 \cdot 10^5 \text{ N}$$

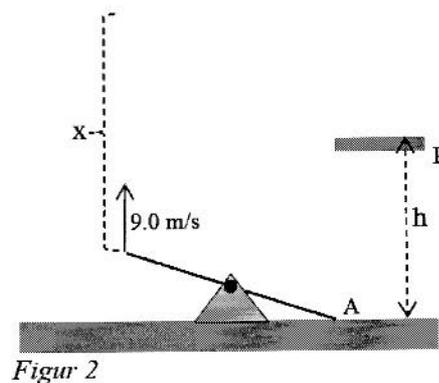
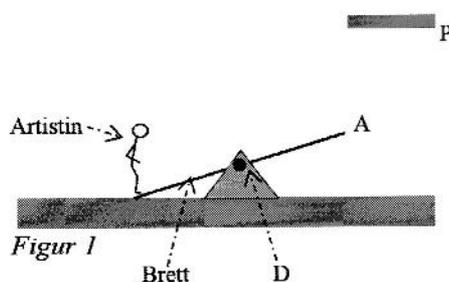
- 1.5 Was besagt das Wechselwirkungsprinzip (Prinzip von 'actio' und 'reactio') bei diesem Aufprall?

2 P

Die Rennwagen wirkt mit $3,4 \cdot 10^5 \text{ N}$ auf die Barriere ein.

2. In einem Zirkus tritt eine **Artistentruppe** mit einer „Schleuderbrett-Nummer“ auf [Tot. 11 P]
 (Figur 1 und Figur 2).

Eine Artistin (Masse 40 kg) steht auf einem bei D drehbar gelagerten Brett (Figur 1).



Zwei Männer (Masse je 90 kg), die auf dem Podest P stehen, lassen sich nun gleichzeitig auf das Ende A des Bretts fallen. Dadurch wird die Artistin senkrecht nach oben geschleudert, sie verlässt das Brett mit 9.0 m/s (Figur 2).

Hinweis: die Aufgaben 2.1, 2.2 und 2.3 sind voneinander unabhängig.

n

- 2.1 Wie hoch oben (Grösse h in Figur 2) ist das Podest P, wenn 70 % der anfänglichen Lageenergie der beiden Männer als kinetische Energie an die Artistin übergeht?

a) formal

$$E_{kin} = n \cdot E_{pot}$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = n \cdot m g h \quad | \quad M = 2 \cdot m_A = 180 \text{ kg}$$

3 P

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

$$h = \frac{m v^2}{4 n m_A g}$$

b) numerisch

$$h = \frac{40 \text{ kg} \cdot (9 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{4 \cdot 0,7 \cdot 90 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,3 \text{ m}$$

2 P

- 2.2 Welche maximale Höhe (Grösse x in Figur 2) erreicht die Artistin?

a) formal

$$m g x = \frac{1}{2} m v^2$$

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

2 P

b) numerisch

$$x = \frac{(9 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 4,1 \text{ m}$$

1 P

- 2.3 Wie lang dauert es, bis die Artistin nach dem Verlassen des Brettes die maximale Höhe erreicht?

a) formal

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

$$t = \frac{v_0}{g}$$

2 P

b) numerisch

$$t = 0,90 \text{ s}$$

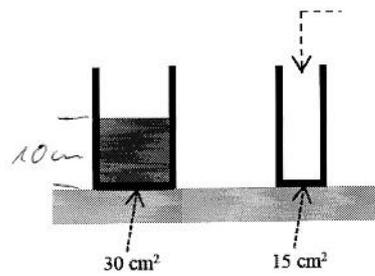
1 P

3. Hinweis: die Aufgaben 3.1 und 3.2 sind voneinander unabhängig.

[Tot. 9 P]

3.1 Auf einem Tisch stehen zwei **verschieden grosse Gläser** mit den Bodenflächen 30 cm^2 bzw. 15 cm^2 (Figur 3). Das linke Glas ist 10 cm hoch mit Wasser gefüllt. In das rechte Glas wird nun ein alkoholisches Getränk der Dichte 0.92 g/cm^3 eingefüllt. Wie hoch muss der Flüssigkeitsstand im rechten Glas sein, damit der Druck am Glasboden in beiden Gläsern gleich gross ist?

Figur 3



3.1.1 Beschreiben Sie Ihre Überlegung verbal.

1 P

$p_L = p_R$
 Der Druck ist proportional zu Höhe (Tiefe) und Dichte. Die Höhen verhalten sich also umgekehrt, wie die Dichten.

3.1.2 Berechnen Sie die gesuchte Höhe formal.

1 P

$$p_L = p_R$$

$$\rho_w g h_L = \rho_A g h_R$$

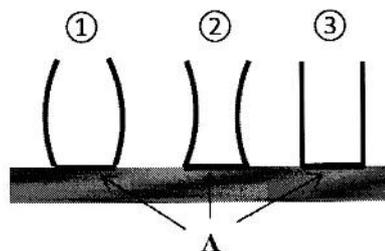
$$h_R = \frac{\rho_w}{\rho_A} \cdot h_L$$

3.1.3 Berechnen Sie die gesuchte Höhe numerisch.

1 P

$$h_R = \frac{1}{0.92} \cdot 10 \text{ cm} = \underline{11 \text{ cm}}$$

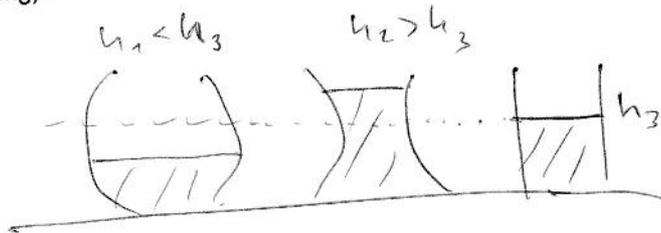
3.2 Auf einem Tisch stehen drei verschiedene Gläser (Figur 4). Sie haben alle die gleich grosse Bodenfläche A. Nun füllen wir in jedes Glas je die gleiche Menge Wasser ein.



Figur 4

- 3.2.1 Was lässt sich über die Grösse des Wasserdrucks sagen, der jeweils am Boden dieser Gläser herrscht? Beschreiben Sie Ihre Überlegung zur Beantwortung dieser Frage. Geben Sie eine möglichst präzise verbale Antwort (mit Begründung).

3 P



Da ρ für alle gleich ist $p \sim h$

Somit ist $p_2 > p_3 > p_1$

da $h_2 > h_3 > h_1$

- 3.2.2 Was lässt sich über die Kräfte sagen, die das eingefüllte Wasser jeweils auf den Boden des Glases ausübt? Beschreiben Sie Ihre Überlegung zur Beantwortung dieser Frage. Geben Sie eine möglichst präzise verbale Antwort (mit Begründung).

3 P

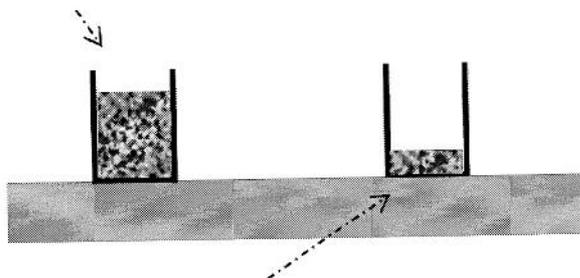
Da $F = pA$ und A für alle gleich ist,

ist $F \sim p$, somit $F_2 > F_3 > F_1$

da $p_2 > p_3 > p_1$

4. Für seine Partygäste entnimmt Ralph seinem Tiefkühler **kleine Eisstücke** der Gesamtmasse 90 g, deren Temperatur -18°C beträgt. Diese Eisstücke schüttet er in ein leeres Glas und stellt dieses links auf die Theke (Figur 5). [Tot. 6 P]

Figur 5



Auf der Theke steht rechts noch ein anderes Glas, aus dem die Gäste schon seit längerer Zeit Eis entnommen haben: es enthält jetzt nur noch ein Gemisch von 20 g Eis und 1.0 g Wasser, die Temperatur des Gemischs ist 0°C .

Damit nicht zu viele Gläser auf der Theke stehen, schüttet Ralph den Inhalt des rechten Glases in das linke Glas. Nach kurzer Zeit enthält das linke Glas nur noch Eis.

Welche Temperatur hat dieses Eis? Wir nehmen vereinfachend an, dass kein Wärmeaustausch mit der Umgebung erfolgt.

- 4.1 Beschreiben und begründen Sie verbal die Überlegungen, die Sie zur Lösung dieser Frage anstellen (1 bis 2 Sätze).

Da Wasser/Eis im rechten Glas 0°C hatten, und Temp. Eis im linken Glas -18°C beträgt, geht Wärme von "rechts" ins "links". Somit muss das Wasser seinen Phasen ändern und erstarren, wobei Wärme frei wird und das -18°C Eis erwärmt. 2 P

- 4.2 Berechnen Sie die gesuchte Temperatur. Die numerische Rechnung genügt, erläutern Sie aber Ihre Rechenschritte stichwortartig.

$$\Delta Q_L = \Delta Q_R$$

$$c_E m_E \Delta T_E = c_E m_E \Delta T_E' + m_w L_s \quad \left| \begin{array}{l} m_E = 20 \text{ g} \\ m_w + m_E \\ \text{Recht} \\ \text{links} \end{array} \right.$$

$$c_E m_E (T_m - T_E) = c_E m_E (0 - T_m) + m_w L_s$$

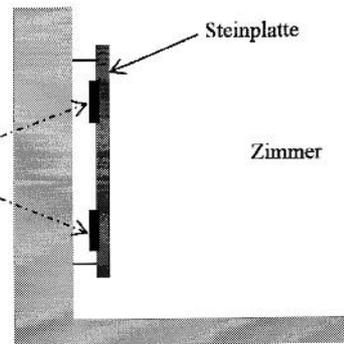
$$T_m = \frac{c_E m_E T_E + m_w L_s}{c_E (m_E + m_E)}$$

$$= -13^\circ\text{C}$$

5. An einer Messe stellt eine Firma eine elektrische Steinplatte „Wandheizung für Zimmer“ aus (Figur 6). An der Wand des Zimmers wird eine schön strukturierte Steinplatte montiert. Hinter dieser Steinplatte sind elektrische Heizelemente im Zimmer befestigt; ist die Heizung eingeschaltet, erwärmen diese die Steinplatte. Ist die Wandheizung eingeschaltet, wird das Zimmer geheizt. Welche Rolle spielen dabei die (drei) Wärmeübertragungsarten?

Figur 6

[Tot. 6 P]



Nennen Sie die drei Wärmeübertragungsarten. Beschreiben und begründen Sie in jedem Fall, welche Rolle diese Wärmeübertragungsart bei dieser Wandheizung spielt.

- 5.1 Erste Wärmeübertragungsart

Leitung: wichtig für Übergang Heizelement
 (direkte Kontakt, große Fläche) Steinplatte 2 P

nicht wichtig für u Steinplatte → Zimmer (Luft)

- 5.2 Zweite Wärmeübertragungsart

Konvektion: nicht wichtig für Übergang Heizelement → Platte 2 P
 (nicht vorhanden)
 da kein Massentransport ugl.

wichtig für Übergang Platte → Luft
 große Fläche, Luft kann sich bewegen

- 5.3 Dritte Wärmeübertragungsart

Strahlung: nur wesentlich bei große Temperaturdifferenz 2 P
 hier also nicht wesentlich bei beiden Übergängen

6. Bei der in Aufgabe 5 beschriebenen Wandheizung (vergl. Figur 6) sind auf der Rückseite der Steinplatte **Heizelemente** befestigt. [Tot. 11 P]

Ein solches Heizelement hat den elektrischen Widerstand 60Ω .

6.1 Wie gross ist der Strom, der durch ein Heizelement fliesst, wenn es an 230 V angeschlossen ist?

a) formal

~~$$U = R \cdot I$$~~

$$U = R \cdot I$$

1 P

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

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

b) numerisch

$$I = \frac{230 \text{ V}}{60 \Omega} = 3,8 \text{ A}$$

1 P

6.2 Wie gross ist die Leistung, die ein Heizelement produziert, wenn es an 230 V angeschlossen ist?

a) formal

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

1 P

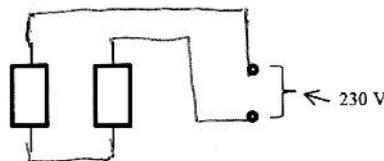
b) numerisch

$$P = \frac{(230 \text{ V})^2}{60 \Omega} = 882 \text{ W} = 0,882 \text{ kW}$$

1 P

6.3 Nun werden zwei dieser Heizelemente in Serie geschaltet und an 230 V angeschlossen. Skizzieren Sie die entsprechende Schaltung indem Sie *Figur 7* entsprechend ergänzen.

Figur 7



1 P

6.4 Wie gross ist der Gesamtwiderstand (= Totalwiderstand) dieser Schaltung?

a) formal

$$R_G = R_1 + R_2 = 2R$$

1 P

b) numerisch

$$R_G = 120 \Omega$$

1 P

- 6.5 Wie gross ist die in dieser Schaltung produzierte Leistung, wenn sie an 230 V angeschlossen ist (nur numerisch)?

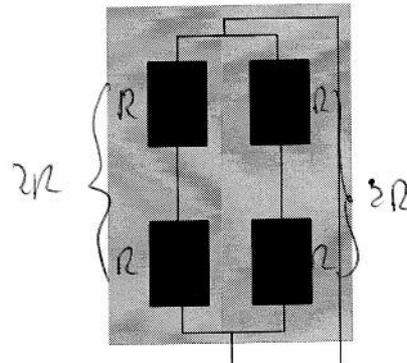
$$P' = \frac{U^2}{R_G} = \frac{1}{2} \frac{U^2}{R} = \frac{1}{2} P = \underline{0,44 \text{ kW}}$$

1 P

- 6.6 Bei der in Aufgabe 5 beschriebenen Wandheizung sind auf der Rückseite der Steinplatte 4 Heizelemente befestigt. *Figur 8* zeigt, wie sie geschaltet sind. Wie gross ist die in dieser Schaltung produzierte Leistung, wenn sie an 230 V angeschlossen ist (nur numerisch, aber Rechnung kurz begründen)?

Figur 8

2 P



$$\frac{1}{R_{II}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{1}{R}$$

$$R_{II} = R = 60 \Omega$$

- 6.7 Vergleichen Sie das Resultat von Aufgabe 6.6 mit dem von Aufgabe 6.2. Wieso verwendet der Hersteller die Schaltung von *Figur 8* (verbale Antwort)?

1 P

Die ~~Fläche~~ große Fläche wird gleichmässiger beheizt.

7. *Hinweis:* die Aufgaben 7.1, 7.2 und 7.3 sind voneinander unabhängig.

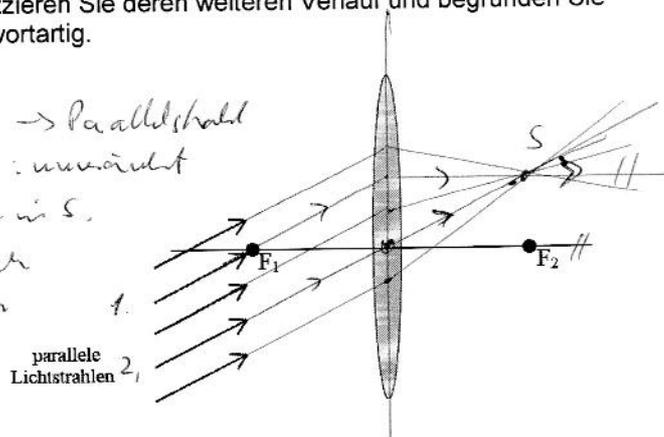
[Tot. 10 P]

- 7.1 Parallele Lichtstrahlen bewegen sich auf eine Sammellinse (Brennpunkte F_1 und F_2) zu (*Figur 9*). Skizzieren Sie deren weiteren Verlauf und begründen Sie Ihren Lösungsweg stichwortartig.

Figur 9

3 P

1. Brennpunktstrahl \rightarrow Parallelstrahl
2. Mittel parallelstrahl: unverändert
1. und 2. schneiden sich in S .
- dort treffen sich auch alle anderen Strahlen

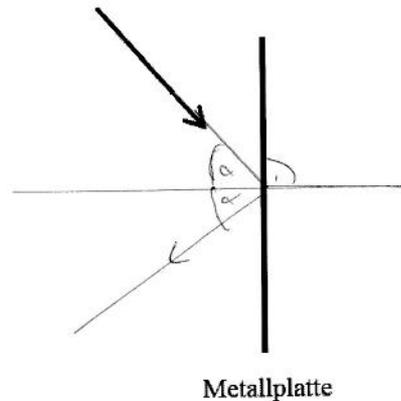


7.2 Wir betrachten ebene Spiegel.

7.2.1 Eine glänzende Metallplatte dient als ebener Spiegel (Figur 10). Skizzieren Sie möglichst genau den weiteren Weg des eingezeichneten Lichtstrahls.

Figur 10

1 P

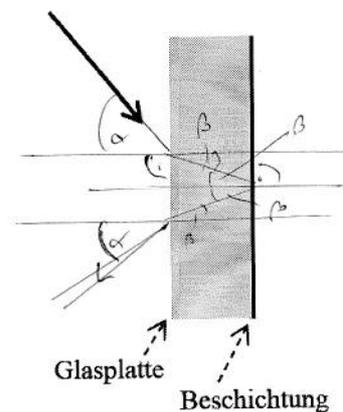


7.2.2 Die im Haus verwendeten Spiegel bestehen üblicherweise aus einer Glasplatte mit einer spiegelnden Beschichtung auf der Rückseite (Figur 11). Skizzieren Sie den weiteren Weg des eingezeichneten Lichtstrahls und begründen Sie Ihre Lösung kurz.

Figur 11

3 P

dün → dicht: Brechung von Luft in $\alpha \rightarrow \beta$ ($\beta < \alpha$)
 Reflexion: Einfall = Ausfall ($\beta = \beta$)
 dicht → dünn: Brechung von Luft weg ($\beta \rightarrow \gamma$)



7.3 Figur 12 zeigt eine Zerstreuungslinse mit deren Brennpunkten. Was ist die Bedeutung dieser Brennpunkte? Verbale Antwort mit zeichnerischer Verdeutlichung in Figur 12.

Figur 12

4 P

1. Strahlen, die aus dem 'virtuellen' Brennpunkt gehen (Brennpunktstrahlen) werden in Parallelstrahlen.

2. Parallelstrahlen werden in "Brennpunktstrahlen", d.h. verlassen die Linse, als ob sie vom Brennpunkt kämen.

