

## I Grundlagen (12 Punkte)

### Aufgabe I/1 (4 Punkte)

Gewöhnliches Schreibpapier hat eine "Papierstärke" von  $80 \text{ g/m}^2$ . Das bedeutet, dass der Quadratmeter 80 Gramm wiegt. (Verwenden Sie in der algebraischen Rechnung für die Papierstärke das Symbol  $\delta$ .)

- Wie viel wiegt (Masse) ein A4-Blatt? (Ein A4-Blatt misst 20.9 mal 29.6 cm.) (algebraisch 1 P., numerisch 1 P.)
- Wie gross ist die Dichte des Papiers? Das Papier ist  $100 \mu\text{m}$  dick. (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$\text{Papierstärke } r = \frac{m}{A}$$

$$\underline{m} = r \cdot A = r \cdot l \cdot b = 80 \frac{\text{g}}{\text{m}^2} \cdot 0,209\text{m} \cdot 0,296\text{m} = 4,949\text{g} = \underline{5,0\text{g}}$$

$$\underline{\rho} = \frac{m}{V} = \frac{r \cdot A}{A \cdot d} = \frac{r}{d} = \frac{80 \frac{\text{g}}{\text{m}^2}}{100 \cdot 10^{-6}\text{m}} = 800000 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \underline{0,80 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}}$$

### Aufgabe I/2 (2 Punkte)

Eine Kugel aus Eisen wiegt 2.065 kg.

- Wie viel mal grösser muss der Durchmesser einer zweiten Eisenkugel sein, damit sie genau das Achtfache wiegt? (mit Begründung 2 P.)

$$m = \rho \cdot V \sim D^3$$

Damit die Masse sich verachtfacht, muss der Durchmesser sich verdoppeln, da  $2^3 = 8$ .

### Aufgabe I/3 (2 Punkte)

Ein Stausee enthält 0.25 Kubikkilometer Wasser.

- Wie gross ist die Wassermasse in Kilogramm? (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$\underline{m} = \rho \cdot V = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,25\text{km}^3 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,25 \cdot 10^9 \text{m}^3 = \underline{250 \cdot 10^9 \text{kg}}$$

### Aufgabe I/4 (2 Punkte)

Drücken Sie die folgenden Angaben mit zweckmässigem Vorsatz aus:

Zeitdauer $t = 0.0000015 \text{ s}$	$t = 15 \mu\text{s}$
Volumen $V = 15 \cdot 10^{12} \mu\text{m}^3$	$V = 15\text{cm}^3$
Oberfläche $A = 0.000016 \text{ km}^2$	$A = 16\text{m}^2$
Masse $m = 8.0 \cdot 10^9 \mu\text{g}$	$m = 8,0\text{kg}$

### Aufgabe I/5 (2 Punkte)

Wie viele signifikante (wesentliche) Ziffern haben die folgenden Angaben?

$m = 523 \text{ kg}$	$L = 0.030 \text{ m}$	$t = 10.00 \text{ s}$	$I = 0.0240 \text{ A}$	$P = 101.10 \text{ W}$	$U = 250.1 \text{ V}$	$\Delta T = 0.07 \text{ K}$	$I = 435.0 \text{ mA}$
<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

## II Mechanik (18 Punkte)

### Aufgabe II/1 (8 Punkte)

Auf der grössten Achterbahn der Welt wird der Wagen in 3.5 s aus dem Stillstand auf 200 km/h beschleunigt.

- > Wie gross ist die Beschleunigung? (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{200 \frac{km}{h}}{3,5s} = 15,87 \frac{m}{s^2} = \underline{\underline{16 \frac{m}{s^2}}}$$

- > Wie lang ist die Beschleunigungsstrecke? (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \frac{v}{t} \cdot t^2 = \frac{v \cdot t}{2} = 97,22m = \underline{\underline{97m}}$$

- > Welche Kraft ist zur Beschleunigung des Wagens nötig, wenn dieser voll besetzt 1.5 Tonnen wiegt? (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$F = ma = m \frac{v}{t} = 23805N = \underline{\underline{24kN}}$$

Die Bahn hat eine Höhe von 138 Metern. Oben steht der Wagen kurzzeitig still, um dann fast senkrecht hinunterzurasen.

- > Welche Geschwindigkeit (in km/h) erreicht er unten, falls die Reibung vernachlässigbar klein ist? (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$E = mgh = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow \underline{v} = \sqrt{2gh} = 52,03 \frac{m}{s} = 187,3 \frac{km}{h} = \underline{\underline{187 \frac{km}{h}}}$$

### Aufgabe II/2 (2 Punkte)

Ein Ball hat einen Durchmesser von 200 mm und wiegt 500 Gramm.

- > Welche Kraft ist nötig, um ihn ganz unter Wasser zu drücken? (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$\underline{F} = F_A - F_G = \rho_W \cdot V_{Ball} \cdot g - m_{Ball} \cdot g = \rho_W \cdot \frac{\pi}{6} D^3 \cdot g - m \cdot g = \underline{\underline{36,2N}}$$

### Aufgabe II/3 (6 Punkte)

Beim Wasserhahn im Erdgeschoss meines Hauses beträgt der Wasserdruck 8.00 bar.

- > Wie gross ist der Wasserdruck 2.5 m höher im ersten Stock? (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$\underline{p_{\text{erster Stock}}} = p_{\text{Erdgeschoss}} - p_{\text{Schweredruck}} = p_{\text{Erdgeschoss}} - \rho_W \cdot g \cdot h = \underline{\underline{7,75bar}}$$

In der Waschküche im Keller beträgt der Wasserdruck 350 hPa mehr als im Parterre.

➤ Welcher Höhendifferenz entspricht das? (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$\Delta p = p_{\text{Schweredruck}} = \rho_W \cdot g \cdot h \Rightarrow \underline{h} = \frac{\Delta p}{\rho_W \cdot g} = \underline{\underline{3,57m}}$$

Der Mündungsdurchmesser beim Wasserhahn in der Küche beträgt 10 mm.

➤ Wie viel Kraft brauchen Sie, um bei geöffnetem Hahn mit dem Finger die Mündung zuzuhalten? (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow \underline{F} = p \cdot A = p \cdot \frac{\pi}{4} D^2 = \underline{\underline{66N}}$$

#### Aufgabe III/4 (2 Punkte)

Um ein Auto reibungsfrei aus dem Stillstand auf 50 km/h zu beschleunigen, ist eine Arbeit von 150 kJ erforderlich.

➤ Wie viele kJ braucht es, um das Auto von 50 km/h auf 100 km/h zu beschleunigen? (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$\begin{array}{l} \text{von 0 auf } v \text{ benötigte Energie: } E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 = 150 \text{ kJ} \\ \text{von 0 auf } 2v \text{ benötigte Energie: } E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m (2v)^2 = 4 \cdot \frac{1}{2} m v^2 = 4 \cdot 150 \text{ kJ} = 600 \text{ kJ} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \end{array}} \right\} \underline{\underline{\Delta E = 450 \text{ kJ} = 3 \cdot E_{50}}}$$

### III Wärmelehre (12 Punkte)

#### Aufgabe III/1 (2 Punkte)

Sowohl 1.0 dm<sup>3</sup> Wasser als auch 1.0 dm<sup>3</sup> Aluminium sollen um 40°C erwärmt werden.

➤ Was braucht mehr Energie? (alg. 1 P., num. 1 P. oder stichhaltige Begründung in Worten 2 P.)

$$\Delta Q = c m \Delta T = c \rho \underbrace{V \Delta T}_{\text{für beide gleich}}$$

die benötigte Energie hängt also von  $c \cdot \rho$  ab:

$$\text{Wasser: } c \cdot \rho = 4182 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 4182 \frac{\text{J}}{\text{Kdm}^3}$$

$$\text{Alu: } c \cdot \rho = 896 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 2,7 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 2419 \frac{\text{J}}{\text{Kdm}^3}$$

Für Wasser wird deutlich mehr Energie benötigt.

#### Aufgabe III/2 (4 Punkte)

Beim Verbrennen von einem Kilogramm Benzin wird eine Energiemenge von 42 MJ frei ( $H_B = 42 \text{ MJ/kg}$ ).

➤ Wie viele Liter Wasser von 20°C kann man auf die Siedetemperatur erhitzen mit der Energie, die frei wird, wenn man einen Liter Benzin verbrennt? (alg. 3 P., num. 1 P.)

$$\Delta Q = m_{\text{Benzin}} \cdot H = \rho_B \cdot V_B \cdot H = c_W \cdot m_W \cdot \Delta T = c_W \cdot \rho_W \cdot V_W \cdot \Delta T$$

$$\underline{\underline{V_W}} = \frac{\rho_B \cdot V_B \cdot H}{c_W \cdot \rho_W \cdot \Delta T} = \underline{\underline{100l}}$$

### Aufgabe III/3 (2 Punkte)

Bei 7°C beträgt der Druck in einem Autopneu 2.0 bar. Durch die Sonnenstrahlung wird der Pneu um 35 K erwärmt.

- Wie gross ist der Druck jetzt? Annahme: Das Volumen des Pneus bleibt gleich. (alg. 1 P., num. 1 P.)

$$\frac{pV}{T} = \text{konst.} \quad \underset{V = \text{konst.}}{\Rightarrow} \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \underline{\underline{p_2}} = \frac{T_2}{T_1} \cdot p_1 = \frac{315\text{K}}{280\text{K}} \cdot 2\text{bar} = 2,25\text{bar} = \underline{\underline{2,3\text{bar}}}$$

### Aufgabe III/4 (4 Punkte)

- Reicht ein halber Liter siedendes Wasser, um ein Kilogramm Eis zu schmelzen? (alg. 2 P., num. 1 P. oder stichhaltige Begründung in Worten, 3 P.)  
➤ Warum darf es Sie nicht stören, dass die Eistemperatur nicht gegeben ist? (in Worten, 1 P.)

$$\left. \begin{aligned} \Delta Q_E &= m_{\text{Eis}} \cdot L_S = 3,3 \cdot 10^5 \text{ J} \\ \Delta Q_W &= c_W \cdot m_W \cdot \Delta T = 2,1 \cdot 10^5 \text{ J} \end{aligned} \right\} \text{ da } Q_E > Q_W \text{ reicht die Wärmeenergie des Wassers nicht}$$

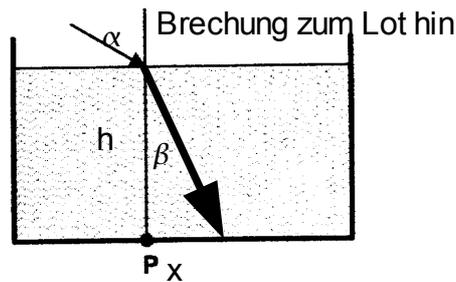
aus um das Eis bei 0°C zu schmelzen, erst recht nicht, wenn es kälter wäre, da dann noch Energie zum Erwärmen des Eises auf 0°C nötig wäre.

## IV Licht (12 Punkte)

### Aufgabe IV/1 (4 Punkte)

Ein Lichtstrahl trifft unter genau 60° zum Lot auf die vollkommen ebene Wasseroberfläche eines 2.00 m tiefen Schwimmbassins.

- Wo trifft der Strahl auf den Bassinboden?  
Skizzieren Sie den weiteren Verlauf des Lichtstrahls und berechnen Sie die Entfernung des Auftreffpunkts vom Punkt P.



(Skizze 1 P., alg. 2 P., num. 1 P.)

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} = \frac{\sin 60^\circ}{1,33} \Rightarrow \beta = 40,628^\circ$$

$$\underline{\underline{x}} = \tan \beta \cdot h = \underline{\underline{1,72\text{m}}}$$

### Aufgabe IV/2 (2 Punkte)

Zur Vermessung von Liegenschaften werden heute Geräte eingesetzt, welche kurzzeitige Lichtblitze aussenden und die Laufzeit des Lichtes vom Gerät zu einem Reflektor und zurück messen. Aus der Laufzeit (hin und zurück) berechnet das Gerät die Distanz.

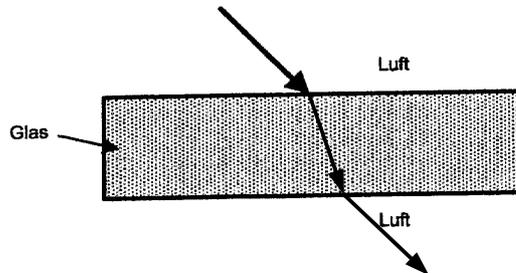
- Welche Laufzeit misst das Gerät, wenn der Reflektor 36.0 m entfernt ist? (alg. 1 P., num. 1 P., numerisches Resultat in Sekunden mit geeignetem Vorsatz ausdrücken!)

$$v = \frac{2s}{t} \Rightarrow \underline{\underline{t}} = \frac{2s}{c_0} = \frac{72\text{m}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 2,40 \cdot 10^{-6} \text{ s} = \underline{\underline{24,0 \mu\text{s}}}$$

### Aufgabe IV/3 (2 Punkte)

Ein Lichtstrahl trifft, wie die Skizze zeigt, schräg auf eine planparallele Glasplatte.

- Vervollständigen Sie den Strahlengang und beschreiben Sie, wie sich der unten austretende Strahl in Bezug auf Stellung und Richtung zum eintretenden Strahl verhält.



Aus dem Einfallswinkel  $\alpha$  wird der Brechungswinkel  $\beta$ .  
Da Ein- und Austrittsebenen parallel sind, tritt  $\beta$  auch auf der Unterseite auf. Damit ergibt sich wieder  $\alpha$  als Austrittswinkel unter der Glasplatte.

Es findet eine Parallelversetzung statt.

### Aufgabe IV/4 (4 Punkte)

Ein Gegenstand soll mit Hilfe einer Sammellinse auf einem 5.00 m entfernten Schirm im Massstab 1 : 1 abgebildet werden.

- Wie gross muss die Brennweite der Linse sein? (alg. 2 P., num. 1 P.)
- Skizzieren Sie die Anordnung. (1 P.)

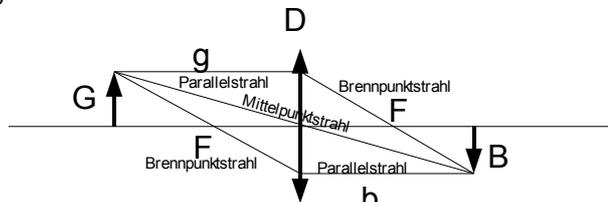
$$\frac{B}{G} = \frac{1}{1} = \frac{b}{g} \Rightarrow b = g$$

$$b + g = D (= 5m)$$

$$2g = D$$

$$g = \frac{D}{2} = b$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{2}{g} = \frac{4}{D} \Rightarrow f = \frac{D}{4} = 1,25m$$

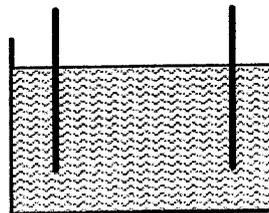


## V Elektrizitätslehre (8 Punkte)

### Aufgabe V/1 (2 Punkte)

Bei gewissen Dampfbügeleisen wird das Wasser erhitzt, indem in den Behälter eingetauchte Elektroden Strom durch das Wasser fließen lassen und dieses dadurch erhitzt wird. In der Gebrauchsanweisung heisst es, das Gerät funktioniere nicht mit destilliertem Wasser, es sei sogar von Vorteil, dem Wasser eine Prise Salz beizufügen.

- Warum wohl?



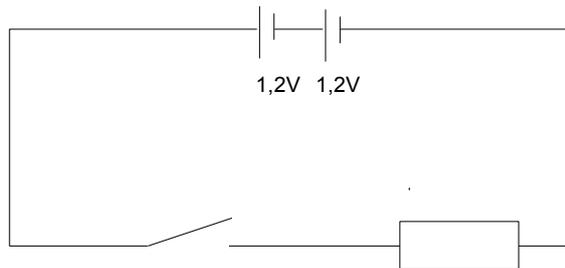
In reinem Wasser sind keine freien Ladungsträger vorhanden, die zur Leitung des Stroms nötig wären.

Durch Zugabe von Salz (NaCl), das sich in  $\text{Na}^+$  und  $\text{Cl}^-$  Ionen löst, werden solche Ladungsträger zur Verfügung gestellt.

### Aufgabe V/2 (4 Punkte)

Ein digitaler Fotoapparat hat eine Betriebsspannung von 2.4 V. Als Speisung sind zwei 1.2-V-Akkus eingesetzt.

- Zeichnen Sie mit korrekten Schaltsymbolen das Schaltschema, bestehend aus den zwei Batterien, einem Schalter und dem Apparat. Stellen Sie den Apparat als Ohm'schen Widerstand dar. (2 P.)



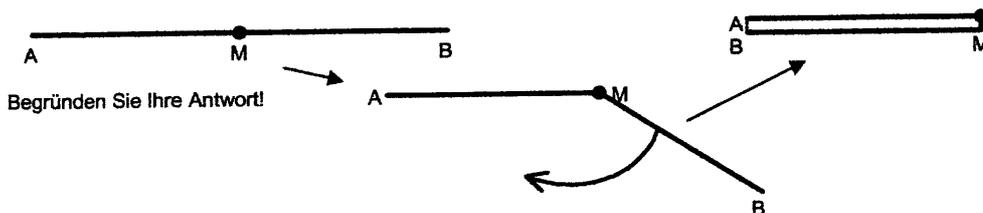
- Erklären Sie, warum der Apparat nicht funktioniert, wenn eine der Batterien verkehrt eingesetzt wird. (2 P.)

Wird eine Batterie verkehrt eingelegt, so hat man nach außen entweder zwei Minus, oder zwei Pluspole, zwischen denen kein Strom fließen kann.

### Aufgabe V/3 (2 Punkte)

Ein Kupferdraht hat den Widerstand  $R$ .

- Wie gross wird der Widerstand (von AB bis M), wenn man den Draht in der Mitte knickt und die beiden Enden zusammenlegt (siehe Skizze)?



Begründen Sie Ihre Antwort!

Durch das Zusammenlegen entsteht eine Parallelschaltung aus zwei gleichen Widerständen, die einen Gesamtwiderstand hat, der genau der Hälfte von einem der beiden entspricht.

Dieser Einzelwiderstand ist genau halb so groß wie der ungeknickte Draht, da sich seine Länge halbiert hat und  $R \sim l$  ist. Seite 7 von 8

Also hat der geknickte Draht insgesamt  $\frac{1}{4}R$  als Widerstand.

## VI Moderne Physik (7 Punkte)

### Aufgabe VI/1 (4 Punkte)

Die Abschirmwirkung von Blei für die  $\gamma$ -Strahlung eines bestimmten radioaktiven Präparates ist so, dass 50 Millimeter Blei die Strahlung auf die Hälfte reduzieren. Weitere 50 Millimeter Blei reduzieren die verbleibende Strahlung wieder auf die Hälfte, usw. Man sagt, die Halbwertsdicke sei 50 mm.

- > Wie viele 50 mm dicke Bleiplatten muss man über dem Präparat stapeln, damit mehr als 99% der Strahlung abgeschirmt werden? (mit Begründung 2 P.)
- > Welcher Prozentsatz der ursprünglichen Strahlung ist noch vorhanden, wenn man insgesamt nur 25 mm Blei verwendet? (mit richtiger Begründung 2 P.)

$d / mm$	50	100	150	200	250	300	350
$I$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{128}$

Es müssen also 7 Platten verwendet werden, damit die Strahlung auf unter  $1\% = 0,01$  absinkt.

Wenn 50mm ein Absenken auf  $1/2$  ergeben, dann entspricht das 2 Schichten von 25mm. Also ist  $1/2 = x^2$ , bzw.  $x = \sqrt{1/2} = 0,707 = 70,1\%$ .

Nach 25mm sind noch 70% der ursprünglichen Strahlung vorhanden.

### Aufgabe VI/2 (3 Punkte)

Die atomare Masseneinheit heisst u. Ein Neutron wiegt 1.008665 u, ein Proton 1.007276 u.

- > Eine wie grosse Kernmasse ergibt sich, wenn man für einen  $^{238}\text{U}$ -Kern die Massen der einzelnen Protonen und Neutronen zusammenzählt? (num. 2 P.)

$$m_{^{238}\text{U}} = 92 \cdot m_p + 146 \cdot m_n = 239,9345u$$

- >  $^{238}\text{U}$  hat aber eine Kernmasse von 238.03 u. Wie lässt sich die Differenz erklären? (1 P.)

Der Unterschied entsteht durch die starke Kernkraft, deren Bindungsenergie beim "Zusammensetzen" des Kerns frei wird.

Da diese Kraft so stark ist, macht sich diese frei werdende Energie als Massendefekt bemerkbar, gemäß  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$