

NSZ

Zwischenmatur 2007
 Naturwissenschaften, Grundlagenfach Physik
 Lehrer: Peter Senn

Name: Nachname:

Hinweise:

1. Algebraische Lösungen dürfen (als Buchstaben) nur Grössen enthalten, die in der Aufgabenstellung gegeben sind.
2. Wenn eine Erklärung in einer bestimmten maximalen Anzahl „kurzer Sätze“ verlangt wird, so werden Antworten in wesentlich grösserem Umfang negativ bewertet.
3. Die Fallbeschleunigung sei stets 10 m/s^2 .

max. 100 P**I Grundlagen** (12 Punkte)**Aufgabe I.1:** (4 Punkte).

Ein Würfel aus Gold und eine Kugel aus Silber haben gleich grosse Oberflächen.
 Wie gross ist das Verhältnis der Massen der beiden Körper?

$$6s^2 = 4\pi r^2 \rightarrow s = \sqrt{2\pi/3} r$$

$$\frac{m_{\text{Au}}}{m_{\text{Ag}}} = \frac{s^3 \rho_{\text{Au}}}{\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{Ag}}} = \frac{\frac{2\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{2\pi}{3}} r^3 \rho_{\text{Au}}}{\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{Ag}}}$$

$$m_{\text{Gold}} : m_{\text{Silber}} = \frac{\sqrt{\pi \rho_{\text{Au}}}}{6 \rho_{\text{Ag}}} = \frac{\sqrt{\pi \cdot 19'290}}{6 \cdot 10'500} = \underline{\underline{100 : 102}}$$

Aufgabe I.2: (8 Punkte). Physikalisches Allerlei.

Welche Assoziationen hast du? Ordne jedem Eintrag (Symbole, Formeln) in untenstehender Tabelle

	Symbole, Formeln	Zuordnung
a)	$U_{\text{AB}} = W_{\text{AB}}/Q$	K
b)	$pV = nRT$	D
c)	3600 kJ	B
d)	1000 kg/m^3	A

e)		L
f)	$R = R_1 + R_2$	C
g)	20 kg/m^3	O
h)	$F = G m_1 m_2 / r^2$	P
i)	$\varphi = \varphi^{(0)} \cdot \pi / 180^\circ$	H
j)	$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$	N
k)		E
l)	$R = [(1/R_1) + (1/R_2)]^{-1}$	J
m)	Rechte-Hand-Regel	F
n)	$1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$	I
o)	-0.1510	M
p)	$1.51 \cdot 10^{-1}$	Q
q)	PS	G

genau einen Eintrag aus untenstehender Liste zu.

- A: Dichte von Wasser
- B: Eine kWh
- C: Ersatzwiderstand für zwei Widerstände in Serie
- D: Zustandsgleichung idealer Gase
- E: Schaltsymbol für eine Erdung
- F: Magnetfeld
- G: Eine Einheit für Leistung
- H: Umrechnung vom Gradmass ins Bogenmass
- I: Spezifischer elektrischer Widerstand von Kupfer
- J: Ersatzwiderstand für zwei parallel geschaltete Widerstände
- K: Definition der elektrischen Spannung
- L: Schaltsymbol für eine Glühbirne
- M: Eine Zahl mit vier signifikanten Ziffern
- N: Wärmeausdehnung
- O: Dichte von Styropor
- P: Gravitation
- Q: Eine Zahl mit drei signifikanten Ziffern

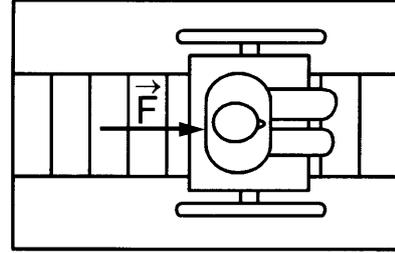
Die Zuordnung wird in der Kolonne mit der Überschrift „Zuordnung“ notiert, z.B.

	Symbole, Formeln	Zuordnung
a)	$U_{AB} = W_{AB} / Q$	A

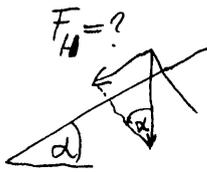
Im obigen Beispiel würde der Formel $U_{AB} = W_{AB} / Q$ die „Dichte von Wasser“ (A) zugeordnet.

II Mechanik (20 Punkte)

Aufgabe II.1: (5 Punkte) Eine Treppe ist rollstuhlgängig. Links und rechts befinden sich Rampen mit der gleichen Steigung wie die Treppe bei welcher die 15 cm hohen Stufen eine Breite von 20 cm haben. Siehe dazu nebenstehende Figur! Jemand will eine behinderte Person mit konstanter Geschwindigkeit die Treppe hochschieben.



Welche Kraft ist hierfür erforderlich, wenn die behinderte Person samt Rollstuhl 65 kg wiegt und man den Rollwiderstand vernachlässigen kann?



$$\alpha = \arctan \frac{15}{20} = 36.87^\circ$$

$$F_H = F_G \cdot \sin \alpha = mg \cdot \sin \left(\arctan \frac{15}{20} \right) = 65 \cdot 10 \cdot 0.6$$

$$F_H = \underline{\underline{390 \text{ N}}}$$

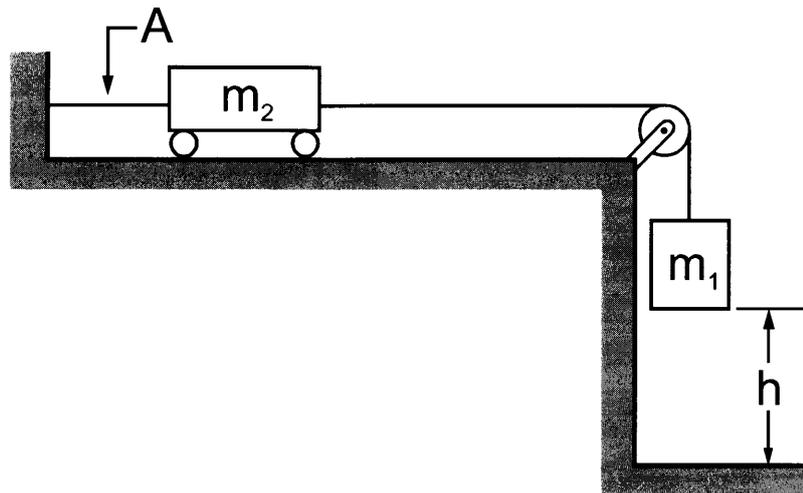
Aufgabe II.2: (5 Punkte). Karin Neuss spaziert bei Vollmond auf dem Bellevue in Zürich und meditiert über ein literarisches Werk. Dabei wird sie vom rund $7.35 \cdot 10^{22}$ kg schweren, ungefähr 384'000 km entfernten, Mond mit einer Kraft von 2.0 mN angezogen. Wie viele Kilogramm wiegt Karin Neuss?

$$F_G = 0.002 \text{ N} = G \frac{m \cdot m_M}{r^2} \rightarrow m = \frac{F_G \cdot r^2}{G \cdot m_M}$$

$$m = \frac{0.002 \cdot (384 \cdot 10^3)^2 \text{ kg}}{6.673 \cdot 10^{-11} \cdot 7.35 \cdot 10^{22}} = \underline{\underline{60 \text{ kg}}}$$

Aufgabe II.3 (5 Punkte).

Ein Holzquader mit der Masse m_1 baumelt auf einer Höhe h von 135 cm über dem Boden an einem Faden. Der Faden ist über eine massenlose reibungsfreie Rolle gespannt und an einem zweiten Körper der Masse m_2 mit massenlosen reibungsfreien Rädern befestigt. Der zweite Körper ist an einer Wand festgebunden. Siehe dazu untenstehende Figur!



Der Faden, mit welchem der Wagen (m_2) festgebunden ist, wird an der mit „A“ gekennzeichneten Stelle durchtrennt. Der Holzquader fällt nach unten und zieht dabei den Wagen nach rechts. Mit welcher momentanen Geschwindigkeit prallt der Holzquader auf den Boden, wenn der Wagen doppelt so viel wiegt wie der Holzquader, d.h. $m_2 = 2m_1$?

$$\text{Energiesatz: } m_1 gh = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 = \frac{3}{2} m_1 v^2$$

$$\rightarrow v = \sqrt{2gh/3} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1.35/3} \text{ m/s} = \underline{\underline{3 \text{ m/s}}}$$

Aufgabe II.4: (5 Punkte). In einem 54 cm langen Gewehrlauf wird eine 2g schwere Kugel bis auf eine Mündungsgeschwindigkeit von 630 m/s beschleunigt.

a) Welche mittlere Kraft beschleunigt die Kugel beim Abfeuern?

$$\text{Energiesatz: } F \cdot s = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow F = \underline{\underline{m v^2 / (2s)}}$$

$$F = \frac{0.002 \cdot 630^2}{2 \cdot 0.54} \text{ N} = \underline{\underline{735 \text{ N}}}$$

b) Wie gross ist der mittlere Überdruck der Verbrennungsgase der Treibladung beim Beschleunigen der Kugel, wenn der Innendurchmesser des Laufs 5 mm misst?

$$p = \frac{F}{A} = \frac{m v^2 / (2s)}{\pi d^2 / 4} = \frac{2 m v^2}{\pi d^2 \cdot s}$$

$$= \frac{2 \cdot 0.002 \cdot 630^2}{\pi \cdot 0.005^2 \cdot 0.54} \text{ Pa} = \underline{\underline{37.4 \text{ MPa}}}$$

III Wärmelehre (35 Punkte)

Aufgabe III.1: (3 Punkte). Ein Gasbehälter enthält 8g Sauerstoff. Ein zweiter gleich grosser Gasbehälter enthält Stickstoff. Wie viele Gramm Stickstoff hat es im zweiten Behälter, wenn Druck und Temperatur in beiden Behältern gleich sind?

Satz von Avogadro $\rightarrow n_{O_2} = n_{N_2}$

$$\frac{m_{O_2}}{M_{O_2}} = \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} \rightarrow m_{N_2} = \frac{m_{O_2} \cdot M_{N_2}}{M_{O_2}}$$

$$m_{N_2} = \frac{8 \cdot 28}{32} \text{ g} = \underline{\underline{7 \text{ g}}}$$

Aufgabe III.2: (4 Punkte). Im Spätwinter scheint die Sonne auf ein Schrägdach, das noch mit Schnee bedeckt ist. Wenn man eine leere Regentonne mit einem Fassungsvermögen von 80L unter den Ablauf der Dachrinne stellt, so läuft sie nach genau 35min über. Welche Strahlungsleistung absorbiert das Schrägdach?

$$P = \frac{\Delta Q_f}{\Delta t} = \frac{m L_f}{\Delta t} = \frac{\rho V L_f}{\Delta t} = \frac{0.008 \cdot 1000 \cdot 333'800}{35 \cdot 60} \text{ W}$$

$$\underline{\underline{P = 1.27 \text{ kW}}}$$

Aufgabe III.3: (3 Punkte) Welche Möglichkeiten für Wärmetransport gibt es in Festkörpern, in Flüssigkeiten, in Gasen und im Vakuum? Fülle die leeren Zellen in der untenstehenden Tabelle mit „ja“ oder „nein“.

	Wärmetransport in verschiedenen Medien			
	Festkörper	Flüssigkeit	Gas	Vakuum
Wärmeleitung	ja	ja	ja	nein
Wärmestrahlung	nein	nein	ja	ja
Konvektion	nein	ja	ja	nein

Aufgabe III.4: (3 Punkte) In Muskelzellen des menschlichen Körpers wird in Mitochondrien Wärme erzeugt. Diese Wärme wird nach aussen abgegeben. Wir wollen den Wärmetransport in drei Schritte aufteilen wie folgt:

- ① Transport von den Mitochondrien in den Blutkreislauf.
- ② Transport mit dem Blut zur Hautoberfläche.
- ③ Wärmeabgabe an der Hautoberfläche nach aussen.

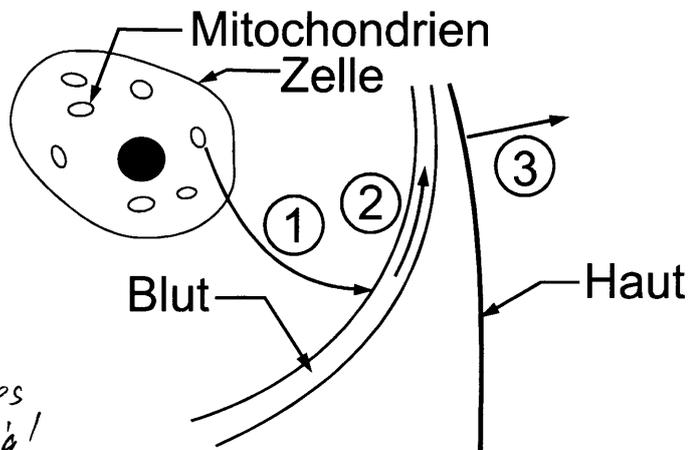
Siehe dazu nebenstehende schematische Illustration!

Um welche Art von Wärmetransport handelt es sich bei

①? *Wärmeleitung*

②? *Konvektion*

③? *Wärmestrahlung? beides Konvektion richtig!*

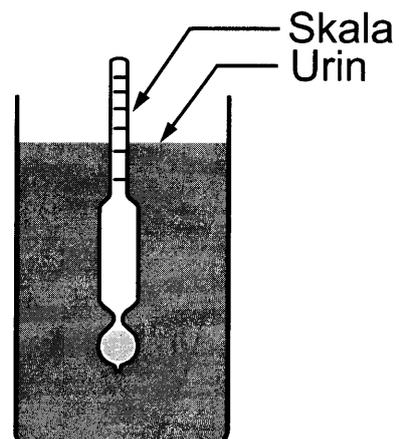


Aufgabe III.5: (3 Punkte) Die Brust einer Patientin wird mit einer hochempfindlichen Wärmebildkamera abgebildet. Bei dieser Kamera ergibt sich das Bild nicht aus reflektiertem sichtbarem Licht sondern aus einer Strahlung, die vom (warmen) Körper der Patientin selbst abgestrahlt wird. Hat sich in der Brust der Patientin ein Tumor gebildet, so hofft der Arzt ihn mit der Wärmebildkamera als hellen Punkt zu erkennen. Warum? Erkläre in max. zwei kurzen Sätzen!

Beim Tumorgewebe hat man erhöhten Stoffwechsel, resp. erhöhte Temperatur. Dieser Bereich emittiert dann mehr Wärmestrahlung.

Aufgabe III.6: (3 Punkte) Eine Arztgehilfin misst in einer Arztpraxis die Dichte des Urins einer Patientin mit einer Senkwaage (Schwimmkörper aus Glas). Der Urin hat zunächst Körpertemperatur (37°C). Die Arztgehilfin lässt den Urin auf 20°C abkühlen, denn die Senkwaage ist für diese Temperatur geeicht. Die physikalischen Eigenschaften von Urin seien gleich wie diejenigen von Wasser.

- a) Wird die Senkwaage beim Abkühlen auf 20°C tiefer in den Urin einsinken oder wird sie hochsteigen? Erkläre in max. zwei kurzen Sätzen. (Nur richtig mit Erklärung!)

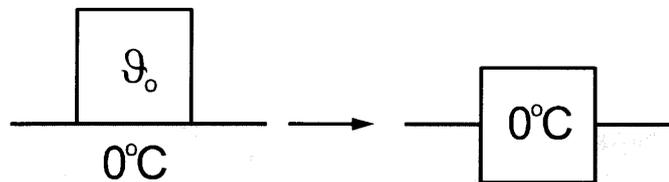


Die Senkwaage wird hochsteigen, weil der Urin dichter wird.

- b) Wenn die Arztgehilfin die Urinprobe samt Schwimmkörper (Senkwaage) in den Kühlschrank stellt, wo sie bis auf 2°C abkühlt, wird sich die Senkwaage dann stets so verhalten wie im Teil (a) der Aufgabe beschrieben? Erkläre in max. zwei kurzen Sätzen. (Nur richtig mit Erklärung!)

Im Temperaturbereich $0^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}$ dehnt sich Wasser beim Abkühlen aus. (Anomalie des Wassers).
 → Unterhalb 4°C wird die Senkwaage beim Abkühlen tiefer in den Urin sinken.

Aufgabe III.7: (4 Punkte) Ein warmer Quader aus Eisen mit einer Temperatur ϑ_0 wird auf eine dicke Schicht Eis mit einer Temperatur von 0°C gelegt.



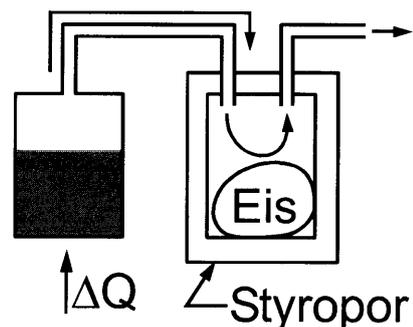
Wie hoch war die Anfangstemperatur ϑ_0 des Quaders, wenn dieser bis zur Hälfte im Eis einsinkt? Es wird angenommen, dass der Quader beim Abkühlen nur ans Eis Wärme abgibt.

$$m_{\text{Fe}} c_p \Delta T = m_w L_f \rightarrow V_{\text{Fe}} c_p \Delta T = \frac{1}{2} V_{\text{sw}} L_f$$

$$\xrightarrow{=:V/2} 2 \rho_{\text{Fe}} c_p \Delta T = \rho_w L_f \rightarrow \Delta T = \frac{\rho_w L_f}{2 \rho_{\text{Fe}} c_p}$$

$$\Delta T = \frac{1000 \cdot 333'800}{2 \cdot 7860 \cdot 450} \text{ K} = 47 \text{ K} \rightarrow \vartheta_0 = \underline{\underline{47^{\circ}\text{C}}}$$

Aufgabe III.8: (4 Punkte) In einem dünnwandigen wärmeisolierten Gefäß befindet sich ein 1.2 kg schwerer Klumpen schmelzendes Eis. In einem zweiten Behälter wird Wasser bis zum Sieden erhitzt. Der Wasserdampf mit einer Temperatur von 100°C wird in das wärmeisolierte Gefäß mit dem Eisklumpen geleitet bis dort die Temperatur auf 100°C gestiegen ist und überschüssiger Wasserdampf entweicht.



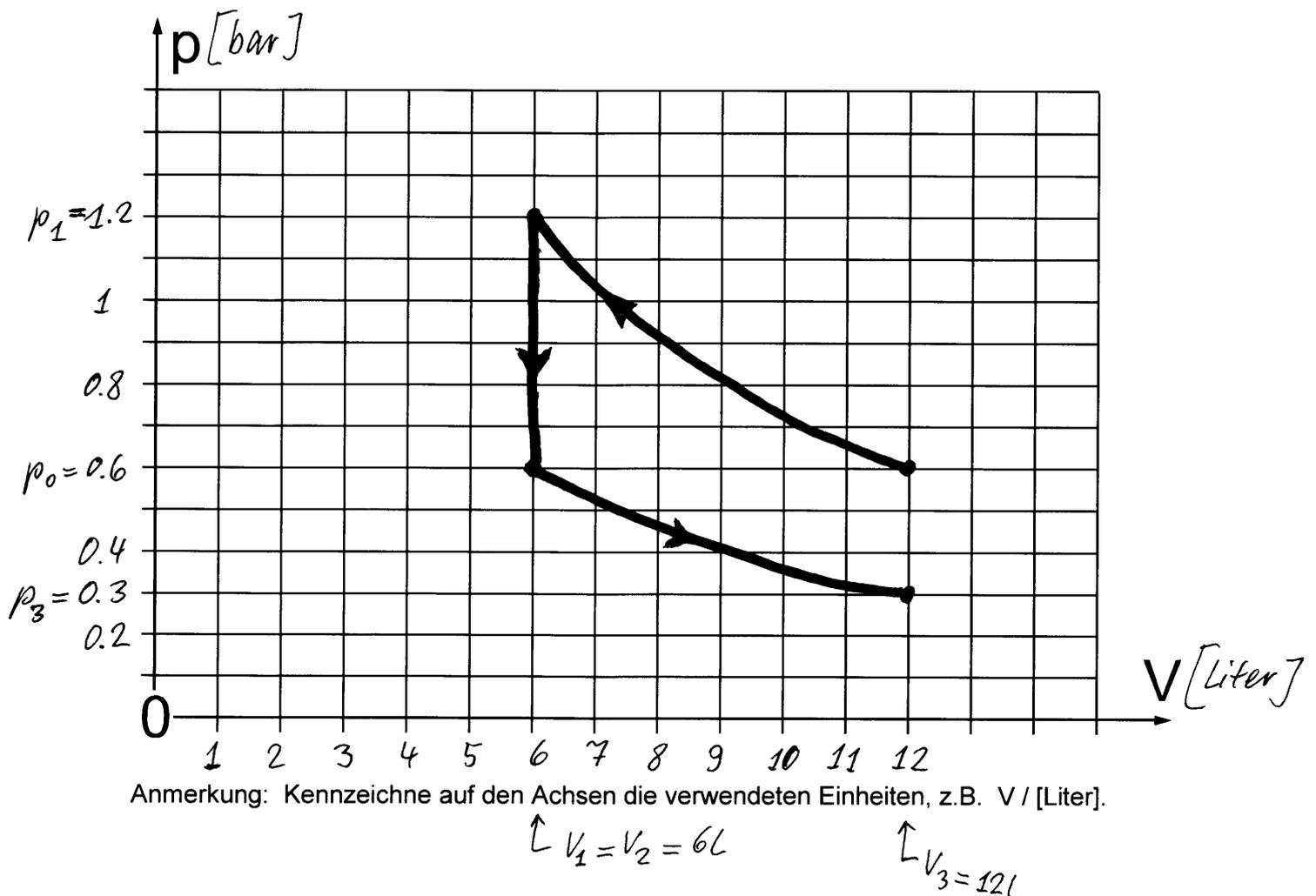
Wie gross ist dann die Gesamtmenge an Wasser im wärmeisolierten Gefäß, das sich als Schmelzwasser aus dem Eis und als Kondensat aus dem Wasserdampf gebildet hat?

$$\begin{aligned}
 & \text{Dampf} \rightarrow m_1 L_v = m_2 [L_f + c_p \Delta T] \xrightarrow{L_v} m_1 = m_2 \frac{L_f + c_p \Delta T}{L_v} \\
 & \rightarrow m = m_1 + m_2 = m_2 \left[\frac{L_f + c_p \Delta T}{L_v} + 1 \right] \\
 & = 1.2 \text{ kg} \cdot \left[\frac{333'800 + 4182 \cdot 100}{22.56 \cdot 10^5} + 1 \right] = \underline{\underline{1.6 \text{ kg}}}
 \end{aligned}$$

Aufgabe III.9: (4 Punkte) Skizziere in untenstehendem Zustandsdiagramm folgenden Prozess bestehend aus drei Schritten:

1. Schritt: Isotherme Kompression auf das halbe Volumen.
2. Schritt: Isochore Abkühlung bis der ursprüngliche Druck erreicht wird.
3. Schritt: Isotherme Expansion bis zum ursprünglichen Volumen.

Zu Beginn sei das Volumen V_0 und der Druck sei p_0 , wobei $V_0 = 12 \text{ Liter}$ und $p_0 = 0.6 \text{ bar}$.



Aufgabe III.10: (4 Punkte) Ein Mol Wasser hat im flüssigen Zustand ein Volumen von rund 18 cm^3 . Um welchen Faktor vergrössert sich das Volumen, wenn Wasser bei 100°C und einem Druck von 101 kPa verdampft und dabei in den gasförmigen Zustand übergeht?

$$V_2 = \frac{nRT}{p} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{nRT}{pV_1} = \frac{1 \cdot 8.314 \cdot 373}{101'000 \cdot 1.8 \cdot 10^{-5}}$$

$$\rightarrow \underline{\underline{V_2 : V_1 = 1706 : 1}}$$

IV Elektrizitätslehre (33 Punkte)

Aufgabe IV.1: (5 Punkte) Im Wasserstoffatom umkreist ein Elektron ein Proton im Abstand von rund 0.05 nm . Wie gross ist die Anziehungskraft zwischen dem Proton und dem Elektron im Wasserstoffatom?

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8.854 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{(1.6022 \cdot 10^{-19})^2}{(0.05 \cdot 10^{-9})^2} \text{ N}$$

$$\underline{\underline{F = 92.3 \text{ nN}}}$$

Aufgabe IV.2: (5 Punkte) Im Flugzeugbau verwendet man in Grossflugzeugen bei der Verdrahtung teilweise Drähte aus Aluminium anstelle von Kupferdrähten. Um welchen Faktor ist das Gewicht eines ein Meter langen Kupferdrahts grösser als das Gewicht eines gleich langen Drahts mit gleichem elektrischem Widerstand aus Aluminium?

$$R_{Cu} = R_{Al} = \rho_{e,Cu} \cdot \frac{L}{A_{Cu}} = \rho_{e,Al} \frac{L}{A_{Al}} \rightarrow \frac{A_{Cu}}{A_{Al}} = \frac{\rho_{e,Cu}}{\rho_{e,Al}}$$

$$\frac{m_{Cu}}{m_{Al}} = \frac{A_{Cu} \cdot L \cdot \rho_{Cu}}{A_{Al} \cdot L \cdot \rho_{Al}} = \left(\frac{A_{Cu}}{A_{Al}} \right) \cdot \frac{\rho_{Cu}}{\rho_{Al}} = \frac{\rho_{e,Cu}}{\rho_{e,Al}} \cdot \frac{\rho_{Cu}}{\rho_{Al}} = \frac{\rho_{Cu} \cdot \rho_{e,Cu}}{\rho_{Al} \cdot \rho_{e,Al}}$$

$$m_{Cu} : m_{Al} = 8920 \cdot (1.7 \cdot 10^{-8}) / [2700 \cdot 2.65 \cdot 10^{-8}] = 2.12 \rightarrow \underline{\underline{2.12 \text{ Mal schwerer}}}$$

Aufgabe IV.3: (5 Punkte) Ein Amerikaner in Paris hat ein billiges Hotelzimmer mit nur einer Glühbirne gemietet. Die Glühbirne, die am französischen Netz mit einer Spannung von 230V richtig funktioniert, brennt durch. Für solche Fälle hat der Amerikaner zwei gleiche Glühbirnen im Gepäck. Seine beiden Glühbirnen sind wie folgt beschriftet: 40W/110V, d.h. sie funktionieren richtig bei einer Netzspannung von 110V. Der Amerikaner denkt, dass seine Glühbirnen eine Spannung von 115V durchaus vertragen und schliesst sie in Serie ans französische Netz. Welche elektrische Leistung verbraucht eine einzelne Glühbirne in der Serienschaltung mit der Netzspannung von 230V?

$$P = U \cdot I = U^2 / R \rightarrow R = U^2 / P = (U')^2 / P'$$

$$\rightarrow P' = \frac{(U'/U)^2 P}{1} = \left(\frac{115}{110} \right)^2 \cdot 40W = \left(\frac{23}{22} \right)^2 \cdot 40W$$

$$\underline{\underline{P' = 43.7W}}$$

Aufgabe IV.4: (6 Punkte) Eine Hochspannungsleitung mit einem Widerstand von 5Ω transportiert zu einer Verteilerstation eine elektrische Leistung von 100MW. Beim Verbraucher hat die Leitung noch eine Spannung (gegenüber der Erdung) von 200kV.

a) Wie gross ist die Stromstärke?

$$I = \frac{P}{U} = [100 \cdot 10^6 / (200'000)] A = \underline{\underline{500A}}$$

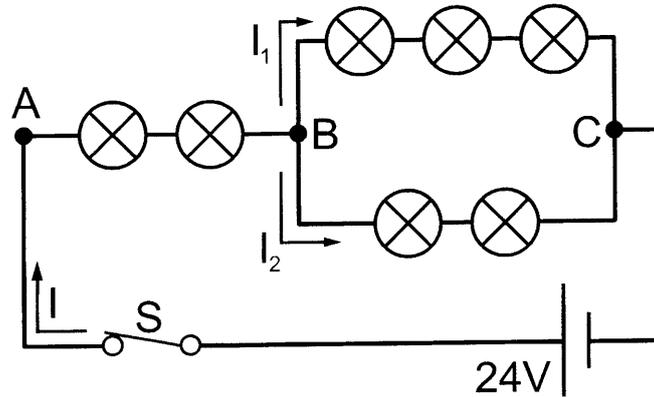
b) Wie gross ist der Spannungsabfall in der Leitung?

$$U_{\text{Leitung}} = R \cdot I = 5 \cdot 500V = \underline{\underline{2500V}}$$

c) Wie gross ist der Übertragungsverlust (in Watt)?

$$P_{\text{Leitung}} = U_{\text{Leitung}} \cdot I = 2500 \cdot 500W = \underline{\underline{1.25MW}}$$

Aufgabe IV.5: (7 Punkte) Sieben gleiche Glühlampen mit Widerstand R sind, wie in untenstehender Figur gezeigt, an eine Spannungsquelle von $24V$ angeschlossen.



Beim Knoten B teilt sich der Strom I auf in I_1 und I_2 , wobei $I_2 = 0.45A$.

a) Wie gross ist I_1 ? $I_1 : I_2 = \frac{1}{3} : \frac{1}{2} = 2 : 3 \rightarrow I_1 = \frac{2}{3} I_2 = \frac{2}{3} \cdot 0.45A = \underline{\underline{0.3A}}$

b) Wie gross ist I ? $I = I_1 + I_2 = \frac{5}{3} I_2 = \frac{5}{3} \cdot 0.45A = \underline{\underline{0.75A}}$

c) Wie gross ist der Ersatzwiderstand R_{Ers} ?

$$R_{Ers} = \frac{U}{I} = \frac{U}{\frac{5}{3} I_2} = \frac{3U}{5I_2} = \frac{3 \cdot 24}{5 \cdot 0.45} = \underline{\underline{32 \Omega}}$$

d) Wie gross ist der Ersatzwiderstand R_{Ers} , ausgedrückt in R ?

$$R_{Ers} = 2R + \left[\frac{1}{2R} + \frac{1}{3R} \right]^{-1} = \frac{16}{5} R = \underline{\underline{3.2 \cdot R}}$$

e) Wie gross ist R ?

$$R_{Ers} = 32 \Omega = 3.2 \cdot R \rightarrow R = \frac{5 R_{Ers}}{16} = \frac{3U}{16 \cdot I_2} = \frac{3 \cdot 24}{16 \cdot 0.45} \Omega$$

$$\underline{\underline{R = 10 \Omega}}$$

- f) Wie gross ist die Spannung U_{AB} zwischen A und B?

$$U_{AB} = 2RI = 2 \cdot \frac{3U}{16I_2} \cdot \frac{5}{3} I_2 = \frac{5}{8} U = \underline{\underline{15V}}$$

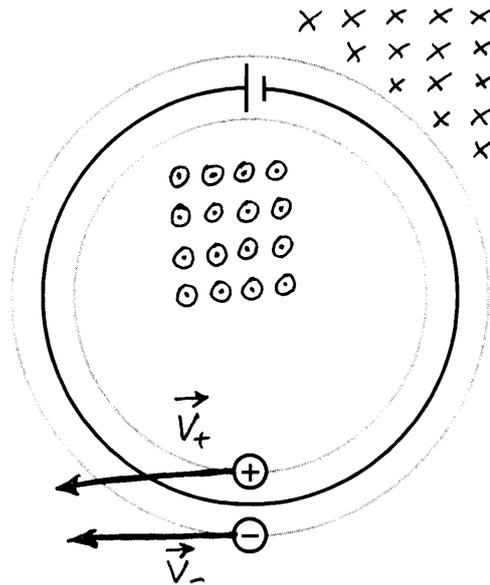
- g) Wie gross ist die Spannung U_{BC} zwischen B und C?

$$U_{BC} = U - U_{AB} = U - \frac{5}{8} U = \frac{3}{8} U = \underline{\underline{9V}}$$

Aufgabe IV.6: (5 Punkte) Ein kreisförmiger Draht wird an eine Spannungsquelle angeschlossen. Er befindet sich im Vakuum. Siehe dazu nebenstehende Skizze.

- a) Fliesst der Strom in der Drahtschleufe im Uhrzeigersinn oder im Gegenuhrzeigersinn?

Im Gegenuhrzeigersinn



- b) Welche Richtung hat das Magnetfeld im Innern der Drahtschleufe?

Das Magnetfeld zeigt zum Betrachter hin.

- c) Welche Richtung hat das Magnetfeld ausserhalb der Drahtschleufe?

Das Magnetfeld zeigt vom Betrachter weg.

- d) Ein Proton bewegt sich, dem Draht folgend, im Innern der Schleufe auf einer Kreisbahn. Es wird durch die Wirkung des Magnetfelds auf einer Kreisbahn gehalten. Durchläuft es die Kreisbahn im Uhrzeigersinn oder im Gegenuhrzeigersinn?

Im Uhrzeigersinn

- e) Ein Elektron folgt dem Draht ausserhalb der Drahtschleufe. Es wird durch die Wirkung des Magnetfelds auf einer Kreisbahn gehalten. Durchläuft es die Kreisbahn im Uhrzeigersinn oder im Gegenuhrzeigersinn?

Im Uhrzeigersinn