

# Übungen zur Einführung in die Physik I (Nebenfach)

WS 2006/07

12. Übung (Blatt 1)

23.01.-29.01.2007

## Aufgabe 56: *Stahlstab*

Die Länge eines Metallstabes nimmt bei Erwärmung zu. Für die Längenausdehnung gilt die Beziehung  $l_{\vartheta} = l_0(1 + \alpha\vartheta)$ . Dabei sind  $l_0$  die Länge des Stabes bei der Temperatur  $\vartheta_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $l_{\vartheta}$  die Länge bei der Celsius-Temperatur  $\vartheta$  und  $\alpha$  sein linearer Ausdehnungskoeffizient.

Bei  $\vartheta_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  habe ein Stahlstab die Länge  $l_{20\text{ }^{\circ}\text{C}} = 1,0\text{ m}$ , den Elastizitätsmodul  $E = 2,1 \cdot 10^{11}\text{ N m}^{-2}$ , den Querschnitt  $A = 1,0 \cdot 10^{-3}\text{ m}^2$  und einen linearen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ . Der Metallstab werde von  $\vartheta_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf  $\vartheta_2 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  erwärmt. Welche Kraft muß in Längsrichtung auf den Stab wirken, um eine Ausdehnung zu verhindern?

## Aufgabe 57: *Freiluftballon / Barometrische Höhenformel*

Ein kugelförmiger, unten offener Freiballon mit einer Hülle von festem Durchmesser  $3,0\text{ m}$  und der Masse  $m_B = 2,0\text{ kg}$  ist mit Wasserstoffgas gefüllt.

- Welche Kraft wirkt beim Start auf ihn, wenn am Boden bei einem Luftdruck  $p_0 = 1,0 \cdot 10^5\text{ Pa}$  und der Temperatur  $0^{\circ}\text{C}$  die Dichte von Luft  $\rho_{0,L} = 1,29\text{ kg m}^{-3}$  und die von Wasserstoff  $\rho_{0,H} = 0,090\text{ kg m}^{-3}$  beträgt?
- Wie hoch steigt der Ballon? Dabei soll angenommen werden, daß die Temperatur in allen Höhen  $0^{\circ}\text{C}$  beträgt.
- Wie ändert sich die Steighöhe bei Füllung mit Heliumgas? ( $\rho_{0,He} = 0,18\text{ kg m}^{-3}$ )

## Aufgabe 58: *Bernoullische Wasseruhr*

Ein rotationssymmetrisches Gefäß hat im Boden eine kleine Öffnung mit dem Querschnitt  $A$ , aus der eine im Gefäß befindliche (ideale) Flüssigkeit mit der Geschwindigkeit  $v$  ausfließen kann. Die Ausfließgeschwindigkeit hängt natürlich von der Höhe  $z$  des Flüssigkeitsspiegels ab.

Durch geeignete Formgebung des Gefäßes, d.h. durch einen geeigneten Zusammenhang zwischen  $r$ , dem jeweiligen Radius des kreisförmigen Querschnitts, und der Höhe  $z$  soll erreicht werden, daß der Oberflächenspiegel mit konstanter Geschwindigkeit  $v_s$  absinkt.

Wenn der Flüssigkeitsspiegel proportional zur Zeit absinkt, heißt ein solches Gefäß auch Bernoullische Wasseruhr.

- Bestimmen Sie  $r$  in Abhängigkeit von  $z$  und  $v_s$ .
- Plotten Sie das Profil!

# Übungen zur Einführung in die Physik I (Nebenfach)

WS 2006/07

12. Übung (Blatt 2)

23.01.-29.01.2007

## Aufgabe 59: Sauerstoff ablassen

Ein Behälter mit dem konstanten Volumen  $V$  enthält Sauerstoff bei Zimmertemperatur  $T_Z = 20\text{ °C}$  unter dem Druck  $p_1 = 1515\text{ hPa}$ . Plötzlich wird eine bestimmte Gasmenge abgelassen, wobei der Druck des Gases auf  $p_2 = 1013\text{ hPa}$  abfällt.

Dieser Prozeß verläuft adiabatisch, es gilt:  $T_V/p^{1/\gamma} = \text{const.}$

- a) Berechnen Sie, wieviel Prozent der ursprünglichen Gasmenge abgelassen wurden.

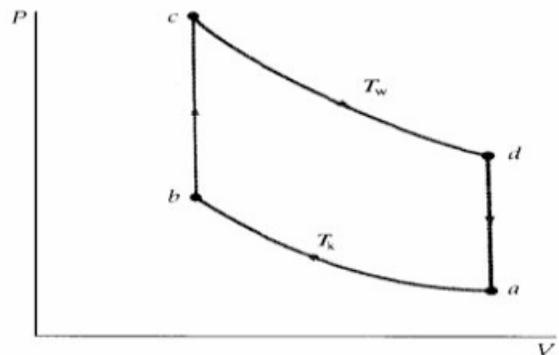
Sobald der Behälter wieder verschlossen ist, nimmt das eingeschlossene Restgas so lange von außen Wärme auf, bis die ursprüngliche Temperatur wieder erreicht ist.

- b) Berechnen Sie, welcher Druck sich am Ende einstellt.

Für den Adiabatenexponenten von Sauerstoff gilt bei Zimmertemperatur:  $\gamma = c_p/c_v = 7/5$ .

## Aufgabe 60: Wirkungsgrad beim Stirling-Prozeß

Die Abbildung zeigt das p-V-Diagramm zum Stirling-Kreisprozeß. Von **a** nach **b** wird isotherm komprimiert und von **b** nach **c** isochor erwärmt. Der Prozeß **c-d** ist eine isotherme Expansion, und von **d** nach **a** wird isochor abgekühlt.



- a) Erstellen Sie eine Tabelle, die zu jedem Teilprozeß die Änderung der inneren Energie und der Wärmeenergie sowie die geleistete Arbeit enthält (Angaben  $>0$ ,  $=0$ ,  $<0$ ).
- b) Berechnen Sie die mechanischen Arbeiten für die Teilprozesse **a-b** und **c-d**.
- c) Berechnen Sie die aufgenommenen/abgegebenen Wärmen für die Teilprozesse **b-c** und **d-a**.
- d) Bestimmen Sie den Wirkungsgrad dieses Kreisprozesses unter der Annahme, daß die im Schritt **d-a** abgegebene Wärmemenge vollständig zwischengespeichert und im Schritt **b-c** wieder zugeführt werden kann.

Verwenden Sie die Bezeichnungen:  $V_a$  und  $V_b$ ,  $T_w$  und  $T_k$  (entsprechend der Zeichnung) sowie  $c_v$  für die molare Wärmekapazität bei konstantem Volumen und  $n$  für die Stoffmenge.