

# Übungsblatt 13 zur Experimentalphysik I



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Sommersemester 2014 - Übungsblatt 13

*Hinweis:* Da am 21.07. und 22.07. **keine** Übungen mehr stattfinden, gibt es in diesem Blatt keine Hausaufgaben. Sie werden in der Präsenzübung nicht alle Aufgaben schaffen. Lösen Sie die restlichen Aufgaben trotzdem zu Hause und vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit der Musterlösung, denn der Stoff dieses Blattes ist noch Klausurrelevant. Falls Sie danach noch Fragen haben, nutzen Sie die Sprechstunden.

### Aufgabe 13.1 Neuer Sauerstoff

(Präsenzaufgabe)

Hubert lässt eine bis auf Atmosphärendruck (1013 hPa) entleerte Sauerstoffflasche mit einem Innenvolumen von  $V_i = 40$  l bei einer Temperatur von  $18^\circ\text{C}$  isotherm neu befüllen. Die Füllung ist ein ideales Gas und würde bei Atmosphärendruck  $6$  m<sup>3</sup> einnehmen.

- Welcher Druck herrscht in der Flasche nach der Befüllung?
- Welche mechanische Arbeit muss die Firma zur Befüllung aufwenden?
- Um wie viel nimmt die Masse der Flasche dabei zu?
- Welches ist die wahrscheinlichste Geschwindigkeit der O<sub>2</sub>-Moleküle in der Flasche?
- Welcher Druck herrscht in der Flasche, wenn man den Sauerstoff als reales Gas betrachtet? Welcher Anteil entfällt auf das Eigenvolumen?

$$a = 0,1378 \frac{\text{Pa m}^6}{\text{mol}^2}; \quad b = 3,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

### Aufgabe 13.2 Wasserdampf

(Präsenzaufgabe)

Welches Volumen nimmt 1 Liter Wasser unter Normaldruck nach dem Verdampfen ein?

### Aufgabe 13.3 Eine Ballonfahrt, die ist Lustig

(Präsenzaufgabe)

Max und Moritz' Taube Fridolin hat Flugangst und kann deswegen nicht alleine Fliegen. Damit Fridolin die Welt trotzdem von oben sehen kann haben Max und Moritz einen gelben quaderförmigen Ballon mit den Maßen  $6 \times 5 \times 6$  m<sup>3</sup> gebaut und wollen damit abheben. Die Temperatur beträgt  $300$  K und der Druck dank schönem Wetter  $1030$  mbar.

- Wie viele mole und wie viele kg Luft befinden sich in dem Ballon? Nehmen Sie an, dass Luft zu 78% aus Stickstoff ( $m = 14,01$  u), zu 21% aus Sauerstoff ( $m = 16$  u) und zu 1% aus Argon ( $m = 39,95$  u) besteht.
- Kann der Ballon abheben, wenn Max und Moritz die Innentemperatur des Ballons mit ihrem umgebauten Grill um  $50^\circ\text{C}$  erhöhen können? Veranschlagen Sie für das Gewicht von Max, Moritz, Fridolin und dem Ballon  $150$  kg, sowie  $3$  kg für den Grill und  $17$  kg für den Brennstoff "1 A Paraffin Grillanzünder".
- Wie viel darf der Ballon mit Antrieb, Max und Moritz wiegen, wenn Max und Moritz den Ballon nicht erhitzen und stattdessen komplett mit Wasserstoff füllen?
- Mit welchen Gasen könnten Max und Moritz ihren Ballon ebenfalls füllen und wie viel kann er dann tragen? Mit welchen Gasen kann der Ballon abheben?

### Aufgabe 13.4 Kai macht Eistee

(Präsenzaufgabe)

Da Kai zu lange an seinen Physikhausaufgaben gerechnet hat, hat er vergessen den Eistee für seine Freunde kalt zu stellen. Er gibt  $0,5$  kg Eis mit einer Temperatur von  $-10^\circ\text{C}$  in seine Jumbo Thermoskanne und  $3$  Liter Tee mit einer Temperatur von  $20^\circ\text{C}$ . Welche Temperatur und Phase hat das Gemisch nachdem sich ein thermisches Gleichgewicht eingestellt hat. Da der Tee gesüßt ist, können Sie ihn in guter Näherung als Wasser betrachten.

## Übungsblatt 13 zur Experimentalphysik I

Name, Vorname: \_\_\_\_\_ Matrikelnummer: □□□□□□□□

### Aufgabe 13.5 Benjamins Motor

(Präsenzaufgabe)

Um mit seinem Fahrrad besser voran zu kommen hat sich Benjamin folgende Wärmekraftmaschine gebaut:

Ein ideales Gas, sagen wir mal Helium, das bei 900 K unter dem Anfangsdruck von 1,2 MPa steht, wird zunächst isotherm von 2 Litern auf 12 Litern expandiert. Im zweiten Schritt wird es isobar auf das Ausgangsvolumen komprimiert und im dritten und letzten Schritt isochor zurück in den Ausgangszustand gebracht.

- Zeichnen Sie das  $p$ - $V$ -Diagramm dieses Prozesses.
- Berechnen Sie die in einem Zyklus aus dem Wärmereservoir aufgenommene Wärme und die abgegebene Arbeit.
- Welche Effizienz hat Benjamins Motor? Vergleichen Sie diese mit der Effizienz des Carnot-Prozesses.
- Was würde sich ändern, wenn Benjamin statt Helium ( $f = 3$ ) Kohlendioxid ( $f = 13$ ) genommen hätte?

### Aufgabe 13.6 Barometrische Höhenformel

(Präsenzaufgabe)

Leiten Sie die barometrische Höhenformel unter Berücksichtigung des inhomogenen Schwerfelds der Erde (Gravitationsgesetz) her. Setzen Sie dazu an, der Druck in der Höhe  $h$  gleich der Schwerkraft pro Fläche ist, welche die Luft darüber aufbaut. Sie dürfen annehmen, dass die Atmosphäre homogen aus Atomen / Molekülen der Masse  $m$  besteht und die Temperatur  $T$  hat. Die Masse der Luft ist gegenüber der Masse der Erde vernachlässigbar.

- Welcher Druck herrscht im unendlichen? Was bedeutet es, dass dieser nicht 0 ist?
- Berechnen Sie den Druck im unendlichen konkret mit folgenden Werten:  
 $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $m_{\text{erde}} = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$   $k_B = 1,381 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$   $T = 300 \text{ K}$   $r_{\text{Erde}} = 6,367 \cdot 10^6 \text{ m}$

### Aufgabe 13.7 Föhn

(Präsenzaufgabe)

Der Wind weht 20°C warme mit Wasser gesättigte Luft über einen Berg. Dabei kühlt sie sich auf 13° ab. Das überschüssige Wasser regnet über dem Berg ab. Auf der Rückseite des Berges weht die Luft wieder ins Tal hinab und erwärmt sich dabei wieder adiabatisch. Der Druck im Tal beträgt 1000 hpa. Nehmen Sie Luft als ideales Gas mit 7 Freiheitsgraden an.

- Der Sättigungsdampfdruck des Wassers ist gegeben durch  $p(T) = a \cdot e^{bT}$ . Bestimmen Sie die Koeffizienten  $a$  und  $b$  aus dem Siedepunkt ( $p(100^\circ\text{C}) = 1013 \text{ hpa}$ ) und dem Tripelpunkt ( $p(0,01^\circ\text{C}) = 6,12 \text{ hpa}$ ) des Wassers. Wie viel Wasser passt bei 20°C in einen Kubikmeter?
- Wie viel Wasser ist es auf dem Berg? Die Tatsache, dass sich die Luft beim Aufstieg ausdehnt dürfen Sie für diesen Teil der Aufgabe vernachlässigen. Wie viel latente Wärme wird bei dem Prozess frei?
- Wie warm ist die Luft wenn sie wieder im Tal ankommt und welche relative Feuchte hat sie?
- Berechnen Sie den Luftdruck auf dem Berg und schließen Sie mit der barometrischen Höhenformel aus Aufgabe 13.6 auf die Höhe des Berges.