

# Übungen zum Kompaktkurs der Experimentalphysik

## Übungsblatt 2: Wärme- und Elektrizitätslehre

### 1. Aufgabe: Gefriertruhe

Eine mit einem idealem Gas gefüllte Gefriertruhe (Fassungsvermögen  $V = 500l$ , Deckelfläche  $A = 1m \times 0,5m$ ) wird bei Zimmertemperatur  $T_1 = 22^\circ C$  und Normaldruck luftdicht verschlossen und auf die Temperatur  $T_2$  herab gekühlt. Durch den Druckabfall im Inneren wird eine Kraft von  $F = 6900N$  benötigt um den Deckel wieder anzuheben.

- Berechnen sie die Druckdifferenz  $\Delta p$ , die auf Grund des Herunterkühlens zwischen innen und außen herrscht.
- Auf welche Temperatur  $T_2$  wurde die Kühltruhe abgekühlt?

Verwenden Sie bei Ihren Berechnungen folgende Annahmen:

Molmasse des idealen Gases  $m_{mol} = 28,97 \frac{g}{mol}$ , Gaskonstante  $R = 8,31 mol K$ , Normaldruck  $p = 1013hPa$

### 2. Aufgabe: Luftblase im See

Eine Luftblase mit Volumen von  $V_1 = 1mm^3$  befindet sich am Grund eines Sees in einer Tiefe von  $h = 40m$  bei einer Temperatur von  $T_1 = 4^\circ C$ . Die Luftblase steigt nun auf, wobei die Temperatur der Luft stets der Temperatur des umgebenden Wassers folgt.

Welches Volumen  $V_1$  besitzt die Blase, wenn sie die Wasseroberfläche mit einer Temperatur von  $T_1 = 20^\circ C$  erreicht und der Luftdruck  $p_0 = 1013mbar$  beträgt?

### 3. Aufgabe: Gletscher

Ein Gletscher hat die Grundfläche  $10km^2$  und die mittlere Höhe  $50m$ , seine Temperatur betrage  $-15^\circ C$ .

- Welche Wärmemenge wäre nötig, um den Gletscher zu schmelzen?  
(Dichte  $\rho_{Gletscher} = 800 \frac{kg}{m^3}$ ; spezifische Wärme  $c = 0,5 \frac{kcal}{kg \cdot K}$ ; Schmelzwärme  $q = 80 \frac{kcal}{kg}$ )
- Das Schmelzen des Gletschers wird nun aktiv durch freiwerdende Strahlung einer Atomreaktion realisiert. Bei der Reaktion wird lediglich ein Prozent der Masse eines radioaktiven Materials zu Strahlung. Wie viele  $kg$  Masse dieses Materials werden benötigt, um den Gletscher vollständig zu schmelzen?

#### 4. Aufgabe: Teekanne

Eine Teekanne aus Keramik mit Emissionsgrad  $\epsilon_{Keramik} = 0,7$  und eine glänzende Teekanne mit Emissionsgrad  $\epsilon_{glänzend} = 0,1$  enthalten jeweils  $0,75l$  Tee bei einer Temperatur  $T_1 = 95^\circ C$ .



Figure 1: Kugelförmige Teekanne auf isolierendem Dreifuß.

Folgende Annahmen werden den Rechnungen zugrunde gelegt:

- Die Wärmeleitung ist vernachlässigbar gering, weil die Teekannen auf einem Dreifuß aus isolierendem Kunststoff stehen. In Abb.1 sind zwei der Füße des Dreifußes mit Umrandungen gekennzeichnet. Außerdem betrage die Umgebungstemperatur ( $T_{Umgebung} = 20^\circ C$ ).
  - Die Teekannen können in guter Näherung als kugelförmig mit Radius  $r = 5cm$  betrachtet werden. Das wird in Abb. 1 illustriert.
  - Die Wärmestrahlung wird vollständig von der Umgebung absorbiert (keine Reflektion an Objekten in der Umgebung).
  - Nehmen Sie außerdem an, dass Sie eine so kurze Zeit betrachten, dass sich die Kannen nur unwesentlich abkühlen ( $T_{Umgebung} = konstant$ ).
- (a) Schätzen sie die Wärmeverlustrate der beiden Kannen ab.
- (b) Schätzen Sie unter Verwendung einer einfachen Näherung den Temperaturabfall beider Kannen nach 30 Minuten ab.

### 5. Aufgabe: Projektorlampe

Eine Projektorlampe hat die Daten  $110V$  und  $200W$ .

- (a) Wie groß ist im Betrieb die Stromstärke durch die Lampe und ihr Widerstand?
- (b) Welcher Vorwiderstand ist erforderlich, wenn die Lampe an  $220 V$  angelegt wird?
- (c) Welche Wärme wird in diesem Widerstand innerhalb einer Stunde entwickelt?

Für den Vorwiderstand wird Material verwendet, das einen Temperaturkoeffizienten von  $\alpha = 0,25 \frac{\Omega}{^\circ C}$  hat. Bei Erwärmung wird der Widerstand je Grad um  $0,25\Omega$  größer.

- (d) Welchen Widerstand muss der Vorwiderstand bei  $20^\circ C$  haben, wenn der Dauerbetrieb bei  $80^\circ C$  liegt?
- (e) Um wie viel Ampere ist der Strom dadurch beim Einschalten zu groß, wenn der Widerstand der Lampe selbst konstant ist.

### 6. Aufgabe: Wasserkraftwerk

Ein Wasserkraftwerk im Hochgebirge gibt eine Spannung von  $250$  Volt ab. Es ist mit einer  $3km$  entfernten Skihütte durch eine Doppelleitung aus Kupferdraht verbunden. In der Hütte wird bei einem Stromverbrauch von  $20$  Ampere eine Klemmenspannung von  $220V$  verlangt.

- (a) Wie groß muss der Widerstand der Doppelleitung sein?
- (b) Berechnen Sie den Querschnitt der Kupferleitung mit spez. Widerstand  $\rho = 0,017 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ .
- (c) Wie viel Energie je Stunde wird bei  $20A$  in der Leitung freigesetzt?
- (d) In der Hütte entsteht ein Kurzschluss. Welche Stromstärke fließt durch die Leitung?

*Kommentar zur Doppelleitung:* Eine Doppelleitung besteht aus zwei parallelen metallischen Leitern, deren Abstand klein gegenüber der Längsausdehnung ist. Hier wird diese als Freileitung verwendet, wobei die eine Leitung den positiven Pol darstellt und die zweite den negativen Pol.

### 7. Aufgabe: Einfaches Elektroskop

Zwei kleine Metallkugeln gleicher Masse  $m = 1g$  und gleicher Ladung  $Q$  hängen an zwei isolierenden Fäden der Länge  $l = 1m$  von dem selben Aufhängepunkt an der Decke herunter. Allerdings berühren sich die Kugeln nicht, sondern stehen mit einer Distanz  $d = 3cm$  leicht auseinander.

Bestimmen Sie die Ladung  $Q$  der Kugeln.

### 8. Aufgabe: Kondensator

Als Durchschlagfeldstärke bezeichnet man diejenige Feldstärke, bei der sich ein geladener Körper spontan durch Entladung eines Funkens entlädt. In Luft beträgt die Durchschlagfeldstärke etwa  $E_{max} = 3 \cdot 10^6 \frac{V}{m}$ . (Das ist natürlich bedingt durch die Luftfeuchtigkeit.)

- (a) Was ist demnach die größtmögliche Ladung  $Q_{max}$ , die man auf einen luftgefüllten Plattenkondensator mit zwei quadratischen Platten der Kantenlänge  $l = 10cm$  und Plattenabstand  $d = 2cm$  aufbringen kann?
- (b) Welche Spannung liegt zwischen den Kondensatorplatten an, wenn sich die maximale Ladung  $Q_{max}$  auf dem Kondensator befindet?