

## 12. Übungsblatt zur Experimentalphysik 1 (WS 19/20)

Abgabe am 23./24.1.2020 in den Übungen

Name(n):

Gruppe:

Punkte: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

### 12.1 Kaffeekochen (10 Punkte)

Wegen eines Stromausfalls laufen Sie Gefahr, ohne Ihren morgendlichen Kaffee aus dem Haus gehen zu müssen. Dem versuchen Sie Abhilfe zu schaffen, indem Sie das in der Experimentalphysikvorlesung gelernte in die Praxis umsetzen: Sie füllen etwas Wasser mit einer Temperatur von  $T = 15^\circ\text{C}$  in Ihre Thermoskanne und beginnen zu schütteln. Die Thermoskanne sei perfekt isoliert und die Wärmekapazität des inneren Behälters sei vernachlässigbar. Das Wasser falle beim Schütteln 60 mal pro Minute aus einer Höhe  $h = 30\text{ cm}$  auf den (ruhenden) Boden der Thermoskanne. Wie lange müssen Sie schütteln, bis sich das Wasser in der Kanne auf eine Temperatur von  $100^\circ\text{C}$  erwärmt hat? Die spezifische Wärmekapazität von Wasser beträgt  $c = 4190\text{ J}/(\text{kg K})$ .

### 12.2 Erwärmung von Stickstoff (10 Punkte)

Eine bestimmte Menge Stickstoff befindet sich bei Zimmertemperatur und Druck  $p_0$  in einem verschlossenen Behälter mit dem Volumen  $V$ . Welche Wärmemenge muss dem Gas zugeführt werden, um den Druck zu verdreifachen? Drücken Sie die Lösung in Abhängigkeit von  $p_0$  und  $V$  aus.

Hinweis: Mit wie vielen Freiheitsgraden müssen Sie bei Zimmertemperatur rechnen? Die Zahl der Freiheitsgrade und damit auch Wärmekapazität ändere sich in diesem Temperaturbereich nicht.

**Bitte wenden!**

### 12.3 Maxwell-Boltzmann (10 Punkte)

Die Maxwell-Boltzmann Verteilung beschreibt die statistische Verteilung der Geschwindigkeitsbeträge  $|\vec{v}|$  von Teilchen der Masse  $m$  in einem idealen Gas bei einer Temperatur  $T$ . Für den Betrag der Geschwindigkeit der Teilchen hat man folgende Wahrscheinlichkeitsdichte:

$$f(v) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left( \frac{m}{k_B T} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}}$$

- Berechnen Sie den Geschwindigkeitsbetrag  $v_w$  mit der größten Wahrscheinlichkeitsdichte  $f(v_w)$ .
- Berechnen Sie  $v_w$  für ein Heliumatom bei 300 K und 1000 K
- Skizzieren Sie  $f(v)$  der Heliumatome für beide Temperaturen (gerne auch mit einem Mathematik-Programm Ihrer Wahl).
- Berechnen Sie die Wurzel des mittleren Geschwindigkeitsbetrags  $\sqrt{\bar{v}^2}$  und den Betrag der mittleren Geschwindigkeit  $\bar{v}$  der Gasteilchen mit der obigen Geschwindigkeitsverteilung.

Hinweise:

- Die mittlere Geschwindigkeit einer Geschwindigkeitsverteilung ist definiert als die mit der Wahrscheinlichkeitsdichte gewichtete Geschwindigkeit:

$$\bar{v} = \int_0^\infty v f(v) dv$$

- In Aufgabenteil d) können Sie die Wurzel des mittleren Geschwindigkeitsbetrags  $\sqrt{\bar{v}^2}$  auch ohne Integration direkt aus der mittleren kinetischen Energie der Gasteilchen bestimmen.

### 12.4 Zustandsänderungen (10 Punkte)

Ein Mol eines einatomigen idealen Gases wird über zwei verschiedene Prozesse von einem Anfangszustand mit Druck  $p_1$  und Volumen  $V_1$  in einen Endzustand mit Druck  $p_2 = 2p_1$  und Volumen  $V_2 = 2V_1$  überführt:

**Prozess I:** Das Gas dehnt sich isotherm aus, bis sich sein Volumen verdoppelt hat, anschließend nimmt sein Druck bei konstantem Volumen zu.

**Prozess II:** Das Gas wird isotherm auf den doppelten Druck komprimiert, anschließend dehnt sich sein Volumen bei konstantem Druck auf das Endvolumen aus.

- Zeichnen Sie die beiden Prozesse in ein gemeinsames pV-Diagramm.

Berechnen Sie für beide Prozesse und deren jeweilige Teilprozesse als Funktion von  $p_1$  und  $V_1$ :

- die vom Gas aufgenommene Wärmeenergie,
- die vom Gas geleistete Arbeit und
- die Änderung der inneren Energie.