



5. Übungsblatt

Abgabe: Di, 26.11.2019 bis 11:30 Uhr, Kasten neben A316

Übungsblätter gibt es unter <https://www.tu-braunschweig.de/theophys/lehrveranstaltungen/wintersemester-2019/20/thermodynamik>.

16. **Wissensfragen (4 Punkte)**

Bitte benennen Sie alle verwendeten Symbole und Größen.

- (a) Welche Form von Systemen wird durch die mikrokanonische, die kanonische und die großkanonische Gesamtheit beschrieben?
Geben Sie jeweils ein Beispielsystem an.

17. **Rechnen mit Fakultäten (6 Punkte)**

Eine hilfreiche Abschätzung in der statistischen Physik ist:

$$\ln(n!) \approx n \ln(n) - n; \quad n \in \mathbb{N}, \quad n \gg 1.$$

- (a) Finden Sie für diese Näherung eine einfach Begründung.
(b) Zeigen Sie, dass man mithilfe der Stirlingformel

$$n! \approx \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n$$

die gegebene Abschätzung auch erhalten kann.

- (c) Ab welchem n ist die relative Abweichung von $\ln(n!)$ kleiner als 1% für:

- i. $n! \approx \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n$
ii. $n! \approx \left(\frac{n}{e}\right)^n$
iii. $n! \approx n^n$

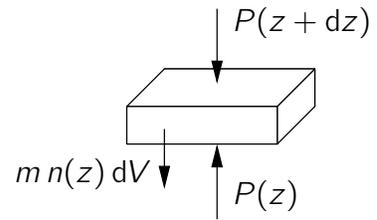
Technische Hilfsmittel sind in dieser Teilaufgabe erlaubt, geben Sie Ihren Lösungsweg mit an.

Geben Sie einen eventuellen Programmcode mit ab.

Bitte wenden! →

18. **Barometrische Höhenformel (5 Punkte)**

Die barometrische Höhenformel beschreibt die Abnahme des Luftdruckes P bzw. der Teilchendichte n mit der Höhe z . m ist die Masse eines Teilchens.



- (a) Leiten Sie die Beziehung zwischen Höhe und Druck bzw. Teilchendichte her.
- (b) Ziehen Sie nun eine lineare Temperaturänderung $T(z) = T(z_0) - \alpha (z - z_0)$ mit der Höhe in Betracht und korrigieren Sie Ihr Ergebnis aus (a).

19. **Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung (15 Punkte)**

Aus der Vorlesung ist Ihnen die Maxwellverteilung für ideale Gase bekannt:

$$\rho(\vec{p}) = \left(\frac{1}{2\pi m k T} \right)^{3/2} e^{-\frac{p^2}{2mkT}}$$

- (a) Zeigen Sie, dass die Wahrscheinlichkeit, ein Teilchen mit Geschwindigkeitsbetrag v anzutreffen, durch

$$P(v) = 4\pi v^2 \left(\frac{m}{2\pi k T} \right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \quad (1)$$

gegeben ist.

- (b) Berechnen Sie die wahrscheinlichste Geschwindigkeit v_p , d. h. das Maximum der Funktion $P(v)$.
Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Ihnen aus der Vorlesung bekannten Erwartungswert von v .
- (c) Wie groß ist die Gesamtentfernung, die alle Teilchen eines idealen Gases innerhalb eines Volumens V pro Sekunde zurücklegen?
Berechnen Sie einen Zahlenwert für Wasserstoff bei $T = 273.15$ K und einem Gasdruck von 1 bar.
- (d) Aus einem Ofen entweicht durch eine punktförmige Öffnung ein Gasstrahl ins Vakuum, der durch eine ebenfalls punktförmige Blende horizontal ausgeblendet wird. Der Strahl wird auf einem Schirm im Abstand a aufgefangen.
Man berechne die Intensitätsverteilung $I(z)$ auf dem Schirm unter Berücksichtigung der Schwerkraft. Zwischen Ofen und Blende sei die Schwerkraft zu vernachlässigen.

