

*** Übungsblatt 6**
E2 Wärmelehre
(nur für E2, nicht E2p)

Besprechung (auch) ab Do 22.5, Lösungsskizzen ab 22.5. auf der Vorlesungspage
Statistische Mechanik, Entropie, Transportvorgänge

1. (mittel) Betrachten Sie ein hypothetisches Atom mit zwei Zuständen: einen Grundzustand mit null Energie und einen angeregten Zustand mit einer Energie von 2 eV.
 - a) Was ist die Wahrscheinlichkeit, den angeregten Zustand bei einer Temperatur von 300K, 3000K, 30000K und 300000K anzutreffen? Nehmen Sie eine Boltzmann-Verteilung an.
 - b) Vergleichen Sie mit einer Vibrationsanregung eines Moleküls mit einer Energie im angeregten Zustand von 50meV.
2. (knifflig) Wenn ein Partikel in der Nähe der Erdoberfläche sich schneller als 11 km/s bewegt, hat es genügend kinetische Energie, der Erdanziehung zu entkommen. Moleküle in der oberen Erdatmosphäre können so entkommen, wenn sie keine weiteren Stöße mit anderen Molekülen erfahren.
 - a) Die Temperatur der oberen Erdatmosphäre ist recht hoch, etwa 1000K. Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeit für ein Stickstoffmolekül N_2 ($M_W=28$ g/mol), bei dieser Temperatur, sich schneller als 11 km/s zu bewegen und kommentieren Sie das Resultat. Bestimmen Sie das Integral numerisch am Computer/Taschenrechner, am besten, indem Sie zuvor auf einheitenfreie Variablen für die Geschwindigkeit $v \sqrt{m/2kT} \rightarrow u$ wechseln.
 - b) Wiederholen Sie die Rechnung für Wasserstoff H_2 .
 - c) Die Fluchtgeschwindigkeit auf dem Mond liegt bei 2.4 km/s. Erklären Sie, warum der Mond keine Atmosphäre hat.
3. (knifflig) Sie fragen sich möglicherweise, warum nicht alle Moleküle eines Gases dieselbe Geschwindigkeit haben. Wenn zwei Moleküle sich treffen, verliert doch der schnellere immer Energie und macht den langsameren stets schneller? Beschreiben Sie ein Beispiel eines Billardstoßes, in der dies nicht der Fall ist: der schnellere Ball gewinnt Energie und der langsamere verliert Energie.
4. (knifflig) Ein Bit eines Computerspeichers ist ein physikalisches Objekt, welches in zwei Zuständen sein kann und wird oft mit 0 oder 1 angegeben. Ein Byte sind acht Bits, ein Kilobyte sind $2^10=1024$ Bytes, ein Megabyte 1024 Kilobytes und ein Gigabyte 1024 Megabytes.
 - a) Nehmen Sie an, ein Computer löscht oder überschreibt ein Gigabyte Speicher und vernichtet jegliche Spuren zu der geänderten Information. Erklären Sie, warum dies eine bestimmte, minimale Entropie erzeugen muß und rechnen Sie sie aus
 - b) Wenn diese Entropie in die Umwelt bei Raumtemperatur abgegeben wird, wieviel Wärme ist damit verbunden? Ist diese Wärmemenge signifikant?
5. (mittel) Einige fortgeschrittene Textbücher definieren die Entropie mit der Formel

$$S = -k \sum_s P(s) \ln P(s)$$

Die Summe geht über alle erreichbare Mikrozustände s eines Systems und $P(s)$ beschreibt die Wahrscheinlichkeit, das System in dem Mikrozustand s zu finden. Für ein isoliertes System sind die Wahrscheinlichkeiten aller Mikrozustände gleich verteilt und es gilt damit $P(s)=1/\Omega$. Zeigen Sie damit, daß obige Formel mit der besprochenen Entropieformel $S = k \ln \Omega$ übereinstimmt.