

# Übungsblatt 4

## E2/E2p Wärmelehre

### Besprechung ab Do 15.5.

### Latente Wärmen, Reale Gase, Dampfdruck

- (mittel) Ein Eiswürfel (Masse 30g) mit einer Temperatur von 0°C ist auf dem Küchentisch vergessen worden und schmilzt langsam. Die Temperatur der Küche ist 25°C. Latente Schmelzwärme von Eis:  $L=335 \text{ J/g}$ .
  - Berechnen Sie die Entropiezunahme für das Schmelzen des Eiswürfels in Wasser der Temperatur 0°C. Anteile durch die Volumenänderung kann man vernachlässigen.
  - Berechnen Sie die Entropieänderung des Wassers beim Aufheizen von 0°C auf 25°C. Nehmen Sie eine konstante Wärmekapazität von  $4.2 \text{ J/gK}$  an.
  - Berechnen Sie die Entropieänderung der Küche durch die Abgabe der Wärmemenge an den Eiswürfel während den beiden Prozessen in (a) und (b). Steigt die Gesamtentropie an?
- (knifflig) Wenden Sie die Clausius-Chapeyron'sche Beziehung auf den Eisübergang von Wasser an. Statt gasförmig => flüssig wird nun also flüssig => gasförmig betrachtet.
  - Warum hat die Phasengrenze eine negative Steigung im T-p-Diagramm ( $\partial p/\partial T$ ) ?
  - Schätzen Sie ab, unter welchem Druck Eis schon bei -1°C schmilzt. Schmelzwärme  $Q_p=335 \text{ kJ/kg}$  und Dichte des Eises  $920 \text{ kg/m}^3$ , Dichte des Wassers  $1000 \text{ kg/m}^3$ .
  - Wie tief unter einem Gletscher muß man dazu sein?
  - Reicht der Druck beim Schlittschuhlaufen, um auf einem Wasserfilm zu gleiten? Schätzen Sie dazu die Geometrie einer Eiskufe (und das Gewicht des Schlittschuhläufers) grob ab. Wie tief kann die Temperatur des Eises sein, damit es unter dem Schlittschuh noch schmelzen würde?
- (knifflig, 2 Studenten sollen vorrechnen: a & b,c) Normalerweise ist der Partialdruck von Wasser in der Luft kleiner als der Dampfdruck im Gleichgewicht. Deshalb wird ein Glas Wasser allmählich verdampfen. Das Verhältnis des Wasserpartialdrucks  $p_{\text{part}}$  zum Dampfdruck im Gleichgewicht  $p_v$  wird die relative Feuchtigkeit genannt. Bei 100% relativer Feuchtigkeit, ist Wasser im thermodynamische Gleichgewicht mit der Luft, wir sagen, die Luft ist gesättigt.
  - Unter vereinfachenden Annahmen kann man Clausius-Chapeyron integrieren (siehe Vorlesung) und erhält dabei

$$p_v = \text{const} \times e^{-\frac{L}{RT}}$$

mit der latenten Wärme  $L$  des Übergangs Wasser => Wasserdampf von  $44 \text{ kJ/mol}$ . Bestätigen Sie, daß der Dampfdruck annähernd verdoppelt, wenn die Temperatur zwischen 0°C und 40°C um 10K erhöht wird. Bestimmen Sie die Konstante mittels dem zusätzlichem Meßwert  $p_v=0.0317 \text{ bar}$  bei  $T=25^\circ\text{C}$ .

Testen Sie, ob Sie mit Ihrer Formel annähernd den nötigen Dampfdruck von Wasser von 1.013 bar bei 100°C erhalten. Welche der Näherungen war wohl nicht gut genug?

b) Der Taupunkt ist die Temperatur, bei der die relative Luftfeuchte 100% erreicht für einen vorgegebenen Wasserpartialdruck. Die Temperatur an einem Sommertag ist 30°C. Wo ist der Taupunkt, wenn die relative Luftfeuchtigkeit bei 90% liegt? Wo liegt der Taupunkt, wenn sie 40% beträgt?

c) Nehmen Sie an, die Luft, die Sie ausatmen, hat eine Temperatur von 35°C mit einer Luftfeuchtigkeit von 90%. Diese Luft mischt sich instantan mit der Außenluft von 10°C und einer unbekanntem Luftfeuchte. Wenn Sie ihre ausgeatmete Luft "sehen" können, liegt das an der Bildung von Wassertropfen beim Durchmischen mit der Außenluft. Was können Sie dann über die relative Luftfeuchte aussagen? Nehmen Sie an, daß durch die Durchmischung unterschiedlicher Volumina der ausgeatmeten und der Außenluft Zwischenwerte der Temperatur und Luftfeuchte kurzzeitig erzeugt werden. Diese Zwischenwerte liegen näherungsweise auf einer linearen Strecke im  $p(T)$  Diagramm. Eine analytische Lösung ist nicht nötig, benutzen Sie Plotprogramme oder Skizzen.