

Seminar zur Vorlesung Physikalische Chemie I

Sommersemester 2015

Prof. Dr. Timo Jacob, Institut für Elektrochemie

Übungsblatt 7, Aufgaben 51–56

Seminartermine: Dienstag, 2. Juni, Freitag, 5. Juni. und Montag, 8. Juni 2015

Aufgabe 51

Die Bergsteigerin (65,0 kg) von Aufgabe 24 ist pitschenass geworden. Dabei war die Körpertemperatur von 36,60 auf 36,05°C gefallen. Ein plötzlicher starker Wind trocknet die Kleidung (bzw. 1,20 kg Regen) in weniger als 20 Minuten.

- a) Wie viel Wärme wird beim Trocknungsprozess übertragen? Lesen Sie die dazu benötigte Größe in Abbildung 1 ab oder benutzen Sie den Wert 2415,5 kJ kg⁻¹ für die Verdampfungsenthalpie von Wasser bei 36°C.

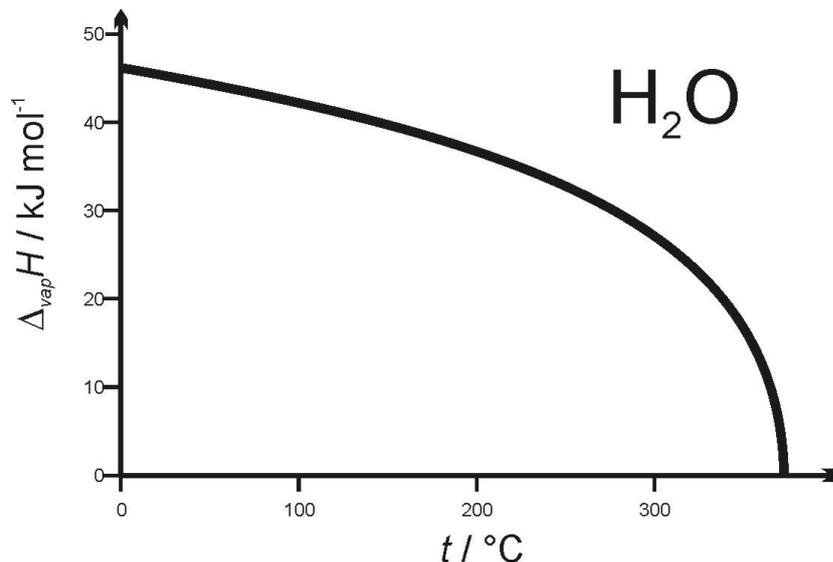


Abbildung 1: Temperaturabhängigkeit der Verdampfungsenthalpie von Wasser.

- b) Wie viel Wärme hat die Bergsteigerin insgesamt (Regen und Trocknen) verloren?
- c) Wie groß wäre die Körpertemperatur, wenn der Stoffwechsel mit dem Wärmeverlust nicht zurechtkommt?
- d) Wie groß ist die Änderung der Entropie der Bergsteigerin und des Regenwassers in der Kleidung während des Regens (vgl. Aufgabe 24)? Wie ändert sich die Gesamtentropie?

Aufgabe 52

In der Vorlesung haben Sie mittlerweile Dutzende von Gleichungen gesehen. Die Bearbeitung und Lösung von Übungsaufgaben wäre schrecklich und furchtbar, wenn man sich all diese Formeln merken müsste.

Machen Sie sich klar, dass es genügt, die grundlegenden Zusammenhänge zu lernen und zu wissen! Davon gibt es nur wenige.

Bearbeiten Sie diese Aufgabe ausgehend von folgenden (einfachen) Gleichungen:

- 1) Gleichung für Volumenarbeit:
- 2) 1. Hauptsatz der Thermodynamik:
- 3) Definition der Enthalpie:
- 4) Definitionen der Wärmekapazitäten C_V und C_p
- 5) Totale Differentiale für U und H
- 6) 2. Hauptsatz der Thermodynamik
- 7) Ideales Gas: (i) Zustandsgleichung, (ii) $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$ und (iii) $C_p - C_V$

Es ist wichtig, die Bedeutung der Gleichungen und der jeweiligen physikalischen Größen zu kennen (achten Sie auf die genauen Definitionen!).

Ein ideales Gas ($c_V = \frac{5}{2}R$, $T_1 = 25^\circ\text{C}$, $p_1 = 5 \text{ atm}$) wird gegen einen Druck von 1 atm adiabatisch auf das doppelte Volumen expandiert. Wie groß ist die Endtemperatur T_2 sowie Q , ΔU , ΔH und ΔS pro mol des idealen Gases?

Aufgabe 53

In der Vorlesung wurde der Wirkungsgrad beim Carnot-Prozess aus der geleisteten Arbeit und der zugeführten Wärmemenge Q berechnet:

$$-W = nRT_w \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right) + nRT_k \ln\left(\frac{V_D}{V_C}\right) \text{ und } Q = nRT_w \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$$

Berechnen Sie daraus den Wirkungsgrad.

Aufgabe 54

Eine Wärmekraftmaschine arbeitet mit Wärmebädern von 800°C und 0°C .

- (a) Berechnen Sie den maximalen Wirkungsgrad.
- (b) Geben Sie den Maximalwert von $-W$ und den Minimalwert von $-Q_{\text{kalt}}$ an, falls $Q_{\text{warm}} = 1000 \text{ J}$.

Aufgabe 55

Die Entropie lässt sich mit der Zahl von Anordnungsmöglichkeiten W deuten: $S = k_B \ln W$. Falls nur eine Anordnung möglich ist, wie bei einem perfekten, unendlich großen Kristall, ist die Entropie demnach Null. Wir betrachten eine Box mit vier Zellen, die jeweils Platz für eine Kugel



- Listen Sie alle Möglichkeiten für zwei Kugeln in der ganzen Box auf.
- Wie viele Möglichkeiten gibt es für die „gleichmäßige Verteilung“ der Kugeln in der Box, d.h. je eine Kugel in der linken und rechten Hälfte?
- Wie groß ist die Entropie, wenn die zwei Kugeln in der linken Hälfte sind?
- Wie groß ist die Änderung der Entropie, wenn die zwei Kugeln anfänglich in der linken Hälfte sind und dann auf die ganze Box „expandieren“?
- Zeigen Sie, dass $\Delta S = k_B \ln \left(\frac{N'(N'-1)}{N(N+1)} \right)$, wenn ein System von N Zellen zu N' Zellen vergrößert wird (oben haben wir die Zahl der Zellen von 2 auf 4 vergrößert).
- Wenn die Zahl der Zellen N und N' sehr groß sind, ist die Änderung der Entropie der zwei Kugeln $\Delta S \approx k_B \ln \left(\frac{N'}{N} \right)^2 = 2k_B \ln \left(\frac{N'}{N} \right)$. Wie groß ist die Entropieänderung pro Kugel und für 1 mol von Teilchen? Vergleichen Sie mit dem bekannten Ausdruck für die Änderung der Entropie bei der Expansion eines idealen Gases $\Delta S = R \ln \left(\frac{V'}{V} \right)$.

Aufgabe 56

Ein Carnot-Prozess arbeitet mit 1 mol idealem Gas zwischen 25 und 0°C. Der Anfangsdruck ist 1 bar, das Anfangsvolumen 24,8 L und während der isothermen Expansion steigt das Volumen auf 50,0 L.

- Zeichnen Sie den Prozess quantitativ in ein p/V -Diagramm.
- Berechnen Sie Q , W , ΔU , ΔH und ΔS für alle Einzelschritte und für den Gesamtprozess.
- Zeichnen Sie ein Carnot-Flussdiagramm mit den beiden Wärmereservoirs und Pfeilen für die Wärmemengen und die Arbeit.

Aufgabe 57

Auch der trinkende Vogel aus der Vorlesung kann als Wärmekraftmaschine aufgefasst werden. Die Temperaturen der „Wärmereservoirs“ können mithilfe einer Wärmebildkamera gemessen werden. Wie groß ist der Wirkungsgrad dieser Maschine höchstens?

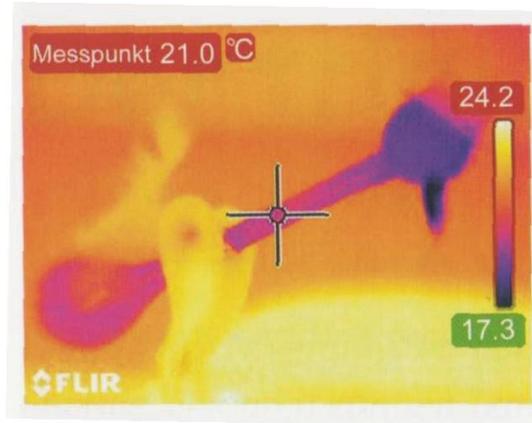


Abbildung 2: Temperaturmessung beim trinkenden Vogel.

Literatur: C. Ucke, H.J. Schlichting, Spiel, Physik und Spaß, Wiley-VCH 2011.

Dr. Ludwig Kibler, 27. Mai 2015

ludwig.kibler@uni-ulm.de