

## 8. Übungsblatt – Biologische Physik SS10

**Abgabe: Di. 08.06.2010 im Tutorium**

*Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte!*

**Aufgabe 21 (10 Punkte):** *schriftlich: Energiefluktuationen im abgeschlossenen System*

Zwei nach außen abgeschlossene Systeme seien im thermischen Kontakt miteinander. Zeige, dass die relativen Fluktuationen der inneren Energie zwischen den beiden Systemen im thermodynamischen Limes (Teilchenzahl  $N \rightarrow \infty$ ) verschwinden:  $\lim_{N \rightarrow \infty} \Delta E/E = 0$ .

Dabei seien die beiden Systeme physikalisch identisch und ihre Gesamtenergie ist  $E = E_1 + E_2$ . Es ist offensichtlich  $\langle E_1 \rangle = \langle E_2 \rangle = E/2$ . Entwickle daher die Gesamtentropie  $S = S_1 + S_2$  nach  $\Delta E = E_1 - E/2$  (so weit wie nötig). Wie muss sich der Entwicklungskoeffizient zweiter Ordnung in Abhängigkeit von der Teilchenzahl  $N$  verhalten? (Hinweis: Die Entropie ist eine extensive Größe.) Berechne mit Hilfe der Boltzmann'schen Definition der Entropie die Wahrscheinlichkeit, dass System 1 die Energie  $E_1$  (und System 2 die Energie  $E_2 = E - E_1$ ) aufweist. Was ergibt sich damit schließlich für das Verhalten von  $\Delta E/E$ ?

**Aufgabe (22):** *mündlich: Entropiezunahme durch Diffusion*

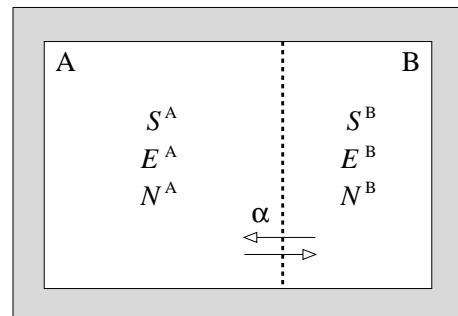
Ist das Konzentrationsprofil einer Lösung in einem abgeschlossenen Behälter nicht homogen, dann ist die Entropie des Systems nicht maximal und damit auch die freie Energie nicht im Minimum. Folglich wird diese „Ordnung“ durch Diffusion beseitigt werden und sich letztlich ein homogenes Profil einstellen.

Für die Entropiedichte  $s = S/V$  verdünnter Lösungen gilt dieselbe Beziehung wie für ein ideales Gas,  $s = k_B c \ln \frac{c}{c^*}$ . Wie lautet dann allgemein die Gesamtentropie  $S(t)$  einer verdünnten Lösung mit inhomogenem Konzentrationsprofil  $c(\mathbf{r}, t)$ ? Was ergibt sich dann letztlich für das Vorzeichen von  $\frac{dS(t)}{dt}$ ? (Wir nehmen hierzu an, dass das Konzentrationsprofil nur in  $x$ -Richtung inhomogen ist, d. h.  $c(\mathbf{r}, t) = c(x, t)$ .)

**Bitte Rückseite beachten! →**

**Aufgabe (23): mündlich: Chemisches Potential**

Wir betrachten ein insgesamt abgeschlossenes thermodynamisches System, das aus zwei Teilsystemen A und B besteht. Diese sind durch eine Wand voneinander getrennt, die fest und wärmeleitend ist und nur Teilchen vom Typ  $\alpha$  durchlässt.



- (a) Was gilt für die Temperaturen  $T^A$ ,  $T^B$  und chemischen Potentiale  $\mu_\alpha^A$ ,  $\mu_\alpha^B$  der Teilsysteme, wenn sich das Gesamtsystem im thermischen Gleichgewicht befindet?
- (b) Was folgt für den Materiefluss zwischen beiden Teilsystemen, wenn das thermische Gleichgewicht gestört wird, wobei  $T^A = T^B$  und  $\mu_\alpha^A > \mu_\alpha^B$ ?

**Vorlesung:**

- Montag 10:15 Uhr – 12:00 Uhr im EW 203
- Dienstag 14:15 Uhr – 16:00 Uhr im EW 203

**Übung:**

- Dienstag 10:15 Uhr – 11:45 Uhr im EW 731

**Scheinkriterien:**

- Von den als schriftlich gekennzeichneten Aufgaben werden mindestens 50% der Übungspunkte benötigt (Zweierabgabe möglich).
- Von den restlichen Aufgaben müssen 50% so bearbeitet sein, dass sie in der Übung vorgestellt werden können.

**Sprechzeiten:**

- Andreas Zöttl: Mittwoch 11 – 12 Uhr im EW 702