

# ÜBUNGSBLATT 7 ZU THERMODYNAMIK UND STATISTISCHE MECHANIK

Prof. Günter Sigl

II. Institut für Theoretische Physik der Universität Hamburg

Luruper Chaussee 149

D-22761 Hamburg

Germany

email: guenter.sigl@desy.de

tel: 040-8998-2224

Abgabetermin: 7.12.2015 vor den Übungen

1. (6 Punkte) Ein System bestehe aus  $N$  "Atomen", die sich in einem von zwei Zuständen mit der Energie  $\varepsilon_1$  bzw.  $\varepsilon_2$  befinden können. Die statistische Mechanik ergibt für die freie Energie eines solchen Systems

$$F(T, N) = -Nk_B T \ln [\exp(-\beta\varepsilon_1) + \exp(-\beta\varepsilon_2)] ,$$

wobei  $\beta = 1/(k_B T)$ .

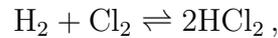
- a) Bestimmen Sie zunächst die innere Energie  $U(\beta, N)$  als Funktion von  $\beta$  und  $N$  und lösen Sie diese Relation dann nach  $\beta$  auf, d.h. berechnen Sie  $\beta(U, N)$ . Nehmen Sie dabei konkret  $\varepsilon_1 \leq \varepsilon_2$  an.
  - b) Zwischen welchen Werten variiert die innere Energie  $U$  wenn die Temperatur zwischen Null und Unendlich variiert ?
  - c) Bestimmen Sie nun noch die fundamentale Relation in Entropiedarstellung, d.h.  $S(U, N)$ .
2. (4 Punkte) Zwei identische Systeme haben jeweils die Wärmekapazität bei konstantem Volumen

$$C_V(T) = \frac{c}{T} ,$$

wobei  $c$  eine Konstante ist. Die beiden Systeme befinden sich zunächst auf den Temperaturen  $T_1$  bzw.  $T_2$  und werden dann bei konstantem Volumen reversibel ins thermische Gleichgewicht gebracht. Berechnen Sie die dabei mit der Umgebung ausgetauschte Wärme. Geben Sie das Resultat insbesondere für  $T_1 = T_2$  und  $T_1 = 2T_2$  an.

**bitte wenden**

3. (6 Punkte) Betrachten Sie die chemische Reaktion



mit der Reaktionswärme  $\Delta E = -92.3\text{kJ}/\text{Mol}(\text{HCl})$ . Die Temperatur betrage 8000 K und der Druck sei so eingestellt, daß 1 Mol  $\text{H}_2$  und 1 Mol  $\text{Cl}_2$  mit 4 Mol  $\text{HCl}$  in thermodynamischem Gleichgewicht seien.

a) Berechnen Sie die Stoffmengen der drei Verbindungen in einem neuen Gleichgewichtszustand bei einer Temperatur von 12000 K.

b) Berechnen Sie die Stoffmengen der drei Verbindungen in einem neuen Gleichgewichtszustand bei einer Temperatur von 6000 K.

Hinweis: Bestimmen Sie zunächst das Massenwirkungsgesetz und verwenden Sie die in der Vorlesung abgeleiteten Ausdrücke für die Gleichgewichtskonstante  $K(p, T)$ .

4. (4 Punkte) Ein System sei durch die fundamentale Relation

$$(s - s_0)^4 = cvu^2$$

charakterisiert, wobei  $c$  eine Konstante sei. Bestimmen Sie die freie Enthalpie  $G(T, p, N)$ .