

**Bitte beachten:**

Bitte bearbeiten Sie jede Aufgabe auf einem separaten Blatt  
Papier und schreiben Sie jeweils Übungsgruppe und Name in die  
rechte obere Ecke (siehe Beispiel rechts).

Übungsgruppe: z.B. Gruppe 1 (Schweighöfer)

Name: Max Musterfrau

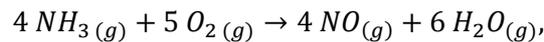
## Übung 4

Abgabe in die Briefkästen im 2. Stock von N120

bis zum **13.05.2015, 10 Uhr**

### Aufgabe 1

Gegeben sei folgende Reaktion:



mit  $\Delta_B H^\ominus(\text{NH}_3) = -46,19 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ,  $\Delta_B H^\ominus(\text{NO}) = 90,37 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$  und  $\Delta_B H^\ominus(\text{H}_2\text{O}) = -241,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

- Wie groß ist die Standardreaktionsenthalpie?
- Wie ändert sich die Standardreaktionsenthalpie, wenn die Temperatur von 25°C auf 600°C erhöht wird? Schätzen Sie hierzu die molaren Wärmekapazitäten ab und betrachten Sie diese als temperaturunabhängig. Nehmen Sie zunächst an, dass bei 600°C keine Schwingungen angeregt werden.
- Wie groß ist die Standardreaktionsenthalpie bei 600°C, wenn die Schwingungen zu berücksichtigen sind?

**Tipp:** Die Anzahl an Freiheitsgraden von n-atomigen ( $n \geq 2$ ) Molekülen zur Berechnung der inneren Energie berechnet sich wie folgt:

$$f_{\text{ges}} = f_{\text{Translation}} + f_{\text{Rotation}} + f_{\text{Schwingung}} = 3 + 2 + (3n - 5).$$

für ein lineares Molekül und

$$f_{\text{ges}} = f_{\text{Translation}} + f_{\text{Rotation}} + f_{\text{Schwingung}} = 3 + 3 + (3n - 6).$$

im Falle eines nichtlinearen Moleküls.

Beachten Sie, dass Schwingungsfreiheitsgrade bei der Berechnung der Wärmekapazität doppelt gewichtet werden. Zwischen der Wärmekapazität  $c_p$  und der Anzahl der Freiheitsgrade  $f$  gilt folgender Zusammenhang:

$$c_p = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R$$

, mit  $\gamma = \frac{f+2}{f}$ .

**Aufgabe 2**

- a) Leiten Sie den Joule-Thomson-Koeffizienten eines Gases ab, für das folgende Gasgleichung gilt:  $p(V - aT^2) = RT$
- b) Berechnen Sie den Joule-Thomson-Koeffizienten für ein van-der-Waals Gas.

**Tipps:**

- Verwenden Sie folgenden Zusammenhang:

$$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

- Verwenden Sie die Permutator-/Invertorregel.
- $c_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$

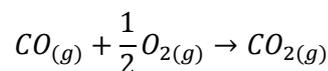
**Aufgabe 3**

Beweisen Sie, dass sich zwei reversible adiabatische Wege niemals schneiden können. Nehmen Sie dazu an, dass die Energie des betrachteten Systems nur von der Temperatur abhängt.

(Tipp: Kreieren Sie sich einen entsprechenden Kreisprozess mit 2 sich kreuzenden adiabatischen Wegen und einem isothermen Prozess und führen Sie das System zu einem Widerspruch zur Kelvinschen Formulierung des 2. Hauptsatzes.)

**Aufgabe 4**

Berechnen Sie die Änderung der Reaktionsenthalpie folgender Reaktion, wenn sich die Temperatur von 298K auf 500K ändert:



Bei konstantem Druck ist die Temperaturabhängigkeit der molaren Wärmekapazitäten gegeben durch:

$$\frac{c_p(CO_{(g)})}{J\ mol^{-1}K^{-1}} = 31.08 - 1.452 * 10^{-2} \frac{T}{K} + 3.1415 * 10^{-5} \frac{T^2}{K^2} - 1.4973 * 10^{-8} \frac{T^3}{K^3}$$

$$\frac{c_p(CO_{2(g)})}{J\ mol^{-1}K^{-1}} = 18.86 + 7.937 * 10^{-2} \frac{T}{K} - 6.7834 * 10^{-5} \frac{T^2}{K^2} + 2.4426 * 10^{-8} \frac{T^3}{K^3}$$

$$\frac{c_p(O_{2(g)})}{J\ mol^{-1}K^{-1}} = 30.81 - 1.187 * 10^{-2} \frac{T}{K} + 2.3968 * 10^{-5} \frac{T^2}{K^2}$$