

**Übungsblatt 2** (zu bearbeiten bis 30.10.2015)**Aufgabe 7: Innere Energie und Wärmekapazität**

Die Temperaturabhängigkeit der molaren Wärmekapazität  $c_p$  von Stickstoff lässt sich darstellen durch

$$c_p = \left( 27.27 + 5.22 \cdot 10^{-3} \frac{T}{K} - 0.0042 \cdot 10^{-6} \frac{T^2}{K^2} \right) \text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}.$$

Berechnen Sie, um welchen Betrag die molare innere Energie von Stickstoff zunimmt, wenn die Temperatur von 273 K auf 1273 K erhöht wird. Nehmen Sie zur Umrechnung von  $c_p$  in  $c_v$  ideales Verhalten an, so dass gilt:  $c_p - c_v = R$ . Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Wert, der sich unter der stark vereinfachten Annahme ergibt, dass Stickstoff in diesem Temperaturbereich eine konstante Wärmekapazität von  $c_p = 7/2 R$  besitzt. Dabei soll wieder ideales Verhalten gelten, d.h.  $c_p - c_v = R$ .

**Aufgabe 8: Bestimmung der Standardbildungsenthalpie aus der Verbrennungsenthalpie**

Die Verbrennungsenthalpie von Toluol  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  beträgt  $-3909.5 \text{ kJ/mol}$  bei  $25^\circ\text{C}$ . Bei der Verbrennung werden flüssiges Wasser und gasförmiges  $\text{CO}_2$  gebildet, deren Standardbildungsenthalpien  $-285.85 \text{ kJ/mol}$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ) bzw.  $-393.51 \text{ kJ/mol}$  ( $\text{CO}_2$ ) betragen. Gesucht ist die Standardbildungsenthalpie von Toluol.

**Aufgabe 9: Abschätzung der Standardbildungsenthalpie aus Inkrementwerten**

Schätzen Sie mit Hilfe der tabellierten Inkrementwerte  $I_H$  die Standardbildungsenthalpien von Cyclopropan, Cyclobutan, Cyclopentan und Cyclohexan ab. Vergleichen Sie die Bildungsenthalpie pro  $\text{CH}_2$ -Gruppe und treffen Sie eine Aussage über die Stabilität dieser Cycloalkane! Vergleichen Sie mit den experimentellen Werten (linke Tabelle) und beurteilen Sie die Genauigkeit der Abschätzung!

Cycloalkan	$\Delta_B H^\circ$ (exp) in kJ/mol
c-C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	+39.3
c-C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	+3.0
c-C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	-76.4
c-C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	-123.1

Atom(gruppe)	$I_H$ in kJ mol <sup>-1</sup>	Strukturmerkmal	$I_H$ in kJ mol <sup>-1</sup>
—CH <sub>3</sub>	-42,36	3 tert. C benachbart	9,6
—CH <sub>2</sub> —	-20,62		
—CH—	-4,56	quart. und tert. C benachbart	10,5
—C—	3,35	2 quart. C benachbart	22,6
—OH (primär)	-175,4	C <sub>3</sub> -Ring <sup>1)</sup>	101,37
—OH (sekundär)	-187,9	C <sub>4</sub> -Ring <sup>1)</sup>	77,0
—OH (tertiär)	-205,9	C <sub>5</sub> -Ring <sup>1)</sup>	23,77
—O—	-113,8	C <sub>6</sub> -Ring <sup>1)</sup>	-1,88

<sup>1)</sup> nur für cycloaliphatische Ringe anwendbar

**Aufgabe 10: Berechnung der Reaktionsenthalpie aus Standardbildungsenthalpien**

Berechnen Sie die Standardreaktionsenthalpie der Dehydrierung von Cyclohexan zu Benzol aus den Standardbildungsenthalpien! Verwenden Sie für die Bildungsenthalpie von Cyclohexan den Wert aus der Tabelle in Aufg. 9 und für Benzol den Wert  $+82.93 \text{ kJ/mol}$ .

**Aufgabe 11: Temperaturabhängigkeit der Reaktionsenthalpie**

Bei 273 K misst man für die Reaktionsenthalpie der Reaktion  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$  einen Wert von  $-91.66 \text{ kJ/mol}$ . Welchen Wert nimmt die Reaktionsenthalpie bei 473 K an, wenn im betrachteten Temperaturbereich für die Wärmekapazitäten der beteiligten Stoffe gilt:

$$c_p(\text{N}_2) = \left( 27.27 + 5.22 \cdot 10^{-3} \frac{T}{K} - 0.0042 \cdot 10^{-6} \frac{T^2}{K^2} \right) \text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}$$

$$c_p(\text{H}_2) = \left( 29.04 - 0.836 \cdot 10^{-3} \frac{T}{K} + 2.01 \cdot 10^{-6} \frac{T^2}{K^2} \right) \text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}$$

$$c_p(\text{NH}_3) = \left( 25.87 + 32.55 \cdot 10^{-3} \frac{T}{K} - 3.04 \cdot 10^{-6} \frac{T^2}{K^2} \right) \text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}$$