

2. Übungsblatt (zu bearbeiten bis 11.05.2009)

8. 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. Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Wert, der sich ergibt unter der Näherung einer konstanten Wärmekapazität für Stickstoff in diesem Temperaturbereich ($c_p = 7/2 R$) und bei Annahme von idealem Verhalten ($c_p - c_v = R$).

9. Die Verbrennungsenthalpie von Toluol $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ beträgt -3909.5 kJ/mol bei 25°C . Bei der Verbrennung werden flüssiges Wasser und gasförmiges CO_2 gebildet, deren Standardbildungsenthalpien -285.85 kJ/mol (H_2O) bzw. -393.51 kJ/mol (CO_2) betragen. Gesucht ist die Standardbildungsenthalpie von Toluol.

10. Schätzen Sie mit Hilfe der Tabellenwerte die Standardbildungsenthalpien von Cyclopropan, Cyclobutan, Cyclopentan, und Cyclohexan ab. Vergleichen Sie die Bildungsenthalpie pro CH_2 -Gruppe und treffen Sie eine Aussage über die Stabilität dieser Cycloalkane! Vergleichen Sie mit den experimentellen Werten und beurteilen Sie die Genauigkeit der Abschätzung!

Cycloalkan	$\Delta_B H^\circ$ (exp) in kJ/mol
c- C_3H_6	+39.3
c- C_4H_8	+3.0
c- C_5H_{10}	-76.4
c- C_6H_{12}	-123.1

Atom(gruppe)	I_H in kJ mol^{-1}	Strukturmerkmal	I_H in kJ mol^{-1}
$-\text{CH}_3$	-42,36	3 tert. C benachbart	9,6
$-\text{CH}_2-$	-20,62		
$\diagdown \text{CH} \diagup$	- 4,56	quart. und tert. C benachbart	10,5
$\diagdown \text{C} \diagup$	3,35	2 quart. C benachbart	22,6
$-\text{OH}$ (primär)	-175,4	$\text{C}_3\text{-Ring}^1$	101,37
$-\text{OH}$ (sekundär)	-187,9	$\text{C}_4\text{-Ring}^1$	77,0
$-\text{OH}$ (tertiär)	-205,9	$\text{C}_5\text{-Ring}^1$	23,77
$-\text{O}-$	-113,8	$\text{C}_6\text{-Ring}^1$	-1,88

¹⁾ nur für cycloaliphatische Ringe anwendbar

11. 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. 10 und für Benzol den Wert $+82.93 \text{ kJ/mol}$.

12. 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 kJ/mol . Welchen Wert nimmt die Reaktionsenthalpie bei 473 K an, wenn im betrachteten Temperaturbereich für die Wärmekapazitäten der beteiligten Stoffe gilt:

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

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

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