

Versuche zur chemischen Thermodynamik

1. Die spezifische Wärmekapazität des Wassers

Um die Temperatur von 1 g Wasser um 1 K zu erhöhen, muss eine Wärmemenge von 4,19 J zugeführt werden.

Um die Temperatur von 100 g Wasser um 1 K zu erhöhen, muss eine Wärmemenge von _____ = _____ zugeführt werden.

Um die Temperatur von 100 g Wasser um 5 K zu erhöhen, muss eine Wärmemenge von _____ = _____ zugeführt werden.

Um die Temperatur von Wasser mit der Masse m um ΔT zu erhöhen,

muss eine Wärmemenge von $W =$ _____ zugeführt werden.

$c = 4,19 \text{ J/K}\cdot\text{g}$ heißt die **spezifische** (d.h. auf 1 g Gewicht bezogene) **Wärmekapazität** (d.h. Wärmeaufnahmevermögen) des Wassers.

2. Bestimmung der Wärmekapazität eines Thermosgefäßes

- Fülle das Thermosgefäß mit kaltem Leitungswasser, lasse es **5 Minuten stehen** und bestimme die Temperatur T_{Tvorher} im Thermosgefäß.
- Gieße das kalte Leitungswasser aus, fülle das Thermosgefäß mit einer **genau abgemessenen Menge (200 - 500 g) warmen Wassers** und bestimme **sofort** die Temperatur T_{Wvorher} des warmen Wassers.
- Lasse das Thermosgefäß wieder **5 Minuten stehen** und bestimme die Temperatur $T_{\text{Tnachher}} = T_{\text{Wnachher}}$ im Thermosgefäß.
- Berechne die Wärmemenge W , die in den 5 Minuten vom warmen Wasser an das Thermosgefäß abgegeben wurde.
- Berechne die Wärmekapazität C_T des Thermosgefäßes. Warum hat es keinen Sinn, die **spezifische** Wärmekapazität c_T des Thermosgefäßes auszurechnen?

3. Bestimmung der molaren Bildungsenthalpie von Eisensulfid FeS oder Zinksulfid ZnS

- Formuliere die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Eisen Fe ($M = 55,8 \text{ g/mol}$) bzw. Zink ($M = 65,4 \text{ g/mol}$) mit Schwefel ($M = 32,1 \text{ g/mol}$).
- Mische die genau abgewogenen Eduktmengen für die Herstellung von 0,1 Mol Eisensulfid bzw. 0,05 mol Zinksulfid im Mörser und gib das Gemisch in ein großes Reagenzglas. Befestige das Reagenzglas am Stativ und tauche es in das Thermosgefäß, das mit einer genau abgemessenen Menge Wasser (200 - 500 ml) gefüllt ist.
- Bestimme die Wassertemperatur T_{Wvorher} und entzünde anschließend die Reaktionsmischung mit einem glühenden Nagel, der in das Reagenzglas fallengelassen wird. Schließe das Reagenzglas mit Watte und bestimme die Wassertemperatur T_{Wnachher} .
- Berechne mit Hilfe von 1. die Wärmemenge, die das **Wasser** bei dieser Reaktion aufgenommen hat.
- Berechne mit Hilfe von 2. die Wärmemenge, die das **Thermosgefäß** bei dieser Reaktion aufgenommen hat.
- Berechne dann die auf 1 Mol bezogene Reaktionswärme (= molare Bildungsenthalpie) für die Bildung von Eisensulfid bzw. Zinksulfid.
- Gib zwei Gründe an, warum die mit diesem einfachen und kurzen (!) Versuch bestimmte Reaktionsenthalpie in der Regel deutlich unter dem Literaturwert von $\Delta H_{\text{FeS}} = -100 \text{ kJ/mol}$ bzw. $\Delta H_{\text{ZnS}} = -206 \text{ kJ/mol}$ liegt.
- Welche Bindungsarten werden bei dieser Reaktion gespalten und welche Bindungsarten werden neu aufgebaut?

4. Bestimmung von molaren Lösungsenthalpien

- Bestimme die molare Lösungsenthalpie von NaOH ($M = 40,1 \text{ g/mol}$), KCl ($M = 84,6,1 \text{ g/mol}$) oder NH_4NO_3 ($M = 80 \text{ g/mol}$). Löse dazu jeweils 0,1 Mol in 200 ml Wasser und bestimme wie oben die molare Reaktionsenthalpien des Lösungsvorgangs.
- Welche der Lösungsvorgänge sind **exotherm** und welche sind **endotherm**?
- Warum laufen Lösungsvorgänge in der Regel auch dann freiwillig ab, wenn sie dazu Energie von der Umgebung benötigen?
- Erkläre die Begriffe **Gitterenergie** und die **Hydratationsenergie**.
- Berechne die molare Gitterenergie, die molare Hydratationsenergie und die molare Lösungsenthalpie bei den drei Lösungsvorgängen mit Hilfe von Tabellenwerten.

5. Wärmekissen mit Natriumacetat oder Natriumthiosulfat

- Gib 10 g Natriumacetat-Trihydrat $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$ bzw. Natriumthiosulfat-pentahydrat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ und 1 Tropfen (!) Wasser in ein Reagenzglas und erwärme, bis sich alles (!) gelöst hat.
- Kühle die gesättigte Lösung mit Leitungswasser auf Umgebungstemperatur ab. Vermeide dabei Erschütterungen der Lösung.
- Starte den Kristallisationsvorgang durch Kratzen an der Innenwand des Reagenzglases (Glasstab) oder Zugabe eines Impfkristalls.
- Erkläre den Begriff **übersättigte Lösung** mit Hilfe eines Energiediagramm und der **Aktivierungsenergie**.

6. Kältekissen mit Ammoniumnitrat

Gib 10 g Ammoniumnitrat NH_4NO_3 und 10 ml Wasser in ein Reagenzglas mit Stopfen und schüttele es. Erklärung?

7. Kältekissen mit Bariumthiocyanat

- Gib 10 g Bariumhydroxid-octahydrat $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8 \text{ H}_2\text{O}$ und 5 g Ammoniumthiocyanat NH_4SCN in einen kleinen Erlenmeyerkolben und vermische die Salze mit einem Glasstab. Notiere die Änderung des **Geruches**, der **Temperatur** und des **Aggregatzustandes**.
- Formuliere die **Reaktionsgleichung** anhand der Beobachtungen in a).
- Begründe anhand der Beobachtungen in a) sowie der Reaktionsgleichung b), warum diese Reaktion **freiwillig** abläuft, obwohl sie dazu Energie von der Umgebung aufnehmen muss.

8. Bestimmung der molaren Neutralisationsenthalpie

- Bestimme wie oben die molare Neutralisationsenthalpie durch Vermischen von 100 ml 0,1 m Salzsäure mit 100 ml 0,1 m Natronlauge.
- Formuliere die Reaktionsgleichung für die Neutralisation.
- Die Säurereste spielen in der Reaktionsgleichung keine Rolle. Warum wird die Reaktionswärme bei der Verwendung von Essigsäure trotzdem geringer ausfallen?

Einige molare Lösungsenthalpien

Salz	ΔH_L in KJ/mol	M in g/mol	ΔT für 10 g Salz in 100g H ₂ O in °C	ΔT für 0,1 mol Salz in 100g H ₂ O in °C
KNO ₃	+35	101	-8,3	-8,3
NH ₄ NO ₃	+26	80	-8,0	-6,4
NH ₄ SCN	+23	76	-7,2	-5,5
NH ₄ Cl	+15	53,5	-6,7	-3,6
NaC ₂ O ₂ H ₃ ·3 H ₂ O	+ 19,7	130	- 3,6	-4,7
Na ₂ SO ₄ ·10 H ₂ O	+75	322	-5,6	-17,9
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5 H ₂ O	+ 32	248	-3,1	-7,6
NaCl	+4	58,5	-1,6	-0,9
CaCl ₂ ·6 H ₂ O	+14	219	-1,5	-3,3
KOH·1,5 H ₂ O	-10	83	+2,9	+2,4
KOH·H ₂ O	-14	74	+4,4	+3,3
KCl	-17	74,5	+5,7	+4,3
KOH	-58	56	+24,6	+13,8
NaOH	-44	40	+25,7	+10,3
MgCl ₂	-159	95	+40	+38,0