

Reaktionsentalpi – syre-basereaktion og redoxreaktion

Kapitel 3: Termodynamik

Problemstilling

Ved kemiske reaktioner omsættes energi. For reaktioner, der forløber i en opløsning, kan energiomsætningen bestemmes med et termobæger og et termometer.

I skal bestemme reaktionsentalpien ΔH^\ominus for tre reaktioner

1. Neutralisation af en stærk syre med en stærk base
2. Neutralisation af en svag syre med en stærk base
3. Redoxreaktion mellem zink og kobber(II)ioner.

Teori

Reaktionerne er exoterme og forløber i et varmeisoleret bæger, så der ikke udveksles varme med omgivelserne. Vi ser bort fra bægerets varmekapacitet. Den varme, der afgives ved reaktionen, går derfor til opvarmning af opløsningen (regnet som vand).

Fjerner vi isoleringen, afgiver reaktionsblandingen varme til omgivelserne og vender tilbage til omgivelsernes temperatur, T_{omg} .

Reaktionsentalpien ΔH^\ominus er den tilførte varme ved reaktionen divideret med den reagerede stofmængde n_{rea}

$$\Delta H^\ominus = Q / n_{\text{rea}}$$

ΔH^\ominus angives i kJ pr. mol. Når reaktanterne ikke blandes i ækvivalente mængder, er n_{rea} stofmængden af den begrænsende reaktant. Q beregnes af formlen

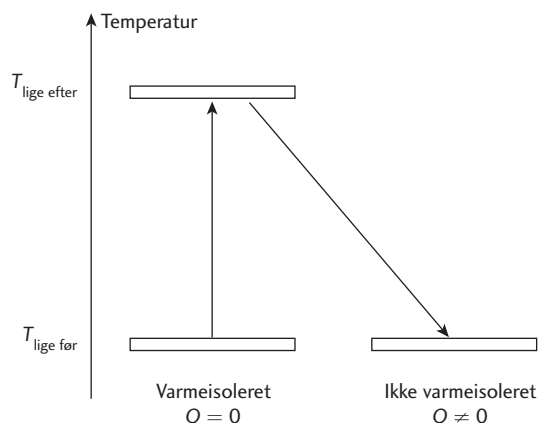
$$Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) = m \cdot c \cdot (T_{\text{omg}} - T_{\text{max/min}})$$

m er opløsningens masse og c dens specifikke varmekapacitet (varmefylde). Med god tilnærmelse sættes c til værdien for vand, $4,2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Systemets sluttemperatur T_2 (uden isolering) er laboratoriets (omgivelsernes) temperatur, T_{omg} . Begyndelsestemperaturen T_1 betegnes $T_{\text{max/min}}$ og er opløsningens højeste eller laveste temperatur umiddelbart efter sammenblanding af stofferne i et isoleret system.

På figur 1 er vist den maksimale temperatur for en exoterm reaktion i et varmeisoleret bæger.

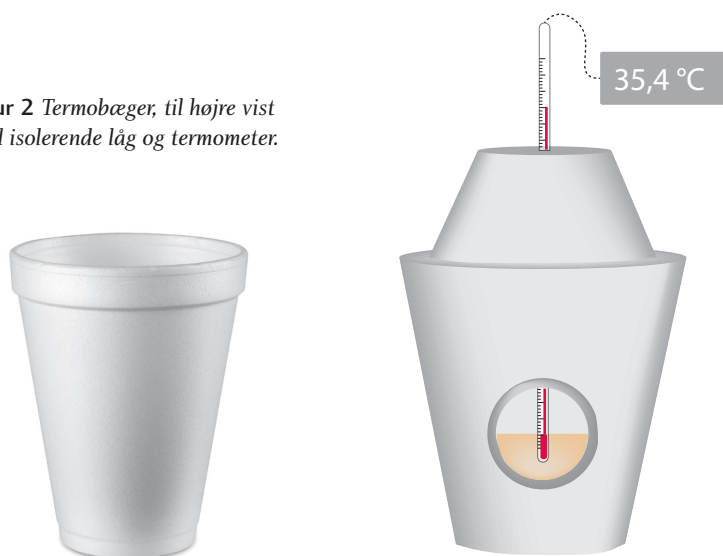
Figur 1 Temperaturdiagram for en exoterm reaktion. Bjælkerne angiver en reaktionsblandings temperatur i tre situationer: Før kemisk reaktion i varmeisoleret bæger, umiddelbart efter kemisk reaktion i varmeisoleret bæger og efter udveksling af termisk energi i et bæger uden varmeisolering.



Forarbejde

1. Skriv reaktionsskemaerne for de tre nævnte reaktioner på side 1.
2. Beregn den teoretiske værdi af reaktionsentalpien for hver af de tre reaktioner ved hjælp af tabelværdier for stoffernes standardentalpier.
3. Ved endoterme reaktioner modtager reaktionsblandingen varme fra omgivelserne. I formelen for udregning af Q indgår temperaturtilvæksten ($T_{\text{omg}} - T_{\text{max/min}}$). Hvilket fortegn har denne tilvækst for en endoterm reaktion?
4. Ved reaktionen i punkt 3 mellem zink og kobber(II) blandes 3,5 g zinkpulver med 50 mL 0,20 M kobber(II)sulfat. Afgør, om Zn eller Cu^{2+} er den begrænsende reaktant.
5. Undersøg, hvilke R- og S-sætninger der gælder for kemikalierne, I skal arbejde med.
6. Vurder affaldshåndtering ved delforsøg 1 og 2.

Figur 2 Termobæger, til højre vist med isolerende låg og termometer.



Apparatur

Hvert hold

- termobæger med låg
- pipette, 25 mL
- måleglas, 50 mL
- termometer, 0,1 °C inddeling, digitaltermometer eller termoføler (ved datafangst)

Kemikalier

Fælles

- 1,00 M saltsyre
- 1,00 M ethansyre
- 1,00 M natriumhydroxid
- 0,20 M kobber(II)sulfat
- zinkpulver

Risiko og sikkerhed

Vurder selv

Bortskaffelse

Vurder selv ved delforsøg 1 og 2.

Udførelse

1. Neutralisation af en stærk syre med en base

25,00 mL 1,00 M saltsyre overføres med pipette til termobæger, og temperaturen $T_2 = T_{\text{omg}}$ måles og noteres.

25,00 mL 1,00 M natriumhydroxid fra en anden pipette blandes med syren under omrøring med termometer eller termoføler. Temperaturen måles hvert femte sekund, indtil den holder sig konstant eller falder som vist på figur 3.

2. Neutralisation af en svag syre med en base

Samme udførelse som under punkt 1, idet 25,00 mL 1,00 M ethansyre erstatter 25,00 mL 1,00 M saltsyre.

3. Redoxreaktion mellem Zn(s) og $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$

Ca. 3,5 g zinkpulver afvejes. Den præcise masse noteres i tabel 1. 50 mL 0,20 M kobber(II)sulfat overføres fra måleglas til termobæger, og temperaturen $T_2 = T_{\text{omg}}$ måles og noteres.

Zinkpulveret hældes i opløsningen under kraftig omrøring, og temperaturen noteres hvert 10. sekund.

Bortskaffelse

Ved forsøg 3 hældes opløsningen i affaldsbeholder mærket „Uorganisk surt affald“. Overskydende zink lægges i beholder mærket *Fast affald*.

Resultater

Tabel 1 Neutralisation af stærk syre $T_{\text{omg}} = \underline{\hspace{2cm}}$												
t/s	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T/ °C												

Tabel 2 Neutralisation af svag syre $T_{\text{omg}} = \underline{\hspace{2cm}}$												
t / s	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T/ °C												

Tabel 3 Redoxreaktion $T_{\text{omg}} = \underline{\hspace{2cm}}$												
t/s	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
T/ °C												

Efterbehandling

Lav et plot for hver måleserie af temperaturen i forhold til tiden, og bestem T_{max} grafisk som den maksimale ændring i forhold til T_{omg} som vist på figur 3.

1. Beregn de eksperimentelle værdier for ΔH^\ominus , og sammenlign resultaterne med tabelværdierne.
2. Vurder eventuelle fejlkilder.
3. Sammenlign med de øvrige holds resultater.
4. Vurder nøjagtigheden af den grafiske metode til bestemmelse af ΔT .
5. Hvad kan I konkludere?

Figur 3 Temperaturforløb for en exo-term reaktion i termobæger.

