Kapitel IX

Elektronoverførsel

Elektronforskydning

Definition af redoxreaktion

Afstemning af redoxreaktioner

Når man lader S reagere med O2, vil man på lugten af reaktionsproduktet erfare, at der dannes gassen SO2:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| A) | S(s) + O2(g) |  | SO2(g) |

Når man lader Mg reagere med O2, vil man se, at der dannes et hvidt pulver af MgO:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| B) | 2 Mg(s) + O2(g) |  | 2 MgO(s) |

De to reaktioner ligner hinanden ved at grundstofferne svovl og magnesium begge reagerer med oxygen; men følgende væsentlige forskelle kan opregnes.

1. I reaktion A er begge reaktanter ikke-metaller, mens reaktanterne i reaktion B er metal og ikke-metal.
2. I reaktion A er produktet en kovalent forbindelse (her et molekyle), mens produktet i reaktion B er en ionforbindelse.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Idet MgO kan skrives {Mg2+, O2-}, erfarer vi, at der her er sket en fuldstændig overførsel af elektroner fra Mg til O. Der altså tale om en oxidation af Mg og en reduktion af O:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 2 Mg |  | 2 Mg2+ + 4 e- |
| O2 + 4 e- |  | 2 O2- |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Bruttoproces:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 2 Mg(s) + O2(g) |  | 2 {Mg2+,O2-} |

Processen er altså en redoxreaktion.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

I reaktion A er der ikke tale om en egentlig elektronoverførsel, idet produktet er en kovalent forbindelse, hvor atomerne deles om elektronerne. Det ene atom i produktet (her O), er imidlertid mere elektronegativt end det andet (her S) og bindingerne i produktet er mere polære end bindingerne i reaktanterne. Reaktionen kan derfor beskrives som en reaktion, hvor der sker en forskydning af elektroner mod det mest elektronegative atom.

På grund af ligheden med reaktion B, vil vi også kalde reaktion A for en redox-  
reaktion.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Vi definerer derfor:

En redoxreaktion er en reaktion, hvor der enten sker en forskydning eller en overførsel af elektroner. (Se ramme IX.1)

|  |  |
| --- | --- |
| Definition A i ramme IX.1 involverer kun kovalente forbindelser. Som eksempel herpå han nævnes oxidation eller reduktion af ikke-metaller eller sammensatte ioner.  Definition B medfører altid dannelse eller omdannelse af ioner. Som eksempel herpå han nævnes oxidation eller reduktion af metaller eller metalioner.  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  På trods af forskellen mellem de to definitioner i ramme IX.1, vil vi alligevel indføre en generel arbejdsmetode til afstemning af redoxreaktioner. | ramme IX.1 |

Som hjælpemiddel til dette indfører vi en formel regnestørrelse, der kaldes oxidationstal, OT.

OT defineres på flg. måde:

OT er et tal, som man kan tildele ethvert atom i en kemisk forbindelse (molekyle eller ion).

OT fortæller:

Hvor mange elektroner som atomet eller ionen h.h.v. har frastødt eller afgivet (herved forøges OT),

eller

Definition af   
oxidationstal, OT

Huskeregler for   
oxidationstal

hvor mange elektroner som atomet eller ionen hhv. har tiltrukket eller optaget (herved formindskes OT)

i forhold til det frie, neutrale atom.

Det frie, neutrale atom tildeles OT = 0.

OT(X) betyder i det følgende oxidationstallet for partiklen X.

Begrebet OT præciseres gennem følgende huskeregler:

|  |
| --- |
| 1. OT(frit grundstof) = 0 2. Summen af OT for de enkelte atomer i en partikel er lig med  partiklens ladning 3. OT(bundet H) = + 1 \* 4. OT(bundet O) = - 2 \*\* 5. OT for ioner af 1., 2. og 3. hovedgruppe er hhv. + 1, + 2 og + 3   \* Undtagelse: I hydrider (f.eks. MgH2) er OT(H) = - 1  \*\* Undtagelse: I peroxider (f.eks. Na2O2 og H2O2) er OT(O) = - 1 |

ramme IX.2 Regler for oxidationstal

Nogle eksempler på OT:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Partikel | Na | I2 | Na+ | Na2O | NO3- | HCl |
| OT | 0 | 0 | +1 | +1,-2 | +5,-2 | +1,-1 |

Ved enhver kemisk proces vil det antal elektroner, der afgives eller frastødes svare til det antal elektroner, der hhv. optages eller tiltrækkes.

Dette kan kort udtrykkes ved hjælp af OT-begrebet.

Hovedreglen for afstemning af redoxprocesser:

|  |
| --- |
| Ved enhver redoxreaktion er den samlede stigning i OT lig med det samlede fald i OT |

ramme IX.3

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Hovedreglen for afstemning af redoxreaktioner

Hovedkomponenter

OT, stigning og fald i OT

Molforholdet

**Eksempel på afstemning af redoxreaktion**

Vi betragter reaktionen for fremstilling af chlor ud fra saltsyre og permanganation.

1. Først opskriver vi processens hovedkomponenter.

Hovedkomponenter er partikler, der ikke kan karakteriseres som tilskuerioner og H3O+(aq), OH- og H2O.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MnO4-(aq) + Cl -(aq) |  | Mn2+(aq) + Cl2(g) |

Det er her underforstået, at saltsyre består af H+(aq) og Cl-(aq).

Indledningsvis er det praktisk at reducere reaktionsskemaet, så alle atomer, der ændrer OT under processen, så vidt muligt optræder i "ental".

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MnO4-(aq) + Cl -(aq) |  | Mn2+(aq) + ½ Cl2(g) |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2. Vi finder OT og stigning og fald i OT, for de enkelte atomer (ioner), undtagen for bundet O og H

Molforholdet findes:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| +7 -1 |  | +2 0 |
| MnO4-(aq) + Cl -(aq) |  | Mn2+(aq) + ½ Cl2(g) |

OT(Cl): 1 ⇑

OT(Mn): 5 ⇓

For at opfylde hovedreglen i ramme IX.3 skal molforholdet for Cl og Mn være 5 : 1.

Vi siger, at vi "ganger overkors" , med stigning og fald i OT:

OT(Cl): 1 ⇑ 5

OT(Mn): 5 ⇓ 1

Molforholdet indsættes i reaktionsligningen.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 MnO4-(aq) + 5 Cl -(aq) |  | 1 Mn2+(aq) + 5.½ Cl2(g) |

Vi sørger for heltallige koefficienter.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 2 MnO4-(aq) + 10 Cl -(aq) |  | 2 Mn2+(aq) + 5 Cl2(g) |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Vi optæller ladninger.

|  |  |
| --- | --- |
| Samlet ionladning på reaktionsskemaets venstre side: | Samlet ionladning på reaktions- skemaets højre side: |
| 2.(1 **-** ) + 10.(1 **-** ) = 12 **-** | 2.(2 **+** ) = 4 **+** |

Vi ser, at der på venstre side er et underskud på 16 positive ladninger. Vi må derfor addere 16 H+(aq) på denne side. Vi bruger H+(aq), da der jo er syre (saltsyre) i opløsningen.

Hvis opløsningen havde været basisk, skulle vi bruge OH-(aq).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 16 H+(aq) + 2 MnO4-(aq) + 10 Cl -(aq) |  | 2 Mn2+(aq) + 5 Cl2(g) |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4. Vi afstemmer H og O, så der er lige mange af disse atomer på begge sider af reaktionsligningen.

|  |  |
| --- | --- |
| Samlet antal H og O på reaktionsskemaets venstre side: | Samlet antal H og O på reaktionsskemaets højre side: |
| H: 16 stk. O: 8 stk. | H: 0 stk. O: 0 stk. |

Ladninger

Bundet hydrogen og oxygen

Regler for   
afstemning af redoxreaktioner

Forskellen i mængderne af H og O bevirker, at der skal adderes 8 H2O på   
reaktionsskemaets højre side.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 16 H+(aq) + 2 MnO4-(aq) + 10 Cl -(aq) |  | 2 Mn2+(aq) + 5 Cl2(g) + 8 H2O(l) |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Regler for afstemning af redoxprocesser**

De fire punkter i gennemgangen af eksemplet lærer os en generel metode til afstemning af redoxreaktioner, som kan sammenfattes i fire regler:

1. Opskriv reaktionens hovedkomponenter, og opskriv OT for alle atomer, hvis OT ændres under reaktionen. Sørg for at stoffer, der ændrer OT, optræder i "ental" på begge sider af reaktionspilen.
2. Find stigning og fald i OT. Indfør det fundne molforhold i reaktionsskemaet i overensstemmelse med reglen om, at den samlede stigning og det samlede fald i OT er lige store.
3. Afstem ionladninger ved hjælp af H+(aq) i sur væske og OH-(aq) i basisk væske.
4. Afstem hydrogen og oxygen med H2O.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***En anden måde at afstemme redoxreaktioner på***

*Redoxreaktioner kan også afstemmes ved brug af halvreaktioner, som vist i et udsnit af den supplerende spændingsrække i ramme IX.4.*



*ramme IX.4*

*Den spontane redoxreaktion fremkommer altså ved at kombinere flg. halvreaktioner:*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *5 . {2 Cl-* |  | *Cl2+ 2 e-}* |

*Brug af den   
supplerende   
spændingsrække*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *2 . {MnO4- + 8 H+ + 5 e-* |  | *Mn2+ + 4 H2O}* |

*For at få elektronregnskabet til at stemme, skal øverste halvreaktion ganges med 5 og nederste halvreaktion skal ganges med 2. Herved overføres i alt 10 elektroner.*

*Bruttoreaktionen bliver som før:*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *16 H+(aq) + 2 MnO4-(aq) + 10 Cl -(aq)* |  | *2 Mn2+(aq) + 5 Cl2(g) + 8 H2O(l)* |

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*I større tabelværker findes en lang række halvreaktioner angivet i tabeller for de såkaldte standardreduktionspotentialer.*

*Eksempler på sådanne tabelsamlinger er:*

*DATABOG fysik kemi*

*HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS (Gummibiblen)*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_