



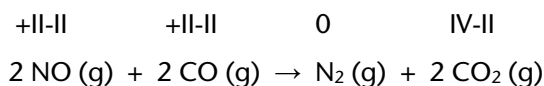
Afstemning af redoxreaktioner - teori

Når reaktionsskemaer for redoxreaktioner skal afstemmes, kan man bruge oxidationstal som hjælp idet det gælder at:

Den samlede stigning i oxidationstal er lig med det samlede fald

Eksempel på redoxreaktion der foregår i gasfase

Fx gælder følgende vedrørende oxidationstal for reaktionen der sker i en benzinbils tre-vejs-katalysator, hvor nitrogenoxider og carbonmonoxid omdannes til dinitrogen og carbondioxid i forbindelse med rensning af bilens udstødningsgas:



Reduktion - OT nitrogen (N): $2\downarrow \cdot 2 = 4\downarrow$

Oxidation - OT carbon (C): $2\uparrow \cdot 2 = 4\uparrow$

Det ses at den samlede stigning i oxidationstal for carbon modsvarer af det samlede fald i oxidationstal for nitrogen. To-tallet der ganges med begge steder, skyldes at der skal ganges med koefficienten 2, fordi nitrogen kommer i enheder af to når der dannes dinitrogen.

Reaktionsskemaer for redoxreaktioner der foregår i forbindelse med røgrensning, her udstødningsrøg, er ofte forholdsvis lette at gennemskue med hensyn til tildeling af oxidationstal og afstemning. Det skyldes at reaktionerne som regel foregår i en gasfase med deltagelse af et begrænset antal små molekyler.

Afstemning af redoxreaktioner i vandige miljøer

Hvis redoxreaktioner foregår i vandige miljøer, indgår der ofte ioner med atomer som kan eksistere i forskellige oxidationstal, der bl.a. afhænger af pH-forholdene. For at kunne afstemme sådanne reaktioner splittes afstemningen op i fem arbejds gange der udgør et samlet hele, se figur 1:



Figur 1. Afstemning af redoxreaktioner foregår i fem trin der udgør et samlet hele.

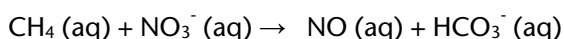


Fremgangsmåden er følgende:

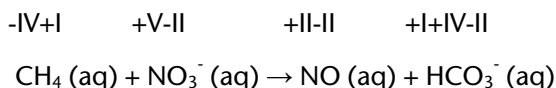
1. Opskriv de kemiske formler for de reaktanter og produkter der indeholder atomer, som skifter OT.
2. Tildel OT for de atomer som skifter oxidationstal.
3. Afstem reaktionsskemaet ved hjælp af koefficienter så den samlede stigning i OT er lig med det samlede fald i OT.
4. Afstem ladninger ved at tilføje H^+ i sur opløsning og OH^- i basisk opløsning på venstre side af reaktionsskemaet. I neutral opløsning afstemmes ladninger ved at tilføje H^+ eller OH^- på højre side af reaktionsskemaet.
5. Afstem O ved at tilføje H_2O , og kontroller derefter at H er afstemt.

I det følgende afstemmes et reaktionsskema for en redoxreaktion mellem metan og nitrat. Reaktionen foregår fx når nitratholdigt jordvand siver ned i undergrunden til steder, hvor forholdene er anaerobe, og pH er lav:

1. Opskriv de kemiske formler for de reaktanter og produkter der indeholder atomer som skifter OT.



2. Tildel oxidationstal for de atomer som skifter OT.



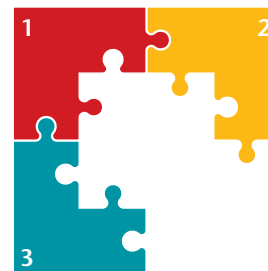
Det ses at det faktisk kun er carbon og nitrogen der skifter oxidationstal, så det er kun nødvendigt at se nærmere på disse:

Reduktion OT nitrogen: $3\downarrow$

Oxidation OT carbon: $8\uparrow$



3. Afstem reaktionsskemaet ved hjælp af koefficienter så den samlede stigning i OT er lig med det samlede fald i OT.



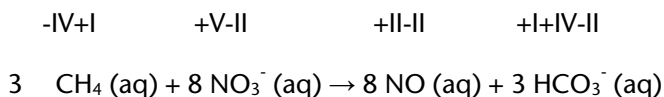
Der skal nu findes et fælles tal som både 3 og 8 går op i, så den samlede stigning kan svare til det samlede fald. I dette tilfælde vil det være tallet 24.

$$\text{Reduktion OT nitrogen: } 3\downarrow \cdot 8 = 24\downarrow$$

$$\text{Oxidation OT carbon: } 8\uparrow \cdot 3 = 24\uparrow$$

Tallet der ganges med, svarer til det antal atomer der skal bruges af det pågældende grundstof, for at stigning og fald i OT modsvarer hinanden. Det betyder med andre ord at hver gang der er 8 nitrogenatomer, så skal der bruges 3 carbonatomer for at reducere disse 8 nitrogenatomer med i alt 24 elektroner.

Derfor sættes nu koefficienten 3 foran methan og 8 foran nitrat. På produktsiden sættes 8 foran nitrogenoxid og 3 foran hydrogencarbonat for at antallet af hhv. N'er og C'er er ens på begge sider. Reaktionsskemaet ser nu således ud:



4. Afstem ladninger med H^+ i sur opløsning og med OH^- i basisk opløsning på venstre side af reaktionsskemaet. I neutral opløsning afstemmes ladninger ved at tilføje H^+ eller OH^- på højre side af reaktionsskemaet.

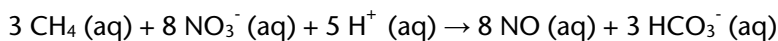


Der skal nu afstemmes ladninger i henhold til pH i opløsningen. I dette tilfælde blev det oplyst at reaktionen foregik ved lav pH, altså i et surt miljø, så her skal der afstemmes med hydroner. Der optælles ladninger på venstre og højre side af reaktionspilen:

Ladninger venstre side	Ladninger højre side
$8 \cdot (-1) = -8$	$3 \cdot (-1) = -3$

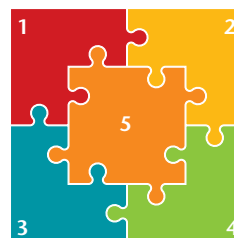


Det ses at der er flest negative ladninger på venstre side, og da der skal afstemmes med H^+ , tilføjes nu fem hydroner på reaktantsiden:



Nu stemmer antallet af nitrogen- og carbonatomer samt ladningerne. Men der mangler stadig at blive afstemt antal O- og H-atomer i reaktionsskemaet.

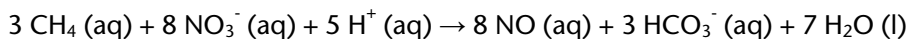
5. Afstem O ved at tilføje H_2O og kontroller derefter at H er afstemt.



Der optælles O-atomer på venstre og højre side af reaktionspilen:

O-atomer – venstre side	O-atomer – højre side
$3 \cdot 8 = 24$	$8 + 3 \cdot 3 = 17$

De ses at der mangler 7 O-atomer på produktsiden, og disse tilføjes ved at tilføje 7 H_2O på produktsiden:



Det kan nu kontrolleres at reaktionen er afstemt, ved at tælle om også antallet af H-atomer stemmer.

H-atomer – venstre side	H-atomer – højre side
$3 \cdot 4 + 5 = 17$	$3 + 7 \cdot 2 = 17$

Det stemmer!



Afstemning af redoxreaktioner - opgaver

1. Mange redoxreaktioner som foregår i vandige miljøer, finder fx sted på havbunden eller i forbindelse med grundvandsdannelse. Her hersker der ofte anaerobe forhold, og stoffer oxideres derfor af andre elektronacceptorer end dioxygen. Oftest forekommer der også en lav pH. I nogle tilfælde udføres processerne af mikroorganismer, mens de i andre tilfælde er rent kemiske. I det følgende er grundelementerne til disse reaktioner skrevet op, men de mangler at blive afstemt.

Afstem følgende reaktioner:

- a) $\text{H}_2\text{S}(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{NO}(\text{g})$ (surt miljø)
- b) $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{N}_2(\text{g})$ (surt miljø)

2. Grundvand indeholder jern(2+), og det er uønsket i drikkevand. Derfor luftes vandet i et vandværk hvorved jernionerne oxideres og omdannes til okker. Okker kan derefter filtreres fra.

Afstem følgende reaktion:

- c) $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}(\text{O})\text{OH}(\text{s})$ (surt miljø)