

Indgreb i ligevægte

Formål

At se resultater af forskellige indgreb i et kemisk ligevægtssystem.

Teori

I dette forsøg betragtede vi forskellige indgreb i et ligevægtssystem. Et ligevægtssystem er reaktion der så at sige "reagerer begge veje". Herved forstås at der er en reaktion fra reaktant til produkt, men også en omvendt reaktion fra produkt til reaktant. Hver af disse to reaktioner sker med forskellige hastigheder afhængende af mængden af stof (og andre variable, uddybes senere). Man siger at noget er et ligevægtssystem, hvis der reaktionspile begge veje i reaktionen. Man siger ydermere at der er indstillet "en ligevægt" i systemet hvis reaktionen fra reaktant til produkt er lige så hurtig som reaktionen fra produkt til reaktant. Dette skyldes, at de aktuelle stofmængdekonzentrationer vil være meget stabile for begge stoffer, og det virker derfor på første øjekast som om at der ikke sker noget i systemet, på trods af dette ikke er tilfældet. Når man skriver en ligevægtsreaktion op bruges symbolet " \rightleftharpoons " som reaktionspil. Er der indstillet en ligevægt bruges i stedet " \rightleftharpoons ".

Når man betragter ligevægte fra et mere generelt matematisk synspunkt siger man at en ligevægtsreaktion kan skrives på formen $aA + bB + \dots \rightleftharpoons cC + dD + \dots$, hvor de små bogstaver repræsenterer koefficienter og de store forskellige kemiske stoffer. Der behøver ikke være mere end et stof på den ene side.

Når man arbejder med ligevægte kan man udlede en "ligevægtskonstant". Dette er et tal som forholder sig konstant så længe temperaturen er konstant. Man definerer ligevægtskonstanten for et generelt

ligevægtssystem ($aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$) hvor ligevægten er indstillet som: $K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$. K_c er vores

symbol for ligevægtskonstanten og kasserne omkring stofferne betyder at vi snakker om den aktuelle stofmængdekonzentration ved ligevægten. K_c har forskellige enheder for hver enkel reaktion. Enheden kan beregnes ved: $M^{c+d+\dots-a-b-\dots}$. Det er altså derfor også muligt at få et rent tal ud hvis summen af koefficienterne på hver side er lig hinanden.

Man bruger denne "konstant" til at definere en ligevægtslov. Denne lov siger at reaktionsbrøken vil bevæge sig mod værdien af K_c . Ved reaktionsbrøken forstås " $\frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$ " for den generelle ligevægtsreaktion. Vi bruger symbolet " Y " for ligevægtsbrøken. Ligevægtsloven beskriver et ligevægtssystems reaktion på et indgreb ud fra forhold mellem K_c og Y :

- $K_c = Y$, ingen ændring da der her er ligevægt
- $K_c > Y$, der sker en forskydning imod produkterne
- $K_c < Y$, der sker en forskydning imod reaktanterne

Som sagt tidligere er ligevægtskonstanten kun konstant for en konstant temperatur. Hvis temperaturen i et system hæves vil systemet forskydes i endoterm og i exoterm hvis temperaturen sænkes. For ligevægtskonstanten har det den betydning at hvis temperaturen hæves og reaktionen mod højre er endoterm, så vil K_c stige. Omvendt vil den falde hvis reaktionen den er exoterm.

Franskmanden Le Chatelier beskrev et generelt princip for indgreb i en ligevægt. Han sagde: "Et ydre indgreb i et ligevægtssystem fremkalder en forskydning, som formindsker virkningen af indgrebet". Hermed forstås hvis reagere ved at sænke temperaturen ved at forskydes i endoterm retning. Man skal dog passe

på med at bruge dette princip, da man meget nemt kan komme til at drage forkerte konklusioner hvis princippet bruges som eneste argument.

Tilføres der en mængde stof til et system i ligevægt, siger Le Chateliers princip at der skulle forsvinde noget af dette stof. Dette passer også. Lad os for eksemplets skyld sige at der tilføres noget ekstra reaktant. Da vil reaktionsbrøken blive mindre da nævneren bliver større. Dette betyder at reaktionsbrøken bliver mindre end ligevægtskonstanten. Der siger ligevægtsloven at der vil ske en forskydning mod produkterne, og dermed forsvinder dele af det tilsatte stof.

Hvis temperaturen ændres i systemet siger Le Chateliers princip at temperaturen vil bevæge sig tilbage i retning af den oprindelige temperatur. Dette stemmer også overens med at systemet bør forskydes i endoterm retning hvis temperaturen øges og i exoterm hvis den falder.

Når der sker en ændring i volumen skal man holde tungen lige i munden når man bruger Le Chateliers princip. Bruger man den direkte skulle man nemlig mene at volumenet ændres, men dette er ikke muligt og vil derfor være en forkert konklusion. Derimod skal man kigge på molekylætheden i systemet. Ved en ændring af volumenet vil vi nemlig enten forøge tætheden ved at gøre volumenet mindre eller sænke tætheden ved at forstørre det. Dette giver også mening i forhold til reaktionsbrøken. Da en forøgelse eller en formindskelse af de aktuelle stofmængdekonzentrationer vil have klart størst indflydelse på den side med højeste molekyleantal og det vil fremprovokere en reaktion fra systemet.

Til dette forsøg betragtede vi ligevægten $Fe^{3+}(aq) + SCN^{-}(aq) \rightleftharpoons FeSCN^{2+}(aq)$. Denne ligevægt har fordelen at produktet har en stærk rød farve og at reaktanterne er farveløse, derved er det nemt at spotte forskydninger i systemet. I forsøget regner vi med at en mørkere rød farve af væsken betyder en forskydning mod produktet, og en mindre stærk farve vil betyde en forskydning mod reaktanterne.

Materialer og kemikalier

Til forsøget brugte vi:

- 7 reagensglas
- 2 100 mL bægerglas
- 250 mL konisk kolbe
- 100 mL måleglas
- 3 glasspatler
- 0,1 M KSCN(aq)
- 0,1 M $Fe(NO_3)_3$ (aq)
- $Fe(NO_3)_3$ (s)
- 0,1 M $AgNO_3$ (aq)
- $NaHSO_3$ (aq)
- Is

Metode

I alle syv reagensglas hældte vi en blanding af 15 mL kaliumthiocyanat, 15 mL jern(III)nitrat og 220 mL vand, så den tidligere beskrevne ligevægt indstilledes. Vi lavede derefter forskellige indgreb i glas nummer 2-7, således at vi havde nummer 1 til at sammenligne med. Derefter tog vi billeder af vores resultater.

Resultater

Alle glas starter med at være mørkerøde uden bundfald.

Glas nr.	Indgreb	Observation (evt. farveskift fra... til../udfældninger mm)
1	-	-
2	Opvarmning	Blev mere gennemsigtig
3	Nedkølning	Ingen synlige ændringer
4	Tilføjelse af reaktant ($SCN^-(aq)$ gennem tilføjelse af $KSCN(s)$)	Blev mørkere
5	Tilføjelse af reaktant ($Fe^{3+}(aq)$ gennem tilføjelse af jern(III)nitrat)	Blev en smule mørkere, ikke lige så mørk som den 4
6	Fjernelse af reaktant (ved at tilføje natriumhydrogensulfit og lade det reagere med jern(III)-ionerne.)	Blev efter kort tid fuldstændig gennemsigtig
7	Fjernelse af reaktant (ved at tilføje sølvnitrat og lade det reagere med thiocyanationerne.)	Fik hvidt bundfald og mistede alt rød farve
Bægerglas	Forøgelse af volumen (fortyndelse af opløsningen)	Blev mindre rød, men beholdt stadig noget farve.

Resultatbehandling

1. Da 1 var til reference er der intet at arbejde med her.
2. Her opvarmede glasset. Vi så at der skete en ændring i farven så den blev mere gennemsigtig. Dette stemmer overens med vores teori hvis der sker en modsat farveændring af glas 3, da vi på nuværende tidspunkt ikke ved om reaktionen er endo- eller exoterm. Dette fordi der ifølge vores teori skal ske modsat forskydning når temperaturen hæves i forhold til når den sænkes.
3. Her nedkøles væsken. Vi ser ingen reaktion. Dette stemmer ikke overens med vores teori, da vi måtte forvente at den blev mørkere. Dette kan dog skyldes at der ikke skete en ændring på meget mere end 20 grader Kelvin, hvor der med opvarmningen blev lavet en væsentligt større forskel, og at farveændringen derfor er så lille at vi ikke var i stand til at observere den.
4. Her tilføjes noget reaktant. Når der tilføjes noget på reaktantsiden, siger Le Chateliers princip, at der må komme mindre reaktant og dermed mere produkt. Dette bør derfor resultere i en mørkere farve. Dette giver også god mening i forhold til reaktionsbrøken. Den vil falde når stofmængdekonzentrationen af reaktanterne stiger, og derfor bør der ske en forskydning mod produkterne. Det er også det der sker, så dette resultat stemmer overens med teorien.
5. Her tilføjes igen reaktant, og det må ud fra samme argument som før derfor formodes at væsken bliver mørkere. Dette er også tilfældet, derfor stemmer dette glas også overens med teorien. Vi bemærkede, at der var mindre farveskift her. Dette kan bortforklares med, at en spatelfuld ikke er noget særligt præcist mål, og der derfor ikke er nogen sikkerhed for, at der er blevet tilsat lige meget.

6. Her bliver fjernet reaktant. Denne fjernelse sker i form af en redoxreaktion hvor jern(III)-ionerne reduceres af HSO_4^{2-} -ionerne: $\text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe}^{3+} + \text{HSO}_3^- \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$. Dette vil i teorien føre til, at der vil forsvinde produkt for at mindske indgrebets effekt. Dette fordi reaktionbrøken værdi stiger når nævneren bliver mindre, brøken bliver nu derfor mindre en ligevægtskonstanten. Det fører ifølge ligevægtsloven til en forskydning mod reaktanterne. Vi ville derfor formode at farven forsvandt eller mindskedes. Dette var også tilfældet. Derfor konkluderer vi, at dette også stemmer overens med teorien.
7. Her fjernes reaktant. Vi formoder derfor ud fra samme argument som før, at der må forsvinde farve. Hvilket også er tilfældet. Derfor stemmer den del at teorien overens. Vi bemærkede dog også bundfald. Dette stemmer også i overens med den teori vi besidder, da det tilsatte sølvnitrat danner et tungtopløseligt salt med thiocyanat: $\text{SCN}^-(aq) + \text{Ag}^+(aq) \rightarrow \text{AgSCN}(s)$

Bægerglas: Her forøges volumenet. Derfor skal der ifølge vores teori ske en forskydning mod den side med den højeste sum af molekyler. Dette er i dette tilfælde reaktantsiden med 2 mod 1 på produktsiden. En forskydning mod højre bør derfor medføre en mindre farvet væske. Dette var også tilfældet og derfor stemmer denne del også overens.

Hvis vi tror på at glas 3 blev mørkere, men bare så lidt så vi ikke kunne se det, kan vi nu bestemme hvilken vej reaktionen er endoterm. Da den må blive mørkere ved nedkøling, kan vi sige at den er exoterm. Det kan vi da der systemets reaktion på en nedkøling er opvarmning – alt forskydning i exoterm retning. Vi kan se at forskydningen sker mod højre, og derfor må reaktionen være exoterm mod højre.

Konklusion

Vi har i forsøget kigget på eksempler på alle typer indgreb i et kemisk ligevægtssystem. Næsten alle observationer har været i overensstemmelse med teorien, på nær en enkelt. Denne observation kan som skrevet også bortforklares og er i sig selv derfor ikke nok til at modvise teorien. Vi er derfor kommet frem til, at alt teori beskrevet i teoriafsnittet, ikke kan modvises og har vist sig at passe på alle vores forsøg. Vi har set at temperaturen, volumenet og stofmængdekonzentrationen kan forskyde en ligevægt og at de gør det langt hen af vejen inden for vores love.