**Kemisk ligevægt - indgreb i et ligevægtssystem**

Rapportøvelse

**Formål**

Formålet er at undersøge, hvorledes et kemisk ligevægtssystem påvirkes ved forskellige ydre indgreb.

**Teori**

Det undersøgte ligevægtssystem fremkommer ved en blanding af jern(3+) og thiocyanat. Både jern(3+) opløst i salpetersyre og thiocynat i vand er farveløse. Ved blanding af disse to ioner dannes en såkaldt kompleks ion (), som er rød. Ligevægtsblanding kan beskrives ved reaktionsskemaet:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Der kan dannes andre farvede komplekser, men dette lades ude af betragtning i denne journaløvelse.

Reaktionsskemaet er en reversibel reaktion hvilket vil sige, at reaktionen kan forløbe i begge retninger. For en sådan reaktion opstår der en kemisk ligevægt. Ligevægten er karakteriseret ved, at den fremadgående reaktion (mod højre) og den tilbagegående reaktion (mod venstre) forløber lige hurtigt. Dette betyder, at når det kemiske system er i kemisk ligevægt, sker der ingen ændringer i koncentrationerne af , og og derved heller ingen ændring i blandingens farve.

Ifølge ligevægtsloven gælder der ved ligevægt følgende:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

For et kemisk system defineres reaktionsbrøken ved:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Hvis man kender værdierne af koncentrationerne for jern(3+), thiocyanat og komplekset, kan reaktionsbrøken beregnes. Der vil generelt være tre muligheder for sammenhængen mellem og :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

I tilfældene (4) og (6) vil koncentrationerne af , og ændres, og dermed værdien af , således at reaktionsbrøken nærmer sig værdien af . Man siger, at det kemiske system bevæger sig mod en kemisk ligevægt. I tilfælde (5) er der kemisk ligevægt, det vil sige, talværdien af reaktionsbrøken er lig med ligevægtskonstanten .

Ligevægtskonstanten ’s størrelse afhænger **kun** af temperaturen. Den afhænger derimod ikke af ligevægts­kon­cen­tra­tio­nerne af jern(3+), thiocyanat eller det røde kompleks. Det er endvidere vigtigt at lægge mærke til, at mange forskellige sæt af værdier af koncentrationer af , og vil svare til værdien af , hvis de indsættes i (3).

Et kemisk system i ligevægt kan bringes ud af ligevægt ved et ydre indgreb. Der kan være tale om forskellige typer af indgreb. Der kan ændres på en af koncentrationerne af reaktanterne (her jern(3+) eller thiocyanat) eller produkterne (her komplekset). Endvidere kan alle koncentrationer ændres samtidig (fortynding), eller man kan ændre temperaturen. I forbindelse med sådanne ydre indgreb påvirkes det kemiske system. Det kommer ud af ligevægt. Systemet vil reagere på dette ved, at der sker reaktioner, således at den kemiske ligevægt genoprettes.

I forsøget skal undersøges hvorledes et kemisk system reagerer på ydre påvirkninger. **Der skal argumenteres både**

* kvalitativt ved brug af sammenhængene (2)-(6).
* og ud fra Le Chateliers princip: *”Et ydre indgreb i et ligevægtssystem fremkalder en forskydning, som formindsker virkningen af indgrebet.”* (BasisKemi B, side 41).

Kemiske reaktioner kan udveksle energi med omgivelserne, når de forløber. Ofte vil energiudvekslingen være i form af varme. Man taler om to typer reaktioner:

1. En **exoterm** reaktion, hvor reaktionen udvikler varme (omgivelsernes temperatur vokser).
2. En **endoterm** reaktion, hvor reaktionen forbruger varme (omgivelsernes temperatur aftager).

Hvis et ligevægtssystem opvarmes, vil ligevægten forskydes i reaktionens endoterme retning, indtil en ny ligevægt har indstillet sig. Hvis et ligevægtssystem afkøles, vil ligevægten forskydes i reaktionens exoterme retning, indtil en ny ligevægt har indstillet sig. Ligevægtskonstanten er derfor temperaturafhængig.

**Apparatur**

Små reagensglas og stativ, spatel, 100 mL konisk kolbe, plastpipetter, varmepistol (eller varmebad), is

**Kemikalier**

jern(3+)nitrat 0,1 m () i 0,5 m .

kalium(1+)thiocyanat 0,1 m ().

sølv(1+)nitrat 0,1 m ().

jern(3+)nitrat ().

kalium(1+)thiocyanat ()

ascorbinsyre(s)

**Eksperimentelt**

Først fremstilles ligevægtsblandingen. Ca. 1 mL 0,1 m afmåles med en plastpipette og overføres til en 100 mL konisk kolbe. Med en anden plastpipette afmåles ca. 1 mL 0,1 m , som overføres til den koniske kolbe. Herefter fyldes den koniske kolbe med demineraliseret vand til ca. 100 mL. Blandingen røres rundt, og den skal have en rød farve. 8 reagensglas fyldes med ca. 1,5 mL hver. Det første reagensglas, kaldes reagensglas nr. 1, og det bruges som referenceopløsning (ligevægtsblandingen inden indgreb) således, at man hele tiden kan iagttage ligevægtsblandingens oprindelige farve. De andre reagensglas med ligevægtsblandingen skal benyttes til at undersøge forskellige indgreb i ligevægten. Stil reagensglassene oven på et stykke hvidt papir.

**Husk:** Efter hvert indgreb skal anvendte spatler vaskes grundigt og tørres grundigt med papir.

I hvert enkelt tilfælde beskrives ændringen ved at sammenligne med referenceopløsningen.

**VIGTIGT:** Når man har lavet et forsøg, skal man IKKE GÅ VIDERE, før man har analyseret og forklaret observationerne (se spørgsmål under resultatbehandling til hvert forsøg).

1. **Tilsætning af jern(3+)nitrat**: Tilsæt **fast** jern(3+)nitrat til reagensglas nr. 2 med en spatel og rør rundt. Noter farveændring. (Hjælp: Der skal tilsættes en del før man rigtig kan se en virkning).
2. **Tilsætning af ascorbinsyre**: Ascorbinsyre reducerer jern(3+) til jern(2+). Sæt lidt ascor­binsyre til reagensglas nr. 3 og rør rundt. Noter farveændring.
3. **Tilsætning af thiocyanat**: Tilsæt fast kalium(1+)thiocyanat til reagensglas nr. 4 med spatel og rør rundt. Noter farveændring.
4. **Tilsætning af sølv(1+):** Sølv(1+) reagerer med thiocyanat på samme måde som fx chlorid, det vil sige, at der ved tilsætning af sølv(1+)nitrat dannes et (hvidt) bundfald af sølv(1+)thiocyanat.

Tilsæt et par dråber sølv(1+)nitrat til reagensglas nr. 5 og rør rundt.

1. **Fortynding af ligevægtsblandingen:** Reagensglas nr. 1 og 6 skal være lige ved siden af hinanden. Se ned gennem de to glas fra oven henholdsvis fra siden. Er farveintensiteten den samme?   
   Derefter fordobles rumfanget i reagensglans nr. 6 ved tilsætning af rent vand. Sammenlign igen farveintensiteterne fra oven (hvorfor ikke fra siden?).
2. **Temperaturens indflydelse:** Opvarm reagensglas nr. 7 med varmepistol/vandbad og i et vandbad med isvand placeres reagensglas nr. 8. Lad reagensglasset stå et stykke tid. OBS: Hvis det er svært at se ændringer i farven ved temperaturpåvirkninger, kan man lave en fortynding af referenceblandingen i bægerglasset (fx fordobling af volumen med demineraliseret vand) og hælde i tre nye reagensglas 1, 7 og 8. Hermed er farveintensiteten mindre og det er lettere at se farveændringer ved temperaturpåvirkning!

**Affald**

Alle opløsninger kan hældes beholderen mærket uorganisk surt.

**Resultatbehandling**

Et indgreb ændrer ved de oprindelige betingelser i ligevægtssystemet. Man skal i beskrivelsen af forsøget forestille sig, at denne ændring i første omgang ikke får systemet til at reagere yderligere, altså at situationen “fastfryses” umiddelbart efter indgrebet. Situationen analyseres så (hvilket indgreb er foretaget, det vil sige, er en koncentration forøget/formindsket, er temperaturen øget/mindsket osv.). Derpå ”gives slip”, så systemet kan reagere på indgrebet, og det observerer vi som en (eventuel) farve­ændring, og ud fra denne drages konklusionerne.

**Spørgsmål, som behandles efter hvert forsøg:**

I hvert af tilfældene 1) til 4) redegøres for følgende:

1. Hvilket stof ændrer koncentration, øges hhv. mindskes.
2. Hvordan ændres opløsningens farve?
3. I hvilken retning forskydes ligevægten?
4. Ændrer indgrebet reaktionsbrøken ’s værdi?
5. Ændrer indgrebet ligevægtskonstanten ’s værdi?
6. Forklar ligevægtens forskydning hjælp af ændringer i og .
7. Forklar ligevægtens forskydning hjælp af Le Chateliers princip.

For forsøg 5) diskuteres følgende spørgsmål:

1. Ændres ligevægtsblandingens farve ved fortynding? I givet fald: Hvordan?
2. Hvordan ændres koncentrationerne af , og ved fortynding?
3. I hvilken retning forskydes ligevægten?
4. Ændrer indgrebet reaktionsbrøken ’s værdi?
5. Ændrer indgrebet ligevægtskonstanten ’s værdi?
6. Forklar ligevægtens forskydning ud fra ændringer i og .

I forsøg 6) redegøres i hvert tilfælde for følgende:

Hvordan ændres opløsningens farve ved henholdsvis opvarmning og afkøling?

I hvilken retning forskydes ligevægten ved henholdsvis opvarmning og afkøling?

Ændrer indgrebet opvarmning hhv. afkøling reaktionsbrøken ’s værdi?

Ændrer indgrebet opvarmning hhv. afkøling ligevægtskonstanten ’s værdi?

Er dannelsen af komplekser (reaktion fra venstre mod højre) en exoterm eller endoterm reaktion?

Er ligevægtskonstanten størst eller mindst, når ligevægtsblandingen er i det varme vand?

Opsamling

* I hvilken retning forskydes en ligevægt, når der tilsættes en reaktant hhv. et produkt?
* I hvilken retning forskydes en ligevægt, når der fjernes en reaktant hhv. et produkt?
* I hvilken retning forskydes en ligevægt, når der fortyndes? Gælder konklusionen generelt?
* I hvilken retning forskydes en ligevægt, når der systemet afkøles hhv. opvarmes?