**Exoterme og endoterme reaktioner**

Journaløvelse

**Formål**

Formålet med forsøget er at undersøge om udvalgte reaktioner er exoterme eller endoterme reaktioner.

**Teori**

Når kemiske reaktioner forløber, udveksles der ofte energi i form af varme med omgivelserne. Det udnyttes fx ved afbrænding af olie i et oliefyr og naturgas i et gasfyr. Ved sådanne forbrændingsreaktioner afgives energi, som herefter kan udnyttes til opvarmning af vand. Det opvarmede vand transporteres derefter i radiatorer rundt i fx et hus. Ved forbrændingen sker der således en overførsel af varme til omgivelser - som derfor opvarmes. Men visse kemiske reaktioner kan ”trække” varme ud af dets omgivelser, således at omgivelserne afkøles.

I kemi skelnes mellem reaktioner, der afgiver energi til eller optager energi fra omgivelserne. Ved **exoterme reaktioner** afgives varme til omgivelserne, således at temperaturen i omgivelserne vokser. Ved **endoterme reaktioner** optages varme fra omgivelserne, således at temperaturen i omgivelserne aftager.

For kemiske reaktioner, som forløber i vand, kan det relativt nemt afgøres om en kemisk reaktion er exoterm eller endoterm. Man betragter vandet, hvori reaktionen forløber, som omgivelserne. Man måler herefter ændringen i vandets temperatur, for at afgøre om reaktionen er exoterm eller endoterm. Selvfølgelig er dette en forsimpling, fx opvarmes glasset, som indeholder vandet, også. Men forsimplingen bevirker, at det også er muligt relativt nemt at gennemføre beregninger i forbindelse med en reaktions forløb. Fra fysik kendes formel (1) til beregning af varmemængden, som et materiale optager (eller afgiver) ved en temperaturtilvækst:

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

hvor *m* er masse af stoffet, som fx optager varmeenergi, c er stoffets specifikke varmekapacitet og er temperaturtilvækst. Temperaturtilvæksten, , regnes i denne sammenhæng med fortegn. For vand er den specifikke varmekapacitet 4,2 .

Man ønsker af grunde, som vi ikke skal komme ind på her, at udvekslingen af varme mellem omgivelser og kemisk system (her den kemiske reaktion) skal defineres ud fra følgende betragtning: Tilført varme fra omgivelserne til det kemiske system (her reaktionen) skal regnes positiv, og varme, der afgives fra system til omgivelserne skal regnes negativt. Det betyder, at der gælder følgende:

Ved **exoterme reaktioner** er en negativ størrelse ().

Ved **endoterme reaktioner** er en positiv størrelse ().

Når vi i det følgende skal bruge ovenstående formel til beregning af ud fra eksperimenterne, klares spørgsmålet med fortegnet ved, at temperaturtilvæksten beregnes ud fra følgende formel:

I kemi indføres et begreb kaldet **entalpi**, som er tæt knyttet til varmeudveksling mellem et kemisk system (fx reaktionen) og dets omgivelser. Ved forløbet af en kemisk reaktion, hvor trykket holdes konstant, gælder, at tilvæksten i entalpi er lig med varmeenergien, der udveksles med omgivelserne, det vil sige:

I kemi kan vi derfor også angive om en reaktion er exoterm eller endoterm ud fra entalpitilvæksten ved en reaktion:

Exoterm reaktion:

Endoterm reaktion:

For en lang række kemiske forbindelser er størrelsen entalpi bestemt ud fra eksperimenter. Man kan ud fra disse tabellagte værdier beregne om en reaktion vil være exoterm eller endoterm[[1]](#footnote-1). Her gives et eksempel. Saltet natriumnitrat er et letopløseligt salt i vand (hvordan kan man vide dette?). Reaktionen er beskrevet ved

Beregning af tilvæksten i entalpi ud fra tabelværdier (læg mærke til at man lægger entalpierne for produkterne sammen og herfra trækker man summen af entalpierne for reaktanterne)

Beregningen viser således, at reaktionen er en endoterm reaktion, da . Det betyder, at når saltet natriumnitrat opløses i vand, ”trækkes” der varme ud af omgivelserne, og derfor afkøles vandet.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Stof |  |  |  |  |  |  |
| Molar standardentalpi () | -467,9 | -240,34 | -207,4 | -424,8 | -132,5 | -230,01 |
| Stof |  |  |  |  |  |  |
| Molar standardentalpi () | -365,6 | 0 | 64,9 | 0 | -153,39 |  |

**Apparatur**

vægt, glas-termometer, 25 mL bægerglas, 10 mL måleglas, spatel

**Kemikalier**

Kobber(2+)sulfat (1,0 m, ), saltsyre (1,0 m, ), natriumhydroxid (1,0 m, ), zinkpulver (, ammoniumnitrat (), natriumhydroxid (, demineraliseret vand.

**Eksperimentelt**

**Er reaktionerne exoterme eller endoterme?**

*Redoxreaktion: Kobber(2+)sulfat og zink*

10 mL 1,0 m kobber(2+)sulfat afmåles med måleglas og hældes op i et 25 mL bægerglas. Opløsningens temperatur måles. 0,68 g zinkpulver afvejes og tilsættes kobber(2+)sulfatopløsningen. Der røres rundt med termometret, samtidig med at der holdes øje med temperaturændringen. Den største temperaturændring noteres. Der bør ikke anvendes et ”metalbaseret” termometer.

Affald: Opsamles i surt, uorganisk.

*Opløselighedsreaktion: Ammoniumnitrat*

1,60 g ammoniumnitrat afvejes i et 25 mL tørt bægerglas. 10 mL vand afmåles med et måleglas, og vandets temperatur måles. De 10 mL vand hældes i bægerglasset, og der røres rundt med termometret, samtidig med at der holdes øje med temperaturændringen. Når al ammoniumnitrat er opløst aflæses temperaturen.

Affald: Hældes i vasken.

*Opløselighedsreaktion: Natriumhydroxid*

0,80 g natriumhydroxid afvejes i et 25 mL tørt bægerglas. 10 mL vand afmåles med et måleglas, og vandets temperatur måles. De 10 mL vand hældes i bægerglasset, og der røres rundt med termometret, samtidig med at der holdes øje med temperaturændringen. Når al natriumhydroxid er opløst aflæses temperaturen.

Affald: Hældes i vasken.

*Syre-base reaktion (neutralisation): Saltsyre og natriumhydroxid*

10 mL 1,0 m natriumhydroxid afmåles med et måleglas og hældes i et 25 mL bægerglas. Opløsningens temperatur måles. 10 mL 1,0 m saltsyre afmåles med et måleglas, og opløsningens temperatur måles. Gennemsnittet af de to temperaturer er ”temperaturen ved start”, som skal benyttes ved beregningerne.

Saltsyre hældes op i bægerglasset med natriumhydroxid, og der røres rundt med termometret, samtidig med at der holdes øje med temperaturændringen. Den største temperaturændring noteres.

Affald: Hældes i vasken.

**Resultater og efterbehandling**

***Redoxreaktion: Kobber(2+)sulfat og zink***

Opskriv reaktionsskemaet (hjælp: da kobber(2+)sulfat er et letopløseligt salt - hvordan kan vi se dette - benyttes kun kobber(2+) i reaktionsskemaet. Benyt spændingsrækken).

Forklar hvorfor der er tale om en redoxreaktion.

Beregn varmemængden , der udvikles ved forsøget, og bestem ud fra dette entalpitilvæksten ved forsøget, . (Hjælp: Antag at det kun er vandet som opvarmes, og densiteten af vand er 1,0 g/mL. Husk at omregn til kg, for at enhederne bliver korrekte).

Er reaktionen exoterm eller endoterm (begrund svaret)?

**Ekstra (kun hvis tid)**: Beregn ud fra tabelværdierne entalpitilvæksten. Er der kvalitativ overensstemmelse mellem eksperimentet og tabelberegningen? (hjælp: giver begge fremgangsmåder samme resultat med hensyn til reaktionstypen?)

Entalpitilvæksten beregnet ud tabelværdier har enheden kJ/mol. Det skal forstås pr mol reaktionsforløb. Den begrænsende faktor i forsøget er stofmængden af kobber(2+) (der er et lille overskud af zink). Divider entalpitilvæksten ved forsøget med stofmængden af kobber(2+), og sammenligning med den beregnede værdi ud fra tabelværdier. Hvorledes kan man forklare forskellen?

***Opløselighedsreaktion: Ammoniumnitrat***

Opskriv reaktionsskemaet.

Forklar hvorfor der er tale om en opløselighedsreaktion.

Beregn varmemængden , der udvikles ved forsøget, og bestem ud fra dette entalpitilvæksten ved forsøget, .

Er reaktionen exoterm eller endoterm (begrund svaret)?

**Ekstra (kun hvis tid):** Beregn ud fra tabelværdierne entalpitilvæksten. Er der kvalitativ overensstemmelse mellem eksperimentet og tabelberegningen? (hjælp: giver begge fremgangsmåder samme resultat med hensyn til reaktionstypen?)

Entalpitilvæksten beregnet ud tabelværdier har enheden kJ/mol. Det skal forstås pr mol reaktionsforløb. Den begrænsende faktor i forsøget er stofmængden af ammoniumnitrat. Divider entalpitilvæksten ved forsøget med stofmængden af ammoniumnitrat, og sammenligning med den beregnede værdi ud fra tabelværdier. Hvorledes kan man forklare forskellen?

***Opløselighedsreaktion: Natriumhydroxid***

Opskriv reaktionsskemaet.

Forklar hvorfor der er tale om en opløselighedsreaktion.

Beregn varmemængden , der udvikles ved forsøget, og bestem ud fra dette entalpitilvæksten ved forsøget, .

Er reaktionen exoterm eller endoterm (begrund svaret)?

**Ekstra (kun hvis tid):** Beregn ud fra tabelværdierne entalpitilvæksten. Er der kvalitativ overensstemmelse mellem eksperimentet og tabelberegningen? (hjælp: giver begge fremgangsmåder samme resultat med hensyn til reaktionstypen?)

Entalpitilvæksten beregnet ud tabelværdier har enheden kJ/mol. Det skal forstås pr mol reaktionsforløb. Den begrænsende faktor i forsøget er stofmængden af natriumhydroxid. Divider entalpitilvæksten ved forsøget med stofmængden af natriumhydroxid, og sammenligning med den beregnede værdi ud fra tabelværdier. Hvorledes kan man forklare forskellen?

***Syre-base reaktion (neutralisation): Saltsyre og natriumhydroxid***

Opskriv reaktionsskemaet.

Forklar hvorfor der er tale om en syre-basereaktion.

Beregn varmemængden , der udvikles ved forsøget, og bestem ud fra dette entalpitilvæksten ved forsøget, .

Er reaktionen exoterm eller endoterm (begrund svaret)?

Diskuter om dette gælder for alle reaktioner mellem syrer og baser.

**Afslutning:**

Beskrivelse af hvorledes man kan udføre et forsøg, som kan afgøre om en reaktion er exoterm eller endoterm.

1. Husk at størrelserne, der benyttes ved beregninger, oprindeligt er eksperimentelt bestemte. I sidste ende er spørgsmålet om en reaktion er exoterm eller endoterm således et eksperimentelt spørgsmål. Vi kan kun afgøre spørgsmålet ved beregninger, fordi andre tidligere har udført de relevante eksperimenter. [↑](#footnote-ref-1)