

KOMPENDIUM I KEMI

Af Marianne Berthelsen

Dette er en oversigt over **de vigtigste begreber** i KEMI. Den er derfor skrevet meget kort, hvilket betyder, at der henvises til lærebøger eller uddybende beskrivelser, såfremt man ønsker beskrivelser af de berørte områder.

DET PERIODISKE SYSTEM

Et *grundstof* består af ens atomer

Et *atom* består af en *kerne* og *et antal elektroner*. Elektronerne har en negativ elementarladning hver.

Kernen består af protoner, der er positivt ladede, og neutroner, der er neutrale.

Både protoner og neutroner har massen ca 1u mens elektroner har massen ca 0,0005u.

Opstillingen af grundstoffer i *Det Periodiske System* (DPS) er sket efter antallet af elektroner i atomet og som følge deraf af disses fordeling i skaller.

Læst *lodret* er systemet opdelt i **GRUPPER**:

Hovedgrupper 1 - 8 og

undergrupper 1 - 8.

Gruppe 1: alkalimetaller

(Gruppe 2: jordalkalimetaller)

(Gruppe 6: chalkogener)

Gruppe 7: halogener

Elektronstrukturen i den yderste skal er identisk for alle atomer i samme gruppe. Antallet af elektroner i den (evt. i de to) yderste skal(ler) er af afgørende betydning for grundstoffets kemiske egenskaber.

Dette kan anvendes:

- ved dannelsen af ioner ud fra et enkelt atom, idet størrelsen af ionens ladning er lig med det antal elektroner, der enten optages eller afgives for at opnå ædelgasstruktur (2 eller 8 elektroner i yderste

skal = *OKTETREGLER*).

- ved beregning/vurdering af *oxidationstal*, idet dette højst kan være lig gruppenummeret og mindst kan være lig gruppenummeret - 8.

Bemærk at oxidationstal kun er en gennemsnitsberegning, og man derfor kan have halve og hele tal, mens ladninger kun kan være små hele tal.

Læst *vandret* er systemet opdelt i **PERIODER**:

1. periode indeholder 2 grundstoffer

2. og 3. periode indeholder hver 8 grundstoffer

4. og 5. periode indeholder hver 18 grundstoffer

6. og 7. periode indeholder (kan indeholde) hver 32 grundstoffer

Når der startes på en ny periode, begynder der samtidig på en ny skal med elektroner med samme nummer som periodens nummer.

Der er en række faktorer, der ændres (næsten) regelmæssigt hen igennem det periodiske system. Her skal nævnes:

ATOMMASSEN:

den gennemsnitlige atomare masse *stiger* generelt fra nr 1 til slut i DPS (der er dog enkelte undtagelser, som skyldes den naturlige forekomst af isotoper)

ELEKTRONEGATIVITET:

er højest i øverste højre hjørne (minus dog ædelgasserne, d.v.s. højst for F),

er mindst i nederste venstre,

d.v.s. elektronegativiteten stiger fra venstre mod højre i en periode og falder fra oven og nedefter i en gruppe.

OPLØSELIGHED af SØLVHALOGENIDER:

opløseligheden af sølvhalogeniderne falder ned igennem gruppen. Lignende kan iagttages for sulfater i 2. hovedgruppe.

SYRESTYRKE af H_nX -syrer:

Syrestyrken af syrer som HF, HCl, HBr, HI og H_2O , H_2S ...stiger ned igennem en gruppe.

METAL - IKKE-METAL:

Metaller står til venstre for "trappen" ikke-metaller står til højre.

"Under trappen" står halvmetaller. Der er en glidende overgang fra venstre mod højre fra metalegenskaber til ikke-metalegenskaber.

RENE STOFFER OG BLANDINGER

Med et *rent stof* forstås kemisk, at stoffet kun består af én slags partikler, det vil sige ens atomer som for eksempel He eller ens molekyler som for eksempel O₂, H₂O eller CH₄.

En *blanding* består af to eller flere forskellige slags partikler: O₂ og N₂, CH₄ og H₂O eller bare luften i et lokale.

[Kemi går ud på at blande rene stoffer og blandinger med kendt indhold og så studere, **hvad** der sker **hvordan** og **hvor hurtigt!**]

KEMISK BINDING

En *kemisk forbindelse* består af to eller flere forskellige atomer bundet sammen med en kemisk binding.

Man taler om *atomer og molekyler*, der er uladede partikler og *ioner* der er ladede partikler. Desuden findes *radikaler*, der er partikler med et ulige antal elektroner.

Der er flere forskellige bindingstyper. Selvom man i teorien kan inddele kemiske forbindelser efter bindingstype, er der i virkeligheden glidende overgange mellem alle typer.

BINDINGSTYPER:

- *ionbinding* dannes mellem ioner med modsat ladning. Stoffer med ionbinding krystalliserer i et *iongitter*, og disse forbindelser kaldes også ofte *salte*. Forbindelser af denne type er *faste stoffer med høje smelte- og kogepunkter*. De har ledningsevne i flydende tilstand (smeltede).

Normalt er *salte letopløselige i polære opløsningsmidler* som for eksempel vand, idet ionerne kan frigøres fra iongitteret og bevæge sig ud i vandet, hvor vandmolekylerne knytter sig til dem (der dannes hydratiserede ioner, som vi skriver Cu²⁺(aq)). Der er imidlertid undtagelser, nemlig de såkaldte tungtopløselige salte.

- *molekylbinding eller covalent binding* dannes mellem atomer, der har et eller flere *elektronpar* fælles. Herved dannes molekyler, der kan udskristallisere i et *molekylgitter*. Disse forbindelser har meget varierende, men *relativt lave smelte og kogepunkter*. De er derfor ofte gasser eller væsker ved stuetemperatur, hvis de består af små molekyler. *Jo*

større molekyler, der er tale om, des højere kogepunkt vil de ofte have (masse, overflade og symmetri kan være afgørende). Kogepunkterne bliver relativt højere, hvis der er mulighed for at danne hydrogenbindinger (kun ved N, O og F). Meget store molekyler og forbindelser med hydrogenbindinger vil derfor ofte være faste stoffer ved alm. tryk og temperatur.

***Polære** molekyler opløses normalt let i polære opløsningsmidler som vand og ethanol, mens upolære molekyler opløses let i upolære opløsningsmidler som for eksempel benzin (= lavere alkaner som hexan og heptan).*

- ***metalbinding** dannes mellem metaller. Det kaldes en **legering**, hvis flere metaller indgår.*

*Metaller er som regel faste stoffer og krystalliserer i **metallgitter**. **Smeltepunkter og kogepunkter er meget varierende**, men de grundstoffer, der er metaller, er alle faste undtagen Hg (og Fr).*

*Karakteristiske **metalegenskaber** er: **elektrisk ledningsevne, varmeledningsevne og metalglans.***

Metaller opløses sjældent i andet end andre metaller, med mindre der samtidig sker en kemisk reaktion. I så fald kan metaller, der står før H i spændingsrækken opløses i fortyndet syre, mens metaller, der står efter H i spændingsrækken kun kan opløses i oxiderende syre eller i kongevand. Natrium kan opløses i syren vand.

- ***atombinding** er et ældre navn for en **covalent binding**. Såfremt atomer er bundet sammen med en covalent binding i et uendeligt gitter kaldes dette et **atommgitter**. Det kendes fra diamant og grafit samt sand. Da dette på en måde er et uendelig stort molekyle betyder det, at forbindelser af denne art har særdeles **høje smelte- og kogepunkter**. De er tungtopløselige i alle gængse opløsningsmidler.*

REAKTIONSTYPER-REAKTIONSSKEMAER

Opskrivning og afstemning af reaktionsligninger følger et ganske bestemt mønster.

For det første skal man vide hvilke stoffer, der reagerer.

Det vil sige, at første punkt er:

1. Opskrivning af udgangsstoffer og reaktionsprodukter.

Man skriver kun de stoffer, der reagerer! Det vil sige at opløsningsmidler som for eksempel vand kun medtages, hvis det faktisk indgår i reaktionen.

I nogle tilfælde kan det være hensigtsmæssigt at angive på hvilken form de reagerende stoffer findes:

(s) for fast stof

(l) for væske

(g) for gas

(aq) for vandig opløsning

Man skelner her mellem en "stofligning" med hele uladede formler og en "ionligning", hvor kun de reagerende ioner og molekyler opskrives.

For god ordens skyld:

- et symbol for et atom består af *et stort evt. efterfulgt af et lille bogstav*,
- 2 eller flere symboler skrevet ved siden af hinanden uden mellemrum betyder at de enkelte atomer er bundet til hinanden i én enhed med en kemisk binding.
- et tal skrevet foran: 2 Cl betyder 2 stk chloratomer, mens
- et tal skrevet for neden til højre: Cl₂ betyder 1 stk chlormolekyle,
- består forbindelsen af flere slags atomer bundet sammen kan det skrives således: Fe₂O₃.

Det betyder altså én enhed, der består af 2 jernatomer og 3 oxygenatomer, som er bundet til hinanden med kemiske bindinger.

Det er ikke altid, man ved hvilke forbindelser, der dannes. Man må så analysere produktet. I almindelighed konkluderer man ud fra sin kemiske viden om de enkelte stoffer, hvilke mulige reaktionsprodukter, der er. Normalt vil man få meget af "de væsentlige forbindelser". Derudover vil man ofte få biprodukter og restprodukter. (Sammenlign for eksempel fremstilling af en burger med pommes frites). I andre tilfælde anvender man analytisk kemi til at undersøge, hvilke reaktionsprodukter, der faktisk blev dannet. Dette kræver både tid, mandskab og dyrt apparatur. Så i almindelighed må man basere sine antagelser på andres undersøgelser!

Da der i kemiske reaktioner ikke sker grundstofforvandling, er en anden grundregel at:

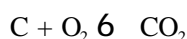
2. *I en reaktionsligning indgår altid lige mange atomer af hver slags på begge sider af reaktionspilen.*

Denne regel hedder også "Loven om massens konstans", idet det betyder, at den samlede masse efter reaktionen er lig den samlede masse før reaktionen.

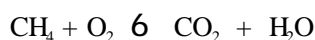
Afhængig af hvilken reaktion, man ser på, følges forskellige regler for den videre afstemning.

I lette tilfælde kan man blot prøve sig frem ved at gange op med tal foran indtil det stemmer.

Eksempel:



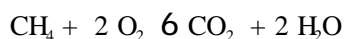
stemmer umiddelbart, men



stemmer ikke. Her skal vi have $2\text{H}_2\text{O}$ på højre side for at gøre rede for de 4 H'er på

venstre side. Så har vi brugt ialt 4 O'er. Da disse kommer som O_2 molekyler betyder det, at

vi skal have 2 O_2 molekyler på venstre side. Altså bliver resultatet:



Man kan nu kontrollere at regel 2 er overholdt:

	C	H	O
VS	1	4	4 (på venstre side af pilen)
HS	1	4	4 (på højre side af pilen)

Der er i princippet 3 væsentlig reaktionstyper, nemlig:

fældningsreaktioner (og "opløselighedsreaktioner"), syre-basereaktioner (=protolyse-reaktioner) og

redoxreaktioner (herunder forbrænding). Indenfor organisk kemi anvender man derudover en

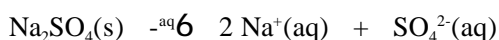
supplerende række reaktionstyper, der bedre beskriver denne del af kemien.

Fældningsreaktioner

Ved en fældningsreaktion dannes *et tungtopløseligt salt*.

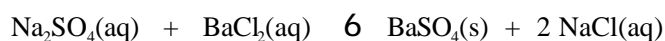
Ved en "opløselighedsreaktion" opløser vi et fast stof i et opløsningsmiddel.

Normalt opløser vi letopløselige salte i vand under dannelse af hydratiserede ioner. Det kan skrives på følgende måde:

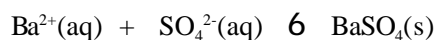


Skriver vi en fældningsreaktion kan det enten gøres med en

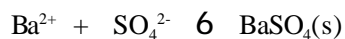
stofligning:



eller som en *ionligning*:



eller evt. endnu kortere:



idet det her er underforstået, at ionerne er opløst i vand.

Regler for opløselighed:

- Natrium-, kalium- (=alkalimetal) og ammoniumsalte er letopløselige,

- Nitrate er letopløselige

- mange chlorider, bromider, iodider (= halogenider) er letopløselige,

undtagelser: sølvhalogenider,

- adskillige sulfater er letopløselige,

undtagelser: sulfater af Ca, Sr og Ba.

mere generelt: salte af stærke syrer er normalt letopløselige, salte af svage syrer er normalt tungtopløselige i vand.

Man kan ved titrering bestemme koncentrationen af en ion i en opløsning, hvis den med en anden ion kan danne et meget tungtopløseligt salt. Dette kaldes en fældningstitrering.

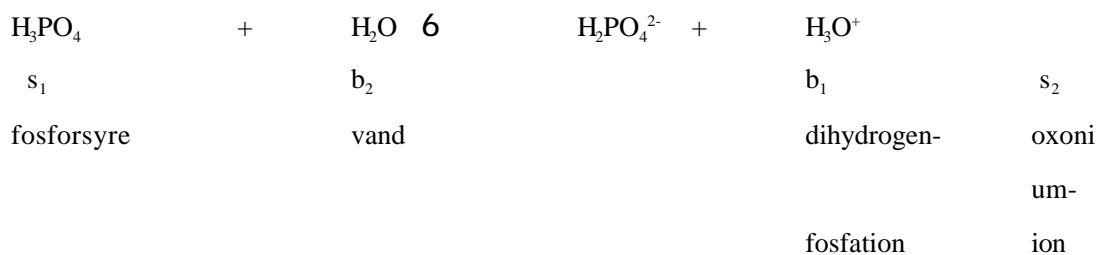
Syre-basereaktioner

Ved en syre-basereaktion overføres en proton fra en syre til en base, deraf navnet protolyse.

En syre er et stof, der kan afgive en proton, en base er et stof, der kan optage en proton. Syrer og baser kaldes med et fælles navn protolytter. Stoffer, der både kan afgive og optage protoner kaldes amfolytter.

Stoffer, der kan afgive/optage flere protoner efter hinanden kaldes divalente, trivalente....o.s.v. polyvalente.

Ved en protolyse overføres *én* proton:



s_1 og b_1 samt b_2 og s_2 kaldes korresponderende syre-basepar.

En stærk syre/base er fuldstændig protolyseret i vandig opløsning, en svag er kun delvist protolyseret.

(Hvis en syre har en lille pK_s ($< ca\ 0$) er den stærk. Se tabellen i kemilokalet - eller DATABOGEN - de stærke syrer står øverst, de svage nederst.)

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

$$pOH = -\log [OH^-]$$

$$pK_w = pH + pOH = 14, \text{ hvilket findes ud fra vands autoprotolyse.}$$

En sur opløsning har $pH < 7$ og der er $[H_3O^+] > [OH^-]$

En basisk opløsning har $pH > 7$ og der er $[H_3O^+] < [OH^-]$

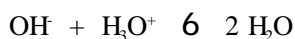
En basisk opløsning har $6 < pH < 8$ (eller $pH = 7$) og der er $[H_3O^+] = [OH^-]$.

En opløsnings pH er afhængig af syrens/basens styrke OG af koncentrationen af denne i den vandige opløsning.

pH i en stærk syre kan findes som $pH = -\log c_s$.

pOH i en stærk base kan findes som $pOH = -\log (n c_b)$, hvor n er antallet af OH-grupper i basen.

Man kan bestemme en syres/bases koncentration i en opløsning ved at titrere den med en stærk base/syre med kendt koncentration. Ækvivalenspunktet kan findes kolorimetrisk (d.v.s. med indikator) eller potentiometrisk (d.v.s. vi måler pH løbende under tilsætningen). Herefter bestemmes den ukendte koncentration C_s ud fra:



$$n_b = n_s$$

$$n_b = C_b * V_b = C_s * V_s (= n_s)$$

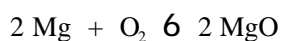
Man skal kunne navn og formel på de syrer og baser, der er nævnt i bogen.

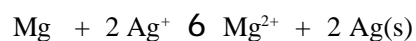
Redoxreaktioner

Ved en redoxreaktion overføres én eller flere elektroner fra et reduktionsmiddel til et oxidationsmiddel.

Reduktionsmidlet bliver selv oxideret (d.v.s. det afgiver elektroner) mens oxidationsmidlet selv bliver reduceret (d.v.s. det optager elektroner).

Simple redoxreaktioner er forbrændinger og reaktioner mellem metal og metalion:





Mere komplicerede redoxreaktioner involverer sammensatte ioner og selve reaktionens forløb er ofte afhængig af pH.

For at afstemme den slags reaktioner benytter man:

- oxidationstal* - der "tæller elektroner" i det enkelte atom('s yderste skal)
- afstemningsregler* - der først afstemmer det samlede fald i OT mod den samlede stigning, dernæst afstemmer ladninger, så den samlede ladning på højre side er lig den samlede ladning på venstre side
- til sidst afstemmer H og O atomer - idet alt andet bør stemme inden da.
(Ellers er der en fejl).

STØKIOMETRI

Støkiometri er (en del af) den kvantitative (d.v.s. talmæssige) behandling af kemien.

Man skal huske:

- at reaktionsligningen angiver molforholdene, d.v.s. forholdet mellem de indgående stofmængder
- at regne med størrelsesligninger, så enhederne altid kan checkes.

Ellers skal man bare kunne:

- *beregning af molar masse M for en partikel, når man kender den kemiske formel*
- *beregning ud fra de matematiske formler:*
 $m = n \cdot M$ (bruges især ved faste stoffer)
 $n = C \cdot V$ eller $n = [A] \cdot V$ (bruges ved opløsninger)
% er per 100, masse-procent, hvis der regnes i gram og volumen-procent, hvis det er rumfang.
- *For væsker skal man kende massefylden for at kunne omregne fra masse til volumen og omvendt.*
- *For gasser skal man kende tryk og temperatur og så benytte idealgasloven:*
 $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

STOFKEMI

Stofkemi er læren om, hvor de enkelte grundstoffer forekommer i naturen, deres vigtigste kemiske egenskaber og hvordan visse af deres kemiske forbindelser fremstilles, anvendes, "smides væk" og nedbrydes. (For god ordens skyld: væk findes ingen steder! bortset fra de gasser, der forsvinder ud af atmosfæren).

Stofkemien inddeles i *organisk kemi* og *uorganisk kemi*.

Organisk kemi er carbonforbindelsernes kemi (undtagen CO, CO₂ og carbonater). Uorganisk kemi er alle øvrige grundstoffers kemi.

UORGANISK STOFKEMI

Den uorganiske stofkemi er i vid udstrækning indeholdt i den almene kemi i moderne kemibøger.

Derudover fokuseres især på svovl og nitrogen og den rolle, de spiller som forbrugskemikalier og som forureningskomponenter.

Man skal hæfte sig ved:

- Naturlig forekomst
 - evt. renfremstilling
- Placering i Det Periodiske System
 - antal elektroner i den yderste skal,
 - mulige oxidationstal
 - mulige bindingsforhold i forskellige forbindelser (eks: ionbinding som i Na₂S, polær covalentbinding som i H₂S)
- Eksempler på de vigtigste forbindelser, og disses
 - forekomst og/eller industrielle fremstilling
 - anvendelse
 - egenskaber: koge-/smeltepunkter, opløselighed, syre-baseegenskaber, redoxegenskaber
 - evt. giftige eller forurenende egenskaber (i givet fald redegøres for hvilke effekter, der er værst, samt væsentligste kilder)
 - evt. kredsløb - men husk det er kemi og ikke biologi

OVERSIGT OVER ORGANISK KEMI

Den organiske kemi læres traditionelt ved, at man lærer typiske kemiske egenskaber for de enkelte stofgrupper. Eksempler på udvalgt stofgrupper:

Carbonhydrider (kulbrinter)

Alkylhalogenider

Alkoholer

Carboxylsyrer

Estere

Aminer

Aminosyrer

Amider

Lidt om carbonhydriderne (Check den uddybende teori i en lærebog):

	Mættede	Umættede	Aromatiske
Alifatiske	<p>Alkaner: C_nH_{2n+2}</p> <p>Tetraeder omkring C</p> <p>Kan <i>substituere</i> et H med et brom, herved dannes alkylbromid</p> <p>NB: Strukturisomeri</p> <p>Navngivning (-an) eks.: methan...decan</p> <p>Brænder med en gul ikke særligt sodende flamme.</p>	<p>Alkener: C_nH_{2n}</p> <p>Plan omkring de to C'er</p> <p>Kan <i>addere</i> et brommolekyle under sprængning af dobbeltbindingen => alkylbromid</p> <p>NB: cis-trans-isomeri</p> <p>Navngivning (-en)</p> <p>Brænder med noget sodende gul flamme</p>	nej
		<p>Alkyner: C_nH_{2n-2}</p> <p>Lineær omkring de 2 C'er</p> <p>Indeholder trippelbinding</p> <p>Kan <i>addere</i> op til to brommolekyler</p> <p>Navngivning (-yn)</p> <p>Brænder med sodende gul flamme</p>	nej
Cycliske	<p>cycloalkaner</p> <p>se ovenfor</p> <p>eks. cyclohexan</p>	<p>cycloalkener</p> <p>se ovenfor</p> <p>eks. cyklohexen</p>	<p>benzen, toluen samt benz-pyrener.</p> <p>Stillingsisomeri er ikke særlig reaktionsvillig, men kan (langsomt) deltage i substitution med brom eller andet.</p> <p>Brænder med stærkt sodende flamme.</p> <p>Flere er kendte cancerogener (=kræftfremkaldende)</p>

Lidt om forbindelser, der indeholder oxygen:

	på alkaner	på alkener	på aromatiske
Alkoholer	<p>Indeholder en hydroxy-gruppe; -OH</p> <p>kaldes:</p> <p>methanol,</p> <p>Kendes fra ethanol.</p> <p>Er giftige.</p> <p>Er gode opløsningsmidler. Brænder med en blålig ikke sodende flamme.</p>	<p>(Kaldes enoler.</p> <p>Har egenskaber både som alkoholer og som alkener).</p>	<p>(Kaldes phenoler, opkaldt efter phenol: C_6H_5OH.</p> <p>reagerer anderledes end alkoholer).</p>
Carboxylsyrer	<p>Indeholder en carboxylsyregruppe: -COOH</p> <p>er svage syrer</p> <p>kendes fra eddikesyre, smørsyre og f.eks. kokosfedtsyre (i cremer)</p>		<p>(Kendes fra benzoesyre, der benyttes som konserveringsmiddel i syltetøj og lignende).</p>
Estere	<p>Indeholder gruppen:</p> <p>$R-[O-CO-]R'$</p> <p>(R = alkylgruppe)</p> <p>Findes naturligt i mange fedtstoffer og duftstoffer.</p> <p>Kan dannes ved reaktion mellem en alkohol og en syre.</p> <p>(Syren kan være en uorganisk syre, hvilket er tilfældet med adskillige pesticider).</p>		

Lidt om organiske forbindelser, der indeholder nitrogen:

	på alkaner	på alkener	på aromatiske
Aminer	<p>Indeholder en amino-gruppe; -NH₂</p> <p>kaldes:</p> <p>methylamin,</p> <p>er svage baser</p> <p>Er ofte kraftigt lugtende, letflygtige forbindelser.</p> <p>Der findes primære aminer:</p> <p>R-NH₂</p> <p>sekundære aminer:</p> <p>R₂NH</p> <p>og tertiære aminer:</p> <p>R₃N</p> <p>samt kvaternære ammoniumioner:</p> <p>R₄N⁺</p>		<p>Den simpleste er anilin:</p> <p>C₆H₅NH₂ eller phenylamin.</p> <p>Aromatiske aminer er svagere baser end alifatiske aminer.</p>
Aminosyrer	<p>Indeholder en carboxylsyregruppe: -COOH</p> <p>og en aminogruppe: -NH₂</p> <p>For de essentielle aminosyrer i 2-stilling (eller "α"-stilling til syregruppen)</p> <p>er både syrer og baser, kendes fra glycin mv. er byggesten i proteiner</p>		
Amider	<p>Indeholder gruppen:</p> <p>R-[NH-O-CO]R'</p> <p>findes bl.a. i proteiner.</p> <p>Kan formelt dannes ved reaktion mellem carboxylsyre og amin.</p>		

--	--	--	--