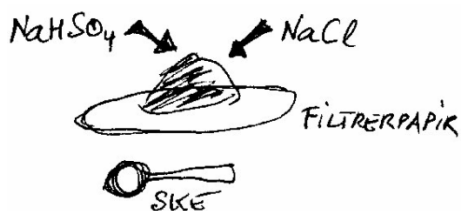


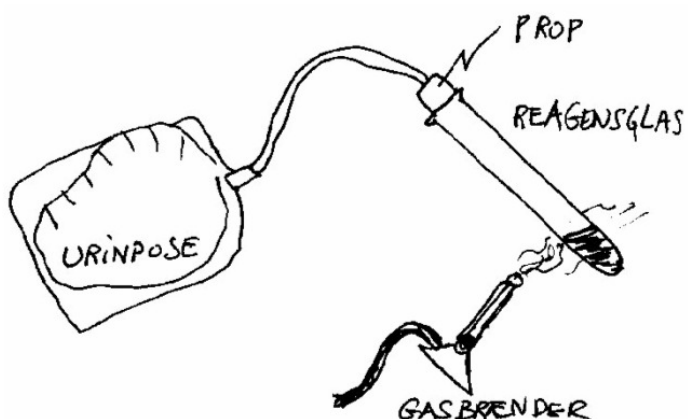
Ionforbindelser



Fremstilling af HCl-gas



2 teskefulde vandfrit natriumhydrogensulfat blandes med 1 teskefuld natriumchlorid på et stykke filtrerpapir og hældes i et reagensglas.



Der laves en opstilling som vist på tegningen og reagensglasset varmes forsigtigt op. Der stoppes, når urinposen er halvt fuld.

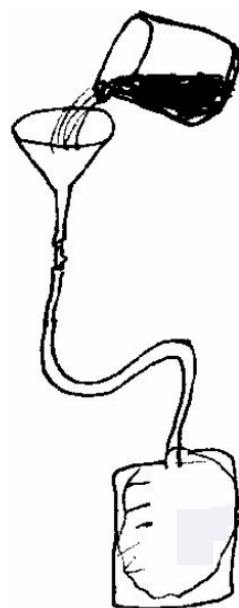
Der skal udvises stor forsigtighed, da HCl-gassen, er meget aggressiv.

Fremstilling af saltsyre

Der monteres en tragt på urinposen, og der hældes 20 ml vand fra bægerglasset som vist på tegningen. Bedøm opløseligheden af HCl-gas og læg mærke til, hvad der sker ved temperaturen.!

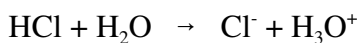
Den dannede væske er saltsyre.

pH-værdien for den dannede saltsyre måles.



Saltsyre

Når HCl-gas opløses i vand, dannes der saltsyre. Gassen er letopløselig i vand. Hvad der sker, når HCl-molekylerne reagerer med vandmolekylerne, kan forklares ved følgende reaktionsskema:



HCl-molekylet fraspalter altså H^+ -ioner, der bindes til H_2O .

Ved reaktionen stiger temperaturen.

Man skriver oftest reaktionsskemaet på en forenklet måde, idet man undlader at medtage H_2O på venstre side af pilen og nøjes med at skrive H^+ i stedet for H_3O^+ -ionen på højre side af pilen.

Det forenklete (men ikke helt rigtige) reaktionsskema kommer derfor til at se således ud:



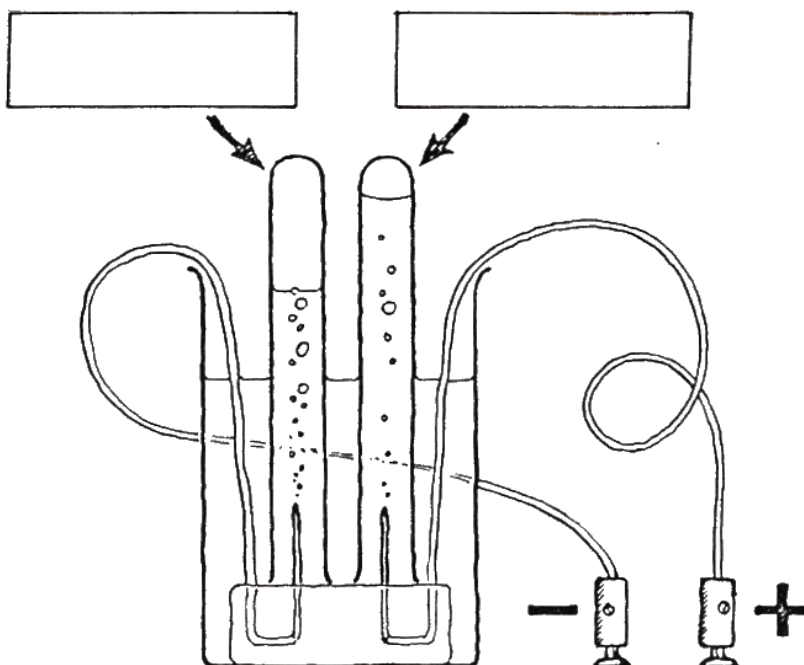
En flaske med saltsyre indeholder derfor:

	H^+	hydrogenioner (egentlig H_3O^+ -ioner)
	Cl^-	cloridioner
og	H_2O	vandmolekyler

Elektrolyse af saltsyre

Ionerne kan påvises, da de gør opløsningen elektrisk ledende.

Hæld ca. 50 ml fort. saltsyre i et elektrolyseapparat. Fyld næsten helt op med vand. fyld vand (eller fort. saltsyre) i mikoreagensglassene og anbring dem omvendt over elektroderne. Led strøm gennem elektrolyseapparatet, som vist på tegningen. Find ud af, hvad der dannes ved de to elektroder.



Opløsningen kan lede strømmen, fordi

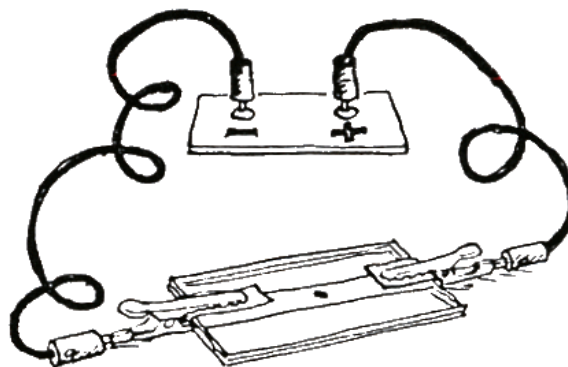
_____ vandrer mod plus-elektroden

_____ vandrer mod minus-elektroden

Den sure positive ion

Et 10 cm stykke universalindikatorpapir vådes med saltvand og lægges til afdrypning på et stykke filterpapir.

En tråpind fugtes med saltsyre, og med den sættes forsigtigt en lille rød plet midt på indikatorpapiret. pletten må ikke være mere end 3-4 mm i diameter.



Indikatorpapiret anbringes mellem to glasplader, som vist på tegningen, og forbindes med to krokodillenæb til strømkildens plus- og minuspol. (Spænding ca. 20 V=).

Efter ca. 10 min kan man se at den røde plet har flyttet sig.

Hvilken pol vandrer pletten mod? _____

Hvilken ion er årsag til den sure virkning hos saltsyre? _____

NaOH - en base

Natriumhydroxid, NaOH, er et fast hvidt stof, der kan købes i form af små perler, der ofte sælges under navnet "Ætsnatron" eller "Kautisk soda".

Det er letopløseligt i vand; men det skal foregå forsigtigt, da det bliver meget varmt ved opløsningen.

Natriumhydroxid sælges også som opløsning under navnet "Natronlud" og indgår som bestanddel i mange kloakrensere.

En opløsning af Natriumhydroxid leder elektrisk strøm lige så godt som fortyndet saltsyre, og må derfor bestå af ioner.

Natriumhydroxid indeholder ionerne



natriumioner
hydroxidioner

Den basiske ion.

Den basiske ion kan påvises på samme måde som den sure ion.

Forsøget øverst på denne side gentages, idet der blot sættes en blå plet med fortyndet natriumhydroxid i stedet for saltsyrepletten.

Hvilken pol vandrer pletten mod? _____

Hvilken ion er årsag til den basiske virkning hos natriumhydroxid? _____

Natriumclorid

Natriumclorid, som også kaldes køkkensalt eller stensalt, indeholder Na^+ -ioner og Cl^- -ioner. Det var natriumclorid, vi brugte, da vi fremstillede hydrogenclorid.

H^+ , Na^+ , OH^- og Cl^-

Du skal lave nogle forsøg med følgende opløsninger:

Saltsyre (HCl), som indeholder H^+ , Cl^- og H_2O .

Natriumclorid (NaCl , saltvand), som indeholder Na^+ , Cl^- og H_2O .

Natriumhydroxid (NaOH), som indeholder Na^+ , OH^- og H_2O .

I skemaet kan du se, hvad du skal lave.

I felterne skal du skrive, hvad der sker ved forsøgene, også når der ikke sker noget.

Lav først forsøg A med alle tre opløsninger, så B osv.

	Saltsyre H^+ Cl^-	Natriumclorid Na^+ Cl^-	Natriumhydroxid Na^+ OH^-
A. Mål pH-værdi med universalindikator-papir.			
B. Tilsæt en dråbe phenolphthalein.			
C. Dyp et rent glastrør i opløsningen og hold den inde i en gasflamme i få sekunder. Noter flammefarven.			
D. Tilsæt lidt kobbersulfat-opløsning, CuSO_4 .			
E. Tilsæt et par dråber sølvnitrat-opløsning, AgNO_3 .			

Når du har lavet alle forsøgene, skulle du være i stand til at se, hvilken ion, der er årsag til hver enkelt reaktion.

Skriv i hvert felt, hvor der er sket en reaktion, hvilken ion der er årsag til reaktionen.

De stærke syrer

HCl er i en vandig opløsning helt omdannet til H^+ -ioner og Cl^- -ioner. Man siger at HCl er fuldstændig ioniseret (= fuldstændig omdannet til ioner).

I saltsyre er der altså ingen HCl molekyler, men kun H^+ -ioner, Cl^- -ioner og vandmolekyler. Jo flere vandmolekyler jo mere fortyndet er saltsyren.

Syrer, der som saltsyre er fuldstændig ioniseret, kaldes for stærke syrer. Der er to andre stærke syrer, du skal kende, nemlig svovlsyre, H_2SO_4 , og salpetersyre HNO_3 .

De stærke syrers reaktion i vand:

Syrens formel	Ioner			Syrerestens navn
HCl	$\rightarrow$	H^+	$+$ Cl^-	clorid-ion
H_2SO_4	$\rightarrow$	2H^+	$+$ SO_4^{2-}	sulfat-ion
HNO_3	$\rightarrow$	H^+	$+$ NO_3^-	nitrat-ion

Alle opløsninger af syrer ligner hinanden, da de alle indeholder H^+ -ioner. Men syrernes negative ioner, der kaldes for syrerest-ioner, er forskellige.

Du skal lave nedenstående forsøg med de tre stærke syrer.

	Saltsyre $\text{H}^+ \text{Cl}^-$	Svovlsyre $2\text{H}^+ \text{SO}_4^{2-}$	Salpetersyre $\text{H}^+ \text{NO}_3^-$
A. Mål pH-værdi med universalindikator-papir			
B. Tilsæt et par dråber bariumclorid, BaCl_2 .			
C. Tilsæt et par dråber sølvnitrat, AgNO_3 .			
D. Tilsæt et par dråber nitratreagens (nitron).			

Alle de steder, hvor der er sket en reaktion, skal du skrive, hvilken ion der er årsag til reaktionen.

De tre sidste prøver kaldes for B. sulfatprøve, C. cloridprøve og D. nitratprøve.

De kan bruges til analyse til at identificere SO_4^{2-} -, Cl^- - og NO_3^- -ioner i ukendte stoffer.

Prøv at bestemme ukendte ioner i nogle ukendte stoffer..

Identifikation af ukendte salte

Et salt er faste stoffer, der består af ioner. Dvs. at de består af en positiv ion og en negativ ion. De forsøg, du har lavet på side 5 og 6 i hæftet om Ionforbindelser, kan bruges til at identificere nogle ukendte salte.

Hvis du får et fast salt, opløses det i destilleret vand inden du undersøger det.
Husk at bruge helt rene reagensglas til undersøgelserne.

1.

Bestemmelse af stoffets pH-værdi

Brug indikatorpapir til at bestemme stoffets pH-værdi for at finde ud af om det er surt, basisk eller neutralt.

Er stoffet surt indeholder det den positive ion H^+

Du kan nu gå videre med at bestemme den negative ion (pkt. 2)

Er stoffet basisk indeholder det den negative ion OH^-

Du kan nu gå videre med at bestemme den positive ion (pkt. 3)

Er stoffet neutralt, skal du bestemme både den negative ion (pkt. 2) og positive ion (pkt. 3)

2.

Bestemmelse af den negative ion

Brug forsøgene på side 6 i hæftet Ionforbindelser til at afgøre om den negative ion er Cl^- (clorid), SO_4^{2-} (sulfat) eller NO_3^- (nitrat).

Hvis du får hvidt bundfald med $AgNO_3$ (sølvnitrat), er den negative ion Cl^-

Hvis du får hvidt bundfald med $BaCl_2$ (bariumclorid), er den negative ion SO_4^{2-}

Hvis du får hvidt bundfald med nitratreagens (nitron), er den negative ion NO_3^-

3.

Bestemmelse af den positive ion

Hvis den positive ion ikke er H^+ , er der en stor sandsynlighed, for at det er en metalion.

Metalioner kan bestemmes ved at undersøge flammefarven. Tag et glastrør eller et stykke kanthalråd med et lille ombukket øje og dyp ned i din opløsning.

Hold det kortvarigt inde i flammen på en bunsenbrænder for at se flammefarven.

Vi har observeret følgende flammefarver:

Na^+	varm gul
K^+	bleg gul/lys violet (den blege gule får, du, når du bruger glastrør)
Li^+	mørk rød
Cu^{2+}	Grøn
Ca^{2+}	Orange

pH

pH skalaen går fra 0 til 14.

Når vi måler pH-værdien ved hjælp af universalindikatorpapiret, måler vi, hvor stor koncentration af H^+ -ioner eller OH^- -ioner, der er i en opløsning.

pH er mindre end 7, når der er størst koncentration af H^+ -ioner.

pH er større end 7, når der er en størst koncentration af OH^- -ioner.

pH er 7, når der hverken er overskud af H^+ -ioner eller OH^- -ioner i opløsningen.

Jo mindre forskellen mellem koncentrationen af H^+ -ioner eller OH^- -ioner er, desto nærmere ved 7 er pH-værdien.

Fortynding

Hvis vi tilsætter vand til en sur opløsning vil pH-værdien stige imod 7.

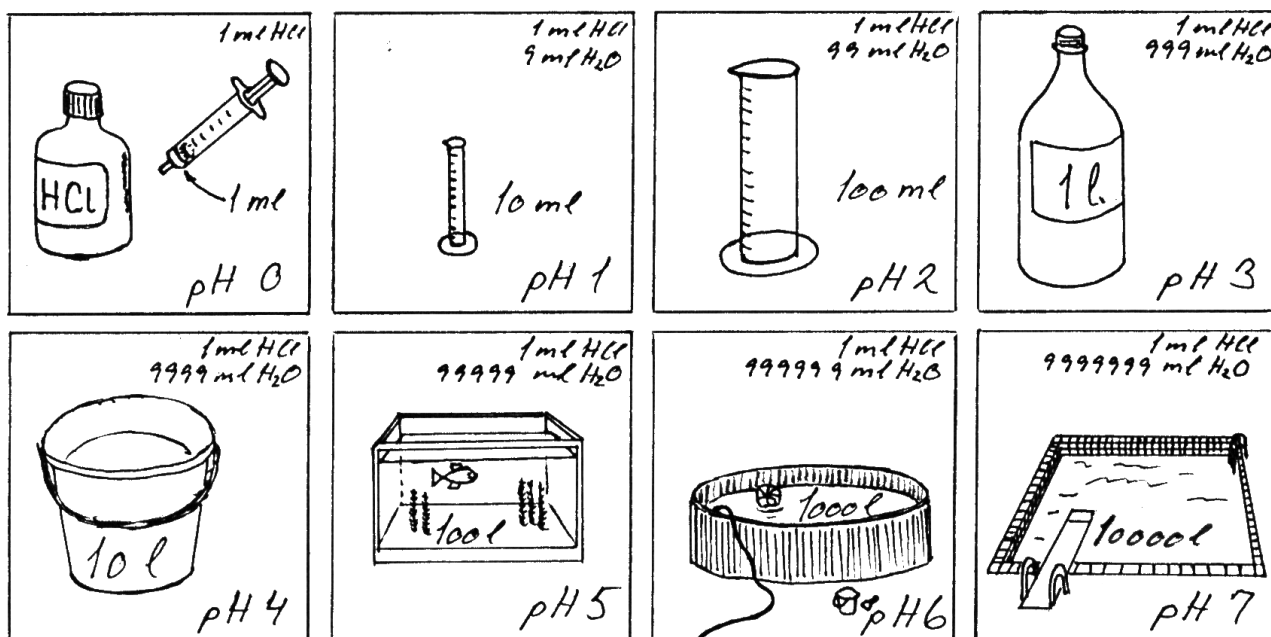
Har vi 1 ml saltsyre med $\text{pH} = 0$ og tilsætter 9 ml vand så vi nu har i alt 10 ml opløsning vil pH-værdien stige til 1.

For hver gang vi yderligere fortynder opløsningen 10 gange vil pH-værdien stige med ca. 1, dog højst til 7.

Eks. 1 ml syre med $\text{pH} = 0$ vil efter tilsætning af 999 ml vand fylde 1000 ml, og være fortyndet 1000 gange. Den nye pH værdi er 3.

I en basisk opløsning falder pH-værdien ca. 1, hver gang opløsningen fortyndes 10 gange, dog ikke til mindre end 7.

Opgave: Hvad bliver pH-værdi, hvis 2 dl ammoniak med pH-værdi 11 fortyndes med vand, så blandingen fylder 20 l?



Tegneserien viser, hvordan pH-værdien ændrer sig, når 1 ml HCl med $\text{pH} = 0$ fortyndes.

En svag syre

Ved opløsning i vand bliver de stærke syrer fuldstændig ioniseret i H^+ -ioner og syrerestioner. Svage syrer er kun delvis ioniseret.

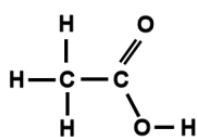
Eddikesyre

Eddikesyre har formelen CH_3COOH og ioniseres således:



Dobbelpilen betyder at reaktionen ikke er fuldstændig idet kun 1% af eddikesyremolekylerne er omdannet til H^+ -ioner og syrerestioner, som i eddikesyre hedder acetat-ioner.

Syrer, der kun er delvist ioniseret kaldes for svage syrer.



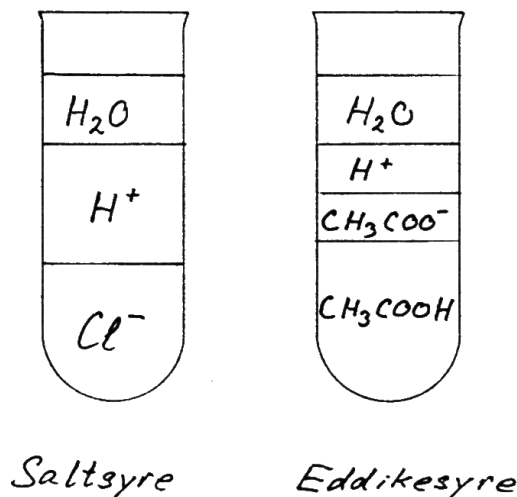
Stregformlen for eddikesyre kan forklare, hvorfor formelen for eddikesyre skrives CH_3COOH .

På tegningen til højre er vist, hvordan man kan forestille sig indholdet af to lige store mængder saltsyre og eddikesyre.

De er lige koncentrerede og derfor er der lige meget vand i hvert glas.

Saltsyren er en stærk syre og altså fuldstændig ioniseret. Derfor er der flere ioner i saltsyren end i eddikesyren. I eddikesyren er der flere molekyler.

Mål ledningsevnen i en opløsning af saltsyre og en opløsning af eddikesyre ved hjælp af et elektrolyseapparat og et amperemeter. Hvilken syre leder strømmen bedst?



Syrer og baser

Definition på syrer og baser:

En syre er et stof der kan afgive H^+ -ioner til vand.

En base er et stof, der kan optage H^+ -ioner fra vand.

Svage baser

Mål ledningsevnen i natriumhydroxid og ammoniakvand. (Pas på lugten af ammoniak og læg et låg over glasset med ammoniakvandet).

Ammoniak, NH_3 , er en stikkende luftart, der let kan opløses i vand. Ammoniak er en svag base, da nogle af ammoniakmolekylerne ved opløsningen optager H^+ -ioner fra vandet.



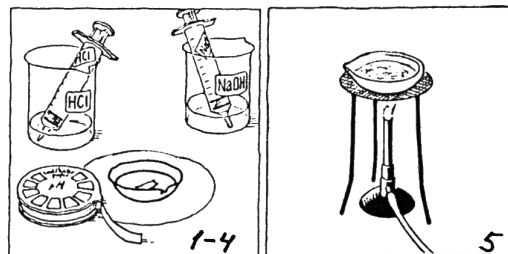
Syre + base

Vi kan neutralisere syren ved hjælp af en base.

Du skal nu se nærmere på reaktionen mellem syre og base.

Først skal du bruge saltsyre og natriumhydroxid. Opløsningerne skal have samme koncentration, dvs. at opløsningerne indeholder lige mange HCl-molekyler og NaOH-molekyler pr. liter.

Du skal bruge 1 bægerglas, 1 porcelænsskål, 1 sprøjte, 1 spatel og et lille stykke universalindikatorpapir. Senere kan du også bruge bunsenbrænder, trefod og trådned.



1. Afmål 5 ml saltsyre og hæld det i porcelænsskålen.
2. Afmål 10 ml natriumhydroxid i en sprøjte, der placeres i et bægerglas, indtil den bruges.
3. Basen dryppes nu dråbevis til syren i porcelænsskålen. Sørg for hele tiden at røre rundt med spatlen.
Når der er ved at ske noget med indikatorpapiret dryppes meget forsigtigt, og når opløsningen er neutral (eller lige når farven skifter fra rød til blå) stoppes tildrypningen.
(Hvis der undtagelsesvis smages på den neutrale opløsning, vil du lægge mærke til, at det smager salt.)
4. Aflæs på sprøjten hvor mange ml NaOH der skulle bruges for at neutralisere 5 ml HCl?

Til neutralisering af 5 ml HCl bruges _____ ml NaOH.

Forsøget gentages ved at bruge svovlsyre i stedet for saltsyre

Til neutralisering af 5 ml H_2SO_4 bruges _____ ml NaOH

Hvorfor er der forskel?

Ekstra

Efter neutralisationen af NaOH med HCl kan opløsningen inddampes.

Hvad er der tilbage, når vandet er fordampet?

Lad porcelænsskålen køle af og opløs derefter stoffet i så lidt vand som muligt. Hæld opløsningen i en flad skål og lad den stå til næste kemitime.

Der skulle da gerne dannes større krystaller.

Hvilken form har krystallerne?

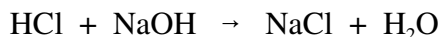
Titring

Den måde vi anvendte til neutralisering af en syre med en base kaldes for titring.

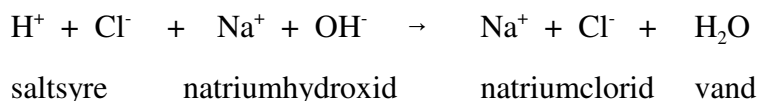
Ved titring tilsættes lige netop så meget base at syren forsvinder - eller omvendt.

Ved anvendelse af indikator får vi at vide, hvornår vi har nået ækvivalentpunktet (ækvivalent = lige store).

Reaktionsskemaet kan skrives således:



Men da saltsyre indeholder H^+ og Cl^- -ioner og natriumhydroxid indeholder Na^+ og OH^- -ioner kan reaktionen mere korrekt skrives på ionform således:



Da Na^+ og Cl^- optræder på begge sider af reaktionspilen, betyder det at disse ioner slet ikke deltager i reaktionen. Slettes de bliver der blot følgende tilbage:



Hvis vi nu tog en saltsyreopløsning med en anden koncentration kan vi ved titring måle, hvor meget NaOH, der nu skal bruges for at nå ækvivalentpunktet.

Skal der f.eks. bruges 2,5 ml NaOH til at neutralisere 5 ml af saltsyreopløsningen, ved vi at den kun indeholder halvt så mange H^+ -ioner som den første opløsning.

Man kan altså benytte titring til at sammenligne syrer (og også basers) koncentration.

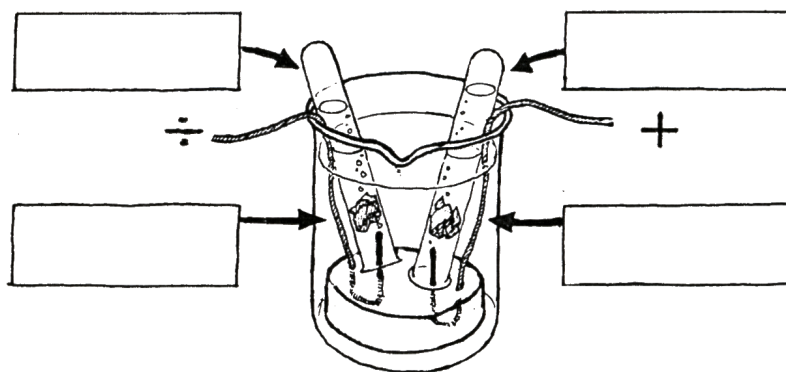
Elektrolyse af saltvand (NaCl)

Du skal nu lave en elektrolyse af en opløsning af NaCl (natriumchlorid).

Fyld de små reagensglas med opløsningen og anbring et lille stykke universalindikatorpapir i toppen af hvert reagensglas, inden du anbringer dem over elektroderne.

Tilslut til spændingskilde 10 V, indtil reagensglasset ved minuselektroden er fyldt med luft. Undersøg luften i dette glas med en brændende træpind.

I felterne på tegningen skal du skrive navnene på de stoffer, der dannes, samt hvad der sker med indikatorpapiret.



Ved elektrolysen af saltvand sker der følgende.

Ved plus-elektroden: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

Ved minus-elektroden: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

I saltvandet erstattes Cl^- -ionerne derfor med OH^- -ioner. Der sker ikke noget ved Na^+ -ionerne og når alle Cl^- -ionerne er omdannet til Cl_2 vil væsken indeholde Na^+ - og OH^- -ioner og derfor være omdannet til natriumhydroxid.

Natrium

Der dannes ikke frit natrium ved minus-elektroden, da natrium er et metal, der meget let ioniseres.

I atmosfærisk luft vil natrium hurtigt oxideres til Na_2O under varmeudvikling, og det er derfor selvantændeligt. Derfor opbevares det i kemikalie rummet i et glas med petroleum, så det ikke er i berøring med luft.

Kommes natrium i vand, reagerer det straks ved denne reaktion:

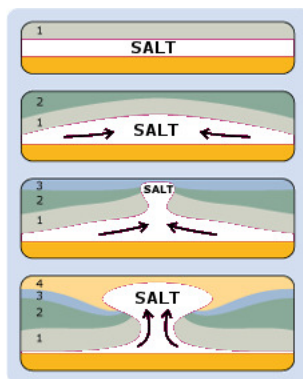


Det kan være meget farligt, da der udvikles varme, og den dannede H_2 kan antændes.

Dansk Salt

Natriumchlorid (NaCl) udvindes her i Danmark fra en salthorst i undergrunden i området vest for Hobro.

Saltet er dannet for mere end 250 mio. år siden. Dengang var Danmark dækket af et varmt indhav i stil med det Døde Hav i dag. Her blev salt udfældet som et kilometertykt lag på havbunden. Efterfølgende er der aflejret 4-5 km ler, sand og kalk oven på saltet. På grund af vægten af disse overliggende lag, der har en højere massefylde end saltet, er saltet langsomt trængt op gennem lagene, der hvor lagene er svagest. Herved er der blevet dannet en salthorst, der er ca. 3 km i diameter og har en dybde på 4 km. Toppen ligger ca. 300 m under jordoverfladen.



Dannelse af salthorst



Tværsnit af salthorst

Der produceres salt fra 1.000 til 1.500 meters dybde ved at pumpe vand ind i saltlagene hvorved saltet opløses. Saltvandet pumpes til et anlæg, hvor saltet inddampes ved opvarmning. Der produceres fra 6 borer, og selve fabriksanlægget er beliggende ved Mariager Fjord. Anlægget har en årlig produktionskapacitet på ca. 600.000 tons salt.

Salt anvendes ikke kun til madlavning og på vintervejene, men spiller også en afgørende rolle på utallige andre områder. I levnedsmiddelindustrien bruges salt til konservering og som smagstilsætning. Salt tilsættes husdyrfoder og indgår i produktion af vaskemidler og ved tøjfarvning. Salt bruges til blødgøring af vand – både i store industrianlæg og i opvaskemaskiner. Derudover er salt et råstof i andre industrier, som f.eks. chlor- og sodafremstilling.

Elektrolyse af saltvand hos DS og Norsk Hydro

Tidligere foregik der fremstilling af clor, natriumhydroxid og forskellige andre stoffer på Dansk Sojakagefabrik (DS), som lå på Islands Brygge midt i København. Her brugtes salt som råstof og ved elektrolyse blev der udvundet clor (Cl_2), hydrogen (H_2) og natriumhydroxid (NaOH).



Elektrolyseapparaterne var indrettet, så de tre stoffer løbende kunne aftappes i meget ren form.

Der blev i 80'erne rejst spørgsmål omkring sikkerheden ved produktionen af clor midt i København, da clor er en meget giftig gas, og man frygtede for konsekvenserne af et clorudslip midt i byen. Samtidig gav produktionen anledning til kvikvsølvforurening af Københavns Havn, på grund af udsivning af kviksølv fra elektrolysekarene, hvor der anvendtes kviksølvelektroder, som var nødvendige for løbende at kunne adskille clor og natriumhydroxid.

DS blev nedlagt, måske på grund af miljøproblemerne, men også fordi det ikke var rentabelt at producere clor langt fra de industrier, der skulle anvende clor, da det er både dyrt og besværligt at transportere.

I dag er vandet i Københavns Havn så rent, at folk bader fra det nye havnebad på Islands Brygge.

Clorfabrikken på Rafnes ved Porsgrunn

Ved Porsgrunn, som ligger i bunden af Frierfjorden ved Norges sydkyst, har Norsk Hydro nogle store kemiske

fabriksanlæg. Der produceres bl.a. gødning og PVC-plast.

Desuden er der ved Rafnes på den anden side af fjorden anlagt et stort anlæg, der fremstiller clor ud fra dansk salt. Anlægget blev udvidet i 2005, så der nu kan produceres 260.000 ton clor om året.

I 1970 opfandt man nye metoder til at lave elektrolyse af clor, så man kunne undgå brugen af kviksølvelektroder, så derfor har man ikke de samme miljøproblemer, som DS i København, og da det meste af den producerede clor bruges i plastfabrikken på den anden side af fjorden, har man heller ikke de samme transportproblemer.

Anvendelse af hydrogen, clor og natriumhydroxid

I princippet laves clor ved elektrolyse af saltvand, nøjagtig som beskrevet på foregående side og der dannes derfor de samme kemiske forbindelser.

De tre produkter har mange anvendelsesmuligheder i kemisk industri.

Herunder og på de følgende sider nævnes nogle af de vigtigste.

Clor - Cl_2

På Norsk Hydros anlæg ved Rafnes er clor hovedproduktet

Clor bruges i plastfabrikken ved Porsgrunn på den anden side af fjorden til fremstilling af plaststoffet PVC (polyvinylchlorid, vinyl).

Endvidere kan clor bruges til fremstilling af opløsningsmidler, rensesvæsker samt til fremstilling af insektbekæmpelsesmidler til bl.a. landbruget.

På grund af clors desinficerende virkning (bakteriedræbende) tilsættes der clor til vandet i svømmebade og nogle steder også til drikkevand.

Clor er i ren form en meget giftig gas, og den blev bl.a. brugt som krigsgas under 1. verdenskrig. Gassen clor sælges i flydende form på stålbeholdere eller tankvogne.

Hydrogen - H₂

Det meste af den hydrogen, der produceres bruges til fremstilling af ammoniak (NH₃), der er et vigtigt gødningsstof, som også kan bruges som råstof til produktion af andre gødningsstoffer. Hydrogen bruges i levnedsmiddelindustrien til hærkning af flydende fedtstoffer, som anvendes ved fremstilling af margarine på margarinefabrikker. Der eksperimenteres for tiden meget i anvendelse af hydrogen som alternativt brændsel, da det kan anvendes i brændselsceller til forureningsfri produktion af elektricitet. Et af de største problemer er opbevaringen, da det i øjeblikket opbevares på trykflasker og fylder væsentlig mere end en tankfuld benzin.

Der laves derfor forsøg med andre måder til lagring af hydrogen.

Størstedelen af verdens forbrug af hydrogen produceres fra råolie.

Natriumhydroxid - NaOH

Natriumhydroxid bruges i store mængder i sæbeindustrien, hvor man koger fedt i NaOH.

Som nævnt på side 4, kan NaOH købes som fast stof og opløsning under mange navne (kautisk soda, ætsnatron og natronlud).

NaOH kan i husholdningen bruges til rensning af tilstoppede afløb i køkken og badeværelse, da NaOH er fedtopløsende.

NaOH kan også bruges til afsyring af malede møbler, hvorved malingen kan fjernes.

Saltsyre - HCl

En stor del af den hydrogen og clor, der fremstilles på fabrikken, bruges til fremstilling af saltsyre. Hydrogen kan brænde i clor, hvorved gassen hydrogenclorid dannes:



Denne gas ledes til vand, og der dannes saltsyre, som anvendes i de fleste industrier.

Natriumhypoclorit - NaOCl

Ledes clor ned i fortyndet natriumhydroxid fås en opløsning, der indeholder natriumhypoclorit (NaOCl):



Natriumhypoclorit-opløsninger udvikler ganske langsomt clor og bruges derfor mange steder som desinfektionsmiddel.

Natriumhypoclorit-opløsninger kan du bl.a. købe under navne som "Klorin", "Klor-rengøring" eller "Net-op klor".

Man skal ikke blande natriumhypoclorit-opløsninger med syrer, da der derved er fare for udvikling af farlige clormængder.

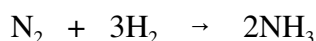
Da nogle rengøringsmidler indeholder syrer (f.eks. toiletrensemidler) skal man ikke forsøge at forøge rengøringseffekten ved at blande disse med f.eks. "Klorin".

Læs i øvrigt altid advarslerne på etiketten, når du bruger kemikalier.

Ammoniak - NH₃

En af de industrier der aftager hydrogen er gødningsindustrien.

Ved at blande hydrogen og nitrogen i en beholder med stort tryk, højt temperatur og en passende katalysator^{*)} kan man fremstille gassen ammoniak.



Nitrogen kan udvindes fra atmosfærisk luft, som indeholder 78 % nitrogen.

Ammoniak sælges på trykbeholdere som flydende ammoniak, der i forårstiden køres ud til landmænd, som sprøjter det udover markerne. Det er ikke helt risikofrit at transportere og i det hele taget arbejde med den flydende ammoniak, da ammoniak er meget giftig.

Opløses ammoniak i vand fås en ammoniakopløsning, som er en svag base (se side 8).

Ammoniakopløsningen sælges som ammoniakvand eller salmiakspiritus og bruges bl.a. til rengøring.

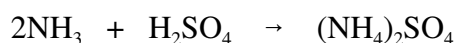
På molbasis (dvs. antal molekyler) er ammoniak, det kemikalie der produceres mest af på verdensplan. Der produceres årligt 150.000.000 ton ammoniak.

Af dette bruges 80% til gødning enten direkte eller som diverse salte. Resten af den producerede ammoniak anvendes hovedsageligt til sprængstoffer.

Vægtmæssigt overgås verdens ammoniakproduktion kun af svovlsyreproduktionen..

Svovlsur ammoniak - (NH₄)₂SO₄

Behandles ammoniak med svovlsyre fås et fast hvidt stof, ammoniumsulfat, der også kaldes svovlsur ammoniak.



Svovlsur ammoniak er godt som gødning til surbundsplanter f.eks. rhododendron.

^{*)} Katalysator

En katalysator er et stof, som øger en kemisk reaktionshastighed uden selv at blive forbrugt i reaktionen.



Det danske firma Haldor Topsøe er markedsførende ved fremstilling af katalysatorer til både ammoniakfabrikker og svovlsyrefabrikker.

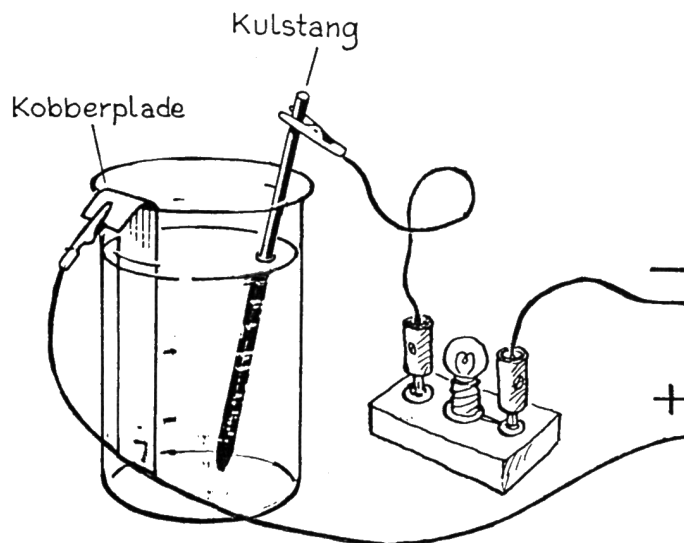
Elektrolyse af kobberchlorid (CuCl₂)

Til elektrolysen af kobberchlorid skal du bruge et lille bægerglas, en kulstang, en kobberplade, 2 krokodillenæb, en pærefatning med pære (6V/0,1 A), sikring og 3 ledninger.

Inden forsøget skal kobberpladen pudses blank og kulstangen renses med ståluld. Derefter forbindes kredsløbet som vist på tegningen.

NB! kulstangen skal forbindes til minus og kobberpladen til plus.
De to elektroder skal ikke røre hinanden.

Lad kredsløbet være tilsluttet et par minutter. Afbryd derefter for strømmen og se, hvad der er sket med elektroderne.



Hvad er der sket med kulstangen ved minuspolen?

Hvad er der sket med kobberpladen ved pluspolen?

Der er sket følgende kemiske reaktion ved plus-elektroden:



Kobberet går i opløsning, idet der afleveres elektroner til det elektriske kredsløb.

Ved minus-elektroden har der derimod sat sig et lag af kobber, idet kobberionerne fra væsken modtager elektroner fra det elektriske kredsløb, bliver til kobberatomer og sætter sig som -fast kobber på elektroden.



Elektrolysen flytter altså kobber fra plus-elektroden til minus-elektroden.

Hvis du havde lavet elektrolyse med zinkchlorid (ZnCl₂) og brugt en zinkstang som plus-elektrode, kan du på tilsvarende måde flytte zink, og få et zinklag på minuselektroden.

Tilsvarende gælder for andre metaller og en opløsning, der indeholder den samme metalion.

Elektrolytkobber

Metoden, som du anvendte ved elektrolyse af kobberchlorid anvendes, når f.eks. metaldele til elektriske kontakter skal overtrækkes med et tyndt lag kobber. Elektrolyse af kobberchlorid kan også bruges til fremstilling af rent kobber, idet man så bruger urensset kobber som plus-elektrode og opsamler rent kobber på minus-elektroden. Kobber, fremstillet på denne måde, kaldes for elektrolytkobber og anvendes bl.a. til ledninger.

Galvanisering

Dele til biler, skruer og mange andre jerngenstande kan ved elektrolyse overtrækkes med et tyndt lag zink, som beskytter jernet mod at ruste.

Denne proces kaldes for galvanisering eller elforzinkning. Jern kan også galvaniseres ved at blive dyppet ned i flydende zink. Det giver dog ikke så pæn en overflade og bruges mest til genstande, der ikke behøver at have så glat en overflade f.eks. galvaniserede søm og hegnstråd.



Forsølvning

Endelig bruges elektrolyse også til forsølvning, forgyldning og forkromning. Hvis en sut eller en barnesko skal forsølves eller forgyldes, skal den først behandles, så den bliver overtrukket med et strømledende lag af f.eks. grafitpulver.

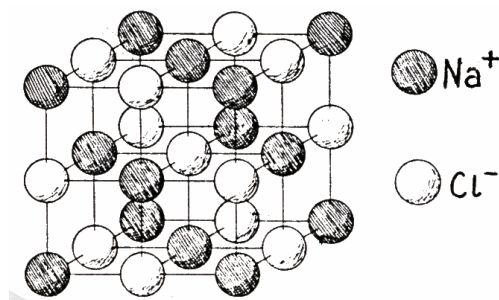
Salte

Alle faste stoffer, der består af ioner, kaldes for salte. Køkkensalt (NaCl) er altså kun et ud af mange salte. Vi har brugt en del salte, og de er alle nævnt i oversigten på sidste side.

Saltkrystaller

Selv om alle salte består af ioner, kan man ikke lave elektrolyse med faste salte. Ionerne sidder nemlig på faste pladser i et gitter, hvor de positive ioner og de negative ioner holder fast i hinanden og derfor ikke kan bevæge sig frit. Ionernes gitter kan ses på formen af de krystaller, de faste salte danner, idet krystallerne er resultatet af et regelmæssigt opbygget gitter.

NaCl danner et terningeformet gitter (se tegningen), mens f.eks. CuSO_4 danner et gitter med en overflade som et parallelogram.



Hvis man skal lave elektrolyse med et salt er man nødt til at opløse saltet i vand eller smelte det. Derved frigøres ionerne fra hinanden og kan bevæge sig frit.

Sur nedbør

Mens destilleret vand har en pH-værdi på 7, har rent regnvand en pH-værdi på ca. 5,7. Rent regnvand er lidt surt fordi det optager kuldioxid (CO_2) fra luften og danner kulsyre.



Kulsyre er en svag syre (du kender den fra sodavand).

En sur nedbør defineres som nedbør, der har en pH-værdi, der er mindre end 5,7.

I mange områder af den industrialiserede verden er den gennemsnitlige pH-værdi for årsnedbøren helt nede omkring 4.

I Danmark er den gennemsnitlige pH-værdi omkring 4,3 for regnvand opsamlet på frit land.

Når regnvand i de sidste år er blevet mere surt skyldes det fortrinsvis et stigende indhold af svovlsyring (H_2SO_3), svovlsyre (H_2SO_4) saltsyre (HCl) og salpetersyre (HNO_3).

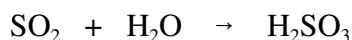
Disse syrer stammer hovedsagelig fra afbrænding af olie og kul i kraftværker, industri og oliefyr, afbrænding af affald samt fra bilernes udstødning.

Svovlsyre

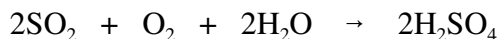
Når olie og kul brænder udvikles gassen SO_2 (svovldioxid), fordi både kul og olie indeholder en del svovl:



Svovldioxid er letopløselig i vand, og ved opløsningen dannes svovlsyring:



Noget svovldioxid reagerer først med O_2 i luften og danner derpå svovlsyre ved opløsning i vand:



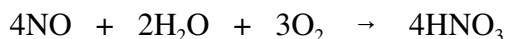
Saltsyre

En stor del af saltsyren i regnen stammer fra afbrænding af det meget anvendte plaststof PVC (polyvinylchlorid, vinyl).

PVC indeholder bl.a. hydrogen- og chloratomer, der ved afbrændingen forenes til HCl -gas. Denne gas danner saltsyre ved opløsning i regnvand.

Salpetersyre

Da atmosfærisk luft indeholder ca. 20 % O_2 og 78 % N_2 , dannes der ved forbrænding af olie, benzin og kul ved høje temperaturer forskellige nitrogenoxider (NO , NO_2 , NO_x), som ved opløsning i regnvand bl.a. danner salpetersyre:



Den sure regn er årsag til mange skader på både naturen og bygningsværker.

Der er f.eks. sket større korrosion på bygningsværker i de sidste 30 år af 1900-tallet end i de foregående 300 år, og man mener også at den sure nedbør er en medvirkende årsag til misvækst blandt specielt nåletræer (skovdød) samt uddødt fiskeliv i mange svenske søer.

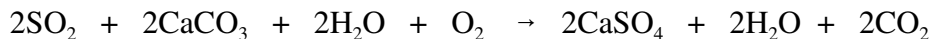
I Danmark er problemet i naturen ikke så stort, da der er meget kalk i den danske undergrund, og kalken neutraliserer syren.

Røgrensning

Man har i de senere år arbejdet en del på at formindske SO₂- og NO_x-udslippet fra kraftværkers røg og bilers udstødning. Men et af hovedproblemerne er jo vores store energiforbrug, og det stiger stadig.

På kraftværker er der i slutningen af 1900-tallet installeret både afsvovlingsanlæg til at fjerne SO₂ samt DeNox-anlæg til fjernelse af NO_x.

I afsvovlingsanlæggene “vaskes” røgen med findelt kalk (CaCO₃) opslemmet i vand



Der er på grund af afsvovlingen meget vanddamp i røgen fra kraftværket, og det er denne damp, man ser, når det “ryger” ud af skorstenen.

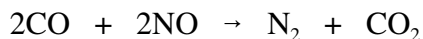
CaSO₄ er gips, som bl.a. bruges til fremstilling af gipsplader til byggeindustrien. På f.eks. Avedøreværkets blok1 dannes der næsten 4 tons gips i timen.

Fjernelsen af NO_x i kraftværkets kan foregå ved tilsætning af ammoniak over en passende katalysator.



Alle moderne biler har katalysatorer til at fjerne NO_x fra udstødningen. De virker dog først effektivt, når de er blevet tilstrækkeligt varme, og er derfor ikke så effektive ved korte ture. Katalysatoren indholder bl.a. et findelt net af metallet rhodium. Her udnyttes at bilmotoren også danner uforbændt CO (kulilte).

Rhodium aktiverer f.eks. både CO og NO ved følgende reaktion:



Oversigt over nogle syrer, baser og salte

(Forbindelser, der står med kursiv, har ikke været nævnt i det foregående).

Syrer (ordnet efter styrke):

Formel og reaktion i vand:

Salpetersyre:	$\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$
Saltsyre:	$\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
Svovlsyre:	$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
Fosforsyre:	$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons 3\text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$
Eddikesyre:	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$
Kulsyre:	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
Vand:	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

Baser (ordnet efter styrke):

Natriumhydroxid:	$\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$
Calciumhydroxid:	$\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$
Ammoniak:	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
Vand:	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

Salte:

Natriumchlorid (køkkensalt):	$\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
Kobberchlorid:	$\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^-$
Zinkchlorid:	$\text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^-$
Bariumchlorid:	$\text{BaCl}_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{Cl}^-$
Sølvchlorid:	$\text{AgCl} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$
Kobbersulfat:	$\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
Natriumsulfat (glaubersalt):	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
Natriumhydrogensulfat:	$\text{NaHSO}_4 \rightarrow \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
Calciumsulfat (gips):	$\text{CaSO}_4 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
Jernsulfat (jernvitriol):	$\text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
Sølvnitrat:	$\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$
Kaliumnitrat (salpeter):	$\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$
Calciumnitrat (kalksalpeter):	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$
Calciumcarbonat (kalk):	$2\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$

Definitioner

- Syrer:** Stoffer der kan afgive H^+ -ioner.
Syrer farver universalindikator rød (reaktion på H^+ -ion).
- Baser:** Stoffer der kan optage H^+ -ioner.
Baser farver universalindikator blå (reaktion på OH^- -ion).
- Salte:** Faste stoffer, der består af ioner.

Liste over nogle almindelige ioner

Positive ioner (kationer)

Valens	Formel	Navn
1	H^+	hydrogen
	Na^+	natrium
	K^+	kalium
	Ag^+	sølv
	NH_4^+	ammonium
	Cu^+	kobber(I)
2	Mg^{2+}	magnesium
	Ca^{2+}	calcium
	Cu^{2+}	kobber(II)
	Zn^{2+}	zink
	Fe^{2+}	jern(II)
	Ba^{2+}	barium
	Pb^{2+}	bly(II)
3	Al^{3+}	aluminium
	Fe^{3+}	jern(III)

Negative ioner (anioner)

Valens	Formel	Navn
1	Cl^-	chlor
	OH^-	hydroxid
	NO_3^-	nitrat
	CH_3COO^-	acetat
2	O^{2-}	oxygen
	S^{2-}	sulfid
	SO_4^{2-}	sulfat
	CO_3^{2-}	carbonat
3	PO_4^{3-}	fosfat