

Aanvulling zuur-base-reacties hoofdstuk 9

1. Zuren in water

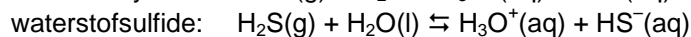
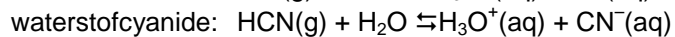
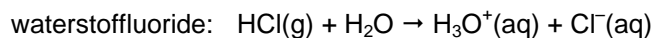
1.1 Drie soorten zuren

Zoals uit § 9.2 bron 4 (blz.10 en 11) bekend is, bevatten zure oplossingen H_3O^+ ionen. Als gevolg hiervan noemen we deeltjes, die bij oplossen in water één of meer H^+ ionen (protonen) aan een watermolecuul afstaan, zuren (zie § 9.2 bron 5 blz.11).

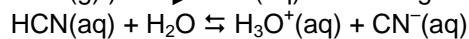
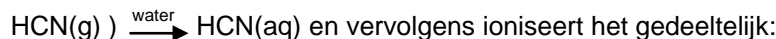
Dit proces waarbij zuren één of meer protonen (H^+ ionen) afstaan kennen we als *ioniseren* of *protolysen*.

Op grond van hun chemische eigenschappen onderscheiden we drie soorten zuren.

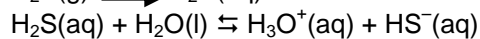
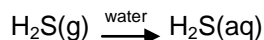
- a. Type H_nX_m (zuurstofloze zuren). Dit zijn verbindingen van waterstof met een niet-metaal: HF, HCl, HBr, HI. Hierbij sluiten nog twee zuren aan: waterstofcyanide HCN en waterstofsulfide H_2S . Als deze gassen in water oplossen staan ze een proton af aan een H_2O molecuul, bijvoorbeeld:



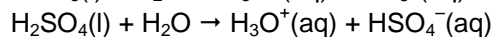
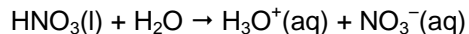
HCN en H_2S ioniseren niet volledig bij oplossen in water. In beide gevallen stelt zich een evenwicht in. Voor de gedeeltelijke ionisatie van deze zuren kunnen we twee stappen onderscheiden. Eerst lost het zuur op in water (beide zuren zijn goed oplosbaar in water):



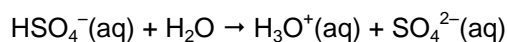
Voor waterstofsulfide volgt zodoende:



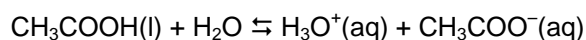
- b. Type $\text{H}_n\text{Y}_m\text{O}_p$ (zuurstofhoudende zuren). Dit zijn verbindingen waar ook zuurstof in het molecuul aanwezig is. Voorbeelden zijn salpeterzuur $\text{HNO}_3(\text{l})$ en $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$:



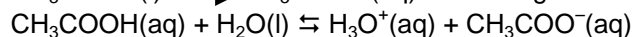
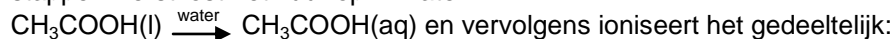
Bij verdere verdunning staat dit zuur ook zijn tweede proton af:



- c. Type $\text{C}_{n-x}\text{H}_{2n-x}(\text{COOH})_x$ (organische zuren). Een voorbeeld is ethaanzuur (azijnzuur):



Organische zuren ioniseren niet volledig. In alle gevallen stelt zich een evenwicht in. Ook hier onderscheiden we, net zoals bij het oplossen van waterstofcyanide en waterstofsulfide, twee stappen. Eerst lost het zuur op in water:



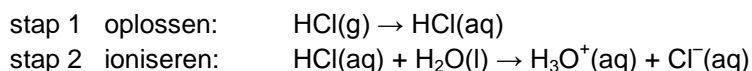
Zure oplossingen bevatten $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ionen.

Een zuur is een deeltje dat een H^+ kan afstaan.

1.2 Sterke en zwakke zuren

Een zuur dat bij oplossen in water *volledig ioniseert* noemen we een *sterk* zuur. Een zuur dat bij oplossen water *gedeeltelijk ioniseert*, er stelt zich dus een evenwicht in, noemen we een *zwak* zuur.

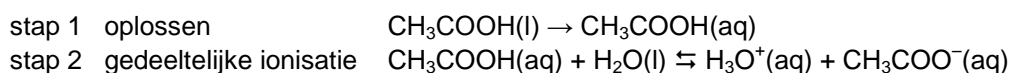
Als je bijvoorbeeld HCl(g) in water brengt, lost het HCl eerst op en daarna ioniseert het volledig:



Omdat in stap 2 het HCl(aq) uit stap 1 volledig verdwijnt, kun je beide stappen optellen tot de totaalreactie: $\text{HCl(g)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

De sterke zuren die je uit je hoofd moeten kennen zijn oplossingen van waterstofchloride (zoutzuur), salpeterzuur en zwavelzuur. Alle andere zuren mag je als zwak beschouwen, tenzij anders is aangegeven.

Een voorbeeld van een zwak zuur is ethaanzuur. Als je dit in water oplost, kun je weer aannemen dat er twee stappen verlopen:



Bij alle zwakke zuren zijn maar heel weinig zuurmoleculen geïoniseerd. In een oplossing van een willekeurig zwak zuur HZ is $[\text{HZ(aq)}]$ veel groter dan $[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]$ en $[\text{Z}^-(\text{aq})]$. Een oplossing van het zwakke zuur wordt daarom genoteerd als HZ(aq) omdat bijna geen moleculen geïoniseerd zijn.

Zuren die in water volledig ioniseren, zijn sterke zuren. Notatie van de oplossing: $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Z}^-(\text{aq})$
 Zuren die in water niet volledig ioniseren, zijn zwakke zuren; er stelt zich een evenwicht in. Notatie van de oplossing: HZ(aq)

1.3 Namen van zuurrestionen

De niet-metaaloxiden die met water reageren en dan zure oplossingen vormen, noemen we zuurvormende oxiden. Het ion dat overblijft na afsplitsen van een proton (H^+) noemen we het *zuurrestion*.

Het zuurrestion van zuurstofhoudende zuren wordt gekenmerkt door de uitgang *-aat* achter de Latijnse naam van het centrale element. Het ion heeft zoveel negatieve ladingen als er protonen zijn afgesplitst. SO_4^{2-} heet sulfaat, PO_4^{3-} fosfaat en CO_3^{2-} carbonaat. Het ion dat van salpeterzuur wordt afgeleid, NO_3^- , heet nitraat.

Zoals we hiervoor hebben gezien, bestaan er van sommige niet-metalen verschillende oxides. Zo bestaan er bijvoorbeeld van zwavel SO_2 en SO_3 die bij oplossen in water aanleiding geven tot de vorming van twee verschillende zuren (H_2SO_4 en H_2SO_3). Het zuur dat een atoom zuurstof minder bevat, wordt een *-igzuur* genoemd. Zo hebben we al gezien dat H_2SO_3 zwaveligzuur heet.

Het ion afgeleid van een *-igzuur* krijgt dan de uitgang *-iet*. SO_3^{2-} , sulfiet. Deze systematiek van naamgeving voor de zuurstofhoudende zuren, maar ook voor de niet-zuurstofhoudende zuren is in 1787 door Lavoisier gepubliceerd en daarna ingeburgerd.

In onderstaande tabel zijn een aantal zuren, zuurrestionen en bijbehorende oxides vermeld.

<i>formule oxide</i>	<i>naam zuur</i>	<i>formule zuur</i>	<i>naam zuurrestion</i>	<i>formule zuurrestion</i>
$\text{SO}_2(\text{g})$	zwaveligzuur	H_2SO_3	sulfiet	SO_3^{2-}
$\text{SO}_3(\text{s})$	zwavelzuur	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$	sulfaat	SO_4^{2-}
$\text{N}_2\text{O}_3(\text{g})$	salpeterigzuur	HNO_2	nitriet	NO_2^-
$\text{N}_2\text{O}_5(\text{s})$	salpeterzuur	$\text{HNO}_3(\text{l})$	nitraat	NO_3^-
$\text{P}_2\text{O}_3(\text{s})$	fosforigzuur	H_3PO_3	fosfiet	PO_3^{3-}
$\text{P}_2\text{O}_5(\text{g})$	fosforzuur	$\text{H}_3\text{PO}_4(\text{s})$	fosfaat	PO_4^{3-}
$\text{CO}_2(\text{g})$	koolzuur	H_2CO_3	carbonaat	CO_3^{2-}
$\text{SiO}_2(\text{s})$	kieselzuur	H_2SiO_3	silicaat	SiO_3^{2-}
	ethaanzuur (azijnzuur)	CH_3COOH	ethanoaat (acetaat)	CH_3COO^-

Koolzuur, zwaveligzuur en salpeterigzuur kennen we alleen in opgeloste toestand. Bij verwarming ontwijken de oxides daaruit. We spreken van *instabiele* of *onbestendige* zuren.

De formule van kiezelzuur staat niet vast; de gegeven formule is gekozen in verband met formules van enkele andere verbindingen die met kiezelzuur samenhangen.

2. Basen in water

Als je *metaaloxiden* of *metaalhydroxiden* in water brengt, ontstaan *basische* (alkalische) oplossingen; dat zijn, zoals bekend is uit § 9.3 bron 7 (blz. 13), oplossingen die OH^- ionen bevatten. Verder weet je uit § 9.3 bron 8 (blz. 14) dat een base een deeltje is dat H^+ kan opnemen. Bovendien worden daar de volgende basen genoemd, die je uit je hoofd moet kennen.

formule base	naam base
NH_3	ammoniakmolecuul
OH^-	hydroxide-ion
O^{2-}	oxide-ion
CO_3^{2-}	carbonaation
HCO_3^{2-}	waterstofcarbonaation
CH_3COO^-	ethanoaat- (acetaat)ion

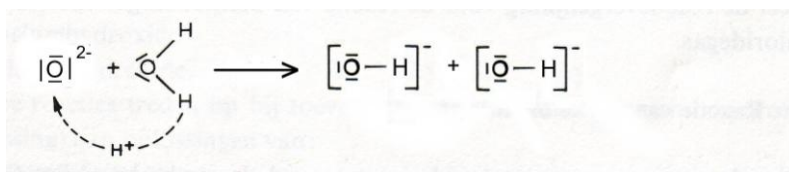
Basische oplossingen bevatten $\text{OH}^-(\text{aq})$ ionen.

Een base is een deeltje dat H^+ kan opnemen.

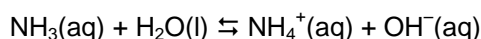
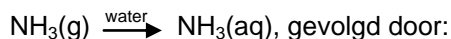
2.1 Sterke en zwakke basen

Net zoals bij zuren kun je ook bij basen sterke en zwakke basen onderscheiden.

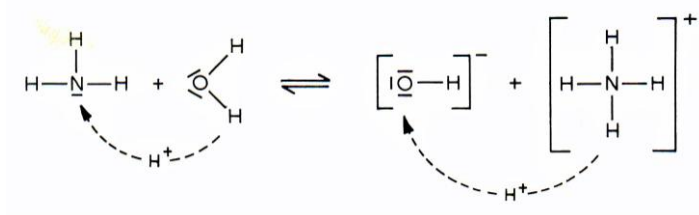
Als je een base in water brengt en alle basedeeltjes van watermoleculen een H^+ ion opnemen, spreken we van een sterke base. Een sterke base is O^{2-} . Zodra deze in water komt, neemt het een H^+ ion uit een watermolecuul op: $\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{OH}^-$. Deze reactie kan in elektronenformules als volgt worden voorgesteld:



Alle andere basen die je normaal gesproken tegen zult komen, zijn allemaal zwak. Dat betekent dus dat bij oplossen van een zwakke base er zich een evenwicht instelt, bijvoorbeeld:

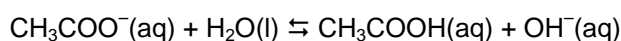
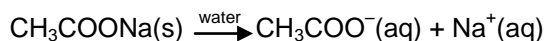


Deze reactie kan in elektronenformules als volgt worden voorgesteld:



In het te leren rijtje van zwakke basen komt ook CH_3COO^- voor. Dit is het gevolg van het feit dat CH_3COOH een zwak zuur. Immers bij oplossen van CH_3COOH ioniseert het gedeeltelijk; er stelt zich een evenwicht in, dus in de oplossing zijn dan zowel CH_3COOH moleculen als CH_3COO^- ionen aanwezig. Als je bijvoorbeeld natriummethanoaat in water oplost, dan zal er een oplossing ontstaan die naast CH_3COO^- ionen ook CH_3COOH moleculen bevat; een deel van de CH_3COO^- ionen neemt een H^+ op onder vorming van CH_3COOH moleculen waardoor het evenwicht zich kan instellen.

De reacties die verlopen kun je je als volgt voorstellen. Eerst lost het natriumethanoaat op en vervolgens neemt een deel van de ontstane ethanoationen een H^+ op van watermoleculen.



Zoals je ziet, bestaat een zout uit een metaalion en een zuurrestion. Bovendien zie je dat een oplossing van een zout dat uit een zuurrestion van een zwak zuur bestaat, basisch reageert.

Wetende dat HNO_3 , H_2SO_4 en HCl sterke zuren zijn, betekent dat de zuurrestionen van zouten van deze zuren niet met water reageren.

Bij een *sterke* base nemen *alle* basedeeltjes H^+ van watermoleculen op.

Bij een *zwakke* base nemen *niet alle* basedeeltjes een H^+ op; er stelt zich een evenwicht in.

Zoutoplossingen die zuurrestionen van zwakke zuren bevatten reageren basisch.

2.2 Bereiding van basische oplossingen

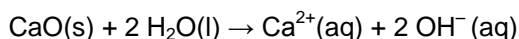
a. Door hydroxiden in water op te lossen.

Dit gaat alleen met de hydroxiden van natrium, kalium, calcium en barium. Alle andere hydroxiden zijn slecht oplosbaar (zie Binas tabel 45A).

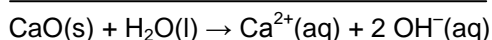
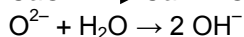
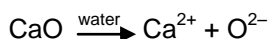
b. Door metaaloxiden in water op te lossen.

Alleen de oxiden van natrium, kalium, calcium en barium "lossen op" in water. In tabel 45A van Binas zie je bij deze oxiden een "r" staan. Dat betekent dat ze met water reageren, vandaar dat in de vorige zin aanhalingstekens zijn geplaatst bij de woorden "lossen op".

Bij de reactie van bijvoorbeeld CaO(s) met water verloopt de volgende reactie:



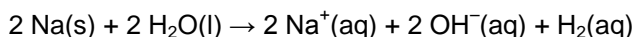
Deze reactie kan in twee stappen worden opgesplitst:



In de eerste stap lost het CaO op gevolgd door de tweede stap waarbij de sterke base O^{2-} een H^+ van een watermolecuul opneemt waardoor twee OH^- ionen ontstaan.

c. Door zeer onedele metalen met water te laten reageren.

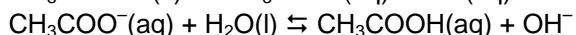
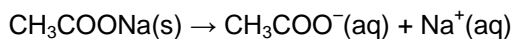
Dit gaat met natrium, kalium, calcium en barium.



Dit proefje is in de derde klas uitgevoerd. Wat je toen waarnam was dat het stukje natrium dat in een bak water was geworpen, sissend op het water heen en weer dreef en tenslotte geheel door het water werd opgenomen waarbij een knalletje was te horen door de explosie van het ontstane waterstofgas.

d. Door een zout dat het zuurrestion van een zwak zuur bevat in water op te lossen (zie § 2.1).

Bijvoorbeeld:



3. Zuur-base reacties

Bij een zuur-base reactie reageert een zuur met een base. Het zuur staat een H^+ af aan de base. Zuur-base reacties worden aangeduid als *protolysereacties* omdat er protonenoverdracht plaatsvindt.

Het volgende schema is een goed hulpmiddel om alle voorkomende zuur-base reacties op te lossen:

- 1 Noteer de deeltjes die in de samen te voegen oplossingen aanwezig zijn.
- 2 Ga na welk deeltje het zuur en welk de base is
- 3 Ga na hoeveel H^+ het zuur per deeltje kan afstaan en de base per deeltje opnemen
- 4 Stel de reactievergelijking op.

Aan de hand van een aantal voorbeelden, die naar type zijn ingedeeld, zullen we het opstellen van zuur-base reacties oefenen.

3.1 Reactie van een zuur met een hydroxide, neutralisatie

Bij samenvoegen van zuren en hydroxiden reageren H_3O^+ (zuur) en OH^- ionen (base) met elkaar onder vorming van watermoleculen. Dit reactietype noemt men *neutraliseren*.

Voorbeelden:

- 1 Geef de vergelijking van de reactie van verdund zwavelzuur met natronloog.

Noteer de deeltjes die in beide oplossingen aanwezig zijn. zwavelzuur: $H_3O^+(aq)$, $SO_4^{2-}(aq)$ en $H_2O(l)$
natronloog: $Na^+(aq)$, $OH^-(aq)$ en $H_2O(l)$
(NaOH is een goed oplosbaar zout.)

Wat is het zuur en wat is de base? zuur: $H_3O^+(aq)$;
base: $OH^-(aq)$.

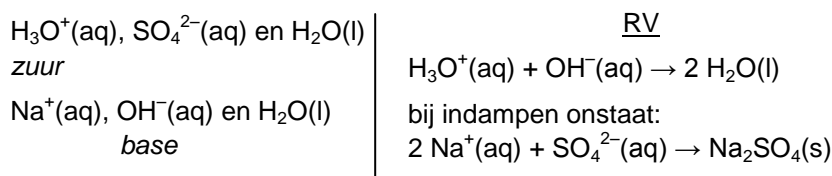
Hoeveel H^+ kan het zuur per deeltje afstaan en de base per deeltje opnemen? H_3O^+ kan één H^+ afstaan;
 OH^- kan één H^+ opnemen.

Stel de RV op. $H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow 2 H_2O(l)$

bij indampen ontstaat:
 $2 Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow Na_2SO_4(s)$

De sulfaationen nemen niet deel aan de reactie en worden dan ook niet vermeld. Bij indampen van de heldere, kleurloze oplossing kristalliseert natriumsulfaat uit.

Het bovenstaande schema kun je vereenvoudigen tot eenzelfde soort schema dat bij het samenvoegen van zoutoplossingen is gebruikt:

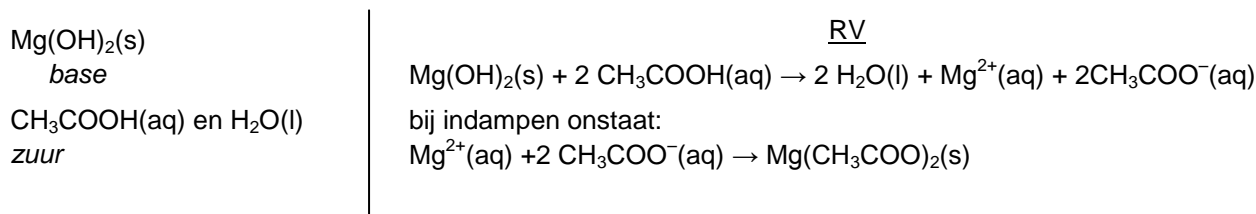


Met nadruk wordt erop gewezen dat *neutraliseren* niet betekent dat de oplossing na neutralisatie dan neutraal hoeft te zijn (pH = 7). Dit hangt, zoals we in hoofdstuk 11 zullen zien, af van de sterkte van het zuur en/of de base.

Hieronder staan nog twee voorbeelden van neutralisatiereacties.

2 Geef de vergelijking van de reactie als magnesiumhydroxide wordt overgoten met azijn.

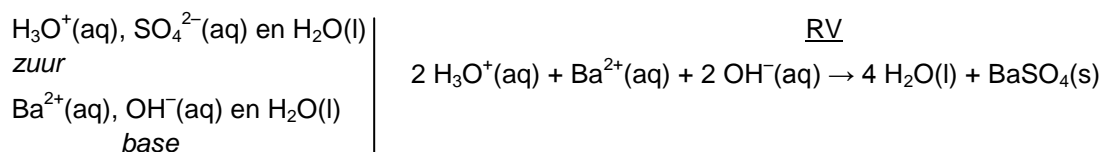
Azijnzuur (ethaanzuur) is CH₃COOH. Azijn is een oplossing van azijnzuur en is een zwak zuur.



Bij samenvoegen van oplossingen van bepaalde zuren en hydroxiden vindt – behalve neutralisatie – ook een *neerslagreactie* plaats omdat er een slecht oplosbaar zout ontstaat.

3 Geef de vergelijking van de reactie van verdund zwavelzuur met een bariumhydroxide-oplossing.

Bij het samenvoegen van beide oplossingen verbinden de oxoniumionen zich met de hydroxide-ionen, terwijl bariumionen met sulfaationen het in water slecht oplosbare bariumsulfaat vormen volgens:

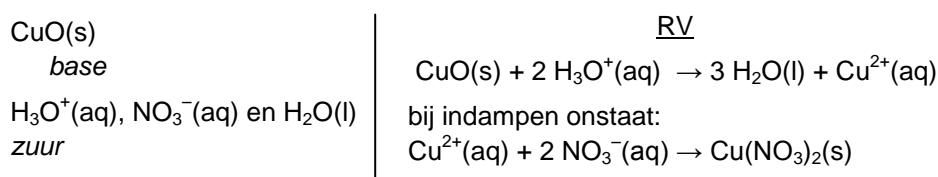


Geen van de in de oplossing aanwezige ionen kan in deze reactievergelijking worden weggelaten.

3.2 Reactie tussen een slecht in water oplosbaar metaaloxide en een zuur.

Bij de reactie van een metaaloxide met een zuur verbindt het zuurstofion (base) van het oxide zich met oxoniumionen (zuur) onder vorming van water.

4 Geef de vergelijking van de reactie als koper(II)oxide met verdund salpeterzuur wordt overgoten.



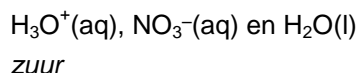
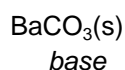
Nitraationen nemen niet deel aan de reactie; in de vergelijking worden ze dan ook niet vermeld. CuO reageert met H₃O⁺ ionen; bij indampen van de heldere blauw gekleurde oplossing kristalliseert kopernitrat uit.

3.3 Reacties van een zuur met een zout.

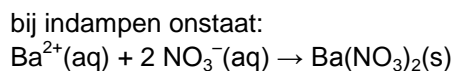
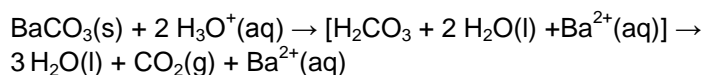
Zoals eerder vermeld zijn koolzuur, zwaveligzuur en salpeterigzuur *instabiele* zuren. Als deze zuren in een reactie ontstaan vallen ze uiteen in water en het oxide. Ook waterstofcarbonaat, -sulfiet en -nitriet leiden door opname van één H⁺ tot hetzelfde resultaat.

Voorbeelden:

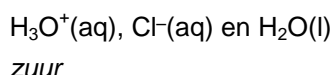
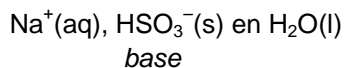
4 Geef de vergelijking van de reactie als bariumcarbonaat met verdund salpeterzuur wordt overgoten.



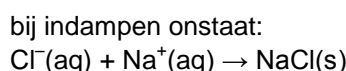
RV



- 5 Geef de vergelijking van de reactie als een natriumwaterstofsulfiet-oplossing met zoutzuur wordt gemengd.

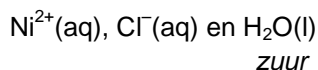


RV

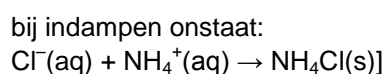
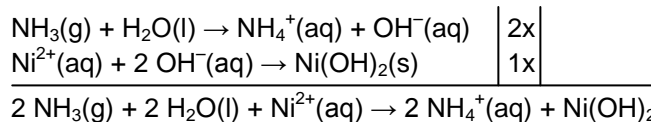


3.4 Reacties van een base met een zout.

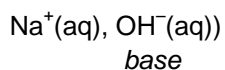
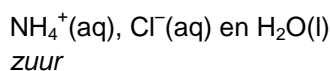
- 6 Geef de vergelijking van de reactie als in een oplossing van nikkellchloride ammoniakgas wordt geleid. Er ontstaat een neerslag van nikkeldhydroxide.



RV



- 7 Bij een oplossing van ammoniumchloride voegt men wat natronloog.



RV

