

Fældningsreaktioner

På et renseanlæg anvendes mange forskellige metoder til at rense spildevandet. Den valgte metode afhænger af, hvad det er man skal fjerne fra spildevandet.

Det er almindeligt at et renseanlæg anvender fældningsreaktioner, til at fjerne f.eks. uønskede næringssalte fra spildevandet.

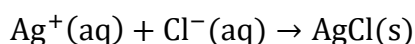
Om fældningsreaktioner

Nogle salte er *letopløselige* i vand - det kan godt tage lang tid at opløse dem, men der kan opløses meget af dem i vandet. Andre salte er *tungtopløselige* hvorfor der næsten ikke kan opløses noget af dem. Hvis der er mere salt i vandet end der kan opløses, dannes der et bundfald af saltkrystallerne. Inden krystallerne er faldet til bunds, er opløsningen derfor *uklar*: Den ser grumset ud pga. de små saltkrystaller der langsomt daler ned gennem vandet.

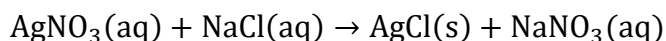
Hvis man blander to opløsninger af letopløselige salte, vil der være fire forskellige slags ioner i blandingen (med mindre én af ionerne går igen i de letopløselige salte). Hvis to af ionerne danner et tungtopløseligt salt, vil blandingen blive uklar, og der er sket en *fældningsreaktion* - det tungtopløselige salt er blevet fældet (se et eksempel på dette i Figur 1).

Hvis man blander en NaCl-opløsning og en Ca(NO₃)₂-opløsning, bliver opløsningen ikke uklar, og der kommer altså ikke noget bundfald. Derfor er hverken NaNO₃ eller CaCl₂ tungtopløselige.

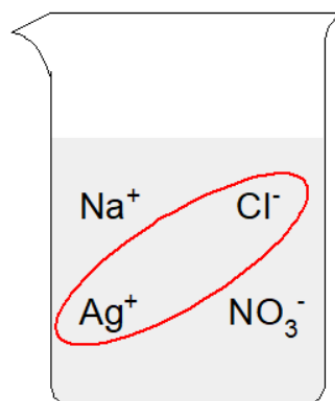
Hvis man derimod blander en NaCl-opløsning med en AgNO₃-opløsning, dannes der bundfald. Blandingen indeholder de fire slags ioner Na⁺, Cl⁻, Ag⁺ og NO₃⁻. Vi så før at NaNO₃ ikke er tungtopløselig, så bundfaldet består altså af AgCl-krystaller, dannet af Ag⁺ og Cl⁻. Reaktionen kan beskrives i et *ionreaktionsskema* hvor kun de ioner, der danner tungtopløselige krystaller, indgår:



Ionreaktionsskemaet her er godt til på en overskuelig måde at beskrive den reaktion som sker, men man kan ikke se hvilke opløsninger Ag⁺ og Cl⁻ kommer fra, og heller ikke hvilke ioner der ellers er i blandingen. Derfor er det nogle gange hensigtsmæssigt i stedet at skrive et reaktionsskema med stofformler:



Figur 1: Et eksempel på en fældningsreaktion.



Figur 2: Blandingen af natriumchlorid og sølvnitrat indeholder fire forskellige slags ioner.

Da der står (aq) efter NaNO_3 , flyder Na^+ og NO_3^- stadigvæk rundt hver for sig i blandingen ligesom de hele tiden har gjort, og danner ikke krystaller. De to ioner reagerer altså ikke i dette tilfælde, og kaldes derfor *tilskuerioner*.

De to typer reaktionsskemaer er en *mikroskopisk* beskrivelse af hvad der sker. Hvis man med almindelig tekst beskriver hvad reaktionsskemaet med stofformler viser, får man en *makroskopisk* beskrivelse:

En opløsning af sølvnitrat blandes med en opløsning af natriumchlorid. Blandingen bliver uklar, fordi der herved dannes et bundfald af sølvchlorid i en opløsning af natriumnitrat.

Første delforsøg

Nogle opløsninger af letopløselige salte skal blandes for at undersøge, om der dannes tungtopløselige salte.

Materialer

- Lamineret papir med sort og hvidt felt
- Serviet
- Pipetteflasker med vandige opløsninger af:
 - calciumchlorid, $\text{CaCl}_2(\text{aq})$
 - kobber(II)sulfat, $\text{CuSO}_4(\text{aq})$
 - kaliumiodid, $\text{KI}(\text{aq})$
 - natriumsulfid, $\text{Na}_2\text{S}(\text{aq})$
 - natriumcarbonat, $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$

Fremgangsmåde

Bland på det laminerede papir to dråber af de opløsninger der er angivet i skemaet herunder, og noter observationerne. Prøv for hver blanding både med den mørke og med den lyse baggrund, da nogle bundfald ses bedst på mørk baggrund, og andre på lys. Det er vigtigt for forsøgenes pålidelighed at dråberne fra den anden opløsning falder lige ned oven i dråberne fra den første. Undgå at dyppe pipettespidserne i dråberne. Når forsøgene er færdige, rengøres det laminerede papir med en papirserviet, så det kan bruges en anden gang.

	Bland opløsninger af	Observationer
1	calciumchlorid og natriumcarbonat	
2	kaliumiodid og calciumchlorid	
3	kobber(II)sulfat og natriumsulfid	

Opskriv *med det samme* i de tilfælde hvor der dannes bundfald (og kun i dem!), et ionreaktionsskema og et reaktionsskema med stofformler samt en makroskopisk beskrivelse som i eksemplet ovenfor.

1	Ionreaktionsskema	
	Reaktionsskema m. stofformler	
	Makroskopisk beskrivelse	

2	Ionreaktionsskema	
	Reaktionsskema m. stofformler	
	Makroskopisk beskrivelse	

3	Ionreaktionsskema	
	Reaktionsskema m. stofformler	
	Makroskopisk beskrivelse	

Andet delforsøg

Her følger et par udfordringer som kan løses vha. nogle af de opløsninger af letopløselige salte som er angivet i listen. Lav blandinger af opløsningerne på det laminerede papir som før, og lav i hvert tilfælde samme efterbehandling. Man kan blande på må og få eller bruge dette skema som hjælp.

	NH_4^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Pb^{2+}	Ag^+
NO_3^-	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cl^-	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
Br^-	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
I^-	L	L	L	L	L	---	L	---	L	L	T	T
SO_4^{2-}	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T	T	T
CO_3^{2-}	L	L	L	T	T	---	T	---	T	T	T	T
OH^-	---	L	L	T	T	T	T	T	T	L	T	---
S^{2-}	L	L	L	T	T	T	T	T	T	T	T	T
PO_4^{3-}	L	L	L	T	T	T	T	T	T	T	T	T

Figur 3 Tabel over en række saltes opløselighed. Grænsen mellem letopløselig og tungtopløselig går ved 2g opløst stof pr 100 mL vand.

Materialer

- Lamineret papir med sort og hvidt felt
- Serviet
- Pipetteflasker med vandige opløsninger af:
 - calciumchlorid, $CaCl_2(aq)$
 - kobber(II)sulfat, $CuSO_4(aq)$
 - kaliumiodid, $KI(aq)$
 - natriumsulfid, $Na_2S(aq)$
 - natriumcarbonat, $Na_2CO_3(aq)$
 - kaliumnitrat, $KNO_3(aq)$
 - natriumphosphat, $Na_3PO_4(aq)$
 - natriumchlorid, $NaCl(aq)$
 - zinknitrat, $Zn(NO_3)_2(aq)$
 - sølvnitrat, $AgNO_3(aq)$
 - jern(III)nitrat, $Fe(NO_3)_3(aq)$
 - natriumsulfat, $Na_2SO_4(aq)$

Fremgangsmåde

- Spildevand kan indeholde store mængder fosfat fra bl.a. vaskepulver. Fosfat er et næringsstof der kan forårsage ukontrolleret algevækst.
Et rensningsanlæg vil gerne have hjælp til at fjerne fosfat fra spildevandet ved at fælde det. Hvilke positive ioner vil du foreslå rensningsanlægget at afprøve?
Afprøv to af dine forslag.

Ekstra overvejelse: Nitrater fungerer ligeledes som næringsstoffer. Kan man bruge fældningsreaktioner til at fjerne nitrater fra spildevandet? Begrund dine svar.

- b. Spildevand kan indeholde forskellige tungmetaller. Det kunne f.eks. være kviksølv, bly, cadmium, kobber eller zink. Disse bliver tilført spildevandet fra industri, private husholdninger og andre kilder som f.eks. kobber og zink, der udvaskes af tagrender med regnvand¹.

Et rensningsanlæg vil gerne have hjælp til at fjerne kobber(II)-ioner og zink-ioner fra spildevandet ved at fælde dem. Hvilke negative ioner vil du foreslå rensningsanlægget at afprøve?

Afprøv to af dine forslag (et med zink- og et med kobber(II)-ioner).

Resultater og efterbehandling

	Blanding af	Observationer
a		
a		
b		
b		

a	Ionreaktionsskema	
	Reaktionsskema m. stofformler	
	Makroskopisk beskrivelse	

a	Ionreaktionsskema	
	Reaktionsskema m. stofformler	
	Makroskopisk beskrivelse	

¹ Rapport om Videregående renseteknologier for kommunalt spildevand, DANVA Forsknings- og Udredningsprojekt nr. 2, DANVA, 2006

b	Ionreaktionsskema	
	Reaktionsskema m. stoffformler	
	Makroskopisk beskrivelse	

b	Ionreaktionsskema	
	Reaktionsskema m. stoffformler	
	Makroskopisk beskrivelse	

Konklusioner

Hvad kan du konkludere ud fra dine resultater fra de to ekstra-forsøg?

Udfordring a	
Udfordring b	