

Eksperiment 3.5: Fotokemi

Eksperiment med sollys og redoxreaktioner

Formål

I skal lave et fotografi ved hjælp af sollys og filterpapir.

I skal bruge

En teskefuld NaCl

Opløsning af sølvnitrat (for eksempel 0,1 M)

100 ml vand

To bægerglas (250 ml)

Et stykke filterpapir, ca. 10x10 cm

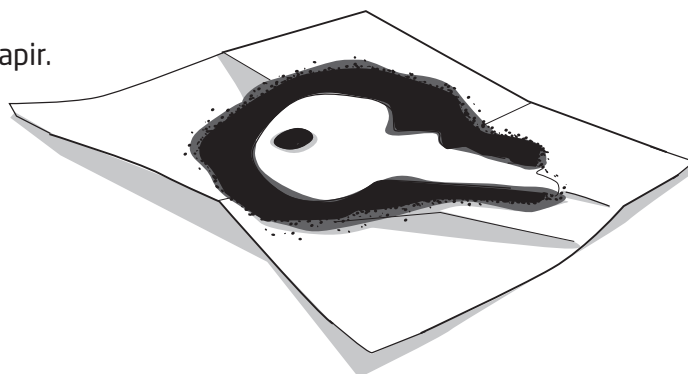
En mellemstor tragt

Et lille stykke pap (evt. klippet som en sjov figur) eller metal (for eksempel en mønt eller nøgle)

Spatel

Evt. saks til at klippe figurer med

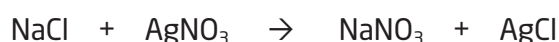
Plastikhandsker



Oplæg

Det første fotografiske billede lavet ved hjælp af kemiske sølvforbindelser blev fremkaldt i 1839 af den engelske opfinder Fox Talbott. Selvom processen er blevet forbedret mange gange siden, er princippet bag billeder lavet på fotografiske film det samme.

I dette eksperiment skal I efterligne Talbotts opfindelse og lave et fotografi ved hjælp af sølvnitrat. Når I blander natriumchlorid (NaCl) og sølvnitrat, reagerer de to forbindelser og danner natriumnitrat (NaNO₃) og et bundfald af sølvchlorid (AgCl):



De ultraviolette stråler i sollys nedbryder AgCl til rent sølv og chlor. I kan se nedbrydningsprocessen, fordi sølvet bliver mørkt.

Sådan gør I

1. Start med at tage handsker på.
2. Hæld en teskefuld salt i et bægerglas med 100 ml vand, og rør rundt, indtil saltet er opløst.
3. Tilsæt lidt efter lidt nogle dråber sølvnitratopløsning. Der dannes et tydeligt hvidt bundfald.
4. Læg et stykke filterpapir i en tragt, og stil tragten oven på et tomt bægerglas.
5. Hæld opløsningen fra punkt 2 gennem tragten.
6. Tag filterpapiret op af tragten, og fold det ud. Brug en spatel til at fordele det hvide bundfald jævnt ud over filterpapiret.
7. Læg filterpapiret i sollys i en vindueskarm.
8. Læg et lille stykke metal eller en figur af pap hen over midten af filterpapiret.
9. Vent 10 minutter, og fjern så metallet/papstykket. I har nu lavet et primitivt fotografisk billede.

Forklaring

Nedbrydningen af sølvchlorid til rent sølv kaldes for en fotokemisk proces (foto = 'lys'), fordi det er energien i lyset, der sætter gang i den kemiske reaktion. Når Solens stråler rammer sølvchlorid, afgiver de deres energi til stoffet. Energien bruges til at spalte sølvchlorid og danne rent sølv (Ag) og chlor (Cl):



Den første reaktion, hvor der dannes chlor, kaldes en oxidation. Her afgiver de negative chloridioner (Cl^-) deres elektroner:



Den anden reaktion, hvor sølv dannes, kaldes en reduktion. Her modtager de positive sølvioner (Ag^+) elektroner:



Der sker altså en udveksling af elektroner fra chloridionerne til sølvionerne. Tilsammen kaldes de to reaktioner for en redoxreaktion.

Efterbehandling

1. En anden fotokemisk proces er spaltningen af vand ved hjælp af Solens energi. Når vand (H_2O) spaltes, dannes der hydrogen og oxygen:



Spaltningen af vand er også en redoxreaktion, hvor de positive hydrogenioner (H^+) modtager elektroner fra de negative oxygenioner (O^{2-}). Hvor mange elektroner flytter plads, når et molekyle vand spaltes? Indsæt antallet af elektroner i reaktionerne herunder:



2. Hvilken af de to reaktioner er en oxidation? Og hvilken er en reduktion?
-

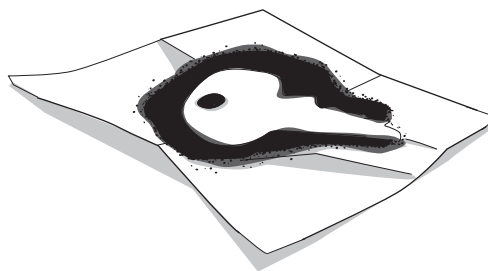
3. Hvorfor er det vigtigt, at der ikke kan skinne lys gennem det objekt, I lægger oven på filtrerpapiret (nøgle, pap eller lignende)?
-

4. Hvorfor er jeres fotografiske billede ikke holdbart?
-

5. Hvad kaldes NaCl i daglig tale?
-

Eksperiment 3.5: Fotokemi

Eksperiment med sollys og redoxreaktioner



Baggrundstekst

Afsnittet 'Den direkte vej til hydrogen'

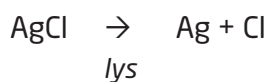
Beskrivelse

Eleverne fremstiller et billede på primitiv fotografisk film ved hjælp af en blanding af natriumchlorid (NaCl) og sølvnitrat (AgNO₃). Når filmen lægges i sollys, bliver den mørk, med undtagelse af de områder, der er dækket med for eksempel en mønt eller et stykke pap.

Forklaringer

Fotokemi og redoxreaktioner

Eksperimentet er en illustration af en fotokemisk proces, det vil sige en proces, hvor energien i solstrålingen fremkalder en kemisk reaktion. I dette tilfælde nedbrydningen af sølvchlorid til rent sølv. Der er tale om amorft sølv, det vil sige ikke-krystallinsk, i modsætning til 'normalt' metalblankt sølv, som er krystallinsk. Nedbrydningen er en redoxreaktion, hvor en elektron overføres fra chloridionen til sølvionen, hvorved der dannes sølv- og chloratomer:



Dannelse af metalliske sølvpartikler på overfladen af en fotografisk film får filmen til at blive mørkere på de områder, der ikke er beskyttet mod solstrålingen af et ugenomsigtigt objekt. Ved fremkaldelsen fungerer sølvpartiklerne som katalysatorer, der igangsætter reduktionen af endnu flere omkringliggende sølvioner, hvorved billedet bliver tydeligt. Efterfølgende fikseres filmen for at fjerne rester af ueksponeret sølvchlorid og dermed gøre billedet holdbart. I dag er fotografiske film selvfølgelig i høj grad erstattet af digitalkameraer.

Sølvhalider

Sølvhalider som sølvchlorid, -bromid og -iodid absorberer ikke lys med bølgelængder over 460 nanometer særligt effektivt. Derfor var de tidligste fotografiske film ikke følsomme over for rødt og grønt lys. Løsningen kom, da man fandt på at tilsætte farvestoffer, der øgede filmenes følsomhed over for større bølgelængder. Udviklingen inden for fotografi inspirerede mange forskere, der overførte den nye viden til andre fotokemiske processer, hvor man også ønskede at udnytte en større del af Solens spektrum. Nutidens forskning i fotosystemer, som er beskrevet i 'Den direkte vej til hydrogen', bygger således videre på viden, der blev skabt for næsten 200 år siden i jagten på billeder til familiealbummet.

Fremstilling af hydrogen ved elektrolyse

Spaltning af vand til hydrogen og oxygen er en anden redoxreaktion. Her flyttes i alt fire elektroner fra to oxygenioner til fire hydrogenioner, hvorved der dannes oxygen og hydrogen. Processen spiller en vigtig rolle i fotosyntesen og også i fremtidens energiscenarier, hvor hydrogen af mange regnes som et godt miljøvenligt brændstof.

I fotosyntesen spiller grundstoffet mangan en central rolle i vandspaltningen (se *eksperiment 3.6*). Vand kan imidlertid også spaltes ved elektrolyse (se *eksperiment 3.4*), hvor spaltningen drives af energien fra en

ekstern strømkilde. I perioder med overskydende 'grøn' strøm fra vindmøller eller solceller er produktionen af hydrogen ved elektrolyse en metode til at gemme uudnyttet energi på kemisk form til senere brug. Opbevaring af energi på kemisk form er nemlig langt mere pladsbesparende end strøm i batterier og varme.

Hver gang energi bliver omdannet fra en form til en anden, spildes der energi. Ved den ovenstående 'grønne' elektrolyse omdannes solenergi til vindenergi, der efterfølgende bliver til bevægelsesenergi i vindmøllen, der derved producerer elektrisk energi, som endelig bliver til kemisk energi i form af hydrogen. Der er således mange omdannelsestrin med deraf følgende tab af energi i form af varme.

Fotoelektrokemisk fremstilling af hydrogen

Et vigtigt forskningsområde både i CASE og i forskningsgrupper over hele verden er forsøget på at omdanne solenergi direkte til hydrogen i en såkaldt fotoelektrokemisk proces. Processen kombinerer en reaktion drevet af solenergi (*foto-*) med en reaktion igangsat af elektroner (*elektrokemisk*). Ved at samle de forskellige reaktioner i ét system forsøger forskerne at mindske tabene ved energiomdannelsen og fremstille et system, der er billigere end solceller. Dette er dog en meget kompliceret proces, der blandt andet kræver nye katalysatorer, og systemet findes i dag (2011) endnu kun i laboratoriet. Derfor er det naturligvis også meget svært at illustrere konceptet direkte i et skoleeksperiment. Tanken er derfor, at det nærværende eksperiment med sølv og fotografering kan bruges som en illustration af fotokemiske processer og udføres i forbindelse med læsning af afsnittet 'Den direkte vej til hydrogen' i kapitel 3.

Gode råd til eksperimentets udførelse

I eksperimentet foreslås det at bruge 0,1 M sølvnitrat. Helt op til 0,5 M er en sådan opløsning ikke mærkningspligtig ifølge Miljøministeriets regler.

Fremstilling af 0,1 M sølvnitrat:

1. Opløs 16,99 g AgNO_3 i ca. 800 ml vand.
2. Fortynd op til 1 liter.
3. Opbevares i en mørk flaske.