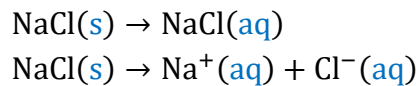


SALTVAND - FAJANS TITRERING

Vi har tidligere set, hvad der sker, når man opløser køkkensalt i vand og olie. Saltet kan ikke opløses i olien, men det opløses i vand. Med den viden vi har, ved vi, at der er natriumioner og chlorid i den vandige opløsning, men vi kan ikke se ionerne. Der er tale om en homogen blanding. Vi har tidligere skrevet dette på to forskellige måder, når et salt opløses i vand:



Husk også på at NaCl er en letopløselig ionforbindelse i vand pga. ion-dipolbindinger.

Formålet med denne øvelse er at lære, hvordan vi kan benytte titreranalyse til at bestemme stofmængden af NaCl i en opløsning ved at benytte Fajans titrering. Vigtige begreber for titreranalyse introduceres ved øvelsen.

Når man arbejder med opløsninger som er en blanding er man i kemi ofte i en af disse situationer:

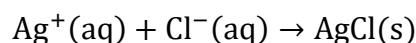
1. Man vil gerne fremstille en vandig opløsning, hvor man har en helt bestemt stofmængdekonzentration af fx et salt.
2. Man står med en vandig opløsning, hvor man ikke kender stofmængdekonzentrationen af fx et salt, men man vil gerne kende den, da man gerne vil vide, hvor meget salt der er i vandet.

Det kan fx være, at man i biologi undersøger, hvor meget salt der i Vejle Fjord og vil sammenligne det med vandet i andre fjorde eller vandet i Øresund. Det kan også tænkes, at man tager prøver det samme sted i Københavns Havn i starten af hver måned i et helt år, og på den måde kan finde ud af, om der er en variation i saltindholdet i havnen. Interessant er det også at bestemme indholdet af salt i fødevarer.

I dette eksperimentelle studie, skal I:

1. Fremstille en opløsning med en bestemt stofmængdekonzentration af NaCl.
2. Bestemme indholdet af NaCl i en opløsning, som en *anden gruppe* har fremstillet. For jeres gruppe er der altså tale om en ukendt stofmængde og stofmængdekonzentration.

Husk på denne fældningsreaktion, den er en central for øvelsen



Læg mærke til at sølv(1+) og chlorid reagerer i forholdet 1:1.

Det er vigtigt, da vi i øvelsen også arbejder med ækvivalente mængder, når vi skal lære om og benytte det meget vigtige begreb for titreranalyse: ækvivalenspunktet.

TITRERANALYSE

Lad os se på hvad der er vigtigt ved metoden titreranalyse. Man kommer til at gennemføre en del eksperimenter, hvor denne analysemetode benyttes. Når vi her beskriver metoden, tager vi udgangspunkt i forsøget med saltvand i dette forsøg (kendt som Mohrs titrering), men begreberne gælder for alle titreranalyser.

Nedenstående begreber er helt centrale:

1. Analyseopløsningen og titranden

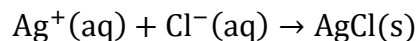
Analyseopløsning indeholder det stof, som man gerne vil vide noget om. Dette stof kalder vi for *titranden*. I dette eksperiment ved vi, at titranden er NaCl. Vi kender ikke til mængden af salt, der er opløst i vandet. Det vil vi gerne bestemme vha. en kemisk metode. Analyseopløsningen er ofte i en konisk kolbe, som står på en magnetomrører. Et nøje bestemt volumen af analyseopløsningen er overført til den koniske kolbe. Man bruger en fuld pipette til dette.

2. Titrvæsken og titratoren

Titrvæsken er en opløsning med en kendt koncentration af et kemisk stof. Det kemiske stof er titratoren. I dette eksperiment er det titrvæsken en vandig opløsning: 0,100 M AgNO₃. Noter at der står 0,100 M. Stofmængdekonzentrationen er angivet med tre decimaler, og det er ikke tilfældigt. Stofmængdekonzentrationen er kendt. Titrvæske overføres til er *buret*. Man kan med buretten tilføje et nøje afmålt volumen af titrvæsken til analyseopløsningen. Da man kender stofmængdekonzentration af titratoren i titrvæsken og ved hvilket volumen man tilsætter, det aflæses på buretten, ved man, *hvilken stofmængde man tilsætter* til analyseopløsningen. Her benyttes den kendte formel:

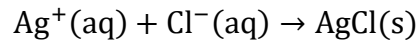
$$n = c \cdot V$$

3. Titreringsreaktionen. Man skal designe eksperimentet således, at der finder en reaktion sted mellem det titranden og titratoren. I dette eksperiment er det denne reaktion:



4. **Ækvivalenspunktet.** Ækvivalenspunktet er et *meget vigtigt* begreb i forbindelse med titreranalyser. Måske tænker I: Ækvivalens mellem hvad?

Betragt igen reaktionen i dette forsøg:



Her reagerer Ag^+ og Cl^- i forholdet 1:1. Fra reaktionen kan vi se, at $\text{Cl}^-(\text{aq})$ (titranden) reagerer, når vi tilføjer $\text{Ag}^+(\text{aq})$ (titratoren) til analyseopløsningen. På et tidspunkt er der ikke mere $\text{Cl}^-(\text{aq})$ i analyseopløsningen. Netop det vil vi gerne kunne se eller måle, så hvis opløsningen skifter farve netop her, er det ideelt.

Vigtigt er det nemlig: Hvad ved vi ved *ækvivalenspunktet*?

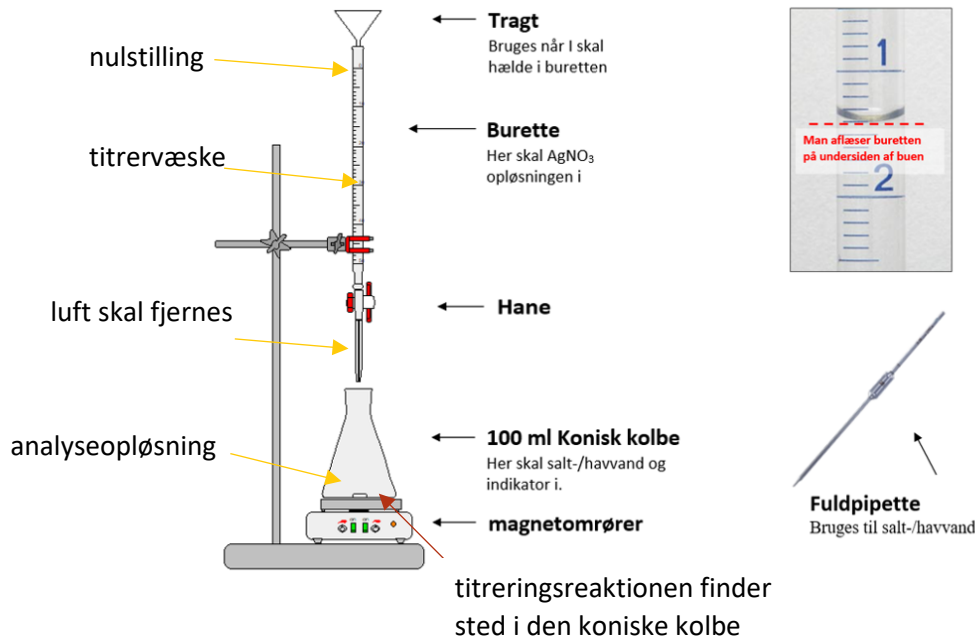
Vi ved hvilken stofmængde $\text{Ag}^+(\text{aq})$, vi har tilført til analyseopløsningen og ved ækvivalenspunktet er der ækvivalente stofmængder af $\text{Ag}^+(\text{aq})$ og $\text{Cl}^-(\text{aq})$.

Dermed kender vi den stofmængde chlorid, der var i det afmålte volumen af analyseopløsningen! Da vi således både kender til stofmængde og volumen (af analyseopløsningen ved starten af eksperimentet), kan vi bestemme *stofmængdekonzentrationen* af chlorid i den oprindelige saltopløsning.

5. **Indikator.** Ofte har man en indikator tilstede, som kan afsløre noget mht. den reaktion, der finder sted. Mange kender til indikatorer fra forsøg med syrer og baser. Indikatoren i dette forsøg giver et farveskift af analyseopløsningen reaktionen. Eksperimenter af denne type - hvor man observerer et farveskift - kalder man for en *kolorimetrisk* titrering. Indikatoren skal vælges således, at den *skifter farve ved ækvivalenspunktet*.

UDSTYR OG EKSPERIMENTEL OPSTILLING

Ved en titrering har vi generelt nedenstående opstilling - eller variationer af opstillingen. Her er eksperimentet med saltvand benyttet som konkret eksempel.

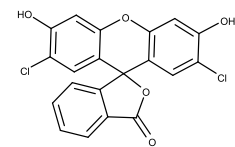


FAJANS METODE OG 2,7-DICHLORFLUORESCEIN

2,7-dichlorfluorescein er et stort og lidt avanceret molekyle, som er vist nedenfor. Ved *Fajans metode*¹ udnyttes det, at der ved titreringsreaktionen i dette eksperiment dannes fast sølvchlorid.

Farven af en opløsning med 2,7-dichlorfluorescein er gul.

Ved eksperimentet tilsættes der Ag^+ fra buretten - det er titratoren - til analyseopløsningen - som indeholder titranden. Titreringsreaktionen er en fældningsreaktion, og der dannes $\text{AgCl}(s)$.



Ved **ækvivalenspunktet** er der tilsat så meget $\text{Ag}^+(aq)$, at der ikke længere er $\text{Cl}^-(aq)$ i opløsningen. Den næste (lille) mængde $\text{Ag}^+(aq)$ der tilføres til opløsningen fører til, at farven af opløsningen skifter fra **gul** til **lyserød**. Grunden til det er, at overfladen af den udfældede ionforbindelse bliver positivt ladet, da sølv(1+) absorberer til overfladen af partiklerne. Nu kan 2,7-dichlorfluorescein absorbere til denne overflade og dermed giver indikatoren et farveskift af opløsningen.

¹ Metoden er opkaldt efter [Kazimierz Fajans](#).

EKSPERIMENTELT

APPARATUR

- Vægt
- Vejebåd
- Målekolbe, 100 mL
- Fuldpipette, 10 mL
- Pipettebold
- Konisk kolbe, 100 mL
- Magnetomrører og magnet
- Stativ, muffe og stativklemme
- Burette
- Bægerglas, fx 50 mL

KEMIKALIER

- NaCl (s)
- 0,100 M AgNO₃-opløsning
- 0,1% 2,7-dichlorfluorescein i ethanol
- demineraliseret vand

RISICI

- Sølvnitrat virker ætsende og giver sorte pletter på tøj og hud.

Del 1

Man skal fremstille en saltopløsning i vand ved at bruge NaCl, vejebåd, vægt, demineraliseret vand og en målekolbe med prop. Jeres gruppe skal henvende sig til underviseren. Her får man at vide, hvilken masse man skal afveje og opløse i 100 mL vand i målekolben, hvor man skal sørge for at saltet bringes i opløsning. Skriv masses af NaCl (s) ind i tabellen her:

Massen af afvejet NaCl (g)	Målekolbe benyttet
	100 mL

Man skal videregive denne information til en anden gruppe, når øvelsen er afsluttet. Underviseren fortæller jer hvilken gruppe man skal give informationen til.

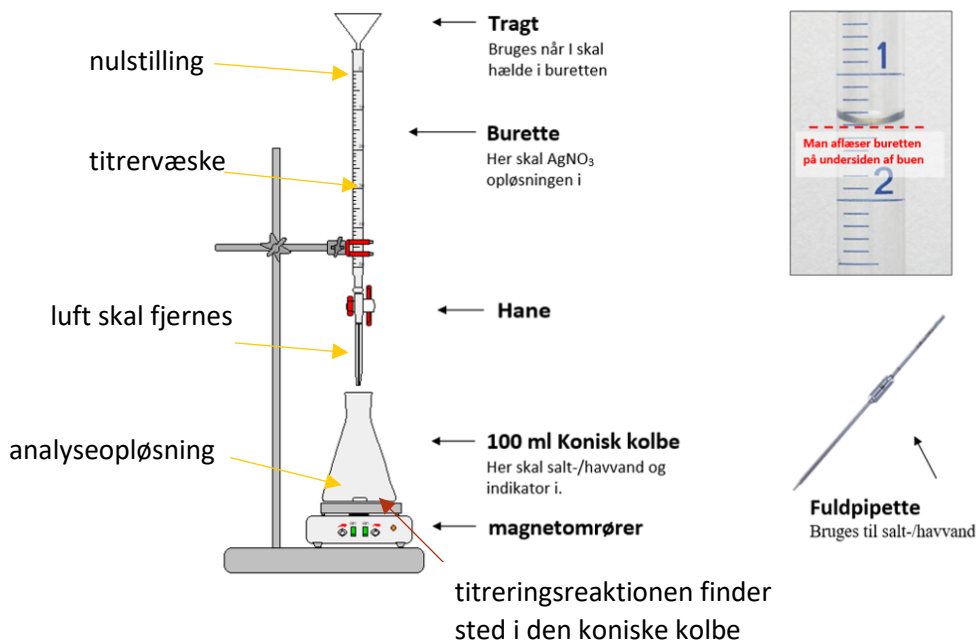
Del 2

Den opløsning man har fremstillet, skal afleveres til den anden gruppe.

Tilsvarende får man udleveret en saltopløsning fra en gruppe. Opgaven er nu denne: Man skal ved hjælp af fuldpipette, pipettebold, konisk kolbe, magnetomrører og magnet, stativ, muffe og stativklemme samt burette bestemme stofmængden af NaCl i den opløsning, man har fået udleveret. Fra den information kan stofmængdekonzentrationen beregnes.

Der er følgende krav - se næste side for den eksperimentelle opstilling.

- Titrvæsken er 0,100 M AgNO₃ (aq).
- 2,7-dichlorfluorescein er indikator.
- Volumen af analyseopløsningen skal være 10 mL.



1. Opstil apparaturet som vist på figuren.
2. **Luk hanen** på buretten. Placer evt. en tragt i buretten og hæld forsigtigt AgNO_3 opløsning i buretten, så der er 2-4 cm væske mere i, end der hvor markeringen **0** er angivet. Dette er titrervæsken.
3. Åbn hanen på buretten og tap AgNO_3 ned i en affaldsbeholder til væskesøjlen står på **0**, og der ikke er luft i den nederste del af buretten.
4. Med fuldpipette og pipettebold overfør 10,00 mL saltvand til den koniske kolbe. Dette er analyseopløsningen.
5. Tilsæt ca. fem dråber indikator (2,7-dichlorfluorescein) til analyseopløsningen i den koniske kolbe. Opløsningen er nu gul.
6. Placer forsigtigt en magnet i kolben og placer kolben på magnetomrøreren under buretten.
7. Drej på burettehanen således, at der **langsomt** drypper AgNO_3 opløsning ned i den koniske kolbe. Vær opmærksom på at en **lyserød** farve på et tidspunkt viser sig, der hvor sølvnitratdråben rammer overfladen af opløsningen i kolben.
8. Dryp nu få dråber ad gangen ned i analyseopløsningen og noter at det tager længere og længere tid før den lyserøde farve forsvinder. Tilsæt til sidst **en** dråbe ad gangen. Når en enkelt dråbe fremkalder en svag **blivende** lyserød farvning af indholdet i kolben afsluttes tildrypningen, da man er ved ækvivalenspunktet. Omslaget (farveskiftet) skal altså bestemmes med en dråbes nøjagtighed.
9. Aflæs på buretten det volumen (mL) AgNO_3 -opløsning der er blevet tilsat, og noter det i skemaet nedenfor. (Gentag evt. eksperimentet.)

Volumen 0,100 M AgNO_3 tilsat ved ækvivalenspunktet (mL)

EFTERBEHANDLING

Følgende spørgsmål skal besvares:

1. Hvilken stofmængde $\text{Ag}^+(\text{aq})$ var der blevet tilsat ved ækvivalenspunktet?
 - Benyt $n = cV$.
 - Det er din opgave at tænke over, hvad c og V er her.
2. Hvilken stofmængde $\text{Cl}^-(\text{aq})$ indeholdt de 10 mL saltvand?
 - Husk på titreringsreaktionen: $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$
3. Hvilken stofmængde $\text{NaCl}(\text{aq})$ var i de 10 mL saltvand?
 - Hvilken stofmængde var så i de 100 mL saltvand?
4. Hvad var stofmængdekonzentrationen af $\text{NaCl}(\text{aq})$ i den saltopløsning, som blev undersøgt?
 - Husk på at $c = \frac{n}{V}$.
 - Det er din opgave at tænke over, hvad n og V er her.
5. Man fik udleveret information om fra en anden gruppe om, hvilken masse af $\text{NaCl}(\text{s})$, der var blevet afvejet og efterfølgende opløst i 100 mL vand.
 - Benyt den information til at beregne den teoretisk forventede stofmængdekonzentrationen af natriumchlorid i opløsningen.
 - Afgør nu om resultatet fra forsøget stemmer overens med det, man forventer.

OVERVEJELSER

- Har man arbejdet med kvantitative eller kvalitative data ved øvelsen?
- Skriv en kort konklusion som inkluderer resultaterne fra forsøget.