

Hedelundssøen

Naturvidenskabeligt grundforløb - kemi

Tekst og illustrationer af Lasse Bilgrav Nielsen Brønderslev Gymnasium og HF

Introduktion

Mange danske søer, vandløb og fjorde er truet af iltsvind grundet forurening af næringsstoffer. Disse næringsstoffer kommer ofte fra spildevand, gødning eller endda af at fodre ænder. Som eksempel skal vi undersøge den lokale Hedelundsøen. I biologidelen af naturvidenskabeligt grundforløb vil I lære om næringsstoffernes betydning for økosystemet Hedelundsøen. I kemidelen af naturvidenskabeligt grundforløb skal I lære om den kemiske opbygning af disse stoffer, hvordan man kemisk kan fjerne dem, og hvordan vi kan måle indholdet af dem. Sammen udforsker fagene problemstillingen med forurening af næringsstoffer og hvilke løsningsmuligheder der er, for en mere bæredygtig Hedelundsø. Igennem materialet vil der blive omtalt søer, men de samme stoffer og problemer findes på samme vis i vandløb og i havet.

Indholdsfortegnelse

Introduktion	1
Indholdsfortegnelse	1
Ioner	2
Kemisk notation	3
Salte	4
Næringsalte.....	5
Let- og tungtopløselige salte	5
Fældningsreaktion.....	6
Rense søer	6
Koncentration	7
Lys og farve	7
Spektrofotometri	9
Måling af nitratindhold med spektrofotometri	10
Opgaver Ioner og Kemisk notation	12
Opgaver Salte og opløselighed	14
Opgaver fældningsreaktioner	17
Opgaver spektrofotometri	19
Øvelse rensning af nitrat og fosfat	21
Øvelsesvejledning: Bestemmelse af nitratindholdet i vandprøve.....	23

Ioner

Næringsstofferne i søer er ioner, derfor forklares hvad ioner er. Definitionen af ion er et ladet partikel, så stofferne vil altså have en negativ eller en positiv ladning. Her er nogle eksempler Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , S^{2-} , NH_4^+ og SO_4^{2-} . Senere forklares nærmere hvad notationen betyder, men for nu læg mærke til at for alle eksemplerne er der + eller -. Det er deres ladning. Tallet inden ladningen er hvor mange positive eller negative ladninger de har. Na^+ har 1 positiv ladning men Mg^{2+} har 2 positive ladninger. Cl^- har 1 negativ ladning, men SO_4^{2-} har 2 negative ladninger.

Når det gælder ioner, så har man en opdeling i simple ioner og sammensatte ioner. Forskellen er om de består af et eller af flere atomer. Nedenunder er eksempler på simple ioner.

Na^+ Natriumion	K^+ Kaliumion	Mg^{2+} Magnesiumion	Zn^{2+} Zink(II)ion
Cu^{2+} Kobber(II)ion	Al^{3+} Aluminiumion	Fe^{2+} Jern(II)ion	Fe^{3+} Jern(III)ion
Ca^{2+} Calciumion	Ba^{2+} Bariumion	Pb^{2+} Bly(II)ion	Ag^+ Sølv(I)ion
Cl^- Chlorid	Br^- Bromid	I^- Iodid	S^{2-} Sulfid

De positive ioners navne ender med -ion, imens de negative ioners navne ender med -id. Nogle af dem kan have flere mulige ladninger. Så skriver man med romertal deres antal af positive ladninger f.eks. jern(II)ion: Fe^{2+} og jern(III)ion: Fe^{3+} .

Nedenunder er der eksempler på sammensatte ioner. Læg mærke til de alle består af flere atomer. F.eks. nitrat NO_3^- består af både 1 nitrogen N og 3 oxygen O. Der er ingen fast regel for endelsen af navnet, men negative sammensatte ioner ender ofte med -at.

NO_3^- Nitrat	SO_4^{2-} Sulfat	CO_3^{2-} Carbonat
OH^- Hydroxid	PO_4^{3-} phosphat	NH_4^+ Ammonium

Kemisk notation

Der har nu været vist flere eksempler på kemiske stoffer, men det er ikke gennemgået hvad alle de hævede og sænkede tal betyder. Det vil der nu gøres.

Atomsymbol er en forkortelse for hvert grundstof. Hvert grundstof har en eller to bogstavsforkortelser der starter med stort bogstav. Så hver gang der er et stort bogstav, er der et grundstof.

F.eks. stoffet NaCl består af Na^+ natrium(ion) og Cl^- chlor(id).

Sænkede tal benyttes for at viser antallet af atomet inden tallet.

F.eks. Na_2S består 2 Na^+ og 1 S^{2-} .

Tal foran stoffer fortæller, hvor meget der er af hele stoffet.

F.eks. 2MgCl_2 fortæller at der er 2 af MgCl_2 hvilket så samlet er 2 Mg^{2+} og 4 Cl^- .

Til at vise ladninger bruges hævede + eller -. Hvis der så også er et tal foran, er det antallet af ladningen. *F.eks. S^{2-} fortæller S har 2 negative ladninger.*

Ved sammensatte ioner bruger man parenteser hvis der er flere af dem.

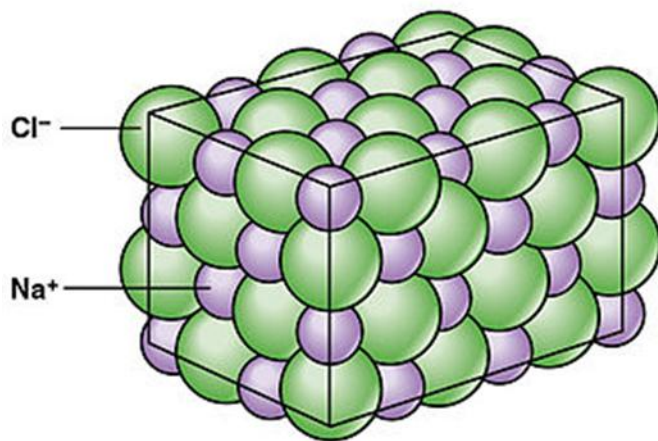
F.eks. $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ fortæller der er 1 Mg^{2+} og 2 af NO_3^- . Når der er 2 af NO_3^- så er der altså i alt 2 N, 6 O og en negativ ladning.

Salte

Næringsstoffer i søer er opløst i vandet som ioner, men ioner findes også bundet sammen til hinanden i faststof kaldet salte.

Salte er stoffer som består af ioner, derfor kaldes de også for ionforbindelser. Den positive ladning fra positivt ladede ioner og den negative ladning fra negativt ladede ioner tiltrækkes af hinanden. Mange negative og positive ioner binder bundet sammen kaldes et salt. Salte er neutrale det vil sige, at der er lige stor positiv og negativ ladning i dem.

Nedenunder ses en illustration af et saltkrystal af NaCl (almindeligt bordsalt). Læg mærke til at de positive Na^+ ligger ved siden af de negative Cl^- , tiltrækningen fra plus og minus holder dem sammen. Når man skriver den kemiske formel af et salt, så skriver man den positive ion først. NaCl er rigtigt, men ClNa er forkert.



Figur 1 Natriumchlorid krystal. Udsnit af figur fra Rice University <https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/7-1-ionic-bonding>

Selvom en krystal af NaCl består af mange Na^+ og Cl^- , så skriver man det bare som NaCl. Det gør man fordi for hver 1 Na^+ vil der være 1 Cl^- for så passer det med en positiv ladning for hver negativ ladning.

Andre salte kan have andre forhold. En krystal af MgCl_2 består af mange Mg^{2+} og Cl^- , men der vil være 2 Cl^- for hver 1 Mg^{2+} , for så er det samlet set uden ladning og er neutralt, dvs. dobbelt så mange Cl^- som Mg^{2+} .

Endnu et eksempel er ionerne Fe^{3+} og CO_3^{2-} . De vil danne et salt $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$. Så er der 2 Fe^{3+} der samlet har 6 positive ladninger og de 3 CO_3^{2-} der har 6 negative ladninger. Med 6 positive og 6 negative så er stoffet neutralt.

Salte navngives ved at sige navnet af begge ioner. NaCl er natriumchlorid, MgCl_2 er magnesiumchlorid og $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ er jern(III)carbonat. Læg mærke til antallet af ionerne ikke indgår i navnet MgCl_2 er bare magnesiumchlorid selvom der er to chlorid.

Næringsalte

Når det gælder forurening og iltsvind i søer, så er det ofte grundet nitrogen N eller phosphor P. Disse atomer er nemlig næringsstoffer for alger. Forurening med dem kan føre til algeopblomstringer og iltsvind.

For næringsalte findes nitrogen ofte i ionen nitrat NO_3^- eller ammonium NH_4^+ . Mens phosphor ofte findes i ionen fosfat PO_4^{3-} , man vil derfor gerne undgå at disse ender i søer. Ofte kommer disse ioner fra landbrugets gødning, men det kan også komme fra spildevand.

For at få nitrogen er det almindeligt at gøde marker med stoffet ammoniumnitrat NH_4NO_3 da den indeholder både nitrat NO_3^- og ammonium NH_4^+ . For at få phosphor er det almindeligt at gøde med kaliumfosfat K_3PO_4 da den indeholder PO_4^{3-} . Landmænd gøder med disse stoffer for at få deres planter til at gro, ligesom algerne vokser de mere, når de får nitrogen og fosfat. Noget af gødningen på en mark ender dog med at blive taget med regnvand ned i nærliggende søer, hvor det kan føre til algeopblomstringer. En sø forurenet med næringsalte er ikke bæredygtig, over tid vil mange arter i den uddø. Så at begrænse udledningen af næringsalte er bæredygtigt.

Let- og tungtopløselige salte

En egenskab for salte, er om de kan eller kan ikke opløses i vand. Hvis der kan opløses mere end 2 g af et salt i 100 mL ved 20 grader, så kaldes det for letopløseligt. Modsat kan der opløses mindre, så kaldes det tungtopløseligt. Alle salte er enten let- eller tungtopløselige i vand, nedenunder er en tabel for om et salt kan opløses i vand eller ej. Felter med L er for letopløselige salte, felter med T er for tungtopløselige salte, og hvide felter er for salte som ikke findes.

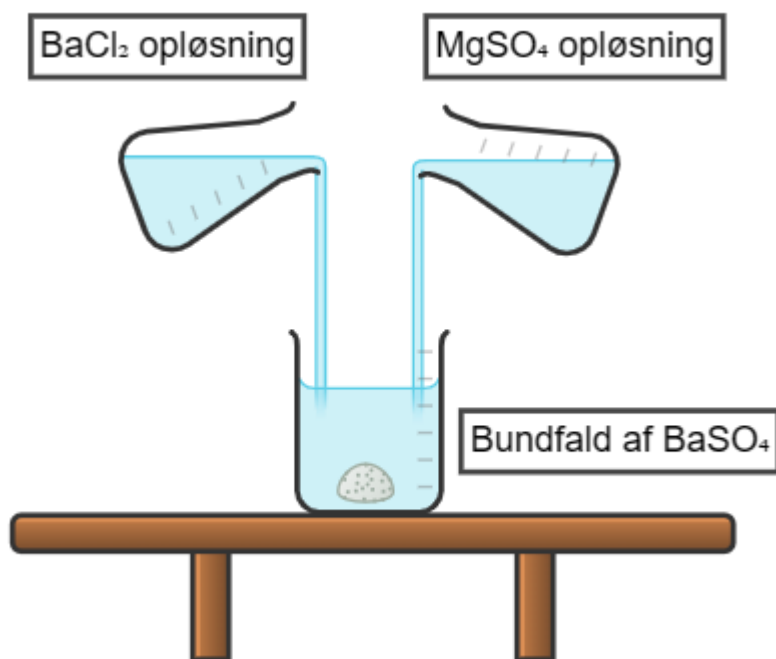
Tabel 1 Tabel over om salte er let- eller tungtopløselige.

	NH_4^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Al^{3+}	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	L
Cl^-	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
Br^-	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
I^-	L	L	L	L	L		L	L		L	L	T	T
SO_4^{2-}	L	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	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	T

Et eksempel for at aflæse tabellen er NaCl, man finder øverst i tabellen Na^+ og ude til venstre finder man Cl^- de mødes i et felt hvor der står et L for letopløselig. Altså kan natriumchlorid opløses i vand. Et andet eksempel er magnesiumcarbonat MgCO_3 her finder man Mg^{2+} og CO_3^{2-} de mødes i et T for tungtopløselig. Magnesiumcarbonat kan altså ikke opløses i vand.

Fældningsreaktion

Der findes begrebet fældningsreaktion. Det er når to ioner opløst i vand binder sammen og danner et fast salt. Dette vil så ofte med tiden falde ned på bunden, hvorfor man siger at saltet bundfælder. Et eksempel kunne være hvis man har følgende to opløsninger. I den ene opløsning har man opløst magnesiumsulfat MgSO_4 i vand, og i den anden opløsning har man opløst bariumchlorid BaCl_2 . Blander man de to opløsninger har man pludselig disse fire ioner opløst i vand Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ba^{2+} og Cl^- . Nu vil Ba^{2+} og SO_4^{2-} så binde til hinanden og danne et fast salt, man siger der bundfælder bariumsulfat BaSO_4 (se tabel for opløselighed for salte). Tilbage er så Mg^{2+} og Cl^- dem kalder man tilskuerioner.



Figur 1 Fældningsreaktion. At blande opløsninger af BaCl_2 og MgSO_4 fører til dannelse af et bundfald af BaSO_4 . Tilbage er der opløst tilskuerionerne Mg^{2+} og Cl^- opløst i vandet.

Rense søer

Det er muligt kemisk at rense søer for uønskede ioner ved at bundfælde dem. Nitrogen som findes i nitrat NO_3^- og ammonium NH_4^+ har ikke nogen ioner de er tungtopløselige med, så de er svære at bundfælde. Men phosphor som findes i ionen phosphat PO_4^{3-} kan bundfældes for at rense søer. Der er flere mulige ioner, men til rensning af søer bruges jern(III)ion Fe^{3+} eller aluminiumion Al^{3+} .

Tilsætter man aluminiumion så binder den til phosphat og bundfælder som aluminiumphosphat AlPO_4 . Nu er der et lag af aluminiumphosphat på bunden, som algerne ikke kan bruge. Nu er phosphat ikke opløst i vandet hvor det kan føre til algeopblomstring, nu er det harmløst nede på bunden som aluminiumfosfat. Man kan dog ikke bare tilsætte aluminiumionen Al^{3+} alene, den findes kun bundet til andre ioner som et salt. Derfor tilsætter man et letopløseligt aluminium salt som f.eks. aluminiumchlorid AlCl_3 . At rense søer er en mulig løsning for at have en bæredygtig sø. At fjerne næringssaltene i søen, kan forhindre at arter i søen dør.

På samme måde som jern(III)ion Fe^{3+} og aluminiumion Al^{3+} kan bundfælde fosfat PO_4^{3-} i søer, så bruges det også til spildevandsrensning. I spildevandsrensningsanlæg bundfælder man fosfat PO_4^{3-} fra vandet inden man lukker det ud i naturen for at undgå algeopblomstringer. Det er mere bæredygtigt at rense spildevandet inden, for at forhindre arter i søer dør.

Koncentration

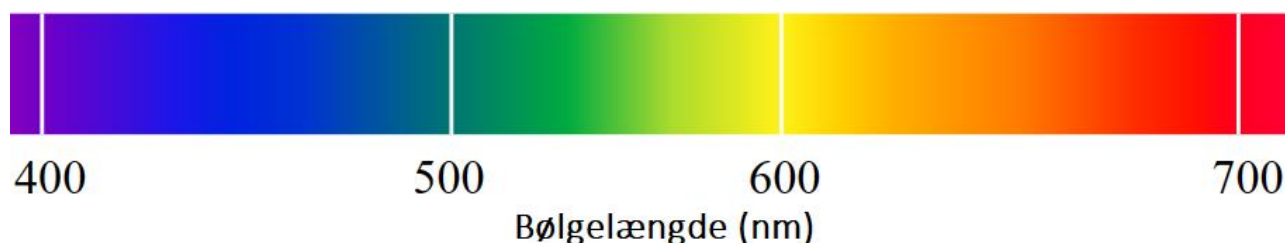
Man måler hvor meget nitrat NO_3^- og fosfat PO_4^{3-} er opløst i en sø i koncentration. Normalt for at udtrykke hvor meget der er af et stof, så bruger man dets masse i gram. Men for stoffer opløst i vand der bruges hvor meget af stoffet er opløst i et volumen vand, altså dets koncentration.

Koncentration er defineret som masse opløst i et volumen ofte med enheden mg/L. Som eksempel kan vi overveje bordsalt NaCl opløst i vand. Hvis man opløser meget salt i en liter vand, så er har det en høj koncentration, der vil være flere gram opløst i en liter. Men man kunne også opløse lidt salt, så har det en lav koncentration, der vil være få gram opløst i en liter.

Lys og farve

Der findes en metode, spektrofotometri, til at måle koncentration af nitrat, ud fra hvor meget lys det absorberer. Men for at forstå den, skal man først forstå lys og farver.

En forsimplet forklaring af lys og farver er, at lys har forskellige bølgelængder, det er hvad afgør farven af lyset. Hver farve har sin egen bølgelængde, målt i nanometer (nm). Synligt lys er omkring 380 nm til 700 nm, se figuren nedenunder. Som eksempel kan det ses at lys ved 600 nm vil være gult.

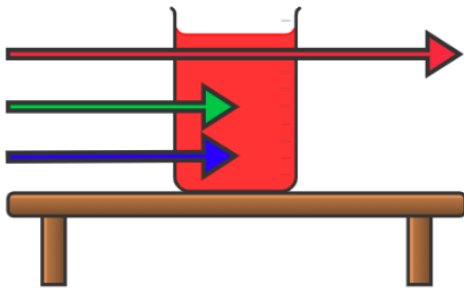


Figur 1 Farven af forskellige bølgelængder af lys. Udsnit og oversættelse af figur af Tom Gaimann. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wavelength_Overview.svg.

Man kan godt på samme tid se flere farver af lys, så bliver farven man ser en blanding af de enkelte farver. Kombineres lys med bølgelængde 450 nm (blå) med lys med bølgelængden 600 nm (gul), så vil man samlet se grønt lys. Tilsvarende vil kombination af lys med bølgelængden 450 nm (blå) lys med bølgelængden 650 nm (rød) give lilla. Det er faktisk også den eneste måde at se lilla på, der er ingen enkelt bølgelængde som er lilla. Se selv figuren. Hvid er en blanding af alle bølgelængder, og sort er intet lys.

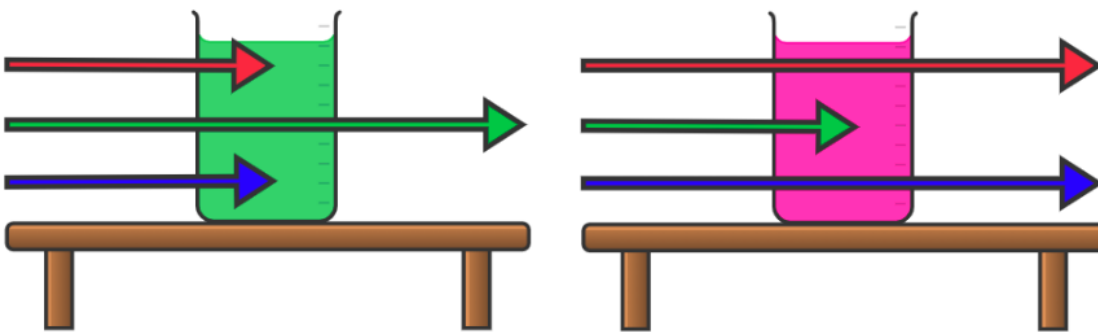
Når forskellige genstande har farver, så er det ofte ikke fordi de udskiller lys selv. Normalvis er det kun elpærer og solen der udskiller lys. Når genstande har en farve, er det fordi de rammes af lys, men absorbere noget af lyset. Det lys, der er tilbage, giver dem så deres farve. Dette vil blive gennemgået med eksempler. Det vil blive forsimplet som om der kun findes lys ved er røde, grønne og

blå bølgelængder. De andre bølgelængder af lys findes dog stadig. De er bare ikke med på figuren. En genstand vil altid få farve af de bølgelængder den IKKE absorberer.



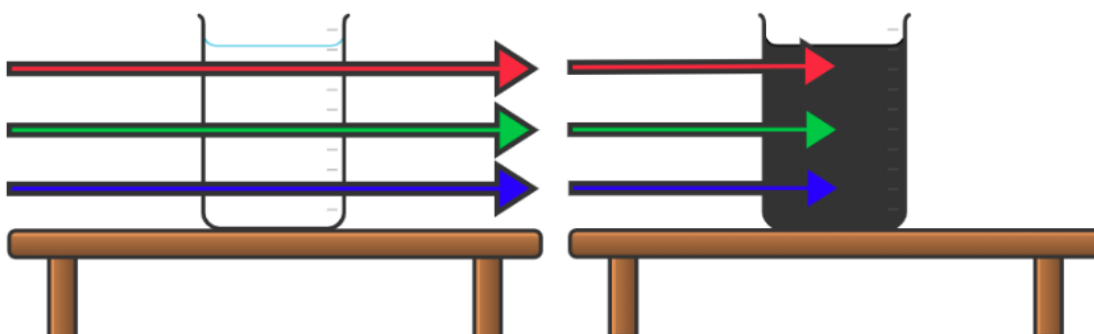
Figur 2 En rød væske absorberer alt lys udover rødt lys.

Forestil dig en rød væske f.eks. en rød sodavand. Den rammes af hvidt lys. Sodavanden bliver nu rød fordi den IKKE absorberer rødt lys. Sodavanden rammes af grønt lys, det absorberes, ligeledes rammes sodavanden af blått lys, som også absorberes. Den røde sodavand absorberer det grønne og blå lys, men den absorberer ikke det røde lys. Det går igennem sodavanden og kan ses, derfor bliver sodavanden rød.



Figur 3 En grøn væske absorberer alt lys udover grønt lys. En lilla væske absorberer alt lys udover rødt og blått lys.

En grøn væske vil være grøn fordi den absorberer rødt og blått lys. Tilbage vil den så lade det grønne lys passere og være grøn. En lilla væske vil være lilla fordi den absorberer grønt lys, tilbage er så både det røde og blå lys, der tilsammen ses som lilla.



Figur 4 En farveløs væske absorberer ikke lys. En sort væske absorberer alle farver lys.

Til sidst kan der omtales farveløse væsker og sorte væsker. En farveløs væske vil lade alt lys passere og derved har den ingen farve. En sort væske vil absorbere alt lys og derved ses intet lys.

Spektrofotometri

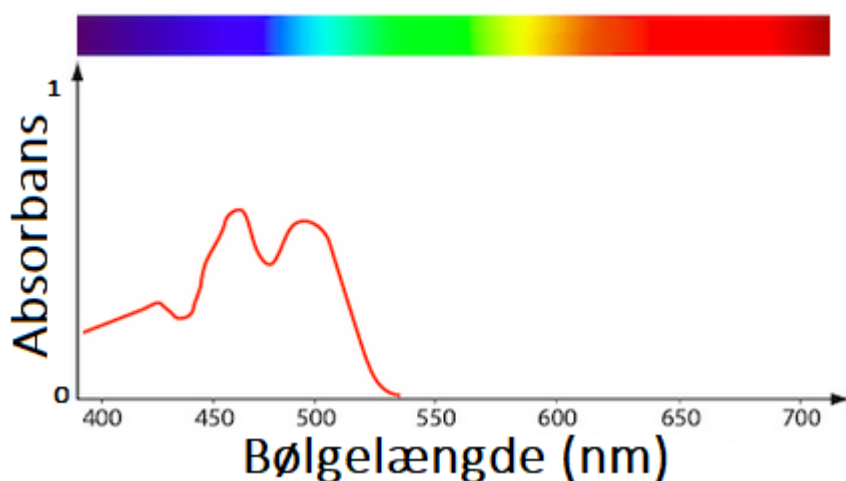
Jo mere af et farvet stof er opløst i en væske jo mere farvet vil væsken blive. Dette princip udnyttes i spektrofotometri. Lambert-Beers lov siger, der er en lineær sammenhæng mellem, hvor meget lys der absorberes og koncentrationen af stoffet.

$$A = k \cdot c$$

A er absorbans, hvilket er et mål for, hvor meget lys ved en given bølgelængde der bliver absorberet.

k er en konstant og er forskellig afhængig af hvilket farvet stof det er.

c er koncentrationen af farvestof opløst i vand.



Figur 5 Absorptionsspektrum af de orange stoffer i gulerødder betakaroten. Figur oversat og redigeret fra <http://www.led-growlightshq.co.uk/chlorophyll-plant-pigments>

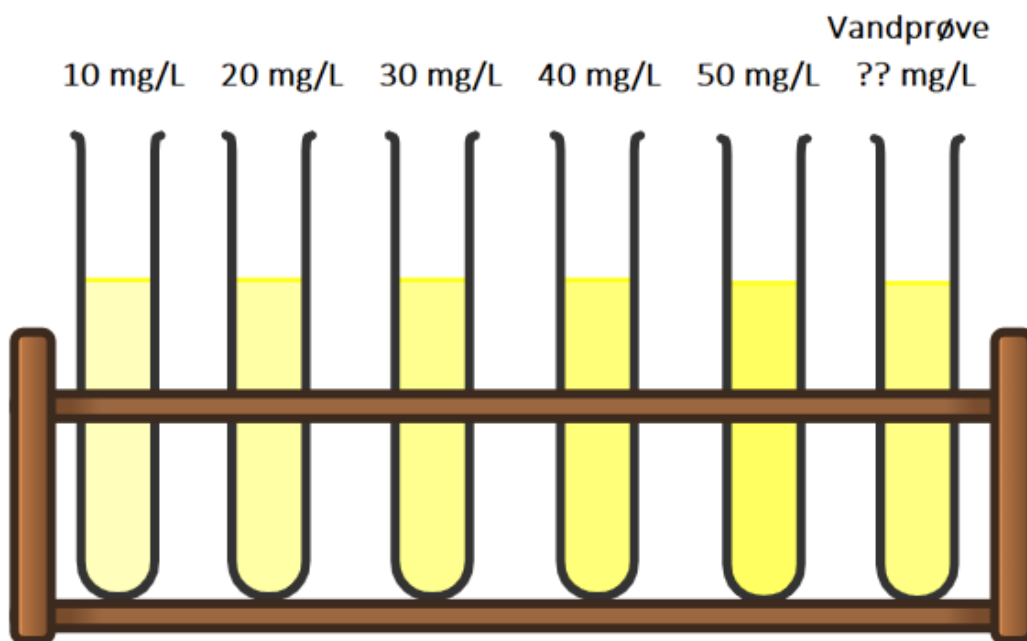
Et spektrofotometer er et apparat som kan måle absorbansen ved forskellige bølgelængder. Ovenover ses et absorptionsspektrum for betakaroten (orange stof i gulerødder). Her for alle bølgelængder mellem 380 nm og 700 nm. Det ses, at betakaroten absorberer blått lys, lidt grønt lys og intet rødt lys. Samlet set bliver det en orange farve.

Spektrofotometri bruges til at bestemme koncentrationen af et stof i en prøve. Man måler absorbansen af en ukendt prøve, men man måler ikke kun absorbansen af denne prøve. Man måler også absorbansen på opløsninger af stoffet i forskellige kendte koncentrationer. Så kan man lave en standardkurve. Der laves et koordinatsystem og en sammenhæng med koncentration opløst stof på x-aksen og absorbans på y-aksen. Med standardkurven har man nu sammenhængen i mellem absorbans og koncentration. Man kan nu udregne koncentrationen af den ukendte prøve ud fra dens absorbans. Et eksempel vil blive gennemgået i næste afsnit.

Måling af nitratindhold med spektrofotometri

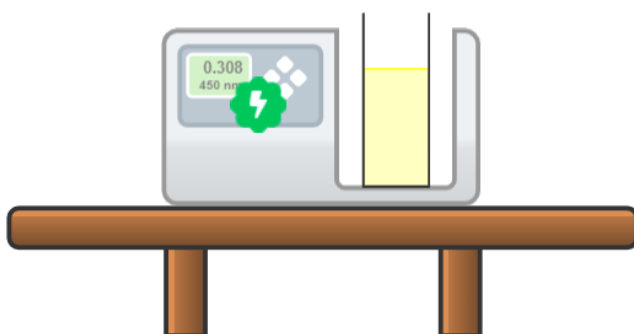
Spektrofotometri kan bruges til at bestemme nitratindholdet i en vandprøve fra en sø for at undersøge om den er forurenet med nitrat.

Nitrat har i sig selv ingen farve, men kan farves gul med stof fra en *Visocolor ECO* nitrattest pakke. Princippet er jo mere gult jo højere nitratindhold. Der laves opløsninger af nitrat med forskellige koncentrationer: 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L og 50 mg/L. Derudover tages en vandprøve fra en sø for at undersøge om den er forurenet med nitrat. Her kendes ikke koncentrationen af nitrat, men den vil man finde.



Figur 6 Illustration af en række standardopløsninger af nitrat farvet gult til en standardkurve. Og en vandprøve med ukendt koncentration.

Alle opløsningerne tilsættes stof fra *Visocolor ECO* nitrattest pakken, for at farve dem gule. Herfra måles deres absorbans i et spektrofotometer. Stoffet er gult, så det absorberer mest blått lys. Derfor måles absorbansen ved 450 nm, da det er her den absorberer mest lys.



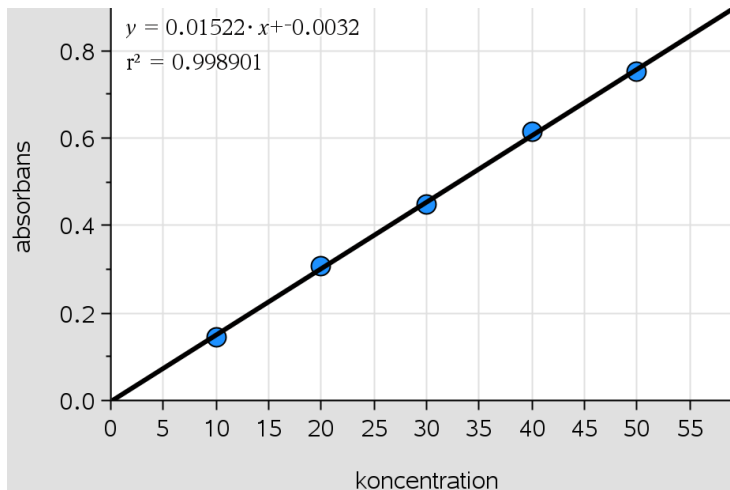
Figur 7 Opløsningen med koncentrationen 30 mg/L måles i et spektrofotometer til en absorbans på 0,308 ved 450 nm.

Tabel 2 Data for måling af absorbans for forskellige koncentrationer af nitrat til en standardkurve.

Koncentration (mg/L)	Absorbans
10	0,144
20	0,308
30	0,448
40	0,616
50	0,751

Ud fra disse data opstilles en standard kurve med absorbans som funktion af koncentration. Vandprøven tages ikke med. Dens koncentration kendes ikke, og skal bestemmes bagefter. Med lineær sammenhæng findes følgende sammenhæng imellem absorbans og koncentration:

$$A = 0,01522 \cdot c - 0,0032$$



Figur 8 Standardkurve for absorbans af nitrat som funktion af koncentration i enhed mg/L.

Udover at måle på opløsninger med kendt koncentration, måles også absorbansen for en vandprøve. Dens absorbans blev målt til 0,521 herfra kan dens koncentration udregnes med sammenhængen fra standardkurven:

$$A = 0,01522 \frac{L}{mg} \cdot c - 0,0032$$

$$0,521 = 0,01522 \frac{L}{mg} \cdot c - 0,0032$$

$$\frac{0,521 + 0,0032}{0,01522 \frac{L}{mg}} = c$$

$$c = 34,4 \frac{mg}{L}$$

Så i denne vandprøve er der 34,4 mg/L nitrat opløst, vandet fra søen er altså forurennet med nitrat, og man kan frygte algeopblomstring.

Opgaver Ioner og Kemisk notation

Inden opgaverne begynder, står her listen med ioner, de skal bruges til at løse opgaverne.

Simple ioner

Na^+ Natriumion	K^+ Kaliumion	Mg^{2+} Magnesiumion	Zn^{2+} Zinkion
Cu^{2+} Kobber(II)ion	Al^{3+} Aluminiumion	Fe^{2+} Jern(II)ion	Fe^{3+} Jern(III)ion
Ca^{2+} Calciumion	Ba^{2+} Bariumion	Pb^{2+} Bly(II)ion	Ag^+ Sølv(I)ion
Cl^- Chlorid	Br^- Bromid	I^- Iodid	S^{2-} Sulfid

Sammensatte ioner

NO_3^- Nitrat	SO_4^{2-} Sulfat	CO_3^{2-} Carbonat
OH^- Hydroxid	PO_4^{3-} Phosphat	NH_4^+ Ammonium

Opgave 1

Nedenunder står en række stoffer. Skriv hvilke stoffer er ioner, og skriv deres ladning.

Na

NO_3^-

K

NH_4^+

Mg^{2+}

Zn

PO_4^{3-}

Ca

Opgave 2

Nedenunder står en række salte. Skriv hvilke to ioner stoffet består af, og hvor mange der er af hver ion.

Som eksempel er den første løst.

$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ består af 3Mg^{2+} og 2PO_4^{3-}

KI

NaCl

CaBr₂

MgS

Na₂S

AgNO₃

BaSO₄

(NH₄)₂S

Zn₃(PO₄)₂

K₂CO₃

Opgave 3

Nedenunder står samme række salte. Skriv antallet af atomer den består af

Som eksempel er den første løst.

$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ består af 3Mg, 2P og 8O.

KI

NaCl

CaBr₂

MgS

Na₂S

AgNO₃

BaSO₄

(NH₄)₂S

Zn₃(PO₄)₂

K₂CO₃

Opgaver Salte og opløselighed

Inden opgaverne begynder, står her listen med ioner og tabellen med opløselighed, de skal bruges til at løse opgaverne.

Simple ioner

Na^+ Natriumion	K^+ Kaliumion	Mg^{2+} Magnesiumion	Zn^{2+} Zinkion
Cu^{2+} Kobber(II)ion	Al^{3+} Aluminiumion	Fe^{2+} Jern(II)ion	Fe^{3+} Jern(III)ion
Ca^{2+} Calciumion	Ba^{2+} Bariumion	Pb^{2+} Bly(II)ion	Ag^+ Sølv(I)ion
Cl^- Chlorid	Br^- Bromid	I^- Iodid	S^{2-} Sulfid

Sammensatte ioner

NO_3^- Nitrat	SO_4^{2-} Sulfat	CO_3^{2-} Carbonat
OH^- Hydroxid	PO_4^{3-} Phosphat	NH_4^+ Ammonium

Opløselighed af salte

	NH_4^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Al^{3+}	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	L
Cl^-	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
Br^-	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
I^-	L	L	L	L	L		L	L		L	L	T	T
SO_4^{2-}	L	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	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	T

Opgave 1

Nedenunder står der par af ioner. Der skal skrives det salt de to ioner kan danne. HUSK saltet skal være neutralt så der skal være lige mange positive og negative ladninger.

Den første er løst som eksempel

Mg^{2+} og PO_4^{3-} danner saltet $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ (fordi med 3Mg^{2+} og 2PO_4^{3-} så er der både 6+ og 6- ladninger.)

NH_4^+ og Cl^-

Mg^{2+} og I^-

K^+ og S^{2-}

Na^+ og PO_4^{3-}

NH_4^+ og SO_4^{2-}

Ca^{2+} og CO_3^{2-}

Ag^+ og PO_4^{3-}

Pb^{2+} og Cl^-

Ba^{2+} og OH^-

Fe^{3+} og CO_3^{2-}

Opgave 2

Se på listen af salte I har lavet i opgave 1. Skriv om saltet er let- eller tungtopløseligt. Den første er løst som eksempel.

$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ses i tabellen er T for tungtopløselig.

Opgave 3

Se på listen af salte I har lavet i opgave 1. Navngiv saltene. Den første er løst som eksempel

$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ hedder magnesiumphosphat.

Opgave 4

Nedenunder står en liste med navne på salte. Skriv formlen for saltet.

Den første er løst som eksempel.

Aluminiumsulfat består af Al^{3+} og SO_4^{2-} , dette må samlet blive $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Kaliumbromid

Zinknitrat

Kobber(II)carbonat

Aluminiumphosphat

Jern(III)hydroxid

Calciumbromid

Bariumsulfat

Ammoniumchlorid

Magnesiumchlorid

Opgaver fældningsreaktioner

Inden opgaverne begynder, står her tabellen med opløselighed, den skal bruges til at løse opgaverne.

Opløselighed af salte

	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Al ³⁺	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	L
Cl ⁻	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
Br ⁻	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
I ⁻	L	L	L	L	L		L	L		L	L	T	T
SO ₄ ²⁻	L	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	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	T

Opgave 1

For at undgå algeopblomstring kan man ønske at fjerne fosfat fra søer.

- Forslå en mulig ion som kan fjerne fosfat ved en fældningsreaktion.
- Skriv saltet som bundfælder.
- Foreslå en mulig ion mere, og skriv saltet som bundfælder.

Opgave 2

En opløsning af natriumhydroxid NaOH blandes med en opløsning af magnesiumsulfat MgSO₄.

- Hvilke ioner findes opløst i vandet?
- Skriv saltet som bundfælder.
- Skriv de to tilskuerioner som ikke bundfælder.

Opgave 3

En opløsning af natriumphosphat Na_3PO_4 blandes med en opløsning af jern(II)sulfat FeSO_4 .

- a) Hvilke ioner findes opløst i vandet?

- b) Skriv saltet som bundfælder.

- c) Skriv de to tilskuerioner som ikke bundfælder.

Opgave 4

Nedenunder er en liste af forskellige ioner. Hvis de alle blev blandet sammen i en vandig opløsning, ville flere forskellige salte bundfælde. Skriv hvilke tungtopløselige salte ville dannes. Et eksempel er skrevet først.

Na^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Ba^{2+} , Ag^+

Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , S^{2-} , PO_4^{3-}

Et af saltene som bundfælder er BaSO_4

Opgaver spektrofotometri

Opgave 1

Nitrat kan farves gult med en *Visocolor ECO* nitrattest pakke. Der laves en række opløsninger af nitrat som farves gule. Absorbansen af opløsningerne måles ved 450 nm, da de her absorberer mest lys. Nedenunder ses en tabel med koncentration og absorbans af opløsningerne. Derudover udtages en prøve fra en sø, og dens indhold af nitrat farves. Her måles en absorbans på 0,343.

Koncentration (mg/L)	Absorbans
15	0,218
30	0,460
45	0,674
60	0,926
75	1,129

- Nitrat kan farves gult. Vil et gult stof absorberer gult lys, eller vil det ikke absorbere gult lys?
- Lav en lineær sammenhæng af absorbans som funktion af koncentration. Skriv funktionsforskriften.
- Nitratprøven med ukendt koncentration har en absorbans på 0,343. Udregn med funktionsforskriften koncentrationen af nitrat.

Opgave 2

Rød sodavand indeholder farvestoffet betanin som giver det dets røde farve. Betanin har sin højeste absorbans ved 534 nm lys, så absorbans måles ved de 534 nm. Absorbansen måles for forskellige koncentrationer af betanin. Bagefter måles absorbansen for en sodavandsprøve til at være 0,457.

Koncentration (mg/mL)	A
1,0	0,170
2,0	0,345
3,0	0,521
4,0	0,677
5,0	0,859

- Betanin har en rød farve. Hvis det rammes af henholdsvis rødt, grønt og blått lys, hvilke af de farver vil det absorbere?
- Lav en lineær sammenhæng af absorbans som funktion af koncentration. Skriv funktionsforskriften.
- Sodavandsprøven med ukendt koncentration har en absorbans på 0,457. Udregn koncentrationen af betanin?

Opgave 3

Klorofyl er et stof som planter bruger til at absorbere lys for at få energi til fotosyntesen. Det har størst absorbans ved ca. 460 nm, så her måles absorbansen. Absorbansen af klorofyl måles for nogle kendte koncentrationer af stoffet, og bagefter måles der for en prøve med ukendt koncentration en absorbans på 0,121.

Koncentration (mg/mL)	A
1,25	0,069
2,00	0,113
2,50	0,129
5,00	0,247
10,00	0,497

- Klorofyl absorberer både rødt og blåt lys, hvilken farve har stoffet?
- Udregn koncentrationen af klorofyl i prøven.

Opgave 4

Jern(II)ioner kan farves af stoffet phenanthrolin. Så absorberer det mest lys ved 508 nm. Absorbansen for en række jern(II)ionprøver tilsat phenanthrolin måles ved 508 nm. Bagefter måles absorbansen af en ukendt jern prøve til 0,885. Bestem koncentrationen af jern(II)ioner for den ukendte prøve.

Koncentration (mg/mL)	Absorbans
10	0,203
20	0,397
30	0,591
40	0,799
50	0,965

- Hvis phenanthrolin og jern(II)ioner sammen absorberer blåt og grønt lys, hvilken farve har det så?
- Udregn koncentrationen af jern(II)ioner i prøven.

Øvelse rensning af nitrat og fosfat

	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Al ³⁺	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	L
Cl ⁻	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
Br ⁻	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
I ⁻	L	L	L	L	L		L	L		L	L	T	T
SO ₄ ²⁻	L	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	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	T

Forsøg: Kan man fjerne nitrat og fosfat fra vand?

Det et tegn på forurening, hvis vandløb eller søer har for højt indhold af fosfat PO₄³⁻ og eller nitrat NO₃⁻.

Opgave 1 Hypotese:

Man har en spildevandsprøve med for højt indhold af fosfat PO₄³⁻. Man kan lave opløsninger af natriumchlorid NaCl og calciumchlorid CaCl₂. Kan man få indholdet af fosfat PO₄³⁻ ned ved tilsætning af en af disse opløsninger? Forklar hvorfor. Brug gerne et reaktionsskema.

Opgave 2 Hypotese:

Man har en spildevandsprøve med for højt indhold af nitrat NO₃⁻. Man kan lave opløsninger af natriumchlorid NaCl og calciumchlorid CaCl₂. Kan man få indholdet af nitrat NO₃⁻ ned ved tilsætning af en af disse opløsninger? Forklar hvorfor. Brug gerne et reaktionsskema.

Opgave 3 Resultater:

I forsøget nedenfor blandes forskellige salte. Forklar hvad der sker i de 4 kolber og tegn det i kolberne på næste side.

Materialer og kemikalier

Fire kolber

Opløsninger af: natriumphosphat Na₃PO₄, Natriumnitrat NaNO₃, natriumchlorid NaCl og calciumchlorid CaCl₂

Forsøget:

En skefuld natriumphosphat Na₃PO₄ hældes i to kolber (A) og (B) og opløses i 50 mL vand.

En skefuld natriumnitrat NaNO₃ hældes i to kolber (C) og (D) og opløses i 50 mL vand.

En skefuld natriumchlorid NaCl hældes i en tredje kolbe (E) og opløses i 50 mL vand.

En skefuld calciumchlorid CaCl₂ hældes i en fjerde kolbe (F) og opløses i 50 mL vand.

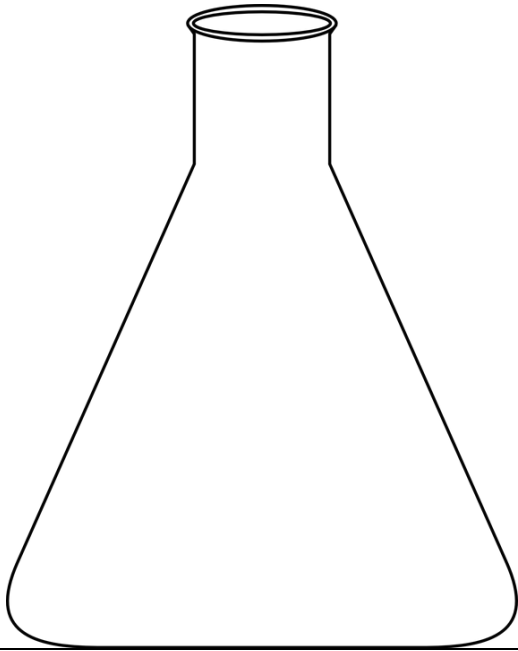
Indholdet i kolbe (A) blandes med indholdet i kolbe (E). Hvad sker der? Tegn, hvad der sker.

Indholdet i kolbe (B) blandes med indholdet i kolbe (F). Hvad sker der? Tegn, hvad der sker.

Indholdet i kolbe (C) blandes med indholdet i kolbe (E). Hvad sker der? Tegn, hvad der sker.

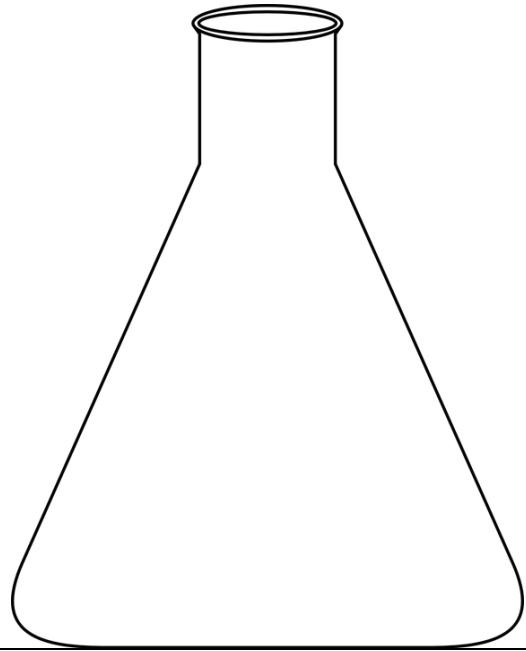
Indholdet i kolbe (D) blandes med indholdet i kolbe (F). Hvad sker der? Tegn, hvad der sker.

(A) + (E)



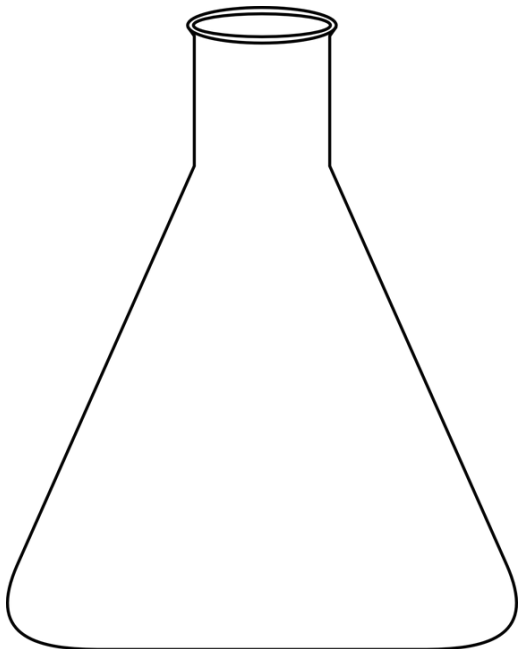
Forklaring:

(B) + (F)



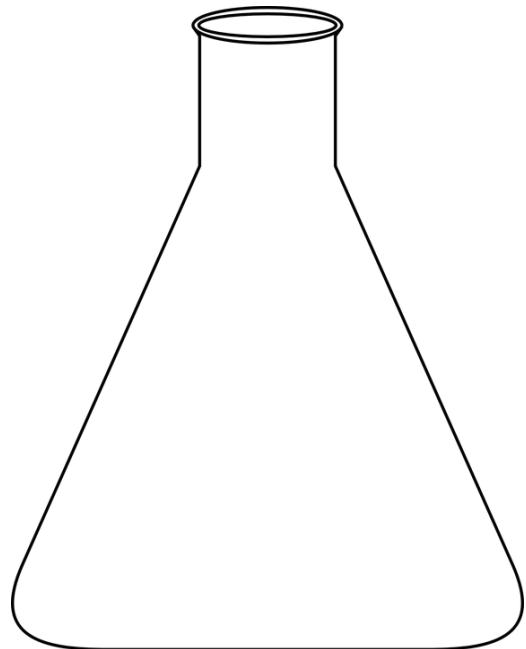
Forklaring:

(C) + (E)



Forklaring:

(D) + (F)



Forklaring:

Øvelsesvejledning: Bestemmelse af nitratindholdet i vandprøve

Formål

Formålet med dette forsøg er at bestemme nitratindholdet i en vandprøve ved hjælp af spektrofotometri.

Teori

Nitrat

Nitrat er en negativ ion med den kemiske formel NO_3^- . Nitratindholdet i søer og vandløb har en stor betydning for livet i vandmiljøet.

Planter og alger har brug for nitrat for at vokse, og derfor betyder et højt nitratindhold gode forhold for disse, men særligt for algerne. En sø med lavt indhold af nitrat anses for at være en god ikke forurenede sø, mens en sø med højt niveau af nitrat anses for at være forurenede. Ved forurening med nitrat kommer der flere alger som gør søen uklar og kan føre til iltsvind. For et rigt dyreliv og planteliv er det derfor nødvendigt med et lavt nitratindhold.

Spektrofotometri

En metode til at bestemme nitratindholdet i en vandprøve er ved at bruge spektrofotometri. For simplet er det en metode til at måle præcis hvor meget af den enkelte farve, der er i en prøve. Farvens intensitet måles i *absorbans*. Jo højere absorbans et stof har, jo kraftigere er farven.

Nitrat er i sig selv et farveløst stof, men det er muligt at tilsætte forskellige kemikalier til en vandprøve for at give det en farve. I dette forsøg anvendes et *Visocolor ECO* nitrattest, der sammen med nitrat danner en gul farve. Jo mere intens den gule farve er, jo mere nitrat er der i vandprøven.

Sammenhængen mellem absorbans (A) og nitratkoncentrationen (c) er givet ved følgende formel

$$A = k \cdot c$$

hvor k er en konstant. Det ses altså, at der er tale om en lineær sammenhæng, hvor k er hældningskoefficienten.

Ved at måle på forskellige nitratopløsninger med kendte koncentrationer, kan man lave en *standardkurve*. Vha. lineær sammenhæng kan der derfor laves en model, der viser sammenhængen mellem absorbans og nitratkoncentrationen.

Materialer

- 5 standardopløsninger af nitrat med følgende koncentrationer: 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L, 50 mg/L
- Vandprøve med ukendt nitratkoncentration
- Visocolor ECO testkit
- 5 mL måleglas
- Plastpipetter
- 6 reagensglas med prop
- Demineraliseret vand
- Spektrofotometer
- Kuvetter
- Computer med Logger Pro
- Stopur



Fremgangsmåde


Klargøring af spektrofotometer

1. Kobl spektrofotometeret til computeren og åbn Logger Pro
2. Kalibrer spektrofotometeret med en kuvette fyldt med demineraliseret vand. Man skal vælge *forsøg – Kalibrer – Spectrometer*, og følg anvisningerne *VIGTIGT!* Man må kun røre ved kuvetten på de sider, der ikke er markeret med en lille pil (få læreren til at vise hvordan), og undgå at spilde på ydersiden af kuvetten.
OGSÅ VIGTIGT! Hvis computeren slummer skal spektrometeret kalibreres igen

Fremstilling af vandprøver

3. Afmål 5 mL af hver af de 5 standardopløsninger og af den ukendte vandprøve og overfør til hver sit reagensglas. Skyl måleglasset med demineraliseret vand mellem hver opløsning.
4. Tilsæt 5 dråber af NO_3^- -1 til det første reagensglas og omryst kort.
5. Tilsæt 1 måleske NO_3^- -2 reagens til det samme reagensglas, tilprop og omryst i 1 minut.
6. Pkt. 4. og 5. gentages ved alle de resterende prøver.
7. Efter 5 minutter er hver prøve klar til at blive målt - *VIGTIGT!* Prøverne skal måles så præcist efter 5 minutter som muligt. Da farven ændrer sig med tiden.

Måling af vandprøver

8. Fyld 10 mg/L standardopløsningen i kuvetten (brug evt. plastpipette), så der er højst 0,5 cm til kanten.
9. Placer kuvetten i spektrofotometeret, så lysretningen følger pilen på kuvetten.
10. Tryk *Opsaml* og *stop*, når der er kommet et spektrum frem.
11. Navngiv målingen.
12. Hæld opløsningen tilbage i reagensglasset og skyl kuvetten med demineraliseret vand.
13. Gentag pkt. 8-12 med de resterende standardprøver (fra lavest til højest koncentration). Ved opsamling skal du gemme tidligere måling.
14. Tryk på *undersøg* (se billedet)  og flyt musen til den største top og notér absorbansen for de 5 standardopløsninger. Notér også den bølgelængde, der måles ved.
15. Gentag pkt. 8-12 med vandprøven og aflæs absorbansen ved den samme bølgelængde som ved pkt. 14.

Måleresultater

**Bølge-
længde**

--

Opløsning	10 mg/L	20 mg/L	30 mg/L	40 mg/L	50 mg/L
Absorbans					

Opløsning	Hedelund	Kontrol	Akvarium
Absorbans			

Efterbehandling

Hvis øvelsen er til blok dag afleveringen, bør i lave opgaverne i den. Ellers er der her nogle opgaver der guider jer igennem at finde koncentrationen af vandprøverne.

- Overfør dataene for standardopløsningernes koncentration og de tilhørende absorbanser til en tabel i TI-Nspire.
- For de opløsninger hvor i kender koncentrationen skal der laves en graf. (De tre prøver med ukendt koncentration skal først bruges senere). Opstil en graf med absorbans som funktion af koncentration og bestem den bedste rette linje.
- Brug forskriften til at bestemme koncentrationen af nitrat i de tre vandprøve med ukendt koncentration.