

Fremstilling af enkeltlag på sølv

Fremstilling af enkeltlag på sølv er et mindre undervisningsforløb, hvor eleverne selv skal fremstille et sølvlag og belægge det med et enkeltlag af henholdsvis et hydrofobt og hydrofilt stof. Herefter skal de undersøge, hvordan vanddråber opfører sig på de forskellige overflader.

En række slut- og trinmål for faget fysik/kemi samt biologi bliver opfyldt under arbejdet. Målene fremgår af bilag 1.

Teori

Baggrund

Inden du starter på eksperimentet, vil det være en fordel at du og eleverne læser om selvsamlende molekyler og enkeltlag i artiklen ”Inspireret af naturen: Selvsamlende molekyler”.

Selvsamlende enkeltlag (”Self-Assembling Monolayer”=SAM) består af molekyler, der spontant organiserer sig i ordnede strukturer på en overflade. Organiseringen sker via specifikke interaktioner imellem overfladen og molekylerne og imellem molekylerne indbyrdes.

Lagene, der er blot et molekyle tykt, kan fremstilles ud fra flere typer molekyler og overflader. I dette eksperiment fremstilles og sammenlignes to typer enkeltlag på en glasoverflade belagt med sølv. Det første enkeltlag består af molekyler med en methylgruppe ($-\text{CH}_3$) for enden, mens det andet molekyle har en carboxylsyregruppe ($-\text{COOH}$) for enden.

Eksperimentet viser, hvordan en overflades hydrofobicitet (vandskyende egenskaber) ændres, når molekylerne opbygning ændres.



De to stoffer, der anvendes til at fremstille enkeltlaget i dette eksperiment, er 1-hexadecan-thiol (det hydrofobe) og 11-mercaptoundekansyre (det hydrofile).

Grunden til at der i eksperimentet anvendes stoffer indeholdende en svovlgruppe, her SH-der, afhængig af om den er betydende funktionel gruppe i molekylet eller ej, kaldes thiol som suffiks eller mercapto som præfiks, er at svovl let og stabilt binder sig til sølv (og guld).

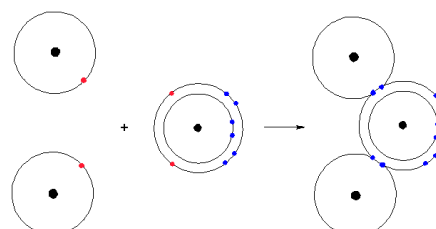
Thio-gruppen danner bindinger til sølvet samtidig med at resten af molekylet danner et to-dimensionelt lag oven på sølvoverfladen. Laget er netop et molekyle tykt, fordi molekylerne udelukkende danner svovlbindinger med underlaget og dermed ikke kan danne

Selvsamlende enkeltlag - lærervejledning

lange kæder. Da molekylerne er i meget tæt kontakt med hinanden, vil der være Van der Waalske kræfter mellem dem, hvilket er med til at stabilisere laget.

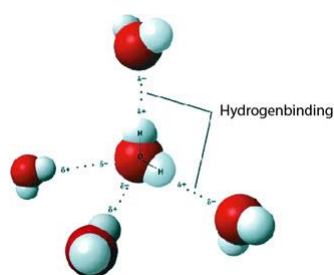
Hydrofil, der betyder vandelskende, bruges om stoffer eller stofgrupper, der let opløses i vand. Den lette opløselighed skyldes, at vandmolekylerne kan binde sig til stoffet, fordi det indeholder en eller flere hydrofile grupper.

En hydrofil gruppe indeholder en polær kovalent binding, hvilket betyder at elektronparret i bindingen pga forskelle i elektronegativitet er lidt skævt fordelt mod det ene af atomerne i bindingen.



Fordeling af elektronpar i et vandmolekyle

Eksempler på hydrofile grupper er -COOH (carboxylsyre-gruppe) og -OH (alkohol-gruppe)



Hydrogenbindinger mellem vandmolekyler

Bindingen mellem vand og de hydrofile grupper er en såkaldt hydrogenbinding,

Hydrogenbindinger opstår mellem polære molekyler, og er særlig stærke kohæisionskræfter mellem det negativt ladede atom i ét molekyle (i vand er det oxygenatomet) og det positivt ladede atom i et andet molekyle (i vand er det hydrogenatomerne). På den måde opstår nogle ekstra bindinger mellem molekylerne, og det er de bindinger, der kaldes hydrogenbindinger.

Hydrofob betyder vandafvisende (egtl. frygt for vand) og bruges om stoffer eller stofgrupper, der ikke opløses i vand. Hydrofobe stoffer kan i stedet opløses i fx olielignende stoffer som benzin.

Selvsamlende enkeltlag - lærervejledning

Forsøget

Materialer

Petriskål (diam. ca. 9 cm)
Objektglas (3 stk. pr. gruppe)
Engangspipetter (4-5 stk)
Sprøjteflaske med demineraliseret vand
Handsker (bruges under hele forsøget)
Lup

0,5 M glukoseopløsning
Aktiv sølvion-opløsning
1-hexadekanthiol opløst i ethanol
11-Mercaptoundekansyre i ethanol
Konc. Ammoniakvand (18 M)

Anvendte opløsninger

0,1M AgNO ₃	1,7 g pr. 100 ml opløsning (0,1 M opløsning kan købes til hos fx Frederiksen)
0,8M KOH	4,5 g pr. 100 ml opløsning
0,5M glukose	9,0 g pr. 100 ml opløsning
Hexadekanthiol i ethanol	Tilsæt 10 dråber hexadekanthiol til 20 ml ethanol. Ryst blandingen inden brug. Alternativt kan du bruge oktadekanthiol. Vær opmærksom på den omgivende temperatur, da hexadekanthiol udfælder hvis temperaturen bliver for lav (under ca. 10 °C)
Mercaptoundecansyre i ethanol	Fremstil en 1mM opløsning af mercaptoundecansyre i ethanol ved at opløse 0,022 g i 100 ml ethanol

Kommentar til de anvendte opløsninger

sølvion-opløsning

Som indledning til forsøget kan du vise, hvordan man fremstiller den aktive sølvion-opløsning:

1. Afmål 25 ml 0,1M sølvnitrat og overfør det til et bægerglas.
2. Tilsæt et par dråber koncentreret ammoniakvand. Herved dannes et brunligt

Selvsamlende enkeltlag - lærervejledning

bundfald. Fortsæt derpå med at tildryppe ammoniakvand, indtil bundfaldet igen er gået i opløsning og opløsningen er farveløs.

3. Tilsæt derpå 12,5 ml 0,8M kaliumhydroxid. Der fremkommer et kraftigt brunligt bundfald.
4. Tildryp koncentreret ammoniakvand, indtil bundfaldet er gået i opløsning igen (se opgave 1).

1-Hexadecanthiol og 11-Mercaptoundekansyre

Begge stoffer kan købes hos Sigma-Aldrichs skoleforhandler:

SKOLEBUTIK.DK APS
MÅLØV VÆRKSTEDSBY 84
2760 MÅLØV
Tlf: 44704000
E-mail: AMS@SKOLEBUTIK.DK

Stofferne forhandles under navnene 1-hexadecanethiol (molekyleformel: $C_{16}H_{34}S$) og 11-mercaptoundecanoic acid (molekyleformel: $C_{11}H_{22}O_2S$)

Sikkerhed

Brug af handsker anbefales for at undgå kontakt med hexadecanthiol og mercaptoundekansyre. De anvendte thiol er tilstrækkelig ikke-flygtige til, at eleverne kan arbejde uden for stinkskaft (Reference: <http://mrsec.wisc.edu/Edetc/nanolab/Agthiol/index.html>).

Gennemførelse af forsøget

Fremstilling af sølvlag



1. Læg et rent objektglas i en petriskål og anbring 5 dråber 0,5 M glukoseopløsning på objektglasset.



2. Tilsæt 25 dråber aktiv sølvion-opløsning til glukoseopløsningen.



3. Vent mens blandingen bliver mørkere, og der dannes et gråligt bundfald. Det tager ca. 3 min.. Der dannes desuden et sølvspejl på pladen, selv om det kan være svært at se pga. bundfaldet.



4. Skyl bundfaldet væk med demineraliseret vand for at se sølvspejlet tydeligere.



5. Fjern objektglasset fra petriskålen
Husk at bruge handsker!

Skyl glasset med demineraliseret vand og lad det tørre.
En hurtigere tørring kan opnås ved efterfølgende at skylle i acetone. Dette **skal** foretages af læreren i stinkskab eller under punktudsugning eller helt udelades.

Selvsamlende enkeltlag - lærervejledning

Undersøgelse af vanddråber på sølvoverfladen



Anbring nu - én dråbe af gangen – i alt 5 dråber vand forskellige steder på sølvoverfladen. Det er vigtigt at dråberne er så små som muligt, således at tyngdekraften ikke bliver for stor i forhold til overfladespændingen. På den måde er det lettere at vurdere dråbens form.

Betragt vanddråbernes form. Brug evt. en lup. Flader de ud eller er de spændt op?



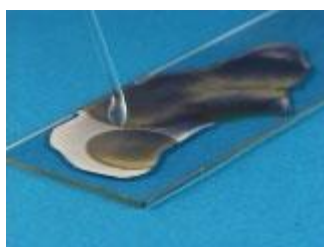
Man kan beskrive formen af dråben ved hjælp af kontaktvinklen mellem dråben og glaspladen.

Kontaktvinklen er defineret som vinklen mellem underlaget og tangenten til vandoverfladen på det sted, hvor de tre faser, luft, væske og fast stof (= underlaget) mødes.

Når vand er i kontakt med et fast stof, er det størrelsen af vandets adhæsion hhv. kohæsion med det faste stof, der er afgørende for vandoverfladens krumning. Er adhæsionen større end kohæsionen vil en dråbe flyde ud på overfladen. Det ses fx på en glasoverflade, idet hovedbestanddelen af glas er SiO_2 , der er hydrofilt. Omvendt ses det, at en dråbe vil krumme sig yderligere sammen så kontaktfladen bliver mindst mulig, hvis den placeres på fx en plastoverflade, idet denne er hydrofob.

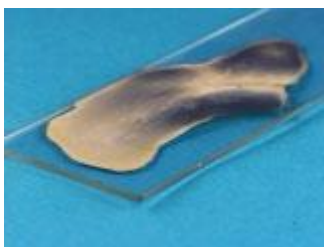
Når kontaktvinkel er bred (stump vinkel) siges dråben således at være spændt op, mens en smal kontaktvinkel (spids vinkel) indikerer en flad dråbe.

Fremstilling af hexadecanthiol-enkeltlag på sølv



1. Læg glaspladen i stinkskalet eller under punktudsugning. Dæk sølvoverfladen med 3-4 dråber hexadecanthiol i ethanol.

Selvsamlende enkeltlag - lærervejledning



2. Lad ethanolen fordampe i stinkskabet/under punktudsugning. Herved bindes svovlatomerne til sølvoverfladen. Carbonhydridhalen peger væk fra sølvet og udgør den nye overflade på glasset (se figur 3).

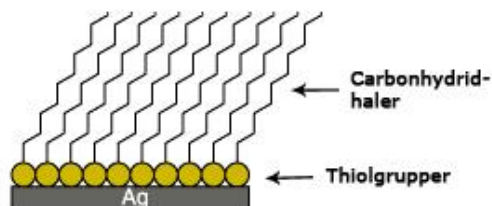


Fig. 3
Enkeltlag af thiol-molekyler på sølv

Thiolmolekylerne ligger i ét enkelt lag. Dette lag er kun få nanometer tykt men ændrer fuldstændigt overfladens egenskaber.

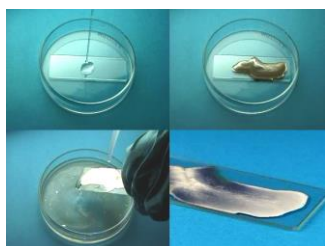
Undersøgelse af vanddråber på hexadekanthioloverfladen



Tilsæt nu igen vand dråbevis til pladen. Beskriv formen af dråben.

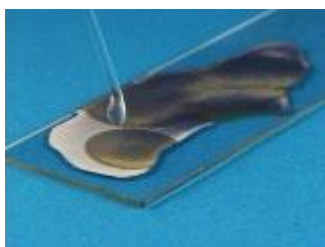
Vanddråberne opfører sig som kviksølvkugler. Man kan skubbe dem rundt på overfladen og få dem til at smelte sammen.

Fremstilling af mercaptoundekansyre-enkeltlag på sølv

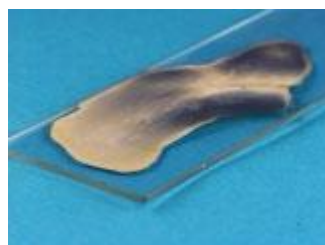


1. Fremstil endnu et objektglas med sølvlag ved at gentage proceduren i trin 1- 5.

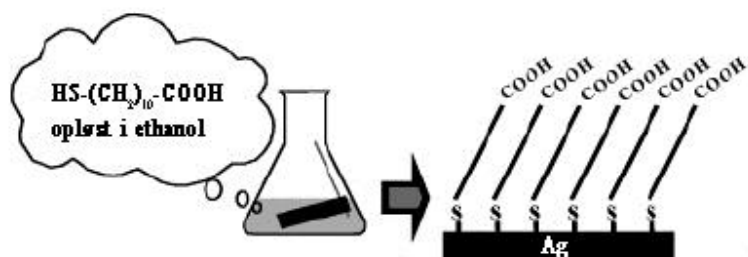
Selvsamlende enkeltlag - lærervejledning



2. Læg glaspladen i stinkskabet eller under punktudsugningen. Dæk sølvoverfladen med 3-4 dråber mercapto-undekansyre i ethanol.



3. Lad ethanolen fordampe i stinkskabet/under punktudsugningen. Herved bindes svovlatomerne til sølvoverfladen. Carboxylsyrehalerne peger væk fra sølvet og udgør den nye overflade på glasset (se figur 4).



figur 4. Enkeltlag af mercaptoundekansyre-molekyler på sølv

Undersøgelse af vanddråber på mercaptoundekansyreoverfladen



Tilsæt nu igen vand dråbevis til pladen. Beskriv som ovenfor beskrevet formen af dråben.

Beskriv desuden hvordan vanddråberne opfører sig på overfladen. Sammenlign med observationerne fra de to tidligere undersøgelser.

Hvilket af de to stoffer, der danner enkeltlag på sølvoverfladen, er hydrofob? - Hvordan kan du se det?

? Børgsmål og opgaver

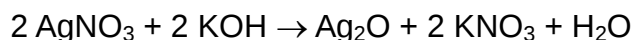
Afhængig af elevernes niveau og den tid der afsættes i årsplanen til arbejdet med nano-processer, kan opgaverne benyttes til enkelt elever eller gennemgås i plenum.

1. Sølvion-opløsningen

Opløsningen er lavet på følgende måde:

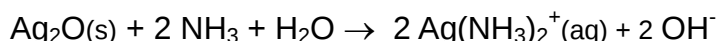
Til en opløsning af sølvnitrat tilsættes en opløsning af kaliumhydroxid, hvorved der dannes et brunt bundfald. Derefter tilsætter man dråbevis koncentreret ammoniakvand, indtil bundfaldet igen er gået i opløsning. Bundfaldet, der dannes, når sølvnitrat og kaliumhydroxid blandes, består af det tungt opløselige sølvoxid. Ved reaktionen dannes desuden kaliumnitrat og vand.

- Opskriv og afstem reaktionsskemaet mellem sølvnitrat og kaliumhydroxid.
- Hvilken reaktionstype er der tale om?



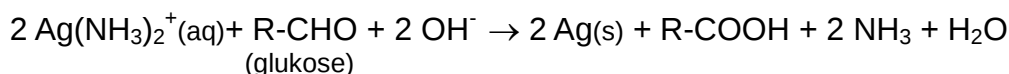
Denne første del af reaktionen er en fældningsreaktion, hvor de reagerende ionforbindelser (venstre side af reaktionspilen) blandes til nye ionforbindelser som giver anledning til bundfald.

Når bundfaldet opløses ved tilsætning af ammoniak, skyldes det, at der dannes den letopløselige sølvdiamin-ion, $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$:



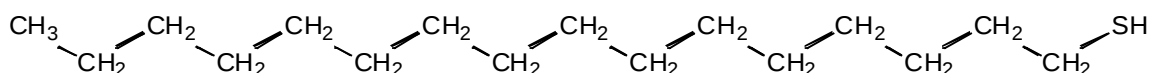
Bemærk, at hydroxidionen igen bliver frigivet.

2. Når man tilsætter glukoseopløsningen til sølvion-opløsningen, bliver sølvionen reduceret til metallisk sølv, mens et af carbonatomerne i glukosen oxideres – altså en redox-proces. Reaktionen kan sammenfattes i følgende reaktionsskema:



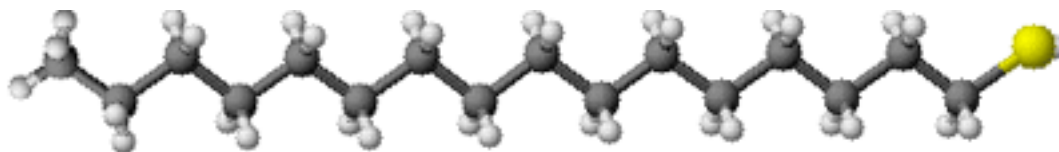
Bemærk, at NH_3 igen bliver frigivet.

3. Formlen for 1-hexadekanthiol er $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{SH}$. En tegning af molekylet ser sådan ud:



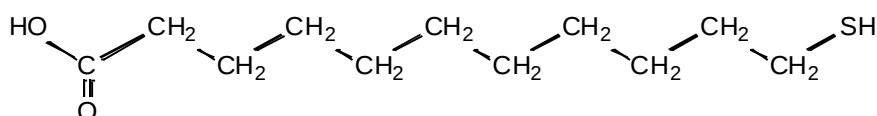
Selvsamlende enkeltlag - lærervejledning

eller som tredimensionel model:

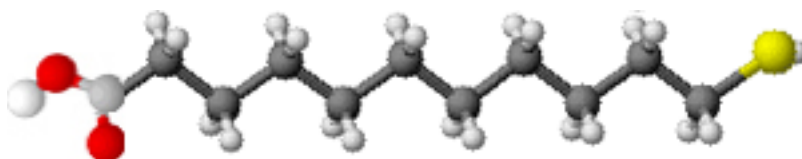


Den 16 C lange kulstofkæde er den upolære/hydrofobe del af molekylet

4. Formlen for mercaptoundekansyre er $\text{HS}-(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$. En tegning af molekylet ser sådan ud:



eller som tredimensionel model:

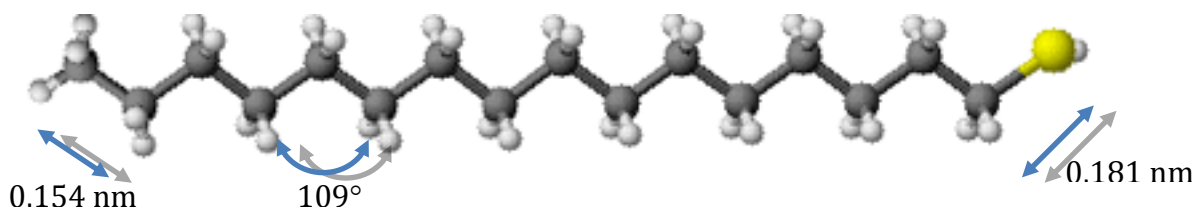


-COOH delen er den polære/hydrofile del af molekylet

5. Beskriv forskellen i den måde vanddråberne lægger sig på den rene sølvoverflade og på de to coatede sølvoverflader. Giv en forklaring på forskellen.

Tag et billede med telefonen og mål kontaktvinklen.

6. Vi ser igen på 1-hexadecanthiol-molekylet:



Selvsamlende enkeltlag - lærervejledning

Se på modellen af molekylet. Antag at bindingsvinklen mellem to atomer i kæden er 109° . Antag også at bindingslængden mellem to carbonatomer er 0,154 nm, mens den mellem carbon og svovl er 0,181 nm og den mellem svovl og hydrogen er 0,134 nm.

Enkeltlagets tykkelse (h) i nm kan nu beregnes ud fra følgende formel, idet det forudsættes at molekylet ligger udstrakt i 2 dimensioner som vist i figuren.

$$h = (\sin(35,5) \cdot 0,181 + 15 \cdot (0,154 \cdot \sin(109/2))) \text{ nm} = (0,105 + 15 \cdot 0,125) \text{ nm}$$

$$h = 1,986 \text{ nm}$$

7. Nævn nogle eksempler på brugen af selvsamlende enkeltlag, herunder hvilken egenskab den coatede overflade tilføres.

Selvsamlende enkeltlag anvendes fx i pudsecreme til sølvtøj, hvor det danner en beskyttende hinde uden på sølvet, således at det ikke oxideres og bliver sort.

Selvsamlende enkeltlag kan også anvendes på bilruder enten i en hydrofil udgave, hvor vanddråberne spredes til et tyndt lag over hele ruden, eller i en hydrofob udgave hvor vanddråberne ved hjælp af bilens fart nærmest blæses af ruden.

Åndbart regntøj (Gor-Tex) og måske har I flere ideer??

Slut- og trinmål for faget fysik/kemi samt biologi

I Fælles Mål 2009 for fysik/kemi står bl.a. under slutmål:

Fysikkens og kemiens verden

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- benytte fysiske og kemiske begreber og enkle modeller til at beskrive og forklare fænomener og hændelser
- kende til vigtige stoffer og materialer og deres egenskaber

Arbejds måder og tankegange

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- identificere og formulere relevante spørgsmål, samt opstille enkle hypoteser
- planlægge, gennemføre og vurdere undersøgelser og eksperimenter med relevant udstyr
- anvende et hensigtsmæssigt fagsprog
- læse, forstå og vurdere informationer i faglige tekster
- formidle resultatet af arbejdet med fysiske, kemiske og tekniske problemstillinger

Relevante trinmål for faget fysik/kemi efter 8. klasse:

Udvikling i naturvidenskabelig erkendelse

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- kende udviklingen i nogle forestillinger om stofopbygning og grundstofferne periodesystem
- kende eksempler på, at teknologiudvikling er tæt forbundet med fysisk og kemisk viden, herunder kommunikationsteknologi og enzymteknologi.

Anvendelse af fysik og kemi i hverdag og samfund

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- beskrive, hvorledes anvendelse af råstoffer eller materialer kan påvirke ressourceforbrug, miljø og affaldsmængde, herunder kul, plast og træ

Selvsamlende enkeltlag - lærervejledning

Arbejds måder og tankegange

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- planlægge, gennemføre og evaluere praktiske og teoretiske undersøgelser
- benytte udstyr, redskaber og hjælpemidler, der passer til opgaven
- læse og forstå informationer i faglige tekster

Relevante trinmål for faget fysik/kemi efter 9. klassetrin

Fysikkens og kemiens verden

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- anvende fysiske eller kemiske begreber til at beskrive og forklare fænomener, herunder lyd, lys og farver
- gøre rede for anvendelse af modeller og simuleringer som led i en beskrivelse af fænomener og sammenhænge, herunder solsystemet, stjernehimlen og halveringstid
- beskrive eksempler på organiske og uorganiske kemiske forbindelser og deres indbyrdes reaktion, herunder syre/base, redoxprocesser og ligevægt

Arbejds måder og tankegange

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- formulere enkle problemstillinger, opstille og efterprøve hypoteser samt vurdere resultater
- læse, forstå og vurdere informationer i både trykte og digitale faglige tekster
- vurdere og anvende informationer med fysisk, kemisk eller teknisk indhold
- benytte fysisk eller kemisk viden, opnået ved teoretisk og praktisk arbejde
- vælge og benytte udstyr, redskaber og hjælpemidler der passer til opgaven, herunder feltudstyr og data-loggere
- formidle resultater af arbejde med fysiske, kemiske eller tekniske problemstillinger.

Selvsamlende enkeltlag - lærervejledning

I Fælles Mål 2009 for biologi står bl.a. under slutmål:

Arbejds måder og tankegange

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- planlægge, gennemføre og vurdere undersøgelser og eksperimenter i naturen og laboratoriet
- læse, forstå og vurdere informationer i faglige tekster
- kende eksempler på biologisk forskning, der har udvidet menneskets erkendelse

Relevante trinmål for faget biologi efter 8. klasse:

Arbejds måder og tankegange

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- formulere relevante spørgsmål og hypoteser
- læse og forstå informationer i faglige tekster
- forklare om biologisk viden og indsigt erhvervet gennem forskellige former for viden-søgning, herunder egne undersøgelser.

Relevante trinmål for faget biologi efter 9. klasse:

Arbejds måder og tankegange

Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at

- formulere relevante spørgsmål og hypoteser
- læse, forstå og vurdere informationer i både trykte og digitale faglige tekster
- give eksempler på resultater af nyere biologisk forskning, som har betydning for menneskets erkendelse og livsvilkår
- anvende biologiske begreber og viden om biologiske processer i forskellige sammenhænge