

SYSTEM, VARIABEL OCH KONTROLLEXPERIMENT

TRE REDSKAP FÖR VETGIRIGHET

PROJEKT NORDLAB-SE
Inst för pedagogik och didaktik
Göteborgs Universitet
Box 300, SE-405 30 GÖTEBORG

Hemsida: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/>
Tel: +46-(0)31-7731000 (växel)
Fax: +46-(0)31-7732060
E-post: anita.wallin@ped.gu.se

Projektgrupp: Björn Andersson (projektledare), Frank Bach, Birgitta Frändberg, Ingrid Jansson, Christina Kärrqvist, Eva Nyberg, Anita Wallin, Ann Zetterqvist

Nordisk kontaktgrupp: Albert Chr. Paulsen (DK), Irmeli Palmberg (FI), Stefán Bergmann (IS), Anders Isnes (NO)

OM PROJEKTET NORDLAB

NORDLAB är ett projekt som går ut på att genom nordiskt samarbete ge framför allt lärare i naturvetenskapliga ämnen redskap att förbättra och förnya sin undervisning. Matematik och teknik kommer också in i bilden. Ämnesdidaktiska forskningsresultat och annat nytänkande är centralt för projektet, liksom ambitionen att verksamhet och produkter skall framstå som intressanta och användbara för den arbetande läraren i skolan.

Initiativtagare till projektet är Nordiska Ministerrådet genom 'Styringsgruppen for Nordisk Skolesamarbejde.' Ministerrådet är också finansär av projektets samnordiska delar.

NORDLAB leds av en projektgrupp med följande medlemmar

Ole Goldbech och Albert Chr. Paulsen, (DK)
Veijo Meisalo (FI)
Baldur Gardarsson (IS)
Thorvald Astrup (NO)
Björn Andersson (SE)

Denna nordiska projektgrupp anser att en lämplig metod att nå fram till lärarutbildare och lärare med nya idéer, med den ämnesdidaktiska forskningens senaste rön och med reflekterande praktikers erfarenheter, är att skapa och utpröva ett material av workshop-karaktär, som kan användas på ett flexibelt sätt i lärarutbildning, lärarfortbildning, studiecirklar och för självstudier.

Inom ramen för NORDLAB svarar varje nordiskt land för ett delprojekt med följande innehåll:

- experimentellt arbete (DK)
- IT som redskap för kommunikation, mätning och modellering (FI)
- samhällets energiförsörjning (IS)
- elevers självvärdering som ett sätt att förbättra lärandet (NO)
- senare års forskning om elevers tänkande och möjligheter att förstå naturvetenskap, och vad denna forskning betyder för undervisningen (SE)

Det svenska delprojektet (NORDLAB-SE) finansieras av Utbildningsdepartementet och Skolverket

© Projektet NORDLAB-SE, Enheten för ämnesdidaktik, IPD, Göteborgs universitet.

Detta arbete är belagt med copyright. Det får dock kopieras av enskilda personer för användning i hans eller hennes undervisning, t. ex. lärarutbildning eller fortbildning. Källan skall anges.

OM PROJEKTET NORDLAB-SE

Syfte

NORDLAB-SE behandlar, i form av ett antal enheter eller 'workshops', några aspekter av det spännande företag som kallas naturvetenskap. Ett genomgående drag i dessa workshops är att de tar upp senare års forskningsresultat angående elevers vardagsföreställningar om naturvetenskapliga företeelser. Syftet är att göra dessa resultat kända och presentera dem så att läsaren/workshopdeltagaren stimuleras att vidareutveckla skolans naturvetenskapliga undervisning.

Tonvikt på förståelse

Naturvetenskap går primärt ut på att förstå. Vi vill lyfta fram detta karaktärsdrag därför att vi tror att förståelse ger en inre tillfredsställelse och stimulerar till fortsatt lärande, oavsett om man är barn eller vuxen, novis eller expert.

Teman

Naturvetenskapens arbetssätt. Inom detta tema behandlas växelspelet mellan teori och observationer, liksom hur man väljer lämpliga system och att genomför kontrollerade experiment.

Naturvetenskapens innehåll. Elevernas möjligheter att förstå skolkursernas innehåll står i fokus för detta tema. Såväl biologi, som fysik och kemi behandlas.

Naturvetenskapen i samhället. I detta tema ingår frågor om natur och moral och hur elever uppfattar vissa miljöproblem ur både natur- och samhällsperspektiv. Vi tar också upp hur förståelse kan fördjupas genom att man sätter in sitt kunnande i olika sammanhang.

Användning

Framtagen materiel kan användas i många olika sammanhang:

- i grundutbildningen av lärare
- som del av, eller hel, fristående universitetskurs
- som underlag för en studiecirkel på en skola
- vid fortbildningsdagar
- för självstudier

Våra workshops skall ej uppfattas som lektionsförslag, men de innehåller åtskilligt som är användbart för den undervisande läraren i skolan, inte minst ett stort antal problem som stimulerar och utmanar eleverna, och som sätter fingret på väsentligheter i den naturvetenskapliga begreppsbildningen.

Framtagen materiel

Projektet har producerat 23 workshops. Samtliga kan laddas ner, var och en för sig, som pdf-filer från internet. Vidare har en hel del materiel som berikar och fördjupar olika workshops utvecklats:

- internetbaserade kunskapsdiagnoser
- animationer av astronomiska förlopp (Quicktime-filmer)
- internetbaserade interaktiva prov för lärande och självdiagnos

För vidare information, se: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html>

INNEHÅLL

ETT EXPERIMENT MED MJÖLBAGGELARVER – HUR TÄNKER ELEVERNA?	5
VARIABLER, KONTROLLEXPERIMENT OCH TEORIER	8
SYSTEM OCH TEORIER	9
ELEVERS EXPERIMENT KAN GE LEDTRÅDAR TILL DERAS 'TEORIER'	11
SKOLEXPERIMENT PÅ NYTT SÄTT?	13
NOTER	15
REFERENSER	15

SYSTEM, VARIABEL OCH KONTROLLEXPERIMENT– TRE REDSKAP FÖR VETGIRIGHET

Vid naturvetenskapliga undersökningar används vissa begrepp som inte är knutna till specifika innehåll. Tre sådana så kallade 'processorienterade begrepp' behandlas i denna workshop, nämligen system, variabel och kontrollexperiment. Workshopen inleds med en övning som går ut på att analysera och diskutera hur elever tolkar ett experiment som gjorts för att ta reda på hur mjölbaggelarver reagerar på ljus och fuktighet. Sedan introduceras och exemplifieras de tre nämnda begreppen. Det framhålls att val av variabler liksom av system är teoriberoende. Detta faktum kan ge ledtrådar till elevernas vardagliga teorier, vilket illustreras med hur de väljer variabler som kan tänkas inverka på styrkan hos en elektromagnet. Slutligen får deltagaren i uppgift att arbeta om laborationer så att de stimulerar eleverna att på egen hand välja system, identifiera variabler, planera och genomföra egna kontrollexperiment och redovisa resultat.

ETT EXPERIMENT MED MJÖLBAGGELARVER– HUR TÄNKER ELEVERNA?



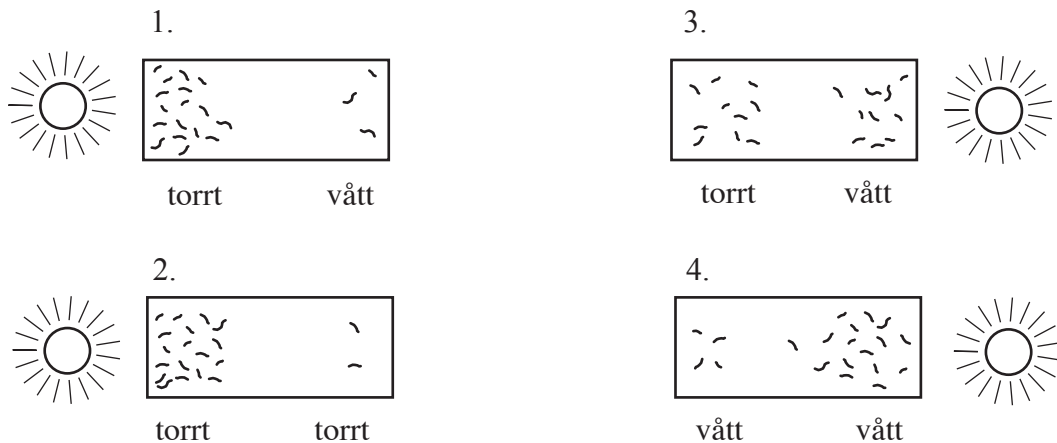
UPPGIFT 1

Om du själv skulle göra ett experiment för att ta reda på hur mjölbaggelarver reagerar på ljus och fuktighet, hur skulle du då gå tillväga? Rita och förklara!

UPPGIFT 2

Följande problem har getts till amerikanska studerande i åldern 12-18 år:¹

En elev ville ta reda på hur mjölbaggelarver reagerar på ljus och fuktighet. Han arrangerade fyra boxar så som bilden nedan visar, använde lampor som ljuskälla och blötte pappersbitar för att få det fuktigt. Han placerade 20 mjölbaggelarver i mitten av varje box. En dag senare kom han tillbaka och undersökte vad som hade hänt. Larverna var då fördelade i de olika boxarna så som figuren visar.



Vad visar detta experiment? Sätt ett kryss!

Experimentet visar att mjölbaggelarver reagerar på (reagera på betyder röra sig mot eller ifrån)

- A. ljus, men inte fuktighet
- B. fuktighet men inte ljus
- C. både ljus och fuktighet
- D. varken ljus eller fuktighet

Förklara hur du tänkte!

Här följer ett antal svar². (Bokstaven i början på ett svar visar vilket kryssalternativ som eleven valt.)

1. C. I experiment 3 är larverna delade på 1/2 vått, 1/2 torrt. Så man kan med säkerhet anta att ljus inte är den enda faktor som är inblandad.
2. A. Vanligtvis drog de sig till den ända där det var ljus.
3. B. 1, 2 och 3 visar att mjölbaggelarverna verkar tycka om ljus, men i 3 tycks de vara jämnt fördelade. Det gör att man tror att de tycker om att vara där det är torrt och att anledningen till att de är vid ljuset i bild 3 och 4 är att lampan gör att det blir varmt och torkar upp.

4. D. Larverna följer inget bestämt mönster.
5. A. Därför att det finns 17 larver vid ljuset och bara tre där det är fuktigt.
6. C. När ljuset var på den torra sidan så samlades alla på den torra sidan. När det var på den våta sidan, så var det lika många på varje sida.
7. D. Därför att trots att lampan placerades på olika ställen så gjorde larverna inte samma saker.
8. C. Box 1 och 2 visar att de föredrar ljus och torrt framför vått och mörkt. Box 4 eliminerar torrhet som faktor, så de reagerar bara på ljus. Box 3 visar att fukt motverkar effekten av ljus, så det verkar som de föredrar att vara där det är torrt. (Det skulle vara tydligare om en av boxarna var våt -torr och inget ljus.)
9. A. I alla situationer drar sig majoriteten till ljuset. Fukt verkar inte göra någon skillnad.
10. C. I alla fallen reagerar mjölbaggelarver på ljus. Men i box 3 är fördelningen 1:1. Det visar att larverna dras till ljuset men inte på samma sätt som när det var torrt närmast ljuset. När det inte finns något val mellan vått och torrt som i fall 4 så går larverna mot ljuset. Obs! Man skulle också kunna testa en box vått-torrt och utan ljus för att verifiera effekten av fuktighet.

Försök gruppera dessa svar i några kategorier. Beskriv kategorierna!

UPPGIFT 3

Är det viktigt att ställa elever på grundskola eller gymnasium inför problem liknande det om mjölbaggelarver? I så fall varför? Ge argument för och emot.

VARIABLER, KONTROLLEXPERIMENT OCH TEORIER

Den elev som gjorde i ordning experimentet med mjölbaggelarverna frågade sig hur de reagerar på ljus och fuktighet. Dessa två storheter är *variabler*, som kan anta olika värden, såsom 'ljus eller mörker' och 'vått eller torrt'. För att med experiment besvara den ställda frågan behöver man undersöka en variabel i taget, samtidigt som den andra hålls konstant. Det är med andra ord fråga om att göra ett *kontrollerat experiment*. Experimentet ifråga är knappast perfekt i detta avseende, vilket två elever tar upp i sina svar genom att anmärka på att variablerna har blandats ihop. I svar 10 heter det t. ex.: 'Obs! Man skulle också kunna testa en box vått-torrt och utan ljus för att verifiera effekten av fuktighet.'

Låt oss ta ett nytt exempel. Anta att någon anser att ångande bad gör att man tillfrisknar fortare från en förkylning än om man bara ligger i sängen. Hur kan man gå tillväga för att testa denna hypotes? Man väljer ut två likvärdiga grupper av förkylda. För båda grupperna gäller sängläge, men den ena behandlas dessutom med ångande bad. På så sätt blir experimentet kontrollerat – man har ju en jämförelsegrupp som inte badar.

Detta experiment lär ha gjorts. Man fann att baden hade avsedd verkan, dvs. hypotesen bekräftades. Men vid närmare eftertanke insågs att experimentet inte var helt kontrollerat – då de sjuka togs från sängen till badet ändrade man inte bara luftfuktigheten utan också personernas läge från horisontellt till vertikalt. Med andra ord ändrades två variabler samtidigt. Vid ett nytt experiment fick personerna i kontrollgruppen sitta upp i sängen lika långa perioder som baden tog. Då blev det ingen skillnad mellan grupperna i tiden som det tog att bli frisk.

Det här exemplet visar en viktig aspekt av experimentell verksamhet, nämligen att experimentatorns val av variabler beror av hans eller hennes uppfattning om det som studeras. Har man ingen föreställning om att den förkyldes läge kan inverka på sjukdomsförloppet så fäster man helt enkelt inte avseende vid om personen ligger eller befinner sig upprätt. Med andra ord kan man säga att experimenterandet knappast är bättre än de 'teorier' som styr tänkandet.

Det förefaller som om den som gjorde experimentet med mjölbaggelarver inte haft temperatur med i sin 'teori' om vad som påverkar dessa organismer. I varje fall kan man notera, att placeringen av ljuskällan också betyder uppvärmning. Är det ljus eller värme som attraherar larverna kan man undra?

En del av växelspelet experiment-teori är så gott som omedvetet. Varken elever eller naturvetare torde överväga t. ex. att lab-chefens humör är en möjlig påverkansfaktor när det gäller kemiska experiment. Skälet är att de har en underförstådd 'teori' om att känslor inte influerar hur ämnen växelverkar.

Utän teorier och andra begreppsramar skulle experimentell verksamhet vara kaotisk eftersom det då inte finns några skäl att välja bort variabler. Tusentals variabler skulle kunna tänkas inverka på ett förlopp av intresse och det vetenskapliga arbetet skulle bestå i ett ändlöst undersökande av dessa. Men det gäller å andra sidan att inte lita helt på sina teorier, utan alltid hålla dörren öppen för det oväntade.

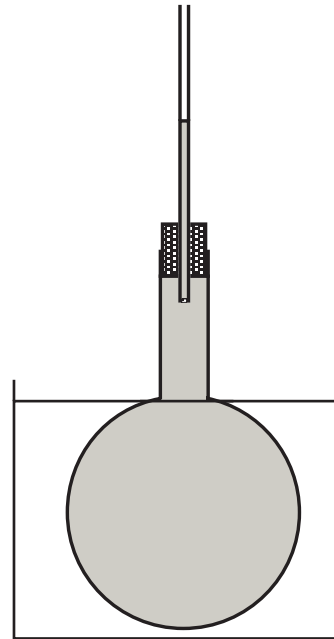
SYSTEM OCH TEORIER

Den som experimenterar väljer alltid ut ett system för sin undersökning. Detta innebär inte bara att fokusera vissa saker utan också att välja bort åtskilligt. Den som t. ex. vill studera hur ämnen löser sig i vatten väljer ämne och vatten som sitt system och bortser från behållare, sina händer och laboratoriebänken. Detta kan verka självklart, men är egentligen uttryck för en 'teori' om att behållare, händer och laboratoriebänk inte inverkar på lösningsprocessen. Även val av system styrs alltså av de uppfattningar man har om det studerade. Här följer ytterligare några exempel på detta:

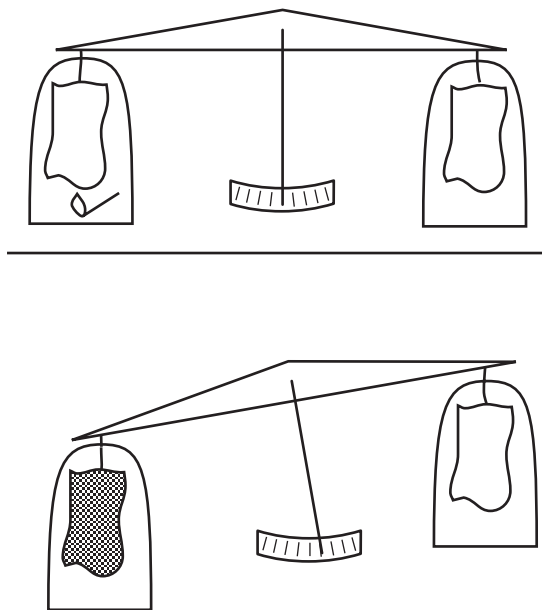
En person vill studera om, och i så fall hur, vattens volym påverkas av uppvärmning. Hon skaffar en stor rundkolv. I dess mynning sitter en tättslutande gummikork genom vilken går ett glasrör. Kolven är helt fylld med färgat vatten. Vattnet går också en bit upp i röret.

Kolven sänks ned i ett kärl med kokhett vatten. En vanlig förutsägelse är att vattnet kommer att stiga i röret. Men då experimentet görs visar det sig att vattnet först sjunker lite grand i glasröret för att sedan stiga. Den som fokuserar system 'vatten' kan dra slutsatsen att vattnet först krymper lite grand för att sedan utvidgas.

Om man i stället för system 'vatten' betraktar system 'vatten + kolv' kan man förklara det som hänt på annat sätt. Glaset är det första delsystem som värms upp. Det utvidgar sig, vilket gör att vattnet först sjunker i röret. Men sedan värms också vattnet, som då utvidgar sig och stiger i röret.



Ett annat exempel är det s. k. stålullsexperimentet. Det har getts som ett test till högstadielärover före och efter undervisning³. Testledaren berättar inledningsvis för klassen att stålull är en form av järn. Sedan hänger hon upp två stålullsbitar på en 'gammaldags' balansvåg så att vågen väger jämt. (Vågen har två vågskålar, som fäster i respektive vågarm via två U-formade byglar – se figur!). Den ena stålullstussen antänds och får brinna. Vågskålen med stålullen sjunker då sakta ned. Efter avslutad förbränning har vågskålen med stålullen slagit i bordsytan. Stålullen, från början metallglänsande, har mörknat. Eleverna ombeds att skriftligt förklara det inträffade.



Sedan hänger hon upp två stålullsbitar på en 'gammaldags' balansvåg så att vågen väger jämt. (Vågen har två vågskålar, som fäster i respektive vågarm via två U-formade byglar som figuren visar.). Den ena stålullstussen antänds och får brinna.

Det är knappast troligt att eleverna, då de svarar, på ett medvetet sätt väljer ett system för sitt tänkande. Men deras svar pekar ändå på det system som underförstås, och detta i sin tur på deras 'teorier'. En elev skriver t. ex.

– Det har blivit så packat av värmen att det fått en tyngre tyngd.

Denna elev söker förklaringen i att stålullen blivit mer packad, dvs. hans system är 'stålullen'.

En annan elev skriver:

– Värme ökade vikten.

I detta fall tycks systemet vara 'värme och stålull'.

Ytterligare ett elevsvar är:

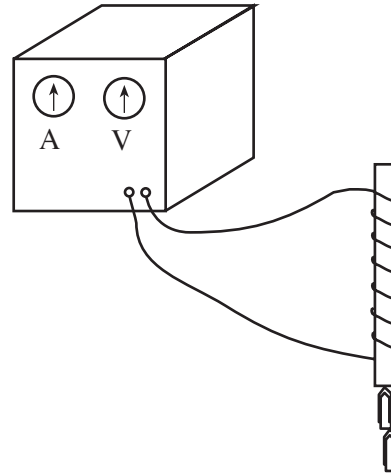
– Järnet förenades med syret i luften.

Här är systemet 'syret i luften och stålullen'.

Ett annat intressant exempel är den förklaring som den flandriske läkaren Jean Bapista van Helmont gav till sitt klassiska experiment med ett pilträd, utfört i mitten på 1650-talet. Han lade 200 skålpund torkad jord i en kruka, och planterade trädet, som vägde 5 skålpund, i denna. Under fem år vattnade han krukans och skötte om växten. Därefter torkade han och vägde jorden igen. Den hade minskat i vikt med 2 uns. Trädet vägde nu 169 skålpund. Av detta drog han slutsatsen: Därför uppstod och uppväxte 164 skålpund trä, bark och rötter av vatten allenast. Med nutida ögon ser vi att luften fattas i van Helmonts system. Detta är förståeligt eftersom det moderna gasbegreppet formulerades först under 1700-talet.

ELEVERS EXPERIMENTERANDE KAN GE LEDTRÅDAR TILL DERAS 'TEORIER'

En lärare gjorde vid ett tillfälle vidstående skiss på tavlan. Han förklarade att om man lindar en ledningstråd runt vissa material och ansluter till en spänningskub enligt skissen så kan anordningen fungera som en magnet. Systemet kallas elektromagnet.



Han uppmanade eleverna att ställa upp hypoteser om vad som inverkar på hur stark magneten blir och sedan göra experiment för att testa dessa hypoteser.

Då eleverna hämtade material för sina experiment lade han bl. a. märke till följande tre grupper:

Grupp 1 hämtar oisolerad koppartråd och stavar av järn, aluminium och koppar.

Grupp 2 hämtar plastisolerad ledningstråd och en stav av järn.

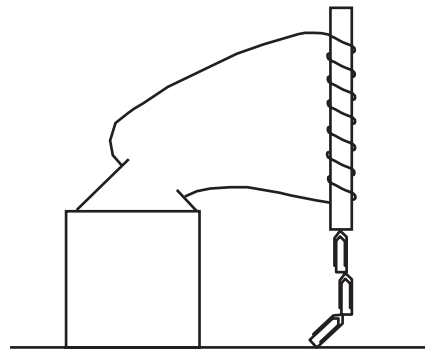
Grupp 3 hämtar både isolerad och oisolerad tråd och stavar både av metall och andra material.

UPPGIFT 4

Fundera över om elevernas val av material kan ha att göra med deras 'teorier' om hur elektromagneten fungerar. Vilka är dessa i så fall? Skriv ner dina hypoteser om detta!

I det beskrivna fallet med elektromagneten blev läraren förvånad speciellt över hur grupp 1 valde material. Han konstruerade därför följande testuppgift, som gavs till elever i skolår 8 några månader efter avslutad undervisning om elektromagnetism⁴.

En elev experimenterar med elektromagneter. Han lindar ledningstråd runt stavar av olika material och ansluter trådens båda ändrar till ett batteri så som figuren visar. Ibland lyckas han och då dras några gem till staven.



I plastpåsen som du har fått finns det två system:

System A: Järnbult lindad med oisolerad ledningstråd.

System B: Järnbult, lindad med plastisolerad ledningstråd. (Plasten är avdragen från trådens båda ändrar.)

Vad händer då system A och system B kopplas till var sitt batteri?

Sätt kryss!

- Både A och B drar till sig gem.
- A, men inte B, drar till sig gem
- B, men inte A, drar till sig gem.
- Varken A eller B drar till sig gem.

Förklara hur du tänkte!

De flesta elever svarade att system A drar till sig gem, B inte. Vanliga motiveringar var:

- Eftersom B är isolerad, så drar den inte till sig gem.
- Plasten runt tråden hindrar strömmen från att nå järnet. Strömmen måste nå järnet för att det skall gå att plocka upp gem.

Cirka en tredjedel ansåg att både A och B drar till sig gem. Så här lyder några motiveringar:

- Det spelar ingen roll vad som är runt den. Det är den elektriska tråden som har betydelse.
- Det går ström igenom dem, och även om B har plastisolerad tråd, så är den borttagen i ändarna, så att ström går genom den också.

Några få svarade att system B attraherar gem, men inte A., t. ex. :

- När den är lindad med isolerad tråd, så bildas ett magnetfält. Med oisolerad tråd så blir järnbiten laddad, och det blir inget magnetfält.

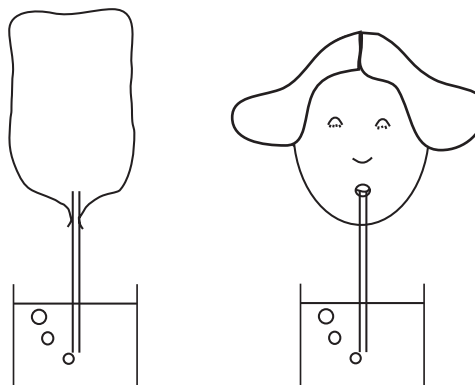
SKOLEXPERIMENT PÅ NYTT SÄTT?

Begreppen system, variabel och kontrollexperiment kan med fördel användas i undervisningen. Utgångspunkten kan vara elevers känsla för rättvisa jämförelser. Anta att två flickor vill avgöra vem som är den bästa sprintern. Detta kräver en rättvis jämförelse, och därför kontrolleras ett antal variabler – de springer en lika lång sträcka, de startar från samma plats och de har likvärdiga skor.

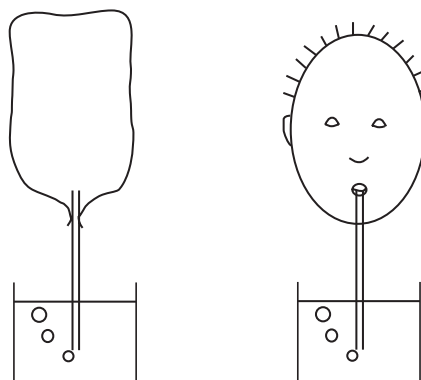
Ett exempel

Ett exempel från undervisningen är en klass som ville veta om det var någon skillnad på utandningsluft och vanlig luft. En idé de hade var att bubbla ut luft i vanligt vatten, till vilket BTB-lösning tillsatts. Klassen hade tidigare resonerat om 'rättvisa experiment', så de var noga med att ha lika stora bägare, lika mycket vatten och lika många droppar BTB i varje bägare.

Elevernas första experiment var att samla in vanlig luft i en plastpåse och bubbla ut den i det blåa BTB-vattnet med hjälp av ett sugrör. Det blev ingen färgändring. Som jämförelse blåste en flicka i klassen sin utandningsluft genom ett sugrör ned i BTB-vatten. Färgen ändrades då från blå till grön.



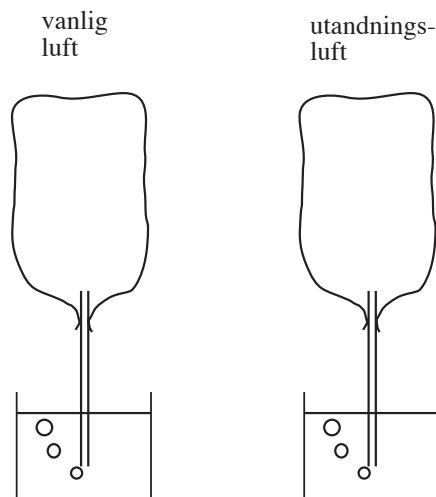
Några elever framkastade då en idé om att det var skillnad på flickors och pojkars utandningsluft. Men också när en pojke blåste blev det ett färgomslag från blå till grön.



En elev invände att jämförelsen mellan utandningsluft och vanlig luft inte var riktigt gjord. Han ansåg sig ha sett att det kom betydligt fler bubblor från både pojken och flickan som blåste än från plastpåsen.

Klassen diskuterade detta och kom fram till att man borde använda påse för såväl utandningsluft som vanlig luft. Sagt och gjort. Man blåste upp en påse med utandningsluft, som bubblades ut i BTB-vatten med hjälp av ett sugrör. Som jämförelse gjordes samma sak med en lika stor påse fylld med vanlig luft. Man fick nu bubbla ut tre påsar i varje bägare för att se en tydlig färgskillnad.

Nu hävdade en elev att temperaturen inte var kontrollerad – utandningsluft är ju varmare än vanlig luft....



En allmän modell

En modell värd att pröva är att, som i fallet med elektromagneten, starta med ett fenomen och fråga eleverna vad de tror har betydelse för hur fenomenet utspelar sig. Ett exempel är en svängande pendel och frågan 'Vad kan tänkas inverka på hur lång tid det tar för pendeln att svänga fram och tillbaka?' Med denna fråga definierar läraren den beroende variabeln (svängningstid), och efterfrågar möjliga oberoende variabler.

Eleverna föreslår variabler och dessa noteras på tavlan. De framkastar hypoteser om hur en given variabel inverkar. Nästa steg är att varje labgrupp planerar och genomför experiment för att ta reda på vad som faktiskt händer. De bör då vara medvetna om innebörden i 'kontrollerat experiment'. Till experimenterandet hör att skriva en begriplig redogörelse för vad som gjorts och vilka resultaten blev. Redovisning inför hela klassen kan ingå, åtföljd av diskussion med kritiska kommentarer.

UPPGIFT 5

Tänk på de laborationer du brukar göra med en klass under ett skolar och fundera över om någon eller några av dessa är lämpliga att arbeta om enligt ovanstående modell. Välj ut en och utforma den i detalj. (Vilken fråga skall ställas i början, vilka förslag kommer eleverna troligtvis att ge, vilken materiel skall vara tillgänglig för deras experiment etc.)

Om du har möjlighet, så genomför den omarbetade laborationen och skriv ner på cirka en A4-sida vad eleverna gjorde, vilka resultat de fick och vad de tyckte om sättet att arbeta.

NOTER

1. Uppgiften är hämtad från Karplus et al. (1977)
2. Ibid.
3. Andersson och Renström (1981)
4. Testuppgiften om elektromagneten är beskriven av Andersson (1989). För en utförligare redovisning av hur eleverna svarar, se Andersson (1985).

REFERENSER

Andersson, B., & Renström, L. (1981). *Oxidation av stålull*. (Rapport Elevperspektiv nr 7). Mölndal: Institutionen för pedagogik, Göteborgs universitet.

Andersson, B. (1989). *Grundskolans naturvetenskap – forskningsresultat och nya idéer*. Stockholm: Utbildningsförlaget.

Andersson, B. (1985). Pupils' reasoning with regard to an electromagnet. I Duit, R., Jung, W. & von Rhöneck, C. (Eds.), *Aspects of understanding electricity* (pp. 153-163). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.

Karplus, R., Lawson, A. E., Wollman, W., Appel, M., Bernoff, R., Howe, A., Rusch, J. J., & Sullivan, F. (1977). *Science teaching and the development of reasoning - Physics*. Berkeley: Lawrence Hall of Science, University of California.

Översikt av enheter i projektet NORDLAB-SE
(15 okt 2003)

Naturvetenskapens karaktär

- Elevers och naturvetares tänkande – likheter och skillnader
- System, variabel och kontrollexperiment – tre redskap för vetgirighet
- Grönskande är naturvetenskapliga teorier!

Naturvetenskapens innehåll

- Socker och syre till alla celler – en fråga om logistik
- Livets evolution
- Formativ utvärdering med fotosyntes som exempel
- Genetik

- Jorden som planet i rymden
- Varför har vi årstider?
- Månen, planetsystemet och universum
- Mekanik 1 – Newtons första och andra lag
- Mekanik 2 – Newtons tredje lag
- Temperatur och värme

- Materiens bevarande
- Materiens byggnad
- Materiens faser
- Blandning, lösning och vattnets kretslopp
- Ämnen
- Kemiska reaktioner

Naturvetenskapen i samhället

- Energiflödet genom naturen och samhället
- Växthuseffekten, tekniken och samhället
- Natur och moral – integration eller separation?
- Vad kan man göra med skolkunskaper? Om att sätta in i sammanhang

För korta sammanfattningar av olika enheter se

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html>

Alla enheter kan laddas ner från internet:

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>