

MATERIENS FASER

FAST, FLYTANDE OCH GAS

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 finansiär 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, studiecirkel 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

ELEVUPPGIFTER	5
Vilken fasövergång är det?	5
Temperatur och energi	7
SKOLANS UNDERVISNING	10
En modell för fast, flytande och gas	10
Skolans naturvetenskap och vardagliga händelser	11
ELEVUPPFATTNINGAR	14
Fast- och flytande fas	14
Den gasformiga fasen	14
Fasändringar	16
Temperatur	17
Vad svarar elever i lägre åldrar?	18
MÅL FÖR UNDERVISNING OM FASER OCH FASÖVERGÅNGAR	21
NOTER	23
REFERENSER	24
BILAGA 1: FÖRSLAG PÅ UPPGIFTER ATT TESTA	25
BILAGA 2: RESULTAT PÅ ELEVUPPGIFTER	31
BILAGA 3: KOKNING AV VATTEN: INSTRUK- TION OCH ANALYSSCHEMA	33

MATERIENS FASER

FAST, FLYTANDE OCH GASFORMIG FAS

Vad är rimfrost och hur uppstår den? Varifrån kommer daggan i gräset? Dessa och liknande frågor hör till skolans undervisning om faser och fasövergångar, som börjar i tidiga åldrar. Denna workshop fokuserar hur elever och naturvetare beskriver och förklarar fast, flytande och gasformig fas samt fasövergångar, och vilka mål som är realistiska att uppnå i grundskolan. Ett antal uppgifter presenteras, vilka kan användas för att diagnosticera elevernas utgångsläge och framsteg. Frågor ställs om hur undervisningen kan bedrivas med utgångspunkt i elevernas föreställningar.

ELEVUPPGIFTER

Vilken fasövergång är det?

Vardagens händelser och vädrets växlingar ger många erfarenheter av hur materia förändras. I skolan vill vi att eleverna ska kunna hålla isär kemiska och fysikaliska förändringar i sin omgivning och bland de senare urskilja vad som är fasövergångar. Fråga 1 och 2 som följer är avsedda att pröva detta.

Fråga 3 avser också att identifiera fasövergångar, men nu i atomernas och molekylernas värld.

De tre frågorna har ställts till elever i skolår 9 och i gymnasieskolan¹.

Fråga 1. Vilken fasövergång är det?

I den vänstra spalten nedan är fyra olika händelser beskrivna. I den högra spalten skall du, för varje händelse, skriva ett av orden smältning, avdunstning, kokning, kondensering eller stelning. Det gäller att välja det ord som passar bäst in.

Vatten fräser i en het stekpanna

Det blir is på sjön

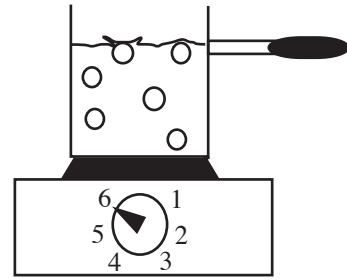
Den regnvåta asfalten torkar

Det bildas en klar vätska runt vecken i ljuset som brinner

Fråga 2. Vad innehåller kokbubblorna?

Vattnet i en kastrull på spisen kokar. Man ser då att stora bubblor stiger upp genom vattnet till ytan, där de spricker. Vad innehåller dessa bubblor? Sätt ett kryss

- luft koldioxid
 syre väte
 vattenånga

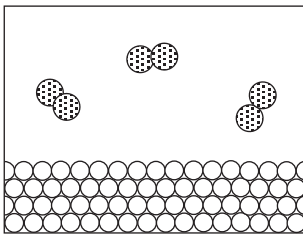


Fråga 3. Vad visar partikelbilderna?

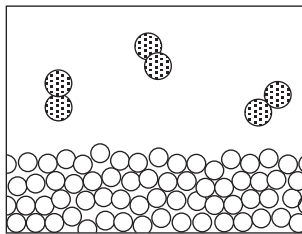
Nedan kan Du se hur några mycket små områden (4st) ser ut FÖRST och LITE SENARE. Ofyllda cirklar betecknar atomer av ett slag, fyllda cirklar betecknar atomer av ett annat slag, mönstrade cirklar atomer av ett tredje slag. Du lägger märke till att det hänt saker i varje område. Frågan är vad.

Skriv bredvid varje bildpar vad som hänt. Välj bland orden kemisk reaktion, lösning, avdunstning, smältning, stelning och kondensation.

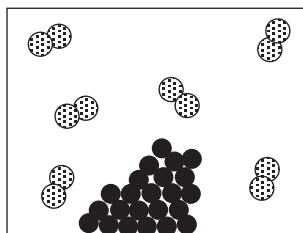
FÖRST



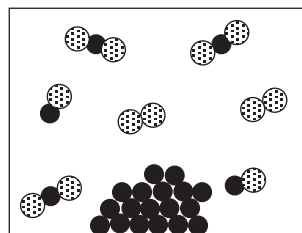
LITE SENARE

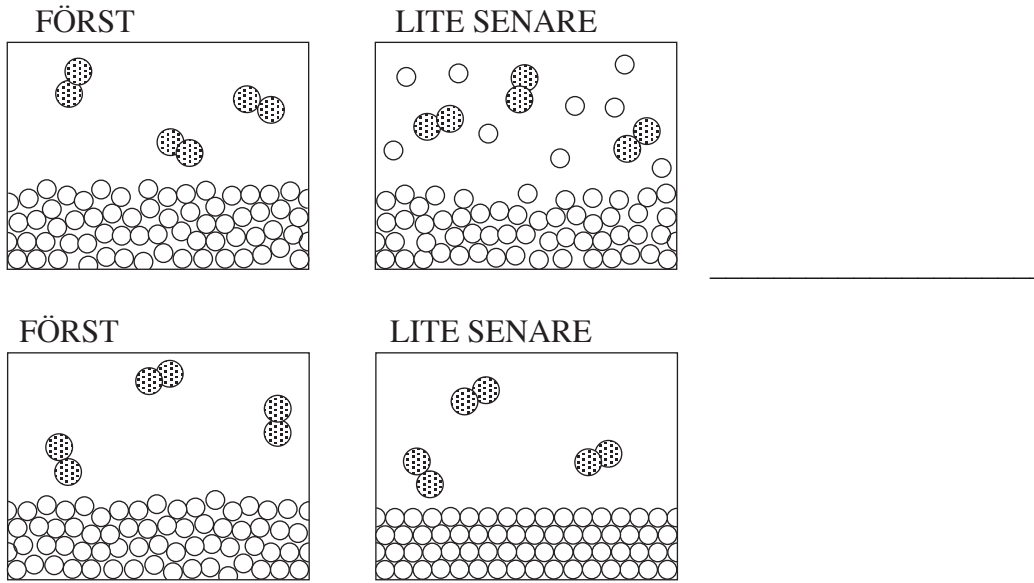


FÖRST



LITE SENARE





Temperatur och energi

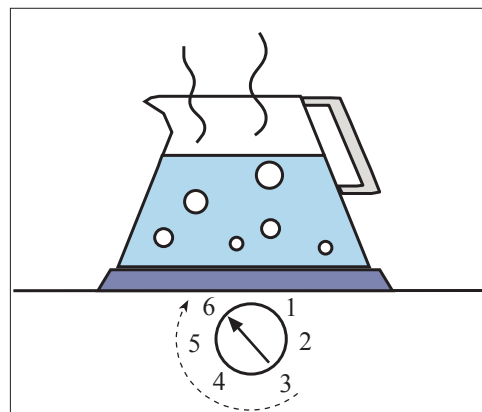
Då man beskriver faser och fasövergångar är temperatur och energi två viktiga begrepp. Fråga 4 och 5 som följer prövar elevernas förståelse av en aspekt av kok- respektive smälttemperatur, nämligen att den är en egenskap som inte beror av i vilken takt man tillför energi. Frågorna har getts till elever i skolår 9 och i gymnasieskolan². Fråga 6 gäller energiöverföring till eller från ett system som genomgår en fasändring, beskriven på atomär nivå. Denna fråga är nykonstruerad.

Fråga 4. Från trean till sexan.

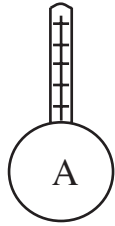
Ett kärl med vatten placeras på en kokplatta, som sätts på trean. Efter en stund börjar vattnet koka. Man mäter då vattnets temperatur. Den är $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Plattan sätts därefter på sexan, som är den högsta inställningen. Vad händer med temperaturen efter det att plattan sätts på sexan?

- den börjar sjunka under $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- den håller sig kvar på $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- den börjar stiga över $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Förklara ditt svar!



Fråga 5. Snöbollarna



snöboll som legat på
marken i 5 minuter



snöboll som kramats
av händer i 5 minuter

En dag är det tö. Det är kramsnö. Snön är våt. Stina, Sven och Pia gör ett experiment med två snöboll (A och B). De sticker in en termometer i varje boll. Efter ett tag visar termometrarna samma temperatur. De kramar snöboll B med sina varma händer under 5 minuter genom att låta den gå runt mellan sig. Boll A får ligga på marken under tiden. Vad observerar de då de avläser termometrarna efter fem minuter? Sätt kryss

Temperaturen i boll B är högre än i boll A

Temperaturen är lika i de båda bollarna

Temperaturen i boll B är lägre än i boll A

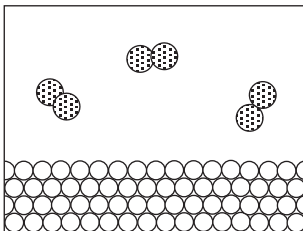
Förklara hur du tänkte!

Fråga 6. Energi till eller från ämnet?

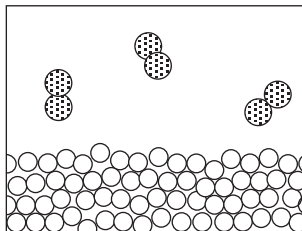
Nedan kan Du se modeller av fyra händelser FÖRE och EFTER förändring. De ofyllda cirklarna avser ÄMNE A. De mönstrade cirklarna avser ett annat ämne.

Vad gäller om ENERGIN i ÄMNE A efter förändring? Välj mellan alternativen A har mottagit energi, A har avgett energi eller A har varken mottagit eller avgett energi. Ange också den fasövergång ('Överg') som respektive bildpar illustrerar.

FÖRST



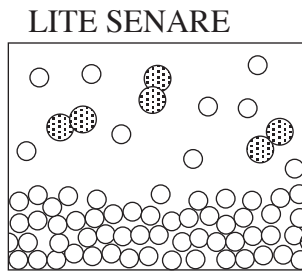
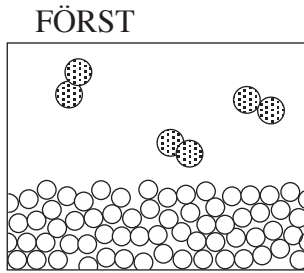
LITE SENARE



Överg: _____

Ämne A har

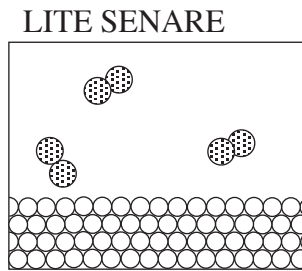
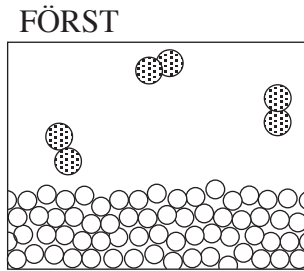
- mottagit energi
- avgett energi
- varken mottagit eller avgett energi
- jag vet ej



Överg: _____

Ämne A har

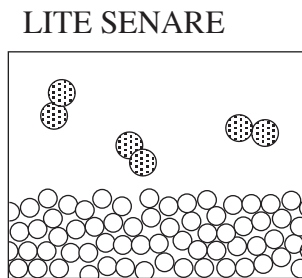
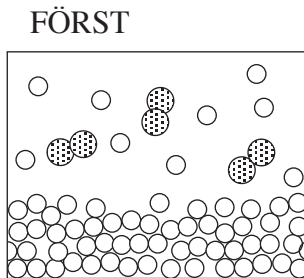
- mottagit energi
- avgett energi
- varken mottagit eller avgett energi
- jag vet ej



Överg: _____

Ämne A har

- mottagit energi
- avgett energi
- varken mottagit eller avgett energi
- jag vet ej



Överg: _____

Ämne A har

- mottagit energi
- avgett energi
- varken mottagit eller avgett energi
- jag vet ej

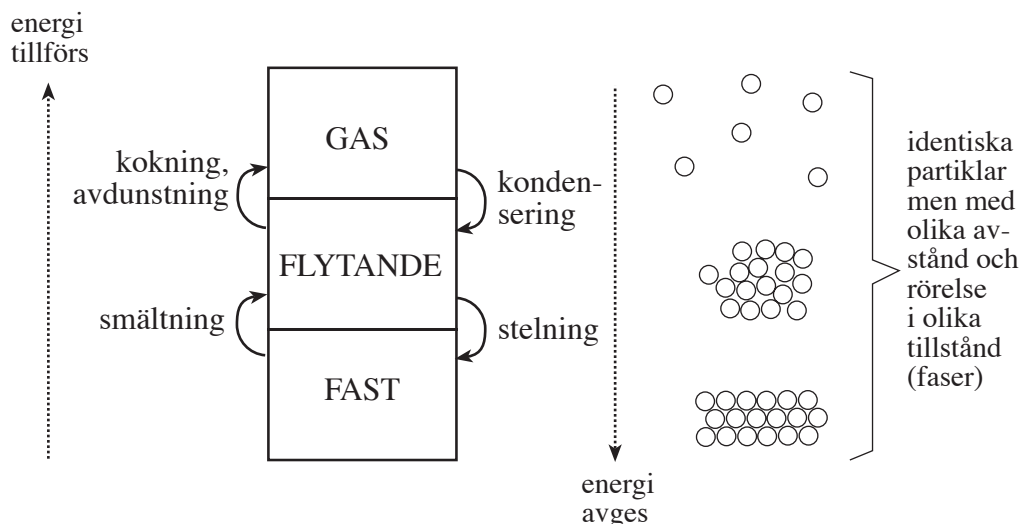
UPPGIFT 1

1. Vad svarar du själv på ovanstående sex frågor?
2. Hur tror du elever i skolår 5 och 9 respektive år 3 i gymnasieskolan svarar?
3. Gör gärna en undersökning med frågor ur Bilaga 1. Sammanställ och reflektera över resultaten.
4. Studera de elevresultat på fråga 1 t.o.m. 5 för åk 9 och gy som redovisas i Bilaga 2. Reflektera över dessa och jämför med egna hypoteser.

SKOLANS UNDERVISNING

En modell för fast, flytande och gasformig fas

Mycket av skolans undervisning om faser och fasövergångar kan sammanfattas i form av figur 1.



Figur 1. Faser och fasövergångar.

Tänk exempelvis på vatten i fast form (is) som mottar energi i form av värme. Temperaturen stiger, men stannar upp vid den s. k. smältpunkten, som är 0 °C. Då smälter isen och övergår till flytande fas, dvs. blir det vi i dagligt tal kallar vatten. Sedan fortsätter temperaturen att stiga. Ju högre den blir, desto mer vatten avdunstar och övergår till gasform, dvs. osynlig vattenånga. Vid +100 °C kokar vattnet, vilket innebär att det förgasas.

Under den tid som is smälter och vattnet kokar är alltså ämnets temperatur konstant. Detta gäller också för andra ämnen³, men smält- och kokpunkt beror av ämnet. Kokpunkten påverkas även av rådande lufttryck, men smältpunkten i ringa grad.

Fasövergångar innebär ingen ändring av det atom- eller molekylslag som ett ämne består av. Såväl is, vatten som vattenånga är uppbyggda av molekylerna H₂O. Det som ändras är molekylernas sätt att röra sig. Om en mängd av ett ämne är given, så påverkas inte dess massa av en fasändring. Man säger att massan bevaras eller 'konserveras'. (Se NORDLAB-workshopen 'Materiens bevarande').

Om energi avgår från vattenånga, så kan den kondenseras till vatten i flytande form. Ett exempel på detta är att det blir vattendroppar utanpå läskedrycksflaskan som tagits fram ur kylskåpet. Om temperaturen på vatten sjunker till 0 °C övergår det till fast fas. Vi säger att det fryser till is.

Men fasövergångar förkommer även vid temperaturer lägre än smältpunkten och vid temperaturer mellan smältpunkt och kokpunkt. Exempelvis torkar tvätt utomhus såväl i stark kyla på vintern som vid sommartemperaturer. Men torkningen går snabbare ju högre temperaturen är. Fasövergång från fast fas till gasfas kallas sublimation men också avdunstning. Fasövergång från gasfas till fast fas kallas kondensation men även sublimation. (Man kan tycka att en bättre term vore desublimation.) Fasövergång vid temperatur mellan smältpunkt och kokpunkt kallas avdunstning respektive kondensation.⁴

Låt oss nu betrakta faser och fasövergångar på atom- och molekylnivå. Vi föreställer oss att ett fast ämne består av miljoners miljoner små runda partiklar (och endast av dessa små runda partiklar). Hur kan dessa sitta ihop så att helheten blir något fast, och inte bara en hög med partiklar som trillar åt alla håll? Om vi antar att partiklarna attraherar varandra kan vi föreställa oss att de kan bilda en stabil struktur. Vi tänker oss dock inte att de är helt stilla, utan vibrerar, men att dessa vibrationer inte är tillräckliga för att övervinna de sammanhållande krafterna så pass mycket att partiklarna rör sig om varandra. Partiklarna sitter på bestämda platser. Deras vibrationer sker omkring ett jämviktsläge.

Om energi tillförs ökar rörelsen så att partiklarna delvis övervinner de sammanhållande krafterna och kan röra sig om varandra (smältning). Men systemet av partiklar håller fortfarande ihop. Vi har en vätska.

Om ytterligare energi tillförs rör sig partiklarna allt fortare i förhållande till varandra för att till slut nå sådan fart att de helt övervinner de sammanhållande krafterna och börjar röra sig helt fritt i förhållande till varandra. Ämnet förgasas (kokar). Till slut rör sig alla partiklar fritt i förhållande till varandra och ämnet är då i gasform.

Beträffande avdunstning sker denna enbart från ytan av den fasta fasen eller vätskan och innebär energiöverföring. Partiklar med högre rörelseenergi än medeltalet lämnar ytan, vilket makroskopiskt innebär en övergång till gasfas. Medeltalet för rörelseenergin av de kvarvarande partiklarna blir lägre vilket medför att temperaturen i den fasta fasen eller vätskan så småningom sjunker.

Kondensation från gasfas till vätska eller till fast fas sker oftast på en yta. Det blir t.ex. dagg på gräset på sommaren och rimfrost på vintern. Vid kondensationen minskar rörelseenergin för partiklarna kraftigt. Avståndet mellan partiklarna minskar och de binds till varandra. Den avgivna energin tas upp av den mottagande ytan vilket medför att temperaturen på denna höjs.

Skolans naturvetenskap och vardagliga händelser

Figur 1 skapar ett sammanhang för många händelser i vår omgivning. Avdunstning – de våta träden torkar efter regnet, den svettiga pannan torkar och känns kall, den våta baddräkten kyler kroppen medan den torkar. Stelning – sjöar fryser, istappar bildas och marken blir tjälad. Smältning – snön övergår i rännilar,

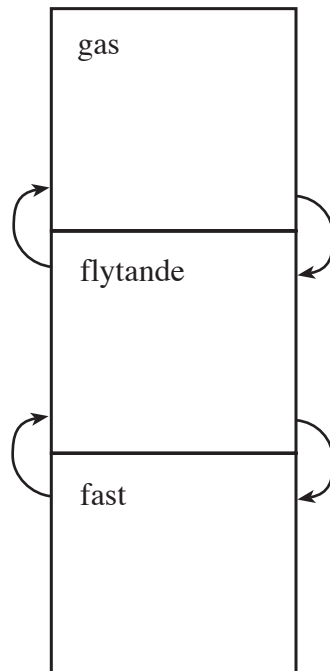
som kan gå samman och bilda en vårflood. Kondensation – det blir dagg i gräset, det bildas dimma och moln. Vatten kokar – i kastrullerna på spisen och i kärnkraftverk på olika håll i världen. Även andra ämnen genomgår fasövergångar. Lösningssmedel avdunstar från lim och lacker. Freon avdunstar eller kokar i gamla kylskåp. Butan avdunstar eller kokar i moderna kyl- och frysskåp och bringas att kondensera och avlämna värme då det trycks ihop. Aluminium och järn smälter och stelnar vid gjutning.

UPPGIFT 2

Vatten i olika faser kan betecknas med ord som is, snö, isis, dimma, dis, dagg, tjäle, hagel, fukt, rimfrost, vattenånga, moln, regn.

En fasövergång kan beskrivas med ord som smälta, torka, avdunsta, förånga, förgasa, koka, sublimera, frysa ner, stelna, gjuta, frystorka, destillera och kondensera. Även begreppet molnbildning beskriver en fasövergång.

1. För in de uppräknade orden på lämplig plats i figuren nedan



2. Är den uppgift du nyss löst lämplig eller ej för elever i skolår 5? I skolår 9? På gymnasiet? Motivera!

UPPGIFT 3

Energiöverföringar kan beskrivas på makronivå med begrepp som energikälla, energimottagare och tecken på energiöverföring. Energiöverföringar kan förklaras på molekylär nivå, bland annat som rörelseenergi, som ökar, som minskar eller som förblir oförändrad.

1. Välj ut ett antal av de fasövergångar, som nämnts ovan och diskutera temperaturen i berörda system samt vilka energiöverföringar som sker. Förklara energiöverföringarna på molekylär nivå!
2. Det är stor skillnad mellan att bada torrbastu och våtbastu. Diskutera skillnaderna i termer av temperatur och energiöverföringar!
3. I en bok om skridskoåkning⁵ anges att om ett isskikt på 1 mm av en insjöis övergår till vattenånga i luften vid torrt nollgradigt väder så kan isen teoretiskt tillväxa på undersidan med inte mindre än 8,5 mm. Förklara detta fenomen!

UPPGIFT 4

1. Mät temperaturen i två koppar hett kaffe. Förutsäg temperaturändringen i de båda kopporna om den ena får stå i rummet och den andra sätts in under kupan i en vakuumpump, som evakueras någon minut. Genomför evakueringen och iaktta förloppet! Stäng av och släpp in luft i kupan till vakuumpumpen. Kan du dricka kaffet direkt? Förklara!
2. Utför själv, eller ge som hemuppgift, följande undersökning. Häll en tesked vatten i en stekpåse, platta ut påsen och slut till den tätt. Lägg in den i en bakugn satt på 150 °C. Hypoteser? Iakttagelser? Förklaringar?

ELEVUPPFATTNINGAR

Fast och flytande fas

Cirka 200 israeliska elever i åldern 5-12 år har fått i uppgift att sortera 30 föremål i grupperna 'fast' och 'flytande'.⁶ Om eleverna ville fick de göra en tredje grupp kallad 'varken fast eller flytande'. Föremålen var hämtade från fem kategorier, nämligen stela kroppar, mjuka och/eller böjbara objekt, pulver samt lätt- och trögflytande vätskor. Nästan alla elever sorterade de lättflytande vätskorna i gruppen 'flytande' och från och med sju års ålder till 85% också de trögflytande. De förklarade sin sortering med utsagor som 'de är våta', 'de är som vatten', 'de går att hålla'. Stela kroppar vållade heller inga problem efter sex års ålder, men mjuka och/eller böjbara sorterades som 'fasta' bara till 50% av 12-åringarna. Allra svårast var pulver. De placerades till cirka 60% i gruppen 'varken fast eller flytande'. Ju större kornstorleken är, desto troligare är det att eleven betraktar ämnet som fast. Det påpekas i undersökningen att om elever inte äger begreppen fast och flytande, eller uppfattar dem annorlunda än den vuxne, så är det fruktlöst att förklara dem på basis av partikelteorin, eftersom dessa elever inte kan förstå det problem som teorin förklarar.

Den gasformiga fasen

De flesta undersökningar som gjorts angående gaser gäller luft. Då man tar del av resultaten bör man hålla i minnet, att elever kanske inte ser luft som exempel på en gas, utan betraktar gas och luft som två skilda saker. Gas kan förknippas med något giftigt, skadligt eller brännbart, t. ex. stridsgas, avgas och campinggas. Luft kan förknippas med andning och liv. Ej heller är alla högstadieelever på det klara med att gas är ett överordnat begrepp till luft, och att luft är en blandning av olika gaser. De säger t. ex. att 'luft är syre och gas' eller att 'syre är sådant man andas, det vill säga luft'⁷.

Luftens existens

Piaget⁸ har i olika skeden av sin verksamhet intresserat sig för barns begrepp om luft. I sina tidiga studier visade han att dåtidens elever i 6-8 årsåldern inte hade något begrepp överhuvudtaget om stillastående luft. Luft existerar bara för barnet när den är i märkbar rörelse.

Kan luft avgränsas?

Kunskap om att luft överhuvudtaget existerar och var den finns är ett första steg mot ett naturvetenskapligt gasbegrepp. En annan viktig insikt är att det går att avgränsa och innesluta en viss gasmängd. Härigenom är det möjligt att förflytta gaser under kontrollerade former, att ta reda på olika egenskaper och att göra jämförelser mellan olika gaser. 600 franska elever, 11-12 år gamla, har fått frågor om detta före undervisning⁹. Cirka hälften ansåg att det var omöjligt att t. ex. flytta lite ren flordaluft till New York, eller att ta luft från ett rum till ett annat. Ett argument som framfördes under intervjuerna var att 'luft är en enda sak, en enda massa.'

Är gaser materiella?

Luft är materia. Den har massa och tyngd. För att testa de nyss nämnda franska elevernas förståelse av detta fick de en papper- och pennafråga om en fotboll som pumpades upp lite grand och placerades på en våg, vilken gjorde ett visst utslag. Därefter pumpades bollen upp så att den blev hård, för att ånyo placeras på vågen. Eleverna ombads förutsäga om vågutslaget nu skulle bli detsamma, eller större eller mindre. 45% ansåg att bollen blivit tyngre. 16% menade att utslaget inte skulle ändras, därför att luft inte väger något eller för att luft inte går att väga. 25% tänkte att bollen blev lättare, i allmänhet med motiveringen att den nu studsade bättre.

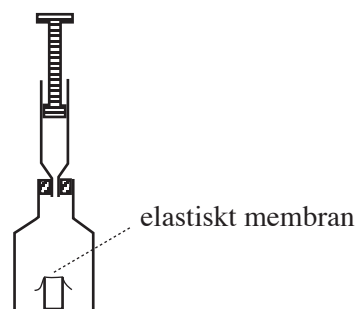
Att skilja på massa och volym

För att förstå undervisningen om gasers egenskaper är det viktigt att eleven kan skilja på materiemängd och volym. (Ordet 'materiemängd' refererar till ett intuitivare begrepp än massa.) Cirka hälften eller mer av de nämnda franska eleverna¹⁰ kunde göra detta i olika situationer, t. ex. när luften i en plastspruta trycks ihop. De menade bland annat att eftersom inget kom ut eller in, så var det lika mycket luft som förut. Andra ansåg att om utrymmet minskade, så borde också luftmängden bli mindre.

Kan luft utöva krafter på angränsande föremål?

En stillastående gasmängd utövar krafter på objekt som den är i kontakt med, t. ex. väggar i kärl och vätskeytor. Men många elever tänker sig att en gasmängd utövar krafter bara när den är i rörelse, t. ex. vind. Cirka 20 franska elever i åldern 12-13 år fick en blodtrycksmätare anbringad runt överarmen¹¹. Så länge manschetten pumpades upp ansåg de att luften tryckte på armen, men då testaren upphörde pumpa upphörde trycket – enligt samtliga elever. Manscheten satt förvisso åt, men luften tryckte inte enligt eleverna.

Ett annat experiment gjordes med systemet i figur 2. Elever i 12-årsåldern förutsäger att då kolven skjuts in, strömmar luften i sprutan ner i flaskan och påverkar membranet så att det buktar in i den lilla kapseln som det sitter på. Men en del hävdar, att då kolven är helt inskjuten är det inte längre någon luft som strömmar, varför membranet intar sitt utgångsläge. (I själva verket kvarstår inbuktningen därför att gstrycket ökat.) Om kapseln är upp och ned och kolven skjuts in, så förutsäger de flesta elever att membranet inte påverkas, vilket också strider mot vad som faktiskt händer.



Figur 2. Vad händer med membranet då kolven skjuts in och varför?

Också här kan partikelteorin vara till hjälp att förstå. Efter insprutningen är det fler molekyler i flaskan. Det betyder att fler molekyler bombarderar membranet från utsidan än från insidan, vilket gör att det håller sig inbuktat efter luftinsprutningen,

och eftersom molekylerna rör sig åt alla håll spelar det ingen roll om kapseln ligger eller står upp.

Fasändringar

Ett antal undersökningar har gjorts om hur elever svarar på frågor om materiens fasändringar (tillståndsändringar). Följande kategorier framstår som gemensamma för svaren på många uppgifter:

- A. Förflyttning. Ett ämne ändras inte, det bara förflyttas
- B. Modifiering. Ett ämne behåller sin identitet, men dess egenskaper modifieras
- C. Transmutering. Kategorin innefattar transformationer som enligt naturvetenskapen är omöjliga, t. ex. att betydande mängder materia försvinner.
- D. Kemisk reaktion. Fasändringar förklaras som kemiska reaktioner.

Ordet 'ämne' bör i ovanstående kategoriindelning läsas som 'det som för naturvetaren är ett ämne'. Hur eleverna uppfattar 'ämnet' i den aktuella situationen kan vara oklart.

Förflyttning

I en israelisk intervjustudie¹² fick elever i åldern 5 - 11 år följande problem: 'Någon har spillt vatten på golvet. Efter ett tag är golvet torrt. Vad har hänt med vattnet? Vart har det tagit vägen?' Ett vanligt svar i 7-8 års ålder är att vattnet har trängt ned i golvet, dvs. ämnet vatten bevaras och förflyttas ner i golvet.

I en undersökning på Nya Zeeland¹³ intervjuades elever i åldern 8-17 år om bl. a. kokande vatten, som de först iakttog och beskrev. De fick sedan frågan 'Vad består bubblorna av?' följt av 'Hur bildas bubblorna?' En del av eleverna anser att det är luft i bubblorna och att denna kommer utifrån, t. ex.: – *När vattnet kommer upp till ytan kyls det ned och vill sjunka, och då kanske det fångar in luft* (16 år). Med andra ord kan man säga att luften enligt dessa elever finns i rummet och förflyttas till vattnet för att sedan utgöra innehållet i bubblorna.

Modifiering

I den ovan nämnda israeliska studien var det vanligt att elever i 11-årsåldern förklarade vattnets försvinnande med att det omvandlats till ånga, som består av små osynliga partiklar. Det är alltså fråga om en modifiering, som för övrigt är den naturvetenskapligt korrekta kategorin när det gäller fasändringar.

Transmutering

Det var vanligt att de yngsta eleverna i den israeliska undersökningen svarade att vattnet som spillts ut på golvet försvinner. I studien från Nya Zeeland svarade eleverna ganska ofta att vattnet vid kokning omvandlas till luft, t. ex.: – *Värmen gör att vattnet övergår till luft*. Båda svaren kan tolkas som tecken på en trasmuteringsidé. Men övergå till luft kan också vara ett försök att uttrycka att

ämnet övergår till gasform. Även ordet försvinna kan tolkas på olika sätt. Betyder det upphöra att existera eller inte längre vara synlig?

Kemisk reaktion

En del elever från Nya Zeeland, som i skolan lärt sig om kemiska reaktioner och hur vattenmolekylen är uppbyggd, svarade att kokbubblorna består av väte och syre, och förklarade det som händer så här: – *Syre- och väteatomerna stiger upp ur vattnet... – Var och en för sig? – Ja, var och en för sig, och när de stöter på någonting så liksom förenar de sig och bildar små vattendroppar.*

I jämförelse med övergången vatten - ånga svarar eleverna betydligt bättre på frågor om övergången is - vatten. Nästan alla elever i den nyzeeländska undersökningen angav t. ex. att det bildas vatten då is smälter.

Kommentarer

Troligtvis bestäms detaljerna i svaren på olika testproblemen av hur en given testuppgift växelverkar med elevens erfarenheter och kunnande. Associationer och analogibildningar spelar förmodligen en roll. Då eleven ser fukt utanpå en burk med is kanske han tänker på läckande kärl, t. ex. en vattentunna eller en sprucken kaffekopp, och drar en parallell. En annan elev kanske tänker på en kall och fuktig källare och tror att kyla och fukt är samma sak, eller att kyla skapar, eller omvandlas till, fukt. I ett annat sammanhang hävdar eleven att värme omvandlas till ånga. Tanken kanske har uppstått i en tvättstuga eller en bastu, där det är varmt och fuktigt. För den som inte har begrepp om skillnaden mellan materiellt och immateriellt kan det ligga nära till hands att tro, att värme omvandlas till vattenånga.

Temperatur

Undersökningar visar att majoriteten elever i 10-13-årsåldern före undervisning inte känner till att temperaturen är konstant när is smälter och när vatten kokar. Kokning förknippas med att stora bubblor bildas men inte med en viss bestämd temperatur¹⁴.

Elever (10-13 år), som får tillfälle att observera en termometer i vatten som värms upp, kan bli förvånade över att termometervätskan stiger och stiger, i synnerhet om vattenmängden är så liten att det går fort. Då stigningen upphört på grund av kokning förklarar eleverna detta med att vattnet inte kan bli varmare¹⁵.

I skolan brukar man framhålla faktorer som påverkar smältpunkt och kokpunkt, nämligen ämne och lufttryck. Däremot brukar man inte diskutera och demonstrera att smält- och kokpunkt är oberoende av ämnesmängd, hur länge och på vilket sätt man värmer, och i vilken takt energitillförseln sker. För läraren kan det framstå som poänglöst att ägna tid åt variabler som inte påverkar ett förlopp. Men olika undersökningsresultat motiverar att sådana också tas upp. Exempelvis anser åtskilliga svenska högstadieelever i åk 9 att temperaturen på vatten som kokar på

'3:an' stiger om man höjer till '6:an'¹⁶ och att en stor hög smältande is är kallare än en liten hög smältande is¹⁷.

Vad svarar elever i lägre åldrar?

I en australiensisk undersökning¹⁸ har man använt en kombination av tio konkreta experimentella situationer, gruppdiskussioner och intervjuer för att mer i detalj kartlägga vad 27 elever i 6-7-årsåldern och lika många i 11-12-årsåldern har för uppfattningar om avdunstning, kondensation, kokning och smältning. För varje grupp om 4-8 elever valdes fyra aktiviteter av följande:

1. Observera vatten koka i en kastrull
2. Observera ett handavtryck på en pappershandduk gradvis avdunsta
3. Öppna en flaska med eukalyptusolja
4. Tänka på kläder, som torkar på en klädlina
5. Tänka på vattenpölar, som torkar på skolgården
6. Tänka på vattennivån, som sjunker i ett akvarium med fisk
7. Andas på en kall spegel
8. Observera kondensation utanpå en burk innehållande is
9. Observera is, som bildas på en spegel, som tas ut från frysen
10. Smälta olika ämnen

Det visar sig att för 6-7-åringarna är ord som ånga, luft, imma, dimma och gas tämligen utbytbara medan 11-12-åringarna använder orden mer preciserat. Svaren är genomgående starkt bundna till den konkreta situationen. Utsagorna visar stor variation och har kategoriserats på följande sätt:

1. Det bara blir så. Här finns svar på basis av beskrivningar som '*pölen torkade i solen*' eller '*bubblor kommer upp*' eller '*ånga kommer upp*'. Här finns också enkla påståenden som '*därför att det finns is*'.

2. Associationer. Kan t.ex. vara associationer mellan kyla och fukt eller associationer till lukt, som fyller ett rum eller anekdoter om andra fenomen. Burken med is förklaras av en elev med '*Vattnet avdunstade genom den och fukten på utsidan blev våt och bildade vatten*'.

3. Förflyttning lokalt. Vätska flyttas men ändrar inte fas utan droppar ner på marken, sjunker in i marken, sjunker in i kläderna eller går genom väggen på burken. En elev förklarar torkningen av kläderna med '*Det droppar ner. Vatten droppar. Det är verkligen vatten på utsidan, det är vått och det droppar ner men resten stannar i kläderna utom att det torkar bort*'.

4. Förflyttning med anknytning till vattencykeln. Vatten går *upp* i himlen eller solen eller molnen. En elev förklarar handavtryckets försvinnande med '*det betyder att det går upp i himlen och går upp i molnen och används igen när det är vatten*'.

5. Enbart ord. Exempelvis 'avdunstning' eller 'kondensation' utan förklaring.

6. In eller ut ur luft. Vatten går *in i* eller *kommer från* luften eller atmosfären. Svaren är här mer lokalt bestämda än i vattencykelsvaren. En elev förklarar vattenpölens torkning med '*Ibland ser man en sorts dimma komma upp från vattenpölna och sen går den bara upp i luften eller ibland så bara torkar dom*'.

7. Fasändring. Vatten förändras från en form till en annan, vilken kan vara synlig som dimma eller imma eller osynlig som luft eller gas. En elev förklarar '*Vattnet i akvariet, pölna på skolgården, tvätten som hänger ute för att torka, var samma allihop ... för att solen liksom avdunstade all vätan i kläderna. Pölna på skolgården försvann därför att vattnet avdunstade upp till luften och vattnet i akvariet sjönk för att det avdunstade*'.

Tabell 1. Procentuell fördelning av elevsvar på förklaringskategorier; avdunstnings- respektive kondensationsaktiviteter (vattenkokning ingår ej).

Förklaringskategori	Avdunstnings- aktiviteter		Kondensations- aktiviteter	
	6/7 år n= 82	11/12 år n= 119	6/7 år n=35	11/12 år n=73
1. Det bara blir så	11	10	11	1
2. Associationer	32	21	46	52
3. Förflyttning lokalt	6	8	37	21
4. Förflyttning, vattencykeln	24	19	0	0
5. Enbart ord	12	4	0	0
6. In i el. ut ur luft	10	13	3	3
7. Fasändring	5	25	3	23

Eleverna konstruerar i en rik provkarta på associationer som att varmt och kallt reagerar för att bilda dimma, ånga rör sig genom ett kärles väggar och visar sig som fukt, i kokbubblorna finns det luft, fukt associeras med kyla. Alla dessa förklaringar visar att eleverna är osäkra på principen om materias bevarande vid fasändringar.

Idéer om vattenutbyte med luften (kategori 6 och 7) vid avdunstning respektive kondensation ökar från 15% respektive 6% vid 6/7 år till 38% respektive 26% vid 11-12 år. Avdunstning framstår som ett mer välbekant fenomen än kondensation. Formell undervisning om fenomenen som frågorna gäller, ingår inte i kursplanerna.

Det är en avsevärd överlappning mellan begrepp, som används av 6-7-åringar och 11-12-åringar. Skillnaderna sammanfattas av att de äldre eleverna klarare skiljer mellan materia, egenskaper och värme och har bättre kunskaper inom området

(t.ex. om ånga, lukt, temperatur, vattencykeln). De äldre eleverna har också en säkrare förståelse av hur man kan använda undersökningsresultat för att testa hypoteser och hur trolig en förklaring är. De har även större tillgång till ett adekvat språk för fenomenen.

Författaren till den australiensiska undersökningen hävdar att eleverna, för att komma till en sammanhängande syn på avdunstning och kondensation, behöver ha tillgång till adekvata begrepp gällande luft och gaser. De behöver även ha en modell som kan förklara hur en vätska kan ändras till en gas och hur denna gas kan existera i luften.

UPPGIFT 5

1. Diskutera indelningen i fast och flytande utgående från följande lista: Isbit, vetemjöl, tyg, vatten, bomullstuss, kakaopulver, olivolja, chokladkaka, sand, dricksglas, modeller, ättika, aluminiumfolie, T-sprit, strösocker, femtioöring, sirap. Vad är problematiskt? Varför?

2. Hur vill du själv beskriva en flytande fas?

3. Intervjua elever om fast eller flytande fas genom att t.ex. utgå från listan ovan. Eleverna får sortera föremålen i grupperna 'fast' och 'flytande' och motivera sin sortering. Eventuellt kan du införa en tredje grupp, kallad 'varken fast eller flytande'.

4. Vid besök ute i en skola träffade vi en lärare, som uppgivet sa: Nu har jag låtit alla mina tre paralleller koka vatten och mäta temperaturen och eleverna kom i medeltal fram till att vatten kokar vid 97 °C. Vad kan det bero på att vi inte får 100 °C? Vilka svar och vilka råd skulle du vilja ge till läraren?

5. I kursplaner för grundskolan, SKOLFS 2000:135, anges mål som eleverna skall ha uppnått i slutet av femte skolåret:

- ha kunskap om begreppen fast och flytande form, gasform samt kokning, avdunstning, kondensering och stelning
- ha egen erfarenhet av att på ett säkert sätt experimentera med vardagliga kemiska produkter

Vad kan det finnas för skäl till att dessa mål finns med i kursplanerna?

MÅL FÖR UNDERVISNING OM FASER OCH FASÖVERGÅNGAR

Begrepp om faser, fasövergångar, ämnen och reaktioner hjälper till att göra viktiga och vanliga fenomen i vår omgivning begripliga. Men en rad aspekter av dessa begrepp är som vi sett problematiska för eleverna. Här följer vårt förslag till målformulering för faser och fasövergångar för elever i grundskolan, som beaktar både kursplaner och elevernas föreställningsvärld.¹⁹

1. Förstå egenskaper hos fasta, flytande och gasformiga ämnen

Inte minst gasers egenskaper är viktiga. Det gäller att förstå att gaser, ehuru ofta osynliga och luktlösa, existerar, tar plats, har massa och tyngd, kan insamlas i slutna kärl och fördelar sig jämnt i en given volym. Andra egenskaper är att de utövar krafter på angränsande ytor och går att pressa ihop samt att massan bevaras vid ändringar av volym, temperatur och tryck. Gasmängder i kontakt med varandra blandas, och en icke innesluten gasmängd sprids ut.

2. Kunna beskriva den sekvens av fasändringar, inklusive temperaturändringar, som sker då energi tillförs eller avgår.

De begrepp som ryms i detta mål kan sammanfattas i form av den tidigare diskuterade figur 1.

I mål 2 ingår också att känna till att kokpunkt beror av ämne och lufttryck, och att smältpunkt beror av ämne, men att varken kokpunkt eller smältpunkt beror av andra faktorer, t.ex. tillförd effekt.

3. Förstå att för ett givet system av ett ämne, så bevaras massa och ämne vid fasändringar fastän energi flödar in eller ut ur systemet

4. Kunna identifiera och förklara fasövergångar i omvärlden

I detta mål ingår t.ex. kunnande om molnbildning, isbildning, tjälning, bildning av rimfrost, våta ytor som torkar, kalla ytor som blir fuktiga, lösningsmedel som avdunstar mm.

5. Kunna redogöra för, och som förklaring och förutsägelse våga sig på att använda, en kvalitativ partikelmodell för de olika faserna och fasövergångarna. En sådan modell innefattar även energiöverföringar.

Modellen kan t.ex. formuleras på detta sätt:

– Ett ämne består av mycket, mycket små partiklar (molekyler/atomer). Mellan partiklarna finns ingenting (vakuum).

– Partiklarna är materia. De har massa och tyngd fast de är mycket små.

- Partiklarna attraherar varandra på små avstånd och repellerar varandra om de trycks ihop.
- Partiklarna befinner sig i ständig rörelse
- I fasta fasen (tillståndet) är partiklarna relativt tätt packade, har givna platser, vibrerar kring sina jämviktsslägen men är starkt bundna till sina närmaste grannar. Om energi tillförs så ökar vibrationerna, vilket märks på att temperaturen i systemet stiger.
- I flytande fasen (tillståndet) är partiklarna relativt tätt packade. De kan glida över varandra och är ej så starkt bundna till varandra som i fasta fasen. De rör sig om varandra, och om energi tillförs så ökar deras medelhastighet, vilket märks på att temperaturen i systemet stiger.
- I gasformiga fasen (tillståndet) är partiklarna i medeltal ganska långt ifrån varandra (i förhållande till sin storlek). Avståndet är vid atmosfärstryck c:a 10 gånger så stort som i fasta eller flytande fasen. Det innebär att volymen är c:a 1000 gånger större än för samma ämne i fasta eller flytande fasen. Varje partikel rör sig med hög hastighet i en rak linje tills den kolliderar med en annan partikel. Då ändrar den riktning och fart. Farten varierar därför, men är i genomsnitt hög (500 m/s).
- De partiklar som tillsammans utgör en gasmängd rör sig åt alla möjliga håll, oberoende av varandra.
- Om en gas värms, så ökar partiklarnas fart. Om den kyls så minskar farten.

UPPGIFT 6

Vad av det som anges i målen ovan anser du kan uppnås i skolår 5? I skolår 9?
På gymnasiet?

Diskutera olika möjligheter att nå målen!

Granska läromedel för aktuella skolår och undersök på vilket sätt de hjälper dig att undervisa och eleven att uppnå målen.

UPPGIFT 7

Genomför experimentet angående kokning av vatten enligt de instruktioner som ges i bilaga 3. Diskutera användbarheten av detta i olika åldrar.

NOTER

1. Andersson, Emanuelsson & Zetterqvist (1993) och Jansson (1994).
2. Andersson, Bach & Zetterqvist (1997) och Gilderson & Nordqvist (1997).
3. Den konstanta temperaturen vid smältning och kokning används av kemister för att karakterisera ett *rent ämne* dvs. ett ämne fritt från föroreningar. För resonemang om *Ämnen* se NORDLAB-workshop ÄMNEN
4. Se Nationalencyklopedin: Avdunstning: Band 2 s. 148; Kondensation: Band 11, s. 229; Sublimation: Band 17 s. 392. Ordet sublimation används främst inom meteorologin.
5. Gezelius (1996 s. 55).
6. Stavy & Stachel (1985).
7. Andersson & Renström (1981).
8. Piaget (1930, 1974).
9. Séré (1986).
10. Ibid.
11. Séré (1985).
12. Bar (1987).
13. Osborne & Cosgrove (1983).
14. Tiberghien (1985 s. 67-68).
15. Ibid.
16. Andersson & Renström (1981).
17. Andersson & Renström (1979) och Andersson (1979).
18. Tytler (2000).
19. De mål som anges här fokuserar begreppsförståelse. I en fullständig målbeskrivning ingår också andra aspekter, t.ex.. experimentella färdigheter, attityder, kunnande om historisk utveckling mm.

REFERENSER

- Andersson, B. (1979). *Temperatur och värme: Smältning*. (EKNA-rapport nr 4.) Göteborg: Göteborgs universitet, Inst för praktisk pedagogik.
- Andersson, B., & Renström, L. (1979). *Temperatur och värme: Kokning*. (EKNA-rapport nr 3.) Göteborg: Göteborgs universitet, Inst för praktisk pedagogik.
- Andersson, B., & Renström, L. (1981). *Materia: Oxidation av stålull*. (EKNA-rapport nr 7.) Göteborg: Göteborgs universitet, Inst för praktisk pedagogik.
- Andersson, B., Bach, F., & Zetterqvist, A. (1997). *Nationell utvärdering 95 - åk 9. Temperatur och värme*. (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 18). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.

- Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993). *Nationell utvärdering åk 9. Vad kan eleverna om materia?* (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 5). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Bar, V. (1987). The development of the concept of evaporation. Submitted for publication to the *Journal of Research in Science Teaching*.
- Gezelius, R. (1996). *Långfärdsåkning på skridskor* (3:e rev. upplagan) ISBN 91-32-32111-2, Wahlströms.
- Gilderson, G.J., & Nordqvist, O. (1997). *Gymnasieelevers kunskaper om temperatur och värme*. (Pedagogiskt/didaktiskt examensarbete inom ämneslärarutbildningen, ÄPP 40, 1997: Å23). Göteborgs Universitet: Institutionen för ämnesdidaktik, Box 300, SE 405 30 Göteborg.
- Jansson, I. (1994). *Gymnasieelevers kunskaper om materia . En pilotstudie angående de teoretiska linjerna i ljuset av nationella resultat från årskurs 9*. (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 11). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Jansson, I. (1996). Vad kan gymnasieskolans elever om gaser, fasövergångar och massans bevarande vid fysikaliska eller kemiska förändringar? Vilka åtgärder kan vidtas? I O. Eskilsson & G. Helldén (Red.), *Naturvetenskapen i skolan inför 2000-talet*. Kristianstad: Fagus, Högskolan i Kristianstad.
- Osborne, R.J., & Cosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of the state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 825-838.
- Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1974). *Understanding causality*. New York: Norton.
- Séré, M.G. (1985). The gaseous state. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 105-123). Milton Keynes: Open University Press..
- Séré, M.G. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8, 413-425.
- Stavy, R., & Stachel, D. (1985). Children's ideas about 'solid' and 'liquid'. *European Journal of Science Education*, 7, 407-421.
- Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature, Part B: The development of ideas with teaching. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 67-84). Milton Keynes: Open University Press.
- Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22, 447-467.

BILAGA 1

FÖRSLAG TILL TESTUPPGIFTER OM FAST, FLYTANDE OCH GASFORMIGT TILLSTÅND

Fråga 1. Fast, flytande eller gasformigt?

I skolan får du lära dig om vatten och att vatten kan frysa till is. Vatten och is är samma ämne, men i olika form. Man talar om vatten i flytande form och i fast form. Vatten kan även förångas och finnas som gas.

Vad är en snöflinga?

- Är det vatten i flytande form?
- Är det vatten i fast form?
- Är det vatten som gas?
- Är det ett annat ämne än vatten

Sätt kryss på rätt ställe i tabellen! Fortsätt med frågan om imma och så vidare!

	vatten i flytande form	vatten i fast form	vatten som gas	ett annat ämne än vatten
Vad är en <u>snöflinga</u> ?				
Vad är <u>imma</u> , på en spegel?				
Vad är <u>hagel</u> ?				
Vad är ett <u>moln</u> på himlen?				
Vad är <u>rimfrost</u> ?				
Vad är <u>dagg</u> i gräset?				
Vad är en <u>bubbla</u> i kokande vatten?				

Fråga 2. Vilken fasövergång är det?

I den vänstra spalten nedan är sex olika händelser beskrivna. I den högra spalten skall du, för varje händelse, skriva ett av orden smältning, avdunstning, kokning, kondensering eller stelning. Det gäller att välja det ord som passar bäst in.

Vatten fräser i en het stekpanna

Det blir is på sjön

Den regnvåta asfalten torkar

Det bildas en klar vätska runt
veken i ljuset som brinner

Det blir droppar på saftflaskan
efter det att den tagits ut ur kylan

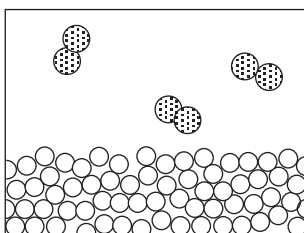
Den förut blöta handduken känns nu torr

Fråga 3. Vad visar partikelbilderna?

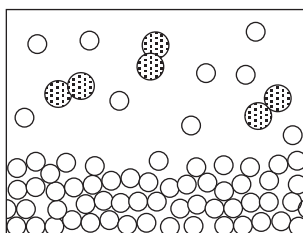
Nedan kan Du se hur några mycket små områden (4st) ser ut FÖRST och LITE SENARE. Ofyllda cirklar betecknar atomer av ett slag, fyllda cirklar betecknar atomer av ett annat slag, mönstrade cirklar atomer av ett tredje slag. Du lägger märke till att det hänt saker i varje område. Frågan är vad.

Skriv bredvid varje bildpar vad som hänt. Välj bland orden kemisk reaktion, lösning, avdunstning, smältning, stelning och kondensation.

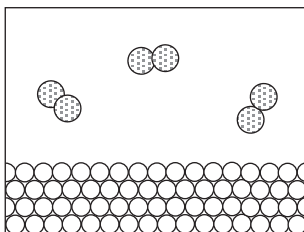
FÖRST



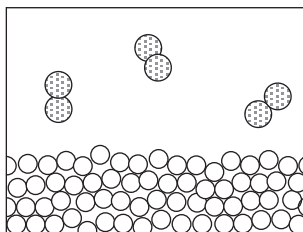
LITE SENARE



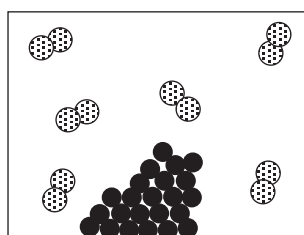
FÖRST



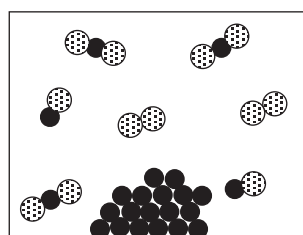
LITE SENARE



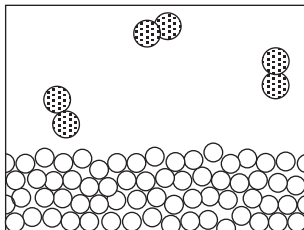
FÖRST



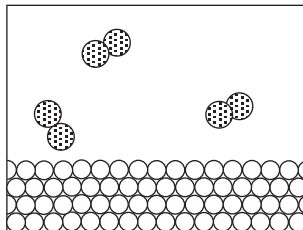
LITE SENARE



FÖRST



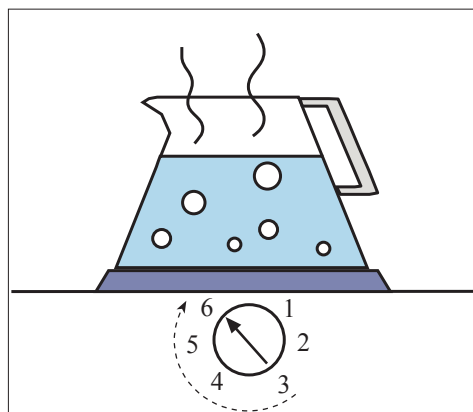
LITE SENARE



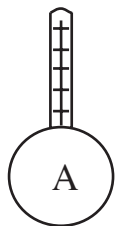
Fråga 4. Från trean till sexan.

Ett kärl med vatten placeras på en kokplatta, som sätts på trean. Efter en stund börjar vattnet koka. Man mäter då vattnets temperatur. Den är $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Plattan sätts därefter på sexan, som är den högsta inställningen. Vad händer med temperaturen efter det att plattan sätts på sexan?

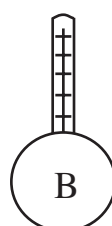
- den börjar sjunka under $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- den håller sig kvar på $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- den börjar stiga över $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$



Förklara ditt svar!

Fråga 5. Snöbollarna

snöboll som legat på
marken i 5 minuter



snöboll som kramats
av händer i 5 minuter

En dag är det tö. Det är kramsnö. Snön är våt. Stina, Sven och Pia gör ett experiment med två snöboll (A och B). De sticker in en termometer i varje boll. Efter ett tag visar termometrarna samma temperatur. De kramar snöboll B med sina varma händer under 5 minuter genom att låta den gå runt mellan sig. Boll A får ligga på marken under tiden. Vad observerar de då de avläser termometrarna efter fem minuter? Sätt kryss!

- Temperaturen i boll B är högre än i boll A
- Temperaturen är lika i de båda bollarna
- Temperaturen i boll B är lägre än i boll A

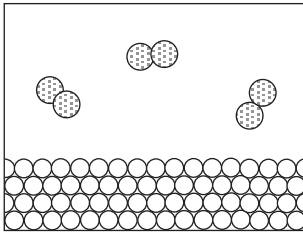
Förklara ditt svar!

Fråga 6. Energi till eller från ämnet?

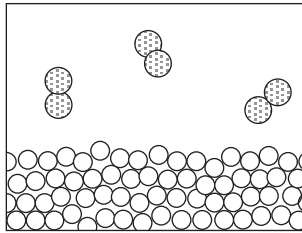
Nedan kan Du se modeller av fyra händelser FÖRE och EFTER förändring. De ofyllda cirklarna gäller ÄMNE A. De mönstrade cirklarna gäller ett annat ämne.

Vad gäller om ENERGIN i ÄMNE A efter förändring? Välj mellan alternativen A har mottagit energi, A har avgett energi eller A har varken mottagit eller avgett energi. Ange också den fasövergång ('Överg') som respektive bildpar illustrerar.

FÖRST



LITE SENARE

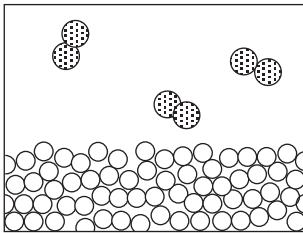


Överg: _____

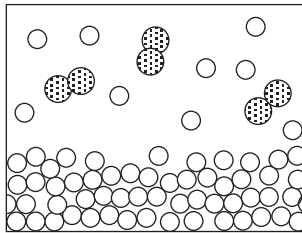
Ämne A har

- mottagit energi
- avgett energi
- varken mottagit eller avgett energi
- jag vet ej

FÖRST



LITE SENARE

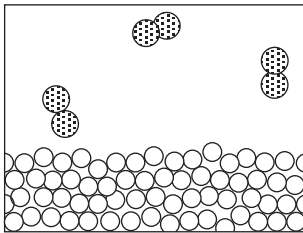


Överg: _____

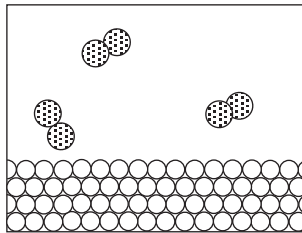
Ämne A har

- mottagit energi
- avgett energi
- varken mottagit eller avgett energi
- jag vet ej

FÖRST



LITE SENARE

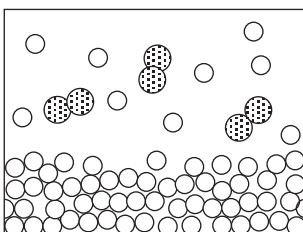


Överg: _____

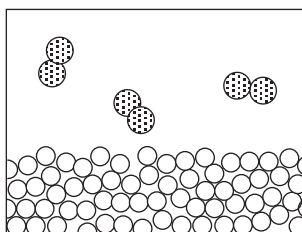
Ämne A har

- mottagit energi
- avgett energi
- varken mottagit eller avgett energi
- jag vet ej

FÖRST



LITE SENARE



Överg: _____

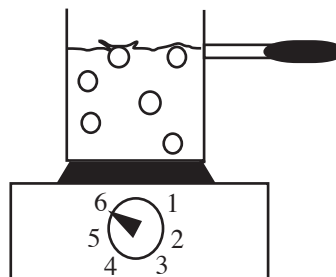
Ämne A har

- mottagit energi
- avgett energi
- varken mottagit eller avgett energi
- jag vet ej

Fråga 7. Vad innehåller kokbubblorna?

Vattnet i en kastrull på spisen kokar. Man ser då att stora bubblor stiger upp genom vattnet till ytan, där de spricker. Vad innehåller dessa bubblor? Sätt ett kryss

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> luft | <input type="checkbox"/> koldioxid |
| <input type="checkbox"/> syre | <input type="checkbox"/> väte |
| <input type="checkbox"/> vattenånga | |

**Fråga 8. Målarfärgen**

En burk målarfärg står på en hylla. Om man tar av locket på burken kan man efter ett tag känna en lukt av målarfärg. Vilket av följande alternativ beskriver bäst vad som händer? Sätt ett kryss

- Molekyler från målarfärgen sprider sig åt alla håll från burken. Då de tränger in i näsan kan man känna en lukt
- En lukt sprider sig åt alla håll från målarfärgen, men inga molekyler lämnar burken. Näsan kan känna lukten.
- Ångor sprider sig åt alla håll från målarfärgen, men inga molekyler lämnar burken. Näsan kan känna lukten.
- Molekyler från målarfärgen sprider sig åt alla håll från burken. Från molekylerna strömmar en lukt ut. När molekylerna är nära näsan kan man känna denna lukt.

BILAGA 2

RESULTAT PÅ ELEVUPPGIFTER¹**Fråga 1. Vilken fasövergång är det?**

Tabell 1. Andel elever (%), som avgett godkänt svar på de olika delfrågorna.

Alternativ	åk 9 NT-val (604)	N2+N3 (188)	T2+T3 (183)	åk 9 annat val (2107)	E3+H3+S3 (175)
Vatten fräser: Avdunstning/kokning	85	89	86	84	82
Det blir is på sjön: Stelning	92	96	96	90	87
Våta asfalten torkar: Avdunstning	84	91	89	76	73
Vätska runt vecken: Smältning	77	83	76	67	62
Alla rätt	52	60	56	38	26

Fråga 2. Vad innehåller kokbubblorna?

Tabell 2. Fördelning av elevsvar på olika alternativ (%).

Alternativ	åk 9 NT-val (604)	N2+N3 (188)	T2+T3 (183)	åk 9 annat val (2107)	E3+H3+S3 (175)
Luft	16	14	20	21	24
Syre	44	27	26	37	36
Vattenånga	28	50	48	30	23
Koldioxid	6	4	0	6	7
Väte	4	2	2	4	7
Ej besvarat/övrigt	3	2	3	3	4

Fråga 3. Vad visar partikelbilderna?

Tabell 3. Andel elever (%), som avgett godkänt svar på de olika delfrågorna.

Alternativ	åk 9 NT-val (632)	N2+N3 (188)	T2+T3 (183)	åk 9 annat val (2190)	E3+H3+S3 (175)
Bildpar 1: Smältning	62	84	79	40	29
Bildpar 2: Kemisk reaktion	73	80	78	55	46
Bildpar 3: Avdunstning	55	63	58	42	35
Bildpar 4: Stelning	84	95	89	74	72
Alla rätt	37	49	44	17	11

¹ Källa till tabell 1 tom. 3: Andersson, Emanuelsson & Zetterqvist (1993) och Jansson (1994).
Källa till tabell 4 och 5: Andersson, Bach & Zetterqvist (1997) och Gilderson & Nordqvist (1997).

Fråga 4. Från trean till sexan

Tabell 4. Fördelning av elevsvar (%) på olika svars kategorier

KATE-GORI	EXEMPEL	åk 9 (675)	Gy N (112)	Gy S (66)
Temp. sjunker	– Det börjar ånga. Då sjunker temperaturen	3	1	6
Temp. lika	– Det blir inte varmare på sexan, bara varmt fortare – Det kan ju inte bli varmare. – När vatten går över 100 gr ångar det bort. – Kokande vatten har temperaturen +100 gr C. – Kokpunkten är den högsta värmepunkten. – Temperaturen höjs inte, utan värmen används i stället för att få vattnet att avdunsta.	62	92	62
Temp. stiger	– Desto mer värme från plattan desto varmare blir vattnet – Det är ju varmast på 6an, då är det varmare än på 3an	34	6	32

Fråga 5. Snöbollen

Tabell 5. Fördelning av elevsvar (%) på olika svars kategorier

KATE-GORI	EXEMPEL	åk 9 (675)	Gy N (112)	Gy S (66)
Boll B högre temp.	– Den kramade bollen är mera kompakt och smält. Vattnet leder lättare över kylan till händerna och därför känns den kallare, men den osmälta bollen som isolerats med luft är kallare – Eftersom händerna är 37 °C och snö smälter vid 0 °C borde boll A vara kallare.	48	32	26
Lika temp.	– Det borde vara samma temperatur inuti bollarna fast det kanske är olika utanpå. – Bollarna bör vara lika kalla för att det är samma temperatur ute för de båda bollarna. – Snöboll B blir inte varmare. Den smälter nog bara. – Eftersom snön aldrig smälte så är det hela tiden samma temperatur inuti. – Snöboll B är mindre pga att man kramat den så att lite av snön smält, men värmeenergin man har i händerna går åt till att bryta iskristallbindingarna	33	56	33
Boll B lägre temp.	– Boll Bs snö är ihopkramad så det tar längre tid att smälta den. Alltså är den kallare. – I boll B packas snön hårdare, det finns då mindre luft kvar som kan isolera värmen.	19	13	40

BILAGA 3¹

KOKNING AV VATTEN: INSTRUKTION OCH ANALYSSCHEMA

Genomför följande undersökning, förslagsvis parvis:

<p>Iordningställ utrustning enligt figuren till höger. Koka vattnet i röret med kork i cirka 2 minuter, och låt det sedan svalna. Upphetta långsamt så att du hinner se allt. Observera och beskriv systemet och dess förändringar i A, B, C, D och E vid följande tidpunkter:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Före upphettning 2. I början av upphettningen 3. Efter två minuters upphettning 4. Efter upphettningen då lågan tagits bort. 	
---	--

Fortsätt i grupper om fyra med att kontrollera om observationerna var lika eller olika. Gör gärna om experimentet.

Diskutera er därefter fram till förklaringar på molekylär nivå av observationerna med hjälp partikelteorin för fast, flytande och gasformig fas.

Redogör skriftligt för era förklaringar med hjälp av analyschemat på nästa sida. Använd nedanstående förteckning över förändringar om du inte själv har möjlighet att observera vattenkokningen.

Observationer av förändringar som behöver förklaras vid vattenkokning enligt instruktionen ovan

- | | |
|-------|--|
| 2 A | Det blir små bubblor i vattnet |
| 2 B | Det bildas kondens på väggarna |
| 2 D-E | Det kommer ut bubblor vid D, som stiger till ytan i E |
| 3 A | Det bildas stora bubblor i det kokande vattnet |
| 3 B-C | Det rinner kondens längs väggarna |
| 3 D | Det blir en vibrerande blåsa i mynningen av glasröret |
| 3 E | Det syns inte längre några gasbubblor i vattnet |
| 4 B-D | Vatten kommer snabbt in vid D och hela C och B vattenfylles fullständigt |

¹ Bilagan bygger på ett arbete av Jansson (1996).

Schema för analys av vattenkokning

		1. Före upphettning	2. I början av upphettningen	3. Efter två minuters upphettning	4. Efter avsl. upphettning, då lågan tagits bort
BESKRIVNING PÅ MAKRONIVÅ	A				
	B				
	C				
	D				
	E				
FÖRKLÄRING PÅ MOLEKYLNIVÅ	A				
	B				
	C				
	D				
	E				

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>