

ÄMNESDIDAKTIK I PRAKTIKEN –  
NYA VÄGAR FÖR UNDERVISNING I NATURVETENSKAP  
NR 4, OKTOBER 2003

---

ATT FÖRSTÅ NATUREN – FRÅN  
VARDAGSBEGREPP TILL KEMI  
sex 'workshops'

Björn Andersson, Frank Bach, Birgitta Frändberg, Ingrid Jansson,  
Christina Kärrqvist, Eva Nyberg, Anita Wallin, Ann Zetterqvist

---

Enheten för ämnesdidaktik,  
Institutionen för pedagogik och didaktik  
Göteborgs universitet, Box 300, SE-40530 GÖTEBORG  
ISSN 1651-9531, Redaktör: Björn Andersson

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



# INNEHÅLL

FÖRORD	7
OM PROJEKTET NORDLAB	8
OM PROJEKTET NORDLAB-SE	9

## *WORKSHOP 1* *MATERIENS BEVARANDE*

SPELAR DET NÅGON ROLL?	13
FOSFOR OCH STÅLULL – VÄGNING MED KOMPLIKATIONER	15
FOSFOR OCH STÅLULL – ANALYS AV ELEVSVAR	18
FÖRÄNDRAS VIKTEN VID TRANSFORMATIONEN? EXEMPEL PÅ UPPGIFTER OCH ELEVSVAR	20
NOTER OCH REFERENSER	24
BILAGA: Förslag till testuppgifter om materia och dess bevarande	25

## *WORKSHOP 2* *MATERIENS BYGGNAD*

ATOMHYPOTESEN OCH SYNDAFLODEN...	33
OM ATOMER I SKOLANS UNDERVISNING	35
Några synpunkter på uppgift 1	35
Vilken är skolans partikelmodell av materien?	36
ELEVUPPFATTNINGAR OM MATERIENS BYGGNAD	38
VAD BESTÅR AV ATOMER?	41
ETT UNDERVISNINGSFÖRSÖK	45
NOTER OCH REFERENSER	47
BILAGA 1: Utdrag ur Richard Feynmans föreläsning 'Atomer i rörelse'	49
BILAGA 2: Förslag till testuppgifter om materiens byggnad	51

### *WORKSHOP 3*

## *MATERIENS FASER*

ELEVUPPGIFTER	59
Vilken fasövergång är det?	59
Temperatur och energi	61
SKOLANS UNDERVISNING	64
En modell för fast, flytande och gasformig fas	64
Skolans naturvetenskap och vardagliga händelser	65
ELEVUPPFATTNINGAR	68
Fast- och flytande fas	68
Den gasformiga fasen	68
Fasändringar	70
Temperatur	71
Vad svarar elever i lägre åldrar?	72
MÅL FÖR UNDERVISNING OM FASER OCH FASÖVERGÅNGAR	75
NOTER OCH REFERENSER	77
BILAGA 1: Förslag till testuppgifter om fast, flytande och gasformigt tillstånd	79
BILAGA 2: Resultat på elevuppgifter	85
BILAGA 3: Kokning av vatten: instruktion och analyschema	87

### *WORKSHOP 4*

## *BLANDNING, LÖSNING OCH VATTNETS KRETSLOPP*

KAN MÅL HJÄLPA VARANDRA?	91
EXPERIMENTELLA UPPGIFTER	93
NÅGRA EXEMPEL PÅ BLANDNINGAR	95
Makroskopisk beskrivning	95
Teoretiska förklaringar	96
Separation av blandningar	99
ELEVUPPFATTNINGAR	100
Fokus på lösningsprocessen	101
Fokus på temperatur och energi	105
Kretslopp	108
EN UTVIDGAD MODELL AV VATTENCYKELN	109
NOTER OCH REFERENSER	112

## *WORKSHOP 5*

### *ÄMNEN*

VAD ÄR ETT ÄMNE?	117
Några definitioner av 'ämne'	118
NÅGRA TEORETISKA SAMBAND	119
Ämnen och aggregationstillstånd	119
Ämnen och blandningar respektive kemiska reaktioner	121
UNDERSÖKNINGAR SOM BELYSER ELEVERS ÄMNESBEGREPP	122
Elevs beskrivningar av kemiska reaktioner	122
Hur många ämnen?	123
Hur kan elevs begrepp om ämnen förklaras?	125
KATEGORIMISSTAG	127
REFLEXIONER OM UNDERVISNING	128
Föremål, egenskap och material	129
Växelverkan och system	130
NOTER OCH REFERENSER	132
BILAGA: Förslag till testuppgifter om ämnen	133

## *WORKSHOP 6*

### *KEMISKA REAKTIONER*

ELEVERS FÖRKLARINGAR AV KEMISKA FÖRÄNDRINGAR	137
Materien uppfattas som kontinuerlig och statisk	137
'Det bara blir så'	138
Transmutering	138
Modifiering	139
Förflyttning	140
Vad betyder vardagstänkandet om kemiska förändringar?	141
Kemisk förklaring	142
VARDAGLIGT OCH VETENSKAPLIGT TÄNKANDE OM KEMISKA PROCESSER – EN SAMMANFATTNING	145
MÖJLIGHETER	146
ETT ANALYSSCHEMA	147
Schemats struktur	147
Ett exempel på schemats användning	148
Principer för analyschemat	152
NOTER OCH REFERENSER	155
KOMMENTARER TILL VISSA UPP- GIFTER I WORKSHOP 2 -6	157



## FÖRORD

Ärade läsare!

Du har nu framför dig ett nummer av skriftserien 'Ämnesdidaktik i praktiken – nya vägar för undervisning i naturvetenskap'. Dess hemvist är Enheten för ämnesdidaktik vid Institutionen för pedagogik och didaktik. Närmare bestämt är det lärare och forskare vid avdelningen för naturvetenskap som står bakom den nya serien, som är en fortsättning på de tidigare 'Elevperspektiv' och 'Naspektrum'. Huvudambitionen är att lämna bidrag till utveckling av naturvetenskaplig undervisning och lärarutbildning i Sverige. Vi vill förbättra lärarnas möjligheter att bedriva en undervisning som är intresseväckande, intellektuellt utmanande men begriplig och som leder till varaktiga kunskaper. Vi bedömer att den ämnesdidaktiska forskningen har goda möjligheter att göra detta under förutsättning att dess resultat på olika sätt omsätts i praktiken. Det har hittills varit lite så och så med den saken, och därför hoppas vi att 'Ämnesdidaktik i praktiken' skall göra forskningsresultat både intressanta och användbara för praktiserande lärare och lärarutbildare.

Men titeln 'Ämnesdidaktik i praktiken' uttrycker inte bara att forskningsresultat omsätts i undervisning. Ämnesdidaktiskt kunnande skapas också av läraren i hans/hennes praktik. Vi betraktar de båda sammanhangen för kunskapsbildning som komplementära. Yrkespraktik och vetenskap kan med andra ord stödja varandra, och vi strävar därför efter utbyte och samverkan.

Vi inleder med att som första fyra nummer i serien publicera de 23 'workshops' som utvecklats av projektet NORDLAB-SE.

Möln dal i oktober 2003

Björn Andersson  
redaktör

## *OM PROJEKTET NORDLAB*

De sex 'workshops', som ingår i detta häfte, har utvecklats inom projektet NORDLAB. Detta projekt, som nu är på väg att avslutas, har gått 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 centrala 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 sammordiska delar.

NORDLAB har letts 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)

För vidare information om de olika delprojekten, se <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/>

Det svenska delprojektet (NORDLAB-SE) har finansierats av Utbildningsdepartementet och Skolverket. NORDLAB-SE har en nordisk kontaktgrupp:

Albert Chr. Paulsen (DK)  
 Irmeli Palmberg (FI)  
 Stefan Bergmann (IS)  
 Anders Isnes (NO)

Det svenska delprojektet har genomförts av Björn Andersson (projektledare), Frank Bach, Birgitta Frändberg, Ingrid Jansson, Christina Kärrqvist, Eva Nyberg, Anita Wallin och Ann Zetterqvist.



## 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/workshoppedeltagaren 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. Sex ingår i detta häfte. 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>



*WORKSHOP 1*  
*MATERIENS BEVARANDE*



---

## *MATERIENS BEVARANDE*

---

Har det någon betydelse för gemene man att veta vad som är materia och att den bevaras vid exempelvis kemiska reaktioner? Denna frågeställning inleder workshopen, som sedan fortsätter med elevsvar på två uppgifter, vilka belyser hur elever drar gränsen mellan materia och icke materia, och att vägning kan vålla problem när det gäller att avgöra om materia bevaras eller ej. Så följer ett antal exempel på hur elever besvarar frågor om ett systems vikt före och efter formändring, fasövergång, lösning och kemisk reaktion. Detta mynnar ut i en fråga: Borde inte principen om massans konservering, och vägning som en metod att bestämma massa, diskuteras vid praktiskt taget varje skolexperiment i kemi och vid lämpliga tillfällen i fysik och biologi? Ett förslag till uppgifter för diagnos och utvärdering avslutar workshopen.

### *SPELAR DET NÅGON ROLL?*

#### *UPPGIFT 1*

Har det någon betydelse om eleverna som gått ut ungdomsskolan vet vad som är materia och vad som inte är det? Det är fråga om att exempelvis känna till att gaser är materia, men att värme och ljus inte hör till denna kategori.

Spelar det någon roll i elevernas fortsatta liv om de vet att materia inte kan försvinna? Det är fråga om att ha förstått innebörden i det kemisterna brukar kalla 'lagen om massans bevarande', dvs. att ingen materia förloras eller vinnas vid en kemisk förändring, utan slutprodukternas massa är densamma som de ursprungliga ämnena. På atomär nivå betyder detta, att de atomer av olika slag som finns före en materiaomvandling finns kvar – var enda en – efter denna.<sup>1</sup>

Fundera över dessa frågor! Diskutera gärna med kollegor och andra intresserade och notera argument för och emot.

Några definitiva svar på uppgiftens frågor finns nog inte. Då vi diskuterade dem i vår grupp svarade en medlem ungefär så här: 'När jag fick klart för mig att min allra närmaste omgivning är materia i gasform, dvs. den omärkliga luften, och att jag hela tiden utbyter materia med den, så blev luften närvarande för mig på ett helt annat sätt än tidigare. Jag uppskattar den verkligen. Den ger mig hela tiden något som är minst lika viktigt som mat.'

En annan berättade om en bekant, som bodde nära en flygplats. Hon tyckte att det luktade från planen ibland, och att motorerna spydde ut mycket avgaser. Kunde inte detta skada hennes köksväxter? Hon ringde luftfartsverket på platsen och fick till svar, att detta inte var något att oroa sig för. Avgaserna tunnades enligt tjänstemannen ut i luften och försvann. Denna berättelse gav upphov till några upprörda kommentarer i vår grupp – det ansågs klandervärt av tjänstemannen att försöka manipulera den oroliga kvinnan. Andra förmodade att tjänstemannen antagligen inte själv var på det klara med innebörden i principen om materiens bevarande, utan faktiskt trodde på det han sa.

Detta ledde i sin tur till en hel del påpekanden om hur viktigt det är, när det gäller miljöfrågor, att förstå både att materia inte kan försvinna och att gaser är materia. Det går inte att trola bort avfall genom att elda upp det eller dumpa det i sjöar och hav.

Någon påminde sig ett radioinslag för ganska många år sedan. Det gällde ett reportage från en bilkö vid infarten till en storstad. En miljöorganisation hade satt upp skyltar, som uppmanade bilister att köra långsammare, så att skogen tog mindre skada. Reportern frågade en bilist vad hans bilåkande hade med skogen att göra. Bilisten kunde inte förstå att det fanns något samband. Träden var ju så långt borta! Också detta exempel visar betydelsen av att förstå att gaser är materia. Länken mellan bil och skog är olika molekyler, som visserligen kan spridas ut över stora områden, men vars materia inte kan försvinna.

Vid det här laget har nog läsaren dragit slutsatsen att vi besvarar uppgiftens båda frågor med ja. Det spelar stor roll om man vet vad som är materia och att denna inte kan försvinna. Man förstår både sin omvärld och viktiga miljöfrågor betydligt bättre med denna kunskap än utan.

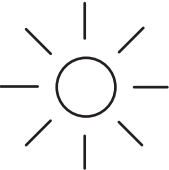
Om läsaren delar denna vår uppfattning så tror vi att fortsättningen av workshopen kommer att framstå som intressant.

## *FOSFOR OCH STÅLULL – VÄGNING MED KOMPLIKATIONER*


Ett mycket viktigt inslag i kemins historia är att Lavoisier under 1700-talets senare del förde in fysiken i kemin genom att välja massa som ett mått på kvantiteten hos materia. Massa blev ett viktigt begrepp i den teoretiska kemin, och därmed också bestämning av massa genom att väga vid experimentellt arbete.

Mätning av massa genom vägning är långtifrån något trivialt för eleverna i skolan. Betrakta följande problem, som getts till svenska elever i skolår 9.<sup>2</sup>

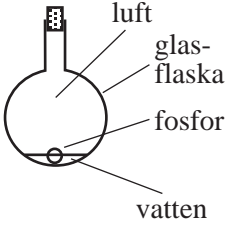
En bit fosfor lades i en glasflaska så som figuren visar. Flaskan med innehåll vägdes 205 g. Fosfor antändes sedan med hjälp av ett bränn-glas. Den brann en liten stund. Då bildades en vit rök, som sakta löste sig i vattnet. Efter avsvälning vägdes flaskan med sitt innehåll på nytt. Vad väger den nu?



bränn-  
glas



kork som  
sluter tätt



Mer än 205 g       205 g       Mindre än 205 g

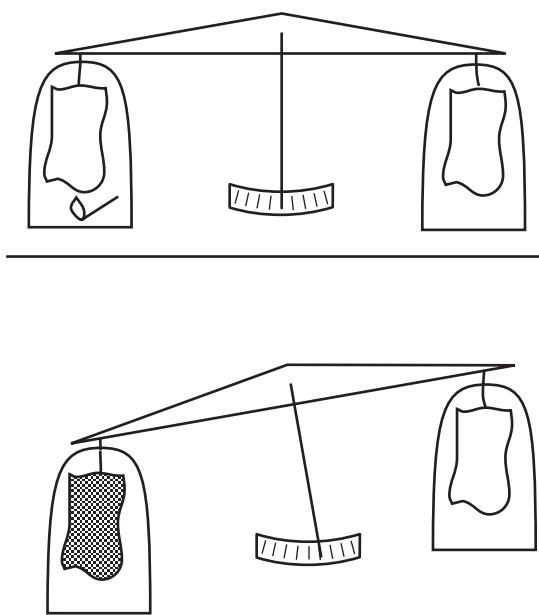
Förklara ditt svar!

Här följer en översikt över hur eleverna svarar (skolår 9, n=1432)

KATEGORI	EXEMPEL	ANDEL (%)
Mer än 205 g	– Fosfor väger mer som rök. – För när den vita röken löste sig i vattnet blev det tyngre.	13
Mindre än 205	– Rök väger inget. – Röken fanns redan i tablett, fast i sammanpressad form väger den mer. – Vikten brinner upp	44
205 g; viss kon-servation	– Fosfor förgasades och vägdes sen mindre eftersom gas är lättare än fast ämne. Sen löste sig gasen i vattnet och blev flytande form, som väger lika mycket som fast form.	8
205 g, ej motiv.		8
205 g; kon-servation	– Inget har upptagits. Inget har avgått. Behållaren var ju tät. – Atomerna väger lika mycket även om 'de sprider ut sig' lite mer.	26
Ej besvarat		1

Ett annat exempel är det s. k. stålullsexperimentet. Det har getts som ett test till högstadiel elever bl. a. i skolår 9<sup>3</sup>.

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 som figuren visar.). Den ena stålullstussen antänds och får brinna. Vågskålen med denna tuss sjunker då sakta ned. Små fragment ramlar ner i skålen. Efter avslutad förbränning har vågskålen slagit i underlaget. Stålullen, från början metallglänsande, har mörknat. Eleverna ombeds att skriftligt förklara varför vågskålen sjunker ned.



Här följer en översikt över elevernas svar (skolår 8 och 9, n=259; 25% har inte förklarat)

KATEGORI	EXEMPEL	ANDEL (%)
Något ramlar ner i vågskålen	– Järnet går ut ur stålullen och ner i viktskålen. Därför väger det mest.	3
Stålullen utvidgas	– Det utvidgar sig i stålet alltså.	1
Stålullen blir tätare/ det lätta lämnar den	– Massan smälter samman och blir tyngre. – Det finns ingen luft kvar i stålullen. Då blir den tyngre.	29
Värmen ökar vikten	– När en sak blir varm väger den mer. Nu väger stålullen ett par gram mer för att den blir varm.	2
Stålullen har brunnit/ eld eller glöd gör det tyngre	– Stålullen har väl blivit tyngre eftersom den brunnit. – Den blev tyngre av all glöd. Det är mer i stålullen nu.	9
Ett nytt och tyngre ämne har bildats	– Stålullen som brunnit hade blivit kol. Kol väger mer. – Ett ämne i stålullen förvandlades och blev tyngre när det blev uppvärmt.	9
Syre/luft tillkommer	– Det tillkom syre under förbränningen – Syremolekylen har bundit sig till järnet.	13
Övrigt	– Det har skett en kemisk reaktion.	9



## UPPGIFT 2

Ser du i ovan redovisade svar något angående elevers föreställningar om vad som är materia? I så fall vad?

Ser du i ovan redovisade svar något angående elevers föreställningar om materiens bevarande eller icke bevarande? I så fall vad?

Vilka tankar får du, då du läser elevsvaren, om vägning för att bestämma massa i kemiundervisningen?

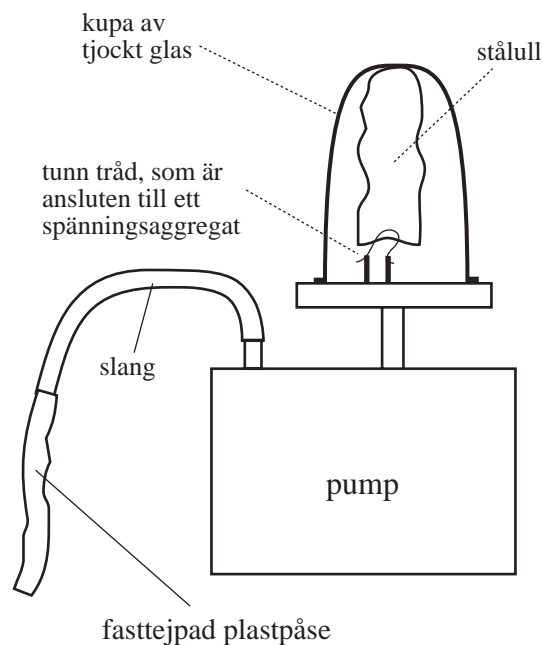
## UPPGIFT 3

Om du har praktiska möjligheter så genomför följande demonstrationer inför klassen:

1. Gör stålullsexperimentet så som det är beskrivet på föregående sida, men med skillnaden att du antänder stålullen med en glödande tråd, ansluten till en lämplig spänningskälla. Eleverna observerar vad som händer, men du gör inga kommentarer utöver den förklaring av vad stålull är som du gett. (Obs att det är ren stålull som skall användas, inte så kallad tvålull.)

2. Arrangera en vakuumpump så som bilden visar. Stålullen tejpas fast i glaskupan. En tunn metalltråd kopplas till en lämplig spänningskälla via de anslutningar som finns på pumpen. Tråden har kontakt med stålullen. Till pumpens utlopp ansluts en plastpåse av ungefär samma volym som glaskupan. Evakuera kupan (plastpåsen blåses då upp). Slå på spänningen så att tråden glöder. (Man kan då iaktta att stålullen blir mörkare närmast tråden, men den fattar inte eld och börjar glöda.)

Du beskriver apparaturen för eleverna om de inte är bekanta med den, men gör i övrigt inga kommentarer till vad som händer.



### *UPPGIFT 3 (forts)*

Eleverna delas in i mindre grupper (max fyra per grupp) och får följande uppgift:

Förklara varför vågskålen med stålull väger ner. I förklaringen skall ingå det som hänt i experimentet med vakuumpumpen. Gruppen skall författa ett gemensamt skriftligt svar.

Du själv skall sammanställa gruppernas svar och redovisa dessa.

Du kan som ett alternativ välja att spela in en grupps diskussion, skriva ut denna och redovisa

## *FOSFOR OCH STÅLULL – ANALYS AV ELEVSVAR*

Först kan konstateras att några elever inte drar gränsen mellan materiellt och icke materiellt på samma sätt som naturvetarna. Dessa elever säger t. ex. att värmen ökar vikten på stålullen eller att den blir tyngre av all glöd.

Vidare noteras att det finns tecken på att luftens materiella natur inte är självklar i sammanhanget – det är bara en mindre andel som förklarar varför vågskålen med stålull sjunker ned med att syre eller luft tillkommer.

Historiskt sett har det tagit lång tid att klargöra skillnaden mellan materia och icke materia. Att gaser är materiella och deltar i kemiska reaktioner blev allmänt accepterat bland naturvetare först i slutet av 1700-talet. Beträffande värme, kyla och magnetism så betraktades de på 1600-talet som 'kalorifika', 'frigorifika' och 'magnetiska' korpuskler. Många fruktlösa försök gjordes att väga värme, men även till synes framgångsrika, som senare visade sig vara felaktiga. Först mot mitten av 1800-talet var forskarna i stånd att dra de skiljelinjer som i dag betraktas som självklara.<sup>4</sup>

Hur är det då med materiens bevarande? Det finns i elevsvaren tecken på att materia både försvinner och tillkommer. Angående fosforproblemet lyder ett svar att 'vikten brinner upp'. För att förklara varför vågskålen med stålull sjunker ned säger en del elever att ett nytt och tyngre ämne har bildats genom en ämnesomvandling inom stålullen, t. ex. att den blir till kol. Inget sägs i denna typ av svar om att materia tillkommer utifrån.

Det är cirka hälften av eleverna som på fosforproblemet kryssar i att vikten ökar eller minskar. Tänker sig alla dessa att materien inte bevaras vid den aktuella transformationen? Inte nödvändigtvis. Det finns nämligen en grundläggande tolkningssvårighet i alla uppgifter av denna typ, som har att göra med hur eleverna uppfattar frågan. Visserligen kan man hävda, att massa efterfrågas på ett vedertaget sätt, och att uppgiften därför mäter om eleven förstår konservering av massa eller ej. (Eleverna får i skolan lära sig att skilja på massa och tyngd Enheterna 1kg och 1N införs. Vägning övas som ett sätt att bestämma massa.) Men eleverna uppför sig inte alltid enligt naturvetarens ritningar, vilket följande problem och elevsvar visar: 'En kastrull innehåller 1000 g vatten. Man tillsätter 200 g socker. Vattnet rörs om tills allt socker löst sig. Vad väger nu innehållet i kastrullen?' Eleverna fick olika alternativ att kryssa för. Så här skriver en elev som valt alternativet 'mer än 1000 g men mindre än 1200 g':

-Vattnet måste väga mer när man tillsätter någonting. Även om sockret har löst sig finns det lika mycket socker i vattnet (så mycket man hällde i). Men jag tror inte att den vägde prick 1200 g, för att när sockret löser sig i små korn måste det ha mindre densitet.

Detta svar tyder på att eleven konserverar massa, eller kanske riktigare det mer intuitiva men närbesläktade begreppet materiemängd, men inte tyngd. Han associerar vår fråga efter vikt i gram med tyngd istället för materiemängd.

På fosforuppgiften är det cirka 25% av eleverna som framhåller att rök eller gas inte väger något, är lätt eller lättare än ett fast ämne. Beroende på vilket moment i den angivna processen de fäster sig för, drar de olika slutsatser om vikten. Om de speciellt noterar att det bildas en vit rök, anser de att vikten är mindre än 205 g – fosfor har omvandlats till något som är lättare. Om de fokuserar sin uppmärksamhet på att den vita röken löser sig i vattnet, svarar de att vikten fortfarande är 205 g. Det är då underförstått, att under den tid det finns vit rök, så väger flaskan mindre än 205 g. Kanske är det så att en del av de här eleverna tänker längre än de som säger att vikten är oförändrad därför att kärlet är slutet. De börjar analysera detaljerna i processen och trasslar då lätt in sig i svåra problem. Om de här svaren kan sägas att vi inte med säkerhet vet vad eleverna tänker om materiemängden. Förmodligen anser åtminstone en del av dem att materiemängden är oförändrad men inte tyngden. Man skulle behöva intervjua varje elev för att skapa ökad klarhet.

## *FÖRÄNDRAS VIKTEN VID TRANSFORMATIONEN? EXEMPEL PÅ UPPGIFTER OCH ELEVSVAR*

Det har gjorts en hel del undersökningar rörande hur elever besvarar frågor om ett systems vikt före och efter transformationer såsom formändring, fasövergång, lösning och kemisk reaktion. I den engelskspråkiga litteraturen brukar området betecknas 'conservation of weight'. Vi ger här exempel på problem som använts och hur elever svarat. Förhoppningsvis leder detta till att läsaren skapar nya idéer om hur massbestämning genom vägning, och principen om materiens oförstörbarhet, kan behandlas i undervisningen.

### *Formändring*

I en israelisk intervjuundersökning<sup>5</sup> ställdes elever inför olika transformationer och fick avgöra om vikten på det aktuella systemet förändrades eller ej. Deltagarna var i åldern 5 - 16 år, 280 elever allt som allt, jämnt fördelade på olika åldrar.

En delstudie gällde formändring och omfattade åldersintervallet 5 - 13 år. Eleverna visades två likadana bollar av modeller och var införstådda med att bollarna vägde lika mycket. En av dem deformerades så till en platt pannkaka. Väger den förändrade modellen samma som den odeformerade? Vid fem års ålder var det praktiskt taget ingen som svarade ja på frågan, men i intervallet 6 - 9 år steg andelen konserveringssvar till 85%, för att sedan hålla sig på denna nivå.

De elever som inte konserverade ansåg genomgående att bollen vägde mer än pannkakan. Kanske kan man förklara denna typ av svar som ett resultat av olika sinneserfarenheter. Det som är utspritt känns lättare i handen än det som är koncentrerat. Det utspridda faller ibland långsammare och ger på så sätt ett intryck av större 'lätthet'.

Man kan av den israeliska undersökningen inte dra slutsatsen att konservering av vikt vid en formändring är något som elever generellt har klart för sig i skolår 7. Svaren på det tidigare refererade stålullsexperimentet är ett tecken på detta. Som framgått är det ganska många elever som hävdar att stålullen blivit mer kompakt eller hoptryckt, och att denna formändring är anledningen till att vågskålen sjunker ned.

### *Fasändring*

I den nämnda israeliska undersökningen fick elever i åldern 6 - 16 år se en liten mängd vatten i en bägere. De fick så följande fråga: 'Allt vatten får avdunsta och bilda ånga. Väger all ångan samma som vattnet i bägaren?'

Det visade sig att konservering av vikt vid avdunstning börjar etableras vid ungefär 10 års ålder och når upp till knappt 80% vid 15-16 års ålder. Alla elever som anser vikten av vattnet och ångan vara olika hävdar att vätska väger mer än ånga och att ånga saknar eller har försumbar vikt.

Bland svaren på det tidigare nämnda fosforproblemet finns det gott om exempel på att materia i form av rök eller gas är lätt eller viktlös. Eleverna i skolår 9 säger t. ex. att rök inte väger något, att rök i sammanpressad form väger mer eller att gas är lättare än ett fast ämne.

Vi noterar att en förutsättning för att etablera idéer om konservering av vikt vid avdunstning är att eleverna uppfattar gas som materia som har vikt. Detta för oss över till en annan del av den israeliska studien. Den gällde att ta reda på i vilken utsträckning eleverna anser att olika objekt har vikt. Lätta föremål, såsom en fjäder, ett hårstrå eller ett dammkorn tillskrevs vikt i takt med ökande ålder, men det var fortfarande cirka 30 % av eleverna som vid 13 års ålder ansåg att de lätta föremålen inte hade någon vikt. En liknande ålderstrend fanns för luft, som dock vållade eleverna något större svårigheter.

### *Upplösning*

I en engelsk intervjuundersökning ställdes cirka 600 elever i åldrarna 7, 9, 11, 14 och 16 år inför följande uppgift:<sup>6</sup>

En balansvåg, där det på båda vågskålarna fanns ett glas vatten och en äggkopp med socker, visades. De båda vågskålarna var balanserade. Eleverna fick i uppgift att förutsäga vad som skulle hända om sockret i den ena äggkoppen hälldes i glaset på samma vågskål varefter äggkoppen ställdes tillbaka på sin ursprungliga plats. Skulle vågskålen stanna kvar på samma nivå, gå upp eller gå ned?

Tabell 1. Vad händer med vågskålen när sockret hälls i vattnet? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ som funktion av ålder.

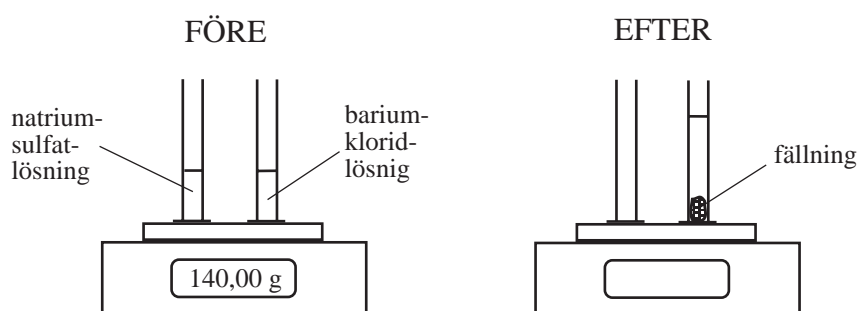
vågskålen	7 år	9 år	11 år	14 år	16 år
går ner	17	12	8	4	3
går upp	40	53	52	33	31
stannar kvar	56	42	48	70	79

De yngsta eleverna använde konserveringsargument för att förklara varför vågskålen stannar kvar i samma läge – sockret är fortfarande där, men det är i vattnet nu. Runt 9 års ålder ändrades resonemanget när eleverna började spekulera om partiklar. Argument för att vågskålen går upp var t. ex. 'sockret bryts upp i små bitar, och dessa små bitar väger knappast någonting' eller 'sockret bryts upp i små bitar som förlorar sin vikt därför att de flyter i vattnet'. De äldre eleverna resonerade också om partiklar, men tenderade att anse att vikten av delarna adderas till varandra så att sammanlagda vikten blir samma, dvs. de använde konserveringsargument.

## Kemisk reaktion

I en annan engelsk undersökning fick 16-åringar svara på följande fråga om massa efter en fällningsreaktion:<sup>7</sup>

En cylinder med en vattenlösning av natriumsulfat och en cylinder med en vattenlösning av bariumklorid placerades tillsammans på vågplattan till en digital våg. Totala massan uppgick till 140 g.



Natriumsulfatlösningen hälldes ner i bariumkloridlösningen, varvid en fällningsreaktion ägde rum. Båda cylindrarna placerades åter på vågplattan. Vad visade vågen efter reaktionen?

- mindre än 140 g       exakt 140 g       mer än 140 g

Eleven uppmanades att förklara sitt svar!

Cirka tre fjärdedelar hade olika problem med denna uppgift.

Bland förklaringarna till 'mer än 140 g' finns t. ex. följande:

- Därför att i ett fast ämne är partiklarna tätare tillsammans och då är det tyngre.
- Det fasta som bildas har större densitet än en vätska och därför väger det lite mer.
- En fällning har bildats som måste väga mer än vätskorna.

Bland förklaringarna till 'mindre än 140 g' finns:

- De reagerar och bildar en gas som går bort.
- Därför att avgaser kommer att gå bort.
- Därför att vätskan avdunstar (men inte så mycket)

### *UPPGIFT 4*

De undersökningsresultat som presenterats i denna workshop redovisades vid ett tillfälle för en grupp intresserade. Presentatören avslutade sin framställning med följande:

- Mot bakgrund av hur eleverna svarar på olika konserveringsuppgifter anser jag att principen om massans konservering, och vägning som en metod att bestämma massa, borde diskuteras vid praktiskt taget varje skolexperiment i kemi och vid lämpliga tillfällen i fysik och biologi.

Hon fick ganska snart höra en del motargument:

- Vägning är mördande tråkigt för eleverna. Vill du ta död på allt intresse för kemi?
- Det är forskarnas sätt att fråga som ger upphov till hur eleverna svarar. Egentligen är principen om massans konservering inget problem för mina elever.
- Kemin borde handla om sånt som intresserar eleverna och som finns i deras vardag. Laboratoriearbete med vågar passar inte in i detta sammanhang.

Diskutera presentatörens påstående med kollegor, kurskamrater eller andra intresserade. Samla argument för och emot och ta själv ställning!

### *UPPGIFT 5*

Vi har samlat ett antal frågor om vad som är materia och om materiens bevarande i form av en bilaga. Välj ut ett antal frågor och ge till någon eller några klasser. Sammanställ resultaten och diskutera med kollegor, kurskamrater eller andra intresserade.

## NOTER

1. I början av 1900-talet framkom genom Einsteins teoretiska arbete ett samband mellan massa och energi ( $E = mc^2$ ). Det pekade på att massa kan omvandlas till energi, vilket sker i våra kärnreaktorer. Vid kemiska reaktioner är omvandlingar mellan massa och energi så små att de inte är mätbara. För praktiskt bruk och vid vanliga fysikaliska och kemiska processer gäller således fortfarande principen om materiens oförstörbarhet.
2. Andersson, 1989.
3. Andersson och Renström, 1981.
4. Toulmin och Goodfield, 1964.
5. Galili och Bar, 1997.
6. Driver, Leach, Scott och Wood-Robinson, 1994.
7. Ramsden, 1997.

## REFERENSER

- Andersson, B. (1989). *Materia och dess transformationer*. (EKNA-rapport nr 19.) Göteborg: Göteborgs universitet. Institutionerna för pedagogik och ämnesdidaktik.
- Andersson, B., & Renström, L. (1981). *Materia: Oxidation av stålull*. (EKNA-rapport nr 7.) Göteborg: Göteborgs universitet. Institutionen för pedagogik.
- Driver, R., Leach, J., Scott, P., & Wood-Robinson, C. (1994). Young people's understanding of science concepts: implications of cross-age studies for curriculum planning. *Studies in Science Education*, 24, 75-100.
- Galili, I., & Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19 (3), 317-340.
- Ramsden, J. M. (1997). How does a context-based approach influence understanding of key chemical ideas at 16+? *International Journal of Science Education*, 19 (6), 697-710.
- Toulmin, S., & Goodfield, J. (1964). *Materiens arkitektur. En idéhistorisk översikt*. Stockholm: Natur och kultur.



*BILAGA.****FÖRSLAG TILL TESTUPPGIFTER OM  
MATERIA OCH DESS BEVARANDE*****1. Vad är materia?**

Vad är materia? Om Du anser att en kastrull är materia, så kryssar Du i JA. Om Du anser att en kastrull inte är materia, så kryssar Du i NEJ. Fortsätt sedan med resten av listan!

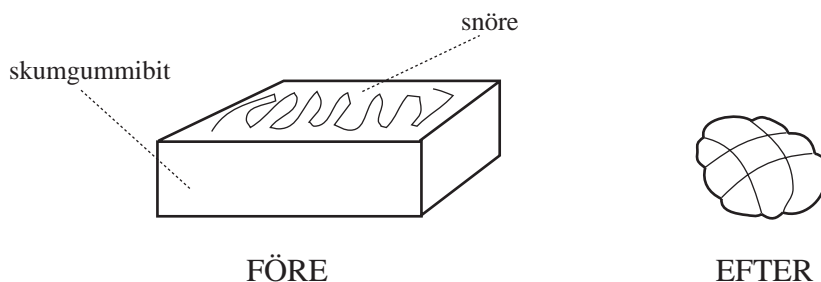
	JA	NEJ		JA	NEJ
atom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	människa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dammkorn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	nervcell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kastrull	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	olja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ljus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	skugga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	tulpan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
magnetfält	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vakuum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
molekyl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	värme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**2. Vad har vikt?**

Vad har vikt? Om Du anser att en kastrull har vikt, så kryssar Du i JA. Om Du anser att en kastrull inte har vikt, så kryssar Du i NEJ. Fortsätt sedan med resten av listan!

	JA	NEJ		JA	NEJ
atom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	människa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dammkorn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	nervcell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kastrull	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	olja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ljus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	skugga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	tulpan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
magnetfält	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vakuum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
molekyl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	värme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 3. Skumgummibiten



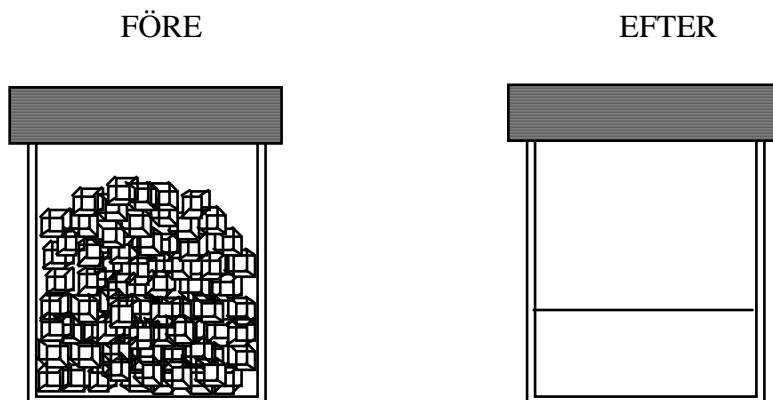
En bit skumgummi och en bit snöre vägs på en känslig snabbvåg (FÖRE). Med hjälp av snöret packas skumgummibiten ihop till en liten och ganska hård boll, som läggs på vågen (EFTER). Vad visar den nu?

- Mer än vid första vägningen       Samma som vid första vägningen  
 Mindre än vid första vägningen

Förklara ditt svar!

### 4. Isen som smälter i burken

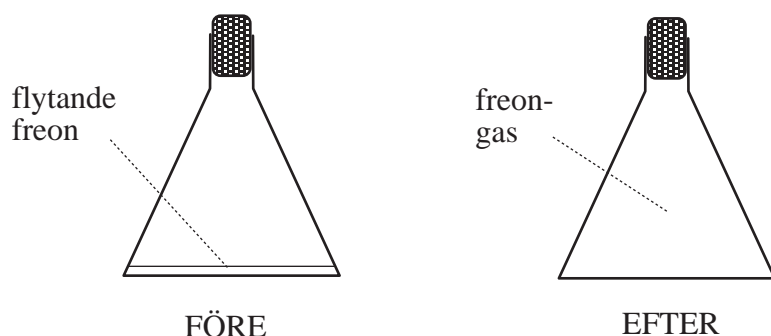
En burk fylls med iskuber. Ett tättslutande lock sätts på, varefter burken med innehåll vägs. Resultatet är 630 gram. Burken får sedan stå tills all is har smält. Den vägs så igen. Vad blir resultatet nu?



- Mycket mer än 630 gram       Lite mindre än 630 gram  
 Lite mer än 630 gram       Mycket mindre än 630 gram  
 Fortfarande 630 gram

Förklara ditt svar!

### 5. Freonet som förgasas



I en tät kolv av kraftigt glas och med en gummikork ordentligt isatt finns en viss mängd freon i vätskeform. Kolven med innehåll vägs på en känslig våg. Freonet avdunstar mycket lätt i rumstemperatur, så det dröjer inte länge förrän all freon har övergått till gasform. Då vägs kolven igen. Vad visar vågen nu?

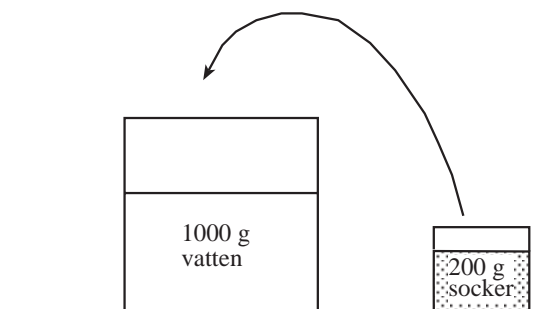
- Mer än vid första vägningen       Samma som vid första vägningen  
 Mindre än vid första vägningen

Förklara ditt svar!

### 6. Socker i vatten

I en kastrull finns 1000 g vatten. Eva häller 200 g socker i vattnet och vickar sakta på kastrullen tills allt sockret har löst sig. Vad väger nu innehållet i kastrullen?

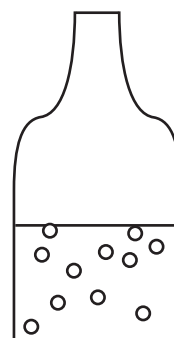
- mindre än 1000 g  
 precis 1000 g  
 mellan 1000 g och 1200 g  
 precis 1200 g  
 mer än 1200 g



Förklara ditt svar!

## 7. Läskedrycken

En halvdrucken läskedrycksflaska vägs med en mycket noggrann våg. Flaskan skakas utan att drycken skvätter ut. Det bildas då många bubblor, som stiger upp genom drycken och spricker vid dess yta. Skakningen upprepas flera gånger. Till slut blir det nästan inga bubblor längre. Då vägs flaskan med sitt innehåll igen. Vad blir resultatet?



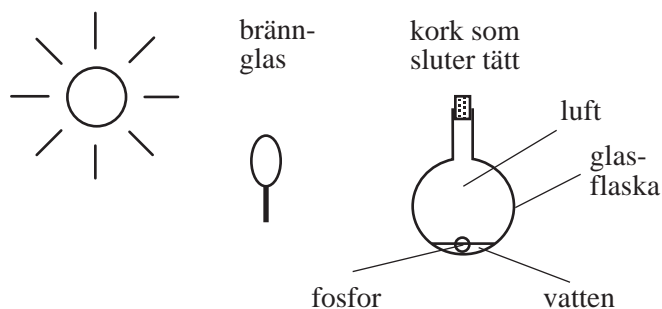
Flaskan med sitt innehåll väger nu

- mer än förut
- lika mycket som förut
- mindre än förut

Förklara ditt svar!

## 8. Fosforbiten

En bit fosfor lades i en glasflaska så som figuren visar. Flaskan med innehåll vägde 205 g. Fosfor antändes sedan med hjälp av ett brännglas. Den brann en liten stund. Då bildades en vit rök, som sakta löste sig i vattnet. Efter avsvälning vägdes flaskan med sitt innehåll på nytt. Vad väger den nu?

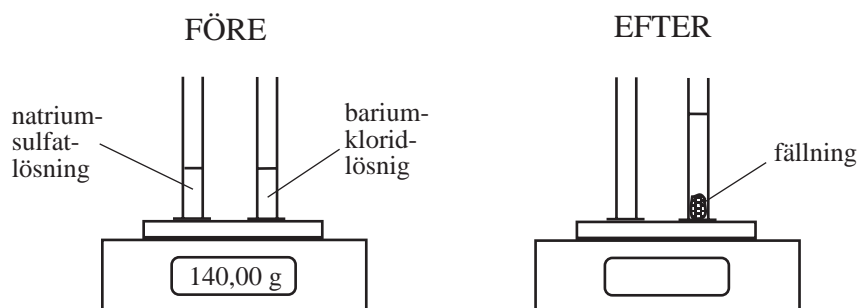


- Mer än 205 g       205 g       Mindre än 205 g

Förklara ditt svar!

## 9. Fällningen

En cylinder med en vattenlösning av natriumsulfat och en cylinder med en vattenlösning av bariumklorid placeras tillsammans på vågplattan till en digital våg. Vågen visar 140 g.



Natriumsulfatlösningen hälls sedan ner i bariumkloridlösningen. Då bildas en fällning. Båda cylindrarna placeras åter på vågplattan. Vad visar vågen efter reaktionen?

- mindre än 140 g       exakt 140 g       mer än 140 g

Förklara sitt svar!



*WORKSHOP 2*  
*MATERIENS BYGGNAD*





---

## *MATERIENS BYGGNAD*

---

Via ett bevingat uttalande om atomhypotesen av Richard Feynman, nobelpristagare i fysik, uppmanas läsaren fundera över varför vi undervisar om atomer i skolan och hur viktigt det är. Vi tillför några egna synpunkter på detta och ger i anslutning härtill en sammanfattning av 'skolans partikelmodell av materien'. Härefter redovisas och kommenteras forskningsresultat angående hur elever i olika situationer tänker om materiens byggnad, och var i omvärlden det finns atomer. Sedan erbjuds några uppgifter med vars hjälp läsaren kan undersöka i vilken utsträckning det som beskrivs i litteraturen också gäller för den egna undervisningsgruppen. Bilder och språkbruk, som kan försvåra lärandet för den som är nybörjare, uppmärksammas också. Slutligen beskrivs kortfattat ett svenskt undervisningsförsök.

### *ATOMHYPOTASEN OCH SYNDAFLODEN...*

#### *UPPGIFT 1*

I en av sina föreläsningar ställer Richard Feynman, nobelpristagare i fysik, följande fråga:<sup>1</sup>

Om allt naturvetenskapligt kunnande, genom någon syndaflod, skulle förstöras och bara en enda mening fick föras vidare till nästa generation, vilken utsaga skulle då innehålla mest information med minst ord?

Hans svar är:

Jag tror att det är *atomhypotesen* (eller det *faktum* att det finns atomer eller hur man nu skall uttrycka det) att *allting är uppbyggt av atomer – små partiklar i ständig rörelse, som attraherar varandra på små avstånd, och repellerar varandra då de trycks ihop*. I denna mening ryms en enorm mängd information om vår omvärld, om vi bara använder lite fantasi och tänkande.

*UPPGIFT 1(forts)*

Man kan leka med tanken att överföra detta uttalande till skolans naturvetenskapliga undervisning:

Om allt naturvetenskapligt innehåll, genom ett katastrofalt beslut, skulle strykas i våra kursplaner, så när som på en enda sak, vad skulle vi då välja att behålla? Jag tror vi skulle välja atomhypotesen...

Med denna lilla ingress har vi förhoppningsvis stimulerat läsaren att fråga sig varför vi undervisar om atomer i skolan och hur viktigt detta är. Diskutera denna fråga med kollegor/kurskamrater!

## OM ATOMER I SKOLANS UNDERVISNING

### *Några synpunkter på uppgift 1*

Vi har diskuterat uppgift 1 i vår projektgrupp. Först försökte vi göra en tabell över undervisningsområden i vilka atombegreppet används respektive inte används, men blev inte helt överens. Vi kunde dock konstatera att atombegreppet onekligen har en central ställning, men att också andra delar av naturvetenskapen behövs för att fullt ut kunna använda idén om atomer. Viktigt i kemin är t. ex. att atomerna har massa och laddning, dvs. begrepp från mekanik respektive ellära kommer till användning. Ett annat exempel är att de kemiska reaktioner som sker i organismer får fördjupad innebörd om de kopplas samman med kretslopp.

En annan synpunkt som framfördes i vår diskussion var att undervisningen om atomer lämpligen kan börja med en enkel partikelmodell av materien, först för gaser och sedan för vätskor och fasta ämnen. En sådan kvalitativ partikelmodell kan fördjupa förståelsen av

- egenskaper hos gaser, vätskor och fasta ämnen
- fasövergångar (avdunstning, kokning, sublimering, kondensation, stelning)
- diffusion
- lösning

Om man tränat partikeltänkande inom dessa områden är man bra förberedd för att ta itu med kemins mer komplicerade värld, vars byggstenar är de cirka 100 atomslag som finns.

Några påpekade att en kvalitativ partikelmodell kan ge eleven rika möjligheter att pröva på naturvetenskapligt modelltänkande. Eleven kan använda modellen för att förklara det som observeras och för att göra förutsägelser. Detta växelspel mellan observationer och modell är en central naturvetenskaplig process.

Det framhölls att det finns 'en rak linje' från en första partikelmodell för gaser till att förstå viktiga miljöproblem. Den kemiska partikelmodellen betonar t. ex. massans bevarande, vilket är en hörnsten i all miljökunskap. De olika atomer som fanns från början finns också efter en reaktion - lika många och desamma, men omarrangerade. Det går alltså inte att få den materia som avfall utgör att försvinna genom ett elda upp det, och försök att göra sig av med oönskad materia genom att späda ut den i atmosfären eller i havet är dömda att misslyckas - därför att atomerna bevaras.

Ett inslag i vår diskussion var att studera och kommentera hela den föreläsning av Richard Feynman, som inleds med det citat som finns i början av uppgift 1.<sup>2</sup> Vi var överens om att hans argumentering för betydelsen av atomhypotesen är övertygande och stimulerande, och tycker att vi varmt kan rekommendera denna föreläsning för studium. Ett kort utdrag finns i Appendix 1.

Som avslutning läste vi några rader ur en av Rolf Edbergs böcker:<sup>3</sup>

Då hela universum är uppbyggt av samma grundelement är ju människan själv tillverkad av stjärnornas råvara. Naturen frambringar sin väldiga mångfald genom att på olika sätt kombinera ett fåtal elementarpartiklar. De kan ta gestalt i berg och vatten, i krypljung och paradisfåglar, i solar och människor. Din hjärna, som en stjärnklar sensommarnatt ofullkomligt och styckevis försöker fånga något av dramat, är uppbyggd av samma elementarpartiklar som det lysande stoftmolnet i Orion. Ditt öga, som registrerar det lysande skådespelet, är av samma element som Oxens röda öga, den väldiga Aldebaran, som betraktar dig med femtio ljusårs distans i blicken. Vi är av samma stoff som stjärnor vävas av.

## *UPPGIFT 2*

I vilka undervisningsområden används atombegreppet? Kommer det in i mekaniken, den geometriska optiken, Darwins evolutionsteori, växt- och djursystematiken, ekologin, miljökunskap.... Gör en tabell med kategorierna 'används' respektive 'icke används' och diskutera med utgångspunkt från detta atombegreppets ställning i undervisningen och hur olika områden så att säga kan hjälpa varandra när det gäller att bygga upp ett atombegrepp.

Diskutera också hur atombegreppet kan hjälpa till att bygga upp förståelse inom olika områden.

Om du vill ha ett detaljerat exempel på hur atombegreppet kan ge fördjupad förståelse av olika fenomen, så föreslår vi att du studerar workshopen 'Grönskande är naturvetenskapliga teorier'. I denna diskuteras hur en 'partikkelmodell för gaser' kan användas för att förklara och förutsäga fenomen såsom att det tar emot då man drar i en sugkopp, att en fotboll känns hård och att det kan vara svårt att skruva av locket på en syltburk som ställts in i kylskåpet för avsvälning.

Via denna länk kan du ladda ner 'Grönskande är naturvetenskapliga teorier' som pdf-fil:

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

## *Vilken är skolans partikkelmodell av materien?*

Som ett led i diskussionen försökte vi i punktform sammanfatta den partikkelmodell av materien, som ingår i grundskolans undervisning. I samband med dessa diskussioner hittade vi en beskrivning, som vi tyckte var intressant.<sup>4</sup> Den består av följande 8 punkter:

### *En partikelmodell av materien*

1. All materia består av enheter som kallas partiklar. Enskilda partiklar är alltför små för att kunna ses. De beter sig som hårda, fasta och (utom vid kemiska reaktioner) oföränderliga objekt. Deras absoluta dimensioner och form är vanligen utan betydelse. Partiklarna ritas som små cirklar eller punkter.
2. Rörelse är en egenskap som alla partiklar har, därför att kollisioner mellan dem är helt elastiska. Det råder en direkt relation mellan temperaturen hos en mängd materia och den kinetiska energi som dess partiklar i medeltal har.
3. I en gas är tomrummet mellan partiklarna mycket större än det utrymme som partiklarna själva upptar. Gaspartiklarna i ett slutet utrymme är jämnt fördelade i detta, vilket betyder att gravitationell påverkan är försumbar.
4. Det råder ömsesidig attraktion mellan två partiklar, men den avtar snabbt då avståndet mellan dem ökar. I en gas är attraktionen försumbar, utom vid högt tryck och vid låg temperatur, då gasen kan kondensera till vätska eller fast ämne.
5. I vätskor och fasta ämnen är partiklarna mycket närmare tillsammans, vilket gör att de ömsesidigt attraherar varandra. I fasta ämnen är partiklarna ordnade i regelbundna mönster. Varje partikel kan endast vibrera kring ett bestämt läge. I en vätska är partiklarna oregelbundet arrangerade och kan röra sig om varandra.
6. Olika ämnen består av olika partiklar, men alla partiklar av ett givet ämne är identiska. En blandning består av två eller flera partikelslag.
7. I en kemisk reaktion beter sig partiklarna som om de består av en eller flera delar, kallade atomer, vilka bevaras vid reaktionen. En reaktion är därför en omarrangering av atomer. Det finns cirka 100 atomslag, som vart och ett bygger upp ett grundämne.
8. En atom består av en kärna med positiv elektrisk laddning, som omges av ett antal negativt laddade elektroner. Laddade partiklar lyder Coulombs lag. Kemisk bindning och elektrisk ström beskrivs med hjälp av idén om att elektroner är rörliga

### *UPPGIFT 3*

Jämför ovanstående partikelmodell av materien med den som du själv undervisar om. Vad vill du stryka? Vad vill du lägga till? Lägg gärna upp arbetet som en diskussion med kollegor/kurskamrater

## *ELEVUPPFATTNINGAR OM MATERIENS BYGGNAD*

Ett antal undersökningar har gjorts av hur elever tänker sig materiens byggnad.<sup>5</sup> De resultat som erhållits beror i viss utsträckning av de frågor som ställts och den undervisning som eleverna har bakom sig. Följande elevuppfattningar har rapporterats i ett flertal undersökningar:

- A. Materien är kontinuerlig.
- B. Partiklar finns i kontinuerlig materia
- C. Partiklarna är ämnet, och de har ämnets makroskopiska egenskaper
- D. Partiklarna är ämnet, och egenskaper hos ett tillstånd (t. ex. det gasformiga) förklaras med partikelkollektivets egenskaper.

Idéer om inneboende rörelse finns inte i A och är föga framträdande i B och C. Eleverna tänker sig partikelrörelse som en möjlighet snarare än som en inneboende egenskap.

I stort kan man säga att materien i vardagstänkandet uppfattas som kontinuerlig och statisk, i vetenskapen som partikulär och dynamisk. På väg från vardag till vetenskap konstruerar eleverna uppfattningar som har drag av båda, t. ex. att partiklar (atomer, molekyler) finns i kontinuerlig materia.

För att ytterligare belysa det sagda ger vi nu några exempel på de tre första kategorierna (A, B och C).

### A. Materien är kontinuerlig

I en svensk intervjuundersökning<sup>6</sup> av 20 högstadiel elever, 13 - 16 år gamla, ställde intervjuaren frågor om fasta ämnen, vätskor och gaser, t. ex.

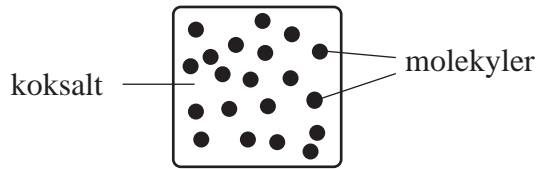
- Vad är X gjort av?
- Hur tror du X är uppbyggt?
- Tänk dig att vi har en apparat som kan förstora X hur mycket som helst. Vad skulle vi se då vi förstorar och förstorar? Rita!
- Vad händer om vi värmer upp X till 60 °C? Ännu mer?

På förstoringsfrågan svarar några elever t. ex. att salt är vitt och att järn är mörkt. Luft markeras med en svag skugga med pennan. Materia är enligt dessa elever delbar hur mycket som helst. Så småningom blir delen så liten att den försvinner.

I en fransk undersökning<sup>7</sup> beskriver några 12 år gamla elever luft som 'en enda sak, en enda massa'.

### B. Partiklar finns i kontinuerlig materia

I den nyss nämnda svenska undersökningen diskuterar intervjuaren med en elev om hur ett saltkorn är uppbyggt.<sup>8</sup> Eleven ritat följande figur:



Figur 1. Elevmodell av ett saltkorn.

Han kallar prickarna molekyler. Då intervjuaren frågar om det finns något mellan dessa så svarar han salt.

Det finns olika varianter av kategorin. I en del fall är det kontinuerliga mediet ämnet och partiklarna något annat. I andra svar är partiklarna ämnet och mediet något annat, t. ex. luft.

Kategorin kan ses som tecken på en konflikt mellan vardagligt och naturvetenskapligt tänkande. Eleverna har i skolan fått lära sig om atomer och molekyler, men vill ändå inte överge sitt vardagstänkande. En lösning på detta dilemma är att man behåller sin kontinuumidé i form av ett homogent ämne, och beaktar skolans undervisning genom att i detta placera in atomer och molekyler i den kontinuerliga materien. Kanske kan denna 'russinkakemodell' också ses som ett första steg på vägen mot att förstå bindning. Mediet håller ihop partiklarna. Utan detta skulle de rulla isär som puttekulor.

I en del elevsvar är atomers och molekylers materiella status oklar. Är de något annat än materien? För att belysa detta gavs i en mindre studie följande problem till svenska elever i skolår 7-9:<sup>9</sup>

I skolan får du lära dig om materia. Är alkohol materia? Är en vetebulle materia? Är en katt materia? osv. Stryk under i listan nedan vad som är materia!

Härefter följde 30 exempel på såväl materiellt som icke materiellt. Det var bara mellan 40 och 50% som ansåg att atomer och molekyler är materia. Några elever skrev förklaringar. De hävdade t. ex. att materia kan man ta på och väga. Eftersom detta inte går att göra med atomer och molekyler så kan de inte vara materia.

### C. Partiklarna är ämnet, och de har ämnets makroskopiska egenskaper

I denna kategori är partiklarna materian, men det som gäller makroskopiskt gäller också på partikelnivå. Makroskopiska egenskaper överförs på partikeln, t. ex.

svavel är gult – svavelatomer är gula  
olja är kletigt – oljemolekyler är kletiga  
naftalen luktar – naftalenmolekyler luktar  
järn leder värme – järnatomer leder värme  
bly kan plattas ut – blyatomer kan plattas ut.  
trä brinner upp – trämolekyler brinner upp  
koppar utvidgas vid uppvärmning – kopparatomer utvidgas vid uppvärmning  
vatten är 20 grader varmt – en vattenmolekyl är 20 grader varm

Detta stämmer överens med en teori om materien som förekom på 1300-talet, och enligt vilken varje ämne bestod av mycket små partiklar, kallade minima naturalia.<sup>10</sup> Dessa partiklar hade ämnets alla egenskaper med ett undantag – de var inte delbara. En minimum naturale av vatten var en mycket liten droppe vatten, en minimum naturale av eld var en gnista etc.

Men elevernas fantasifulla projektioner av makroegenskaper på partikelvärlden stämmer mindre väl överens med den tidigare beskrivningen av det vi kallat 'skolans partikelmodell av materien'. I denna har använts fem fysikaliska storheter för att karaktärisera partiklarna, nämligen rum, tid, massa, energi och elektrisk laddning. Partiklarna uppfattas som hårda och form har underordnad betydelse. Atomerna är sfäriska och oförstörbara.

Med dessa konstateranden som grund gör två holländska ämnesdidaktiker (Wobbe de Vos och Adri Verdonk) några intressanta reflexioner:<sup>11</sup>

I naturvetenskapen används uttrycket 'Ockhams rakkniv'. Ockham, en engelsk filosof som levde på 1300-talet, hävdade att en teori skall kunna förklara så mycket som möjligt med ett minimum av antaganden. Om man exempelvis står inför problemet att förklara varför bly plattas ut då man hamrar på det, så väljer naturvetarna förklaringen att atomerna tränger sig emellan varandra snarare än att de ändrar form och blir platta, därför att då behövs inga tillägg till partikelteorin. Detta är ett enkelt exempel på användning av Ockhams rakkniv. Det didaktiska krusket är att eleverna aldrig undervisats om Ockhams rakkniv och kanske heller inte om relationen mellan teoretiska antaganden och förklaringar och kan därför rimligen inte inse varför den ena förklaringen är att föredra framför den andra.

Ett något mer komplicerat exempel är färg. Det är inte förenligt med vågoptik att säga att ett atomärt föremål har färg. Synligt ljus har våglängder mellan 4000 och 8000 ångström, en atom är några ångström tvärs över. Växelverkan mellan atom och ljus ger därför ingen reflexion, i analogi med att en smal bambukäpp, nedstucken i botten av en sjö, inte gör att vattenvågorna reflekteras mot denna. Att använda Ockhams rakkniv i detta fall innebär att man föredrar att säga att atomer inte har färg. Det kräver nämligen inte någon ändring av fysikens teorier. Men eleverna har en omfattande erfarenhet av att föremål har färg. För dem är det enklare att infoga ännu en typ av objekt i kategorin 'föremål som har färg', nämligen atomer.



Ytterligare ett exempel gäller atomstorlek. Det är inte självklart hur den skall mätas. En atom har ingen väldefinierad yta mot omgivningen. I fast tillstånd är ett möjligt mått på en atoms radie halva avståndet till närmaste granne. Detta kan mätas experimentellt med röntgenkristallografiska metoder och är temperaturberoende. Det visar sig att ju högre temperaturen är, desto större blir radien. I detta fall skulle man därför kunna säga att elevernas idé om att atomer utvidgas vid uppvärmning är förenlig med fysikens uppfattning.

de Vos och Verdonk sammanfattar:<sup>12</sup>

A scientific explanation starts, as it were, from nothing and assumes only what is necessary. The child, on the other hand, starts from the full world of everyday life and, in a slow and difficult struggle, learns to delete aspects such as temperature and colour, to arrive at the same point from the opposite direction. As a result, the child's criteria for simplicity and complexity are exactly reversed. Minima naturalia are, scientifically speaking, unnecessarily complicated, but seen through the eyes of a child they are reassuringly simple. Awareness of this apparent paradox might help teachers to guide their students through the complicated process of learning science.

## VAD BESTÅR AV ATOMER?

Ibland framförs synpunkten att elever har svårt att överföra sitt kunnande från läroböcker och labsalar till den omgivande verkligheten. Hur är det i detta sammanhang med atomer? Finns de för eleverna bara i kemisalens flaskor och burkar eller är de också beståndsdelar i vanliga föremål?

För att få en uppfattning om detta har följande fråga ställts till svenska elever i skolår 9 och på gymnasiet:<sup>13</sup>

Vad består av atomer? Om Du anser att en kastrull består av atomer, så kryssar Du i JA. Om Du anser att en kastrull inte består av atomer, så kryssar Du i NEJ. Fortsätt sedan med resten av listan. Listan var följande:

kastrull	elektron	molekyl	luft
olja	muskelcell	magnetfält	ljusstråle
tulpan	kärlek	vakuum	människa

Resultatet framgår av tabellen på nästa sida.

**Tabell 1.** Procentuella andelen elever, som anser att olika system består av atomer. (åk 9 NT avser elever som i grundskolans årskurs 9 valt Naturvetenskaplig eller Teknisk inriktning till gymnasiet. E och H betecknar Ekonomisk respektive Humanistisk inriktning på gymnasiet. 2 och 3 avser årskurser på gymnasiet.)

System	åk 9 NT (632)	N2 + N3 (188)	T2 + T3 (183)	åk 9 annat val (2190)	E3+H3 +S3 (175)
<b>människa</b>	<b>96</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>88</b>	<b>96</b>
<b>luft</b>	<b>91</b>	<b>99</b>	<b>95</b>	<b>84</b>	<b>92</b>
<b>molekyl</b>	<b>87</b>	<b>97</b>	<b>97</b>	<b>82</b>	<b>83</b>
<b>olja</b>	<b>88</b>	<b>98</b>	<b>97</b>	<b>77</b>	<b>84</b>
<b>muskelcell</b>	<b>88</b>	<b>95</b>	<b>94</b>	<b>75</b>	<b>93</b>
<b>kastrull</b>	<b>90</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>71</b>	<b>75</b>
<b>tulpan</b>	<b>83</b>	<b>94</b>	<b>91</b>	<b>66</b>	<b>82</b>
magnetfält	38	17	11	63	66
ljusstråle	30	25	15	41	42
elektron	24	7	5	48	47
vakuum	13	5	8	24	27
kärlek	4	3	0	8	9

Det visar sig att eleverna ganska väl vet att atomer bygger upp en människa, olja, en muskelcell, en kastrull och en tulpan. Men här kan man tycka att ambitionen skall vara hundra procent, och därför är det väl motiverat att i undervisningen uppmärksamma frågan om var i omvärlden som atomerna finns. Det handlar om att klargöra gränsen mellan materiellt och icke materiellt. Materian är atomerna och atomerna är materian, i varje fall i kemi och biologi samt i klassisk fysik.

Om vi så vänder oss till magnetfält och ljusstråle ser vi att eleverna råkar i svårigheter. De förlägger atomer till det som är icke materiellt, kanske för att de aldrig hört talas om att de inte hör hemma här. Kanske är det så självklart för fysikläraren att ett magnetfält inte består av atomer att det inte faller honom in att diskutera detta. Även vakuum vållar svårigheter. Men i ett elementärt atombegrepp ingår att veta både var atomer förekommer och inte förekommer.

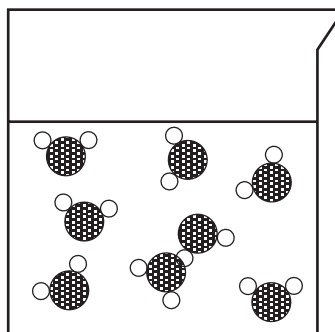
Det var lite drygt 50% av N- och T-eleverna som var helt säkra på vad som består av atomer och vad som inte gör det, dvs. hade alla rätt på uppgiften.

### UPPGIFT 4

Använd uppgifterna i bilaga 2 till att diagnosticera/utvärdera några aspekter av dina elevers tänkande om materiens byggnad.

### UPPGIFT 5

En vanlig typ av illustration är att man i samma bild framställer både makroskopisk och atomär nivå. Ett exempel är bägaren med vatten och vattenmolekylerna i figuren här invid. Vi har själva använt denna teknik i bilaga 2 (uppgift 5). Med tanke på vad som sagts om elevers uppfattningar om materiens byggnad kan detta sätt att illustrera ha sina risker. Förklara varför!



### UPPGIFT 6

Här följer några utsagor av en typ som är vanligt förekommande då man talar om atomer och molekyler:

- molekylerna i luften
- atomerna i järnstycket
- jonerna i saltet

Med tanke på vad som sagts om elevers uppfattningar om materiens byggnad kan detta sätt att uttrycka sig ha sina risker. Förklara varför!

*UPPGIFT 7*

Läs utdraget ur Richard Feynmans föreläsning 'atomer i rörelse'. Se bilaga 1!  
Diskutera följande frågor:

Skulle denna typ av detaljerad beskrivning kunna användas i skolans undervisning? Om så är fallet – i vilka sammanhang?

## *ETT UNDERVISNINGSFÖRSÖK*

Ett försök med undervisning specifikt inriktad mot att introducera och använda en kvalitativ partikelmodell för gaser har genomförts i en grundskola i Mölndal.<sup>14</sup> Ett viktigt inslag i planeringen var att använda forskningsresultat angående elevers lärande och föreställningar om materia, vilket medförde behandling av mycket elementära aspekter av gasers egenskaper.

Undervisningsförsöket utfördes i skolor 7 under fem veckor och omfattade 12 lektioner, varvid de fysikaliska aspekterna av gaser behandlades. Parallellt undervisades eleverna av en annan lärare om gasers kemiska egenskaper. Första lektionen gavs ett test om 11 uppgifter. Sex månader efter avslutad undervisning om gaser prövades eleverna med samma test.

Innehållet i lektionerna var i korthet följande:

- olika experiment med luft för att klargöra att luft existerar och tar plats
- introduktion av begreppet "luft"
- diskussion av var luft finns och undersökning av dess kompressibilitet
- experiment med upphettning och nerkyllning av luft
- vägning av luft
- sammanfattning av experimentresultat
- introduktion av en kvalitativ partikelteori för luft
- användning av teorin för att förklara utfallet av gjorda experiment
- problemlösning i smågrupper för att tillämpa teorin (9 problem)
- ytterligare experiment med luft och andra gaser
- generalisering av teorin om luft till att gälla även andra gaser
- skriftligt läxförhör

Den teori som introducerades och användes var följande:

- Luft består av mycket, mycket små partiklar, som kallas molekyler.
- Mellan molekylerna finns ingen materia. (Det är tomrum mellan dem.)
- Molekylerna är materian. De har massa och tyngd fast de är mycket små.
- En liter luft består av miljarders miljarder molekyler.
- Varje molekyl rör sig med hög hastighet i en rak linje tills den kolliderar med en annan molekyl. Då ändrar den riktning och fart. Farten varierar alltså, men är i genomsnitt hög (500 m/s).
- De molekyler, som tillsammans utgör en luftmängd (t. ex. luften i en flaska), rör sig åt alla möjliga håll.
- Om man tänker sig en "stillbild" av ett antal molekyler, så är de i genomsnitt ganska långt från varandra i förhållande till sin storlek.
- Om luft värms, så ökar molekylernas fart. Om den kyls, så minskar farten. (Molekylerna kan alltså ändra riktning och fart. Men för övrigt så ändras de inte. Om man t. ex. värmer luft, så kan molekylerna inte smälta eller fatta eld. De ökar bara farten.

Analysen av elevsvaren på testuppgifterna visade att eleverna efter sex månader svarade på ett kvalitativt bättre sätt än före undervisning. Skillnaderna var statistiskt signifikanta för samtliga testuppgifter. Resultaten anses lovande, när det gäller elevernas sätt att använda teorin om gaser efter sex månader.

En utförlig beskrivning av detta undervisningsexperiment finns i rapporten 'Att utveckla naturvetenskaplig undervisning. Exemplet gaser och deras egenskaper.'<sup>15</sup> I rapporten ingår elevtexter och två problemsamlingar, en för problemlösning i grupp och en för varierat bruk. Tre andra undervisningsprogram om gaser sammanfattas också.

## NOTER

1. Se Feynman (1998) eller Feynman, Leighton och Sands (1975).
2. Ibid.
3. Edberg (1974, s 8-9).
4. I allt väsentligt är dessa åtta punkter hämtade från de Vos och Verdonk (1996).
5. Se t. ex. Nussbaum (1985), Seré (1986), Renström (1988), Benson, Wittrock, och Baur (1993) och Krnel, Watson & Glazar (1998).
6. Renström (1988).
7. Seré (1996).
8. Renström (1988).
9. Andersson (1987).
10. de Vos och Verdonk (1996).
11. Ibid.
12. Ibid.
13. Se Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist (1993) och Jansson (1994).
14. Se Bach (1993) och Andersson och Bach (1995).
15. Andersson och Bach (1995).

## REFERENSER

- Andersson, B. (1987). *Vad är materia?* Opublicerat manuskript, EKNA-gruppen, Inst för pedagogik, Göteborgs universitet.
- 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.
- Andersson, B., & Bach, F. (1995). *Att utveckla naturvetenskaplig undervisning. Exemplet gaser och deras egenskaper.* (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 14). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Bach, F.(1993). *Gaser – ett undervisningsförsök.* (Examensarbete inom Påbyggnadsutbildning i pedagogik med didaktisk inriktning). Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik, Box 300, 405 30 Göteborg..
- Benson, D.L., Wittrock, M.C. & Baur, E.B. (1993). Students' Preconceptions of the Nature of Gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30( 6), 587- 597.
- Edberg, R. (1974). *Ett hus i kosmos.* Esselte Studium.
- Feynman, R. P. (1998). *Six easy pieces.* Reading, Mass.: Perseus books.

Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (1975). The Feynman lectures on physics, Volume 1. Addison-Wesley Publishing Company.

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.

Krnel; D., Watson, R. & Glazar, S.A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of 'matter'. *International Journal of Science Education*, 20 (3), 257-289

Nussbaum, J. (1985). The particulate nature of matter in the gaseous phase. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 124-144). Milton Keynes: Open University Press.

Renström, L: (1988). *Conceptions of Matter. A phenomenographic approach*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

Séré, M.G. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8, 413-425.

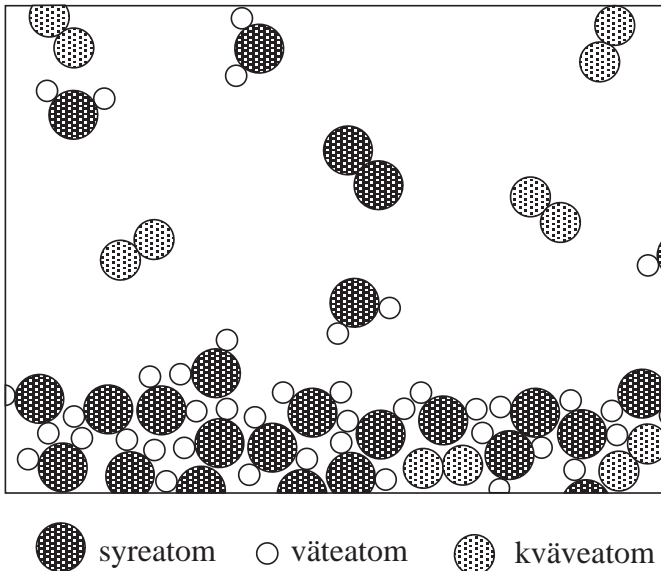
de Vos, W., & Verdonk, A. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (6), 657-664.



## BILAGA 1

## UTDRAG UR RICHARD FEYNMANS FÖRELÄSNING 'ATOMER I RÖRELSE'

Vad händer vid en vattenyta? Vi gör bilden mer komplicerad – och mer realistisk – genom att tänka oss att ytan befinner sig i luft. Se figuren!



Vi ser vattenmolekyler som förut, som bildar en mängd vatten, men nu ser vi också vattenytan. Ovanför ytan finns ett antal saker. Först och främst finns det vattenmolekyler. Detta är vattenånga, som alltid finns ovanför vatten i flytande form. Dessutom hittar vi några andra molekyler – här två syreatomer som sitter ihop och bildar en syremolekyl, där två kväveatomer som också sitter ihop och bildar en kvävemolekyl. Luft består nästan helt och hållet av kväve, syre, en del vattenånga, och mindre mängder koldioxid, argon och annat. Så ovanför vattenytan finns luften, en gas som innehåller en del vattenånga.

Vad är det nu som händer i bilden? Vattnets molekyler vickar alltid omkring. Då och då händer det att en vattenmolekyl som är i ytan knuffas till lite hårdare än vanligt, och stöts iväg. Det är svårt att se detta i bilden därför att den är en stillbild. Men vi kan tänka oss att en molekyl i ytan just har knuffats till och flyger ut, och kanske ytterligare en har knuffats till och flyger ut. På det sättet ger sig vattnet iväg – molekyl för molekyl – det avdunstar. Men om vi stänger igen vattenkärlet med ett lock, så kommer vi efter ett tag att ha ett stort antal vattenmolekyler bland den instängda luftens molekyler. Då och då kommer en av dessa vattenmolekyler att rusa in mot vattnet och bli fast i detta. Så vi kan förstå att det som ser ut att vara någonting dött och ointressant – ett glas vatten som är tillslutet och kanske har stått i 20 år – i själva verket innehåller dynamiska och intressanta processer som pågår hela tiden. Inför våra ögon, våra enkla ögon, förändras ingenting, men om vi kunde se med en miljard gångers förstoring så skulle vi se att molekyler lämnar ytan och att molekyler kommer tillbaka.

Varför ser vi då ingen förändring? Därför att lika många molekyler som ger sig i väg kommer tillbaka. I det långa loppet 'händer ingenting'. Om vi tar bort locket, blåser bort den fuktiga luften och ersätter den med torr luft, så kommer antalet molekyler som lämnar vattnet att vara som förut, därför att detta beror på vattenmolekylernas vickande. Men det antal som kommer tillbaka är kraftigt reducerat därför att det nu är betydligt färre vattenmolekyler ovanför vattnet. Därför är det nu fler som ger sig av än som kommer tillbaka. Alltså, om du vill få vatten att avdunsta, så sätt på fläkten!

Här är någonting annat: Vilka molekyler är det som ger sig av? När en molekyl knuffas ut beror det på att den har samlat lite mer energi än vanligt, som den behöver för att bryta sig loss från grannmolekylernas attraktion. Eftersom de molekyler som ger sig av har lite mer energi än medeltalet så rör sig de som är kvar lite mindre än medeltalet. Så vätskan svalnar gradvis av om den avdunstar. Naturligtvis är det så att när en molekyl kommer från luften till vattnet, så attraheras den plötsligt när den närmar sig ytan. Detta ökar farten på den inkommande molekylen vilket bidrar till att vattnet värms upp. Så när de ger sig iväg avges värme, när de kommer tillbaka tillförs värme. När det inte är någon nettoavdunstning blir resultatet noll – vattnet ändrar inte sin temperatur. Om vi blåser på vattnet för att underhålla en kontinuerlig avdunstning så avkyls vattnet. Alltså, blås på soppan för att kyla av den!

Självklart bör du inse att de processer som just är beskrivna är mer komplicerade än vi har gett uttryck för. Det är inte bara vattnet som går ut i luften, utan också, då och då, så kommer en molekyl syre eller kväve in och 'går vilse' i massan av vattenmolekyler, och arbetar sig in i vattnet. Således löser sig luft i vattnet; syre- och kvävemolekyler kommer in i vattnet och vattnet kommer att innehålla luft.

Referens: Feynman, R. P. (1998). *Six easy pieces*. Reading, Mass.: Perseus books.

## BILAGA 2

## FÖRSLAG TILL TESTUPPGIFTER OM MATERIENS BYGGNAD

### 1. Vad består av atomer?

Vad består av atomer? Om Du anser att ett dammkorn består av atomer, så kryssar Du i JA. Om Du anser att ett dammkorn inte består av atomer, så kryssar Du i NEJ. Fortsätt sedan med resten av listan!

	JA	NEJ		JA	NEJ
dammkorn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	människa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
elektron	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	nervcell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kastrull	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	olja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ljus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	skugga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	tulpan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
magnetfält	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vakuum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
molekyl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	värme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 2. Minsta delen

I en lärobok kan man läsa: "Om man tänker sig att man delar ett stycke järn i mindre och mindre delar, så kommer man till en minsta del som inte går att dela. Denna minsta del är en atom." Några elever diskuterar vad detta betyder.

Sven säger: Atomerna finns i järnstycket från början.

Stina säger: Atomernas storlek beror på hur bra verktyg man har då man delar

Olle säger: Formen på en atom måste bero på hur man delar.

Lisa säger: Formen på en atom beror inte på hur man delar.

Ulla säger: Atomerna uppstår då man delar.

Vilken eller vilka elever har rätt? \_\_\_\_\_

Vilken eller vilka elever har fel? \_\_\_\_\_

Förklara ditt svar!

### 3. Rätt och fel om kopparatomen

Vad är rätt och vad är fel om en kopparatom. Sätt kryss!

	RÄTT	FEL
En kopparatom har tyngd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En kopparatom kan plattas ut (t. ex. då man hamrar på en bit koppar)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En kopparatom har volym (dvs. tar plats)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En kopparatom has samma färg som koppar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En kopparatom är materia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Då ett kopparkorn ärgar och blir grönt så blir också en kopparatom i taket grön	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Då koppar upphettas och smälter blir en kopparatom också mjuk och smälter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 4. Tre nivåer

Titta på orden TRÅD, TYG och FIBER. Med dessa ord kan man skriva följande mening: \_\_\_\_\_ TYG \_\_\_\_\_ består av TRÅDAR \_\_\_\_\_, som i sin tur består av FIBRER \_\_\_\_\_.

Titta nu på orden MOLEKYL, ATOM och CELL och skriv en liknande mening. Fyll i rätt ord på rätt ställe!

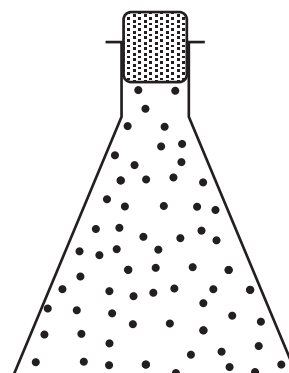
\_\_\_\_\_ består av \_\_\_\_\_, som i sin tur består av \_\_\_\_\_.

## 5. Luften i kolven

Fem elever diskuterar den luft som finns i en glas-kolv med kork. Sofia tänker sig att luften består av många, många små partiklar. Dom är så små att man inte kan se dom, säger Sofia. Men man kan väl ändå rita så här.

Du har ju ritat partiklar som är jämnt fördelade i hela kolven, säger William. Hur kan det komma sig att partiklarna inte ramlar ner och lägger sig på botten?

Ja, varför håller sig partiklarna utspridda trots att det är mellanrum mellan dom. Dom har ju ingenting att vila på, undrar Pia.



Det blir en stor diskussion om detta, men något svar går inte att komma överens om. Så här förklarar olika elever att partiklarna inte ramlar ner:

Sofia: Partiklarna är så lätta att de svävar i luften

Erik: Mellan partiklarna finns luft som håller dem uppe.

William: Mellan partiklarna finns det andra partiklar. Alla partiklar tillsammans fyller kolven.

Anna: Partiklarna har en egen rörelse hela tiden.

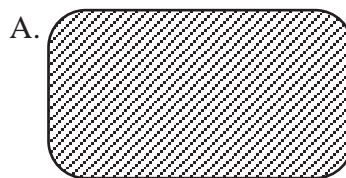
Pia: Luft består inte av partiklar. Luft är en enda sak, en enda massa, som fyller kolven. Sofias teckning är fel.

Hur förklarar du att partiklarna inte ramlar ner?

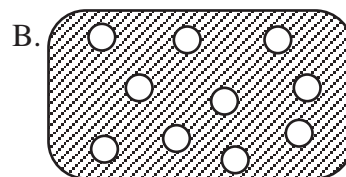
## 6. Heliumgasen

Några elever ser en behållare i kemisalen. Den innehåller gasen helium. De börjar diskutera denna gas.

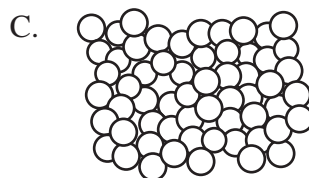
Olle: En gas är en enda sak, en enda massa. Därför finns det inga atomer i gasbehållaren.  
(Olle ritade figur A.)



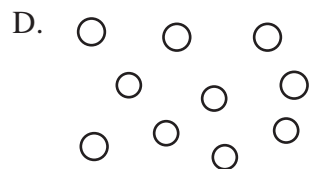
Lisa: Inuti gasbehållaren finns det heliumatomer med heliumgas emellan.  
(Lisa ritade figur B.)



Stina: Inuti gasbehållaren finns det heliumatomer. De sitter tätt och fyller hela behållaren.  
(Stina ritade figur C.)



Eva: Inuti gasbehållaren finns det heliumatomer. De rör sig om varandra. Mellan dem är det tomrum.  
(Eva ritade figur D.)



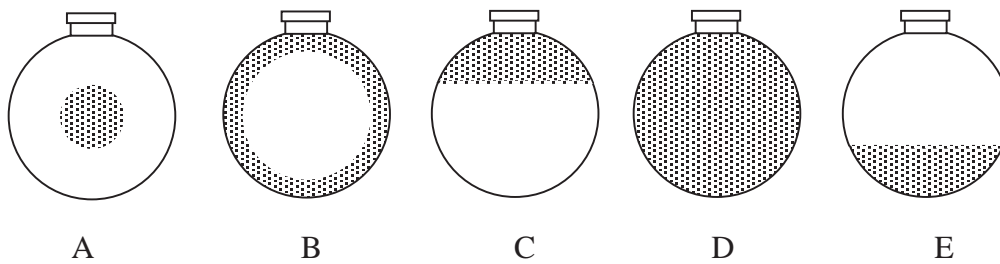
Ringa in namnet på den elev du anser har rätt. Förklara ditt svar!

### 7. Hur är gasen fördelad?

Den här uppgiften gäller en gasbehållare som värms. Före uppvärmningen är gasen i behållaren ganska kall ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), men efter blir den het ( $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Men det är enbart gas i behållaren vid båda tillfällena.

#### Gasen är kall

Först skall du tänka på behållaren före uppvärmning, dvs då gasen är kall ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )  
Hur fördelar sig molekylerna i behållaren? Du får fem alternativ att välja mellan:



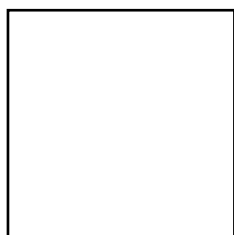
Observera att prickarna inte betecknar molekyler, utan bara områden där det finns sådana.

Jag väljer (ringa in rätt bokstav):

- A. Molekylerna är koncentrerade till mitten av behållaren
- B. Molekylerna är koncentrerade längs väggarna av behållaren.
- C. Molekylerna är koncentrerade till överdelen av behållaren.
- D. Molekylerna är jämnt utspridda över hela behållaren.
- E. Molekylerna är koncentrerade till botten av behållaren.

Förklara ditt svar!

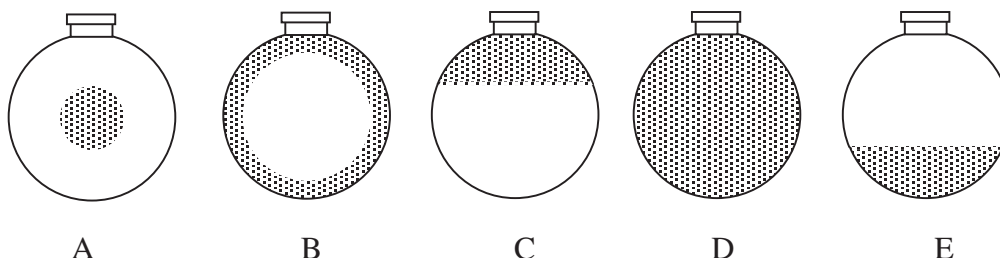
Tänk nu på ett mycket litet område i behållaren före uppvärmning, dvs. då gasen är kall ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) och rita en "stillbild" av molekylerna i detta lilla område. (Du skall naturligtvis välja ett område där det finns molekyler.)



Det lilla området, kraftigt uppförstorat.

**Gasen är het**

Nu skall du tänka på behållaren efter uppvärmning, dvs. då gasen är het ( $300^{\circ}\text{C}$ ). Hur fördelar sig molekylerna i behållaren? Du får fem alternativ att välja mellan:



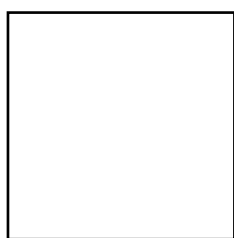
Observera att prickarna inte betecknar molekyler, utan bara områden där det finns sådana.

Jag väljer (ringa in rätt bokstav):

- A. Molekylerna är koncentrerade till mitten av behållaren
- B. Molekylerna är koncentrerade längs väggarna av behållaren.
- C. Molekylerna är koncentrerade till överdelen av behållaren.
- D. Molekylerna är jämnt utspridda över hela behållaren.
- E. Molekylerna är koncentrerade till botten av behållaren.

Förklara ditt svar!

Tänk nu på ett mycket litet område i behållaren efter uppvärmning, dvs då gasen är mycket het ( $300^{\circ}\text{C}$ ). och rita en "stillbild" av molekylerna i detta lilla område. (Du skall naturligtvis välja ett område där det finns molekyler.)



Det lilla området, kraftigt uppförstorat.



*WORKSHOP 3*  
*MATERIENS FASER*



---

# *MATERIENS FASER*

## *FAST, FLYTANDE OCH GASFORMIG FAS*

---

Vad är rimfrost och hur uppstår den? Varifrån kommer dagen 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 gymnasieskolan<sup>1</sup>.

#### **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

\_\_\_\_\_

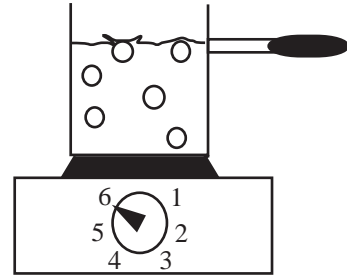
Det bildas en klar vätska runt veken i ljuset som brinner

\_\_\_\_\_

### 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

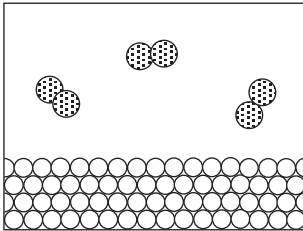


### Fråga 3. Vad visar partikelbilderna?

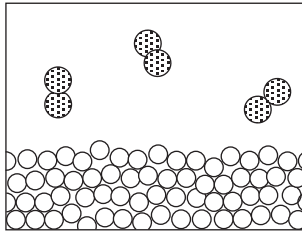
Nedan kan Du se hur några mycket små områden (4st) ser ut FÖRST och LITE SENARE. Ofyllda cirklar betecknar atomer av ett slag, fyllda cirklar betecknar atomer av ett annat slag, mönstrade cirklar atomer av ett tredje slag. Du lägger märke till att det hänt saker i varje område. Frågan är vad.

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

FÖRST

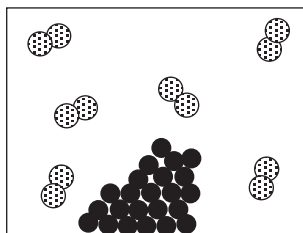


LITE SENARE

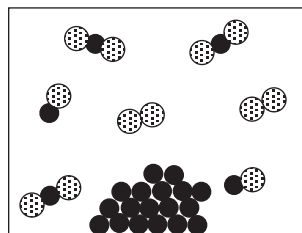


\_\_\_\_\_

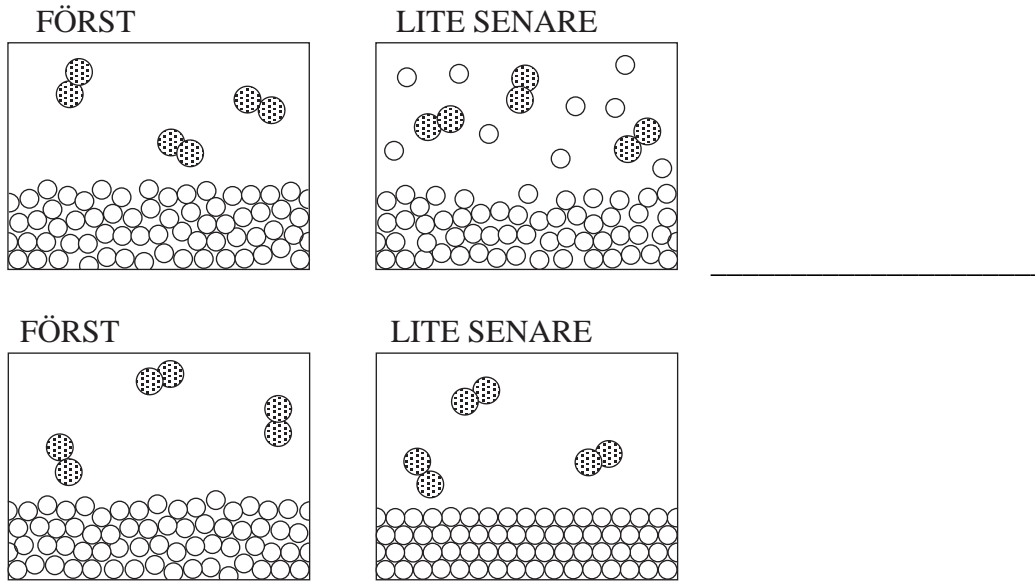
FÖRST



LITE SENARE



\_\_\_\_\_



### *Temperatur och energi*

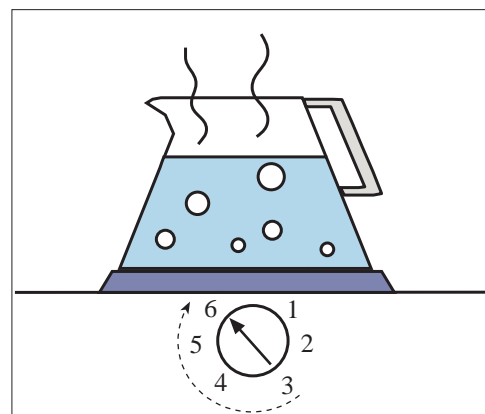
Då man beskriver faser och fasövergångar är temperatur och energi två viktiga begrepp. Fråga 4 och 5 som följer prövar elevernas förståelse av en aspekt av kokrespektive smälttemperatur, nämligen att den är en egenskap som inte beror av i vilken takt man tillför energi. Frågorna har getts till elever i skolår 9 och i gymnasieskolan<sup>2</sup>. 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.**

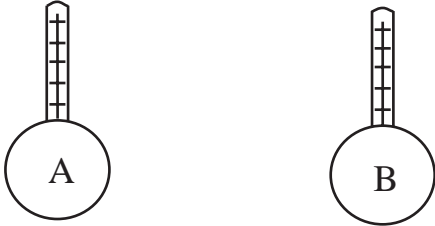
Ett kärl med vatten placeras på en kokplatta, som sätts på trean. Efter en stund börjar vattnet koka. Man mäter då vattnets temperatur. Den är  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Plattan sätts därefter på sexan, som är den högsta inställningen. Vad händer med temperaturen efter det att plattan sätts på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

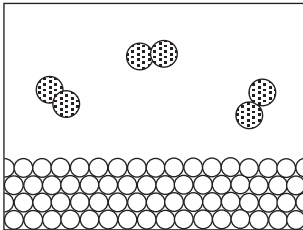
Förklara hur du tänkte!

### Fråga 6. Energi till eller från ämnet?

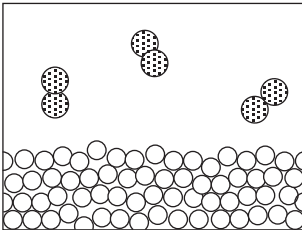
Nedan kan Du se modeller av fyra händelser FÖRE och EFTER förändring. De ofyllda cirkelarna avser ÄMNE A. De mönstrade cirkelarna avser ett annat ämne.

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: \_\_\_\_\_

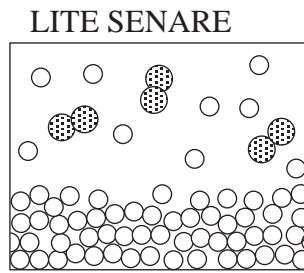
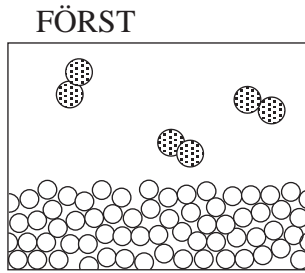
Ämne A har

mottagit energi

avgett energi

varken mottagit eller avgett energi

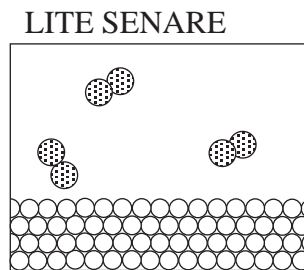
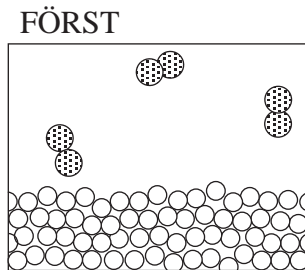
jag vet ej



Överg: \_\_\_\_\_

Ämne A har

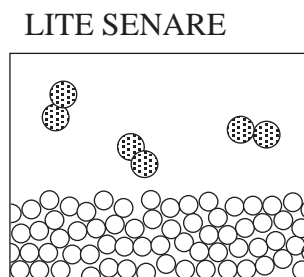
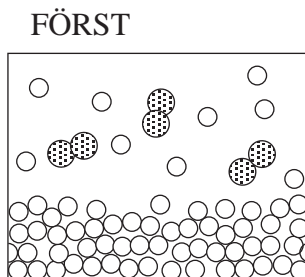
- mottagit energi
- avgett energi
- varken mottagit eller avgett energi
- jag vet ej



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

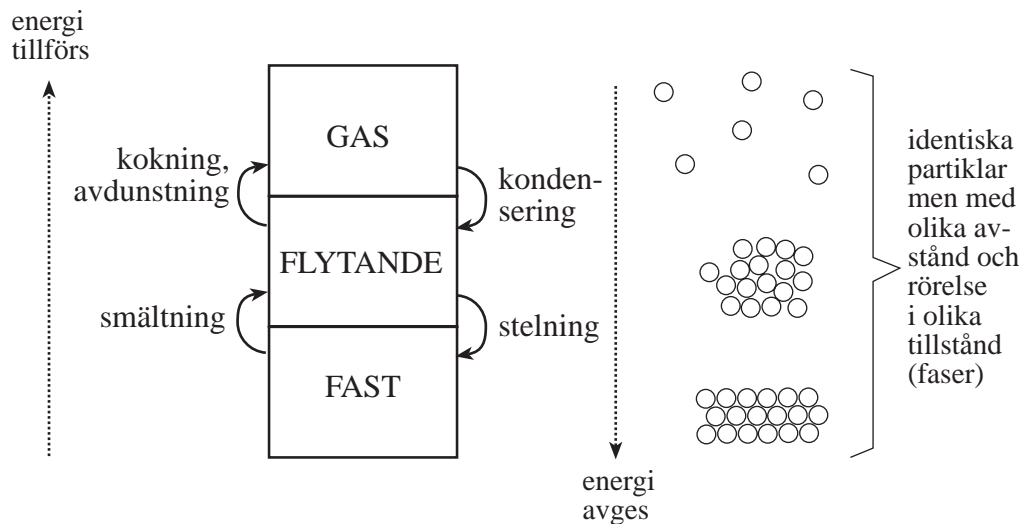
### UPPGIFT 1

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 ämnen<sup>3</sup>, 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 H<sub>2</sub>O. 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 förekommer 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.<sup>4</sup>

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,

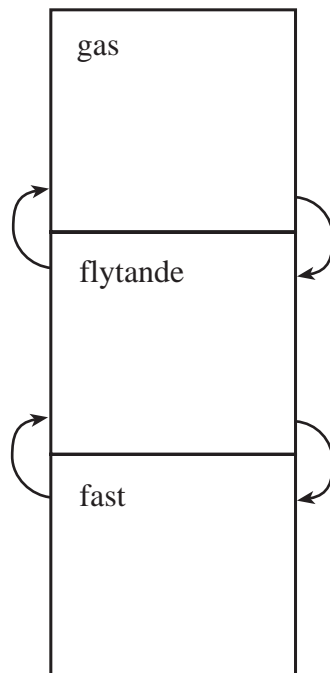
som kan gå samman och bilda en vårflood. Kondensation – det blir dagg i gräset, det bildas dimma och moln. Vatten kokar – i kastrullerna på spisen och i kärnkraftverk på olika håll i världen. Även andra ämnen genomgår fasövergångar. Lösningssmedel avdunstar från lim och lacker. Freon avdunstar eller 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, imma, 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 skridskoåkning<sup>5</sup> 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'.<sup>6</sup> 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'<sup>7</sup>.

#### Luftens existens

Piaget<sup>8</sup> 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 undervisning<sup>9</sup>. 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.

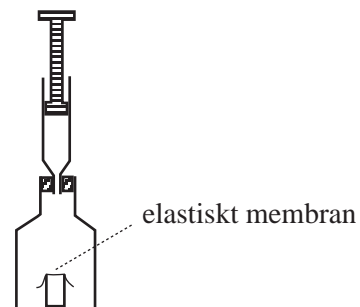
### Att skilja på massa och volym

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 eleverna<sup>10</sup> kunde göra detta i olika situationer, t. ex. när luften i en plasticspruta 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 överarmen<sup>11</sup>. 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 intervjustudie<sup>12</sup> 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 Zeeland<sup>13</sup> 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 temperatur<sup>14</sup>.

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 varmare<sup>15</sup>.

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'<sup>16</sup> och att en stor hög smältande is är kallare än en liten hög smältande is<sup>17</sup>.

### *Vad svarar elever i lägre åldrar?*

I en australiensisk undersökning<sup>18</sup> 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 kärls 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.<sup>19</sup>

### *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 jämviktslägen 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 elev 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 Nationalencyclopedin: 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, kunnskap 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 ämnesläraryrket, 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.

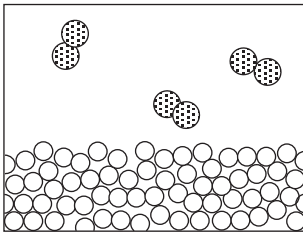
Vatten fräser i en het stekpanna	_____
Det blir is på sjön	_____
Den regnvåta asfalten torkar	_____
Det bildas en klar vätska runt veken i ljuset som brinner	_____
Det blir droppar på saftflaskan efter det att den tagits ut ur kylan	_____
Den förut blöta handduken känns nu torr	_____

### Fråga 3. Vad visar partikelbilderna?

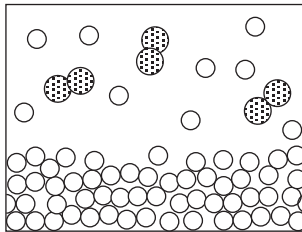
Nedan kan Du se hur några mycket små områden (4st) ser ut FÖRST och LITE SENARE. Ofyllda cirklar betecknar atomer av ett slag, fyllda cirklar betecknar atomer av ett annat slag, mönstrade cirklar atomer av ett tredje slag. Du lägger märke till att det hänt saker i varje område. Frågan är vad.

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

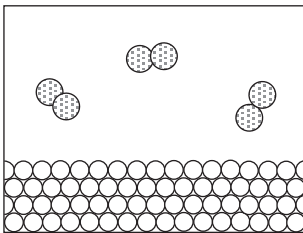
FÖRST



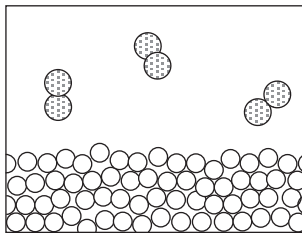
LITE SENARE



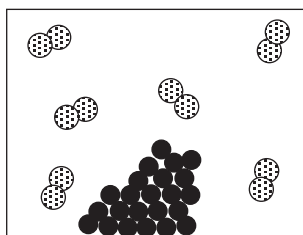
FÖRST



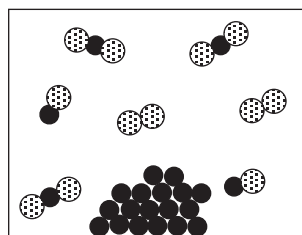
LITE SENARE



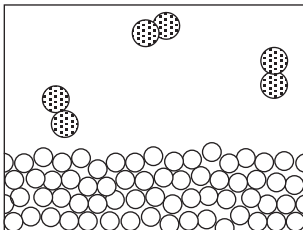
FÖRST



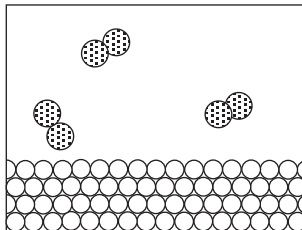
LITE SENARE



FÖRST



LITE SENARE

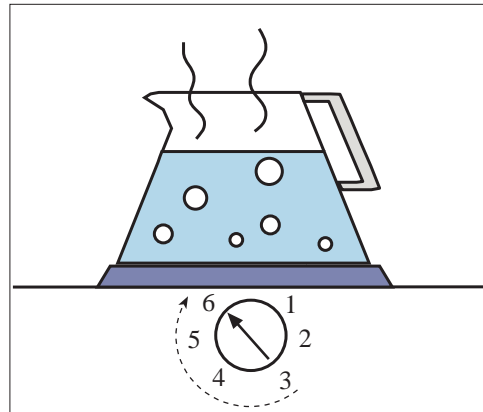




**Fråga 4. Från trean till sexan.**

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

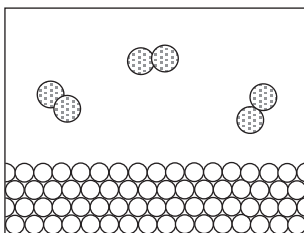
Förklara ditt svar!

### Fråga 6. Energi till eller från ämnet?

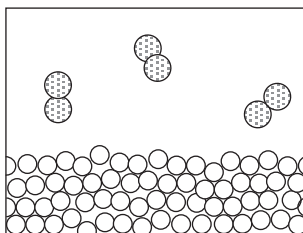
Nedan kan Du se modeller av fyra händelser FÖRE och EFTER förändring. De ofyllda cirklarna gäller ÄMNE A. De mönstrade cirklarna gäller ett annat ämne.

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

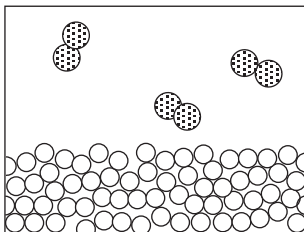


Överg: \_\_\_\_\_

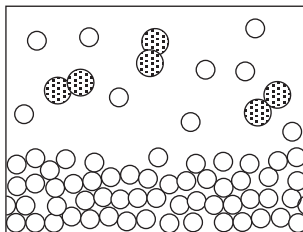
Ämne A har

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

FÖRST



LITE SENARE

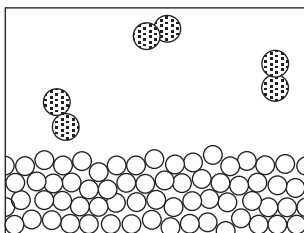


Överg: \_\_\_\_\_

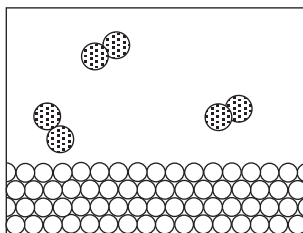
Ämne A har

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

FÖRST



LITE SENARE

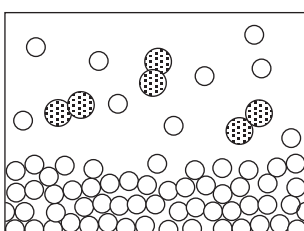


Överg: \_\_\_\_\_

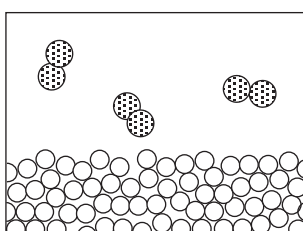
Ämne A har

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

FÖRST



LITE SENARE



Överg: \_\_\_\_\_

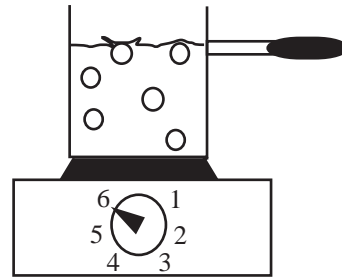
Ämne A har

- 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 ELEVUPPGIFTER<sup>1</sup>****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
<b>Vattenånga</b>	<b>28</b>	<b>50</b>	<b>48</b>	<b>30</b>	<b>23</b>
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
<b>Alla rätt</b>	<b>37</b>	<b>49</b>	<b>44</b>	<b>17</b>	<b>11</b>

<sup>1</sup> 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 iskristallbindningarna	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 3<sup>2</sup>

## 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"> <li>1. Före upphettning</li> <li>2. I början av upphettningen</li> <li>3. Efter två minuters upphettning</li> <li>4. Efter upphettningen då lågan tagits bort.</li> </ol>	
---	--

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 vattenfylls fullständigt |

<sup>2</sup> 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				



*WORKSHOP 4*

*BLANDNING, LÖSNING OCH  
VATTNETS KRETSLOPP*



---

## *BLANDNING, LÖSNING OCH VATTNETS KRETSLOPP*

---

Workshopen inleds med en fråga om vilka samband som eventuellt finns mellan mål angående blandning och lösning och andra mål i olika kursplaner. Sedan följer tre experimentella uppgifter som belyser olika aspekter av hur ämnen löser sig i vatten, samt en uppgift som kan stimulera eleverna att koppla samman den globala vattencykeln och begreppet lösning. Därefter ges några exempel på blandningar och lösningar och hur de teoretiskt kan förstås med hjälp av den dynamiska partikelmodellen. Vidare beskrivs några undersökningar av hur elever förklarar lösningsförlopp och energiomvandlingar i anslutning till dessa. Slutligen diskuteras ett tankemönster som betonar kopplingen mellan å ena sidan vattencykeln, å andra naturen och samhället.

### *KAN MÅL HJÄLPA VARANDRA?*

Då man studerar mål som finns i olika kursplaner för naturvetenskapliga ämnen får man lätt en 'katalogkänsla'. De olika målen framträder som mer eller mindre omfattande listor. Detta kan i sin tur fresta till ett 'avbockningstänkande', dvs. att undervisningen avverkar målen ett efter ett.

Men målen i olika listor hänger på olika sätt samman. En anledning härtill är att naturvetenskapliga begrepp bildar nätverk. Nya begrepp definieras med hjälp av redan införda. Begreppen så att säga hjälper varandra. En annan anledning är att begrepp förekommer i olika sammanhang. Exempelvis används energibegreppet i såväl fysik, som i biologi och kemi. Begreppet från kemin brukas ofta i biologin.

Naturvetenskaplig kunskapsutveckling är därför inte bara att lära sig nya begrepp och teorier, utan också att upptäcka och använda länkar mellan kunskapsbitar. Att på ett enkelt sätt uttrycka detta i måldokument är kanske inte så lätt.

Här följer en uppgift som förhoppningsvis leder till att den beskrivna problematiken bearbetas.

## *UPPGIFT 1*

Blandning och lösning nämns på några få ställen i kursplanerna för grundskola och gymnasium:

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| grundskola<br>år 5, kemi | – känna till några olika slags blandningar och lösningar  |
| grundskola<br>år 9, kemi | – ha kunskap om vattnets egenskaper och kunna beskriva dess roll som lösningsmedel och transportmedel i mark och växter |

A. Försök upptäcka och beskriva kopplingar mellan dessa två mål och följande fyra:

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| grundskola<br>naturorientering | – utvecklar sin förmåga att se hur den mänskliga kulturen påverkar och omformar naturen   |
| grundskola<br>kemi             | – utvecklar sin förståelse av materiens oförstörbarhet, omvandlingar, kretslopp och spridning   |
| grundskola<br>kemi             | – ha kunskap om de viktigaste kretsloppen i naturen samt kunna beskriva några spridningsprocesser för materia i luft, vatten och mark                                     |
| gymnasium<br>naturkunskap      | – utvecklar sina kunskaper om människan som en del av naturen och det ekologiska sammanhanget samt om kretsloppstänkandets roll för att minska samhällets miljöbelastning |

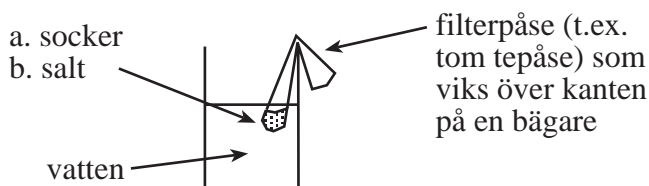
B. Använd ditt svar på A till att tänka ut motiv för att undervisa om blandningar och lösningar!

## EXPERIMENTELLA UPPGIFTER

Här följer tre experimentella uppgifter med avsikten att ge läsaren/deltagaren tillfälle att upptäcka och diskutera olika aspekter av blandning och lösning.

### UPPGIFT 2

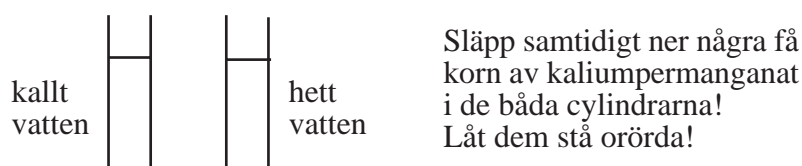
- Förutsäg, observera och beskriv växelverkan enligt figuren nedan mellan i tur och ordning
  - vatten och socker
  - vatten och koksalt



- Förklara observationerna på makronivå och molekylär nivå!
- Diskutera dina svar på 1. och 2. med dina kollegor/kurskamrater!
- Vad händer om de erhållna vätskorna får stå orörda länge i flata skålar?
- Diskutera vad eleverna i grundskolan respektive gymnasieskolan behöver kunna för att tillfredsställande förklara sina observationer under experimentet!

### UPPGIFT 3

- Förutsäg, observera och beskriv växelverkan mellan kaliumpermanganat och vatten vid två olika temperaturer enligt figuren nedan!



- Förklara dina observationer på makronivå och molekylär nivå!
- Diskutera dina svar på 1. och 2. med kollegor/kurskamrater!
- Vad händer om du låter cylindrarna stå något dygn utan att röra dem?
- Diskutera vad eleverna i grundskolan respektive gymnasieskolan behöver kunna för att tillfredsställande förklara sina observationer under experimentet!

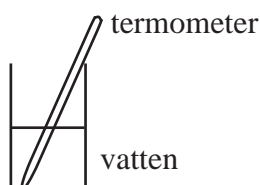
### UPPGIFT 4

1. Förutsäg, observera och beskriv växelverkan enligt figuren nedan mellan i tur och ordning

- vatten och natriumklorid
- vatten och natriumhydroxid
- vatten och natriumtiosulfat<sup>1</sup>

Blanda i tur och ordning

- natriumklorid,
  - natriumhydroxid
  - natriumtiosulfat
- med vatten i tre olika bägare.



Mät temperaturen i samtliga fall. Förklara skillnaderna!

- Förklara dina observationer!
- Diskutera dina svar på 1. och 2. med kollegor/kurskamrater!
- Diskutera vad eleverna i grundskolan respektive gymnasieskolan behöver kunna för att tillfredsställande förklara sina observationer under experimentet!

### UPPGIFT 5

- Vilka olika aspekter av blandning och lösning har du och dina kollegor/kurskamrater tillsammans upptäckt eller tänkt på vid genomförande av uppgift 2, 3 och 4?

### UPPGIFT 6

Vid den svenska nationella utvärderingen 1998 gavs följande fråga till 390 elever i skolår 9 och 450 i år 3 gy:<sup>2</sup>

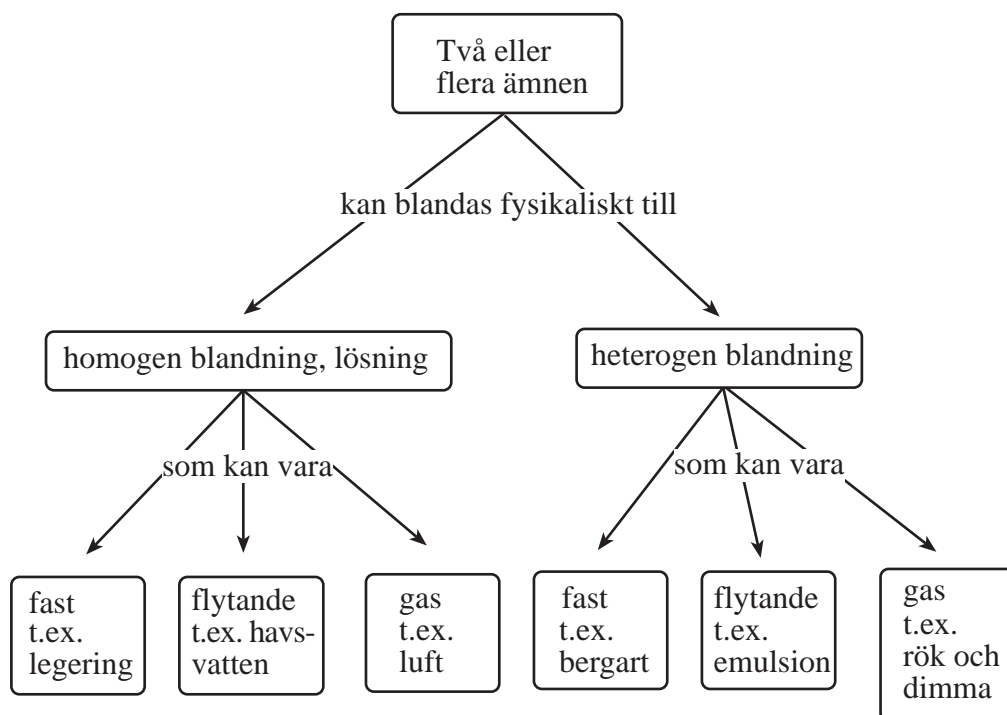
På vår jord finns hav och kontinenter. Om dessa brukar man säga att haven vattnar kontinenterna och att kontinenterna förser haven med näringsämnen. Förklara hur detta hänger ihop så noga du kan.

- Hur skulle du svara på denna fråga?
- Vilken nytta skulle eleverna kunna ha av kunnande om olika aspekter på blandning och lösning då de besvarar frågan om hav och kontinenter?

## NÅGRA EXEMPEL PÅ BLANDNINGAR

### Makroskopisk beskrivning

Två eller flera ämnen kan fysikaliskt blandas till homogen eller heterogen blandning<sup>3</sup> enligt följande begreppskarta: (Se även workshop 5 om Ämnen)



Figur 1. Olika typer av blandningar

Alla dessa typer av blandningar förekommer på olika håll i vår omgivning. Guld kan legeras med koppar för att bli hårdare. När regnvatten tränger ner i jordlagren och berggrunden sker viss upplösning och det bildas grundvatten. Luftens syre löser sig i vatten, i bäckar, sjöar och hav och möjliggör där liv för fiskar och andra djur. Då vinden sveper över ett fält med t.ex. dill, blandas luften med osynliga doftämnen. I bergarten granit kan man urskilja mineralen kvarts, glimmer och fältspat som olivfärgade korn. Mjölks innehåller emulgerat fett. Vid ofullständig förbränning av olja bildas en blandning av förbränningsprodukter, rök, som innehåller många gasformiga ämnen i blandning med fast sot. I synnerhet de heterogena blandningarna kan vara svåra att klassificera som fasta, flytande eller gasformiga. T.ex. blandas finfördelat kol med luft och förbränns i en virvelbädd. Sand, grus och cement blandas med vatten till en tjockflytande uppslamning, som kan pumpas i tjocka rör och som efterhand hårdnar till betong.

Vatten har en särställning som lösningsmedel genom att det finns så rikligt i naturen, är nödvändigt för allt liv och ingår i de globala kretsloppen. Vatten har stor betydelse i alla organismer både genom att lösa alla nödvändiga ämnen och genom att transportera dem. På vårt klot löser eller slammar vatten upp mineral,

humusämnen och andra ämnen och transporterar dem. Människan utnyttjar vattentillgångar både för att få bruksvatten till hushåll, samhälle och industri och för att 'göra sig kvitt' avloppsvatten. Vatten verkar modererande på jordens temperatur men kan även användas som värmeöverföringsmedium och för att moderera temperaturen i tekniska system.

### *Teoretiska förklaringar*

#### Dynamiska partikelmodellen

Om man exempelvis betraktar ett glas vatten och en bit socker, så förefaller de båda ämnena mycket stillsamma. Därför kan man förvisso förundra sig över att om man lägger sockret i vatten, så löses det efter ett tag i vattnet 'av sig själv'.

Men om man påminner sig den dynamiska partikelmodellen, beskriven för fast, flytande och gasformigt tillstånd i NORDLAB-workshopen 'Materiens faser', så får man en mekanism för vad som händer. Atomer, molekyler och joner är i ständig rörelse och om två ämnen bringas i kontakt, så kolliderar de atomära partiklarna med varandra, vilket kan leda till att ett ämne löser sig i ett annat. Exempelvis börjar de relativt lättlösliga vattenmolekylerna tränga in mellan sockermolekylerna, vilket sätter igång en lösningsprocess.

#### 'Lika löser lika'

Hur två ämnen växelverkar med varandra vid blandning beror på ämnens egenskaper. Populärt brukar detta anges i satsen 'Lika löser lika'. För att lösa ett ämne, som är polärt eller som är uppbyggt av joner, måste man använda ett polärt lösningsmedel, oftast vatten. I en polär molekyl är elektronfördelningen sådan att det finns ett eller flera negativt laddade ställen (där elektronernas och protonernas laddning inte fullt tar ut varandra utan det finns lite överskott av negativ laddning) samt ett eller flera positivt laddade ställen (med lite överskott av positiv laddning). Om tyngdpunkten för de negativa och de positiva laddningarna är skilda från varandra kallas molekylen för dipol. En sådan molekyl är nettoelektriskt oladdad men de positiva och negativa ställena på olika molekyler attraherar varandra och får till följd att molekylerna blir bundna till varandra med dipol-dipolbindningar. En dipol kan även bindas till en jon och vänder då ändan med positiv laddning mot en negativ jon och tvärtom.

Molekyler som saknar permanent laddningsfördelning kallas opolära. För att lösa ett opolärt ämne, t.ex. fett, måste man använda ett opolärt lösningsmedel, t.ex. ett kolväte, eller en blandning av opolära ämnen, t.ex. bensin. En opolär molekyl saknar permanent positiv och negativ ända. Men elektronerna rör sig så att det tillfälligt förekommer positiv och negativ ända. Detta gör att molekylerna kan attraheras till varandra med svaga bindningar, s.k. van der Waalskrafter<sup>4</sup>

Vatten har unika egenskaper som lösningsmedel. Detta förklaras genom den naturvetenskapliga modellen av vattens molekylära uppbyggnad med två väteatomer bundna i vinkel till en syreatom, vilket ger en polär molekyl, en dipol

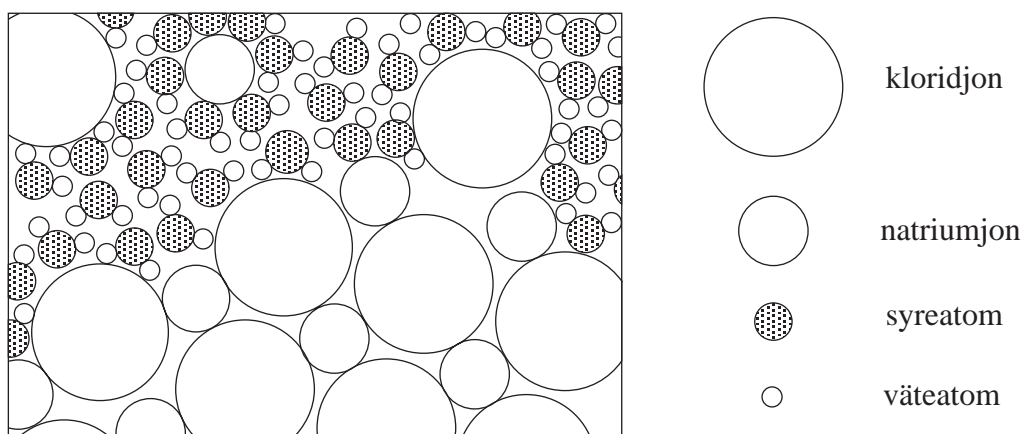


med en positivt och en negativt laddad ända. Vattenmolekylerna attraherar varandra och binds till varandra med en speciell typ av dipol-dipolbindningar som kallas vätebindningar. Dessa växlar allteftersom vattenmolekylerna rör sig om varandra. En viss vattenmolekyl är alltså inte permanent bunden till en viss annan vattenmolekyl.

#### Detaljbeskrivning av hur koksalt löses i vatten

På atomär nivå kan man betrakta upplösning som en växelverkan mellan partiklar i rörelse. Då t.ex. natriumklorid löses i vatten, knuffas och lyfts natriumjoner och kloridjoner ut bland vattenmolekylerna genom att den positiva natriumjonen binds till den negativa ändan av flera vattenmolekyler och den negativa kloridjonen binds till den positiva ändan av andra vattenmolekyler med jon-dipolbindningar. Gittret av natrium- och kloridjoner faller efter hand sönder. Det bildas s.k. hydratiserade natriumjoner och hydratiserade kloridjoner som, genom att alla partiklarna ständigt kolliderar med varandra, så småningom sprids ut jämnt bland de andra vattenmolekylerna.

Det sagda illustreras av figur 2. Notera skillnaden i vattenmolekylernas orientering omkring den frigjorda natriumjonen respektive det två frigjorda kloridjonerna.<sup>5</sup>



Figur 2. Illustration av växelverkan mellan natriumklorid och vatten.

De vattenmolekyler, som inte är engagerade i jon-dipolbindningar binds till varandra med vätebindningar. När man försöker lösa mer och mer natriumklorid i vattnet nås så småningom en mättnad, där fast natriumklorid blir liggande på botten i kärlet. Alla vattenmolekylerna är då bundna antingen till natriumjoner eller till kloridjoner och det finns inga vattenmolekyler 'lediga' för att lösa mer. Lösningen har blivit mättad. Men eftersom alla partiklar är i ständig rörelse handlar det om ett jämviktsläge, där det sker ett ständigt utbyte av partiklar mellan lösningen och den fasta fasen.

### Fett och vatten

Om man försöker lösa fett i vatten uppstår inga motsvarande bindningar mellan fettmolekyler och vattenmolekyler. Vattenmolekylerna fortsätter att vara bundna till varandra med vätebindningar och fettmolekylerna fortsätter att vara bundna till andra fettmolekyler med huvudsakligen van der Waalsbindningar. Det finns inga polära ställen på fettmolekylerna som skulle kunna bindas till de polära vattenmolekylerna annat än högst tillfälligt. Man kan dock tänka sig att det sker ett fåtaligt utbyte av molekyler i gränsskiktet mellan fett och vattnet genom att enstaka fettmolekyler har så hög rörelseenergi att de kan ta sig in bland vattenmolekylerna. På motsvarande sätt kan enstaka vattenmolekyler ta sig in bland fettmolekylerna. En fettmolekyl, som hamnat bland vattenmolekyler tränger undan ett visst antal vattenmolekyler. Eftersom fett har lägre densitet än vatten borde massan av denna fettmolekyl vara lägre än massan av de undanträngda vattenmolekylerna. Om man tänker sig att Archimedes princip<sup>6</sup> gäller även i den lilla skalan skulle fettmolekylen knuffas en aning hårdare uppåt än nedåt. Genom de ständiga kollisionerna och genom att den inte binds av vattenmolekylerna så knuffas den så småningom tillbaks till de andra fettmolekylerna där den kan bindas. På motsvarande sätt återförenas en vattenmolekyl, som hamnat bland fettmolekyler, med de andra vattenmolekylerna

### Löslighet

Lösligheten av ett ämne i ett annat ämne (ofta kallat lösningsmedel) beror på de två ämnenas egenskaper och därmed möjlighet att växelverka så att en lösning bildas, och oftast också på temperaturen. Om det finns en viss löslighet sker upplösning av ämnet tills lösningen är mättad. Det upplösta ämnet sprids ut i lösningen genom ständiga kollisioner (sett på atomär nivå) mellan de upplösta partiklarna och lösningsmedlets partiklar. Spridningen sker även om ingen som helst omrörning sker, men den tar då tämligen lång tid.

Upplösningshastigheten kan ökas genom att kornstorleken minskas varvid kontaktytan mellan ämnet och lösningsmedlet ökas. Den kan även ökas genom att röra om i blandningen och genom att höja temperaturen.

### Energiutbyte vid upplösning

Upplösning klassificeras som en fysikalisk process därför att de deltagande ämnena kan återvinnas genom fysikaliska metoder som destillation och kristallisation. Men själva upplösningssprocessen kan ses som ett kemiskt fenomen genom att en del bindningar upphör att existera och andra etableras i deras ställe. Därvid ändras temperaturen i systemet i de flesta fallen. Vilka temperaturförändringar kan ske vid upplösning? Teoretiskt kan man se på upplösning av ett ämne i ett annat som tre fiktiva delprocesser<sup>7</sup> nämligen separering av partiklarna som bygger upp det upplösta ämnet respektive lösningsmedlet och därefter återförening av de separerade partiklarna :

- 1a. Partiklarna (atomer, joner eller molekyler) i det ena ämnet skiljs och avlägsnas från varandra genom att bindningarna mellan dem bryts. Detta kräver tillförsel av energi.
- 1b. Partiklarna (atomer, joner eller molekyler) i det andra ämnet skiljs och avlägsnas från varandra genom att bindningarna mellan dem bryts. Detta kräver också tillförsel av energi.
2. Partiklarna från steg 1a och steg 1b växelverkar för att bilda lösningen. Därvid etableras nya bindningar mellan de två ämnenas partiklar. Vid denna process avges energi.

Om energin i steg 2 är större än i steg 1a + 1b, sker en nettoavgivning av energi i systemet och temperaturen ökar (exoterm upplösning).

Om energin i steg 2 är mindre än i steg 1a + 1b sker en nettoupptagning av energi i systemet och temperaturen sjunker (endoterm upplösning).

Dessa steg kan inte urskiljas makroskopiskt vid en upplösning utan sker samtidigt.

### *Separation av blandningar*

I vardagen råkar man ibland ut för separation av blandningar t.ex. att sirapen eller marmeladen har sockrat sig. Eller att drycken i den kvarglömnda öppnade läskedrycksflaskan har fått en fadd smak när kolsyran inte längre finns kvar. Eller att man försöker tvätta bort en fläck på tyg och inte sällan får en ful ring runt stället där fläcken varit.

Men separation av olika ämnen i en blandning är också något som kemister och många typer av industrier sysslar med. Separation av blandningar kan t.ex. ske med mekaniska metoder som filtrering, centrifugering eller flotation. Den kan ske med metoder som bygger på avdunstning och kristallisation eller metoder som bygger på upprepad avdunstning och kondensation (destillation). Separation kan även ske med kromatografiska metoder där en bärarvätska eller -gas drar med sig de upplösta ämnena på ett bärrmaterial i olika hastighet beroende på ämnens och bärrmaterialens egenskaper.

I princip är separation motsatsen till blandning och upplösning och de teoretiska resonemangen blir också i princip de motsatta. Men även fasövergångar som avdunstning och kondensation är i spel vid flera typer av separationer.

### *UPPGIFT 7*

1. Freoner, dvs. fluorklorkolväten, ansågs länge harmlösa och användes som värmeöverföringsmedel i kylskåp och frysskåp. Freoner är numera förbjudna sedan man kunnat visa att de förekommer i yttersta atmosfären och där medverkar till nedbrytningen av ozon. Förklara på molekylär nivå spridningen av freon upp genom atmosfären.
2. Om en guldring blir liggande i en silverskål i årtal kan guldatomer påvisas i silverytan. Förklara detta fenomen på atomär nivå!
3. Salt kan tillverkas i varmare länder genom att valla in havsvatten och låta det stå i stora saliner. Förklara på atomär nivå hur salt kan bildas!

### *ELEVUPPFATTNINGAR*

Det finns relativt få undersökningar av hur elever förklarar vad som händer vid olika lösningsprocesser. Den allmänna bild som framträder då man studerar dessa är följande:

- Förklaringar med hjälp av vardagsbegrepp är vanliga och påtagligt situationsberoende. Gemensamt för många svar av denna typ tycks dock vara att materia uppfattas som kontinuerlig.
- En hel del svar innehåller vetenskapliga begrepp, som dock ofta används på ett sätt som inte är förenligt med 'vetenskapens ståndpunkt' eller ger en ofullständig förklaring. Dessa svar bör, anser vi, tolkas positivt som tecken på att eleverna försöker använda skolkunskaper. Den som vågar sig på sådana försök ökar sina möjligheter att lära sig skolans naturvetenskap.
- Det är förhållandevis få svar som tyder på en integrerad vetenskaplig förståelse.

Förutom dessa allmänna drag finns intressanta detaljer att lägga märke till. Ett exempel är den inte ovanliga uppfattningen att energi frigörs då bindningar mellan atomer bryts.

Här följer några exempel på undersökningar och deras resultat.

### *Fokus på lösningsprocessen*

#### En spansk studie

I en spansk intervjuundersökning fick drygt 300 elever, 11-14 år, svara på öppna frågor om 'att lösa upp ett ämne i ett annat', om 'hur det upplösta ämnet i lösningen kan ritas upp', om 'situationer med upplösning' och om 'exempel på lösningar'.<sup>8</sup>

Cirka 80 % anser att man måste göra något för att ett ämne ska lösa sig – blanda, tillsätta, röra om, skaka, upphetta etc. Ämnet som löses upp kan enligt eleverna därvid smälta, brytas upp, försvinna, eller lösas upp. Detta sätt att tänka stämmer överens med uppfattningen att materia är kontinuerlig och statisk. Om man har denna uppfattning är det svårt att tänka sig att två ämnen i kontakt 'av sig själva' tenderar att tränga in i varandra. Därför behöver en yttre agent införas som påverkar ämnena, dvs. någon som skakar, rör om m. m. I linje med detta noteras att två tredjedelar av de äldre elevernas teckningar har tolkats som uttryck för en uppfattning av materia som kontinuerlig.

Med ökande ålder kommer fler svar, som har med ämnenas egenskaper att göra och med växelverkan mellan ämnena. Ungefär en tredjedel av de äldre eleverna antyder att växelverkan är av kemisk natur och att det bara blir ett ämne kvar med bådas egenskaper eller också ett helt nytt ämne.

Elevernas uppfattningar om lösningar emanerar till stor del från vardagliga sammanhang t. ex. socker i kaffe/te/vatten/mjölk eller salt i vatten. För merparten elever begränsar sig fenomenet upplösning till att gälla fasta ämnen i vätskor. Några få äldre elever nämner mjölk i vatten, ännu färre målarfärg och lösningsmedel. Terminologin, som eleverna använder, refererar till vardagslivet. Få naturvetenskapliga uttrycksätt används.

#### En svensk pilotstudie

Följande uppgift som getts 1995 till elever i grundskolans åk 8 och på gymnasieskolans N och T-program:<sup>9</sup>

##### **Lisa och sockret**

A. Lisa lägger en sockerbit i ett glas fyllt med kallt vatten och observerar noggrant innehållet i glaset. Efter 20 minuter ser hon nästan inget socker längre. Förklara så noggrant du kan vad som har hänt!

B. Hon lägger sedan en sockerbit i ett glas fyllt med varmt vatten och observerar noggrant innehållet i glaset. Efter 5 minuter ser hon nästan inget socker längre. Förklara så noggrant du kan varför det tar kortare tid när vattnet är varmt!

Här följer ett antal svar på A-uppgiften:

- Sockret löses upp (åk 8)
- Sockret fräts sönder långsamt (åk 8)
- Sockret smälter i vattnet därför att det 'löses upp' av vattnet dvs. det försvinner bara. Sockerbiten suger upp vattnet ungefär som en tvättsvamp och när vattnet tränger in i sockerbiten så löses sockerkornen upp. (åk 8)
- Socker är ett vattenlösligt ämne, och eftersom det är det, så är det ju självklart att sockerbiten försvinner. När ett ämne är vattenlösligt, så blir det så små atomer, att de inte syns i vattnet. (åk 8)
- Socker kan lösas i vatten, och efter en stund i vattnet har sockerbiten lösts upp. Vattenatomerna och sockeratomerna har satts ihop med varandra till molekyler. Lösningen i glaset smakar sött. (åk 8)
- Kallt vatten innehåller lite energi som kan överföras till atomerna. Får atomerna ingen energi hoppar inte atomerna runt och bildar nya molekyler. Upplösningen går långsammare. (gy)
- Sockret har lösts upp i vattnet och reagerat med H och O<sub>2</sub> molekylerna. (gy)
- Jag tror att molekylerna i vattnet försöker arbeta sig in i sockerbiten. Vattnet är så kallt så molekylerna jobbar inte så fort. Men de jobbar flitigt. När vattnet kommer in i sockerbiten så löses sockerbiten upp. Och den syns inte mer, men sockerbiten finns fortfarande kvar men den sitter inte ihop längre. Man kan inte se sockerkornen från sockerbiten för de är små. (åk 8)
- Sockret löser sig lättare i varmt vatten än i kallt vatten för att sockermolekylerna rör sig saktare i kallt vatten därför tar det längre tid för sockret att lösa sig i kallt vatten. (åk 8)
- Jag antar att sockret har lösts i vattnet som då har blivit en homogen blandning av socker och vatten. Detta betyder att kolhydratmolekylerna har lagt sig i mellanrum mellan H<sub>2</sub>O-molekylerna och på så sätt blandats. (gy)
- Sockret har löst sig i vattnet. C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>. Vattnet är en dipol och då rörsocker är bundet med vätebindning (VäteSyre) så är de bindningarna väldigt lika i både styrka och slag. Likheten gör att vattendipolerna kan dra loss molekyl för molekyl av sockret tills hela sockerbiten är upplöst. Lösningen är homogen. (gy)

Och här följer ett antal svar på B-uppgiften:

- Sockret har löst upp sig i vattnet. Sockret löser sig snabbare i varmt vatten. (åk 8)
- Det varma vattnet är starkare än det kalla vattnet så att det varma vattnet delar sockerbiten snabbare. (åk 8)
- Därför att det varma 'smälter' ner sockret snabbare än det kalla vattnet, och sockerbiten suger upp det varma vattnet snabbare än det kalla vattnet. När det varma vattnet tränger in i sockerbiten så 'kokar' sockret bort, dvs. så smälter det varma vattnet sockerbiten. (åk 8)
- För värmen fungerar som en katalysator som påskyndar reaktionen då sockret löses upp (gy)

- Sockerbiten måste lösas fortare i det varma vattnet. Det varma vattnet måste fräta på sockerbiten så att den sönderdelas och kan då lösas lättare. Vattenatomerna o sockeratomerna löser sig i varandra. Det vattnet man får smakar gott. (åk 8)
- När vattnet är varmt tillförs mer energi till atomerna i lösningen. Dessa får då lättare att hoppa mellan varandra och bilda nya molekyler. (gy)
- När ett ämne blir varmare ökar dess avstånd mellan molekyler. Detta gör att det blir lättare för ett annat ämne att lösas (få plats mellan molekyler), om det är varmare vatten (eller nåt annat ämne över huvud taget). Man säger att lösligheten ökar med temperaturen. Detta gör att det går snabbare. (gy)
- Partiklarna i det varma vattnet rör sig snabbare och luckrar upp sockret snabbare. (åk 8)
- Ju varmare vattnet är desto mer rör sig molekyler, då är det ju lättare för sockermolekyler att tas upp och blandas med vattenmolekyler. När vattnet är kallt står molekyler nästan still, det går ju därför långsammare för sockerbiten att lösas. (åk 8)
- Anledningen till att det här går snabbare är att det i en varmare vätska finns en större inbördes rörelse mellan molekyler vilket gör att fler molekyler kommer i kontakt med sockerbiten snabbare vilket leder till att den löses upp fortare än vid A. (gy)
- Vid högre temperatur har molekyler högre hastighet och vattnet bombarderar alltså sockret med högre hastighet. Då fler vattenmolekyler kommer i kontakt med socker på samma tid som innan kan vattnet dra loss fler sockermolekyler. Ju högre temperatur lösningsmedlet har ju högre löslighet av fasta ämnen och mindre löslighet för gaser. (gy)

### *UPPGIFT 8*

1. Vilket innehåll anser du att ett bra svar på uppgiften 'Lisa och sockret' ska ha i skolår 9? På gymnasiet N/T-program?
2. Försök att karaktärisera/kategorisera elevsvaren!

### En kanadensisk undersökning

I en kanadensisk studie har 13 kemielever i 'grade 11' (16-17 år) intervjuats med utgångspunkt från tre konkreta situationer.<sup>10</sup>

1. En sockerbit lades i en bägare med hett vatten. Den observerades under någon minut, varefter följande frågor ställdes: (a) Vad kan ha hänt med sockret? (b) Kan du rita en bild som beskriver vad som kan ha hänt med sockret? Uppföljande frågor gällde bl. a. vad eleven menade med ord som smälta, försvinna, brytas ned, blanda, partikel m. fl.

2. Alkohol hälldes i en flaska med vatten och blåfärgades med en droppe livsmedelsfärg. Därefter tillfördes även målarthinner och flaskan tillslöts. Utgångsfrågorna var: (a) Varför blir det två lager? (b) Vad tänker du att det övre lagret består av?

3. Eleven fick se en tillsluten flaska med mättad koksaltlösning och koksaltkristaller på botten. De inledande frågorna var: (a) Varför finns det koksalt på botten av flaskan? (b) Finns det salt i vätskan som är i flaskan?

Det är betydande variationer i svaren mellan de olika uppgifterna, dvs. svaren är starkt situationsberoende.

System 1. Här har författarna infört två kategorier för att karaktärisera svaren. Den ena kallas 'Fysikalisk transformation från fast till flytande'. Eleven säger t. ex. att '*sockret har smält*' eller '*sockret har omvandlats till vätska*'. Den andra kategorin betecknas 'Kemisk transformation av det ämne som löses', t. ex. '*sockret och vattnet har kombinerats och blivit ett*' eller '*sockret har reagerat med vattnet och förenats med det*'.

Mot termerna 'fysikalisk och kemisk transformation' kan man invända att de ger ett intryck av att eleverna använder ett vetenskapligt tänkande då de svarar. Så är troligtvis inte alltid fallet. I en elevdialog som används för att illustrera kategorin 'kemisk transformation' säger eleven först att socker blandas, löser sig och att det är en lösning. Sedan säger hon att värmen smälte sockret och att det reagerade med vattnet och förenades med det. På frågan om det blivit ett nytt ämne säger hon med ett skratt att det har blivit sockervatten. Intervjuaren undrar då om det är någon skillnad på sockervatten och socker samt vatten. Eleven svarar ja, '*därför att socker inte är fast längre. Det har blivit gas. Det är mer som en vätska. Nånting i den stilen.*' Att karaktärisera detta svar som 'kemisk transformation' förefaller missvisande. I själva verket illustrerar dialogen hur svårt det kan vara att förstå innebörden i en elevs ord.

System 2. De flesta svaren har med densitet att göra som '*den hamnade överst som olja därför att den är lättare än vatten*'. Några svar gäller andra egenskaper hos thinner t.ex. '*därför att den inte har den beståndsdel, som blandas bra med vatten, beståndsdelens löser sig inte*'.



System 3. Här finns den största variationen i svaren. Förutom de fyra nämnda förklaringsmodellerna finns svar som '*kanske finns det inte tillräckligt utrymme i lösningen*'.

Liksom för de ovan nämnda spanska eleverna tycks den omedelbara perceptionen spela en stor roll för vilken typ av förklaringar, som de intervjuade kanadensiska eleverna ger. Typiskt är också

- att den intervjuades egna tidigare erfarenheter har avgörande betydelse
- att makroskopiska egenskaper överförs till att gälla även den atomära nivån
- att vardagspråket dominerar elevens förklaringar

Vissa begrepp som *partikel* användes i vardagen för att beteckna små korn, som är synliga för ögat, medan den vetenskapliga användningen av begreppet *partikel* avser atomer, joner eller molekyler. Eleverna tycks inte göra den distinktionen

### *Fokus på temperatur och energi*

I en sydafrikansk studie<sup>11</sup> har 17 kemiingenjörstudenter före undervisning intervjuats angående upplösning av olika salter i vatten. Upplösningen genomfördes konkret, och de studerande fick känna på respektive bägare. Det framgår inte tydligt hur samtalet mellan intervjuare och studerande kom igång. Man får intrycket att de studerande spontant började tala om energi, och att detta ledde till att intervjuaren ställde uppföljande frågor.

De tre system som användes i tur och ordning var följande (jämför uppgift 4 i detta häfte):

- A. Natriumklorid i vatten (temperaturen sjunker svagt, men det märks inte i handen)
- B. Natriumhydroxid i vatten (temperaturen stiger kraftigt, märks tydligt)
- C. Natriumtiosulfat (fixersalt, temperaturen sjunker kraftigt, märks tydligt)

Att förklara exempelvis varför temperaturen stiger kraftigt då natriumhydroxid löser sig i vatten kräver att en hel del kunnande integreras.

Tänk på systemet natriumhydroxid och vatten ('system NV'). Aktuella submikroskopiska partiklar är vattenmolekyler, natriumjoner och hydroxidjoner.

För att separera det partikelsystem som består av natrium- och hydroxidjoner krävs energi. Separeringen innebär en ökning av partikelsystemets potentiella energi, och energin kommer från rörelseenergi hos partiklarna i system NV. Energiöverföringen innebär alltså att rörelseenergin minskar, dvs. den bidrar till temperaturminskning.

Ett analogt resonemang gäller för systemet av vattenmolekyler, som är bundna till varandra med dipolbindningar. Vattenmolekylerna separeras också från varandra,

dvs. dipolbindningarna upphävs, vilket innebär en ökning av vattenmolekylsystemets potentiella energi, som också kommer från partiklarna i system NV och bidrar till en temperaturminskning.

Men då vattenmolekyler och saltjoner blandas uppstår nya bindningar. Då dessa bildas minskar den potentiella energin hos partiklarna i system NV. Den energi som därvid avges yttrar sig i form av ökad rörelse hos partiklarna i system NV.

Nettot i denna balansräkning blir ökad rörelse hos partiklarna i system NV, dvs. en temperaturhöjning. I fallet natriumtiosulfat och vatten är nettot minskad partikelrörelse, dvs. temperatursänkning.

Det finns en hel del underförstådd kunskap i detta resonemang. En viktig sådan är att välja rätt system för sitt tänkande, nämligen 'salt + vatten'. En annan är att känna till både att det finns intramolekylär och intermolekylär bindning, och kunna skilja dem åt. En tredje är att förstå att det krävs energi för att bryta bindningar.

Författarna anser sig ha funnit fyra svars kategorier, nämligen

- I. Du avger energi
- II. Vatten avger energi
- III. Saltet avger energi
- IV. Reaktionen avger energi

Det är 17 studerande som kommenterar 3 experiment var. Totalt finns 59 exempel på de fyra svars kategorierna, dvs. några elevers svar innehåller mer än en av de fyra kategorierna.

#### Du avger energi

Det är bara 3 exempel, från en och samma studerande, på kategori A, t. ex. att den som rör om tillför energi som orsakar en temperaturhöjning.

#### Vatten avger energi

Det finns 31 exempel på denna kategori. Vanligast är föreställningen att vattnet bryter bindningar i saltet. I en del fall beskrivs detta på submikroskopisk nivå som att vattenmolekylerna på grund av sin rörelse sönderdelar saltet. Det framgår inte av resultatbeskrivningen hur den energi som vattnet avger leder till temperaturändringar av system 'salt + vatten'.

Några studerande hävdar att lösningsprocessen leder till att vattenmolekylen delas upp i H och OH. När detta sker frigörs energi.

...det kommer att bli en separation i den här vattenmolekylen så att molekylen sönderdelas i OH och H. Och det är då som bindningarna i vattenmolekylen bryts där energi frigörs ... därför att den här bindningen mellan syre och väte är mycket stark så tror jag att vi får mycket energi när vi bryter den.

I ett fall noterar den studerande att energi frigörs även när natriumhydroxid delas upp i Na och OH, men påpekar att bindningarna mellan H och OH är väsentligt mycket starkare än dem mellan Na och OH, varför vatten är den huvudsakliga energikällan.

#### Saltet avger energi

Det finns 15 exempel på att saltet anges som energikälla. Inga av dessa gäller lösning av natriumtiosulfat i vatten. De flesta svar rör sig på den submikroskopiska nivån, och en hel del av dessa anger bindningar som källan, t. ex.:

Jag tror det är någon slags energi som är förknippad med bindningarna, och när dessa bryts så frigörs någon slags energi i vattnet, vilket resulterar i värmeenergi. Det är därför som temperaturen på vattnet stiger.

Samma elev förklarar skillnaden mellan svag och kraftig temperaturhöjning med partikelstorlek. Små partiklar har färre bindningar än stora.

Två andra exempel är följande:

Det blir varmare. Energi avges. När natriumhydroxid löser sig i vatten går den till en lägre energinivå och värme frigörs i form av värme.

I naturen försöker molekyler alltid nå lägsta energinivån så att de blir stabilare och natriumhydroxid är oerhört mycket stabilare när den är upplöst som två separata joner jämfört med när den är en kristall.

#### Reaktionen avger energi

Det finns 10 exempel i denna kategori. Av dessa gäller 7 natriumhydroxid i vatten och övriga natriumtiosulfat i vatten. I en del svar konstateras att en kemisk reaktion ägt rum mellan natriumhydroxid och vatten, och att den energi som då produceras gör att det blir varmare.

Det är nån sorts reaktion som äger rum mellan natriumhydroxid och vatten. Natrium reagerar med vatten exotermt.

Andra svar är mer utvecklade. En elev resonerade både om bindningar som bryts, och sådan som bildas. I fallet natriumhydroxid menar hon att det avges mer energi då bindningarna i saltet bryts, än den energi som krävs för att bilda nya bindningar. Detta leder till en temperaturhöjning. När det gäller natriumtiosulfatet är det tvärt om.

### *Kretslopp*

Vid den svenska nationella utvärderingen 1998 gavs följande fråga till 390 elever i skolår 9 och 450 i år 3 gy<sup>12</sup>.

#### **Haven och kontinenterna**

På vår jord finns hav och kontinenter. Om dessa brukar man säga att haven vattnar kontinenterna och att kontinenterna förser haven med näringsämnen. Förklara hur detta hänger ihop så noga du kan.

Resultatet framgår av tabell 1. För varje kategori anges först procentuella andelen elever för skolår 9, därefter motsvarande andel för år 3 gy. Varje elevsvar tillhör endast en kategori.

Tabell 1. 'Haven och kontinenterna.' Procentuell fördelning av elevsvar på kategorier. Skolår 9 och 3 gy.

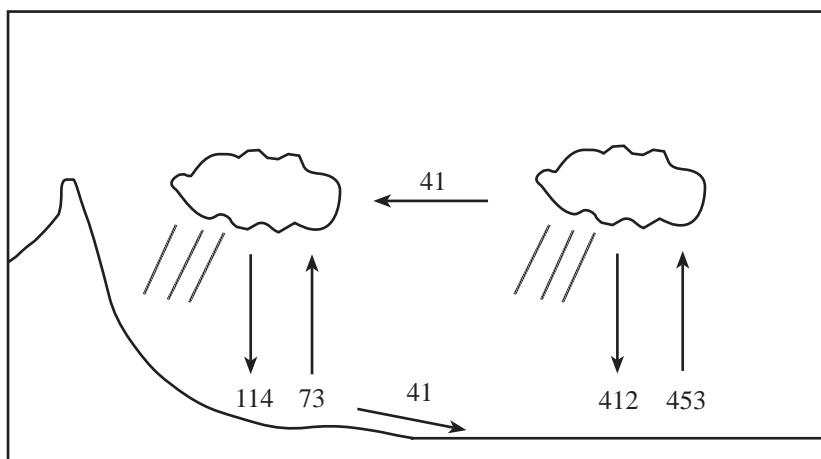
Kategori	Exempel på svar	skolår	
		9 (390)	3gy (450)
A. BERÖR BARA ATT HAVEN FÅR NÄRING	Näringen fraktas med vattnet till havet	3	2
B. BERÖR BARA ATT KONTINENTERNA FÅR VATTEN	Havet vattnar kontinenterna genom att vattnet i haven avdunstar och regnar sedan ner som regn	10	6
C. BERÖR BÅDE ATT HAVEN FÅR NÄRING OCH ATT KONTINENTERNA FÅR VATTEN, MEN UTAN KRETSLOPPSTÄNKANDE	Havets vatten dunstar och far upp i himlen sedan regnar det ner över kontinenterna och ger växterna det vatten de behöver för att växa.(= havet vattnar kontinenten) Kontinenten i sin tur för näring till havet genom t. ex. blommornas pollen som blåser ut i havet.	21	18
D. VATTENCYKEL, MEN UTAN NÄRING	Jordklotets yta täcks till 71% av vatten. Vatten byter hela tiden skepnad i ett ständigt kretslopp. Från hav till atmosfär och vidare via nederbörd till sjöar, floder och grundvatten tillbaka till havet igen. Solen är motorn i vattnets kretslopp.	3	4
E. VATTENCYKEL MED NÄRINGSTRANSPORT	När vattnet i havet avdunstar regnar det ner på kontinenterna och rinner ut i havet med en massa mineraler lösta i vattnet.	18	32
F. ÖVRIGT		8	10
G. EJ BESVARAT		35	24

### UPPGIFT 9

1. Vad är ett bra svar på uppgiften 'Haven och kontinenterna' i skolår 9? På gymnasiets N/T-program?
2. Hur vill du förklara det erhållna resultatet?
3. Hur värderar du resultatet? Bra? Mindre bra? Motivera!

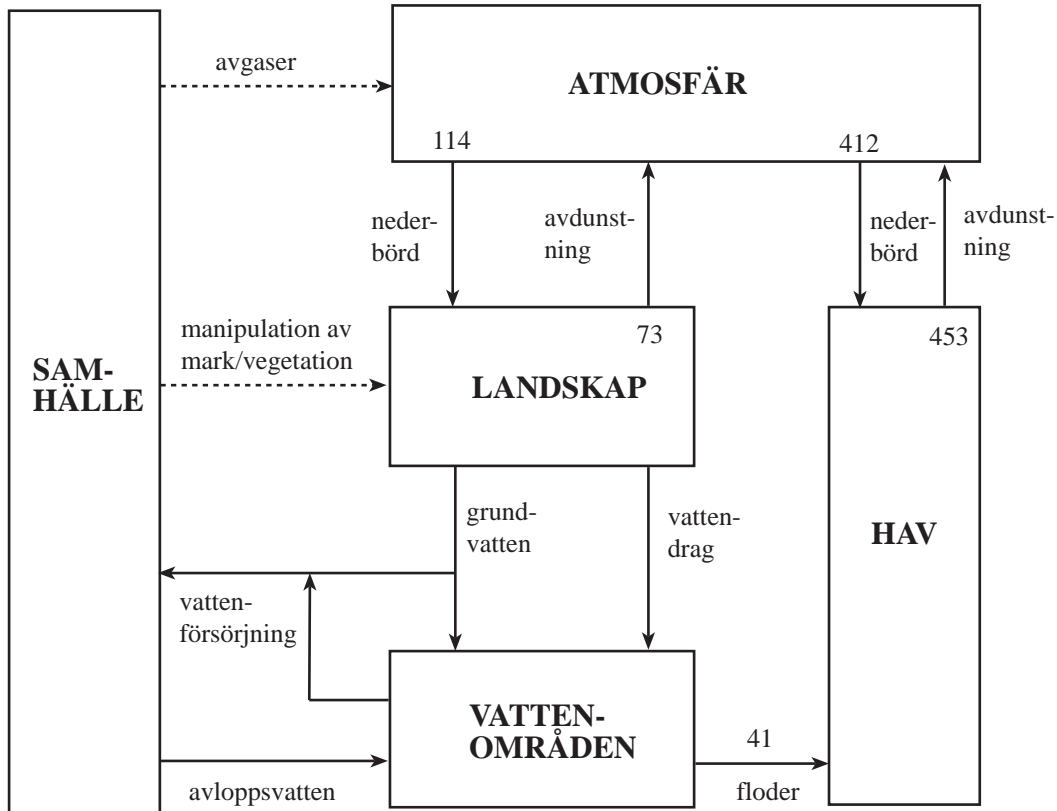
### EN UTVIDGAD MODELL AV VATTENCYKELN

En modell av vattencykeln som förekommer är den i figur 3. Modellen betonar vattnets fasändringar. Interaktioner med mark, vegetation och samhälle betonas ej.



Figur 3. Vattnets kretslopp globalt. Siffrorna anger tusental kubikkilometer per år<sup>13</sup>.

En modell med större integrativ potential har förts fram av hydrologen Malin Falkenmark. Poängen med hennes modell är att den kopplar samman människans många aktiviteter med vattnets kretslopp i naturen och lyfter fram vattnets växelverkan med landskapet<sup>14</sup> Se figur 4 nedan!



Figur 4. Utvecklad modell av globala vattencykeln. Siffrorna anger tusental kubikkilometer per år<sup>15</sup>.

Det ständigt vandrande vattnet växelverkar med landskapet och med människans samhälle. Av vattnet som faller ned på land rinner en del vidare som ytvatten. Resten går ned i marken, där en del binds och kan tas upp av växternas rötter. Det som återstår sjunker vidare ner till grundvattnet. Genom sin växelverkan med marken blir vattnet näringsrikt. En del av denna näring transporteras med floder till havet, där den underhåller näringskedjor av vikt för exempelvis fisket. Nederbördens fördelning över tid (t. ex. regnperiod och torrår) och rum (t. ex. de andelar som blir yt-, mark- respektive grundvatten) är av avgörande betydelse för vilka ekosystem som kan utvecklas i givna områden.

Människan ingriper i vattencykeln genom fysisk och kemisk påverkan. Den förra innebär ändring av nederbördens uppdelning genom förändring av växttäckning och mark. Kemiska förändringar uppstår genom utsläpp av ämnen som löses i det cirkulerande vattnet. Utsläpp av gaser i atmosfären (t. ex.  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ) kan leda till att dessa löser sig i vattendroppar, varvid utspädd syra bildas. Manipulation av mark och vegetation kan leda till att överskott av salter (t. ex. nitrat och fosfat) och gifter för bekämpning av skadeinsekter och oönskad växtlighet löser sig och går vidare till grundvatten och vattendrag. Ämnen i avloppsvatten kan transporteras till vattenområden och via floder till havet.

*UPPGIFT 10*

1. I figur 1 beskrivs olika typer av blandningar. Vilka blandningsprocesser kan du identifiera med hjälp av figur 4 och vilka typer av blandningar ger de upphov till?
2. Blandningens omvändning är separation. Vilka separationsprocesser kan du identifiera med hjälp av figur 4?
3. Vilka spridningsprocesser kan du identifiera med hjälp av figur 4?

## *NOTER*

1. Denna uppgift är konstruerad efter en artikel av Ebenezer & Fraser (2001).
2. Andersson, Kärrqvist, Löfstedt, Oscarsson & Wallin (1999).
3. Hägg (1989, s. 34)
4. Zumdahl, S.S. (1992)
5. Efter Feynman, Leighton & Sands (1963, s. 1-7)
6. Jämför med makroskalan! Om man håller olivolja i en tunn stråle ner i vatten kan man till en början se olivoljedroppar nere i vattnet. Men det dröjer inte länge förrän olivoljedropparna stiger uppåt och olivoljan, som har lägre densitet än vattnet, samlas ovanför vattenytan.
7. Zumdahl, S.S. (1992, s. 756).
8. Prieto, Blanco & Rodriguez (1989).
9. Opublicerad undersökning, Bach & Zetterqvist (1995)
10. Ebenezer, J.V. & Erickson, G.L. (1996).
11. Ebenezer & Fraser (2001).
12. Andersson, Kärrqvist, Löfstedt, Oscarsson & Wallin (1999).
13. Hubendick (1985, s. 35).
14. Falkenmark (1995).
15. Siffrorna är hämtade från Hubendick (1985, s. 35)

## *REFERENSER*

- 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.
- Bach, F., & Zetterqvist, A. (1995). *Opublicerad undersökning*. Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Kärrqvist, C., Löfstedt, A. Oscarsson, V., & Wallin, A. (1999). *Nationell utvärdering 98 - tema 'Tillståndet i världen'* (NA-SPEKTRUM, nr 21). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för pedagogik och didaktik.
- Ebenezer, J.V. & Erickson, G.L. (1996). Chemistry Students' Conceptions of Solubility: A Phenomenography. *Science Education*, 80 (2), 181-201.
- Ebenezer, J.V., & Fraser, D.M. (2001). First Year Chemical Engineering Student's Conceptions of Energy in Solution Processes: Phenomenographic Categories for Common Knowledge Construction. *Science Education*, 85 (5), 509-535.
- Falkenmark, M. (1995). Vattnets kretslopp - bortglömd nyckel till miljöproblemen. *Det evigt vandrande vattnet. Naturvetenskapliga forskningsrådets årsbok 1995*. Uppsala: Swedish Science Press.
- Feynman, R., Leighton, R. B. & Sands, M. (1963). *The Feynman lectures on physics*. Volume 1. Reading, USA: Addison-Wesley.
- Hubendick, B. (1985). *Människoekologi*. : Gidlund.
- Hägg, G. (1989). *Allmän och oorganisk kemi*. Stockholm: Almqvist & Wiksell



- Jansson, I. (1994). *Gymnasieelevers kunskaper om materia . En pilotstudie angående de teoretiska linjerna i ljuset av nationella resultat från årskurs 9. (Rapport NASPEKTRUM Nr 11 )*. Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Prieto, T., Blanco, A. & Rodriguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14-years-old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education*, 11 (4), 451-463.
- Zumdahl, S. S. (1992). *Chemical Principles*. Lexington, Massachusetts, Toronto: D.C. Heath.



*WORKSHOP 5*

*ÄMNEN*



---

# ÄMNEN

---

Kemiska reaktioner innebär att utgångsämnen försvinner och att nya bildas. Därför är det viktigt att den som studerar kemi förstår vad ett ämne är. Vi inleder workshopen med en diskussion om detta begrepp och dess relationer till centrala begrepp inom kemin. Därefter ges förslag på testuppgifter, varefter följer en redovisning av några forskningsresultat som belyser elevers förutsättningar att förstå den kemiska innebörden i ordet ämne. Elevers föreställningar om ämnen kan delvis förklaras med deras erfarenheter från vardagslivet, men också med oklarheter i kemisternas sätt att uttrycka sig, vilket illustreras med många exempel. Avslutningsvis framförs några synpunkter på hur förståelse av begreppet ämne kan byggas upp i undervisningen.

## VAD ÄR ETT ÄMNE?

### UPPGIFT 1

I Nationalencyklopedin kan man läsa att en kemisk reaktion är en 'process i vilken ett system av ett eller flera ämnen, reaktanter, övergår i ett nytt system av andra ämnen, produkter.'

Av detta framgår att man behöver förstå vad ett ämne är för att förstå vad som menas med en kemisk reaktion. Vad är då ett ämne? Hur skulle du besvara denna fråga om du fick den av en elev?

## Några definitioner av 'ämne'

Nationalencyklopedin har följande text om ordet *ämne*:

- 1 inom kemien grundämne (element) eller kemisk förening.
- 2 i tekniken avskuren eller gjuten bit av råmaterial, t. ex. av metall eller trä avsett för vidare bearbetning.
- 3 skolämne, se läroämne.

I fortsättningen intresserar vi oss enbart för den första betydelsen.

Hägg<sup>1</sup> anger följande om *rent ämne*:

Ett *rent ämne* kallas varje ämne, som kan existera som fas med *konstant sammansättning*, även om man inom vissa gränser ändrar systemets temperatur och tryck samt sammansättningen hos systemets övriga faser. Begreppet omfattar såväl grundämnena som föreningar av grundämnena. Med konstant sammansättning hos en förening menas här att de grundämnena varav den består ingår med konstanta relativa atomtal (samma molbråk). Sammansättningen uttryckt i viktsprocent kan nämligen variera om isotopsammansättningen ändras.

Man kan konstatera att begreppet *ämne* används för materia med *konstant sammansättning*. I en förening är förhållandet mellan antalet ingående atomer av olika slag konstant. I t. ex. vatten är förhållandet mellan antalet ingående väteatomer och syreatomer 2:1. Ämnet ska finnas i sådan mängd att vi kan observera det med våra sinnen (makroskopisk nivå). Ämnet kan befinna sig i olika faser dvs. i fast form, flytande form eller gasform. Ämnet behåller sin identitet under sådana förändringar som smältning och förgasning respektive stelning och kondensation samt vid upplösning och kristallisation. Ämnet behåller också sin identitet vid sådan värmning och kylning, som inte innefattar någon fasändring. Likaså bibehålls identiteten vid förändringar som krossning eller svarvning.

Användningen av begreppet *ämne* kompliceras av att förklaringarna till begreppet är relaterade till den atomära nivån. Dessutom används ordet *grundämne* både på den makroskopiska nivån (t. ex. järn) och på den atomära nivån, där betydelsen snarast är *ett bestämt slag av atom* (t. ex. järnatom).

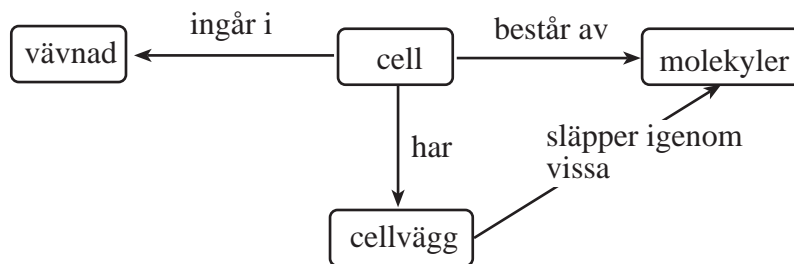
När kemister talar om *ämnena* avser de ämnena, som är helt fria från föroreningar. Dessa betecknas ibland *rena ämnena*. För laboratoriebruk saluförs kemikalier med olika kvalitet. Renheten anges med beteckningarna teknisk, purum, puriss och pro analysi, där den sistnämnda är renast och därmed också dyrast. Ett ämne helt fritt från föroreningar är ett idealtillstånd, som knappast kan uppnås för de kemikalier vi använder praktiskt. Men teoretiskt använder vi idén om ett ämne som om ämnet inte innehöll några främmande beståndsdelar alls.

## UPPGIFT 2

Begrepp har relationer till andra begrepp. Genom dessa relationer får begreppet mening, och ger också mening till de relaterade begreppen. Man brukar säga att begrepp bildar nätverk. Ett välorganiserat nätverk kan vara till god hjälp då man försöker förstå sin omvärld.

Diskutera relationerna mellan begreppet *ämne* och begreppen *materia*, *material*, *föremål*, *förening*, *grundämne*, *molekyl*, *jon*, *atom*. Konstruera ett nätverk där samband mellan dem framgår.

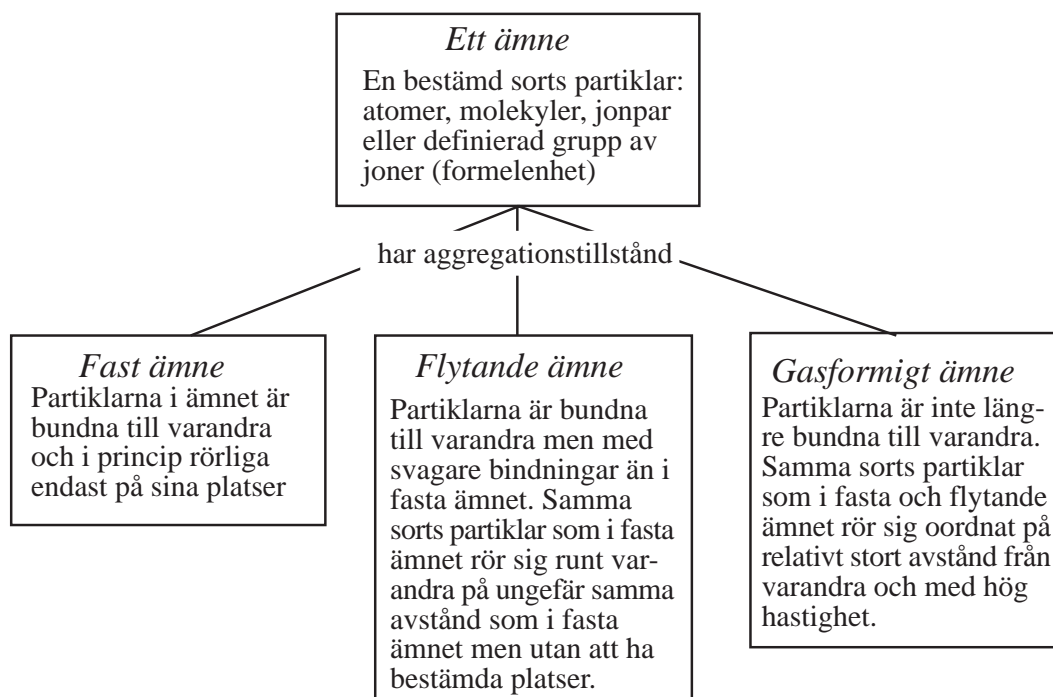
TIPS. Ett sätt att lösa uppgiften är att göra en s. k. begreppskarta. Man kan skriva de kursiverade orden på lappar (ett ord per lapp), pröva att lägga ut dem på olika sätt på ett pappersark och skriva vilken relation som finns mellan begreppen. Ett enkelt exempel på denna teknik ges nedan.



## NÅGRA TEORETISKA SAMBAND

### Ämnen och aggregationstillstånd

I uppgift 2 har begreppet *ämne* satts i relation till några andra begrepp. Men det kan även sättas i relation till atomteorin, dynamiska partikelteorin och aggregationstillstånd. Sambanden beskrivs översiktligt i följande begreppskarta.



Modellen ovan anger grovt hur partiklarnas ordning växlar, men hur hänger de olika aggregationstillstånden samman? Vid konstant tryck är aggregationsstillståndet hos ett ämne beroende av temperaturen. Vid tillräckligt låg temperatur är ämnet fast. Partiklarna, som bygger upp ämnet är ordnade i t. ex. en kristallstruktur. Men de enskilda partiklarna är inte orörliga utan vibrerar och roterar (eller vagnar) på sina platser. Vid tillförsel av energi ökar vibrationerna och rotationerna och temperaturen stiger. Rörelserna blir så småningom så stora att partiklarna delvis frigörs från varandra. Vi har då nått smältpunkten. Temperaturen förblir konstant tills allt det fasta är smält. Om ytterligare energi tillförs ökar rörelsen hos partiklarna tills de helt frigörs från varandra. Vi har då nått kokpunkten. Temperaturen förblir konstant tills allt det flytande övergått till gas (i vissa fall kallas gasen för ånga). I gasen kolliderar partiklarna ständigt med varandra. Avstånden mellan partiklarna förhåller sig i fast, flytande respektive gasformigt ämne ungefär som 1:1:10 vid atmosfärstryck.

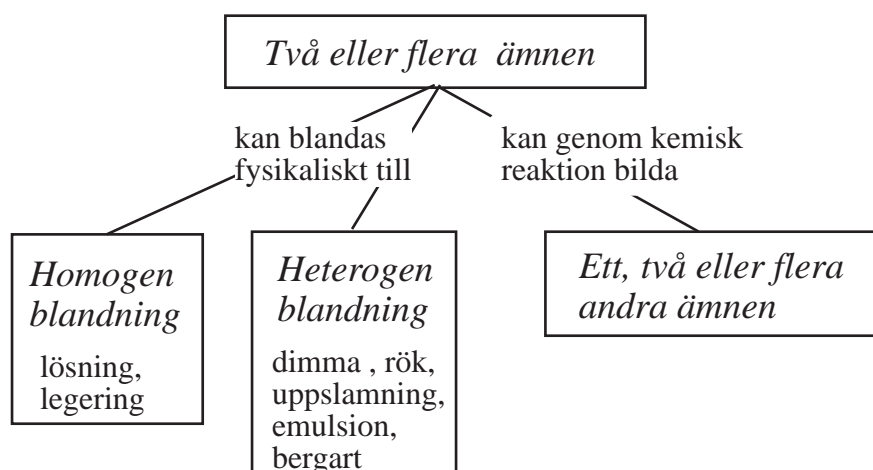
Men alla modeller har sina begränsningar och förhållandena är inte riktigt så statiska som ovanstående begreppskarta antyder. Vattenmolekyler i ytan på den fasta sjöisen bombarderas t. ex. ständigt av kväve- och syremolekyler varvid vattenmolekyler lossnar och blandas med molekylerna i luften, isen sublimeras. Vattenmolekyler från luft kan vid låg temperatur fastna och bilda rimfrost. Metaller som koppar och silver kan bearbetas genom att hamras, kalldragas till tråd eller valsas till plåt. Bearbetningen är möjlig genom att atomlagren tvingas glida över varandra varvid en del bindningar upphör och andra etableras. En del vattenmolekyler i t. ex havsvatten lämnar vid avdunstning vattenytan vid temperaturer mellan smältpunkten och kokpunkten genom att de vid kollisioner med andra partiklar får så hög hastighet att de kan frigöras från omgivande vattenmolekyler. Osynlig vattenånga i luften kondenseras till moln eller dagg vid avkylning.



Lägsta teoretiskt möjliga temperatur är absoluta nollpunkten,  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vid denna temperatur har partikelrörelsen nästan upphört. Vid mycket hög temperatur leder kollisioner mellan partiklarna i en gas till jonisation d.v.s. gasen övergår till plasmatillstånd.

### *Ämnen och blandningar respektive kemiska reaktioner*

Sambanden mellan begreppen *ämne*, *blandning* och *kemisk reaktion* beskrivs översiktligt i följande begreppskarta:



Blandningar kännetecknas av att ämnena i dem kan utvinnas eller återvinnas genom fysikaliska separationsmetoder såsom avdunstning, kristallisation, destillation, filtrering, flotation etc. Salt utvinnes t.ex. genom att vatten får avdunsta från havsvatten varvid saltet kristalliseras ut, kolväten utvinnes genom att råolja destilleras, mineral för järnframställning skiljs ut från den krossade och malda malmen genom flotation.

De ämnen, som reagerat vid en kemisk reaktion, kan inte återfås eller återbildas med hjälp av fysikaliska separationsmetoder. Den kemiska reaktionen innebär att atomerna i ursprungsämnena arrangeras om genom att befintliga bindningar bryts och atomerna binds till varandra på helt nytt sätt. Ursprungsämnena försvinner successivt och helt nya ämnen bildas i deras ställe. I många fall är dock reaktionerna reversibla och där finns ursprungsämnena kvar i jämvikt med de nybildade ämnena.

### **UPPGIFT 3**

En elev förstår inte varför vatten och is är samma ämne. De ser ju så olika ut tycker han. Hur skulle du argumentera för att övertyga honom om 'vetenskapens ståndpunkt'?

## *UNDERSÖKNINGAR SOM BELYSER ELEVERS ÄMNESBEGREPP*

Vi började denna workshop med Nationalencyklopedins definition av 'kemisk reaktion', vilket ledde till reflektionen att man behöver förstå vad ett ämne är för att förstå vad som menas med en kemisk reaktion. Själva essensen av en sådan kan ju sägas vara att ursprungsåmnen försvinner och nya ämnen bildas.

Därför ställde vi frågan 'Vad är ett ämne?'. Den har vi nu försökt besvara, och det visar sig att vi behöver ta åtskilliga kunskaper om materia i anspråk för att klara detta.

Hur går egentligen det här ihop ur didaktisk synpunkt? För att förstå vad en kemisk reaktion är behöver man förstå begreppet ämne. Men för att förklara vad ett ämne är måste man ta många kemiska begrepp i anspråk. Det verkar onekligen som vi har fått ett knepigt problem på halsen.

Låt oss tills vidare ta lätt på detta! Vi lägger helt enkelt problemet åt sidan och ägnar oss åt att ta reda på, och beskriva, hur elever resonerar om begreppet ämne.

### *UPPGIFT 4*

Använd frågorna i appendix för att ta reda på något om dina elevers föreställningar om ämnen. Sammanställ resultaten och redovisa för kollegor/kurskamrater.

### *Elevers beskrivningar av kemiska reaktioner*

I en grekisk undersökning<sup>2</sup> fick cirka 170 elever i åldern 13-14 år undersöka ett antal ämnen och vad som händer då vissa av dessa blandas. Exempel på ingående ämnen var natriumklorid, kaliumjodid, blynitrat och vatten. Eleverna, som inte tidigare haft undervisning i kemi, fick bl. a. beskriva ämnena som sådana och vad som hände då de blandades. De ombads också att försöka förklara det inträffade. Tre intressanta resultat var följande:

- Eleverna beskriver ofta vad ett ämne liknar ('det är som strösocker') och en eller två egenskaper ('det är vitt och kornigt').

- Ett dominerande mönster för beskrivning av förändringar är att utgångsämnen behandlas som bevarade, men med förändrade egenskaper, t. ex. 'det vita ämnet ändrade färg och blev ljusblått'. Detta beskrivningsmönster sammanfattas på följande sätt:

ämne med egenskaper —> samma ämne med nya egenskaper

Författarna till studien menar att detta mönster tyder på att eleverna skiljer på ämne och egenskaper. Vidare påpekar de att mönstret innebär en fokusering på utgångsämnen. Ett före-eftertänkande, där uppmärksamheten också riktas mot att nya ämnen har uppstått på grund av växelverkan, är mindre vanligt i elevernas spontana beskrivningar av det som för naturvetaren är kemiska processer.

- Det finns få ansatser att beskriva växelverkan mellan ämnen som kemisk. Det som sker uppfattas snarare som mekanisk växelverkan, exempelvis blandning. Ett annat exempel är några elever som förklarar den gula färg, som uppstår då kaliumjodid och blynitrat blandas, med att de vita kornen skavs mot varandra så att deras ytterhölje brister, varvid det gula innehållet blir synligt.

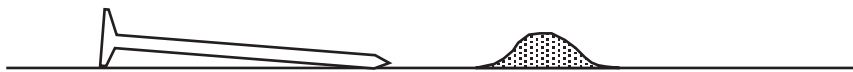
### *Hur många ämnen?*

Elevers spontana, men också av undervisning påverkade, tänkande om ämnen har studerats i en engelsk undersökning<sup>3</sup>. En av de uppgifter som eleverna (11-14 år gamla) ställdes inför gällde att avgöra om olika material bestod av ett eller flera ämnen. Det visade sig att eleverna spontant fokuserade materialets 'historia'. De visste t. ex. att choklad tillverkas av olika ingredienser och angav detta som skäl till att chokladen utgörs av flera ämnen. Om ett material var okänt ansåg eleverna att det inte fanns något sätt att ta reda på hur många ämnen det bestod av.

Efter undervisning om karaktäristiska ämnesegenskaper som smältpunkt och kokpunkt kunde eleverna föreslå att man kan upphetta ett material och iakta om det smälter vid en bestämd temperatur, vilket i så fall är ett tecken på att det består av ett ämne. Denna typ av tänkande krävde dock en hel del undervisning och tid för att befästras.

Följande uppgift har getts av oss till 65 svenska elever under vårterminen i skolor 9.

Om en järnspik får ligga utomhus mycket länge, kan man skrapa av ett rödbrunt pulver från utsidan av spiken.



Tänk dig att du har en järnspik och en hög med detta rödbruna pulver. Hur många ämnen är spiken och pulvret? Förklara !

Så här ser resultatet ut:

Kategori	Exempel på svar	Procentuell fördelning
A. ETT ÄMNE	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ett för det är samma ämne</li> <li>– Det är samma fast i olika form</li> <li>– Ett för det är spiken som rostar</li> <li>– Ett ämne - pulvret är ju också järn fast det har rostat</li> <li>– Ett, järnatomer och järnjoner (rost)</li> </ul>	29
B. TVÅ ÄMNEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Två. Det är två abstrakta ämnen</li> <li>– Två spiken är ett ämne och det rödbruna pulvret är ett ämne.</li> <li>– Två järn och rost</li> <li>– Två. Järn i spiken och järn + syre i pulvret</li> <li>– Två ämnen Spiken ger ifrån sig olika molekyler som med vatten el något annat material som samansätts till ett nytt ämne.</li> </ul>	34
C. TRE ELLER FLERA ÄMNEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 3 ämnen. Syre, väte och järn bildar tillsammans rost</li> <li>– Många ämnen eller ett för järn är ett grundämne</li> </ul>	8
D. ÖVRIGT	–Rost	6
E. OBESVARAT/ VET EJ		23

Vi har inte haft tillfälle att intervjua eleverna för att närmare undersöka deras tänkande om spiken och rosten. Resultatbilden pekar dock mot att begreppet ämne inte är självklart för eleverna i slutet av grundskolan.

## *Hur kan elevers begrepp om ämnen förklaras?*

Författarna till den grekiska studien<sup>4</sup> anser att deras resultat kan förklaras med hur vi i vardagslivet förhåller oss till den stora mängd av ämnen som omger oss. Säkerhetstänkande är viktigt. Det finns regler och föreskrifter för vad man skall göra och inte göra med ämnen. Därför uppmuntras inte barn att fritt undersöka ämnen och hur de växelverkar. Att hetta upp blandningar för att ta reda på vad som händer är strängt förbjudet.

Vidare noteras, att förhållningssättet till ämnen, som finns i föremål, burkar och flaskor, är handlingsinriktat. Vi tar medicin, vi håller tvättmedel i maskinen, vi doppar penseln i lösningsmedlet, vi undviker gifter.

Viktiga kemiska reaktioner som förbränning betraktas inte fullt ut. Inledningskedet är i fokus – bränslet antänds, brinner och ger värme. Slutprodukterna, dvs. i huvudsak gaserna koldioxid och vatten, är inte intressanta för den praktiska och aktionsinriktade vardagsmänniskan. Ett före-eftertänkande, där uppmärksamheten också riktas mot att nya ämnen har uppstått på grund av växelverkan, är mindre vanligt i detta sammanhang.

Vardagsspråket förmedlar knappast någon förståelse av att vissa förändringar beror på kemisk växelverkan. Uttryck som 'veden brann upp', 'mjölken surnade' och 'löven blev gula' antyder snarast att veden, mjölken och löven ändras av sig själva. Av de två senare exemplen får man också intrycket att mjölk och löv bevaras som 'ämnen', men ändrar sina egenskaper.

### *UPPGIFT 5*

I den redovisning av forskningsresultat som getts har framhållits att eleverna ibland använder följande modell för att beskriva det som för naturvetaren är en kemisk reaktion.

ämne med egenskaper —> samma ämne med nya egenskaper

Det språk som används i vardagen, och kanske också under lektioner, kommunicerar ibland denna modell. Ta som exempel termerna 'bränd kalk' och 'släckt kalk'. De ger intryck av att vi har att göra med två olika former av ett och samma ämne, nämligen kalk. Men den kemiskt bevandrade vet att det är två olika ämnen [ $\text{CaO}$  och  $\text{Ca(OH)}_2$ ] med mycket olika egenskaper.

Nedan följer ett antal uttryck som lätt kan tolkas som att ett ämne har modifierats. Din uppgift är att skriva om uttrycken så att de överensstämmer med en vetenskaplig uppfattning om kemiska reaktioner.

<i>UPPGIFT 5 (FORTS)</i>	
VARDAGLIGT SPRÅK	KOMMENTAR
Koldioxid grumlar kalkvatten	Kan tolkas som att vi har att göra med en grumlig form av kalkvatten, dvs. inget nytt ämne. Varför kan man inte lika gärna säga att kalkvatten grumlar koldioxid?
Magnesium brinner	Kan tolkas som att magnesium håller på att modifieras kraftigt. Varför kan man inte lika gärna säga att syre brinner?
Stålullen glöder och blir svart	Kan tolkas som att järnet har modifierats att vi nu har en svart form av järn. Varför kan man inte lika gärna säga att syret har blivit svart?
Järn rostar	Kan tolkas som att järnet har modifierats och att vi nu har en rödbrun, porös form av järn. Varför kan man inte lika gärna säga att syret och vattnet rostat?

VARDAGLIGT SPRÅKBRUK	OMSKRIVNING TILL VETENSKAPLIGT SPRÅKBRUK
Koldioxid grumlar kalkvatten	
Magnesium brinner	
Stålullen glöder och blir svart	
Järn rostar	

## *UPPGIFT 6*

I en engelsk undersökning<sup>5</sup> fick 85 lärarstuderande med icke naturvetenskaplig bakgrund från ungdomsskolan bl. a. följande uppgift: 'Tänk dig att du har en droppe vatten på bordet framför dig. Hur många ämnen är det då på bordet? Förklara ditt svar!'

Det var 32% som svarade två ämnen, och angav att ämnena var väte och syre.

Man kan misstänka att denna typ av svar åtminstone delvis kan förklaras med ett vanligt förekommande språkbruk – vi säger ofta att 'vatten består av väte och syre'. Kanske dags att ändra detta språkbruk. I så fall hur?

## *KATEGORIMISSTAG*

Uttrycket 'vatten består av väte och syre' är avsett att förstås som att vattenmolekylen är uppbyggd av atomerna väte och syre. Men för eleverna, som inte är så bevandrade i atomernas och molekylnas värld, ligger det nära till hands att uttrycket uppfattas makroskopiskt, dvs. att vatten består av ämnena syre och väte. Men vatten är vatten och inget annat. Det har varken vätets eller syrets egenskaper, utan är ett unikt ämne.

Inför nybörjare i kemi gäller det att välja sina ord med omsorg, så att de inte förväxlar molekyler och ämnen, vilket är ett kategorimisstag. Ehuru uttrycket 'vatten består av väte och syre' är vedertagen kemisk jargong är det mindre lämpligt i grundskolans undervisning. Man bör i stället säga 'vattenmolekylen är uppbyggd av två väteatomer och en syreatom', alternativt ingående förklara vad en kemist menar då han säger att vatten består av väte och syre. Ett annat exempel är uttrycket 'kolets kretslopp'. I den elementära undervisningen bör man säga 'kolatomens kretslopp' för att undvika att eleverna gör ett kategorimisstag.

Här följer ytterligare exempel på vanligt språkbruk, som lätt kan tolkas makroskopiskt och då leder tanken fel:

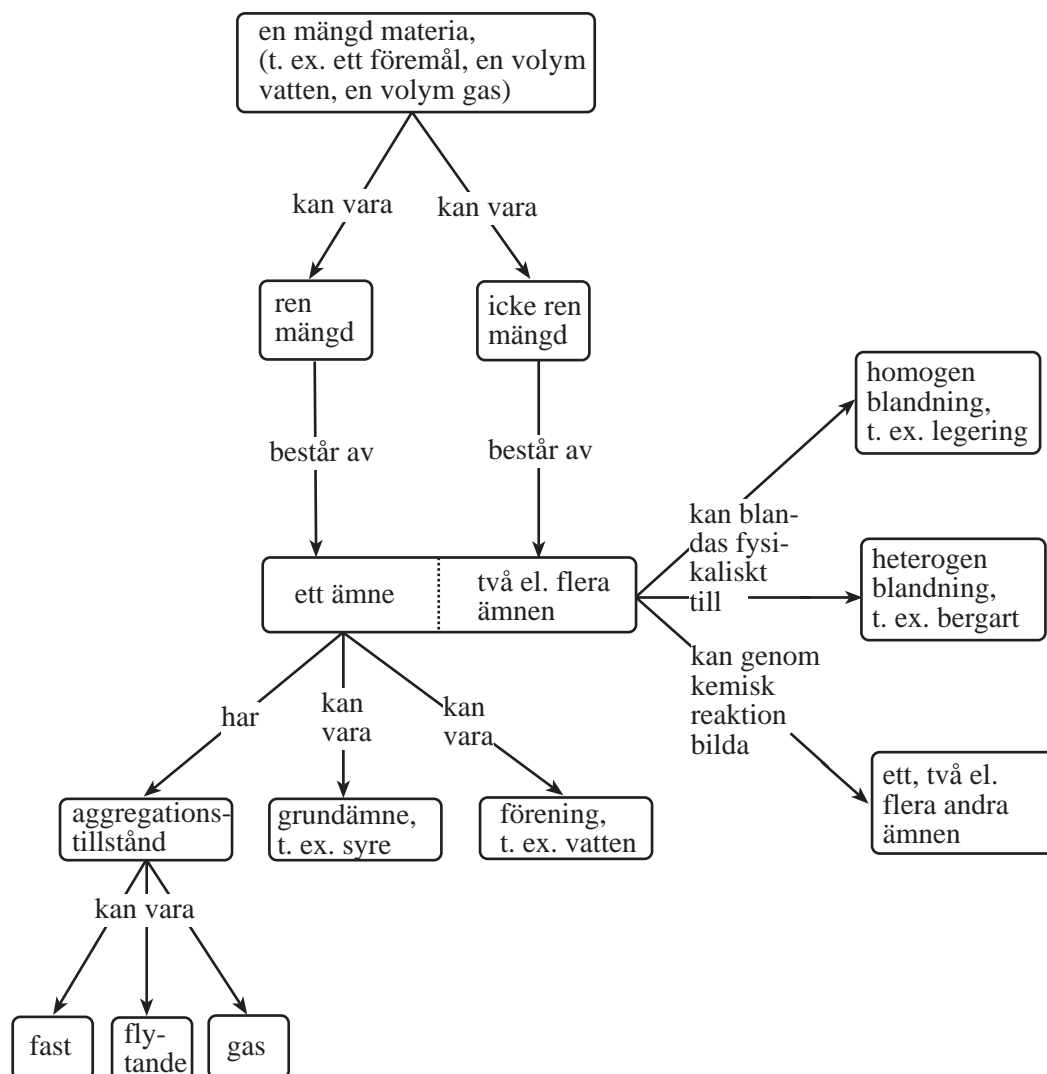
- Av alla grundämnen i jordskorpan svarar åtta för 97 procent av massan.
- Mineral som innehåller metaller och är lönsamma att bearbeta kallas malmer.
- Vätejonerna reduceras till vätgas.
- Svavelnedfallet över Sverige har minskat.
- Ökat kvävenedfall i skogen leder till övergödning i havet utanför.
- Kan jag få en burk magnesiumtabletter, tack!

## UPPGIFT 7

Diskutera varför de sex nyss nämnda uttrycken kan leda elevernas kemiska tänkande åt fel håll och vad man kan göra för att motverka detta!

## REFLEXIONER OM UNDERVISNING

I början av avsnittet 'undersökningar som belyser elevers ämnesbegrepp' målade vi upp något som verkar vara kemiundervisningens 'moment 22' <sup>6</sup>. För att förstå kemiska reaktioner måste man förstå vad ett ämne är. Men för att förklara vad som menas med ämne måste man ta många kemikunskaper i anspråk. Det borde alltså vara omöjligt att komma igång med kemin! Den didaktiska problematiken kan illustreras med följande begreppskarta.





Kartan visar med önskvärd tydlighet att kemistudier (såväl som alla andra naturvetenskapliga studier) inte går ut på att lära sig olika begrepp isolerat. Det är i stället fråga om att lära hur begrepp är relaterade och ger varandra mening. Eleven utvecklar t. ex. sitt ämnesbegrepp genom att utveckla alla begreppen i nätverket ovan. Denna omständighet gör att avståndet till naturvetenskapen är särskilt stort för den som är nybörjare.

Men något 'moment 22' behöver vi inte oro oss för. Ett skäl är att kemin som vetenskap de facto kommit igång och utvecklats till ett högst betydande kunskapsområde. Från början var man långt ifrån på det klara med begrepp som massa, reaktion, ämne, fasövergång, atom och molekyl. Men genom att undersöka och få erfarenhet av många olika ämnen och materietransformationer, och genom att tillämpa landvinningar inom fysiken, utvecklades begreppen successivt. Detsamma kan förhoppningsvis ske med våra elever om vi med utgångspunkt från deras vardagsföreställningar och spontana sätt att tänka på ett systematiskt sätt vidgar deras erfarenheter av ämnen och reaktioner i laboratoriet, samtidigt som lämpliga begrepp introduceras. Här följer några funderingar om detta.

### *Föremål, egenskap och material*

Då det gäller att beskriva materia och dess förändringar behövs egenskapsord. Därför är det viktigt att utveckla ett rikt beskrivningsspråk. Ett led i detta är att lära sig skilja på egenskaper som föremål respektive material har. Ett föremål karaktäriseras på makronivån av extensiva egenskaper (beroende av storlek), medan material (liksom ämnen) bestäms av sina intensiva egenskaper (oberoende av storlek). De extensiva egenskaperna hos ett föremål kan särskiljas genom att de förändras vid sönderbrytning eller borttagande av materia, t. ex. massa, volym och storlek. Intensiva egenskaper är som kontrast sådana som konserveras (bevaras) vid nyss nämnda förändringar, t. ex. densitet, hårdhet, temperatur, kemisk reaktivitet, ledningsförmåga och töjbarhet.

Här följer ett exempel på en övning i att urskilja materialegenskaper, eller med andra ord, att hålla isär extensiva och intensiva egenskaper.

Vilka påståenden handlar enbart om materialet i följande föremål? <sup>7</sup>

Gaffel (av metall)	Påse (av plast)	Sågspån (av trä) i en hög
Den har fyra spetsar Den väger 40 g Den kan repa det mesta Den fastnar på en magnet Den är 18 cm lång	Man kan se genom den Man kan bära saker i den Den väger inte mycket Den smälter över en låga Den kan knycklas ihop	De flyter på vatten De brinner i en brasa De fastnar ej på en magnet De repar få saker Fingret kan dras genom högen

Från materialegenskaper kan man så ta steget till ämnesegenskaper som kokpunkt och smältpunkt, och börja bygga upp en förståelse av att ämnen har en

uppsättning karaktäristiska egenskaper som inte kan modifieras och som så att säga utgör ämnets 'fingeravtryck'.

### *Växelverkan och system*

Av de undersökningar och analyser som redovisats framgår att elever genom sina vardagserfarenheter tenderar att ha ett handlingsinriktat förhållande till ämnen, och att de fokuserar utgångsämnen och det som händer snarare än de nya ämnen som bildas vid en kemisk reaktion. Ett före-eftertänkande är mindre vanligt i elevernas spontana beskrivningar av kemiska förändringar.

Vidare är växelverkanstänkande inte så vanligt förekommande. Antingen uppfattas material/ämnen som oföränderliga eller också förändras de mer eller mindre av sig själva (kopparröret blir svart, löven gulnar).

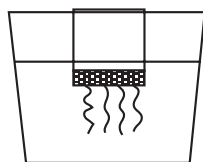
En hjälp att övergå från detta vardagliga sätt att uppfatta och förhålla sig till materia kan vara att introducera och använda begreppen system, växelverkan och tecken på växelverkan.<sup>7</sup>

Anta att en elev har gjort ett experiment med ett grönaktigt pulver (kopparklorid). Hon har lagt pulvret i en tepåse, fäst den vid kanten på en bägare och hållt i vatten. Hon kan då iakttä sliror, som ringlar ner från tepåsen i vattnet. Mängden pulver i påsen minskar mer och mer, samtidigt som vattnet blir blått. Om detta skriver eleven följande redogörelse, där rubrikerna 'system', 'tecken på växelverkan' och 'bildberättelse' är givna.

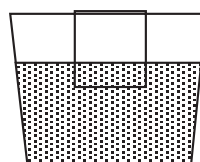
**System:** *pulver och vatten*

**Tecken på växelverkan:** *pulvret försvann, vattnet blev blått*

**Bildberättelse:**



SYSTEMET FÖRE



SYSTEMET EFTER

Det finns flera poänger med detta sätt att redogöra för experimentet. Genom att välja ett system av föremål (eller delsystem) som växelverkar gör eleven en åtskillnad mellan sig själv och den process som utspelar sig. Det som sker beror inte på individens handlingar utan på den växelverkan som äger rum mellan delarna. Vardagens handlingsinriktade förhållningsätt till material och ämnen byts i detta sammanhang ut mot ett distanserat betraktande, fokuserat på egenskaper och förändringar.

Bildberättelsen innebär att eleven måste hålla reda på sitt system under hela processen. Tillståndet efter blir lika viktigt som tillståndet före växelverkan. Systemet behåller sin identitet om inget läggs till eller bortgår.

Begreppet växelverkan är kopplat till ett helt grundläggande naturvetenskapligt synsätt, nämligen att förändringar sker därför att föremål växelverkar. Synsättet kan hjälpa eleven att överge föreställningar om att förändringar sker mer eller mindre av sig själva (lövet blir gult) eller på grund av inneboende egenskaper hos föremål (stenen faller därför att den är tung).

Det finns åtskilliga vardagserfarenheter hos barnen, till vilka begreppet växelverkan inledningsvis kan kopplas. Foten går i snön. Det blir spår i denna, och snö fastnar på skon. Sockret läggs i det varma kaffet. Sockerbiten blir mindre och mindre. Kaffet blir sött. Fot och snö respektive socker och kaffe gör något med varandra – de växelverkar. Med vardagliga exempel liknande dessa kan synsättet grundläggas och stabiliseras. Efterhand kan det hjälpa tänkandet i mindre bekanta situationer.

Ett exempel är en bok som har stått mycket länge i en bokhylla. Den vittrar sönder. Av sig själv? Nej! Den som anammat begreppet växelverkan börjar fundera över vilka de växelverkande föremålen kan vara: Kanske luft och papper. Kanske blekmedel och fibrer.

Om synsättet blir ordentligt befäst kan det användas för att skapa behov av nya begrepp och teorier. Ett utdraget gummiband släpps. Det drar ihop sig. Inget konstigt tycker vardagsmänniskan. Gummiband är elastiska och drar ihop sig av sig själva. Men den som lärt sig växelverkanstänkande frågar sig: 'Här är en förändring, men vilka är de växelverkande delarna?' Denna fråga ställs också, för andra förändringar, av naturvetare i kunskapens frontlinje, t.ex. av läkare som undrar vilka system eller objekt som växelverkar så att en sjukdom uppstår. Frågan, som är en sond ut i det okända, kan kräva en ny teori.

Växelverkan är en relation, och därför inte observerbar. Det som iakttas är tecken på växelverkan. Kritan skriver på tavlan. Man hör ett skrapande ljud. Man ser ett kritstreck växa fram. Man ser att kritan slits ned något. Dessa tre tecken gör att vi förstår att krita och tavla växelverkar. Genom begreppet tecken på växelverkan kopplas observation och beskrivning till tolkning.

Det som sagts i detta avsnitt om undervisning är förvisso inte en uttömmande beskrivning av hur man kan undervisa om begreppet ämne, men väl några steg på vägen. Övergången från extensiva föremålsegenskaper till intensiva material-egenskaper, liksom det distanserade betraktandet av delsystem som växelverkar, torde underlätta fokusering på ämnesegenskaper, och därmed också förståelse av kemiska reaktioner. Vi utvecklar i nästa workshop ('Kemiska reaktioner') tekniken att följa system av växelverkande delsystem från 'före' till 'efter'.

## NOTER

1. Hägg, 1989 s 34.
2. Solomonidou och Stavridou, 2000.
3. Johnson, 2000 a.
4. Solomonidou och Stavridou, 2000.
5. Johnson, 2000 b.
6. Moment 22, *Catch 22*, roman av den amerikanska författaren Joseph Heller, utgiven 1961. I centrum står en amerikansk bombflygardivision på en ö i Medelhavet under andra världskriget. Huvudpersonen är stridsflygaren Yossarian, vars enda mål är att komma levande därifrån. Han kan bli befriad från sin tjänst bara genom att övertyga ledningen om sin egen galenskap. Så länge en pilot bedöms vara vid sina sinnens fulla bruk är han tvingad att fortsätta. Ingen kan tas ur tjänst som inte själv har begärt det, men den som har så pass mycket omdöme att han begär att få åka hem bedöms automatiskt som frisk och alltså inte kvalificerad för att få slippa tjänstgöring. Denna paragraf, moment 22, har kommit att bli ett uttryck för tillvarons absurditet. (Nationalencyklopedin)
7. Exemplet är hämtat från Johnson, 2000 a.
8. Dessa begrepp introducerades av professor Robert Karplus i projektet Science Curriculum Improvement Study. Se Andersson (1989, s 98-117) för en närmare presentation.

## REFERENSER

- Andersson, B. (1989). *Grundskolans naturvetenskap. Forskningsresultat och nya idéer*. Stockholm: Utbildningsförlaget.
- Hägg, G. (1989) *Allmän och oorganisk kemi*. (9:e rev upplagan). Uppsala: Almqvist & Wiksell.
- Johnson, P. (2000 a). Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 719-737.
- Johnson, P. (2000 b). Developing students' understanding of chemical change: What should we be teaching? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, 77-90.
- [Tidskriften är gratis tillgänglig på internet: <http://www.uoi.gr/cerp/>]
- Solomonidou, C., & Stavridou, H. (2000). From inert object to chemical substance: Students' initial conceptions and conceptual development during an introductory experimental chemistry sequence. *Science Education*, 84, 382-400.

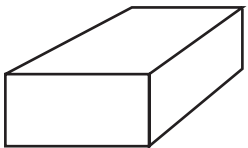

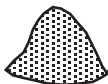
## BILAGA

**FÖRSLAG TILL TESTUPPGIFTER OM ÄMNEN**

I kemin får du lära dig om ämnen. Här följer några frågor om ämnen. Besvara dem så noga du kan!

**1. Järnbiten**

I en verkstad ligger på ett bord:

 <p>en järnbit</p>	 <p>spån som blivit då man borrat i järn</p>	 <p>pulver som blivit då man filat järn</p>
---	---	--

Hur många ämnen finns det på bordet? Förklara!

**2. Fönsterrutan och läskedrycksflaskan**

Du andas ut mot en kall fönsterruta. Det blir då imma på rutan. Du tar sedan ut en öppen läsk ur kylen. Det blir då små droppar utanpå flaskan. Tänk på imman på rutan och dropparna utanpå flaskan. Hur många ämnen tänker du på då? Förklara!

**3. Stearinnet**

Då en bit stearin värms försvinner den och ersätts av en pöl med en klar vätska. Tänk dig att du har en bit stearin och pölen med klar vätska på ett bord. Hur många ämnen är det då på bordet? Förklara!

**4. Spiken**

Om en järnspik får ligga utomhus mycket länge, kan man skrapa av ett röd-brunt pulver från utsidan av spiken.



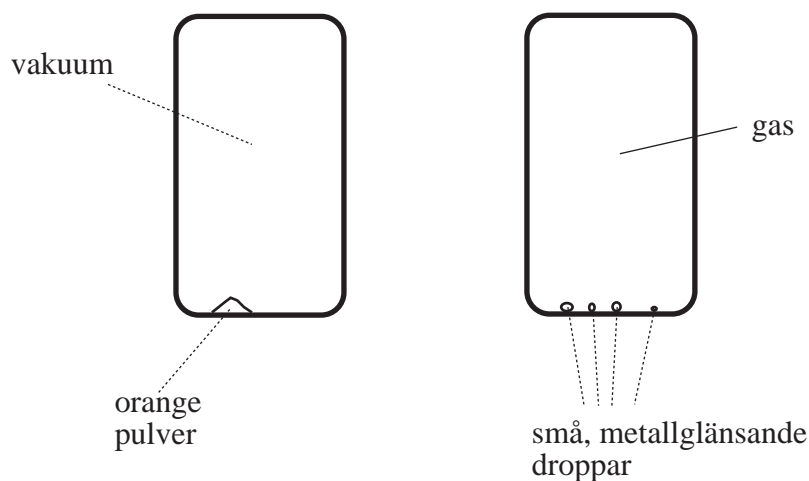
Tänk dig att du har en järnspik och en hög med detta rödbruna pulver på ett bord. Hur många ämnen har du då på bordet? Förklara !

### 5. Ett eller flera ämnen?

Hur många ämnen är:

- a) Vatten ( $\text{H}_2\text{O}$ ) \_\_\_\_\_
- b) Vätgas ( $\text{H}_2$ ) \_\_\_\_\_
- c) Svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ) \_\_\_\_\_
- d) koksalt ( $\text{NaCl}$ ) löst i vatten ( $\text{H}_2\text{O}$ ) \_\_\_\_\_

### 6. Det orange pulvret



I en behållare finns ett ämne i form av ett orange pulver. Förutom detta pulver finns ingenting i behållaren (det är vakuum).

Man värmer försiktigt på pulvret. Då bildas två ämnen. Det ena är små, metallglänsande droppar. Det andra är en gas som fyller behållaren. Det orange pulvret försvinner.

Förklara hur det kan bli två ämnen då man bara hade ett ämne från början!

*WORKSHOP 6*  
*KEMISKA REAKTIONER*





---

# *KEMISKA REAKTIONER*

---

I vår omvärld utspelar sig otaliga kemiska processer, såsom organismernas ämnesomsättning, celledning och teknisk framställning av ämnen och material. Tack vare kemins landvinningar de senaste 200 åren kan vi förstå och påverka dessa förlopp för att tillgodose olika behov. Det framstår som väl motiverat att grunddragen i vetenskapens sätt att tänka om kemiska processer ingår i skolans undervisning. Denna workshop börjar med en översikt över hur elever förklarar det som för naturvetaren är kemiska förändringar. Sedan görs en sammanfattning av elevens begrepp om materia och dess transformationer, och vad kunskap om dessa begrepp betyder för undervisningen i kemi. Härfter introduceras ett analyschema som underlättar beskrivning och strukturering av ett kemiskt skeende och bringar ordning vad gäller tidsaspekt och beskrivningsnivå. Avslutningsvis tillämpas detta schema på olika kemiska reaktioner

## *ELEVERS FÖRKLARINGAR AV KEMISKA FÖRÄNDRINGAR*

### *Materien uppfattas som kontinuerlig och statisk*

I workshopen 'Materiens byggnad' framhölls att elever i många sammanhang tenderar att betrakta materien som kontinuerlig och statisk, under det att vetenskapen uppfattar den som partikulär och dynamisk. Låt oss därför fundera över vilka möjligheter som finns att inom ramen för den förra uppfattningen förklara att nya ämnen uppstår vid det som för naturvetaren är kemiska reaktioner.

Vi kan då först konstatera, att föreställningen att materien är kontinuerlig och statisk inte lämnar utrymme för att två ämnen i kontakt aktivt påverkar varandra. Ämnena bara finns där – visserligen i mekanisk kontakt, men ändå var för sig. När exempelvis den vardaglige betraktaren lägger socker i teet, så tänker han inte på vatten som en myllrande mängd molekyler, som hela tiden knuffar på sockermolekylerna så att de lösgör sig från varandra och vandrar ut i vattnet. Kanske tror han att omrörning är enda sättet att få sockret att lösa sig. Och nog

verkar det föga troligt att statisk och nästan omärklig luft kan ha någon inverkan på ett fast ämne, t. ex. koppar.

De förklaringsmodeller som står till buds inom ramen för det nu beskrivna vardagstänkandet måste därför bygga på att ämnen förändras var för sig, antingen spontant eller under inverkan av yttre agenter. Denna begränsning ger följande förklaringsmöjligheter.<sup>1</sup>

- A. 'Det bara blir så'. Ämnen förändras spontant av sig själva.
- B. Transmutering. Kategorin innefattar några i naturvetenskapen 'förbjudna' transformationer, t. ex. att stora mängder materia omvandlas till energi.
- C. Modifiering. Det som verkar vara ett nytt ämne är egentligen samma ämne som förut, men nu med nya egenskaper. Förändringen orsakas av en yttre agent, t. ex. eld eller värme.
- D. Förflyttning. Det till synes nya ämnet har i själva verket funnits hela tiden, men var tidigare dolt. En variant av denna idé är att eleverna förutsäger att om två ämnen förs samman, så ändras de inte, de bara blandas.

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

### *'Det bara blir så'*

Det står inte i mänsklig makt att förstå och förklara allt och vi är heller knappast intresserade av allt. 'Titta', säger vi kanske, 'koppartaket har ärgat'. Vad ärg är och hur den uppstår bekymrar oss föga. Det är sådant som blir på koppar. Eleverna besvarar problem på liknande sätt. I en undersökning ombads 2800 elever i skolår 7-9 att förklara varför det blir en mörk beläggning på de från början blanka kopparrören under diskbänken i ett nybyggt hus.<sup>2</sup> Cirka 10% svarade t. ex. '*Det blir rost*', '*Koppar har ärgat*', '*Det blir så på alla kopparrör*'.

### *Transmutering*

Det är vanligt att elever uttrycker sig som om materia vid förbränning omvandlas till energi eller helt enkelt försvinner.

#### Materia transmutteras (delvis) till energi.

Följande problem har getts till 2800 svenska elever i skolår 7-9:<sup>3</sup>

En bil väger 1000 kg. Den tankas med 50 kg bensin. Bilen kör tills tanken är tom. Den väger då fortfarande 1000 kg. Hur mycket tänker du dig att avgaserna, som avgetts under färden, väger? Förklara hur du tänker.

Så här svarar några få procent av eleverna:

- *Mindre än 50 kg. Det blir mindre än 50 kg eftersom en del av bensinen har omvandlats till värme och rörelseenergi.*
- *Avgaserna väger nästan ingenting, för det går nog över till rörelseenergi i stället.*

#### Materia försvinner (transmuteras till ingenting)

På det nyss nämnda avgasproblemet svarar cirka 15% av eleverna så här:

- *Bensinen förbrukas i bilen och försvinner. Bara en liten del av bensinen blir avgaser.*
- *Bensinen bränns till hälften och avgaser till hälften.*

En bidragande orsak till dessa föreställningar är sannolikt människans 'gasblindhet'. Ordet har inspirerats av den svenska hydrologen Malin Falkenmark, som beklagar att människan är 'vattenblind', dvs. inte kan se vatten i gasform. Hon menar att om vi hade denna förmåga skulle vi hushålla bättre med vatten i bristområden. Man kan generalisera detta och konstatera att vi är 'gasblinda' vilket förmodligen påverkar vår omvärldsuppfattning och kanske också våra handlingar. Om vi t. ex. kunde se koldioxid och vattenånga komma ut ur avgasrör och avges från brinnande eldar skulle föreställningen att materia upphör att existera troligen vara mindre vanlig. Om vi kunde se att svaveldioxid genereras av punktkällor och sprids ut i omgivningen skulle vi bättre förstå att ämnena ifråga kan påverka mark, vatten och organismer och därför agera med större försiktighet. Förvisso har vår gasblindhet fördelar. Men nackdelarna behöver kompenseras genom att skolan hjälper eleverna att bygga upp adekvata naturvetenskapliga begrepp.

### *Modifiering*

Från vardagslivet finns det exempel på att föremål, material och ämnen ändrar sina egenskaper utan att därför förlora sin identitet:

Haren blir vit på vintern men det är samma hare.

Tenn smälter, men smältan är fortfarande tenn.

Modifieringsidén används av eleverna för att förklara kemiska förlopp. I en grekisk undersökning blandade elever kaliumjodid och blynitrat i form av två vita pulver.<sup>4</sup> Då uppstår en gul färg, beroende på att det bildas blyjodid. De flesta elever beskrev det inträffade med uttryck som 'de vita pulvren ändrade sin färg'. Den 'yttre agenten' kan tänkas vara människan som blandar, eller också är ämnena varandras agenter.

I ett annat exempel tillsattes vatten till vitt kopparsulfat, varvid en blå färg kan observeras. Om detta sade eleverna att 'det vita ämnet blev ljusblått'. Den yttre agenten är här troligtvis vattnet.

I båda fallen kommunicerar elevernas språk följande modell av den iakttagna transformationen:

ämne med egenskaper —> samma ämne med nya egenskaper

Franska elever i 12-årsåldern intervjuades om förbränning av alkohol och trä, som utfördes av intervjuaren.<sup>5</sup> Förbränningsprodukten vatten gjordes synlig genom kondensation. En elev säger:

– När alkohol brinner bildas alkoholånga. Det är vad man kan vänta sig, det är normalt. Det är som på strykjärnet. Man håller i vatten och får ånga. När man värmer vatten i en stekpanna får man vattenånga... När alkohol brinner ändrar sig alkoholen till alkoholånga. Man ser den, vi gjorde experimentet med att hålla en glasbit ovanpå, och när man tog bort den, så luktade den alkohol.

Denna utsaga är i och för sig korrekt, men ej en fullständig förklaring. Men utsagan är elevens enda förklaring av vad som sker vid förbränningen. Agenten är värmekällan.

### *Förflyttning*

En del förändringar i omvärlden beror på att ämnen och material har förflyttats. Den nya asfaltbeläggningen är inte ett resultat av kemisk växelverkan mellan luft och väg, utan har blivit till genom att förflyttas från kokeriet till vägen. Apelsinen pressas och saft förflyttas från frukten till ett glas.

Förflyttningssidén används av eleverna för att förklara kemiska förlopp. I en holländsk undersökning fick elever, 14-15 år gamla, blanda blynitrat och kaliumjodid i en mortel med hjälp av en mortelstöt.<sup>6</sup> Båda ämnena förekom i pulverform. Det blir omedelbart en gul färg. Ibland förklarar eleverna den gula färgen med att de vita kornen är som ägg. Om de krossas med en mortelstöt, så kommer gulan ut och färgar blandningen. Författarna framhåller:

Det förefaller som om de flesta elever i 14-årsåldern håller fast vid en outtalad och underförstådd idé, nämligen att varje enskilt ämne konserveras, vad som än händer.

I den tidigare nämnda franska undersökningen om förbränning av alkohol och trä utspann sig följande dialog:<sup>7</sup>

Intervjuaren: Berätta för mig vad som händer!

Fred: – *Vattenånga ... Det finns inget vatten i alkohol. Jag förstår inte vad vattenångan gör här.*

Och lite senare:

– Det bildas vattenånga, kan du förklara varför?

– *Det är svårt att tänka sig vattenånga i trä.*

Fred använder förflyttningssidén. En viss förbränningsprodukt måste alltså, enligt honom, finnas från början för att sedan separeras ut då ämnet brinner.

### *Vad betyder vardagstänkandet om kemiska förändringar?*

Om eleven inte fått någon undervisning i kemi så kan man tycka att de olika sätten att förklara kemiska reaktioner är ganska naturliga, och måhända uppskatta att eleven faktiskt försöker förklara svårbegripliga processer och därvid använder sina vardagserfarenheter på ett kreativt sätt.

Det är emellertid inte självklart vad kunskap om detta elevernas vardagstänkande betyder för skolans kemiundervisning. Är de aktuella vardagsföreställningarna lärarens kognitiva fiender, eller rymmer de frön till idéer som kan utvecklas vidare mot ett vetenskapligt tänkande?

En intressant synpunkt på detta problem har framförts i samband med en grekisk undersökning.<sup>8</sup> I denna beskrev man det vi har kallat 'modifiering' respektive 'förflyttning' på följande sätt:

ämne med egenskaper  $\longrightarrow$  samma ämne med nya egenskaper

ämne 1 + ämne 2  $\longrightarrow$  (växelverkan)  $\longrightarrow$  nytt 'ämne' (som funnits hela tiden)

Ett bra exempel på det senare förloppet är den blandning av blynitrat och kaliumjodid som beskrevs i avsnittet 'Förflyttning'.

Förflyttningskategorin innehåller enligt de grekiska författarna två utvecklingsbara idéer. Eleverna uppmärksammar och förklarar att *ett nytt ämne* dyker upp. Några tankar om nya ämnen finns inte i modifieringskategorin, och därför är 'förflyttning' att betrakta som mer utvecklat tänkande än 'modifiering'.

Den andra idén är att något bevaras – är invariant – vid reaktionen, nämligen det ämne som visar sig efter att ha varit dolt.

Genom kemiundervisningen kan eleven lära sig att omtolka betydelsen av det nya ämne som visar sig. Det är ett tecken på att ett nytt ämne, som inte existerat tidigare, har bildats. Idén om att något är invariant vid de förändringar som inträffar omtolkas till att gälla massa och atomer (i betydelsen samma atomnummer).

### *Kemisk förklaring*

En del elever som fått undervisning i kemi avger kemiska förklaringar. Exempel på sådana, som gäller det ovan nämnda avgasproblemet, är t. ex.:<sup>9</sup>

- Bensinen förenar sig med luftens syre. Det gör att avgaserna väger mer än 50 kg.
- Mer än 50 kg. Bensinen reagerar med syre och bildar till största delen CO<sub>2</sub> och H<sub>2</sub>O.

Ett flertal undersökningar visar att vardagsförklaringar av kemiska reaktioner är vanliga också efter undervisning.

### *UPPGIFT 1*

Vi har ovan beskrivit fem olika sätt att förklara kemiska förändringar, som eleverna använder. Dessa är:

- A. Det bara blir så.
- B. Transmutering.
- C. Modifiering.
- D. Förflyttning.
- E. Kemisk förklaring

Nedan följer ett antal skriftliga elevsvar på olika uppgifter. Undersök i vilken utsträckning kategorierna A t.o.m. E kan användas för att karaktärisera dessa svar.

#### **Rostiga spiken**<sup>10</sup>

Vissa spikar blir rostiga om de får stå i vatten eller nära vatten. Var finns rosten innan spiken rostar? Förklara ditt svar!

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Den finns i luften  | <input type="checkbox"/> Den har ännu inte bildats |
| <input type="checkbox"/> Den finns i vattnet | <input type="checkbox"/> Den finns i spiken        |

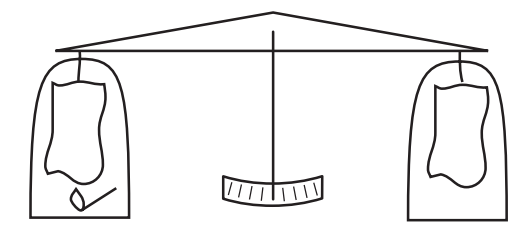
1. Jag rostar inte om jag lever nära eller står i vatten, så rosten måste finnas i spiken.
2. Rosten finns i luften. Rost är egentligen salt som åker omkring i luften.
3. Luften gör inte så att alla ämnen rostar. Rosten måste alltså finnas i spiken.
4. Den finns i spiken i form av järnatomer.

5. Jag vet att rost är  $\text{FeO(OH)}$  och det är något som nybildas med hjälp av  $\text{Fe}$ ,  $\text{O}_2$  och  $\text{H}_2\text{O}$ , alltså kan det inte ha funnits innan.
6. I vattnet finns lite metall, t.ex. koppar. Det förs vidare till spiken som då rostar.

### Stålullen<sup>11</sup>

Testledaren berättar inledningsvis för klassen att stålull är en form av järn. Sedan tarer hon en stålullsbit på en balansvåg (stålull används som tara!), antänder stålullen och låter den brinna. Vågskålen med brinnande stålull sjunker då sakta

ned och slår i underlaget. Små fragment ramlar ner i den vänstra vågskålen. Stålullen, från början metallglänsande, har mörknat. Eleverna ombeds att skriftligt förklara varför vågskålen med stålullen som brunnit sjunker ned.



7. Stålullen som hade brunnit hade blivit till kol. Kol väger mer.
8. Det bildar väl kol efter glöden som gör det tyngre.
9. Stålullen blir tätare.
10. Massan smälter samman och blir tyngre.
11. Det tillkom syre under förbränningen.
12. Stålullen drog åt sig syre när den brann. Därför väger stålullen mer.
13. Järnet förenades med syret i luften.

**Avgaserna**<sup>12</sup>

I ett laboratorietest tankar man en bil med 50 kg bensin. Man kör så motorn tills tanken är tom och tar reda på hur mycket materia som kommer ut ur avgasröret under tiden. Vad blir resultatet? Sätt kryss!

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> mycket mindre än 50 kg | <input type="checkbox"/> mer än 50 kg        |
| <input type="checkbox"/> mindre än 50 kg        | <input type="checkbox"/> mycket mer än 50 kg |
| <input type="checkbox"/> cirka 50 kg            |  |

Förklara hur du tänkte.

14. Motorn förbränner bensinen det är precis som en brasa. Materialen förbränns och omvandlas till energi i stället.
15. Bensinen blandas ju med luften samt övergår från flytande form till gasform.
16. Ämnena i bensinen förenar sig med ämnen i luften och går ut genom avgasröret.
17. Gasform är lättare än flytande form.



## *VARDAGLIGT OCH VETENSKAPLIGT TÄNKANDE OM KEMISKA PROCESSER - EN SAMMANFATTNING*

I enheterna 'Materiens bevarande', 'Materiens byggnad', 'Faser och fasövergångar' samt 'Ämnen' har olika aspekter av vardagligt tänkande om det som för naturvetaren är kemiska processer behandlats. I tabell 1 och 2 nedan sammanfattas de viktigaste resultaten

Tabell 1. Tänkande angående makro-, respektive atomär aspekt av kemiska system och processer.

ASPEKT	TÄNKANDE INFLUERAT AV VARDAGSFÖRESTÄLLNINGAR	SKOLANS KEMI
M A K R O	<p>Gränsen mellan materia och energi är oklar (gaser är viktlösa, värme kan ha vikt).</p> <p>Materiemängd (massa) bevaras ej alltid.</p> <p>Fasövergångar förklaras med modellerna <i>förflyttning</i>, <i>transmutering</i> och <i>kemisk reaktion</i>.</p> <p>Kemiska förlopp förklaras med modellerna <i>förflyttning</i>, <i>modifiering</i> och <i>transmutering</i>.</p> <p>Fokus på handling, t. ex. vad man kan och får göra med ämnen för att få ett visst resultat.</p> <p>Fokus på utgångsämnen.</p>	<p>Klar gräns mellan materia och energi (gaser har massa och tyngd, värme är energi).</p> <p>Materien är oförstörbar. Massa bevaras.</p> <p>Fasövergångar förklaras med att ett ämne behåller sin identitet men <i>modifieras</i>.</p> <p>Kemiska förlopp förklaras med att ursprungssämnen försvinner och nya bildas p. g. a. <i>kemisk reaktion</i>.</p> <p>Reflekterat betraktande för att förstå.</p> <p>Ett system följs under hela processen från 'före' till 'efter'.</p>
A T O M Ä R	<p>Atomerna tilldelas egenskaper som de inte har, t. ex. färg och lukt.</p> <p>Atomerna och molekyler kan uppfattas som viktlösa (de är inte materia eftersom de inte kan vägas).</p> <p>Molekyler kan uppfattas som en addition av atomer/molekyler.</p> <p>Atomerna/molekyler sitter i kontinuerlig materia som russin i en kaka eller är tätt packade utan något emellan.</p> <p>Atomerna/molekyler kan röra sig men har ingen 'inneboende' rörelse</p>	<p>Atomerna/molekyler har massa, tyngd, volym, rörelse, laddning.</p> <p>En molekyl har andra egenskaper än de atomer/molekyler som reagerade då den bildades.</p> <p>Atomerna/molekylerna är materien och materien är atomerna/molekylerna. Mellan dem är det vakuum.</p> <p>Atomerna/molekyler har 'inneboende' rörelse (translation, vibration, rotation)</p>

Tabell 2. Tänkande angående relationer mellan makro- och atomär aspekt av kemiska system och processer.

RELATION	TÄNKANDE INFLUERAT AV VARDAGSFÖRESTÄLLNINGAR	SKOLANS KEMI
MAKRO- och ATOMÄR ASPEKT	Makroprocesser projiceras på atomer/molekyler, t. ex.: ved brinner - vedmolekyler brinner järn rostar - järnatomer rostar is smälter - ismolekyler smälter	Att nya ämnen bildas vid kemiska reaktioner förklaras med att atomer arrangeras om.  Ett ämnes egenskaper förklaras med egenskaper hos ett system av många atomer/molekyler.  Fasövergångar förklaras med att i ett system av många atomer/molekyler ändrar dessa rörelse och sin grad av bindning till varandra.

## MÖJLIGHETER

Mot bakgrund av tabell 1 och 2 framstår följande inbördes sammanvävda aspekter som viktiga när det gäller undervisning och lärande av kemi på nybörjarnivå:

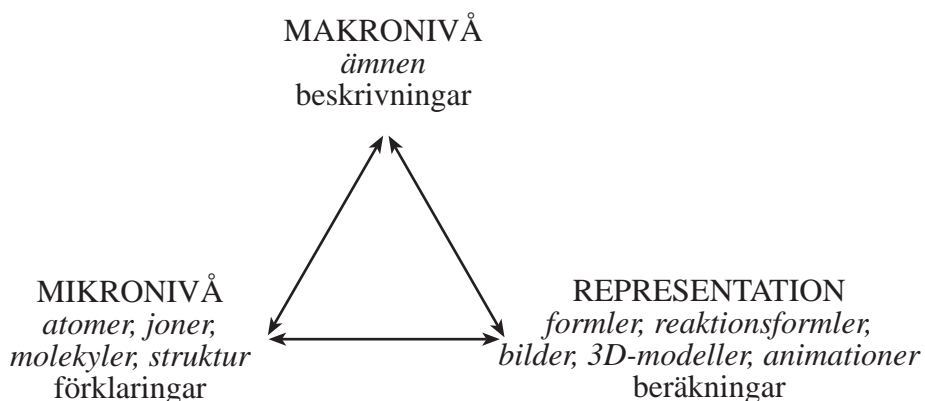
1. Insikten, att materien bevaras vid en kemisk reaktion, men att den struktureras om och att det finns nya ämnen efter reaktionen. Som visats i workshopen 'materia bevarande' kan denna insikt inte tas för given utan behöver diskuteras i många olika sammanhang för att bli en generell kunskap hos eleven.
2. Insikten att atomerna är materien och materien är atomerna. Eleverna tenderar att förlägga kontinuerlig materia mellan atomer/molekyler, vilket rimligtvis bidrar till att göra skolans undervisning om kemiska reaktioner svårbegriplig.
3. Insikten att atomer/molekyler är i ständig rörelse. Partiklar på atomnivå har translationsrörelse, vibrerar och roterar. Här kan en koppling till massans tröghet (Newtons första lag) behöva göras. Läromedel tenderar att ge en statisk bild av kemiska reaktioner, vilket delvis beror på begränsningar hos det tryckta mediet.
4. Insikten att makroegenskaper förklaras med de egenskaper som system av partiklar på atomär nivå har (exempelvis tar vatten form efter sin behållare eftersom molekylerna rör sig om varandra).
5. Kunskap om vad ett ämne är och hur ett ämne kan identifieras. Till ett ämnes 'fingeravtryck' hör exempelvis dess kokpunkt och smältpunkt. Detta förutsätter i sin tur kunskaper om materiales uppbyggnad och egenskaper.

6. Insikten att val av system är viktigt. Det är nödvändigt att veta vad som ingår i det ursprungliga systemet för att kunna följa det. Här finns svårigheter i synnerhet vad gäller öppna system, där t. ex. luftens syre ibland ingår i reaktionen men ibland inte.
7. Insikten att det gäller att följa vad som händer vid den kemiska reaktionen och vara medveten om tidsaspekten, d.v.s. man måste kunna beskriva systemet *före* reaktionen, *under* reaktionens gång och *efter* reaktionen.
8. Växelspelet mellan den observerbara makronivån och den förklarande atomära nivån, dvs. enstaka partikelnivå eller mångpartikelnivå. Ibland benämnes den atomära nivån 'mikronivå'. Denna förklaringsnivå handlar om atomteorin och dynamiska partikelteorin. Objekt och processer på denna nivå representeras av kemiska symboler och överenskommelser om hur man hanterar dessa, olika typer av molekylmodeller m. m. Läraren rör sig obehindrat mellan de olika beskrivningsnivåerna, men eleverna kan ha svårt att följa skiftningarna mellan nivåerna. I läroböckerna blandas ibland de olika nivåerna med varandra utan att det klargörs vilken nivå, som avses (t. ex. vattenmolekyler som 'simmar' i ett glas vatten).
9. Att skilja mellan en kemisk reaktion och andra slags förändringar.

## ETT ANALYSSCHEMA

### *Schemats struktur*

Kemiska förlopp är komplexa. De observeras och mäts på makronivå. De förstås på atomär nivå (enstaka partikelnivå eller mångpartikelnivå). De kommuniceras på en representationsnivå med hjälp av olika symboler, t. ex. kemiska formler, bilder, tredimensionella modeller, animationer.



Figur 1. Tre dimensioner för beskrivning och förklaring av kemiska processer.<sup>13</sup>

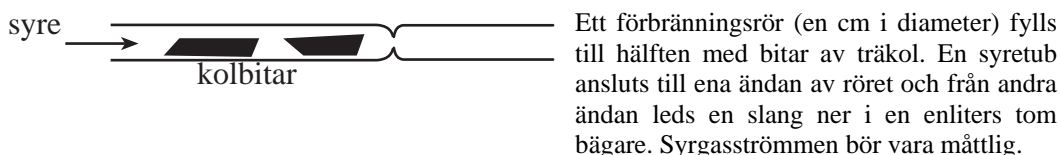
Mot bakgrund av denna komplexitet har ett analyschema tagits fram.<sup>14</sup> Syftet är att underlätta beskrivning och strukturering av ett kemiskt skeende och bringa ordning vad gäller tidsaspekt och beskrivningsnivå. I schemat integreras mikronivån (atomära nivå) med representationen medelst kemiska symboler.

Tabell 3. Schema för analys av kemiska reaktioner.

	SYSTEM FÖRE REAKTION	SYSTEM UNDER REAKTION	SYSTEM EFTER REAKTION
Makronivå (observerbar nivå)	(1)	(4)	(7)
Atomär nivå, enstaka partiklar (atom, jon, molekyl)	(2)	(5)	(8)
Atomär nivå, många partiklar (system av atomer, joner, molekyler)	(3)	(6)	(9)

### *Ett exempel på schemats användning*

Antag att du som lärare vill genomföra en demonstration av förbränning av kol i syre. Du ordnar försöksanordningen enligt nedan.



För att få struktur på demonstrationen väljer du att använda dig av analyschemat. Du ställer frågor till eleverna (siffrorna syftar på rutorna i analyschemat) och med deras hjälp fylls schemat i successivt.

1. Hur beskriver du utgångsämnen? Vilka egenskaper har de?
2. Vilka partiklar bygger upp utgångsämnen?
3. Hur är partiklarna bundna till varandra? Hur rör de sig i förhållande till varandra?
4. Vad kommer att hända då jag släpper in syret i röret? Hypotes? Varför tror du det blir så?
7. Vad kommer resultatet att bli? Hypotes? Varför tror du det blir så?

Efter denna inledande omgång kanske schemat ser ut som tabell 4. De hypoteser som skrivits in i tabellen har visat sig vara vanliga.

Tabell 4. Analys av reaktion mellan kol och syre, del A

	<b>SYSTEM FÖRE REAKTION</b>	<b>SYSTEM UNDER REAKTION</b>	<b>SYSTEM EFTER REAKTION</b>
Makronivå (observerbar nivå)	(1) <u>System före</u> Svarta lätta bitar av kol.  Osynlig gas, som tänder glödande trästicka: syre	(4) <u>Hypotes:</u> Det kommer att brinna	(7) <u>Hypotes:</u> Det bildas gas
Atomär nivå, enstaka partiklar (atom, jon, molekyl)	(2) Kol i atomform, C  Syre i molekylform, O <sub>2</sub>	(5)	(8)
Atomär nivå, många partiklar (system av atomer, joner, molekyler)	(3) Kolatomerna är bundna till varandra i träkolet, C(s)  Syremolekylerna rör sig fritt i gasfas, O <sub>2</sub> (g)	(6)	(9)

4. Demonstrationen genomförs. Vad händer? Stämmer det med hypotesen? Ev. Varför inte? Hur förklarar du på makronivån?

7. Vad blev det för resultat? Hur ser systemet ut efteråt? Stämmer det med hypotesen? Eventuellt varför inte? Vad kan man dra för slutsatser av det? Hur förklarar du på makronivån?

Efter behandling av dessa frågor kanske schemat ser ut som tabell 5 (se nästa sida):

Tabell 5. Analys av reaktion mellan kol och syre, del B

	<b>SYSTEM FÖRE REAKTION</b>	<b>SYSTEM UNDER REAKTION</b>	<b>SYSTEM EFTER REAKTION</b>
Makronivå (observerbar nivå)	(1) <u>System före</u> Svarta lätta bitar av kol.  Osynlig gas, som tänder glödande trästicka: syre	(4) <u>Hypotes:</u> Det kommer att brinna  <u>Experiment:</u> Inget händer med kolbiten.  <u>Ny hypotes:</u> Man måste värma för att antända	(7) <u>Hypotes:</u> Det bildas gas  <u>Experiment:</u> Utströmmande gas tänder glödande trästicka: syre
Atomär nivå, enstaka partiklar (atom, jon, molekyl)	(2) Kol i atomform, C  Syre i molekylform, O <sub>2</sub>	(5)	(8)
Atomär nivå, många partiklar (system av atomer, joner, molekyler)	(3) Kolatomerna är bundna till varandra i träkolet, C(s)  Syremolekylerna rör sig fritt i gasfas, O <sub>2</sub> (g)	(6)	(9)

Om resultatet av demonstrationen stämmer med den nya hypotesen ber du eleverna förklara utfallet på makronivå och på partikelnivå.

4. Vad hände? Stämmer det med hypotesen? Hur förklarar du på makronivån?
7. Vad blev det för resultat? Hur ser systemet ut efteråt? Stämmer det med hypotesen? Vad kan man dra för slutsatser av det? Hur förklarar du på makronivån?
- 2 & 8. Vilka partiklar fanns före reaktionen? Vilka partiklar finns nu?
5. Vad har skett under reaktionen?. Hur kan det uttryckas med modeller? symboler?
- 3 & 9. Hur var partiklarna bundna för reaktionen? Efter? Hur rörde sig partiklarna före reaktionen? Efter? Hur förhöll sig antalet partiklar till varandra före och efter reaktionen?
6. Vad har skett under reaktionen? Hur förändrades rörelse och avstånd mellan partiklarna? Hur förändrades bindningarna mellan partiklarna? Hur kan det uttryckas med symboler?

I tabell 6 visas hur schemat kan se ut efter ifyllnad.

Tabell 6. Analys av reaktion mellan kol och syre, del C

	<b>SYSTEM FÖRE REAKTION</b>	<b>SYSTEM UNDER REAKTION</b>	<b>SYSTEM EFTER REAKTION</b>
Makronivå (observerbar nivå)	<p><u>System före</u> Svarta lätta bitar av kol.</p> <p>Osynlig gas, som tänder glödande trästicka: syre</p>	<p><u>Hypotes:</u> Det kommer att brinna</p> <p><u>Experiment:</u> Inget händer med kolbiten.</p> <p><u>Ny hypotes:</u> Man måste värma för att antända.</p> <p><u>Nytt exp.:</u> Efter kort värmning antänds kolet. Kolet brinner med intensivt gulaktigt sken. Kolbitarna minskar i storlek. Då nästan inget kol återstår stängs syrgastillförseln av.</p> <p>kol + syre → koldioxid</p>	<p><u>Hypotes:</u> Det bildas gas</p> <p><u>Experiment:</u> Utströmmande gas tänder glödande trästicka: syre</p> <p><u>Nytt exp.:</u> Gasen, som samlas i bägarens botten släcker en låga. Bägaren blir efterhand nästan full med denna gas.</p> <p><u>System efter:</u> Inget syre har kommit ut. Det finns nästan inget kvar av kolbitarna. I stället finns koldioxid, ett helt <u>nytt ämne</u>. En <u>kemisk reaktion</u> har skett.</p>
Atomär nivå, enstaka partiklar (atom, jon, molekyl)	<p>Kol i atomform, C</p> <p>Syre i molekylform, O<sub>2</sub></p>	<p>En kolatom binds ihop med två syreatomer från en syremolekyl till en koldioxidmolekyl.</p> <p><math>C + O_2 \rightarrow CO_2</math></p>	<p>Ny molekyl uppbyggd av en kolatom och två syreatomer, koldioxid, CO<sub>2</sub></p>
Atomär nivå, många partiklar (system av atomer, joner, molekyler)	<p>Kolatomerna är bundna till varandra i träkolet, C(s)</p> <p>Syremolekylerna rör sig fritt i gasfas. O<sub>2</sub>(g)</p> <p>Eftersom det finns kol kvar är det överskott av kolatomer.</p> <p>Hög energinivå</p>	<p>Efter antändning leder kollision av syremolekyler med kolatomer till bildning av koldioxidmolekyler. Kolatomerna frigörs från varandra. Syremolekylerna delas upp i atomer och förenas med kolatomerna. Antalet kolatomer och syremolekyler minskar i samma grad som koldioxidmolekyler bildas.</p> <p><math>C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)</math></p> <p>Energi avges av systemet under förbränningen</p>	<p>De bildade koldioxidmolekylerna rör sig fritt i gasfas, CO<sub>2</sub>(g)</p> <p>Antalet koldioxidmolekyler är samma som det antal syremolekyler, som reagerade. En del kolatomer finns i överskott.</p> <p>Låg energinivå</p>

### *Principer för analyschemat*

Av det nu genomgångna exemplet torde ha framgått att analyschemat fylls i enligt de principer som framgår av tabell 7.

Tabell 7. Schema för analys av kemiska reaktioner. Principer för ifyllnad

	<b>SYSTEM FÖRE REAKTION</b>	<b>SYSTEM UNDER REAKTION</b>	<b>SYSTEM EFTER REAKTION</b>
Makronivå (observerbar nivå)	Avgränsning av systemet och beskrivning av ämnen i systemet före reaktion	Ev. hypoteser  Beskrivning av tecken på växelverkan/energiöverföring  Ev. ordformel	Ev. hypoteser  Beskrivning av ämnen i systemet efter reaktion  Tolkning av resultat
Atomär nivå, enstaka partiklar (atom, jon, molekyl)	Vilka partiklar finns i systemet?	Vad sker med dessa partiklar?  Kemisk reaktionsformel (modellformel, symbolformel)	Vilka partiklar finns i systemet efter reaktion?
Atomär nivå, många partiklar (system av atomer, joner, molekyler)	<u>Fysikaliskt:</u> Hur rör sig partiklarna? På vilket avstånd?  <u>Kemiskt:</u> Hur förhåller sig antalet partiklar till varandra? Hur är de bundna?  På vilken energinivå befinner sig partiklarna?	Hur förändras rörelse och avstånd mellan partiklarna?  Hur förändras antalet partiklar? Hur förändras bindningarna?  Kemisk reaktionsformel.  Vilka energiförändringar sker?	Hur rör sig partiklarna? Vad är avståndet mellan dem?  Hur förhåller sig antalet partiklar till varandra efter reaktion? Hur är partiklarna bundna?  På vilken energinivå befinner sig partiklarna?



### *UPPGIFT 2*

Tillämpa analys-schemat på de tidigare i denna workshop beskrivna problemen 'Rostiga spiken' och 'Avgaser'. Jämför och diskutera med kollegor/kurs-kamrater!

### *UPPGIFT 3*

Fotosyntesen är en av världens viktigaste kemiska reaktioner. Tillämpa schemat på fotosyntesen. Jämför och diskutera med kollegor/kurskamrater!

### *UPPGIFT 4*

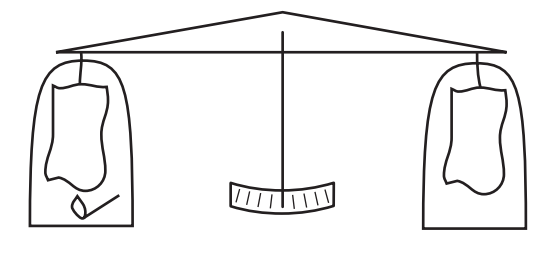
Vilka för- respektive nackdelar innebär det att använda schemat?

Hur skulle elever kunna använda schemat?

### UPPGIFT 5

Om du har praktiska möjligheter så genomför som en demonstration det s. k. stålullsexperimentet tillsammans med en grupp elever och tillämpa analyschemat.

#### Ett experiment med stålull



Diskutera med eleverna vad stålull är (ska vara rent järn fritt från tvål) och hur en balansvåg fungerar. Häng upp två stora stålullstussar överst på stålågararna nära vågarmen (en tuss på vardera sidan av vågarmen) och se till att de väger lika.

Be eleverna beskriva systemet!

Fråga eleverna om det kommer att hända något om man för en tänd tändsticka längs nederkanten av ena stålullstussen? I så fall vad? Skriv upp hypoteserna på tavlan.

Utför sedan demonstrationen d.v.s. använd ena stålullstussen genom att föra en tändsticka längs nederkanten. (alternativt kan stålullen användas genom att låta båda polerna av ett 4,5 volts ficklampsbatteri komma i kontakt med nederkanten av stålullen). Fyll successivt i analyschemat.

## *NOTER*

1. Dessa kategorier har formulerats av Andersson (1990).
2. Andersson och Renström, 1983a.
3. Andersson och Renström, 1983b.
4. Solomonidou och Stavridou, 2000.
5. Méheut, Saltiel och Tiberghien, 1985.
6. de Vos och Verdonk, 1985.
7. Méheut, Saltiel och Tiberghien, 1985.
8. Solomonidou och Stavridou, 2000.
9. Jansson, 1994.
10. Uppgiften och elevsvaren är från Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist (1993) och Jansson (1994).
11. Uppgiften och elevsvaren är från Andersson och Renström (1981).
12. Uppgiften och elevsvaren är från Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist (1993) och Jansson (1994).
13. Figuren bygger i stor utsträckning på Ringnes och Hannisdal (2000, s 38)
14. Analysschemat har utvecklats av Jansson (1995).

## *REFERENSER*

- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- 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.
- Andersson, B., & Renström, L. (1981). *Materia: Oxidation av stålull*. (EKNA-rapport Nr 7). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för praktisk pedagogik.
- Andersson, B., & Renström, L. (1983a). *How Swedish pupils, age 12-15, explain the 'copper-pipe' problem*. (Kan erhållas från Enheten för ämnesdidaktik, Inst för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet, Box 300, S-405 30 Göteborg.)
- Andersson, B., & Renström, L. (1983b). *How Swedish pupils, age 12-15, explain the 'exhaust' problem*. (Kan erhållas från Enheten för ämnesdidaktik, Inst för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet, Box 300, S-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. (1995). *Begreppsförståelse i gymnasiets kemi – Svenska resultat och internationella rön. En pilotstudie angående de teoretiska linjerna.* (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 13 ). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.

Méheut, M., Saltiel, E., & Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11-12 years old) conceptions on combustion. *European Journal of Science Education*, 7, 83-93.

Ringnes, V., & Hannisdal, M. (2000). *Kjemi i skolen – undervisning og læring.* Kristiansand: Højskoleforlaget.

Solomonidou, C., & Stavridou, H. (2000). From inert object to chemical substance: Students' initial conceptions and conceptual development during an introductory experimental chemistry sequence. *Science Education*, 84, 382-400.

de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1985). A new road to reactions, part 1. *Journal of Chemical Education*, 62, 238-240.

## *KOMMENTARER TILL VISSA UPPGIFTER I WORKSHOP 2 -6*

### *2*

#### *MATERIENS FASER*

##### **Uppgift 5 och 6.**

Både bilden och sättet att tala ger stöd för elever som tänker sig materien som partiklar i en kontinuerlig materia. Ett sätt att göra bilden tydligare är att ta bort strecket som symboliserar vattenytan. Att en modell innebär risk för missförstånd är naturligtvis inget skäl att avstå från att använda den. Men det är viktigt att man diskuterar vad man menar med de modeller man använder.

### *3*

#### *MATERIENS BYGGNAD*

##### **Uppgift 3**

1. Ett exempel: järn smälter (och stelnar) vid 1 535°C och kokar (förångas, förgasas och även kondenserar) vid 2 750°C. När flytande järn stelnar, så överförs energi från järn till den omgivande luften eller marken, om det ligger på marken. Det sker genom att järnatomer som rör sig relativt snabbt knuffar till molekyler i luften eller marken så att dessa börjar röra sig snabbare. Samtidigt minskar rörelsen hos järnatomerna. När järnets temperatur är 1 535 °C har rörelsen hos järnatomerna minskat så pass mycket att järnet övergår till fast fas.

2. Det känns varmare i en våtbastu än i en torrbastu även om temperaturen är samma. Det är högre temperatur i luften i en bastu än på huden. Vattenånga kondenserar på den kallare kroppen. Då frigörs samma energimängd som åtgick vid förångningen. I en våtbastu finns mer vattenånga som kan kondensera och på det sättet överföra energi.

När man svettas sker inte avdunstningen i samma omfattning i en våtbastu som i en torrbastu eftersom luften är i det närmaste mättad med vattenånga. Det är förångningen av svetten som innebär avkylning, energi för övergången vätska – gas tas från huden (via svett droppen). Därför kyls inte kroppen av lika lätt i en våtbastu.

3. Vid övergång från is till vattenånga upptas energi från vattnet under isen. Då bildas ny is, eftersom temperaturen sjunker. Mer energi avges vid övergång is – vattenånga (övergång direkt från fast till gasform, sublimering) än vid övergången vatten – is (övergång från flytande till fast form, stelning), därför räcker energiavgången till ett tjockare lager på undersidan. Smältvärme/stelningsvärme

för vatten är 334 J/g. Ångbildningsvärme för is är 2824 J/g. Eftersom ångbildningsvärmets är 8,5 gånger så stort som stelningsvärmets ( $2824:334 = 8,5$ ) så bör det bildas 8,5 gånger mer is än vad som avdunstar. Det gäller både massa och volym.

#### Uppgift 4

1. Att kaffet kokar i vakuum betyder inte att det är 'kokhett'. Eftersom trycket minskar kokar kaffet vid en lägre temperatur. Koktemperaturen beror med andra ord av lufttrycket. Det är följaktligen ingen risk att dricka det kaffe som kokat i vakuum. Snarare har det blivit kallare är kaffet i den andra koppen, eftersom energirika molekyler lämnar kaffet då det kokar.

2. Påsen sväller upp för att vattnet övergår till vattenånga. Volymen blir vid normalt lufttryck ca 1000 gånger större, i detta fallet alltså ungefär fem liter.

#### Uppgift 5.

4. Ett förslag är att inbegripa eleverna i frågan 'varför får man olika kokpunkt?' Det kan bli en utvidgad undersökning där man försöker att systematiskt gå igenom olika orsaker till variationen. Några tänkbara, undersökningsbara alternativ:

Vattnet är inte rent.

Mäter man för tidigt? Är man överens om hur det ser ut när vattnet kokar?

Är termometrarna olika?

Har rådande lufttryck någon betydelse?

## 4

### *BLANDNING, LÖSNING OCH VATTNETS KRETSLOPP*

#### Uppgift 2

När socker växelverkar med vatten löser det sig i vattnet och efter en liten stund ser man inte något socker längre. Det kan förklaras med att sockermolekylerna, som innehåller polära atomgrupper, binds till vattenmolekyler på ungefär samma sätt som natriumjoner och kloridjoner. Om vätskorna får stå orörda avdunstar vattnet och socker/salt blir kvar på botten.

#### Uppgift 3

Kaliumpermanganat löser sig snabbare i det varma vattnet eftersom vattenmolekylerna rör sig snabbare i varmt vatten. Det uppstår då fler kontakter mellan kaliumpermanganatjonerna och vattenmolekylerna och därmed fler möjligheter till bindningar mellan dessa.

#### Uppgift 4

Uppgiften avser att belysa exoterma och endoterma lösningsreaktioner.

**Uppgift 7**

1. Freonmolekylerna sprider sig i atmosfären med hjälp av vindar och diffusion. Diffusion innebär att atomer och molekyler, som ju alltid rör sig p.g.a. värmerörelser, kommer att spridas från ett ställe med hög koncentration tills utjämning av koncentrationsskillnader skett.

2. Guldatomer sprider sig genom diffusion eftersom guldatomerna och silveratomerna hålls ihop av samma typ av bindning.

3. När havsvattnet värms rör sig vattenmolekylerna snabbare, lämnar vätskan och övergår till att röra sig i luften. Kvar i lösningen blir de joner som finns i saltvatten. När alla vattenmolekyler övergått till gasfas bildar jonerna fasta salter.

**Uppgift 8**

Här är en möjlighet att kategorisera:

**A. SVAR SOM TALAR OM ATT SOCKRET SMÄLTER**

– *Därför att det varma 'smälter' ner sockret snabbare än det kalla vattnet, och sockerbiten suger upp det varma vattnet snabbare än det kalla vattnet. När det varma vattnet tränger in i sockerbiten så 'kokar' sockret bort, dvs. så smälter det varma vattnet sockerbiten.*

**B. SVAR SOM TALAR OM ATT SOCKRET FRÄTS SÖNDER**

– *Sockret fräts sönder långsamt.*

**C. SVAR SOM INNEHÅLLER 'SOCKRET LÖSER SIG'.****C1. Endast makronivå**

– *Sockret löses upp.*

**C2. Molekylär nivå finns med****I. Nya molekyler bildas (kemisk reaktion)**

– *Socker kan lösas i vatten, och efter en stund i vattnet har sockerbiten lösts upp. Vattenatomerna och sockeratomerna har satts ihop med varandra till molekyler. Lösningen i glaset smakar sött.*

**II. Acceptabel naturvetenskaplig förklaring.**

– *Socker har löst sig i vattnet.  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Vattnet är en dipol och då rörsocker är bundet med vätebindning (VäteSyre) så är de bindningarna väldigt lika i både styrka och slag. Likheten gör att vattendipolerna kan dra loss molekyl för molekyl av sockret tills hela sockerbiten är upplöst. Lösningen är homogen.*

**Uppgift 10**

Några exempel:

Heterogen blandning uppstår när humusämnen från vegetationen blandas med regnvatten och förs till vattendrag och sjöar.

När kväveoxidmolekyler löser sig i vattendroppar i atmosfären bildas salpetersyra löst i vatten. Denna lösning regnar sedan ner på mark och vatten.

Separation: Avdunstning från hav. Endast vatten avdunstar, salter blir kvar i havet.

## 5 ÄMNEN

**Uppgift 5**

VARDAGLIGT SPRÅKBRUK	OMSKRIVNING TILL VETENSKAPLIGT SPRÅKBRUK
Koldioxid grumlar kalkvatten	Koldioxid och kalciumhydroxidlösning bildar ett nytt ämne, kalciumkarbonat, som är vitt och svårlösligt i vatten (makroperspektiv).  Koldioxidmolekyler och vattenmolekyler bildar tillsammans vätejoner och karbonatjoner (kolsyra). Karbonatjoner och kalciumjoner bildar ett svårlösligt salt (mikroperspektiv).
Magnesium brinner	Magnesium reagerar med syre från luften och bildar magnesiumoxid. (Det som i allmänt språkbruk talas om som att något brinner innebär normalt en reaktion med syre från luften.)
Stålullen glöder och blir svart	Stålull består huvudsakligen av järn. Järn reagerar med syre från luften och bildar järnoxider. Järnoxiderna är svarta.
Järn rostar	Järn reagerar med syre och vatten. Då bildas ett nytt ämne som kallas rost. (järnoxidhydroxid)



**Uppgift 7**

Exempel på andra sätt att uttrycka sig:

Mineral som innehåller metallföreningar i tillräckligt hög koncentration för att vara lönsamma att bearbeta, kallas malmer.

Vätejonerna tar upp elektroner och bildar vätemolekyler (mikroperspektiv). Därvid bildas vätgas (makroperspektiv).

Nedfallet av svavelföreningar över Sverige har minskat.

**Bilaga: Några frågor om ämnen**

1. Ett ämne, järn.
2. Ett ämne, vatten.
3. Ett ämne, stearin. Ämnet finns i fast (biten stearin) och flytande (pölen) form.
4. Två. Järn och rost. Rost, järnoxidhydroxid, är ett helt annat ämne än järn.
5. a) ett  
b) ett  
c) ett  
d) två, ur makroskopiskt perspektiv. Egentligen är det tre partikelslag: natriumjoner, kloridjoner och vattenmolekyler.
6. Det ursprungliga ämnet är uppbyggt av två olika atomslag. Vid upphettningen separeras de två atomslagen från varandra till två olika ämnen, en metall och ett gasformigt ämne. (Ämnet kan vara kvicksilveroxid som bildar kvicksilver och syre.) Notera att alla ämnen har ett visst ångtryck. Därför är det inte fullständigt vakuum i behållaren, utan det finns en liten mängd kvicksilveroxid-ånga.

## 6

**KEMISKA REAKTIONER****Uppgift 1**

Förslag till kategorisering:

- Kategori A: inga exempel  
 B: 7, 8, 14  
 C: 9, 10, 15, 17  
 D: 1, 2, 3, 4  
 E: 5, 11, 12, 13, 16  
 Övrigt: 6

## Uppgift 2.

Analysnschemat tillämpat på 'Avgaser':

	<b>SYSTEM FÖRE REAKTION</b>	<b>SYSTEM UNDER REAKTION</b>	<b>SYSTEM EFTER REAKTION</b>
Makro-nivå	Bensin och luft. Alldeles före förbränning i cylindern finns bensinen i gasfas.	<u>Hypotes:</u> Bensinångan och syret kommer att reagera..  Bensin + syre→  <u>Iakttagelser:</u> Motorn går, det blir varmt. Vid viss väderlek kan man se en vit rök av små vattendroppar från avgasröret.	<u>Hypotes:</u> Avgaserna är koldioxid och vatten. Avgaserna väger mer än 50 kg, eftersom materien som vägs nu också inkluderar syreatomer. Bensin+syre→koldioxid+vatten  Det går att väga avgaserna, men det är ganska omständligt och måste göras på särskilda laboratorier.
Atomär nivå, enstaka partiklar	Oktanmolekyl C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> ( en av flera olika molekyler som finns i bensin) Syremolekyl O <sub>2</sub>	Bindningarna i molekyllerna bryts vid energitillförsel och nya bindningar bildas. Nettoresultatet är att energi frigörs. $2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$	Nya molekyler uppbyggda av kolatomer, väteatomer och syreatomer bildas. $2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$
Atomär nivå, många partiklar	Oktanmolekyllerna och syremolekyllerna rör sig fritt i förhållande till varandra i gasfas.  Systemet oktan och syre har hög energi.	Atomerna i molekyllerna frigörs från varandra. Nya bindningar uppstår mellan kolatomer och syreatomer och mellan väteatomer och syreatomer. $2C_8H_{18}(g) + 25O_2(g) \rightarrow 16CO_2(g) + 18H_2O(g)$  Energi frigörs.	De bildade koldioxidmolekyllerna och vattenmolekyllerna rör sig fritt i gasfas.  $2C_8H_{18}(g) + 25O_2(g) \rightarrow 16CO_2(g) + 18H_2O(g)$  Systemet koldioxid och vatten har låg energi.