

# NA-SPEKTRUM

STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I SKOLAN

**Nr 14**

---

## ATT UTVECKLA NATURVETENSKAPLIG UNDERVISNING

EXEMPLET GASER OCH DERAS EGENSKAPER

Björn Andersson och Frank Bach

---

Göteborgs universitet  
Institutionen för didaktik och pedagogisk profession (IDPP)  
Box 100, 40530 GÖTEBORG

Red: Björn Andersson      ISSN 1102-5492



© Författarna och Inst. för didaktik och pedagogisk profession, Göteborgs universitet.  
Pdf-filen eller delar därav får skrivas ut av enskilda personer för användning i hans  
eller hennes undervisning, t.ex. lärarutbildning eller fortbildning. Källan skall anges.

## *SAMMANFATTNING*

Detta arbete handlar om hur man kan gå tillväga för att systematiskt utveckla undervisning angående ett givet naturvetenskapligt område. Det är fråga om att väga samman kunnande av olika slag till nya undervisningssekvenser, vilka undersöks såväl praktiskt som med vetenskapliga metoder. Vår utvecklingsmodell har följande komponenter:

- analys av varför eleverna skall lära om det givna området
- analys av forskningsresultat angående elevers begrepp
- analys av tidigare undervisningsförsök
- precisering av mål för området
- skapande av en undervisningssekvens, varvid de ovan nämnda komponenterna vägs in men naturligtvis också lärarerfarenhet och ämneskunskaper
- studium av undervisningen med avseende dels på långsiktig behållning, dels på vad som sker under lektionerna
- revision och vidareutveckling av undervisningssekvensen

Hela detta arbete sker inom ramen för en konstruktivistisk syn på lärande och kunnande. Vi redovisar i denna rapport hur arbete enligt denna modell bedrivits när det gäller området *gaser och deras egenskaper* i åk 7 på grundskolan.

Red.



*INNEHÅLL**FÖRORD**INLEDNING*

1	ETT SÄTT ATT SYSTEMATISKT UTVECKLA UNDERVISNING	7
---	----------------------------------------------------	---

*BAKGRUND OCH PROBLEM*

2	VARFÖR SKALL ELEVERNA LÄRA OM GASER?	9
3	VARFÖR SKALL ELEVERNA LÄRA SIG ANVÄNDA EN PARTIKELMODELL?	12
	En kvalitativ modell	12
	Argument för att undervisa om partikelmodellen	12
4	VAD KAN ELEVERNA I ÅK 9 OM GASER?	16
5	PROBLEMSTÄLLNING	18

*UTVECKLING AV EN UNDERVISNINGSS-  
SEKVENSS OM GASER*

6	TEORETISKA UTGÅNGSPUNKTER	19
	Är konstruktivismen fortfarande "inne"?	19
	Konstruktivismen är ett sätt att se på lärande och kunskande, inte en undervisningsmetod	20
	Om förhållandet mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande	21
7	ELEVERS BEGREPP OM GASER OCH MATERIENS BYGGNAD	24
	Luft och andra gaser	24
	Massans bevarande	26
	Atomer, molekyler och partikelsystem	26
8	TRE TIDIGARE UNDERVISNINGSFÖRSÖK	30
	Ett program om enbart gaser	30
	Två program om fast, flytande och gasformigt tillstånd	30
	Om varaktig begreppslig behållning	32
9	NUVARANDE UNDERVISNINGSPRAXIS ENLIGT LÄROMEDLEN	33
10	LEKTIONSSEKVENSS	34
	Trådarna samlas	34
	Elva lektioner om gaser	34
	Elevtext och problemsamlingar	38
	Mål för undervisningen om gaser	39

## *ETT UNDERVISNINGSEXPERIMENT*

11 DESIGN	41
12 RESULTAT AV FÖR- OCH EFTERTEST	41
Uppgift 1. Varför rinner saften inte ned?	41
Uppgift 2. Går kolven att skjuta in?	43
Uppgift 3. Går kolven att dra ut?	46
Uppgift 4. Vad händer då sprutan värms?	46
Uppgift 5. Vad händer då sprutan kyls?	49
1 Uppgift 6. Varför är sugkoppen svår att dra loss?	51
Uppgift 7. Kan näsan känna lukten?	53
Uppgift 8. Hur är heliumgas uppbyggd?	54
Vad tyckte eleverna?	55

## *DISKUSSION*

13 ANALYS AV METOD OCH RESULTAT	57
14 NYA MÖJLIGHETER	59
Förbättrade undersökningsmetoder	59
Nya dimensioner i undervisningen	60
Mot en folklig naturvetenskaplig kultur: Vidgade möjligheter att samtala, skriva och fråga	62

<i>REFERENSER</i>	67
-------------------	----

## *APPENDIX*

A. LUDVIG, LISA OCH LUFTEN	69
B. UPPGIFTER FÖR PROBLEMLÖSNING I GRUPP	81
C. LUFT OCH ANDRA GASER – PROBLEMSAMLING	85
D. LISAS TEKNIKFÖREDRAG OM LUFT	91
E. UTDRAG UR "JAG KOMMER AV ETT BRUSAND' HAV" AV EVERT TAUBE	99

## *FÖRORD (1995)*

### *Ärade läsare!*

Du håller nu i din hand ett nummer av skriftserien NA-SPEKTRUM, som redovisar STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I SKOLAN. Dess hemvist är Avdelningen för naturvetenskap vid Institutionen för ämnesdidaktik, Göteborgs universitet. Serien är en fortsättning på ELEVPERSPEKTIV. Motivet för namnändringen är att förståelse för elevens perspektiv är nödvändigt men inte tillräckligt när det gäller hur skolans naturvetenskapliga undervisning skall utformas. Vi försöker nu gå vidare på olika sätt.

- Vi strävar efter att använda kunnande om hur eleven tänker till att konstruera, pröva och utvärdera nya undervisningssekvenser inom centrala begreppsområden.
- Vi försöker kombinera elev - och samhällsperspektiv till nya mål och nya begreppsstrukturer för olika åldrar.
- Vi strävar efter att samordna de olika naturvetenskapliga ämnena och att skapa länkar mellan naturvetenskap, teknik och samhälle.

Föreliggande arbete har genomförts inom projektet ELIN (Elevs Lärande I Naturvetenskap), som finansieras av Skolverket. Ett särskilt tack riktas till Christina Kärrqvist för ett flertal idéer bl.a. när det gäller tekniska tillämpningar av gasers egenskaper och för upplaget att använda ett utdrag ur Evert Taubes bok "Jag kommer av ett brusand' hav". Tack också till Bo Malmensten för sedvanlig engagerad korrekturläsning.

De åsikter, värderingar och slutsatser som framförs i ett givet nummer är författarnas, och delas inte nödvändigtvis av uppdragsgivaren.

Mölndal den 15/9 1995

Red

## *FÖRORD (2010)*

På grund av efterfrågan ges denna rapport ut som en pdf-fil. En del rättelser och vissa uppdateringar har gjorts. Problemsamlingarna i appendix 2 och 3 har reviderats. Hemvisten för NA-SPEKTRUM är nu Inst. för didaktik och pedagogisk profession (IDPP), Göteborgs universitet.

Göteborg den 4/11 2010

Red





## *INLEDNING*

### *1*

#### *ETT SÄTT ATT SYSTEMATISKT UTVECKLA UNDERVISNING*

Detta arbete handlar om hur man kan gå tillväga för att systematiskt utveckla undervisning angående ett givet naturvetenskapligt område. Det är fråga om att väga samman kunnande av olika slag till nya undervisningssekvenser, vilka undersöks såväl praktiskt som med vetenskapliga metoder. Vår utvecklingsmodell har följande komponenter:

1. Analys av varför eleverna skall lära om det givna området
2. Analys av forskningsresultat angående elevers begrepp
3. Analys av tidigare undervisningsförsök
4. Precisering av mål för området
5. Skapande av en undervisningssekvens, varvid 1 t.o.m. 4 vägs in men naturligtvis också lärarerfarenhet och ämneskunskaper
6. Studium av undervisningen med avseende dels på långsiktig behållning, dels på vad som sker under lektionerna
7. Revision och vidareutveckling av undervisningssekvensen

Hela detta arbete sker inom ramen för en konstruktivistisk syn på lärande och kunnande. Vi redovisar i denna rapport hur arbete enligt denna modell bedrivits när det gäller området *gaser och deras egenskaper*.



## BAKGRUND OCH PROBLEM

### 2

#### VARFÖR SKALL ELEVERNA LÄRA OM GASER?

Människan liksom alla andra arter på land lever i en gasblandning, nämligen luft. Denna är så omärklig att vi för det mesta inte är medvetna om dess existens och än mindre dess materiella natur. Men luften i ett vardagsrum väger uppemot 100 kg, och lufthavets totala massa är cirka  $5 \cdot 10^{18}$  kg, att jämföra med planetens som är  $6 \cdot 10^{24}$  kg.

Liksom i ett vanligt hav ökar trycket i lufthavet ju längre ned man kommer. Vi lever på dess botten, och där är trycket betydande. Det motsvarar tyngden av 1 kg på en kvadratcentimeter. Detta tryck märker vi inte av, eftersom vi har ett tryck inuti oss som håller emot. Men om man t.ex. vakuumpumpar en plåtdunk, så skrynklas den ihop med obeveklig kraft av den omgivande luften.

Människan utbyter materia med luften. Vi tar t.ex. upp syre från, och avger koldioxid och vatten till, densamma.

Med tanke på att luften utgör vår allra närmaste omgivning, i vilken vi lever så gott som hela vårt liv, är det rimligt att var och en har goda kunskaper om detta livsuppehållande system, dess sammansättning och egenskaper.

Tyvärr är det svårt att bygga upp detta kunnande via konkreta vardagserfarenheter. Vår av naturen givna "gasblindhet"<sup>1</sup> gör att vi inte på ett enkelt sätt kan se luftens egenskaper och processer, t.ex. att

- luft är en gasblandning
- vatten i gasform avgår från vattenytor (vattenstrålar, sjöar, hav), mark och vegetation
- luften vi andas ut innehåller mer koldioxid, och mindre syre, än den vi andas in

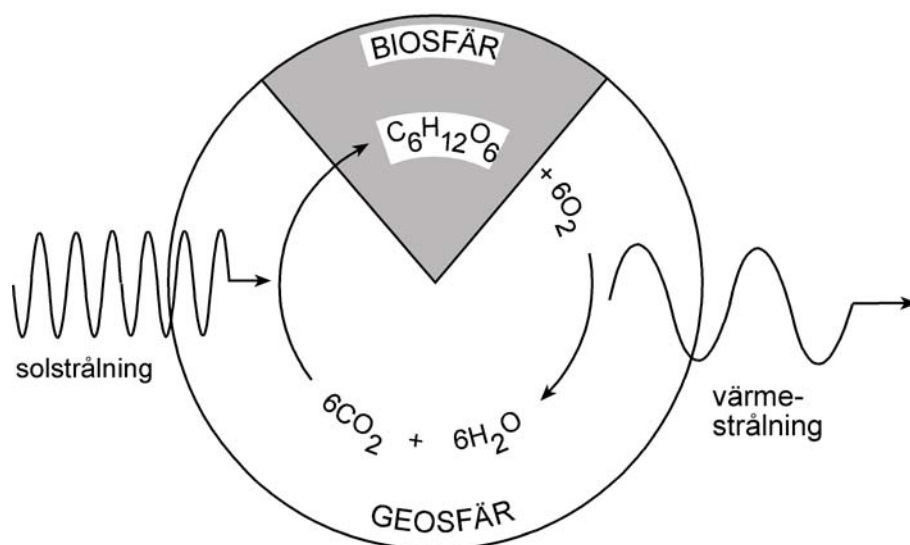
Ej heller kan vi iaktta att det vid förbränning av fossila bränslen bildas koldioxid och vatten, båda i gasform och i stora mängder. Eftersom vi oftast inte ser någonting komma ut ur avgasrör och skorstenar kan vi förledas tro att det vi eldar upp har försvunnit för gott. Kanske skulle vi ta förslagen att minska utsläppen av koldioxid mera på allvar om vi kunde se att det för varje ton använt bränsle bildas cirka 3 ton koldioxid. Detta sker i cirka 800 miljoner personbilar och lätta lastbilar som är i bruk på vårt klot<sup>2</sup>, liksom i otaliga eldstäder.

Gaser spelar alltså en viktig roll i många naturliga och tekniska processer. Ytterligare ett exempel är att växterna för sin fotosyntes är helt beroende av luftens koldioxid. Av denna gas och vatten bildas stärkelse och syre. Genom fotosyntesen skapas det energirika systemet  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2$  av det energifattiga

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/Automobile> Uppskattningen 800 miljoner avser år 2007.

$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ . Det är strålning från solen som utgör energitillskottet. Energin i systemet  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$  används för växternas livsprocesser, av djuren (föda) och vid teknisk förbränning (fossila bränslen). Vi sammanfattar med figur 2.1.



Figur 2.1 Koppling mellan bio- och geosfär genom fotosyntes och förbränning. Gasen koldioxid utgör råmaterial för merparten av biomassan.

En gas som kommer ut i luften sprids. Detta kan vara fördelaktigt för organismerna, t.ex. när det gäller syre, som bildas vid punktkällor men blandas ut jämnt i atmosfären. Men denna egenskap hos gaser har också negativa konsekvenser, nämligen att föroreningar i gasform sprids ut i atmosfären. Ett exempel är kväveoxider. De bildas vid höga temperaturer genom att luftens syre och kväve reagerar med varandra. Dylika temperaturer uppnås bl.a. i explosionsmotorer och kraftvärmeverk. Kväveoxiderna stannar inte vid punktkällan, utan blandas jämnt in i atmosfären. Det är svårt att fatta vad 700 ton kväveoxid från ett kraftvärmeverk betyder. Vi ser inget komma ut ur skorstenen. Det krävs ett visst mått av abstrakt tänkande och vissa kunskaper i fysik och kemi för att föreställa sig dessa molekylära sopor som är osynliga för ögat.

Ett annat exempel är kolväten från blyfri bensin – ämnen i gasform som sprids och påverkar tankbilsförare, bensinmackspersonal och andra. Ur DN 22/2 1991 sid. A 15 saxas:

Tankbilsförarnas besvär tycks, enligt en rapport av Transporthälsan, ha uppkommit vid tidpunkten då "miljövänliga" blyfri 95 började säljas i större skala. Blyets funktion i bensin är dels att höja oktantalet, dels har blyet en smörjande effekt. Det billigaste sättet för oljebolagen att kompensera blyet är att höja halten aromatiska kolväten. Ökningen är 5–7 %. Vi har också fått för hög flyktighet på bensinen i Sverige. Det beror på tillsats av normalbutan, ett alkaliskt kolväte som höjer oktantalet men också ångtrycket.

---

Kolväten i bensinångorna kan tas upp av livsmedel, särskilt de fettrika, och det går inte att stänga dem ute från stationsbyggnaderna. De sprids då kunderna tankar.

Förhoppningsvis framgår att begreppet gas är grundläggande för förståelse av livsprocesser hos växter och djur, liksom av växelspelet mellan växt- och djurvärld och av för samhället viktiga tekniska processer och deras effekter på naturen (mycket annat behövs också, men just här ställer vi gaserna i fokus). En svårighet är att gaser i allmänhet inte syns, och ofta inte luktar, vilket gör att våra vardagliga erfarenheter av dem blir mycket begränsade. Skolan måste kompensera detta genom att stimulera eleverna att bygga upp ett lämpligt begreppsligt kunnande.

Tabell 2.1. Luftens sammansättning i miljondelar (ppm)<sup>3</sup>

Ämne	ppm
kväve	780000
syre	210000
argon	9300
koldioxid	360
neon	18
helium	5
metan	1,7
väte	0,6
lustgas	0,3
kolmonoxid	0,2
ozon	0,02

<sup>3</sup> Miljö från A till Ö, 1992, s 157.

## *VARFÖR SKALL ELEVERNA LÄRA SIG ANVÄNDA EN EN PARTIKELMODELL FÖR GASER?*

### *En kvalitativ modell*

Gaser kan förstås såväl makroskopiskt som med hjälp av en partikelmodell. Den modell vi tänker oss för grundskolans senare del är väsentligen kvalitativ. Huvudpunkterna är följande:

- Luft består av mycket, mycket små partiklar, som kallas molekyler. Mellan molekylerna finns ingenting.
- Molekylerna är materia. De har massa och tyngd fast de är mycket små.
- En liter luft består av miljarders miljarder molekyler.
- Varje luftmolekyl rör sig med hög hastighet i en rak linje tills den kolliderar med en molekyl i ett angränsande ämne (t. ex. väggen i en flaska) eller med en annan luftmolekyl. 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, oberoende av varandra.
- Om man tänker sig en "stillbild" av ett antal molekyler, så är de i genomsnitt ganska långt från varandra.
- Om luft värms, så ökar molekylernas fart. Om den kyls, så minskar farten.

Teorin kan kvalitativt förklara makroskopiska egenskaper och förlopp:

*Varför går en gas att trycka ihop?* Det är relativt stora avstånd mellan partiklarna.

*Varför tar det emot då man trycker ihop en gas?* Partiklarna packas tätare så det blir fler stötar per sekund på en given yta.

*Varför ökar trycket då en given volym av en gas värms?* Partiklarna rör sig då fortare och stöter därför hårdare och oftare mot kärlets väggar.

### *Argument för att undervisa om partikelmodellen*

För det första ger partikelmodellen eleven rika möjligheter att pröva på naturvetenskapligt modelltänkande, vilket är ett av målen för grundskolans naturvetenskapliga undervisning. 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. Modellen knyter samman, eller integrerar, många olika observationer. Denna form av integration brukar kallas *teoretisk integration* och är på grund av sin tankeekonomi eftersträvansvärd i undervisningen. Det är bättre att förstå några väsentligheter (modellen/teorin) än att plugga in många fakta om t.ex. gaser utan nämnvärt sammanhang. Med modellens hjälp kan man vid behov rekonstruera fakta man glömt.

För det andra, och närmast som en konsekvens av det nyss sagda, kan modellen ge ett visst intellektuellt liv åt lärandet, som en motvikt till det faktaplugg som lätt blir dominerande. Modellen är elevernas första möte med den atomära världen,

om vilken Richard Feynman, fysiker och nobelpristagare, skriver så här i början av en av sina böcker<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? Jag tror det är atomhypotesen (eller det faktum att det finns atomer eller hur man nu skall uttrycka saken) 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 rymms en enorm mängd information om vår omvärld, om vi bara använder lite fantasi och tänkande.

För det tredje är en partikelmodell för gaser en lämplig startpunkt för en modell som också omfattar fast och flytande fas samt fasövergångar. Denna modell är i sin tur en lämplig förberedelse för det mer komplicerade partikeltänkande som är karakteristiskt för undervisningen om kemiska reaktioner. Genom att börja tänka i system där partiklarna som sådana inte förändras får eleverna erfarenhet av att en partikelmodell kan förklara det som utspelar sig på det makroskopiska planet. I kemin handlar det sedan om cirka 100 atomslag och otaliga molekylslag. Partikeltänkande har också betydelse i biologin, t.ex. när det gäller kemiska reaktioner i organismer liksom diffusion och osmos.

Ett fjärde argument får vi om vi ser undervisningen om partiklar som en trappa, där det första steget är gaser, det andra fasen och fasövergångar och det tredje ämnen och kemiska reaktioner. Om eleverna först tar dessa steg, så kan de sedan ta ett fjärde, som möjliggör fördjupad förståelse för olika miljöproblem. Den vidgade kemiska partikelmodellen förklarar 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 avfall 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.

Två episoder ur det dagliga livet får illustrera betydelsen av det nyss sagda:

En morgon kunde man på radion höra en reporter göra en intervju i en bilkö vid infarten till en storstad. Det gällde skyltar, uppsatta av en miljöorganisation, 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...

Under en god middag berättade någon om en släkting, som bodde relativt nära en storflygplats. 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. I och med detta avstannade samtalet - i brist på adekvata naturvetenskapliga begrepp.

I de här båda exemplen finns samma struktur – ett system påverkar ett annat utan någon synbar länk dem emellan. Situationen är vanlig – tänk på alla förbrännings-

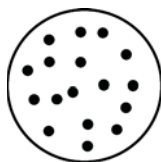
---

<sup>1</sup> Feynman, Leighton & Sands, 1964.

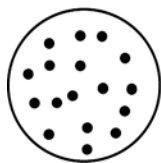
motorer, panncentraler o.d. som påverkar organismer, mark och vatten på stora avstånd men utan synbara förbindelser. Den som glömt detaljerna i skolans undervisning, men som har kvar en viss grundförståelse, vet att då bilar och flygplan kör, så sker förbränning, dvs. kemiska reaktioner mellan luft och bränsle. Då bildas olika molekyler, som visserligen kan spridas ut över mycket stora områden, men vars materia inte kan tunnas ut och försvinna. Molekyler består nämligen av atomer, och dessa är som nämnts oförstörbara under de förhållanden som råder på jorden. Länken mellan det brinnande bränslet och levande organismer är alltså högst verklig materia i form av molekyler. Och organismer är kemiska system, som reagerar med molekyler i miljön, ibland på sätt som är till skada.

Det femte och sista argumentet är att en kvalitativ partikelmodell utgör en lämplig förberedelse för gymnasiets kvantitativa behandling av bl.a. gasers egenskaper. Kvalitativt modelltänkande förekommer i och för sig på gymnasiet, men tiden medger inte någon ingående träning. Detta kan leda till relativt ytlig formelkunskap, utan den intuitiva förståelse som en kvalitativ partikelmodell kan ge. Några resultat från en nyligen genomförd undersökning ger ett visst stöd för denna förmodan<sup>2</sup> [3]. Uppgiften nedan gavs till elever i N1, N2 och N3 samt T1, T2 och T3, sammanlagt cirka 600, jämnt fördelade på de sex olika undersökningsgrupperna.

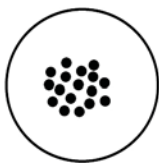
Följande figur visar ett tvärsnitt av en stålbehållare med väte vid +20 °C och 3 atmosfärs tryck. (Vätemolekylerna representeras av prickar).



Vilken av följande figurer visar fördelningen av vätemolekyler i behållaren när temperaturen sänkts till -20 °C ?



A



B



C



D

Förklara hur Du tänkte!

<sup>2</sup> Jansson, 1995, s. 26ff.



Det är bara 30 % av eleverna i N3 och T3 som väljer alternativ A, men 40 respektive 47 % som föredrar alternativ B. En god förståelse av den partikelmodell som beskrevs i avsnitt *En kvalitativ partikelmodell* utesluter B.

## 4

*VAD KAN ELEVERNA I ÅK 9 OM GASER?*

År 1992 genomfördes i Sverige nationell utvärdering av grundskoleelevers kunskaper i naturvetenskapliga ämnen. Ett slumpmässigt riksurval i åk 9 testades (16 år). En del av uppgifterna gavs också vid utvärderingen 2003. Ett av de undersökta områdena var gaser och deras egenskaper. Här är några resultat.<sup>1</sup>

*Hur är luft sammansatt?*

Ett av följande påståenden är riktigt. Vilket?

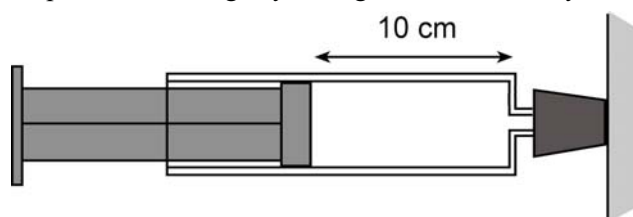
- Luft består till största delen av kväve och syre  
 Luft består till största delen av syre och väte  
 Luft består till största delen av koldioxid och syre  
 Luft består till största delen av syre och ozon

**Tabell 4.1.** Hur är luft sammansatt? Fördelning (%) på olika alternativ.

	1992 (n=3103)	2003 n=(1818)
<i>kväve och syre</i>	39	29
<i>syre och väte</i>	26	27
<i>koldioxid och syre</i>	34	41
<i>syre och ozon (argon 1992)</i>	0	1
<i>Ej besvarat</i>	1	2

*Går kolven att skjuta in?*

Johan drar in luft i en plasticspruta och täpper till med en gummipropp som bilden visar. Ingen luft kan nu komma in eller ut ur sprutan. Avståndet från sprutans botten till kolven är 10 cm (se bilden). Johan håller så gummikorken mot en vägg (se bild) och försöker skjuta kolven inåt i sprutan. Hur långt flyttar sig kolven då han trycker på ordentligt?



- Kolven flyttar sig inte alls  
 Kolven flyttar sig några centimeter  
 Kolven flyttar sig några millimeter  
 Kolven flyttar sig ända in till sprutans botten  
 Kolven flyttar sig flera centimeter

<sup>1</sup> Andersson, Bach, Olander & Zetterqvist, 2004.

Tabell 4.2. Går kolven att skjuta in? Fördelning (%) på olika kryssalternativ.

	1992 (n=3103)	2003 (n=1857)
Kolven flyttar sig inte alls	42	45
Kolven flyttar sig någon millimeter	33	26
Kolven flyttar sig någon centimeter	15	13
Kolven flyttar sig flera centimeter	4	5
Kolven flyttar sig ända in till sprutans botten	4	7
Ej besvarat/annat	1	4

*Vad orsakar lukt?*

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.

Tabell 4.3. Vad orsakar lukt? Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3103)	2003 (n=1857)
<i>Molekyler tränger in i näsan</i>	16	18
En lukt sprider sig, ej molekyler	12	18
Ångor sprider sig, ej molekyler	61	37
Molekyler nära näsan avger lukt	9	22
Ej besvarat	1	5

Resultaten på dessa och några andra uppgifter om gaser bedömdes år 1992 som otillfredsställande. Någon förbättring till 2003 har inte skett.

## 5

*PROBLEMSTÄLLNING*

Det mindre lyckade resultatet av den nationella utvärderingen 1992 och argumenten för att ett bra gasbegrepp är önskvärt, både när det gäller att förstå viktiga processer i omvärlden och den fortsatta naturvetenskapliga undervisningen, gjorde att vi ställde följande fråga:

Hur kan man undervisa om gaser i grundskolan så att det blir betydligt bättre långsiktig behållning än vad som nu är fallet?

Vårt försök att svara på frågan för cirka 15 år sedan blev det undervisningsexperiment som beskrivs i denna rapport. Mycket återstår att göra, vilket resultaten från utvärderingen 2003 visar. Vi hoppas att vårt experiment inspirerar till nya ansträngningar.

## *UTVECKLING AV EN UNDERVISNINGSSSEKVENSENS OM GASER*

### 6 *TEORETISKA UTGÅNGSPUNKTER*

#### *Är konstruktivismen fortfarande "inne"?*

Vår allmänna syn på lärande och kunnande är konstruktivistisk. För en utförlig beskrivning hänvisas till Andersson<sup>1</sup>. Viktiga grundantaganden är att individen upprätthåller tankemässig jämvikt genom självreglering, att hon har en allmän nyfikenhet och vetgirighet på sin omvärld och att hon har tankestrukturer som "konstruerar" eller "opererar". Varseblivning, kunnande, tänkande, begrepp etc. är aspekter av strukturernas aktivitet. Individen har förmåga att bygga upp nya strukturer, vilket sker genom att utnyttja de befintliga. Härav följer, att kunskaper om de senare ökar våra möjligheter att hjälpa eleven att skapa nya strukturer, t.ex. sådana som kan konstruera vetenskapligt kunnande och tänkande.

På senare år har konstruktivismen varit föremål för kritik. I en spektakulär rubrik har det till och med talats om "Konstruktivismens uppgång och fall"<sup>2</sup>. Det ligger utanför ramen för detta arbete att i detalj diskutera denna kritik. Några kommentarer skall dock göras. Dessa gäller fyra saker, nämligen kritik mot grundantaganden, mot beskrivningar av tankestrukturer och vad dessa kan konstruera, mot beskrivningar av strukturell dynamik samt mot s.k. konstruktivistiska undervisningsmetoder.

En väsentlig kritik har förts fram mot ett grundantagande, närmare bestämt att intelligensen antas vara ett biologiskt system vars funktion är att upprätthålla tankemässig jämvikt gentemot omgivningen. Härigenom ökar individens möjligheter att överleva. Denna biologiska syn på människans tänkande har lett till en fokusering på den enskilde individen. Kritiken går ut på att människan inte bara är en biologisk utan också en social varelse. Hon har inte bara ett behov av att hävda sig själv och bevara sin egenart, utan också att tillhöra en grupp, ett samhälle, en kultur. Båda aspekterna måste beaktas om man vill förstå människans tänkande. Denna kritik anser vi vara befogad. Den har dock inte lett till konstruktivismens fall utan i stället fungerat som en kreativ komplettering, bl.a. genom att den öppnat möjligheter till en teoretisk syntes av Piagets och Vygotskijs arbeten.

Beträffande beskrivningar av tankestrukturer och vad dessa förmår konstruera kan sägas att de flesta försök ger någon form av insikt. Men det finns också problem. Ett sådant är att hålla ihop de tusentals observationer av elevens alternativa begrepp som rapporterats. Mycket arbete behöver göras för att organisera den stora mängden empiri, men vår bedömning är likväl att tillgängliga beskrivningar,

---

<sup>1</sup> Andersson, 1989, kap 2 och 3.

<sup>2</sup> Solomon, 1994.

trots viss brist på övergripande organisation, erbjuder rika möjligheter att i detalj skapa nya undervisningssekvenser inom många naturvetenskapliga områden, vilka kan prövas och revideras. Till detta kan läggas att nya dimensioner av tänkande är föremål för studier, t.ex. elevers uppfattningar om vad naturvetenskap är<sup>3</sup> och hur de löser experimentella problem<sup>4</sup>. Läget när det gäller beskrivningar av strukturer är med andra ord, både faktiskt och potentiellt, så produktivt att det inte är motiverat att tala om konstruktivismens fall.

Också när det gäller strukturell dynamik har en hel del av värde gjorts. Solomon<sup>5</sup> har t.ex. studerat hur energibegreppet formas i de sociala sammanhang som hennes egna undervisningsgrupper utgör. CLIS-gruppen i Leeds har beskrivit "learning pathways"<sup>6</sup>. Möjligheterna är knappast uttömda, dvs. det finns inte underlag för att tala om konstruktivismens fall.

*Konstruktivismen är ett sätt att se  
på lärande och kunnande, inte en undervisningsmetod*

Kritik mot konstruktivismen brukar också innefatta s.k. konstruktivistiska undervisningsmetoder. Här gäller det att hålla isär begreppen. Konstruktivismen är ett sätt att se på lärande och kunnande, inte en teori om undervisning. Den implicerar alltså inte någon bestämd undervisningsmetod. Individen kan konstruera och lära sig under de mest skiftande omständigheter – föreläsning eller enskild diskussion med läraren, läxförhör eller brainstorming, problemlösning eller textläsning, för sig själv i inåtvänt tänkande eller i gruppdiskussion, missnöjd med de begrepp hon har eller bara nyfiken på något nytt som presenteras. Detta hindrar naturligtvis inte att den konstruktivistiska tankevärlden med tillhörande empiri kan ge upphov till idéer om hur undervisning skulle kunna bedrivas. Dessa idéer och deras praktiska gestaltning kan och bör givetvis också bli föremål för kritisk granskning, men då är det undervisningsmetoderna och inte konstruktivismen som saken gäller.

Konstruktivismen är alltså bara ett hjälpmedel för den som strävar efter att förbättra undervisningen, men ett produktivt sådant. Dess grundantaganden leder tänkandet bort från förmedling och i riktning mot att hjälpa eleverna i deras arbete med att konstruera nya strukturer. De många beskrivningarna av alternativa begrepp ger en förbättrad uppfattning om elevens utgångsläge och vilka svårigheter att förstå som han eller hon har. Detta i sin tur leder till nya idéer om hur man kan börja ett avsnitt och hur man kan sekvensera för att bättre nå uppställda mål. Beskrivningar av strukturell dynamik vidgar lärarens kunskaper när det gäller att handleda eleverna i deras lärande.

De undervisningsmetoder som emanerar från den konstruktivistiska tankevärlden är också intressanta. Vi försöker vara så välinformerade som möjligt om dessa,

---

<sup>3</sup> Carey, Evans, Honda, Jay & Unger, 1989; Driver, Leach, Millar & Scott, 1993.

<sup>4</sup> Millar, Lubben, Gott & Duggan, 1994.

<sup>5</sup> Solomon, 1992.

<sup>6</sup> Scott, 1992.

t.ex. analogitänkande<sup>7</sup>, kognitiv konflikt<sup>8</sup> och sekvensen *eliciting students' prior ideas, providing restructuring experiences, providing opportunities to apply new ideas and reviewing any changes in ideas*<sup>9</sup>. En vanlig idé är att utmana vardagstänkandet och göra eleven medveten om dess begränsningar, i syfte att få det nya sättet att tänka – skolans naturvetenskap – att framträda tydligare så att det kan läras bättre. Bakom denna idé ligger ett antagande om att vardagsföreställningar aktiveras då man undervisar om motsvarande område – eleven försöker förstå det nya med de strukturer han redan har.

Vår inställning i detta sammanhang är att en viss metod inte behöver användas konsekvent. Vi väljer metod för en given situation på basis av erfarenhet och intuition.

### *Om förhållandet mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande*

Som nämnts har många studier av elevers vardagstänkande om naturvetenskapliga fenomen genomförts. Några exempel på resultat ges i tabell 6.1.

Tabell 6.1. Exempel på vardagliga och vetenskapliga föreställningar

Vardagsföreställning	Vetenskaplig föreställning
Seende beror på att ögat sänder ut blickar	Seende beror på att ljus reflekteras in i ögat
Då man eldar försvinner materia. Bara lite aska blir kvar	Materia (massan) bevaras vid kemiska reaktioner
Spisplattans inställning bestämmer koktemperaturen på vatten	Kokpunkten för vatten är 100 °C. Den beror ej av plattans inställning.

Man har också kommit till insikt om att det finns systemegenskaper hos vardagstänkandet. Några sådana anges i tabell 6.2 i kontrast till karakteristiska drag i det vetenskapliga tänkandet.

<sup>7</sup> Brown & Clement, 1989.

<sup>8</sup> Stavy & Berkovitz, 1980.

<sup>9</sup> CLIS, 1987.

Tabell 6.2. Systemskillnader mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande

Vardagstänkande	Vetenskapligt tänkande
omedvetet	medvetet
situationsbundet	generellt
mindre krav på inre sammanhang och logik	logiskt invändningsfritt, systematiskt organiserat
personligt	prövbart
formas omedvetet i olika situationer, kunskapsbit staplas på kunskapsbit	artikuleras medvetet och har tillväxtförmåga

För läraren i naturvetenskapliga ämnen ligger det nära till hands att betrakta vardagstänkande som en kognitiv fiende som måste nedkämpas. Det finns ett visst fog för denna inställning. Det går t.ex. inte att förstå vare sig kemi eller miljöproblem om man föreställer sig att materia försvinner då man eldar upp den. Och vardagstänkandet går stick i stäv mot vetenskapens strävan efter bl.a. generalitet och prövbarhet. Men relationen mellan vardagligt och vetenskapligt kunnande är mer komplicerad än så. Utan en betydande fond av vardagskunnande kan t.ex. inte vetenskapligt kunnande uppstå. En hypotetisk situation är att eleverna inte har något vardagstänkande alls då de skall undervisas i mekanik. Läraren har då inga beröringspunkter överhuvudtaget med tankestrukturer hos eleverna, och det blir principiellt omöjligt att undervisa.

En annan infallsvinkel på relationen mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande får vi om vi uppfattar naturvetenskap som en mänsklig aktivitet i ett socialt sammanhang. Då uppstår frågor om ansvar för samhälle och natur. Dessa ligger utanför det naturvetenskapliga tänkandet som sådant. De besvaras främst med hjälp av en samlad livserfarenhet.

Med andra ord – skolans naturvetenskapliga undervisning måste av olika skäl ta vardagligt tänkande i anspråk. Det förefaller därför rimligt att inte betrakta vardagstänkande som något fientligt eller dåligt. Vi går därför emot den akademiska ståndpunkten att ”no cognition can sink lower than common sense”<sup>10</sup>. Vi betraktar i stället vardagligt och vetenskapligt liksom konstnärligt och yrkesmässigt tänkande och kunnande som olika men komplementära och respektabla sätt att veta och förstå. En uppgift för skolan kan vara att utveckla alla dessa kunskapsområden bl.a. genom att stimulera interaktion mellan dem.

Ta som exempel vardagligt och vetenskapligt tänkande. En del observatörer menar, att ett givet vetenskapligt kunskapsområde hos många elever utvecklas som ett separat system, skilt från vardagstänkandet och för användning i skolsam-

<sup>10</sup> Pepper, citerad av Solomon, 1992, s. 5.



manhang<sup>11</sup>. Eleverna kan formeln för fotosyntesen, men ställda inför ett verkligt träd förklarar de dess tillväxt med att det tagit upp näring från jorden. De kan räkna med Ohms lag men betraktar i en verklig situation ett runt batteri och en vanlig glödlampa som enpoliga, då de försöker få lampan att lysa osv. Fördelarna med en interaktion vardag–vetenskap är i dessa fall uppenbara. Dels torde de vetenskapliga begreppen få fördjupad innebörd, om de på olika sätt tillämpas på vardagligt uppfattade fenomen. Dels stimuleras och utmanas det vardagliga tänkandet genom att konfronteras med det vetenskapliga.

Undervisningen måste med nödvändighet utgå från hur elever uppfattar världen. Därmed kan i många fall en intressant spänning mellan vardagliga och vetenskapliga uppfattningar skapas. De senare är förvisso inte begränsade till läroböcker, lektioner och prov utan nya sätt att se på världen. Det gäller att få eleverna att upptäcka detta. De skall inte bara kunna rita upp lärobokens bild för att förklara månens faser utan också iaktta den verkliga månen och reflektera över i vilken riktning den verkliga solen befinner sig. De skall inte bara kunna formeln för fotosyntesen utan också koppla ortens massafabrik eller sågverk till fotosyntes i barr osv.

Vetenskapligt tänkande som sådant är inte lätt. Det kräver en betydande nyorientering för den som har vardagstänkande som dominerande mental inriktning. Det tar antagligen fem till tio år för en ung människa att komma in i det (i den mening som framgår av tabell 6. 2), under förutsättning att han eller hon verkligen försöker praktisera det. Problemlösning, diskussioner med argument och motargument, tid att reflektera, en undervisning i vilken det finns något att förstå är några av de betingelser som rimligtvis stimulerar. Faktaplugg och stofffrängsel motverkar. För naturvetarna framstår det som angeläget att så många ämnen som möjligt drar sitt strå till stacken när det gäller att stimulera vetenskapligt tänkande. Det är också angeläget att se problemet i ett åk 1-12-perspektiv.

Det är en öppen fråga hur man konkret kan gå till väga för att utveckla vetenskapligt tänkande. Olika åldrar kräver olika insatser. Redan mycket unga elever kan få erfarenhet av reflektion och eftertanke. Det är skillnad på att t.ex. sortera knappar för att sy i dem i ett plagg och att som en intellektuell övning bekanta sig med deras egenskaper. Det senare är att lösgöra sorterandet från omedelbart meningsbärande sammanhang, vilket är en början till medvetenhet och generalisering. Under högstadietiden kan hypotetiskt–deduktivt tänkande övas med hjälp av kvalitativa och grafiska modeller, t.ex. en partikelmodell för gaser och den linjära strålmодellen för att förklara bl.a. skuggors förekomst, storlek och form. På gymnasiet kan man så ta steget till modeller formulerade med kvantitativa begrepp. Här framträder också mer och mer det som är specifikt för varje naturvetenskap.

---

<sup>11</sup> Se t. ex. Solomon, 1992, s 108-115.

## *ELEVERS BEGREPP OM GASER OCH MATERIENS BYGGNAD*

I det här avsnittet går vi in i detalj på beskrivningar av elevers vardagstänkande och svårigheter att förstå när det gäller gaser och materiens byggnad.

### *Luft och andra gaser*

De flesta undersökningar som gjorts angående det gasformiga tillståndet gäller luft. Då man tar del av resultaten bör man hålla i minnet, att elever på låg- och mellanstadiet 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>1</sup>.

### *Luftens existens*

Piaget<sup>2</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 försluta 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>3</sup>. Cirka hälften ansåg att det var omöjligt att t.ex. flytta lite ren luft från Florida 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?*

En annan grundläggande egenskap är luftens materiella natur. Den har massa. För att testa de 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

---

<sup>1</sup> Andersson & Renström, 1981.

<sup>2</sup> Piaget, 1930 och 1974.

<sup>3</sup> Séré, 1986.

luft inte går att väga. 25 % tänkte att bollen blev lättare, i allmänhet med motiveringen att den nu studsade bättre.

Israeliska elever i åk 4-9 har tillfrågats vad de anser om vikten på två system, från vilka koldioxid avgår<sup>4</sup>. Före undervisning om materiens tillstånd är det cirka 20 % som svarar att ett glas sodavatten minskar i vikt allteftersom bubblorna stiger upp till ytan och spricker. Men det är hela 60 % som menar, att en koldioxidpatron som öppnas minskar i vikt.

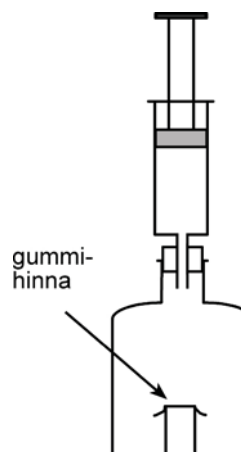
#### *Att skilja på massa och volym*

För att förstå undervisningen om gasers egenskaper är det också nödvändigt 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>5</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 eleverna 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 ansluten runt överarmen<sup>6</sup>. Så länge armbandet pumpades upp ansåg de att luften tryckte på armen, men då testaren upphörde pumpa upphörde trycket – enligt samtliga elever. Armbandet satt förvisso åt, men luften tryckte inte.

Ett annat experiment gjordes med systemet i figur 7.1. Elever i 12-årsåldern förutsäger att då kolven skjuts in, strömmar luften i densamma 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 7.1 Testmateriel.

<sup>4</sup> Stavy, 1988.

<sup>5</sup> Séré, 1986.

<sup>6</sup> Séré, 1985

### *Massans bevarande*

I klassisk naturvetenskap gäller att materia varken kan försvinna eller nyskapas. Massan för ett slutet system bevaras, även om systemet förändras. Elevers intuitiva förståelse av denna viktiga princip undersöktes först av Piaget. Ett exempel på hans många testuppgifter är följande: Eleven visas två lika stora lerbollar, A och B och bejakar att det är lika mycket lera i dem. Härefter transformeras boll B, t.ex. genom att rullas till en cylinder. Förskoleelever kan mena att det är mera lera i cylindern för att den är längre. Men lite äldre elever anser att trots förändringen, så är det lika mycket lera efter som före. Av ett flertal experiment av denna typ har Piaget dragit slutsatsen att ”konservation av materiemängd” behärskas av elever från 7-8 års ålder.

På senare år har denna Piatets slutsats reviderats. Anledningen är att mer komplicerade transformationer än Piatets använts som testuppgifter, bl.a. ändring av temperatur, tryck och tillstånd samt kemiska reaktioner. Det visar sig då att för elever i 12-15 års ålder så är bl.a. gränsen mellan materiellt och icke materiellt oklar. De kan exempelvis anse att värme har vikt, men inte gaser. Och materian bevaras inte alltid i elevernas tänkande. Bensin kan t.ex. brinna upp och försvinna<sup>7</sup>.

### *Atom, molekyl och partikelsystem*

#### *Makrobegrepp överförs till den atomära världen*

Det är vanligt att elever efter undervisning överför ämnesegenskaper på atomer och molekyler. Här är några exempel:

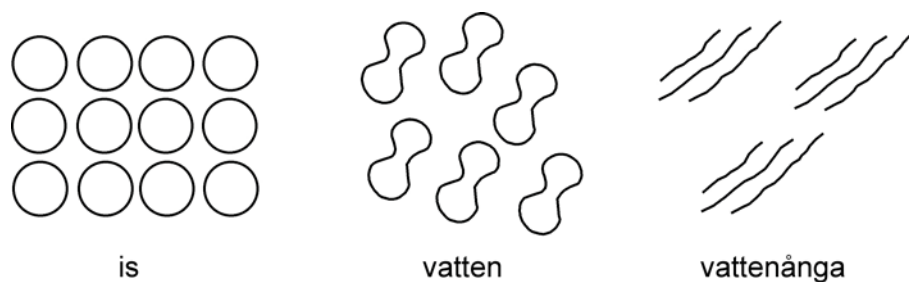
- svavel är gult – svavelatomer är gula
- naftalen luktar – naftalenmolekyler luktar
- vattnet är varmt – molekylerna är varma
- bly plattas ut – blyatomerna plattas ut

Projektion av makrobegrepp på mikrovärlden förekommer också när det är fråga om transformationer av materia. Under en lektion har iakttagits den beskrivning på atomär nivå av fasändringar som ges i figur 7.2. ”Isatomerna” blir först skvalpiga och sedan slöjlika eller molnlika, en tydlig extrapolation av den makroskopiska världen in i den atomära. Andra exempel, också från högstadienivå, är att elever menar att alkohol- och vattenmolekyler inte kan vara fasta objekt, utan måste vara små droppar. Vidare sägs, att molekylerna i ett mjukt ämne (såsom varmt stearin) också måste vara mjuka<sup>8</sup>. När det gäller kemiska reaktioner har t.ex. svenska elever på högstadiet menat att när stålull börjar brinna, så fattar också atomerna eld och börjar brinna.

---

<sup>7</sup> Andersson, 1990.

<sup>8</sup> de Vos & Verdonk, 1987.



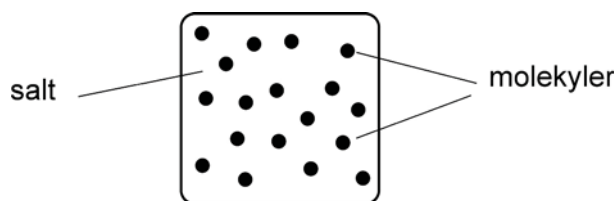
Figur 7.2 En elevs atomära beskrivning av hur is övergår till vatten, som i sin tur övergår till vattenånga.

### *System av många partiklar*

I olika sammanhang har elever ritat, skrivit och talat om system av många partiklar. På basis härav har några kategorier formulerats<sup>9</sup>.

### *Atomer/molekyler/partiklar sitter i kontinuerlig materia som russin i en kaka*

En elev i åk 8 skall förklara hur ett saltkorn är uppbyggt<sup>10</sup>. Han ritade figur 7.3. Han kallar prickarna molekyler. Då intervjuaren frågar om det finns något emellan svarar han salt.



Figur 7.3 Elevmodell av ett saltkorn.

Liknande modeller har erhållits för luft<sup>11</sup>. Det är luftmolekyler som sitter i kontinuerlig luft. Det finns olika varianter av kategorin. I en del fall är det kontinuerliga mediet ämnet och partiklarna något annat. I andra svar är partikel-systemet ämnet och mediet något annat, ofta luft. Kategorin kan ses som tecken på en konflikt mellan vardagligt och naturvetenskapligt tänkande. Eleverna har i skolan fått lära sig att föremål består av atomer och molekyler, men vill ändå inte överge sitt vardagstänkande enligt vilket materia är kontinuerlig. 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. Härigenom löser eleven, förmodligen omedvetet, bindingsproblemet. Mediet hindrar atomerna att rulla isär.

I en del elevsvar är atomers och molekylers materiella status oklar. Är de något annat än materia? För att få ytterligare information om detta gavs följande papper- och pennaproblem till 500 elever i åk 7, 8 och 9<sup>12</sup>. ”I skolan får du lära

<sup>9</sup> Renström, 1988; Nussbaum, 1985.

<sup>10</sup> Renström, 1988.

<sup>11</sup> Nussbaum, 1985.

<sup>12</sup> Andersson, 1987.

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. Eleven uppmanades att förklara hur han/hon tänkte. Över 70 % (några ålderstrender kunde inte iakttagas) anser att fasta objekt, mat och organismer är materia. Men det är bara mellan 40 % och 50 % som anser att atomer och molekyler är materia. Några elever har skrivit förklaringar. De hävdar 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. Omkring 40% anser att gaser är materia.

#### *Partikelmassa*

I den här kategorin sitter partiklarna så tätt att det inte finns något utrymme mellan dem. Detta gäller oavsett om det är fråga om fast, flytande eller gasformigt tillstånd. För ett givet ämne kan partiklarna ha olika storlekar. De kan sammansmälta och bilda större enheter. De kan också sönderfalla i mindre partiklar, vilka i sin tur sönderfaller i ändå mindre osv. Vi noterar att både i denna och föregående kategori så undviker eleven vakuum, trots undervisning härom. Genom att fylla rummet med en partikelmassa eller ett medium, så blir det inget tomrum.

#### *System av många partiklar med makroskopiska egenskaper*

Denna kategori kan ses som en kombination av idén om många partiklar med föreställningen att atomer och molekyler har liknande egenskaper som ämnet. Se figur 7.2 för ett exempel.

De tre nu beskrivna kategorierna är inte modeller av materia i hypotetiskt-deduktiv mening. Eleverna har inte medvetna modeller som de försöker utveckla i ett växelspel med iakttagelser. Snarare är det så att de anpassar egenskaperna hos sina partikelkollektiv efter det som situationen kräver. Om trä brinner får trämolekylerna också brinna. Om svavel smälter så smälter svavelatomerna. Om vatten stelnar beror det på att molekylerna i det kontinuerliga vattnet inte rör sig längre osv.

Bland övriga observationer av hur elever resonerar kan nämnas att molekyler, celler och dammkorn kan uppfattas som jämförbara vad avser storlek och att eleverna kan ha uppfattningen att det går att se molekyler i vanliga mikroskop<sup>13</sup>. Användningen av ordet partikel kan tänkas bidra till dessa uppfattningar.

Enligt den vetenskapliga modellen av materien pågår molekylär rörelse ständigt och oberoende av om materian rör sig makroskopiskt eller ej. Alternativa föreställningar som förekommer är att molekyler bara rör sig bara när de värms

---

<sup>13</sup> Berkheimer, Andersson, Lee.& Blakeslee, 1988a.

(de behöver något som håller dem igång), att partiklar är stilla vid 0° Celsius och att luftmolekyler alltid rör sig alltid uppåt<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> CLIS, 1987.

## *TRE TIDIGARE UNDERVISNINGSFÖRSÖK*

Vi har med intresse studerat tre tidigare undervisningsförsök. Ett gäller enbart gaser och har utvecklats av Nussbaum och Novick<sup>1</sup>. De två andra omfattar också flytande och fast fas. Ett av dessa heter *Matter and molecules* eller kortare MAM<sup>2</sup>. Det andra är *Approaches to teaching the particulate theory of matter*, utvecklat av CLIS-gruppen (Childrens Learning In Science) vid universitetet i Leeds<sup>3</sup>.

### *Ett program om enbart gaser*

Nussbaum och Novicks program är för 12 år gamla elever och består av 10 lektioner. Ett väsentligt drag i deras undervisningsmetodik är att försöka göra eleven medveten om sina vardagsföreställningar om gaser, t.ex. luft, för att sedan utmana dessa. Om eleven exempelvis tänker sig att luften i en kolv är kontinuerlig och fyller hela kolven så kan han förutsäga att luft inte går att pressa ihop. Ett experiment visar att motsatsen gäller, vilket förhoppningsvis gör eleven mer benägen än att ta till sig en partikelmodell för gaser. En sådan kan införas av andra elever eller läraren. Gradvis utvecklas och förfinas modellen genom att användas i olika situationer, t. ex. utvidgning, sammandragning och diffusion.

Ett huvudresultat av detta undervisningsförsök är att begreppsutveckling är en komplex process som tar tid. Eleverna övergår inte direkt från en kontinuerlig och statisk till en partikulär och dynamisk modell av materien. Exempelvis har en elev före undervisningen en kontinuumuppfattning av materien. Efter flera lektioner tänker hon sig att luften i en kolv består av ett konglomerat av tätt packade partiklar, som fyller hela kolven. Efter ytterligare några lektioner börjar hon använda idén om vakuum och att partiklarna är i ständig rörelse. Men när hon skall förklara utvidgning på grund av uppvärmning säger hon att partiklarna blir större.

### *Två program om fast, flytande och gasformigt tillstånd*

CLIS-programmet och MAM gäller samma område, nämligen en partikelmodell för fast, flytande och gasformigt tillstånd. Båda utgår från en konstruktivistisk idévärld, men tolkar denna på olika sätt. Därför har det sitt intresse att jämföra programmen.

MAM (för 12 år gamla elever, 35 lektioner) har utvecklats för lärare som inte är specialiserade på naturvetenskap. CLIS (för 13-14 år gamla elever, 10 dubbellektioner) är avsett för naturvetenskapliga ämneslärare.

MAM har producerat en utförlig elevtext som styr elevens studier. Till denna hör ett "aktivitetshäfte" med frågor, problem och experiment. För läraren finns en detaljerad lärarhandledning. CLIS har ingen elevtext, men en lärarhandledning

---

<sup>1</sup> Nussbaum, 1985.

<sup>2</sup> Berkheimer, Andersson & Blakeslee, 1988a; Berkheimer, Andersson, Lee, & Blakeslee, 1988.

<sup>3</sup> CLIS, 1987.



med bakgrundsinformation, lektionsförslag, redovisning av erfarenheter från utprovningen samt arbetsblad för eleven.

MAM har en ganska detaljerad förteckning över innehållsrelaterade mål. Dessa kontrasteras mot elevens vardagsuppfattningar, t.ex.:

<u>Issue</u>	<u>Goal conception</u>	<u>Students' conception</u>
Effect of heat on molecular motion	Molecules of hot substances move faster	Molecules themselves can be hot or cold.

Detta sätt att skriva upp lyser läraren om den begreppsliga förändring som är önskvärd. CLIS-gruppens sätt att skriva mål är inte alls så detaljerat. De skriver t.ex. : "Students should be prepared to have a go at explaining simple phenomena in particulate terms." Upplysningar om elevens alternativa begrepp ges som bakgrundsinformation i lärarhandledningen. CLIS har också som mål att eleven skall reflektera över sitt eget lärande.

MAM betraktar atomer som något som faktiskt existerar. Deras egenskaper är väl kända för naturvetarna, och lärarens uppgift är att kommunicera lämpliga delar av detta kunnande till eleverna, som skall öva sig att använda det för att bättre förstå materians egenskaper. CLIS-gruppen understryker partikelteorins hypotetiska natur och dynamiken i naturvetenskaplig teoriutveckling.

MAM använder en undervisningsmetod som består av fem steg. Så här beskrivs den:<sup>4</sup>

- *Establishing a problem:* Helping students to see that they will be working on interesting questions to which they do not yet know the answers.
- *Modelling:* Showing students how experts approach and solve the problem.
- *Coaching:* Providing students with opportunities for guided practice in solving the problems themselves usually with the help of 'scaffolding,' or organizing frameworks that provide temporary support while students are in the early stages of learning.
- *Fading:* Continuing practice in which the amount of support provided is gradually decreased.
- *Maintenance:* Providing opportunities to use the skills and concepts that students have developed in other contexts at other times.

CLIS använder en metod med följande fyra steg:

- Eliciting students' prior ideas.
- Providing 'restructuring' experiences
- Providing opportunities to apply new ideas.
- Reviewing any changes in ideas.

Ett exempel är att eleverna gruppvis formulerar en egen teori för att förklara observerade skillnader i egenskaper mellan fasta, flytande och gasformiga ämnen.

<sup>4</sup> Berkheimer, Andersson & Blakeslee, 1988b.

Varje grupp presenterar sina idéer i form av en poster. Detta är med andra ord den fas då elevernas tidigare idéer lockas fram. Nästan varje grupp visar sig ha någon form av partikelteori, ehuru ofullständig och delvis felaktig. Det förekommer t.ex. luft mellan partiklarna och rörelse nämns ej. Läraren introducerar aktiviteter som skall leda till omstrukturering, t.ex. genom att påpeka skillnader mellan de presenterade teorierna och genom att fokusera observationer som inte kan förklaras av dessa i deras nuvarande form. Detta leder efter diskussion till revisioner, dvs. nya idéer som prövas.

De tre programmen som nu beskrivits måste betraktas som betydelsefulla försök att förbättra naturvetenskaplig undervisning. De ger också upphov till nya frågor. En sådan är hur man skall förhålla sig till specifika alternativa elevföreställningar. Ett sätt är att locka fram dem, göra eleverna medvetna om dem och utmana dem en efter en. Ett annat är att inte bekymra sig så mycket om dem, utan i stället anta att så länge klassrumsklimatet är öppet och präglad av uppriktiga diskussioner och en strävan efter att förstå bättre, så kommer eleverna att växa ur sina mindre produktiva vardagsföreställningar och tillägna sig skolans naturvetenskap. Forskningen kan i dag inte ge svar på om det ena eller det andra förhållningssättet leder till ett bättre resultat.

### *Om varaktig begreppslig behållning*

En central undervisningsfråga är i vilken utsträckning eleverna uppnår en varaktig begreppslig behållning. Utan en sådan har eleven inga verktyg för att senare i livet t.ex. förstå naturvetenskaplig information förmedlad via media. Inget av det tre programmen har på allvar försökt tackla denna avgörande frågeställning, men vissa framsteg har likväl skett. MAM-gruppen har genomfört för- och eftertest och påvisat signifikanta framsteg när det gäller begrepp om materia och dess byggnad<sup>5</sup>. Någon information om huruvida eftertestet gavs omedelbart efter avslutad undervisning eller betydligt senare ges dock ej. Ej heller upplyses om resultat på enskilda uppgifter, vilket gör det omöjligt att bedöma om eleverna kan använda sitt kunnande i nya situationer (de flesta uppgifter ligger mycket nära undervisningsinnehållet, men några är nya för eleverna).

CLIS har genomfört ett diagnostiskt förtest, vilket även gavs som eftertest<sup>6</sup>. Ej heller i detta fall ges information om när i förhållande till undervisningens slut som eftertestet gavs. En hel del framsteg kan noteras, men resultaten rapporteras bara i ett appendix och kommenteras inte närmare, vilket tyder på att projektgruppen inte har varit speciellt intresserad av problematiken med långsiktig behållning.

---

<sup>5</sup> Lee, Eichinger, Andersson, Berkheimer & Blakeslee, 1989.

<sup>6</sup> Johnston & Driver, 1991.

9  
*NUVARANDE UNDERVISNINGSPRAXIS  
 ENLIGT LÄROMEDLEN*

I högstadiets läromedel brukar gaser introduceras som exempel på ett av materiens tre tillstånd. I samband härmed tas materiens byggnad upp, inklusive begreppen atom och molekyl. De tre tillstånden brukar ges en kortfattad molekylär beskrivning. Om gaser kan vi t.ex. läsa:

Om vi fortsätter att höja temperaturen ökar molekylernas rörelse ytterligare. Molekylerna närmast ytan lämnar då vätskan och sprider sig fritt i luften – ämnet övergår till gas.<sup>1</sup>

Ett annat. exempel är:

I en gas finns praktiskt taget inga krafter alls mellan partiklarna. Om en gas är instängd i ett kärl rusar därför partiklarna omkring tills de kolliderar med varandra eller kärlets väggar.<sup>2</sup>

Ett karakteristiskt drag är att den molekylära beskrivningen inte introduceras som en modell, dvs. ett tankeverktyg som skapar möjligheter att bättre förstå observerbara egenskaper hos materien. Det som sägs om molekyler och partiklar har status av fakta, vilka nämns vid ett tillfälle och som sedan oftast inte används vidare, trots att möjligheterna finns. Ett exempel är lufttryck. Partikelmodellen kan i detta sammanhang t.ex. svara på frågan hur det kan komma sig att stillastående luft utövar krafter på föremål som den är i kontakt med.

Elementära egenskaper hos luft och gaser av det slag vi redovisade i avsnittet *Luft och andra gaser* (kap. 7) tas i allmänhet inte upp i läromedlen.

*Anmärkning*

Ovan beskrivna kritik av läromedlen som vi formulerade i mitten av 1990-talet är fortfarande aktuell. I en undersökning som gjorts vid Högskolan Kristianstad heter det:<sup>3</sup>

I de läroböcker eleverna använder fokuseras inte särskilt på ett modelltänkande och partikelbegreppet introduceras definitivt inte på ett sätt som gör att eleverna stimuleras till att använda det i sina förklaringar. Trots att detta framförs som mål att sträva mot i kursplanen.

Detta betyder att om lärare och elever följer läroboken så blir det inga tillfällen att använda partikelteorin som ett intellektuellt verktyg för att förklara ock förutsäga. Och då lär sig eleverna heller inget om denna centrala aspekt av naturvetenskapens sätt att resonera.

---

<sup>1</sup> Paulsson, Nilsson, Karpsten, & Axelsson, 1989

<sup>2</sup> Undvall & Nilheden, 1989.

<sup>3</sup> Lindner & Redfors, 2007, s. 42. Citatet avser de läromedel som eleverna i en undersökning använder, inte hela läromedelsmarknaden.

## 10 LEKTIONSSEKVENNS

### *Trådarna samlas*

Nu är det dags att samla alla trådar till en lektionssekvens. I likhet med Nussbaum och Novick, men till skillnad från MAM och CLIS (se kap. 8), har vi begränsat oss till det gasformiga tillståndet och en partikelmodell för detta. Härigenom blir introduktionen till partikeltänkande något mindre komplicerad för eleven än om man har med alla tillstånden från början.

Vårt sätt att börja undervisningen beaktar resultat av begreppsforskningen (se kap. 7). Vi startar med att försöka göra eleverna medvetna om luftens existens och att den tar plats och går vidare med bl.a. frågan om hur en luftmängd kan avgränsas för närmare undersökning. Efter studium av luftens egenskaper på det makroskopiska planet introduceras en partikelmodell. Utformningen av denna påverkas av det vi vet om elevers begrepp om materiens byggnad (se kap. 7). I linje med vår konstruktivistiska grundsyn behandlas modellen som ett tankeverktyg, vars användbarhet provas när det gäller att förklara och förutsäga. En hel del tid ägnas åt detta. Bl.a. studeras andra gaser än luft.

I vår analys av varför eleverna skall lära om gaser och deras egenskaper fanns ett samhällsmotiv – att förstå atmosfäriska miljöproblem. Detta har påverkat undervisningen på så sätt att spridning diskuteras med hjälp av partikelmodellen, liksom massans bevarande vid olika transformationer.

När det gäller undervisningsmetoder är som nämnts vår inställning pragmatisk. Vi väljer metod på basis av erfarenhet och intuition. Vi sympatiserar med CLIS-gruppens metod (se kap. 8), men har ändå valt en delvis annan linje när det gäller att introducera en vetenskaplig partikelmodell, nämligen att inte göra så stor affär av elevernas eventuella alternativ. Vi lägger inte ned lika mycket tid som CLIS på att locka fram och diskutera elevernas alternativa idéer. Vi använder mera tid till att ge dem möjlighet att upptäcka den naturvetenskapliga modellens förklaringsförmåga. Men naturligtvis är läraren välinformerad om elevers begrepp och svårigheter att förstå, och använder detta kunnande då han eller hon samtalar med elever, väljer ut problem som gruppuppgifter, ställer frågor till hela klassen osv.

Till undervisningen hör två problemsamlingar. En elevtext med titeln *Ludvig, Lisa och Luften* ingår också. Mera om problemsamlingar och elevtext i avsnitt 10.3. Vi har också utvecklat, men inte utprovat, en elevtext om tekniska tillämpningar. Den heter *Lisas teknikföredrag om luft*.

### *Elva lektioner om gaser*

#### *Lektion 1*

Lektionen går ut på att eleverna genom eget praktiskt arbete skall få erfarenhet av att luft existerar och tar plats. Varje grupp om två elever får till att börja med en genomskinlig kapsel med tättslutande lock av mjuk plast, i vilket ett litet hål är

utstansat. De får också en liten tratt, en slang som går att tränga ned i hålet, en vanna med vatten, två glasbägare, en kork och en flaska med en ärtä.

Följande problem ges:

- A. Sätt locket på kapseln. Fyll så kapseln med vatten utan att ta bort locket.
- B. Om ni lyckas, töm den igen utan att ta loss locket.
- C. Beskriv vad som kommer att hända om ni sänker ned en uppochnedvänd bägare ovanpå en flytande kork i en vanna med vatten.
- D. Fyll en bägare med vatten och sänk ned den i vinnan. Vänd den uppochned. Sänk ned en uppochnedvänd tom bägare, håll den rakt under den vattenfyllda och vänd den sakta rätt. Beskriv vad som händer.
- E. Lägg ärtan i mynningen på flaskan. Blås hårt på ärtan för att få in den i flaskan. Beskriv vad som händer.

Eleverna uppmanas att avsluta med att fundera på varför det blir som det blir i de olika experimenten. Skriv ned dessa funderingar i laborationsboken.

Här kan inskjutas att hålet i kapselns lock är så litet att uppgift A inte kan lösas genom att sänka ned kapseln med lock under vatten.

### Lektion 2

Experimenten från lektion 1 diskuteras och begreppet luft introduceras. Det som finns i kapseln och som måste ut för att vatten skall komma in, det som gör att korken stannar i bägarens mynning, det som flyttas mellan de två bägarna under vatten och det som gör att ärtan inte åker in i flaskan är *luft*. Lektionen går vidare med frågan var finns det luft?. Eleverna ombeds berätta var de tror att det finns luft.

En omröstning genomförs. Finns det luft i en urdrucken flaska utan lock, i en urdrucken flaska med lock, i ett punkterat däck, i en flaska full med sirap, längst ned i hörnet på rummet, på månen, vid Sydpolen? Begreppet *atmosfär* introduceras och dess storlek diskuteras. Lektionen avslutas med att eleverna får försöka förutsäga vad som händer om man värmer en rundkolv med en ballong över mynningen, dels då kolven är rättvänd och man värmer underifrån, dels då kolven är upp och ned och man värmer upptill. Experimenten genomförs och diskuteras. Eleverna får en del av elevtexten *Ludvig, Lisa och luften* i läxa i vilken de två ungdomarna bl.a. funderar över hur man kan ta med sig lite havsluft hem. Det är med andra ord fråga om problemet hur man kan avgränsa en luftmängd, vilket är en förutsättning för att studera luftens egenskaper. Undersökningar visar att en del elever anser att detta inte är möjligt eftersom luft är "en enda sak, en enda massa".

### Lektion 3

Lektionen inleds med studium av koldioxid i fast form som sedan används för att kyla ned etanol i termosar. Små bitar med koldioxid läggs i plastpåsar som försluts och får ligga under lektionen. Eleverna spekulerar över vad som kommer att hända. Därefter får de individuellt fundera över om kolven på en försluten

spruta kan tryckas in och om den kan dras ut och i så fall hur långt. De funderar vidare över vad som kommer att hända om man doppar en försluten spruta med luft i kokande vatten och i en termos med etanol som har en temperatur på cirka -50°C. De skriver ned sina funderingar och genomför därefter experimenten två och två fritt efter egna idéer. Som avslutning grupperas eleverna om fyra och formulerar gemensamma svar på de frågor de fått i början av lektionen.

#### *Lektion 4*

Denna lektion handlar om vägning av luft. Bl.a. diskuteras om en hårt pumpad fotboll väger mer, lika mycket eller mindre än en löst pumpad. Elevernas förutsägelser jämförs med verkligheten, dvs. utslagen på vågen före respektive efter. Uppgiften är hämtad från den tillgängliga litteraturen<sup>1</sup>. Av 12 år gamla franska elever ansåg 45 % 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 och 25 % tänkte att bollen blev lättare, i allmänhet med motiveringen att den nu studsade bättre.

En rundkolv med volymen 1/2 liter vägs före och efter evakuering, vilket ger resultatet att en liter luft väger cirka ett gram.

Det förtjänar påpekas att volymen på fotbollen inte ändras nämnvärt, vilket gör att den omgivande luftens lyftkraft är ungefär densamma före och efter vägningen. Man väger med andra ord den luft som man pumpar in i bollen. Om man däremot blåser upp en ballong ökar lyftkraften på denna så mycket att den märkbart reducerar den tyngdökning som den inblåsta luften ger. Det man väger är "övertrycket". Man kan lätt ta reda på volymen av den extra luft man pumpar in i en fotboll genom att släppa ut den i en spirometer, vilken brukar finnas på biologiinstitutionerna och där används för att mäta lungvolym.

#### *Lektion 5.*

Nu sammanfattas vad klassen vet om luft:

- Luft finns överallt, också i 'tomma' flaskor och bollar som luften pyst ut ur.
- Det går att samla in luft i kärl av olika slag.
- Luften väger ungefär 1 gram per liter.
- Luft går att pressa ihop.
- Ju mer man pressar ihop luften, desto mer får man ta i.
- Det är svårt att dra ut kolven ur en spruta vars mynning är stängd.
- Om man värmer luft så kan den utvidga sig, om man kyler kan den minska i volym.

Det blir mer och mer observationer att hålla reda på. Och många skulle man vilja förstå. Varför går det t.ex. att pressa ihop luft? För att klara av allt detta behövs en teori. Läraren lägger fram en sådan som klassen skall pröva:

---

<sup>1</sup> Séré, 1986.

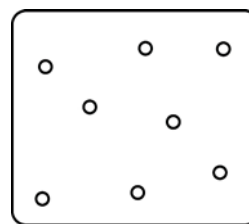
- Luft består av mycket, mycket små partiklar, som kallas molekyler. Mellan molekylerna finns ingenting.
- Molekylerna är materia. De har massa och tyngd fast de är mycket små.
- En liter luft består av miljarders miljarder molekyler.
- Varje luftmolekyl rör sig med hög hastighet i en rak linje tills den kolliderar med en molekyl i ett angränsande ämne (t.ex. väggen i en flaska) eller med en annan luftmolekyl. 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, oberoende av varandra.
- Om man tänker sig en ”stillbild” av ett antal molekyler, så är de i genomsnitt ganska långt från varandra.
- Om luft värms, så ökar molekylernas fart. Om den kyls, så minskar farten.

Teorin används på några olika exempel och ges sedan i läxa.

### *Anmärkning*

Denna teori har sedermera modifierats något. Se figur 10.1.

- Luft består av mycket, mycket små partiklar, som kallas molekyler.
- Mellan molekylerna finns ingen materia. (Det är tomrum mellan dem.)
- Molekylerna är materien. 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.



- 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.)

Figur 10.1. En kvalitativ partikelteori för luft.

### *Lektion 6 t.o.m. 11*

Teorin används. Två lektioner består i att eleverna i grupper om fyra löser problem (se appendix B) och producerar ett för gruppen gemensamt svar på varje. En lektion ägnas åt ett skriftligt prov. I övrigt behandlas lufttryck, bl.a. genom det



klassiska experimentet med de magdeburgska halvkloten. Ett annat exempel är att placera en munk under glasbehållaren på en vakuumpump och evakuera. Fysikaliska egenskaper hos andra gaser än luft studeras. Går väte, kväve och koldioxid också att pressa ihop, utvidgar de sig vid uppvärmning etc. Efter ett antal undersökningar generaliseras teorin om luft till gaser i allmänhet. Tekniska tillämpningar tas upp, t.ex. sugkoppen.

I redovisningen av innehållet i lektionerna framgår inte den dynamik som normalt karaktäriserar lektionerna. Elevernas tankar, frågor och påståenden präglar arbetet i betydligt högre grad än vad som framgår av den något kortfattade beskrivningen. Genom att läraren är påläst när det gäller elevernas vardagstänkande och svårigheter att förstå har han en beredskap som gör det möjligt att komma med förslag till något experiment eller frågeställning som kan hjälpa eleverna att bearbeta sitt problem. Det gäller framför allt att inte ge elever som bjuder på sina tankar en känsla av att de är felaktiga, utan i stället bemöta dem som tecken på genuina försök att förstå.

### *Elevtext och problemsamlingar*

Eftersom innehållet i den nyss beskrivna lektionssekvensen i stor utsträckning inte berörs i de läromedel som traditionellt används har vi skrivit en elevtext. En sådan ger bl.a. eleverna möjligheter till repetition och att möta lektionsinnehåll på ett nytt sätt. Vi har försökt göra texten personlig genom att låta två ungdomar, Ludvig och Lisa, vara huvudpersoner. De diskuterar luft och dess egenskaper och gör en del experiment. Ibland kommer också deras lärare, Carolina, in i handlingen genom att ge avgörande nya idéer att spinna vidare på. Texten är "konstruktivistisk" på så sätt att vardagsföreställningar förs fram och diskuteras ungdomarna emellan. En del icke naturvetenskapliga inslag förekommer, bl.a. om Ludvigs och Lisas personliga relation. Vi har försökt undvika att vara "didaktiska" i snäv mening. Exempelvis ställs inga frågor till läsaren. Denne förs bara in i ett händelseförlopp som förhoppningsvis stimulerar tänkande och reflexion.

Texten anknyter till aktuell internationell diskussion på två sätt. Dels har Fensham<sup>2</sup> framfört att en framtida huvuduppgift för FoU angående naturvetenskaplig undervisning är att skriva och pröva "konstruktivistiska läroböcker". Vår text är ett bidrag, om än litet, till detta arbete. Vidare har Lemke<sup>3</sup> och Sutton<sup>4</sup> påpekat att det naturvetenskapliga skriftspråket är opersonligt och spartanskt. Passivformer är t.ex. vanliga och metaforer som stimulerar fantasi och känsla förekommer ytterst sparsamt. Detta kan verka fränstötande på tonåringar som för första gången möter naturvetenskap. (Vi har som nämnts gjort vår text personlig.) Lemke presenterar en lista över de regler som gäller för ett korrekt naturvetenskapligt språk, och vilka är en del av den naturvetenskapliga kulturen. Till denna lista har han följande kommentar:

---

<sup>2</sup> Fensham, 1994.

<sup>3</sup> Lemke, 1990, s 130-134.

<sup>4</sup> Sutton, 1993.



These rules are a recipe for a dull, alienating language. They mainly serve to create a strong contrast between the language of human experience and the language of science. This is a contrast that we are taught to associate with the 'objectivity' of science vs. the 'subjectivity' of experience. It artificially and misleadingly makes students and the public imagine that science stands somehow outside the world of human experience, rather than being a specialized part of it.

Det nu sagda betyder inte att vi anser att naturvetenskapen skall ändra en språklig kultur som utmejslats under några hundra år och som går ut på klarhet och precision. Det vi försöker göra är att beskriva ett didaktiskt problem som finns då man undervisar i naturvetenskap i en skola för alla. Kanske kan de angivna referenserna och texten "Ludvig, Lisa och luften" stimulera läromedelsförfattare till nytänkande. Den intresserade hänvisas till appendix A där texten återges i sin helhet.

Vi har gjort två problemsamlingar. Den ena är avsedd för problemlösning i grupp och består av tio uppgifter (se appendix B). Meningen är att eleverna i grupper om fyra skall diskutera sig fram till ett gemensamt svar på en given uppgift, skriva ned detta och lämna in till läraren, som på ett eller annat sätt reagerar på svaret, t.ex. genom att ge tillbaka en skriven kommentar eller genom att leda en diskussion om uppgiften i klassen. Om gruppen inte är överens om svaret finns möjligheten för enskilda elever att reservera sig och lämna in ett eget svar. Hälften av uppgifterna för problemlösning i grupp gäller gasers spridning. Den andra problemsamlingen kan användas exempelvis för att ge hemuppgifter. Den består av 18 uppgifter, vilka redovisas i appendix C.

### *Mål för undervisningen om gaser*

Vi sammanfattar här lektionssekvensen i form av ett antal mål.

Eleven skall 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
- att gaser utövar ett tryck på angränsande ytor och att gaser går att pressa ihop åtskilligt
- att för en given gasmängd så bevaras massan vid ändringar i volym, temperatur och tryck
- kvalitativa samband mellan tryck, temperatur och volym för en given gasmängd (t.ex. att om temperaturen på luften i en spruta ökar, så ökar luftens volym)
- att gasmängder i kontakt med varandra blandas, och att en icke innesluten gasmängd sprids ut.

Eleven skall veta

- att luft är en blandning av bl.a. gaserna syre (21 %), kväve (78 %) och koldioxid (0,03 %).

Beträffande målen ovan kan förståelse vara makroskopisk eller förankrad i en partikelmodell. I vår sekvens ingår att introducera och använda en sådan. Vi uppställer följande mål:

- Eleven skall kunna redogöra för, och våga sig på att använda för förklaring och förutsägelse, en partikelmodell för gaser.

## ETT UNDERVISNINGSEXPERIMENT

### 11 DESIGN

Undervisningssekvensen har prövats i en klass (åk 7). En vecka innan starten gavs ett förtest med 8 skriftliga uppgifter, de flesta av typ ”öppet svar”. Samma test gavs sedan sex månader efter avslutad undervisning. Denna design kontrollerar inte eventuella inlärningseffekter av förtestet. Vidare kan man räkna med interaktionseffekter förtest–undervisning. Den långa tiden mellan avslutad undervisning och eftertest torde dock göra att ytlärda detaljkunskaper är bortglömda. Vi återkommer till designproblematiken i den avslutande diskussionen.

### 12 RESULTAT AV FÖR- OCH EFTERTEST

Här redovisas nu resultat på för- och eftertest. Det är 22 elever som svarat vid båda tillfällena.

#### *Uppgift 1. Varför rinner saften inte ned?*

Ludvig ska fylla saft ur en stor dunk på mindre flaskor. Men hans tratt är inte så bra. Den vickar hit och dit i flaskhalsen. Därför sätter han fast den med modeller. Leran sitter utanpå tratten som figuren visar. Den täpper till mellan tratt och flaska, men den klämmer inte åt tratten. Han märker då att det inte rinner ned någon saft i flaskan. Det finns saft ändå ner till spetsen på tratten, men saften stannar i tratten, trots att det är öppen väg för den. Förklara detta!



Denna uppgift prövar om eleverna är medvetna om att det finns luft i flaskan och att denna luft tar plats – en viktig del av ett gasbegrepp är kunskanden att gaser är materiella, upptar volym och har massa. Uppgiften och de svarskategorier vi använt är hämtade från den nationella utvärderingen 1992 av grundskolelevers kunskaper<sup>1</sup>.

#### SVARSKATEGORIER

**A** *Ej besvarat, ej förklarat, ovidkommande svar*

**B** *Modelleran stoppar saften*

– För modelleran har tryckt ihop tratten jättehårt så då rinner det inte. Då har saften stannat.

<sup>1</sup> Andersson, Emanuelsson & Zetterqvist, 1993. s. 34-35.

- C** *Vakuum i flaskan/ingen luft i flaskan*  
 – Om det inte finns någon luft i flaskan kan det inte rinna ner.  
 – P.g.a vakuum. Det kommer inte in någon luft i flaskan och då blir det vakuum.
- D** *Det kommer inte in någon luft/syre i flaskan*  
 – Det kommer inte in någon luft eller gaser i flaskan.  
 – För att det inte kommer in något syre.
- E** *Flaskan är redan full med luft eller molekyler och/eller luften kommer inte ut*  
 – Flaskan är redan full med luft och när Ludvig sätter dit leran så förhindrar han luften att komma ut.  
 – Luften måste komma ut för att vattnet ska kunna rinna in.

Tabell 12.1. Uppgift 1. Fördelning av elevsvar på kategorier strax före och ett halvt år efter undervisning.

		EFTER					
		A	B	C	D	E	$\Sigma$
FÖRE	E					8	8
	D					4	4
	C					2	2
	B						0
	A	1	1			6	8
	$\Sigma$	1	1	0	0	20	22

Ett exempel på hur tabellen läses är att 8 elever var i kategori A på förtestet. På eftertestet var 1 elev fortfarande kvar i denna kategori, en hade gått upp till B och 6 till E. Siffror till vänster om diagonalen visar försämringar, på diagonalen inga förändringar och till höger om denna förbättringar.

Fem elever använder sig av partikelmodellen på eftertestet, vilket skulle kunna motivera en särskild kategori. De svarar t ex.:

- Molekylerna måste komma ut för att de andra skall komma in.
- Det finns inte plats för luften (molekylerna) att komma ut. Därför stannar de i flaskan.

Vi har känt oss osäkra på vilka tankar som egentligen finns bakom dessa molekylsvar, och därför inte infört en extra kategori för dem. Det är positivt att eleverna använder sig av partikelmodellen, men i just detta fall innebär den knappast någon förenkling. Fysikläraren kanske skulle svara så här: Flaskan är nästan tom. Den är bara fylld till en tusendel av materia, beroende på att avståndet mellan molekylerna i genomsnitt är ungefär 10 gånger deras egen storlek. Men den sammanlagda rörelsemängden hos de molekyler som träffar saftens molekyler ger upphov till en kraft som balanserar tyngden hos saften. Svar av denna typ kan man givetvis inte vänta sig att nybörjare skall prestera. Det finns en

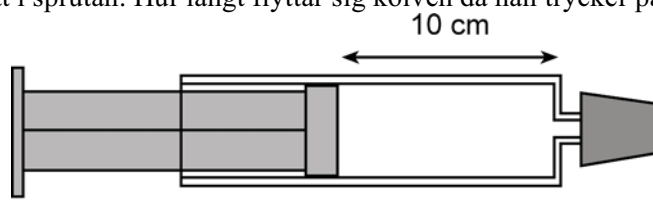
elev vars svar antyder att hon möjligen tänker något åt det hållet. Hon skriver: *Det blir väl ett tryck så att molekylerna bara rör sig inne i flaskan.*

Eftertestresultatet är avsevärt bättre än det som erhöles i den nationella utvärderingen 1992<sup>2</sup>.

### Uppgift 2. Går kolven att skjuta in?

Också denna uppgift är hämtad från den nationella utvärderingen 1992<sup>3</sup>, men vi har gjort tillägget att eleverna skall förklara hur de tänkte.

Johan drar in luft i en plasticspruta och täpper till med en gummikork som bilden visar. Ingen luft kan nu komma in eller ut ur sprutan. Avståndet från sprutans botten till kolven är 10 cm (se bilden). Johan håller så gummikorken mot en vägg (se bild) och försöker skjuta kolven inåt i sprutan. Hur långt flyttar sig kolven då han trycker på ordentligt?



Kolven ...

- |                                                       |                                                                   |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> flyttar sig inte alls        | <input type="checkbox"/> flyttar sig flera centimeter             |
| <input type="checkbox"/> flyttar sig någon millimeter | <input type="checkbox"/> flyttar sig ända in till sprutans botten |
| <input type="checkbox"/> flyttar sig någon centimeter |                                                                   |

Förklara ditt svar!

I tabell 12.2 nedan redovisas hur eleverna kryssat i de givna svarsalternativen på för- respektive eftertest. Som en jämförelse ges de resultat som erhöles på den nationella utvärderingen. Klassens svarsfördelning före undervisningen är lik det riksresultat som erhöles 1992. Efter undervisningen noteras en avsevärd förbättring.

Tabell 12.2. Uppgift 2. Procentuell fördelning på kryssalternativ. NU = Nationell Utvärdering 1992.

Alternativ	NU (n=3103)	klass före (n=22)	klass efter (n=22)
Inte alls	42	54	0
Någon millimeter	33	23	27
Någon centimeter	15	18	36
Flera centimeter	4	0	36
Ända till botten	4	4	0
Annat	1	0	0

När det gäller elevernas motiveringar har vi funnit följande kategorier:

<sup>2</sup> Andersson, Emanuelsson & Zetterqvist, 1993. s. 34-35.

<sup>3</sup> Ibid., s. 33.

- A** *Inget håller emot, kolven åker ändå in*  
 – Kolven går att skjuta in ändå till sprutans botten. Det är väl inuti sprutan som kolven flyttas. Men luften kanske gör så att det stoppar, men det tror inte jag!
- B** *Vakuum håller emot*  
 – Kolven går inte att skjuta in. Det bildas vakuum.  
 – Kolven går inte att skjuta in eftersom det är vakuum.
- C** *Kolven kan ej skjutas in, luft tar emot*  
 – Kolven går inte att skjuta in. Det blir sånt tryck när han sätter fast proppen.  
 – Kolven går inte att skjuta in. Det tror jag är att man inte kan skjuta in den något. För att det inte går ut någon luft.
- D** *In någon millimeter*
- D1** *Konkreta motiveringar*  
 – Kolven går att skjuta in någon millimeter. Gissade. Den tar ju emot så man kan nog bara en liten millimeter putta in, hoppas jag  
 – Kolven går att skjuta in någon millimeter. Luften kan komprimeras och därför kan man skjuta in kolven några millimeter
- D2** *Partikelförklaring*  
 – Kolven går att skjuta in någon millimeter. När man skjuter in kolven pressar man ihop molekylerna och det går till slut inte att skjuta in kolven mer.  
 – Kolven går att skjuta in någon millimeter. Molekylerna ligger tätt intill varandra. Men jag tror att de kan bli lite tätare när man trycker.  
 – Kolven går att skjuta in någon millimeter. Molekylerna rusar fram och tillbaka i kolven så att det inte går att dra in kolven mer än några millimeter.
- E** *In några centimeter*
- E1** *Konkreta motiveringar*  
 – Kolven går att skjuta in någon centimeter. Eftersom luften är instängd studsar den ut igen. Man kan trycka in den men den åker ut igen.  
 – Kolven går att skjuta in flera centimeter. Luft går att komprimera, men inte hur mycket som helst.
- E2** *Partikelförklaring: molekylerna trycks ihop*  
 – Kolven går att skjuta in någon centimeter. Det går att pressa ihop molekylerna lite.  
 – Kolven går att skjuta in någon centimeter. För att man kan trycka ihop molekyler
- E3** *Partikelförklaring: molekyler kommer tätare ihop*  
 – Kolven går att skjuta in någon centimeter. Molekylerna studsar med mellanrum och när Johan trycker in kolven så blir det trängare för molekylerna.  
 – Kolven går att skjuta in flera centimeter. Det finns vakuum mellan molekylerna så när kolven trycks in så ”puttar” man ihop molekylerna.

Tabell 12.3. Uppgift 2. Fördelning av elevsvar på kategorier, strax före respektive ett halvt år efter undervisning.

		EFTER								
		A	B	C	D1	D2	E1	E2	E3	$\Sigma$
F Ö R E	E3									0
	E2									0
	E1					2		1	2	5
	D2									0
	D1					1	1	1	1	5
	C				1	2	2	2	2	9
	B							1	1	2
	A								1	1
$\Sigma$		0	0	0	1	5	4	6	6	22

Svaren i kategori D2 visar att partikeltänkande inte nödvändigtvis leder till ett riktigt svar. Anledningarna härtill torde variera. Man kan tänka sig att eleven är övertygad om att kolven bara går att skjuta in någon millimeter och anpassar sin partikelmodell med hänsyn till detta. Man kan också tänka sig att partikelmodellen är felaktigt eller ofullständigt uppfattad, t.ex. att molekylerna befinner sig tätt ihop. Detta ger en felaktig förutsägelse. Vi får inte glömma bort att modellen är kvalitativ, vilket är en avgörande begränsning. För att få ut så mycket som möjligt av den är det därför önskvärt att eleven har viss känsla för vad som händer makroskopiskt. Om sprutan t.ex. hade en betydligt större diameter än den i figuren skulle det vara mycket svårt att med handkraft pressa in kolven, trots att molekylerna befinner sig långt ifrån varandra i förhållande till sin storlek.

Det är tolv elever som på eftertestet säger att luft kan tryckas ihop någon eller flera centimeter och ger partikelförklaringar. Av dessa är hälften oklara. Eleverna säger t.ex. att *det går att pressa ihop molekylerna lite*. Menar de att det är molekylerna som sådana som går att pressa ihop, eller syftar de på ett mångpartikelsystem med mellanrum mellan partiklarna? Resten av motiveringarna är acceptabla och tydliga, t.ex.: *Det finns vakuum mellan molekylerna så när kolven trycks in så 'puttar' man ihop molekylerna*.

På förtestet är det inga elever som ger partikelförklaringar.

### Uppgift 3. Går kolven att dra ut?

Tänk på sprutan i förra uppgiften! Kan man dra kolven utåt? (Man håller fast sprutan i ena handen och drar i kolven med den andra.)

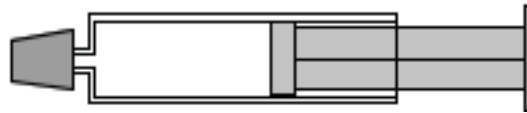
Förklara hur du tänkte!

Om du svarat ja på – hur långt kan man dra kolven utåt?

Förklara hur du tänkte!

Vi har inte lyckats göra en kategorisering som går att rapportera så som vi gjort på de två föregående uppgifterna. Därför görs en mer summarisk redovisning. Det är 9 elever som på förtestet anser att det går att dra ut kolven, och 19 på eftertestet, antingen några centimeter eller ända ut. Inga elever ger partikelförklaringar före, men 12 efter. Alla partikelförklaringar uppvisar brister. Modellen kan t.ex. leda till felslut: *Nej* (kolven går inte att dra ut). *För att molekylerna trycker på från utsidan (där de är flera)*. Ett annat exempel: *Nej (det går lite, men kolven skjuts ihop igen)*. *Trycket från molekylerna utifrån är lika stort som inne i kolven. Därför går det inte att dra ut kolven*. I andra fall fokuserar eleverna enbart luften i sprutan: *Ja. Det går att dra isär molekylerna en liten bit*. Vi ser positivt på elevernas försök att använda partikelmodellen, även om de inte når ända fram. Om man inte prövar sina tankeverktyg genom att använda dem, så skapar man heller inga möjligheter till utveckling.

### Uppgift 4. Vad händer då sprutan värms?



Man värmer den inneslutna luften i en spruta. Händer det då något? I så fall vad?

Förklara hur du tänkte!

Uppgiften kan besvaras enbart på makronivå, t.ex. att då luften i sprutan värms utvidgar den sig och då skjuts kolven ut. Ett bra svar som använder sig av en partikelmodell är att då luften värms så ökar molekylernas fart. De kolliderar då oftare och hårdare med kolven, som skjuts ut. Schematiskt kan man framställa elevernas olika svar som i figur 12.1. Svaren innehåller i varierande grad de påståenden (texten i rutorna) och de länkar (pilarna) som framgår av figuren.



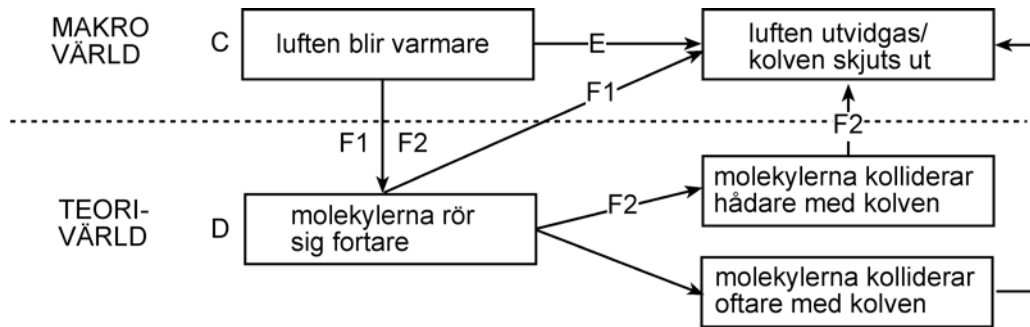


Fig. 12.1. Schematisk beskrivning av påståenden och länkar i elevsvaren på uppgift 4.

## KATEGORIER

**A** *Inget eller ovidkommande svar*

**B** *Inger händer*

- Inget händer

**C** *Luften blir varm*

- Det händer inget, eftersom luften är instängd borde det inte hända något. Luften kanske värms upp.

**D** *Enbart partikelbeskrivning: molekylerna rör sig fortare*

- Nej. Molekylerna rör sig bara fortare, men ingenting händer.
- Molekylerna rör sig fortare.

**E** *Luft utvidgas (vid uppvärmning)/kolven åker ut*

- Kolven åker utåt. Luft utvidgar sig när det blir varmt.
- Jag tror att luften skulle utvidga sig

**F1** *Molekylrörelsen ökar, kolven åker ut*

- Kolven åker utåt. Molekylerna rör sig fortare när det blir varmt
- Alla molekyler börjar röra på sig, den åker utåt.
- Kolven går utåt. Molekylerna rör sig snabbare vid värme. Värme=rörelse.

**F2** *Molekylrörelsen ökar, kraftigare molekylstötar/ökat tryck, kolven åker ut*

- Kolven trycks utåt därför värmen gör att 'm' rör sig snabbare och snabbare och krockar med kolven i sån hastighet så den åker ut.
- Luften (molekylerna) blir varmare och börjar studsas mot väggarna och trycker ut kolven.
- Molekylerna rusar fram och tillbaka och när det blir varmt blir molekylerna också varma och åker fram och tillbaka fortare och då trycker de ut kolven några millimeter.

Tabell 12.4. Uppgift 4. Fördelning av elevsvar på kategorier, strax före respektive ett halvt år efter undervisning.

EFTER

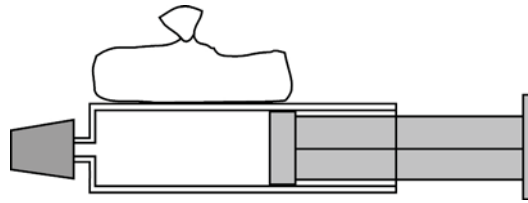
	A	B	C	D	E	F1	F2	$\Sigma$
F2								0
F1								0
F					1	1	1	3
Ö								0
R				1		1		2
E			1			1		2
A	1			5		4	5	15
$\Sigma$	1	0	0	6	1	7	6	22

Vi ser att 13 elever är i kategori F efter undervisning, men att 7 av dessa har en vaghet i sitt svar. De anger ingen mekanism för påverkan av kolven.

Vi observerar några intressanta detaljer, som inte fångas upp av våra kategorier. En elev skriver: – *Alla molekyler börjar röra på sig, den åker utåt.* I ett annat svar heter det: – *Luften (molekylerna) blir varmare och börjar studsa mot väggarna och trycker ut kolven.* Dessa svar ger intryck av att molekylerna från början är stilla, men att värmen sätter fart på dem. Möjligen har svaren att göra med elevernas föreställningar om rörelse. Det finns en ganska omfattande dokumentation av att de flesta elever i den aktuella åldern tänker sig att för att något skall röra sig så måste det finnas en påverkan. Att något rör sig av sig självt (Newtons första postulat) är svårt att föreställa sig. Detta elevsvar leder oss med andra ord till frågan om inte tröghetslagen borde behandlas före eller i anslutning till undervisningen om en partikelmodell för gaser.

I två andra svar sägs att molekylerna blir varmare. Det ena lyder: – *Ja, molekylerna blir varma och går fortare.* I det andra sägs: – *Molekylerna rusar fram och tillbaka och när det blir varmt blir molekylerna också varma och åker fram och tillbaka fortare och då trycker de ut kolven några millimeter.* Idén om att molekylerna som sådana blir varmare är exempel på att eleverna överför makroskopiska egenskaper till atomernas värld. Detta ser vi som ett steg i en utveckling på väg mot vetenskapliga begrepp.

### Uppgift 5. Vad händer då sprutan kyls?



Man lägger en påse kolsyresnö, som är mycket kall, på sprutan så som figuren visar. Händer det då något? I så fall vad? Förklara hur du tänkte!

Det beskrivna experimentet fungerar dåligt i praktiken. Man får ett större utslag om man sänker ned sprutan i etanol som kyls med kolsyresnö.

Uppgiften kan besvaras enbart på makronivå, dvs. utan partikelmodell. Man kan t.ex. säga att då luften i sprutan kyls, så minskar dess tryck. Trycket utifrån blir då större och kolven skjuts in tills en ny jämvikt inträder. Ett enklare variant är att luft sammandrar sig vid avkylning. Ett bra svar som använder sig av en partikelmodell är att då luften kyls minskar molekylernas fart. De kolliderar då mindre ofta och inte så hårt med kolven, vilket gör att trycket utifrån blir större än det inne i kolven. Kolven rör sig därför inåt. Schematiskt kan man framställa olika möjliga svar som i figur 12.2. Denna visar olika påståenden (texten i rutorna) och länkar mellan dessa (pilarna).

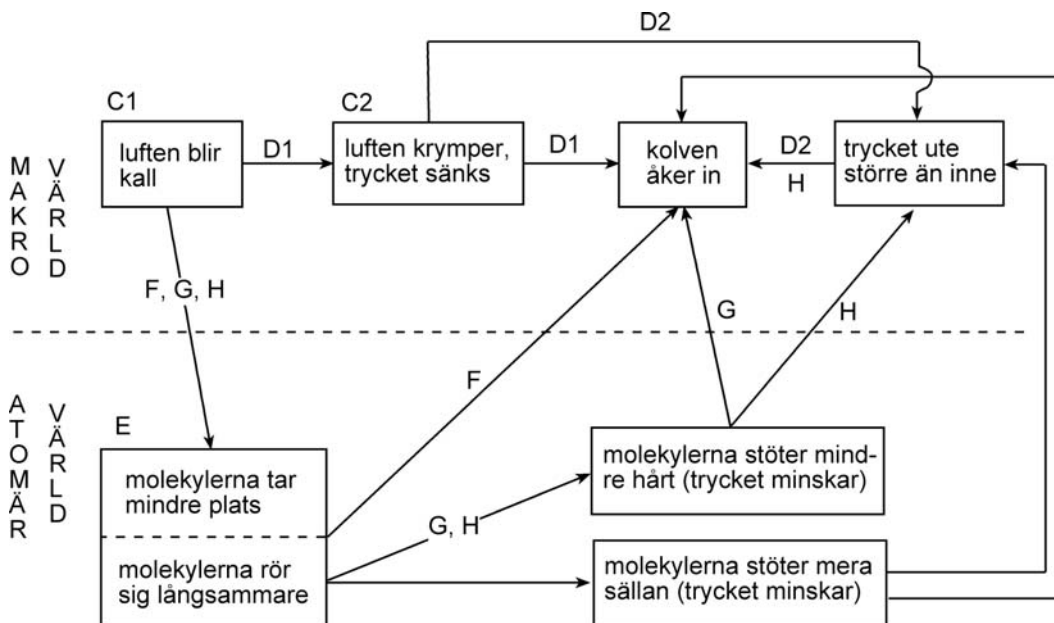


Fig 12.2. Schematisk beskrivning av påståenden och länkar i elevsvaren på uppgift 6.

Vi har funnit följande kategorier av svar:

**A** *Inget eller ovidkommande svar*

- Patienten som får sprutan fryser ihjäl.

**B** *Inget händer*

- Inget händer.

**C1** *Luften/sprutan blir kall*

- Nej, samma som föregående uppgift fast luften blir kall.
- Sprutan blir kall.

**C2** *Luften krymper/trycket sänks*

- Vet ej, men jag tror att luften 'krymper'.

**D1** *Luften blir kall. Då krymper den/trycket sänks. Kolven åker in*

- Kolven dras inåt. Luften drar ihop sig när den blir kall.
- Ja! Kolven dras inåt. När luften kyls förminskas den.

**D2** *Kylan sänker trycket. Trycket ute större än inne. Kolven åker in.*

- Kolven dras ihop. Trycket sänks vid kyla och luften utifrån trycker in kolven några millimeter.

**E** *Molekylerna rör sig långsammare/tar mindre plats*

- Molekylerna rör sig saktare. De rör sig fortare i värme och saktare i kyla.
- Ja, molekylerna rör sig saktare. Om det är varmt = molekylerna rör sig fort. Kallt = molekylerna rör sig sakta.

**F** *Molekylerna rör sig långsammare/tar mindre plats. Då åker kolven in.*

- Kolven åker in. Molekylerna rör sig långsammare och tar mindre plats.
- Kolven åker inåt. När det blir kallt behöver molekylerna mindre plats.

**G** *Molekylerna rör sig långsammare. Då stöter de mindre hårt/trycket minskar. Då åker kolven in.*

- Ja, kolven rör sig inåt. När luften i sprutan kyls ned rör sig molekylerna långsammare och krockar inte lika mycket. Då blir motståndet mindre och den åker in.

**H** *Molekylerna rör sig långsammare. Då stöter de mindre hårt/trycket minskar. Trycket ute större än inne. Då åker kolven in.*

- Kolven trycks ihop därför att vid kyla går molekylerna sakta och trycket utanför blir då större än inne i behållaren.
- Kolven åker inåt därför avståndet minskar mellan 'm' och de 'm' som finns utanför sprutan skjuter kolven inåt.

Tabell 12.5. Uppgift 5. Fördelning av elevsvar på kategorier, strax före respektive ett halvt år efter undervisning.

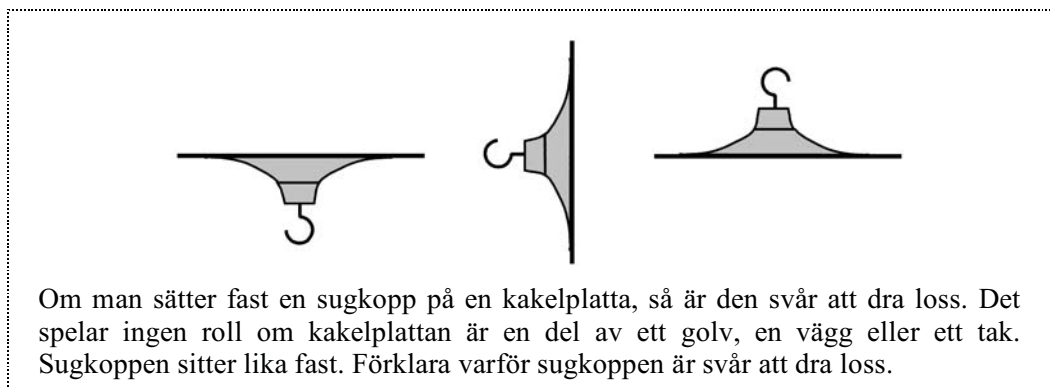
EFTER

	A	B	C1	C2	D1	D2	E	F	G	H	$\Sigma$
H											0
G											0
F											0
E											0
D2											0
D1					1	1					2
C2											1
C1	1										1
B	1						3	1		1	6
A	1			1	1		3	2	3	1	12
$\Sigma$	3	0	0	1	2	1	6	3	3	3	22

FÖRE

Uppgift 5 är analog med 4 men gäller avkylning. Svartsbilden blir dock mer komplicerad genom att vissa elever i sina svar beaktar den omgivande luften. (Det skulle de också kunna göra i uppgift 4, men så är alltså inte fallet.) På uppgift 5 är det 9 elever (kategorierna F, G och H) som på eftertestet (inga på förtestet) förklarar att kolven åker in med att molekylerna rör sig långsammare. Det är 3 som säger bara detta (F), 3 andra påpekar också att molekylerna stöter mindre hårt på kolven (G) och de 3 övriga säger dessutom att eftersom trycket ute nu blir större så åker kolven in (H).

*Uppgift 6. Varför är sugkopp svår att dra loss?*



Vi har funnit följande svars-kategorier:

**A** *Inga eller "alternativa" svar*

- Sugkoppar skall vara svåra att dra loss.
- Den är väl tung. Jag vet inte.
- Det är sugförmågan som gör det.
- Den stänger inne luft och man kan inte dra ut den.
- Det är luft mellan kakelplattan och proppen.
- Eftersom den är som en skopa så stannar lite ur luften inuti den lilla skopan.
- Bara för att den suger in luft. Samma som sprutan.

**B** *Vakuumlite eller ingen luft inuti*

- För att det inte finns någon luft inuti den.
- Det blir tomrum (vakuum) under sugkoppen.
- Därför att när man sätter fast sugkoppen pressas all luft ut och det är vakuum där inne.

**C** *Undertryck inne/övertryck ute*

- Det bildas övertryck på utsidan som trycker fast proppen mot väggen.
- Därför att man pressar ut all luft ur sugkoppen och trycket utifrån pressar då fast sugkoppen mot väggen.
- Det bildas väl något undertryck.

**D** *Molekyler utifrån trycker på, få eller inga inuti*

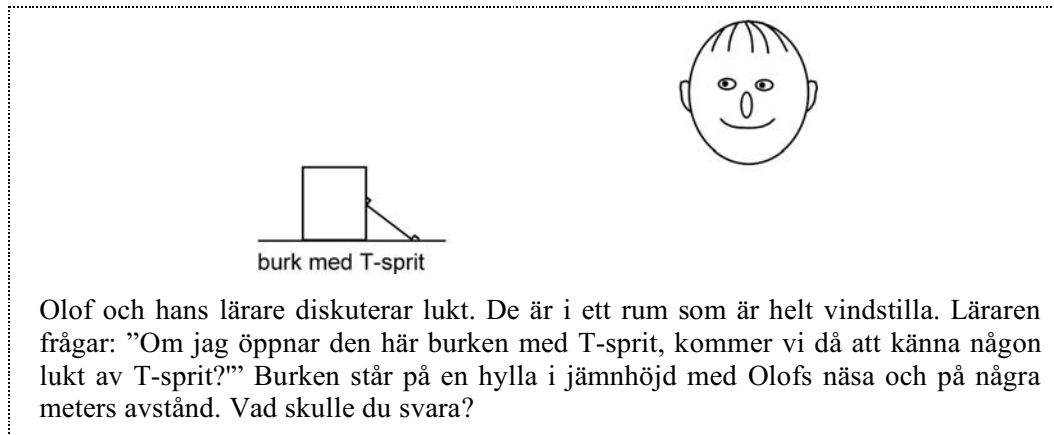
- Molekylerna utifrån trycker in hela tiden eftersom de är flera på utsidan.
- Fler molekyler trycker på utifrån än inifrån.
- Det är inga luftmolekyler innanför som jobbar mot de utanför. De blir då starka.

Tabell 12.6. Uppgift 6. Fördelning av elevsvar på kategorier, strax före respektive ett halvt år efter undervisning.

		EFTER				
		A	B	C	D	$\Sigma$
F Ö R E	D					0
	C		1			1
	B		1	2	2	5
	A	3	4	1	8	16
	$\Sigma$	3	6	3	10	22

Vi noterar att det är 10 elever som ger en partikelförklaring efter undervisningen, jämfört med inga före. Några svar på förtestet förbryllar, nämligen de som uttrycker att det är luft mellan kakelplattan och sugkoppen. Svaren lämnar tyvärr inga andra ledtrådar till elevernas tänkande än detta konstaterande.

### Uppgift 7. Kan näsan känna lukten?



Olof och hans lärare diskuterar lukt. De är i ett rum som är helt vindstill. Läraren frågar: "Om jag öppnar den här burken med T-sprit, kommer vi då att känna någon lukt av T-sprit?" Burken står på en hylla i jämnhöjd med Olofs näsa och på några meters avstånd. Vad skulle du svara?

På förtestet är det 6 elever som anser att Olof kommer att känna lukten av T-sprit. På eftertestet motsvarande siffra 20. Vi har gjort följande kategorisering:

**A** *Inget eller ovidkommande svar*

**B** *Olika konkreta motiveringar, oftast konstateranden*

- Ja, man kan känna lukten.
- Ja, T-sprit luktar för djävligt.
- Nej. Lukten går uppåt.
- Ja p.g.a. att luktslingorna breder ut sig ändå.

**C** *Blandmodell - lukt är något skilt från molekylerna, men sprids av dessa*

- Molekylerna flyger ut och har lukten på sig. Det luktar lite svagare.
- Olof känner lukten därför att molekylerna för med sig lukten eftersom de åker fram och tillbaka i rummet.
- Ja. Molekylerna sprider lukten vidare i rummet. (Till svaret hör en figur med luftmolekyler och slöjor som representerar T-spridodften. Luftmolekylerna sprider doften i rummet genom att de rör sig.)

**D** *Lukt är molekyler som sprids som andra molekyler*

- Ja. Molekylerna i T-spriten sprider sig i hela rummet. Därför kommer Olof att känna lukten även om det är vindstill.
- Ja, alla molekyler rör sig hela tiden och kommer (lukten) strax fram till Olofs näsa.
- Luftmolekylerna blandar sig med T-spritmolekylerna, till sist når de fram till Olofs näsa (figur med olika symboler för luft- och T-spritmolekyler, tätast med T-spritmolekyler vid burken).

Som framgår av tabell 12.7 på nästa sida är det drygt hälften av eleverna som efter undervisningen förklarar sina jakande svar med att molekyler sprider sig i hela rummet. Detta kan jämföras med att bara 16 % av eleverna i åk 9 valde samma modell på uppgiften "Vad orsakar lukt?", som ingick i den nationella utvärderingen (se kapitel 4). Men det är fortfarande cirka 20 % som tänker sig att dofter som sprider sig är något annat än molekyler.

Tabell 12.7. Uppgift 7. Fördelning av elevsvar på kategorier, strax före respektive ett halvt år efter undervisning.

		EFTER				
		A	B	C	D	$\Sigma$
FÖRE	D					0
	C					0
	B	1	4	2	10	17
	A		1	2	2	5
	$\Sigma$	1	5	4	12	22

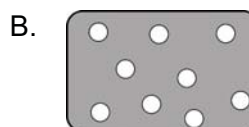
### Uppgift 8. Hur är heliumgas uppbyggd?

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

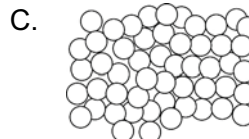
Goran: En gas är en enda sak, en enda massa. Därför finns det inga atomer i gasbehållaren. (Goran ritade figur A)



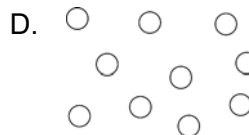
Lisa: Inuti gasbehållaren finns det heliumatomer med heliumgas emellan. (Lisa ritade figur B)



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



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



Ringa in namnet på den elev du anser har rätt. Förklara hur du tänkte!

De flesta elever har inte förklarat hur de tänker utan bara ringat in ett alternativ. Därför redovisar vi inga motiveringar.

Tabell 15.8. Heliumgasens byggnad. Fördelning (antal) av elevsvar på alternativ, före och ett halvt år efter undervisning (åk 7, n=22).

ALTERNATIV	FÖRE	EFTER
Ej besvarat	4	0
A. Kontinuum (inga atomer)	5	0
B. Atomer i ett kontinuum	8	6
C. Tätt packade atomer	5	1
D. Atomer i vakuum, långt isär och i rörelse	0	15



Det är 15 elever som väljer alternativ D efter undervisning, jämfört med inga före. Men det är fortfarande sex som föredrar en modell som tyder på en blandning av en partikulär och en kontinuerlig uppfattning om materiens byggnad.

### *Vad tyckte eleverna?*

Efter undervisningen har eleverna fått tillfälle att berätta hur de uppfattade denna jämfört med annan 'vanlig' undervisning i naturvetenskapliga ämnen. Typiska kommentarer är att experimenten är roliga, att man måste tänka mycket, att texten 'Ludvig, Lisa och luften' är lättare att läsa och förstå än den vanliga fysikboken och att det är svårare än vanligt att veta vad man skall lära sig. När det gäller att tänka mycket tycker en del elever att det är roligt, under det att andra inte uppskattar det alls.



## DISKUSSION

### 13

#### ANALYS AV METOD OCH RESULTAT

##### *Begränsningar i försökets uppläggning*

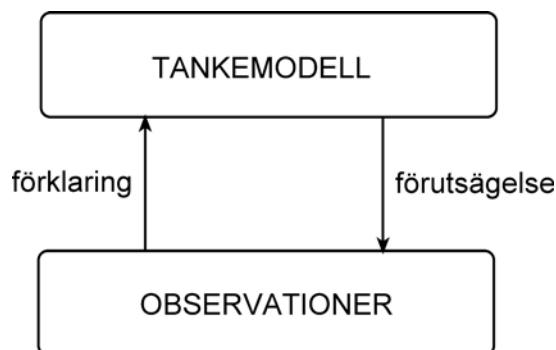
Erhållna resultat måste bedömas med hänsyn till den experimentella design vi använt. Eleverna har fått samma uppgifter på för- respektive eftertest, och innehållet i dem har på ett eller annat sätt behandlats i undervisningen, ofta i situationer liknande dem som beskrivs i testuppgifterna. Därför ser vi svarsförbättringar som en effekt av förtest plus undervisning. Vi noterar också att en följd av vår design blir att inga uppgifter prövar om eleverna kan använda sin partikelmodell i ett för dem helt nytt sammanhang.

##### *Elevernas kunskande om gasers makroskopiska egenskaper*

Om vi först fokuserar gasers makroskopiska egenskaper, så finner vi att eleverna gjort en hel del framsteg. På förtestet är det 8 som svarar att luften i flaskan måste ut för att saften skall rinna ned, på eftertestet 20. Det är 4 elever som före undervisningen vet att kolven i sprutan går att trycka in en bit, antalet ökar till 16 efter. Få elever vet före undervisningen att luft kan utvidgas vid uppvärmning (2 st) och sammandra sig vid avkylning (3 st). Motsvarande antal på eftertestet är 14 respektive 12. Sammantaget framgår dels att mycket få elever har kunskap om gasers makroskopiska egenskaper före undervisningen, dels att vår lektionssekvens, inklusive förtest, leder till påtagliga förbättringar.

##### *Elevernas användning av en partikelmodell för gaser*

Vad beträffar partikeltänkande försöker vi införa något väsentligt nytt i undervisningen, nämligen en partikelmodell för gaser, som används som ett aktivt verktyg för att förstå och förutsäga. Tanken måste röra sig fram och tillbaka mellan två plan – observation och modell. Se figur 13.1! Lärobokstraditionen är, som vi påpekade i kapitel 9, att ge molekyler och partiklar status av fakta, vilka nämns vid ett tillfälle och sedan oftast inte används vidare, trots att möjligheterna finns.



Figur 13.1. Tankemodell och observationer i växelspel.

Det ”nya” sättet att tänka är betydligt mer komplext än det ”gamla”. Vi väntar oss därför inte att eleverna utan vidare skall anamma det. Ett uttryck för att de känner en viss vanda är att de sagt till sin lärare att det är svårt att förstå vad man skall kunna när magistern undervisar på det nya sättet.

I stora drag kan vi konstatera att på uppgift 2 t.o.m. 7 är det 18 av 22 elever som använder partikeltänkande minst en gång, 12 som gör det minst 3 gånger och 6 minst 5 gånger. Med tanke på att det gått ett halvt år sedan undervisningen och att eftertestet är helt oförberett betraktar vi resultatet som positivt – eleverna vågar sig på att använda partikeltänkande och detta är i en hel del fall inte så tokigt. En elev förklarar t.ex. att kolven i sprutan åker in vid avkylning med att *Kolven trycks ihop därför att vid kyla går molekylerna sakta och trycket utifrån blir då större än trycket inne i behållaren*. Men man får inte glömma bort att spännvidden i kvalitet bland de givna svaren kan vara betydande. Ett annat svar på frågan om avkylning lyder: *Alla molekyler sätter sig fast som stenar. Det blir så kallt att de knycklar ihop sig*. Andra kvalitetsskillnader har framgått av den tidigare redovisningen uppgift för uppgift.

De flesta elevsvar innefattar såväl partikelmodellen som den observerbara verkligheten. Men det finns också elever som enbart ger partikelbeskrivningar – se kategori D på uppgift 4 och E på uppgift 5. En elev säger t.ex., som svar på vad som händer då den instängda luften i en spruta värms upp, att molekylerna rör sig fortare men inget mera. Kanske tycker hon det är självklart att detta innebär att kolven åker ut och därför inte nämner den saken. Men det kan också vara ett tecken på att eleven inte klarar att samtidigt beakta och koordinera tankemodell och observation. Detta behöver uppmärksammas i det fortsatta arbetet.

Som helhet värderar vi uppnådda resultat som så pass goda att det är värt att vidareutveckla vår undervisningssekvens och att pröva den under nya betingelser. Lärarerfarenheten från försöksundervisningen uttrycks på följande sätt<sup>1</sup>:

För min egen del kan jag acceptera bristerna i undersökningen, eftersom jag upplever att elevernas sätt att tänka och resonera ändras under undervisningens gång. Det har lett till att även årets sjuor har blivit utsatta för denna undervisning och om man för ett ögonblick låter alla vetenskapliga kriterier vila känns det som en självklarhet att fortsätta med nästa års sjuor också.

---

<sup>1</sup> Bach , 1993.

14  
*NYA MÖJLIGHETER*

*Förbättrade undersökningsmetoder*

*Vilken design bör användas?*

Hur kan man eliminera de svagheter som finns i vår design? En kontrollgrupp är önskvärd, och man kan tänka sig att som en sådan använda jämförbara klasser på samma skola, vilka undervisas konventionellt om gaser. Detta kan i praktiken vara svårt att åstadkomma av sociala skäl. Dessutom är tidsfaktorn inte kontrollerad. Konventionell undervisning av motsvarande område tar ungefär hälften så lång tid. Vi tänker oss därför följande design:

G1	T1	X	(6 mån)	T2
G2	T2	X	(6 mån)	T1

Eleverna i en klass fördelas slumpmässigt på grupperna G1 och G2. G1 får förtestet T1, och G2 får T2 vid samma tillfälle. T1 innehåller helt andra uppgifter än T2, men båda gäller gaser. Båda grupperna undervisas gemensamt eftersom de utgör en klass (X betyder undervisning om gaser). På eftertestet ett halvt år senare ges T2 till G1 och T1 till G2. G1:s eftertestresultat jämförs med G2:s förtestresultat och vice versa. Grupperna är med andra ord varandras kontroller. Om experimentet genomförs i fler klasser enligt denna design får man större jämförelsegrupper. Genom att undanhålla uppgifternas situationer från undervisningen kan de i önskad utsträckning användas som test på elevernas förmåga att använda sin partikelmodell i nya sammanhang.

Den angivna designen har en del fördelar. Den stör inte verksamheten i skolan. Den möjliggör slutsatsen att en konstaterad förbättring beror på undervisningen. Man kan t.ex. säga: Om man i åk 7 undervisar på det sätt som beskrivits i lärarhandledningen så är sannolikheten för att man uppnår ett konstaterat långsiktigt resultat så stort. Denna typ av empiriskt underlag saknas för närvarande nästan helt, varför lärarutbildning så gott som uteslutande måste baseras på s.k. beprövad erfarenhet.

Men det finns också en fråga som den förbättrade designen inte besvarar: Vilka aspekter av undervisningen var särskilt viktiga, och vilka var mindre viktiga, för att det konstaterade resultatet skulle uppstå? Vad betydde sekvenseringen, problemlösningen i grupp, den nyskrivna texten, det systematiska användandet av forskningsresultat rörande elevernas föreställningar, utformningen av partikelmodellen? Vill man tackla detta problem behöver man jämföra två undervisningssekvenser som bara skiljer sig åt med avseende på en av nyss angivna faktorer. Denna typ av studier är tekniskt och praktiskt krävande, men likväl önskvärd. Påverkas t. ex. långsiktig behållning positivt av att elevernas vardagsföreställningar lockas fram och diskuteras? En studie av detta betyder att experiment- och kontrollgrupp behandlas lika i en rad avseenden: samma sekvensering, samma elevexperiment, samma problem, samma elevtext, lika lång under-

visningstid etc. Men i den ena gruppen efterfrågas och diskuteras aldrig elevernas vardagsföreställningar, vilket däremot sker regelbundet i den andra. En studie av detta slag kan ge resultat som gör att tro, förhoppningar och intressanta hypoteser ersätts med vetande, erhållet med vetenskapliga metoder.

#### *Processtudier*

I vår studie har vi prioriterat att undersöka långsiktig behållning. Eftersom vi analyserar elevernas svar med kvalitativa metoder får vi en hel del insikter i deras sätt att resonera och svårigheter att förstå. Men det är naturligtvis också av intresse att med systematiska metoder ta reda på vad som händer under lektionerna. Metoder som vi kan tänka oss i dessa sammanhang är att välja ut några elever och intervjua dem efter varje lektion. Vad har de fått ut av lektionen? Vad var det som de inte förstod? Vad var intressant? Andra studier kan vara att dokumentera och analysera hur en grupp om fyra elever diskuterar och arbetar då de försöker lösa givna problem. Lärardagbok och deltagande observationer är också av intresse. Förhoppningsvis kan studier liknande dessa bidra till att göra vår undervisningssekvens bättre.

#### *Fler målaspekter undersöks*

Den som studerar de mål för undervisningen som vi angett i avsnitt 10.4 konstaterar att det finns en del aspekter som vi inte prövat, t.ex. massans bevarande. I fortsatta studier är det naturligt att använda ett bredare sortiment av uppgifter, som beaktar fler målaspekter.

### *Nya dimensioner i undervisningen*

#### *Massans tröghet*

I avsnitt 12.4 noterade vi att några elevsvar uttrycker att molekylerna är stilla tills värmen sätter fart på dem. Detta är också rapporterat i begrepslitteraturen<sup>1</sup> [44]. Vi tror att bakom dessa svar finns föreställningen att något inte rör sig av sig självt. Vardagserfarenheten är ju att rörelse måste ha en orsak, annars stannar den av. Men Newtons tröghetspostulat säger att en massa förblir i vila eller likformig rätlinjig rörelse om den inte påverkas av en obalanserad kraft, vilket t. ex. bilisten erfar då hans fordon fortsätter rakt fram i den isiga kurvan. Det naturliga för en massa som har konstant hastighet är alltså att fortsätta sin rörelse. Kanske går det att göra detta troligt för eleverna med hjälp av tankeexperiment, demonstration av rörelse på luftkudde mm. Med andra ord – tröghetslagen bör behandlas före eller i anslutning till undervisningen om en partikelmodell för gaser.

#### *Metaförståelse: vad är naturvetenskap?*

I de svenska kursplanerna för grundskolans naturvetenskapliga ämnen uttrycks att eleven skall få förståelse för att begrepp och modeller är mänskliga konstruktioner som förändras med tiden. Detta ställer nya krav på undervisningen, och därför är det positivt att elevers förståelse av "naturvetenskapens natur" på senare

---

<sup>1</sup> CLIS, 1987.

tid undersökts<sup>2</sup>. Ett beskrivningsinstrument med tre nivåer har utvecklats. På nivå 1 skiljer inte eleven på ett tydligt sätt mellan teori och evidens och mellan förklaring och beskrivning. Kunskap uppfattas som en kopia av verkligheten och naturvetenskapen som något som går ut på att upptäcka saker. På nivå 2 skiljer eleven på teori och evidens, men teorier uppstår genom att man gör experiment och observerar. Naturvetenskap går ut på att ta reda på hur naturen fungerar, t.ex. genom att variera betingelser i experiment. Kunskapen finns att hämta ”därute”. På nivå 3 uppfattas teorier som mänskliga konstruktioner vilka utvecklas i ett växelspel med observationer. Alternativa teorier är möjliga och olika teorier värderas i relation till evidens. Nivå 1 och 2 är vanliga då eleverna börjar med naturvetenskap i 12-13-årsåldern. Nivå 3 är sällsynt på högstadiet. (Den som känner till Piagets arbeten noterar att nivå 1 och 2 påminner om hans allmänna beskrivningar av konkreta operationsstadiet och nivå 3 om det formella.)

Undervisningen om gaser erbjuder möjligheter att diskutera vad naturvetenskap är. Enligt det nyss sagda befinner sig de flesta elever i åk 7 på nivå 1 eller 2. De tänker sig att naturvetenskap går ut på att upptäcka saker och att ta reda på hur omvärlden fungerar. Undervisningen bjuder på inslag i linje med detta – t.ex. upptäckterna att gaser går att pressa ihop och att de utvidgar sig vid uppvärmning. Men vilken status har luftmolekylerna? Man kan inte se dem, ens med mikroskop, så någon upptäckt kan eleverna inte göra. Kanske läraren eller några vetenskapsmän har sett molekylerna? Om nu ingen har sett dem så måste gasmodellen från början vara en ”mänsklig konstruktion” och inte något som har kommit in i huvudet genom att man observerat noga. Men den kan ju förutsäga och förklara. Innebär detta att molekylerna finns ”därute” och uppför sig så som sägs i modellen? Tycker *eleverna* att gasers egenskaper blir begripligare med hjälp av modellen? Leder detta i sin tur till att *de* blir mer övertygade om molekylernas existens? Det återstår att se om elever i åk 7 är roade av att diskutera allt detta. En idé är att författa en elevtext i vilken Ludvig och Lisa filosoferar över de nu beskrivna frågorna och på ett sådant sätt att den stimulerar till fortsatt diskussion bland eleverna.

#### *Tekniska tillämpningar*

Det finns gott om tekniska system i vilka gasers, i synnerhet luftens, egenskaper på olika sätt kommer in. Spädbarnets napp har räfflad botten, som är så konstruerad att den håller tätt men ändå släpper in lite luft så att det går lättare att suga. Pontoner i militära broar kan vara fyllda med otaliga små luftkuddar, så att flytkraften inte helt skall gå förlorad vid en träff av en projektil osv. För att lyfta fram tekniska tillämpningar har vi skrivit elevtexten 'Lisas teknikföredrag om luft'. Se appendix 4!

---

<sup>2</sup> Carey, Evans, Honda, Jay & Unger, 1989; Driver, Leach, Millar, & Scott, 1993.

*Mot en folklig naturvetenskaplig kultur:  
vidgade möjligheter att samtala, skriva och fråga*

Den sovjetiske psykologen Vygotskij förknippas med begreppet "Mind in Society", vilket bl.a. uttrycker att en individs tänkande påverkas av den sociala omgivningen – familj, kamrater, närsamhälle, stat, kultur. Om vi betraktar naturvetenskapen ur detta perspektiv måste vi konstatera att ett levande kunnande bara finns i några mindre delar av samhället, t.ex. den naturvetenskapliga lärarkåren. Någon bred folklig naturvetenskaplig kultur existerar knappast, och därmed heller ingen bred påverkan på individen i detta avseende. Med andra ord kan man säga att samhället gett den naturvetenskaplige läraren en avancerad uppgift. Han eller hon skall på lektionerna skapa en kultur på ett sådant sätt att eleven upplever de naturvetenskapliga begreppen som så meningsfulla att det är naturligt att använda dem också utanför skolan, t.ex. i samtal med andra. Om detta sker vidgas den naturvetenskapliga kulturen från lektionssalen till samhället.

Kultur är ömsesidighet, skapande, givande och tagande. Därför är bl.a. samtal och diskussioner, såväl muntligt som skriftligt, viktiga inslag i dess utveckling. Om detta har Lemke<sup>3</sup> följande att säga (vår översättning):

Den enskilda förändring av den naturvetenskapliga undervisningen som mer än någon annan skulle förbättra elevernas förmåga att bruka det naturvetenskapliga språket är att ge dem mer övning i att verkligen använda det. Eleverna måste ges möjlighet att tala ingående (i form av monolog och dialog) och att skriva mer om naturvetenskapliga ämnen. Det största hindret för detta är den triadiska dialogens dominans. (Triadisk dialog består av tre delar: läraren ställer en fråga, en elev svarar, och läraren bedömer svaret.)

Lärarna bör använda fråga-svar dialog mindre än de gör för närvarande och avsätta mer tid för elevernas frågor, rapporter från individer och grupper, äkta dialoger, diskussion, arbete i små grupper. Eleverna bör skriva mer om naturvetenskapliga ämnen och alltid efter muntliga diskussioner av det aktuella ämnet.

Triadisk dialog är en struktur, vars största värde är att den ger läraren i det närmaste total kontroll över dialogen och det sociala utbytet i klassen. Den tenderar att leda till korta elevsvar och brist på initiativ från eleven när det gäller att använda ett naturvetenskapligt språk. Det är en form som är överanvänd i de flesta klassrum på grund av en felaktig tro på att den uppmuntrar maximalt deltagande från elevernas sida. Nivån på deltagandet är illusorisk: hög när det gäller kvantitet, låg vad avser kvalitet.

Som framgått av avsnitt 10.2 ingår undervisningsmetoder av den typ Lemke rekommenderar i vår lektionssekvens, t.ex. problemlösning i grupp, där en diskussion bland eleverna leder till att de producerar ett skriftligt svar på en given uppgift. Här ges några nya, och av oss oprövade uppslag.

Vid Nesna lærerhøgskole i Norge har Tveita<sup>4</sup> [49] utvecklat ett undervisningsprogram kallat "Den kinetiske partikkelmodellen for stoffa", avsett för elever i 12-13

---

<sup>3</sup> Lemke, 1990. s 168.

<sup>4</sup> Tveita, 1993a.



års ålder. De lärare som fullföljt undervisningen menar att eleverna är mogna för denna modell. Ett intressant inslag i programmet är att eleverna får i uppgift att undervisa sina föräldrar. De får exempelvis låna med sig en plastspruta hem. En skriven instruktion uppmanar dem att visa att kolven på den tillslutna sprutan går att pressa in och dra ut. De skall också förklara detta för föräldrarna med hjälp av partikelteorin. Föräldrarna får ett brev från läraren som beskriver syftet. I brevet heter det bl.a.:

Det har vist seg att barn lærer ekstra godt dersom de må forklare dette till andra som kanskje ikke uten videre godtar forklaringa slik att de må skjerpe seg og forklare ekstra godt. Elevene vill derfor få noen heimeoppgaver framover der de skall forklare till minst en voksen noe av det de har lært i naturfagtimene. Vi håper derfor at du tar deg tid til å høre på det barnet ditt forteller og/eller viser deg. Det er ekstra fint om du stiller noen spørsmål eller diskuterer med barnet!

En utmärkt försök att utvidga den naturvetenskapliga kulturen till samhället! Hur gick det? Föräldrarna var mycket positiva, men inte eleverna. De senare tog bl. a. ställning till påståendet "Å forklare partikkelmodellen for voksne likte jeg" med hjälp av en femgradig skala från 1 (håller inte alls med) till 5 (håller helt med). Medelvärdet blev 2,5, och det var inga skillnader mellan pojkar och flickor<sup>5</sup>. Vi skulle gärna sett att detta medelvärde låg över 3, men anser likväl att metoden är värd att pröva och utveckla.

Nya sammanhang för naturvetenskapliga samtal kan skapas genom att välja lämpliga texter i språkundervisningen. Som ett exempel återger vi här vad Arabella Buckley skrev 1878 om det lufthav i vilket vi lever<sup>6</sup> [51].

Did you ever sit on the bank of a river in some quiet spot where the water was deep and clear, and watch the fishes swimming lazily along? When I was a child this was one of my favourite occupations in the summer time on the banks of the Thames, and there was one question which often puzzled me greatly, as I watched the minnows and gudgeon gliding along through the water. Why should fishes live in something and be often buffeted about by waves and current, while I and others lived on the top of the earth and not in anything? I do not remember ever asking anyone about this; and if I had, in those days people did not pay much attention to children's questions, and probably nobody would have told me, what I now tell you, that we do live in something quite as real and often quite as rough and stormy as the water in which the fishes swim. The something in which we live is air, and the reason that we do not perceive it, is that we are in it, and that it is a gas, and invisible to us; while we are above the water in which the fishes live, and it is a liquid which our eyes can perceive.

But let us suppose for a moment that a being, whose eyes were so made that he could see gases as we see liquids, was looking down from a distance upon our earth. He would see an ocean of air, or aerial ocean, all round the globe, with birds floating about in it, and people walking along the bottom, just as we see fish gliding along the bottom of a river.

Ett annat sammanhang för samtal med naturvetenskapliga inslag är textläsning, måhända i samarbete med läraren i ämnet svenska. Vi återger i appendix 5 som

---

<sup>5</sup> Tveita, 1993b.

<sup>6</sup> Utdraget är hämtat från Sutton, 1993, s. 41.

exempel en berättelse, skriven av Evert Taube, som vi hoppas kommer till användning i undervisningen<sup>7</sup>. Den ursprungliga texten är på dialekt och troligen onödigt svår för många av dagens elever, speciellt om de inte är från Västsverige. Därför har vi översatt den till vanligt talspråk. Tyvärr går en del kvalitéer härigenom förlorade, men eftersom originalet – boken ”Jag kommer av ett brusand' hav” – är lätt tillgängligt bekymrar det inte så mycket. Kanske någon lärare i IT-åldern uppfyller Evert Taubes önskan angående dialektversionen:

Det är verkligen min varma förhoppning att någon lärare i Göteborg, där språkvården av tradition står så högt, vill låta någon elev som själv önskar det, läsa nedanstående berättelse högt i klassen. Jag berättar nu med Friskens egna ord och perioder och strängeligen efter hans egen syntax:

Vi tror att läsaren nu är så pass nyfiken på vad Evert Taube kan ha med undervisningen om gaser att göra att han eller hon övergår till appendix 5.

Slutligen några ord om en klassisk men föga brukad undervisningsmetod. På engelska brukar den kallas inquiry teaching, på svenska finns ännu inget vedertaget ord. Den variant av inquiry som vi tänker på kan kanske benämnas ”eleverna frågar – läraren svarar”. Den utgår från ett intresseväckande experiment, som läraren gör och som eleverna inte helt förstår. Men de kan uppnå förståelse genom att ställa frågor, dock inte hur som helst. De skall vara sådana att läraren kan svara ja eller nej. De elever som vill fråga räcker upp handen. Då det är elevens tur får han/hon ställa flera frågor i följd. Eleverna uppmuntras också att framlägga förklaringar. Till dessa förhåller sig läraren neutral. Han säger bara: Detta är en teori. Eleven uppmuntras att tänka ut experiment som prövar teorin. Dessa behöver inte utföras i praktiken. Det räcker med att eleven frågar: Om jag gör så och så, händer då det och det? Läraren ger svar – ja eller nej.

Det kan vara klokt att efter avslutad ”session” inte utfärda ett officiellt lärarsvar. Eleven måste någon gång lära sig att stå på sina egna intellektuella ben, och tänka själv tills han eller hon är säker på sin sak.

Som framgår av beskrivningen måste eleverna tänka mycket om de skall komma någon stans. De måste hela tiden ha hypoteser om vad de observerar för att kunna fråga med en sådan precision att det är möjligt att svara med ja eller nej. Frågor av typ ”Vad beror det på” kräver inget tänkande och besvaras inte. Läraren måste behärska innehållet väl för att kunna ge svar på de frågor som ställs. Ett krus är att hitta lämpliga experiment som är lagom svåra med tanke på de kunskaper eleverna har. Här följer tre förslag.

- A. Man drar in luft i en platspruta och täpper till spetsen. Om man försöker dra ut kolven ur sprutan får man ta i en hel del. Men om man placerar sprutan under glaskupan på en vakuumpump och sätter igång pumpen, så åker kolven ut till synes av ”av sig självt”. Tanken är att läraren demonstrerar allt detta utan kommentarer, varefter eleverna sätter igång att fråga.

---

<sup>7</sup> Taube, 1952, s 99-105.

- B. Läraren har i förväg fyllt en glasflaska med vatten och försett den med en kork, genom vilken går en slang. Slangen stängs med en klämma. Läraren har också gjort om öppningen på en plastpåse till en tättslutande kork med en slang igenom. Plastpåsen har fyllts med vatten och slangen förslutits med en klämma. Flaska och påse hängs upp och ned inför klassen. Läraren öppnar klämman till glasflaskan. Inget händer. Han öppnar så klämman till påsen. Vattnet rinner ut genom slangen. Allt görs utan kommentarer, varefter eleven sätter igång att fråga.
- C. Om man har tillgång till flytande kväve kan man fylla sådant i ett lämpligt kärl. Eleverna får bara se kärlet utan kunskap om vad som hållts i det. Läraren blåser så upp en ballong, knyter till den och håller den i en degeltång. Sedan förs den sakta ned i kärlet. Eleverna ser inte vad som händer i kärlet, men när ballongen till slut tas upp är den hopskrumpnad. Den läggs då på bordet och eleverna kan iaktta att den "båser upp sig själ" till den storlek den hade från början. Allt detta görs utan kommentarer, varefter eleverna börjar att fråga.

Eftersom det är en hel del extra besvär att skaffa flytande kväve kan man välja att videofilma den nu skildrade proceduren, och visa videon för eleverna. Det minskar inte dramatiken i skeendet nämnvärt.

Vi hoppas att de nu skildrade möjligheterna, liksom beskrivningen av det som vi faktiskt gjort, stimulerar läsaren till fortsatt utveckling av undervisningen om gaser!



## REFERENSER

- Andersson, B. (1987). *Vad är materia?* Internt arbetsmateriel, EKNA-gruppen, Inst för pedagogik, Göteborgs Universitet.
- Andersson, B. (1989). *Grundskolans naturvetenskap – forskningsresultat och nya idéer*. Stockholm: Utbildningsförlaget och Skolöverstyrelsen.
- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Andersson, B., Bach, F., Olander, C., & Zetterqvist, A. (2004). *Grundskolans naturvetenskap – utvärderingar 1992 och 2003 samt en framtidsanalys. (Rapport Na-spektrum, 24)*. Göteborg: Göteborgs universitet, Inst. för pedagogik och didaktik.
- 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). *Oxidation of steel-wool*. (Report ELEV-PERSPEKTIV No. 7). Göteborg: University of Göteborg, Department of Education.
- Bach, F. (1993). *Gaser: ett undervisningsförsök*. Göteborgs universitet, Inst. för pedagogik.
- Berkheimer, G. D., Andersson, C. W., & Blakeslee, T. D. (1988a). *Matter and molecules teacher's guide: Activity book* (Occational paper No. 122). East Lansing: Michigan State University, Institute for Research on Teaching.
- Berkheimer, G. D., Andersson, C. W., & Blakeslee, T. D. (1988b). *Using a new model of curriculum development to develop a matter and molecules unit*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Ozark, Missouri, April 5-8.
- Berkheimer, G. D., Andersson, C. W., Lee, O. & Blakeslee, T. D. (1988). *Matter and molecules teacher's guide: Science book* (Occational paper No. 121). East Lansing: Michigan State University, Institute for Research on Teaching.
- Brown, D., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade 7 students' understanding of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 514-529.
- CLIS. (1987). *Approaches to teaching the particulate theory of matter*. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1993). *Students' understanding of the nature of science. Resumé and summary of findings*. University of Leeds: Children's Learning in Science Group and University of York: Science Education Group.
- Fensham, P. (1994). Postscript. In P. Fensham, R. Gunstone & R. White (Eds.), *The content of science* (263-264). London: The Falmer Press.
- Feynman, R., Leighton, R. B., & Sands, M. (1964). *The Feynman lectures on physics, volume I*. Reading, MA. Addison-Wesley Publishing Company.
- Jansson, I. (1995). *Begreppsförståelse i gymnasiets kemi – svenska resultat och internationella rön*. (Rapport Na-spektrum, Nr 13). Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Johnston, K., & Driver, R. (1991). A case study of teaching and learning about particle theory. University of Leeds: Children's Learning in Science Group.

- Lee, O., Eichinger, D., Andersson, C. W., Berkheimer, G. D., & Blakeslee, T. D. (1989, april). *Changing middle school students' conceptions of matter and molecules*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, N.J.: Ablex Publishing Corporation.
- Lindner, A-C., & Redfors, A. (2007). Partikelmodell som utgångspunkt för elevers förklaringar av avdunstning. *NorDiNa* (6), 29–44.
- Miljö från A till Ö. (1992). Höganäs: Bra Böcker.
- Millar, R., Lubben, F., Gott, R., & Duggan, S. (1994). Investigating in the school laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9 (2), 207-249.
- 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.
- Paulsson, B., Nilsson, B., Karpsten, B., & Axelsson, J. (1989). *Fysik, grh 1*. Ängelholm: TEFY.
- Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1974). *Understanding causality*. New York: Norton.
- Renström, L. (1988). Conceptions of matter- a phenomenographic approach. *Göteborg studies in educational sciences*, 69. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Scott, P. H. (1992). Pathways in learning science: A case study of the development of one student's ideas relating to the structure of matter. In R. Duit, F. Goldberg & H. Nidderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 203-224). Universität Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- 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.
- Solomon, J. (1992). Getting to know about energy in school and society. London: The Falmer Press.
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10, 553-560.
- Stavy, R., & Berkovitz, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64, 679-692
- Sutton, C. (1992). *Words, science and learning*. Buckingham: Open University Press.
- Taube, E. (1952). *Jag kommer av ett brusand' hav*. Stockholm: Bonniers folkbibliotek.
- Tveita, J. (1993a). *Et faglig/metodisk opplegg for å innføre elever i grunnskolen i den kinetiske partikkelmodellen for stoffa*. Næsna lærerhøgskole.
- Tveita, J. (1993b). Helping middle school students to learn the kinetic particle model. Næsna lærerhøgskole.
- Undvall, L., & Nilheden, G. (1989). *Fysik 90. del 1*. Stockholm: Esselte Studium.
- de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1987). A new road to reactions, part 4. The substance and its molecules. *Journal of Chemical Education*, 64, 692-694.

## LUDVIG, LISA OCH LUFTEN

### *Luft – kan de va nåt?*

Luft är ett vanligt ord i vårt språk. En del uttryck tyder på att luft inte är någonting. Vi säger t.ex.: ”Bygg inte luftsloft!” eller ”Hon behandlade honom som luft”. I andra sammanhang betecknar luft ett område: ”Fjädern blåste rätt upp i luften”.

Men luft är också något livsviktigt. Fridykaren som närmar sig ytan tänker: ”Jag måste få luft!” Astronauten på månen måste ta med sig luft – för där finns det ingen.

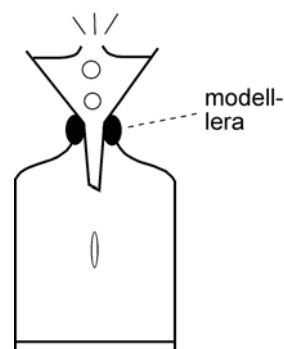
De flesta ungdomar, och vuxna med för den delen, tänker sig att luft är något som finns runt omkring oss, trots att vi inte ser den. De vet också att man kan sätta luft i rörelse och på så sätt få vind, t.ex. genom att vifta med en tidning. Små barn har inte denna kunskap. De tänker sig att luften som blåser skapas då man viftar eller pumpar. De tror att vinden uppstår för att träden ruskar på sig.

Den osynliga luften har vi runt omkring oss i hela vårt liv. Vore det inte både intressant och spännande att utforska den lite närmare och lära sig mer om dess egenskaper?

### *Lisa och havsluften*

Lisa och Ludvig är två ungdomar, som funderar över luft. De vill gärna göra experiment, men vet inte hur de ska börja. Luft finns överallt, men är ändå svår att komma åt på något konstigt vis. Det vore bra om man kunde avgränsa en mindre mängd luft och göra experiment med den. Men hur ska det gå till, undrar Ludvig. Luft är ju en enda sak, en enda massa. Lisa håller med. Lisa har också en speciell önskan. Hon tycker att havsluft luktar så gott. Tänk om man kunde ta hem en flaska med havsluft och lukta på den en liten stund varje kväll ...

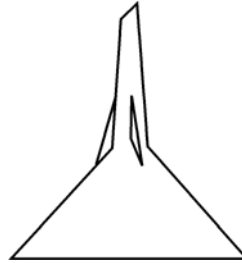
Ludvig och Lisa får hjälp med sitt problem vid ett oväntat tillfälle. De ska fylla äppel-dricka ur en stor dunk på mindre flaskor. Med deras tratt är inte så bra. Den vickar hit och dit i flaskhalsen. Därför sätter de fast den med modellerera. De märker då att det rinner dåligt. Dessutom kommer det bubblor upp genom tratten så att det skvätter. Vi får väl försöka på något annat sätt då, tycker Lisa och börjar ta bort modelleran. Då rinner saften fort och stadigt ned i flaskan.



**Figur 1.** Saften rinner dåligt genom tratten.

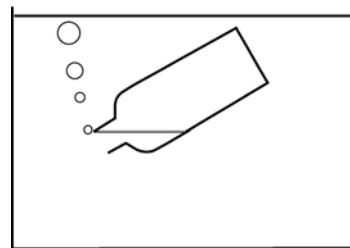
Det är luft i flaskan, och den måste ut för att saften ska komma in, säger Ludvig. Det är därför det bubblar upp genom tratten. Tar man bort modelleran kan luften i flaskan komma ut mellan tratten och glaset i flaskans öppning!

Titta på tratten, säger Lisa. Den är ju gjord så att det inte ska bli tätt då man sätter den i en flaskhals! Använder man den här tratten, så vet man att luften kan komma ut ur flaskan. Om man inte täpper till med modelleran som vi gjorde ...



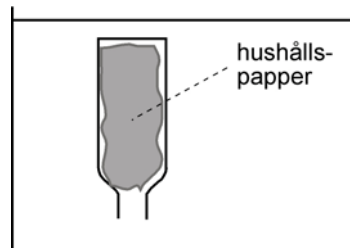
Figur 2. Detaljbild av tratt.

Ludvig kommer nu ihåg hur han brukade leka med plastflaskor i badkaret som liten. Då han höll en flaska lutad under vattnet kom det bubblor ut ur öppningen. Samtidigt rann det in vatten. Han ritar figur 3 och visar Lisa. Ludvig påminner sig också att om flaskan är rakt upp och ned i vattnet så kommer det inte ut några bubblor.



Figur 3. Vatten in och luft ut ur en flaska.

Jag undrar vad som händer om man fyller en hel flaska med hushållspapper, vänder den upp och ned och sänker ner den helt och hållet under vatten, undrar Lisa. Bli'r pappret vått? Lisa ritar figur 4. De gör experimentet med en läskflaska i en hink. Pappret är torrt trots att det varit helt och hållet under vatten! Det kan ju inte vara pappret som hindrar vattnet från att komma in, tycker Ludvig. Då är det väl luften i flaskan som håller emot ...



Figur 4. Upp och nervänd flaska, fylld med hushållspapper och nedsänkt i vatten.

Ludvig har nu hittat ett nytt problem: Om man fyller en flaska med vatten och sedan tömmer ut det – är då flaskan tom, eller är det luft i den? Han fyller flaskan, tömmer den och gör så experimentet i figur 4 och sedan det i figur 3. Det blir samma resultat som bilderna visar. Lisa säger: Om man fyller en flaska med vatten, så trängs den gamla luften ut. Om man sedan häller ut vattnet, så kommer det ny luft in i flaskan. Den måste komma från rummet vi är i. Aha! Nu vet jag hur jag kan samla in havsluft ...



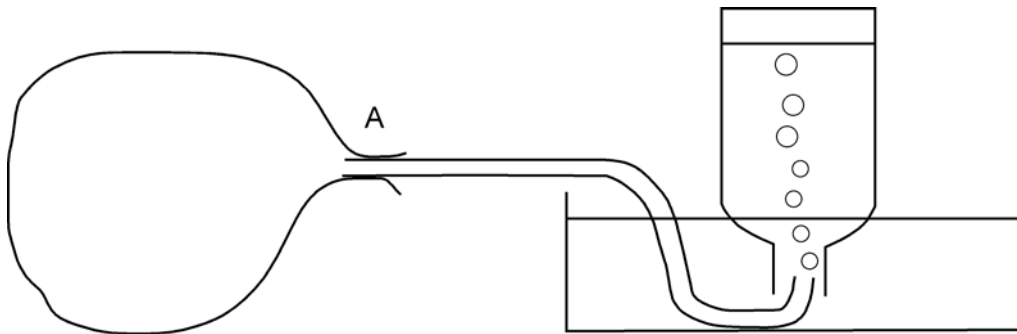
### Några sätt att samla in luft

På fysiklektionerna får Ludvig och Lisa lära sig sätt att samla in luft av sin lärare, Carolina. Om man har en plastspruta, så skjuter man först in kolven helt och hållet (läge A, figur 5). Så drar man ut kolven (läge B, figur 5). Då är sprutan fylld med luft. Man kan stänga mynningen med en slang och en slangklämma eller med en kork.



Figur 5. Ett sätt att samla in luft i en plastspruta.

Man kan också ta en plastpåse, platta till den, och dra den genom luften så att den öppnar sig. Den fylls då med luft. Så stänger man till. Har man en stor påse kan man samla in ganska mycket luft. Vill man flytta över luften i påsen till en flaska kan man göra som figur 6 visar.



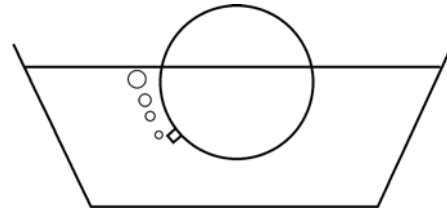
Figur 6. Luft överförs från en plastpåse till en flaska.

Man fyller en flaska helt och hållet med vatten, håller för öppningen, vänder flaskan upp och ned och sätter den i en balja med vatten som figuren visar. Vattnet rinner inte ut ur flaskan trots att man inte längre täpper igen öppningen. Så förbinder man plastpåsen och flaskan med en slang och klämmer på påsen. Om det är tätt vid A, så bubblar luften upp i flaskan och tränger undan vattnet. (Kanske något för Lisa – hon kan ta med sig en hel soppåse med havsluft hem och fylla på många flaskor.)

### Ludvig och fotbollen

Några dagar senare sitter Ludvig på trappan och pumpar sin fotboll. I kväll ska hela klassen träna fotboll tillsammans. Det ska verkligen bli kul att dribbla bort Lisa! Ludvig har pumpat sin boll många gånger utan att tänka närmare på saken. Men nu har han inte bara fotboll i huvudet. Han tänker också på luft.

Det finns luft i en tom flaska, funderar han. Undrar om det finns luft i en tom fotboll ... Han skruvar loss nippeln från bollpumpen och sticker in den i pumphålet på bollen. Det pyser lite, men sen hörs ingenting. Förut så hade jag trott att bollen nu var tom. Men nu tror jag att det kanske är luft i den i alla fall, tänker Ludvig. Han tar bollen med isatt nippel, går in och tappar upp vatten i ett tvättfat.



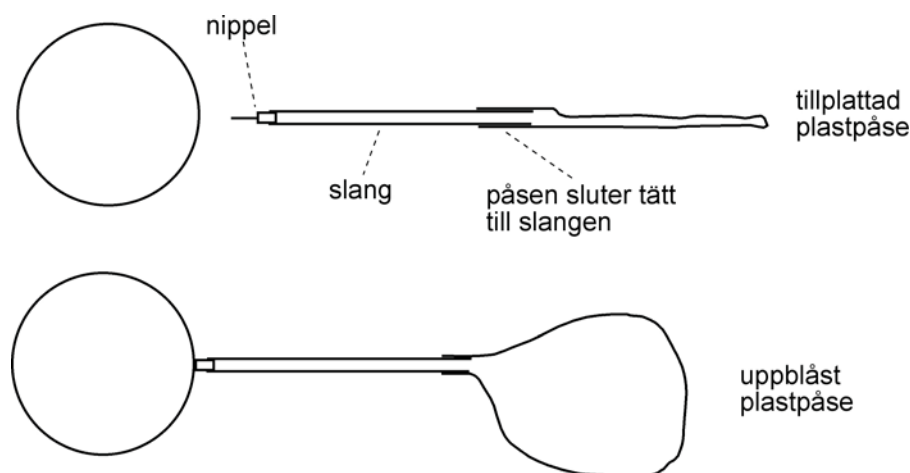
Figur 7. Luftbubblor ur en fotboll

Så sänker han ned bollen så att nippeln kommer under vattnet och klämmer på bollen. Det kommer bubblor ur den! Det är luft i bollen fast man säger att den är tom, tänker han. På samma sätt som med en tom flaska.

Nej, nu gäller det att få bollen pumpad! Han går ut på trappan och sätter igång. Egentligen är det konstigt, tycker han, att det går att pumpa in mer och mer luft i fotbollen utan att den blir större. Den är ju full med luft redan när man börjar att pumpa... Plötsligt klickar det till i honom. Det känns både i hjärtat och i hjärnan. *Det måste betyda att luft går att pressa ihop!* Jag undrar hur mycket luft man kan pressa in...

Just då hörs ett välbekant gnisslande ljud. Det är Lisas gamla cykel – och Lisa. Han berättar för henne om sina tankar. Hon säger: Man skulle kunna pumpa fotbollen stenhårt. Sen släpper man ut luften i en tillplattad plastpåse. Man behöver en slang från fotbollen till påsen. Då vet man hur mycket vanlig, opressad luft som man klämde in i bollen. Men nu måste vi skynda oss till träningen.

Redan nästa dag pratar Lisa och Ludvig med Carolina. De får låna materiel av henne och gör sitt experiment. Se figur 8! En fyraliters plastpåse blev nästan full. Och då är det ändå luft kvar i fotbollen – den luft som fanns från början.



Figur 8. Luft från en pumpad fotboll fyller en plastpåse.

Nu har jag lärt mig ännu ett sätt att ta hem havsluft utan att den behöver ta så stor plats, tänker Lisa.

### *Väger luft någonting?*

Carolina tycker om när hennes elever kommer med egna idéer och frågor, och hon försöker uppmuntra dem och hjälpa dem så mycket hon kan. Hon vet att elever kan lära sig mycket själva genom att observera, tänka och diskutera. Men nu ställer hon en fråga: Ni pumpar in mer och mer extraluft i fotbollen. Betyder det att fotbollen blir tyngre och tyngre? Väger luft någonting?

Fotbollen studsar bättre när det är mycket luft i den. Då kan den inte väga mer. Jag tror att fotbollen blir lättare, säger Ludvig.

Luft väger inget, säger Lisa. Därför väger den lika mycket när man har pumpat. Men ... Man pumpar ju ändå in något i bollen. Kanske den blir lite tyngre.

Fundera på detta ett tag till, säger Carolina. Jag ska ta upp saken på nästa lektion.

På lektionen släpper Carolina ut luften ur en fotboll tills det slutar att pysa. Då är det bara opressad luft kvar i bollen. Sedan väger hon bollen på en snabbvåg. Resultat: 420 g. Sedan pumpar hon bollen jättehård och väger igen. Resultat: 424 g. Slutligen släpper hon ut den inpumpade extraluftens i en fyraliters plastpåse. Den blir full. 4 liter luft väger alltså cirka 4 gram. Det betyder att 1 liter luft väger 1 gram.

Carolina säger: Nu kan ni räkna ut hur mycket luften i klassrummet väger om ni har lust. Rummet är 9 m långt, 8 m brett och 3 m högt. Ludvig mumlar: Längden gånger bredden gånger höjden ... En kubikmeter är tusen liter. Då väger en kubikmeter luft ett kilogram .... Att räkna gör mig alldeles utpumpad!

Det har varit en lång dag. Lisa ligger i sin sköna säng och tänker. Det var extra besvärligt att räkna. Men tänk att det går att pressa in så mycket luft i en fotboll. Luften går att pressa ihop ... Lisa får plötsligt en idé. Det måste betyda att om man tar en cykelpump och håller för hålet, så går det ändå att skjuta in kolven. Är det verkligen så? Det är svårt att tro. Hon smyger ut till verktygslådan i köket, tar en pump och kollar.

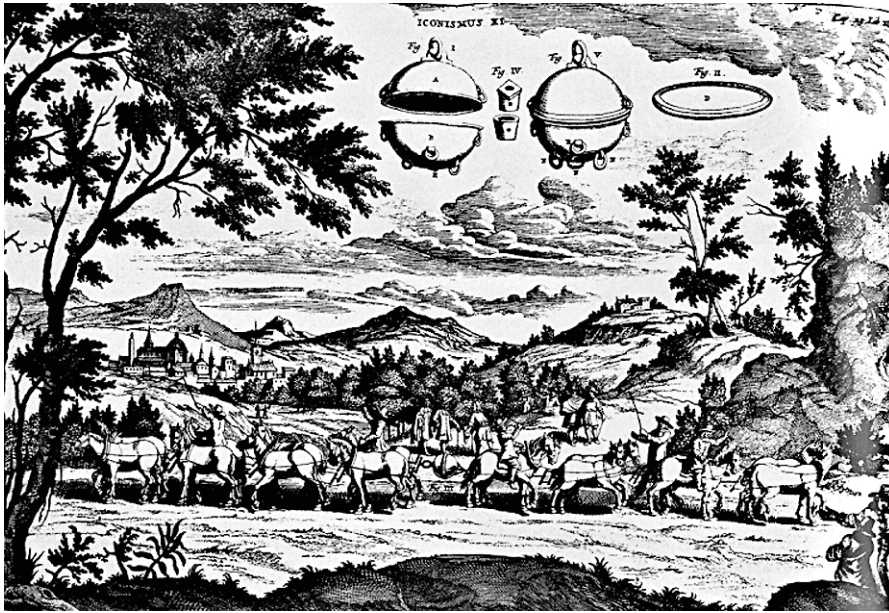


**Figur 9.** Går luften inuti en cykelpump att pressa ihop?

### *Kan stillastående luft trycka?*

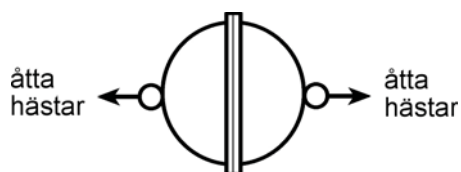
På kvällen nästa dag träffas Ludvig och Lisa i centrum. Klassen ska in till stan och gå på bio. Flera klasskamrater kommer gående längre bort. Men Ludvig vill ha Lisa för sig själv en liten stund, så han tar henne i armen: Vi går in på biblioteket! På en disk vid entrén ligger en stor bok om berömda experiment. Det

här är en bok för oss, säger Ludvig bestämt och drar med sig Lisa in i lärummet. De bläddrar och fastnar för några bilder på de så kallade magdeburgska halvkloten från 1600-talet. En man som hette Otto von Guericke gjorde i ordning två stora, ihåliga halvklot av brons. Diametern var 35 cm. De kunde sättas ihop till ett helt klot, som var tätt. Men halvkloten var ändå lätta att dra isär. Men så pumpades nästan all luft ut ur de hopsatta halvkloten. Då behövdes det åtta hästar på varje sida för att dra isär dem. Se figur 10! Experimentet gjordes i Magdeburg i Tyskland.



Figur 10. Experimentet med de magdeburgska halvkloten, som gjordes 1654.

Det var en intressant bild, tycker Lisa. Men det är lite svårt att se själva kloten mellan hästarna. Man kan ju rita kloten lite större, säger Ludvig. Han ritar figur 11.



Figur 11. De magdeburgska halvkloten.

Tänk om man kunde göra det här experimentet i skolan, fortsätter Ludvig. Fast man fick väl ta två Saabar i stället för en massa hästar. Saab är för svag, säger Lisa. Volvo ... De håller på att råka in i sitt vanliga bilgräl, men hejdar sig. Det står här att det är luften som trycker ihop kloten, säger Lisa. Det fattar jag inte, säger Ludvig. Stillastående luft kan väl inte trycka. Det är bara luft i rörelse som kan trycka, t.ex. fönstren som buktar in när det stormar på dem. Ja, nog är det konstigt, tycker Lisa. Förresten så påminner mig den här historien om halvkloten på något sätt om sugkoppen vi har hemma för att rensa avlopp. Om man trycker fast den på diskbänken eller en slät vägg och drar, så är den svår att få loss.

*Bussen!* ropar Lisa. De rusar ut förbi två lätt förvånade bibliotekarier och hinner i sista sekunden på bussen. Det finns bara ett ledigt säte. När de lugnat ner sig säger Lisa: *Nu vet vi ganska mycket om luft. Vi vet*

- att luft finns överallt, också i så kallade tomma flaskor och i bollar som luften verkar ha gått ur
- att det går att samla in luft i flaskor och plastpåsar
- att 1 liter luften väger ungefär 1 gram
- att luft går att pressa ihop
- att luft trycker (fast det förstår vi inte riktigt, men vi vet att det behövdes 16 hästar för att dra isär de magdeburgska halvkloten).

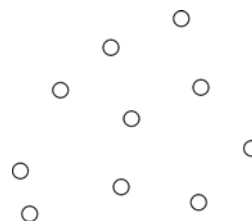
Om solen gassar och värmer luften i ett cykeldäck, så blir däckets hårdare, tillägger Ludvig. Men nu tycker jag att det räcker med luft för den här gången ...

### *En teori om luft*

Det har nu gått en tid. Diskussionerna om luft mellan Lisa och Ludvig är inte glömda, men de känns ganska avlägsna. Det är mycket annat som tar tid. Fotboll och badminton för Lisa, innebandy och elgitarr för Ludvig. Men så blir det fart på luften igen, den här gången i skolan. Lisa och Ludvig känner sig hemtama med luft. De kan svara på många frågor, och får beröm av Carolina.

I slutet av en lektion delar Carolina ut en stencil om luft, som hon ska gå igenom nästa gång. Hon ber sina elever att läsa igenom den, fundera över det skrivna och tänka ut frågor på sådant som de inte förstår. Eftersom Ludvig och Lisa själva funderat en del över luft, så är de ganska intresserade. De cyklar till en liten servering och beställer var sin hamburgare. Ludvig bjuder. De tar fram Carolinas stencil. Den har överskriften "En teori om luft". Sedan kan man läsa följande:

- Luft består av mycket, mycket små partiklar, som kallas molekyler.
- Mellan molekylerna finns ingenting. (Det är vakuum mellan dem.)
- Molekylerna är materia. De har massa och tyngd fast de är mycket små.
- En liter luft består av miljarders miljarder molekyler.
- Varje luftmolekyl rör sig med hög hastighet i en rak linje tills den kolliderar med en molekyl i ett angränsande ämne ( t.ex. väggen i en flaska) eller med en annan luftmolekyl. 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, oberoende av varandra.
- Om man tänker sig en stillbild av ett antal molekyler, så är de i genomsnitt ganska långt från varandra.

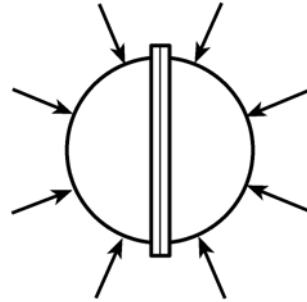


- Om luft värms, så ökar molekylernas fart. Om den kyls, så minskar farten. (Molekylerna kan alltså ändra riktning och fart. Men för övrigt så ändras de inte. Om man t.ex. värmer luft, så kan molekylerna inte smälta eller fatta eld. De ökar bara farten.)

*Stillastående luft är inte stilla!*

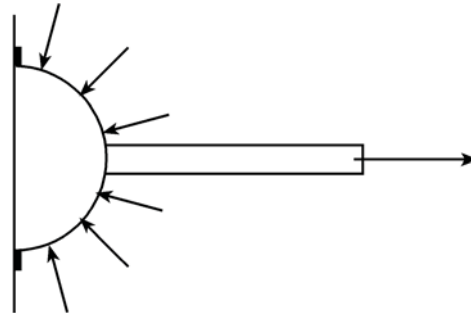
Det här var mycket på en gång, säger Lisa. Vi behöver en hamburgare till. Nu bjuder jag!

Minns du de magdeburgska halvkloten, mumlar Ludvig mellan tuggorna. Dom där som man pumpat luften ur och som alla hästarna inte kunde dra isär. Det stod i boken att luften tryckte ihop kloten. Vi förstod inte hur stillastående luft kunde trycka. Det minns jag, säger Lisa. Men nu kan jag tänka mig att miljarders miljarder molekyler hela tiden bombarderar kloten från alla håll utifrån. Inuti finns ingen luft och alltså inga molekyler som kan bombardera inifrån. Därför pressas halvkloten ihop.



Figur 12. Miljarders miljarder molekyler bombarderar de magdeburgska halvkloten.

Ludvig tittar fjärrskådande ut genom fönstret. Han säger: Det är vindstilla idag. Men ändå rör sig luftens molekyler med höga hastigheter åt alla håll. Konstigt att det inte märks på något sätt. Det märktes i alla fall då man försökte dra isär de magdeburgska halvkloten, påpekar Lisa. Förresten så tror jag att det märks då man försöker dra loss en sugkopp också. Tänk dig att den sitter på en kakelplatta. Då man drar i den blir



Figur 13. Sugkopp som sitter på en kakelplatta.

det ett utrymme mellan sugkoppen och kakelplattan. Där är det lufttomt. Det finns alltså inga molekyler som bombarderar sugkoppen inifrån. Men utanför finns det gott om molekyler. De bombarderar sugkoppen utifrån, och trycker den tillbaka in mot plattan.

Men varför känner vi inte alla molekyler, som kolliderar med oss, undrar Ludvig. Tänk dig, miljarders miljarder kommer farande med 500 m/s, varenda sekund, dag och natt? Det är ganska konstigt, säger Lisa. Kanske är det något tryck inifrån koppen som håller emot.

Ludvig tittar nu bort mot deras cyklar. Han tycker att det är nog pratat om luften för idag. En cykeltur med Lisa vore inte så dumt ... Men cyklarna har ju stått en



bra stund rakt i solen vid väggen! Däcken måste vara stenhårda ... Luften i däcken är betydligt varmare nu, tänker Ludvig. Det betyder att molekylerna har fått ökad fart. Eftersom de har samma utrymme som förut, så kolliderar de nu oftare och hårdare med cykelslangens väggar. Det måste vara därför som däckets känns hårdare, funderar han trött.

### *Fortsättningen på Carolinas stencil*

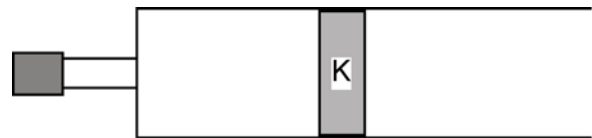
Ludvig och Lisa diskuterade inte hela Carolinas stencil. Du är kanske intresserad av fortsättningen. Här kommer den:

Bli nu inte förskräckta över att den här TEORIN om luft kan se lite krånglig ut första gången man ser den. Det fina är att teorin kan FÖRKLARA en hel del av det man kan OBSERVERA. Med hjälp av teorin kan man också göra FÖRUTSÄGELSER. Här är några exempel.

### EXEMPEL 1. VARFÖR RÖR SIG INTE KOLVEN?

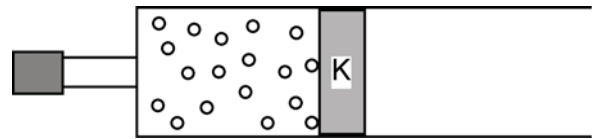
#### Observation

Om man drar in luft i en plasticspruta, och sedan stänger till med en kork, så rör sig inte kolven (K).



#### Försök till förklaring

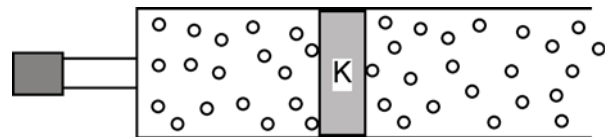
Detta är egentligen ganska konstigt. Det finns ju miljarders miljarder molekyler inuti sprutan som ständigt kolliderar med kolven. Den borde därför röra sig utåt. Men det gör den inte ...



(Du har säkert redan tänkt på att de molekyler som ritats i figuren är alldeles för stora och alldeles för få. Egentligen går det inte att rita ut miljarders miljarder molekyler. Men figuren med alltför stora, och alltför få, molekyler kan ändå hjälpa tanken att förstå.)

#### Nytt försök till förklaring

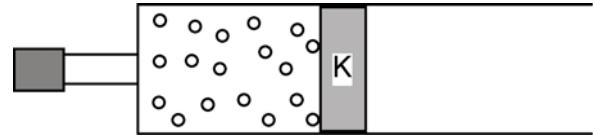
Kolven bombarderas inifrån av miljarders miljarder molekyler. De studsar mot kolven och trycker den utåt. Men det är inte bara luft inuti sprutan. Det finns också luft utanför. Därför bombarderas kolven även utifrån av miljarders miljarder molekyler. De studsar mot kolven och trycker den inåt. De båda trycken motverkar varandra.



## EXEMPEL 2. VAD HÄNDER OM MAN TAR BORT LUFTEN UTANFÖR SPRUTAN?

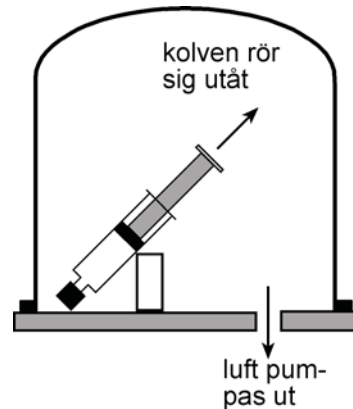
### Förutsägelse

Eftersom det nu inte finns några molekyler som kolliderar med kolven utifrån, så kan molekylerna inuti sprutan skjuta kolven utåt.



### Observation

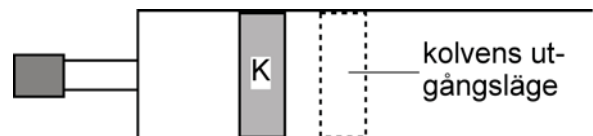
Om man sätter in sprutan i en vakuumkammare och pumpar ut luften, så rör sig kolven utåt.



## EXEMPEL 3. VARFÖR GÅR LUFT ATT PRESSA IHOP?

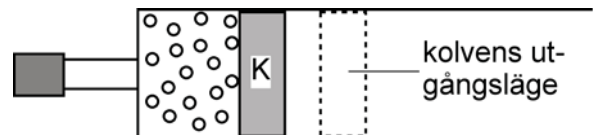
### Observation

Luften i sprutan går att pressa ihop.



### Förklaring

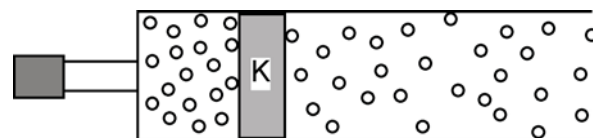
Det är stora mellanrum mellan molekylerna. I mellanrummen finns ingen materia. Där är det vakuum. På grund av de stora mellanrummen kan man pressa ihop luften.



## EXEMPEL 4. VARFÖR TAR DET EMOT MER JU MER MAN PRESSAR IN?

### Förklaring

Molekylerna inuti sprutan kommer nu tätare ihop. Men de har fortfarande samma höga hastigheter. Därför blir det fler kollisioner per sekund på kolven inifrån, jämfört med opressad luft. Men utifrån är det lika många kollisioner som förut. Trycket inifrån är alltså större än utifrån. Därför måste man hålla emot. Om man släpper går kolven tillbaka till sitt utgångsläge.

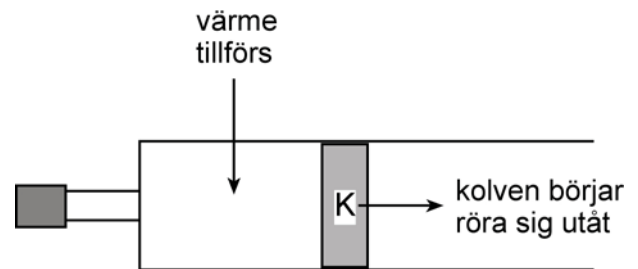




### EXEMPEL 5. VARFÖR KAN LUFT UTVIDGA SIG OM DEN VÄRMS?

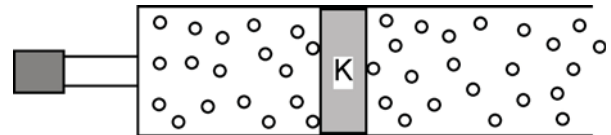
#### Observation

Om man värmer den inneslutna luften, så flyttar sig kolven utåt. (Den inneslutna luftmängden utvidgas.)



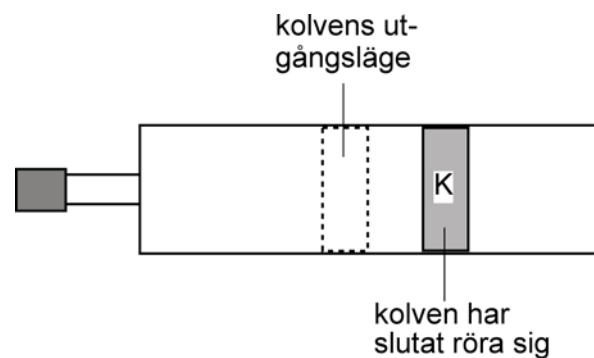
#### Förklaring

Uppvärmningen gör att molekylerna inuti sprutan rör sig fortare. De kolliderar då hårdare och oftare med kolven, som därför flyttar sig utåt.



#### Observation

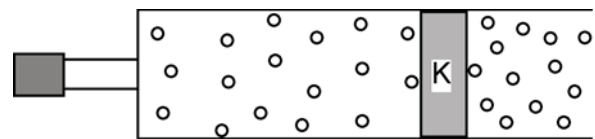
Då den inneslutna luften fått en viss temperatur så slutar kolven att röra sig.



#### Förklaring

Molekylerna inuti sprutan rör sig fortfarande fortare än när man började värma. Men de är nu mera utspridda, eftersom den inneslutna luftmängden finns i ett större utrymme. Därför

kolliderar molekylerna hårdare men mindre ofta med kolven än då den började röra på sig. Molekylerna utanför beter sig som vanligt. De kolliderar inte så hårt men oftare, jämfört med molekylerna inuti sprutan. Kollisionerna inifrån (hårda, inte så ofta) har samma verkan som kollisionerna utifrån (inte så hårda, ofta).

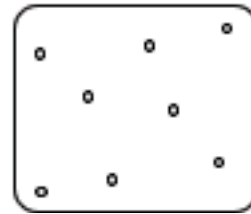




## UPPGIFTER FÖR PROBLEMLÖSNING I GRUPP

I varje uppgift ska du försöka använda teorin om luft för att komma fram till ett svar. Om du glömt teorin så kommer här en påminnelse:

- Luft består av mycket, mycket små partiklar, som kallas molekyler.
- Mellan molekylerna finns ingen materia. (Det är tomrum mellan dem.)
- Molekylerna är materien. 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.

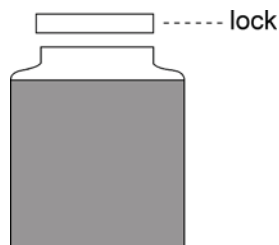


- Om luft värms, så ökar molekylernas fart. Om den kyls, så minskar farten. (Molekylerna kan alltså ändra riktning och fart. Men för övrigt så ändras de inte. Om man t.ex. värmer luft, så kan molekylerna inte smälta eller fatta eld. De ökar bara farten.)

### 1. VARFÖR FJÄDRING?

I vardagslivet pumpar man upp gummimadrasser, fotbollar, cykeldäck m.m. med luft. Förklara varför dessa system är uppspända och varför de fjädrar tillbaka efter belastning!

### 2. VARFÖR ÄR DET SVÅRT ATT SKRUVA AV LOCKET?



Carolina skruvar på ett tättslutande lock på en glasburk fylld med varm sylt som hon just kokat. Hon märker att det går ganska lätt att skruva av locket så länge sylten är varm. Men om burken med sylt stått och kallnat i ett kylskåp är det svårare att få av locket. Förklara detta!

### 3. TRYCKET I BILDÄCKEN

Då en bil kör stiger lufttrycket i däcken. Förklara detta!

### 4. BILDRÖRET

Varför säger man att bildröret i en TV IMPLODERAR, men att ett däck EXPLODERAR?

### 5. SYRGASEN FRÅN TRÄDET

Träd och andra växter avger syrgas. Men denna syrgas stannar inte vid växterna utan blandas in jämt i atmosfären. Förklara hur det går till!



### 6. 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.

Förklara ditt svar!

### 7. GASBEHÅLLARNA I DET BRINNANDE Huset

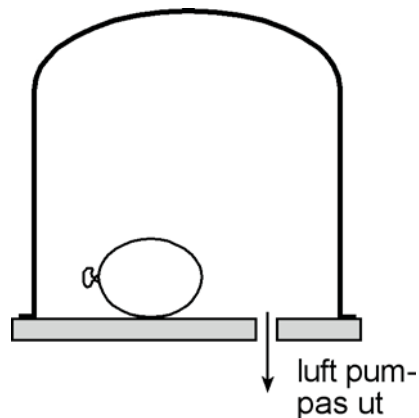
I tidningen Folket kunde man läsa följande den 23/11 2009:

Torshälla. En verkstadsbyggnad på Kognevägen i Torshälla brann ner till grunden på söndagskvällen. Räddningstjänsten larmades vid 18.20-tiden på söndagskvällen och en rad brandbilar kallades till platsen. När de anlände var byggnaden redan helt övertänd. Insatsen inriktades på att hindra branden från att sprida sig. Polis och Räddningstjänst beslutade att evakuera ett område om cirka 300 meter från den brinnande byggnaden då man befارade att det kunde finnas gasbehållare som kunde explodera i byggnaden. Boende i de intilliggande villor och andra bostadshus fick under några timmar lämna sina hem. De fick återvända när polisen talat med verkstadsägaren som försäkrat att några gasbehållare inte fanns i byggnaden.

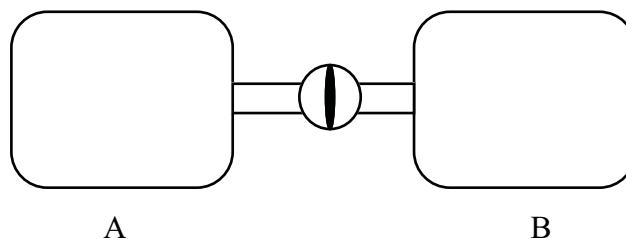
Förklara varför gasbehållare i en byggnad som brinner kan explodera. Behållarna är ju av tjockt järn, och järn brinner inte.

### 8. BALLONGEN I VAKUUMKLOCKAN

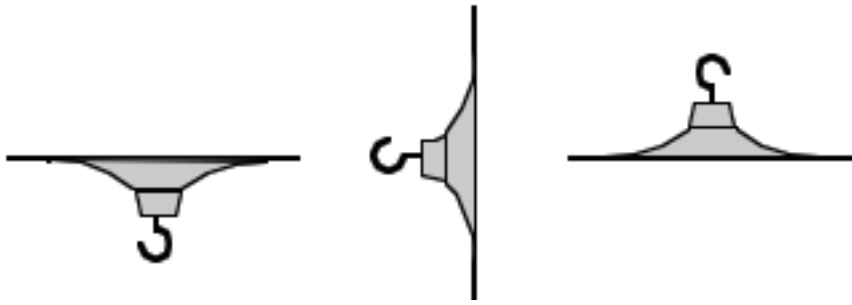
En uppblåst ballong ligger i en vakuumplocka som figuren invid visar. Ballongen är tillsluten. Man pumpar ut luften i klockan. Fundera ut vad som då händer med ballongen och förklara detta.



### 9. GASBEHÅLLARNA



Två gasbehållare, A och B, är förbundna med ett rör, som är stängt. Den ena behållaren innehåller syrgas, den andra kvävgas. Om kranen får stå öppen en viss tid så blandas gaserna med varandra. Det är samma blandning i A som i B. Förklara hur det kan bli så! Det är ju ingen vind i behållarna.

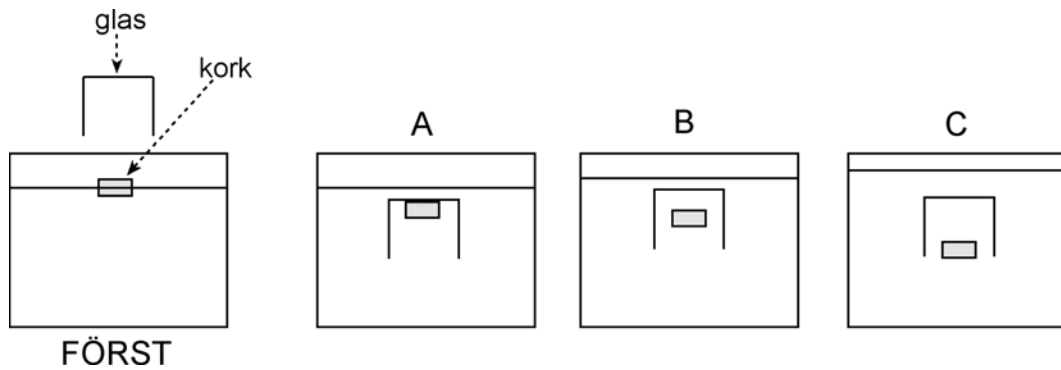
*10. SUGKOPPEN*

Om man sätter fast en sugkopp på en kakelplatta, så är den svår att dra loss. Det spelar ingen roll om kakelplattan är en del av ett golv, en vägg eller ett tak. Sugkoppen sitter lika fast. Förklara varför sugkoppen är svår att dra loss och varför det inte spelar någon roll hur den sitter.

## *LUFT OCH ANDRA GASER*

### *PROBLEMSAMLING*

#### *1. KORKEN OCH GLASET*



En kork flyter på vattenytan i ett akvarium. Ett upp och nedvänt glas utan lock sätts ned över korken (se FÖRST!). Burken förs rakt ned så att den är helt och hållet under vattnet. Inga bubblor syns då i vattnet. Var kommer korken att vara i glaset?

- Som i A  
 Som i B  
 Som i C

Förklara ditt svar!

#### *2. PANSARSPETTEN OCH KANOTEN*



En gammal övergiven aluminiumkanot ligger och flyter upp och ned precis i vattenytan. Konstigt, kan man tycka, eftersom aluminium är tyngre än vatten. Du kanske kan förklara varför kanoten flyter. (Det finns inga vattentäta skott eller flytdynor i den.)

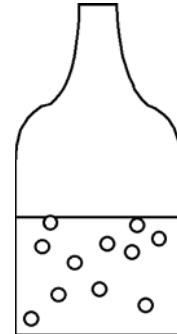
Men så kommer en sällsynt fågel flygande. Pansarspetten! Den hackar flera hål i den del av kanoten som är ovanför vattenytan och ger sig så iväg. Efter en stund har kanoten sjunkit. Varför?

### 3. LÄSKBUBBLORNA

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. Efter detta väger man 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!

### 4. VÄTGASTUBEN

Teckningen visar en gastub. Den är ungefär en meter lång. Vi väger den när all luft är utpumpad. Därefter fyller vi den med vätgas, och väger den igen.



Vilken blir vikten av tuben full med vätgas, jämfört med vikten av den lufttomma tuben?

Vikten av tuben med vätgas är

- mindre                       densamma                       större

Förklara ditt svar!

### 5. LUFTEN I KLASSRUMMET

Hur mycket väger luften i ditt klassrum? I hela skolbyggnaden?

### 6. FOTBOLLEN

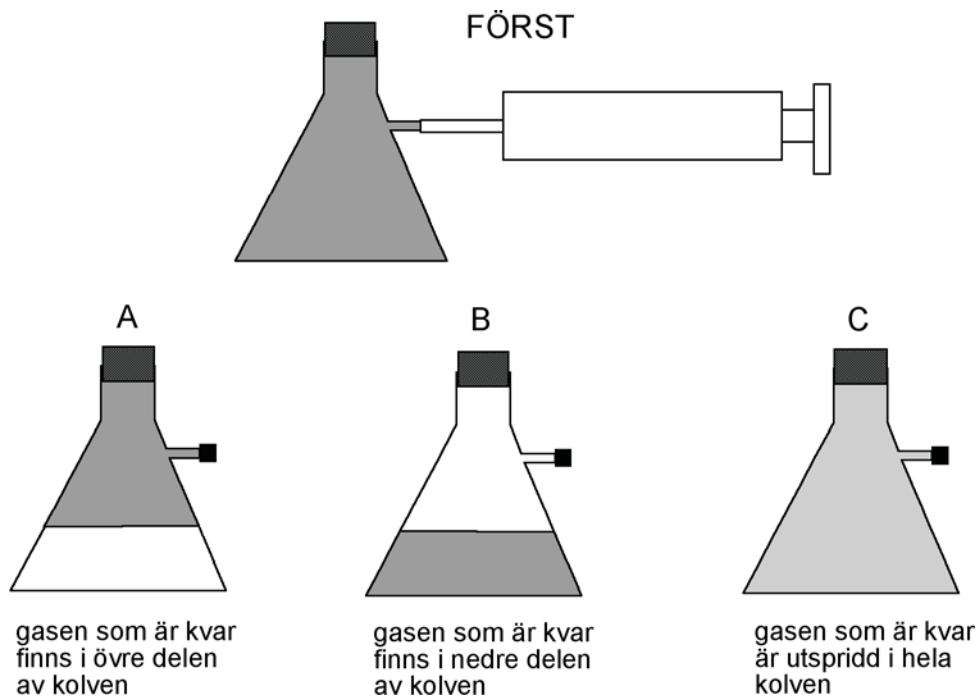
En fotboll vägs på en känslig våg. Sedan pumpas luft i bollen. Bollen blir då betydligt hårdare, men inte större. Sedan vägs den igen. Vad blir resultatet?

- Bollen väger nu mindre än från början
- Bollen har inte ändrat sin vikt
- Bollen väger numer än från början

Förklara ditt svar!



### 7. KOLVEN OCH SPRUTAN



En kolv är fylld med en gas som har färg. Man drar ut en del av denna gas med en plastspruta. Se FÖRST!

Hur ser det ut efteråt i kolven?

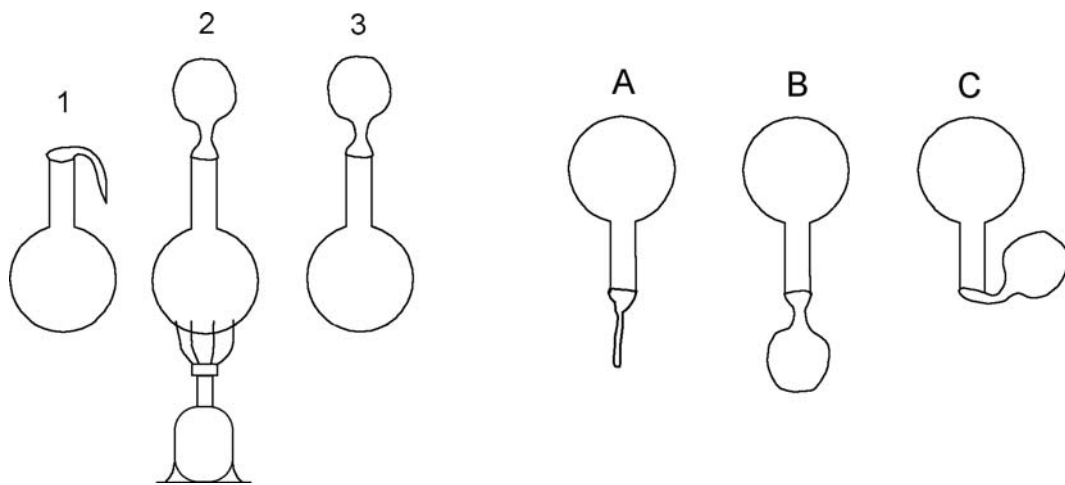
- Som i A
- Som i B
- Som i C?

Förklara ditt svar!

### 8. BILDRÖRET OCH BILDÄCKET

Varför säger man att bildröret i en TV **IMPLODERAR**, men att ett däck **EXPLODERAR**?

### 9. BALLONGEN PÅ RUNDKOLVEN



En ballong träs över en rundkolv (1). Sedan värmer man under kolven. Då reser sig ballongen (2). Därefter tar man bort gaslågan. Ballongen är då fortfarande upprest (3). Till sist vänder man upp och ned på kolven med den uppresta ballongen. Vad händer då med ballongen?

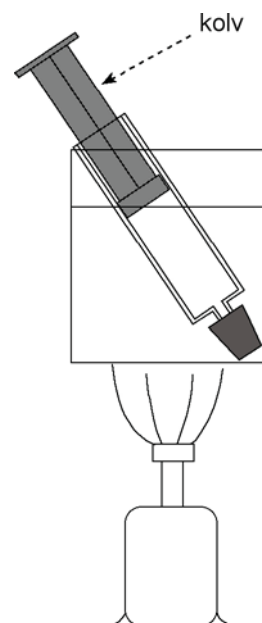
- Ballongen skrumpnar (se A)
- Ballongen är fortfarande utspänd (se B)
- Ballongen böjer sig uppåt (se C)

Förklara ditt svar!

### 10. SPRUTAN SOM VÄRMS

I skolan får du lära dig om att gaser består av mycket små partiklar (molekyler) som rör sig åt alla möjliga håll och med höga hastigheter. Det är ganska stora avstånd mellan partiklarna i förhållande till deras storlek. Använd denna teori för att förutsäga vad som kommer att hända i följande experiment:

Sofia drar in luft i en spruta och täpper till spetsen med en kork. Hon sätter ned sprutan i ett kärl med vatten och värmer vattnet tills det börjar koka. Händer det något med kolven under hennes experiment? I så fall vad? Förklara ditt svar så noga du kan!

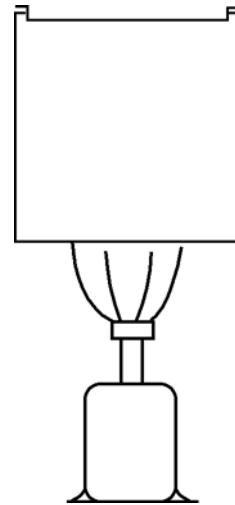


### 11. PLÅTBURKEN SOM VÄRMS

I skolan får du lära dig om att gaser består av mycket små partiklar (molekyler) som rör sig åt alla möjliga håll och med höga hastigheter. Det är ganska stora avstånd mellan partiklarna i förhållande till deras storlek. Använd denna teori för att förklara det som händer i följande experiment:

Ann har en tom målarfärgsburk. Hon sätter på locket så att det sluter tätt och ställer burken på ett stativ. Sedan värmer hon burken med en gaslåga som figuren visar. Efter en liten stund åker locket upp i luften med en smäll.

Min förklaring:



### 12. TRYCKET I DÄCKEN

I skolan får du lära dig om att gaser består av mycket små partiklar (molekyler) som rör sig åt alla möjliga håll och med höga hastigheter. Det är ganska stora avstånd mellan partiklarna i förhållande till deras storlek. Använd denna teori för att förklara varför lufttrycket i däcken på en bil ökar då bilen kör.

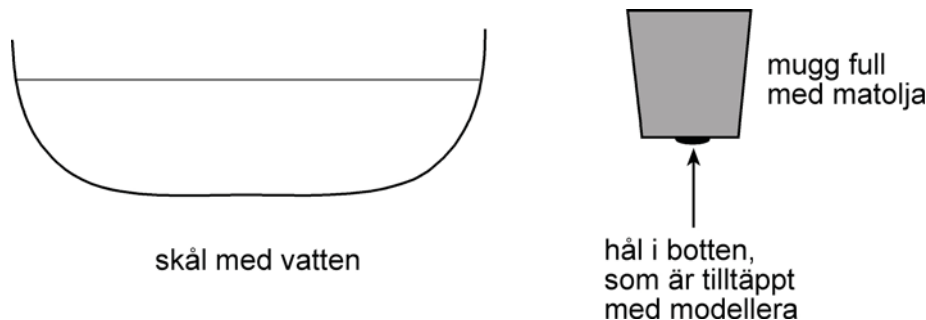


## LISAS TEKNIKFÖREDRAG OM LUFT

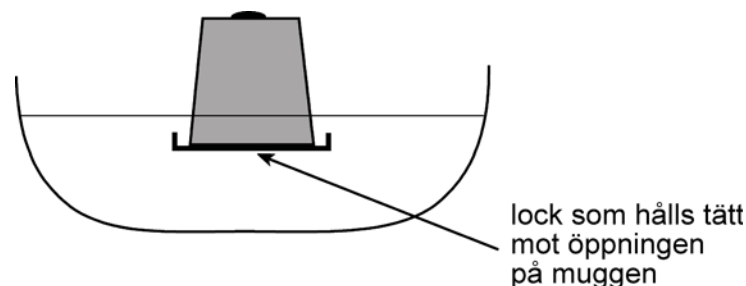
### Några oljiga experiment

Lisa skall hålla ett teknikföredrag om luft för klassen. Hon har fått en hel del material att läsa av sin NO-lärare Carolina, som också undervisar i teknik. Lisa har tänkt och läst och gjort vissa experiment. Nu behöver hon testa en del idéer. Därför har hon bitt Ludvig titta in efter sin innebandyträning på lördag förmiddag. Nu ringer det på dörren! Hon öppnar för Ludvig och märker genast att han är på gott humör. Han har gjort mål i träningsmatchen och kan inte låta bli att finta lite med klubban i hallen. Lisa frågar om han vill ha ett stort glas saft, och det är precis vad Ludvig önskar sig efter den ganska jobbiga träningen.

Ludvig dricker sin saft vid köksbordet. Där har Lisa gjort i ordning en stor glasskål med vatten. Hon har också borrar ett litet hål i botten på en genomskinlig plastmugg. Hålet är igentäppt underifrån med modellerera. Muggen är helt fylld med matolja.



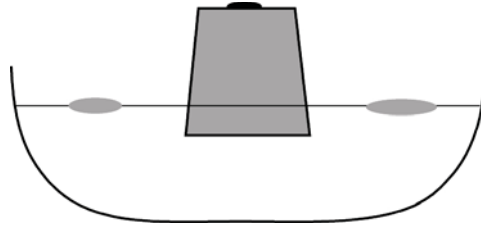
Lisa berättar för Ludvig att hon tänker sätta ett lock från en honungsburk över muggen, vända den upp och ned och hålla den en bit under vatten. Hon ritat så att Ludvig skall förstå.



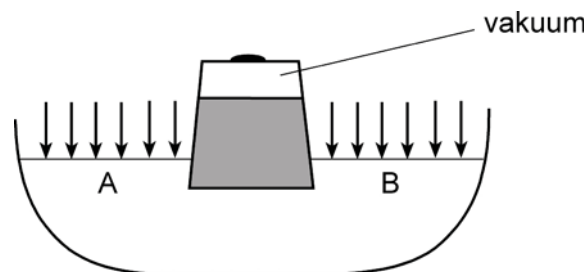
Hon frågar Ludvig: *Vad händer om vi tar bort locket?* Ludvig tänker högt: Nästan all matolja finns ju ovanför vattenytan. Då måste den rinna ned av sin egen tyngd. Oljan är lättare än vatten, så den lägger sig på vattenytan i skålen. Tyst för sig själv undrar han om det inte är något lurtt med hålet som Lisa täppt till med lera....

Lisa tänker: Han svarar som jag trodde. Bra! Då är det upplagt för en liten överraskning. Hon tar bort locket och Ludvig iakttar noga vad som händer. Det blir några mindre oljefläckar på vattenytan, men nästan all olja stannar kvar i den

upp- och nedvända muggen. Ludvig blir både road och förvånad. Hur kan detta komma sig undrar han?

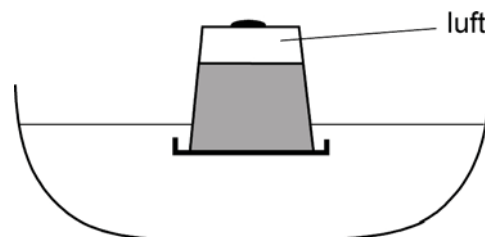


Lisa har lärt sig en förklaring. Kommer Ludvig att förstå den? Lisa säger: Tänk dig att oljan började rinna ned. Då skulle vi få ett tomrum eller vakuüm i muggen ovanför oljeytan. Muggen är ju tät, så ingen luft kan komma in. Men på vattenytan i glasskålen trycker ju luften. Det är miljoners miljoner molekyler som bombarderar vattenytan. Detta gör att oljan pressas upp i muggen. Vakuüm gör ju inget som helst motstånd.



Ludvig tänker att han pressar med sina båda händer på vattenytan vid A och B. *Om* han lyckas täcka hela vattenytan (man kan ju alltid tänka sig att det går att göra så!) och *om* det inte tar emot alls i tomrummet, så åker oljan upp så mycket som går. Lisas förklaring verkar trolig. Det måste vara lufttrycket mot vattenytan som håller oljan uppe i muggen.

Lisa föreslår ett nytt experiment: Vi fyller nu muggen bara till en del med matolja, lägger locket på som förut, vänder på muggen och sänker ned den i vatten. Så här:



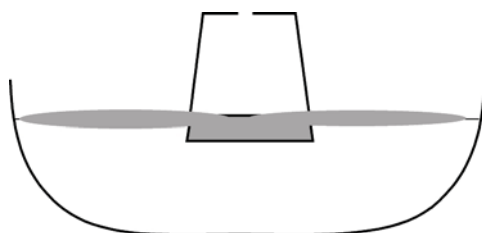
Vad händer om vi tar bort locket? Ludvig säger: Skillnaden mot det tidigare experimentet är att det nu finns luft upptill i muggen. Denna trycker mot oljeytan. Det är miljoners miljoner molekyler som bombarderar den. Jag undrar om lufttrycket mot vattenytan i skålen orkar hålla emot både detta tryck och oljans tyngd? Lisa säger: Vi tar bort locket och ser efter vad som händer! Sagt och gjort. Ludvig tycker att oljan sjunker ned lite grand, men det är svårt att se om det verkligen blir någon skillnad.

Lisa som läst om detta experiment säger: Vi tänker oss att trycket mot vattenytan inte riktigt orkar hålla emot både trycket upptill i muggen och oljans tyngd. Då sjunker oljan ned. Detta betyder att den inneslutna luften får ett större utrymme att vara i – luftens volym ökar. Men då minskar också luftens tryck. Det blir ju glesare mellan molekylerna. Därför blir det inte lika många stötar per sekund på oljeytan. Det blir då lättare för den yttre luften som trycker mot vattenytan att hålla emot. Till slut går det. Då slutar oljan att sjunka. I vårt experiment behövs det bara en liten ökning av den inneslutna luftens volym för att det yttre lufttrycket skall klara att hålla emot.

### *En oljekatastrof*

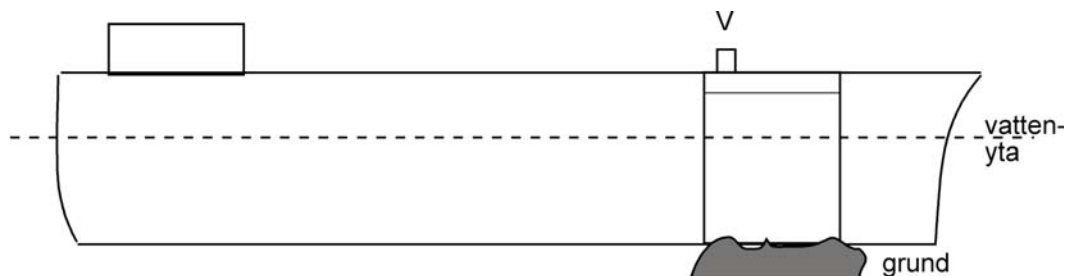
Nu får Ludvig en idé om varför Lisa gjort ett hål i botten på muggen. Om man tar bort leran så att hålet blir öppet kan luft utifrån strömma in. Då blir det vanligt lufttryck både inuti muggen och på vattenytan. Trycket på vattenytan klarar att hålla emot det lika stora lufttrycket inuti muggen, men inte oljans tyngd. Oljan rinner därför ut.

De gör experimentet. Det rinner ut mycket olja i skålen. Rena OLJEKATASTROFEN tycker Ludvig.



Oljekatastrof, oljekatastrof ... Ludvig börjar fundera på tankbåtar. Han säger till Lisa: Tänk dig att en oljetanker har gått på grund så att det blir hål i botten på en av tankarna. Om denna tank för övrigt är helt tät, så borde det inte rinna ut så mycket olja fast det kanske är en del luft överst i tanken. Jämför vårt experiment med olja och lite luft i den upp- och nedvända muggen! Besättningen har väl skruvat igen de öppningar som behövs för att fylla tanken ...

När det gäller tankbåtar är Lisa påläst. Hon har tänkt ta med just detta problem i sitt teknikföredrag. Hon ritat en schematisk skiss:



Här har du kommit på något, säger hon till Ludvig. Men det finns en svårighet. Dagens tankbåtar har en ventil på varje tank. Normalt är den stängd. Men om

trycket ökar i tanken så öppnar sig ventilen automatiskt och släpper *ut* luft. Om trycket i tanken minskar så öppnar ventilen och släpper *in* luft.

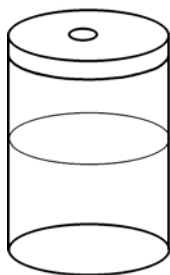
Om en oljetanker går på grund och det blir ett hål i botten, så rinner det ut en del olja. Då minskar trycket i tanken och ventilen öppnar sig automatiskt. Då kan mycket olja rinna ut, på samma sätt som när vi tog bort modelleran från hålet. Detta hände när fartyget Exxon Valdez gick på grund utanför Alaska år 1989. Det svenska sjöfartsverket har föreslagit att dessa ventiler skall göras om på världens alla tankbåtar, så att de håller sig stängda om det blir ett hål under vattenytan.<sup>1</sup>

Det tycker jag verkar vara ett mycket bra förslag, säger Ludvig. Lisa håller med. Hon tänker på alla oljeskadade fåglar som hon sett på TV och det hugger till i hjärtat när hon för sin inre syn ser bilderna av deras hopplösa kamp i oljan.

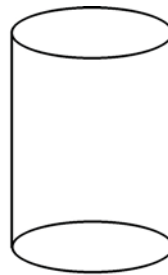
#### *Om konsten att hålla*

De sitter tysta en stund. Ludvig har nästan glömt bort sin saft för allt experimenterande och tänkande. Nu tar han skadan igen och dricker ur det som är kvar. Lisa ger honom påfyllning ur tillbringaren. Hon tänker: Det är så lätt att hålla ur en tillbringare att man inte ens tänker på det. Men nu skall Ludvig få pröva på att det kan vara svårt att hålla ...

Lisa tar fram en plastkapsel. Hon håller vatten i den och sätter på ett plastlock med ett hål i. Hon säger till Ludvig: Du skall försöka få ut vattnet ur kapseln utan att ta av locket. Försök att få över vattnet i den tomma kapseln.



kapsel med vatten och plastlock med hål



kapsel utan vatten och lock

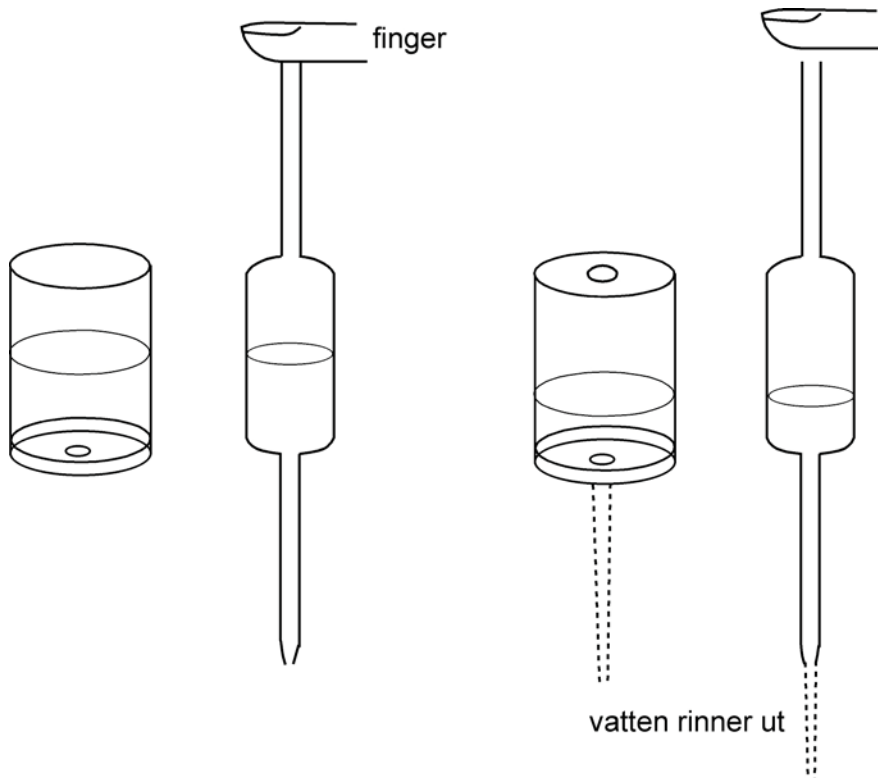
Ludvig lägger märke till att hålet är ganska litet, knappt en halv centimeter tvärs över. Han vänder kapseln upp och ned.

Det blir en droppe vid hålet, men inget vatten rinner ut. Ludvig säger till Lisa att det påminner honom om experimentet med olja. Lufttrycket utifrån motverkar lufttrycket inifrån och vattnets tyngd. I oljeexperimentet tog vi bort modelleran från hålet. Alltså gäller det att göra ett hål i kapseln. Då skulle vattnet rinna ut, men kapseln bli förstörd.

Lisa kommer att tänka på ett enkelt hjälpmedel att flytta en vätska från ett ställe till ett annat, som hon planerar att ha med vid sitt föredrag: PIPETTEN! Det här är rätt tillfälle att förklara för Ludvig hur den fungerar. Hon ritar följande figur:

<sup>1</sup> Detta skrevs 1995. Sedan dess har inte ventilerna gjorts om, men säkerheten har förbättrats genom att större tankbåtar numera måste ha dubbelt skrov.

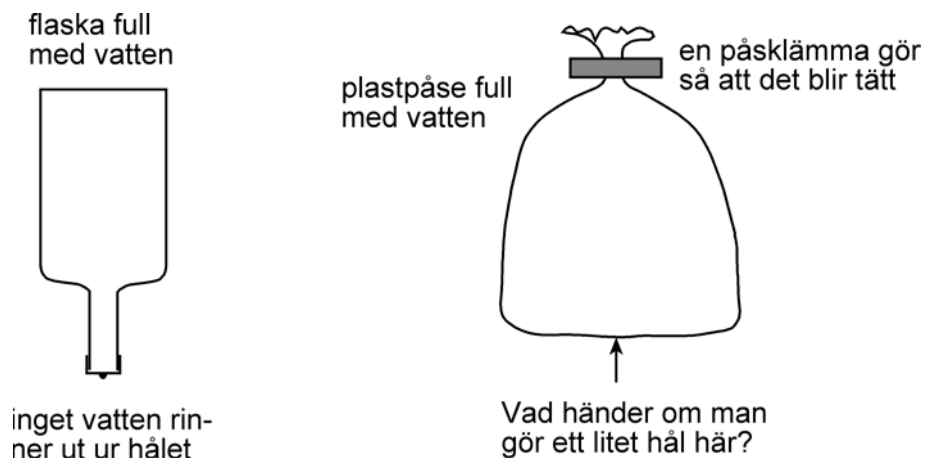




Hon förklarar för Ludvig att i en pipett suger man upp vätska, varefter man täpper till övre hålet med en finger. Vätskan kan då lätt flyttas. Tar man bort fingret så rinner vätskan ut

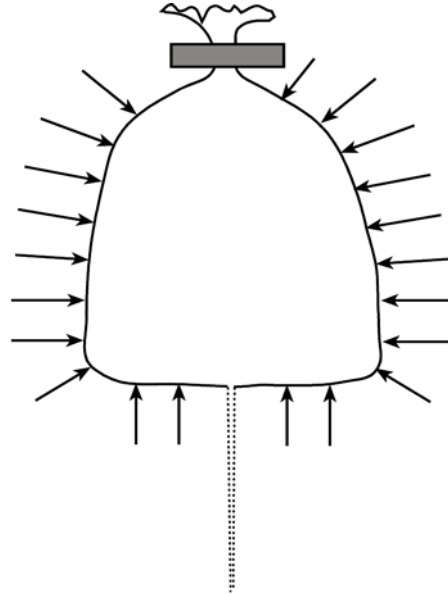
### *Dropp, dropp, dropp ...*

Lisa har nu ett annat problem i beredskap. Hon frågar: Om man fyller en saftflaska helt med vatten, skruvar på locket ordentligt, gör ett hål i locket och vänder flaskan upp och ned, så rinner det inte ut något vatten. Men hur blir det om jag fyller en plastpåse med vatten, knyter till och gör ett litet hål undertill. Kommer det då att rinna ut något vatten? Lisa tar en fryspåse för bröd, tappar vatten i halva och virar plasten så att det bara är vatten i påsen. Hon virar många varv för att få helt tätt och sätter också dit en påsklämma. Sedan håller hon både flaska och påse så här:

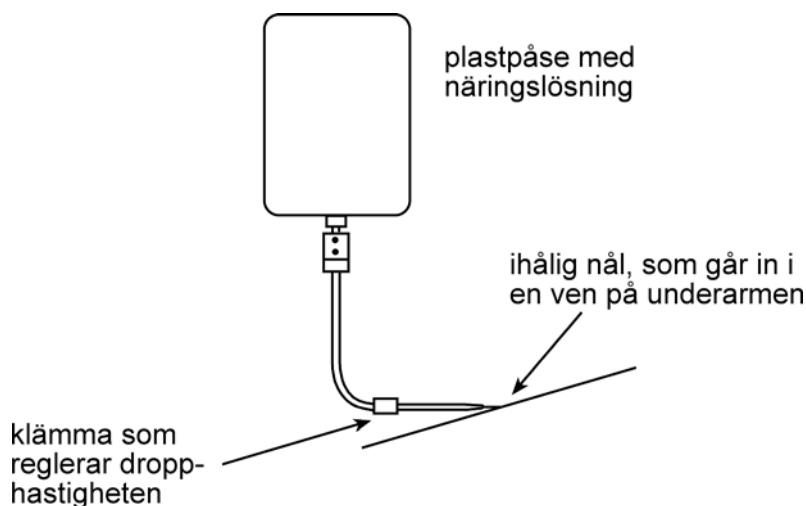


Ludvig tänker högt: På något sätt känns det som att det kommer att rinna vatten ur plastpåsen. Men egentligen är det mer logiskt att tänka att det inte kommer något vatten, eftersom det inte rinner något vatten ur flaskan.

Lisa gör ett litet hål med spetsen av en fruktkniv. En smal vattenstråle sprutar ut. Det är precis som om osynliga händer kramar påsen, säger Ludvig förundrad. Jag vet vilka dom osynliga händerna är, säger Lisa. Det är luften som kramar påsen. Jättemånga molekyler stöter från alla håll mot påsen, och eftersom påsen är mjuk pressas vattnet från alla håll. Gör man hål, så rinner det ut. Luftens tryck mot påsen och vattnets tryck vinner över det mottryck som verkar på hålet vi gjorde med kniven. När det gäller flaskan tas molekylernas stötar upp av det hårda glaset. Då vinner luftens tryck mot hålet över vattnets tryck.



Nu tror jag att jag förstår hur dropp fungerar, säger Ludvig, som nyligen sett hur hans farfar fick dropp ur en plastpåse efter en operation. Det är helt enkelt lufttrycket som pressar ut droppet ur påsen genom en slang och in i en blodåder. Din förklaring är ganska bra, säger Lisa, som tänkt visa för klassen hur en riktig droppanordning fungerar. Så här ser den ut!

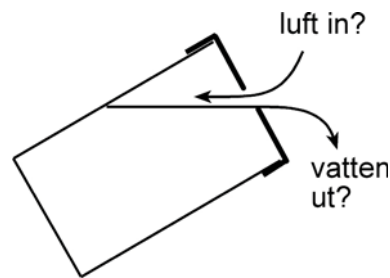


Det är luftens tryck mot påsen och vätskans tryck som vinner över det mottryck som finns inuti venen. Luftens tryck mot påsen är ungefär lika stort som mottrycket i venen, så egentligen är det trycket från vätskan som gör att det kan rinna in i venen. Vätska rinner ju neråt. Sänker man plastpåsen, så droppar det

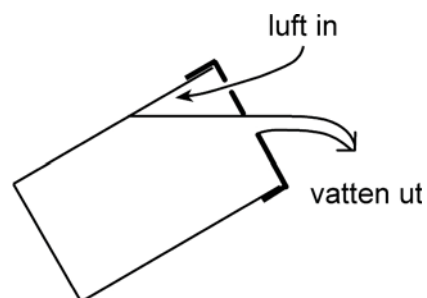
långsammare. Höjer man den så droppar det fortare. Om man har påsen i jämnhöjd med patientens arm så slutar det att rinna.

Nu förstår jag varför sjukvårdare som man ser i TV alltid håller upp påsen med dropp när de tar hand om sårade och skadade, säger Ludvig.

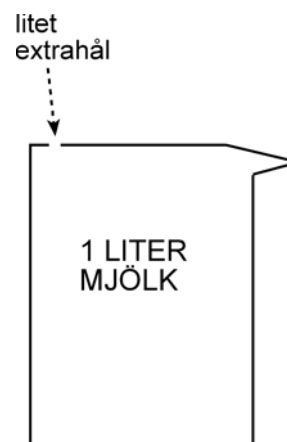
Ludvig har inte glömt problemet med att få vattnet ur kapseln med plastlocket som det bara är ett hål i. Han har fått en ny idé. Han tänker luta kapseln försiktigt så att vatten rinner ut bara genom en del av hålet. Då blir det en öppning som gör det möjligt för luften att komma in tror han.



Ludvig försöker, men lyckas inte. Hålet är för litet. Det fylls av vatten hur försiktig han än är, och sedan är det stopp. Ett hål till i locket vore inte så dumt, säger han till Lisa. Lisa har ett sådant lock i beredskap. Ludvig byter till det, och nu går det bra att hälla.

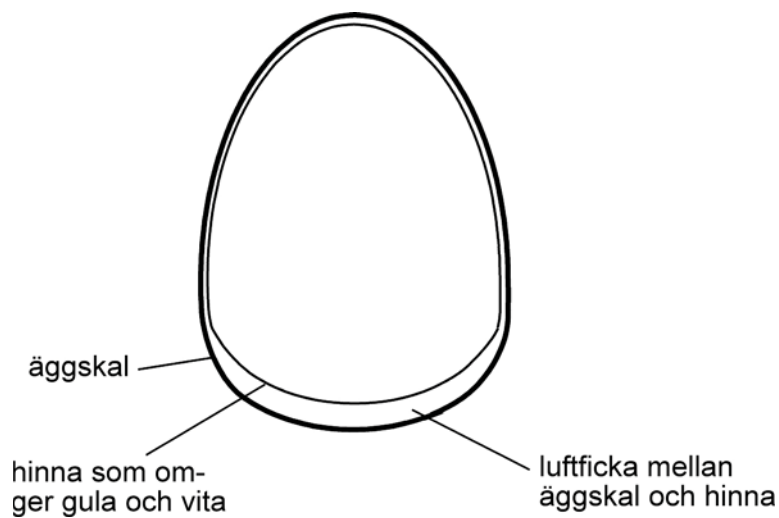


Den här tekniken skulle man kunna använda på ett mjölkpaket, säger Ludvig. När man klippt upp ett hål i ena kanten och börjar hälla, så kommer mjölken ofta lite stötigt - kluck, kluck, kluck ... Mjök ut, - luft in, mjök ut - luft in, mjök ut - luft in skulle man kunna säga. Om man gör ett litet extra hål på paketets översida mitt emot öppningen, så kommer det luft in hela tiden och mjölken rinner i en jämn och fin stråle.



*Konsten att koka ägg*

Lisa tittar på klockan. Det är roligt att experimentera och tänka tillsammans med Ludvig. Man märker inte att tiden rusar iväg. Men nu erinrar hon sig att hon lovat att koka ägg till lunch. Hon sätter på en kastrull med vatten och tar fram sex ägg. I den trubbiga ändan av varje ägg gör hon ett litet hål med en stoppnål. Ludvig undrar vad hålen skall vara bra för, och då slår det Lisa att här har hon ytterligare en sak att ta upp i sitt föredrag. Hon säger till Ludvig att titta noga på något av hålen då hon lägger ned äggen i det nästan kokande vattnet. Han observerar med intresse att det kommer små bubblor ur det! Lisa bestämmer sig för att ge Ludvig ytterligare en ledtråd. Hon ritar upp ett ägg i genomskärning på samma sätt som hennes mamma gjorde då hon lärde Lisa att picka hål i den trubbiga ändan av ägget.



Nu börjar också Ludvig att få bråttom. Han måste hem till lunch. Just likt Lisa att hitta på ett problem i sista minuten utan att ge något svar. Det är irriterande att vara intresserad av ett problem utan att kunna lösa det. Lisa ropar glatt i dörren: Om du kommer till fritidsgårdens disco i kväll så kanske jag får höra vilket svar du tänkt ut! Förresten så sprack inte ett enda av äggen...

*Utdrag ur*  
**JAG KOMMER AV ETT BRUSAND' HAV**  
*av Evert Taube*

*Originalen är på västkustdialekt. Här är det omskrivet till vanligt talspråk.*

De va 1871, den 21 augusti. Vi gick ut från Smögen på morron med storsjöbåten Katrina som va nybyggd. Ett fint fartyg kan du tro! Men det är länge sen dess.

Väst-nord-väst va vinden den morgonen. Det va fint väder, men tämligen hög sjö. När vi hade tappat land ur sikte – det va på andra vakten – så kommer Lars Persson, han som sen for till Amerika och blev ihjälslagen i Saint Thomas, han, Persson, kommer ner och varskor att han ser nåt besynnerligt stort, väldigt stort, lovert om Katrina.

Eftersom vinden va knapp satte vi ut en båt, gick i med fyra man och rodde dit. Det var en norrman. Jag läste namnet upp och ned, för han låg med kölen i vädret. Familien hette han, va från Ny Hellesund i Kristiansands amt, en stor, svart kutter. Han hade kantrat med sviktrevat segel. Vi sprang opp på kölen på'n och satte tross på han för att släpa han till Sverige. Som vi håller på med de så säjer Lars Persson:

”De dunkar i skrovet pojkar!” Jag gick efter och lyssna å minsann hörde jag inte att de dunka. De dåna och dunka mot själva bordläggningen min far! Det verka som det kom inifrån brunnen under durken i kajutan eller ovanpå, för skutan låg kantrad som ja sa, å allt va upp och ner.

Ja klacka med stöveln i bordläggningen utifrån och med detsamma upphörde dunkandet, de blev tyst, utom att sjön frasa, men så dunka de ett tag igen, jag klacka – tyst igen, dunk, tyst, jag klacka – dunk! De va som att telegrafera för så fort jag sluta så dunka de svar: dunk, dunk!

Vi stod med häpnad, kan man tänka, och ingen sa nåt men så sa jag:

”Pojkar,” sa jag, ”inga spöken på dan i alla fall. Den här telegraferingen kommer från ett levande liv, hur orimligt det än verkar. Vi får ro till Katrina och hämta en yxa.” – Detta gjorde vi.

När vi kom tillbaks till norrmannen så börja vi att hugga rätt över där det dunka under babords låring. Vi träffade fint mellan två spant, men de va synnerligen besvärligt för skutan hon börja å slingra, rulla å slingra å för vart rullande hon gjorde så darra de i bordväggen utav luftrycket, kan tänka, och så fort vi bara hade fått tillstymmelse till håll så strömma det ut gaser och oljelukt å stank rent bedrövligt. – Bäst som de va ropa Lars Persson:

”Hugg inte, Fresken”, ropa han. Ja sluta. Och i detsamma kom där två fingrar av en människas hand trängande upp genom hålet. Blodet rann – ekflisor är vassa, min far! Å nu skrek de, skrek inifrån. De va hemskt, styggt, skrämmande!

Fingrarna låste sig fast i hålet, sög fast som bläckfiskstentakler så de gick inte att hugga längre. Nu va goda råd dyra, min pojk! Luften strömma ut genom hålet, skutan börja sjunka, varelsen vråla i dödsskräck å sjön börja gå.

”De blåser upp å hon sjunker” sa Persson, å grät å svor.

Ja klacka å ropa på svenska att människan skulle dra åt sig fingrarna så vi kunde hugga men de va som förgjort. Ja ropa på norska:

”Du må se å få di fingranne väck!”

Nej. De satt där, å mer å mer sjönk skutan. Då ropa ja på engelska:

”Hands off! Away with your fingers!”

But no meaning, sir! Fingrarna satt där, i alla fall. Ja försökte med tyska, med holländska. Unmöglich, mein Herr! Ja har seglat med fransmän å ja sa till pojkarna att om karln inte var kines så måtte han begripa nåt levande språk, å ja ropa i hålet: ”Il faut que vous ôtez votre main, monsieur! Nous voulons vous sauver!”

Mais, mon vieux, c'était impossible! De va som å tala till en döv. De blev jag som fick göra de du anar – å ja slog till honom. ”Fingrarna först, sen hålet, innan vi sjunker”, sa ja. Å jag slog honom. Å vi högg! – När hålet va stort som min öppna hand så skrek han därnere:

”De e hull nokk! Jeg må opp, jeg vill ut, hører dere! De e hull nokk!”

Norrman va han alltså. Och vriden hade han blivit. Där stod vi å högg som galningar, tätt över huvudet på en sinnesförvirrad mens skutan rullade och slog och drog sig mer och mer på sidan å varje sekund hota å gå runt med oss och karln. Men ut kom han, oljekläderna flängdes av i hålet, bloden rann, tyst va han, men ut fick vi han. Han blev bländad å vi måste hålla honom för han ville gå rätt ut i Skagerack, min far. En vacker grabb va det, 18 år och sjöman. De första han sa så sa han: ”Har dere sett kameratene mine?”

”Vi har inte sett fler än dej, min pojk” , sa ja.

”Ikke”, sa han, ”da er de altså vekk alle sammen!”

Vi fick pilten i båten å vi rodde över till Katrina. Han hade en liten kula stearin i näven. Jag fråga vad han hade i handen. Han sa att de va ett långt ljus från början, men han hade ”spist de opp” sa han. ”Vi kommer ifrån Kristiansand me plank å hyvlat virke å skulle till Thisted i Danmark, men så fick vi denna stormen@, sa han.

När vi kom ombord på Katrina så gav jag honom en halv mugg vatten, för han bad om vatten, inte svårt att förstå, å de va som å slå vatten på en het sten, min far!

”Mer vatten, mer vatten”, skrek den stackarn. Jag grät och snöt mej å svor å sa att det inte fanns mer vatten, å så fick vi ner honom i skansen. Där fick han kaffe. Kaffe det är Herrens gåva till människan! Karl'n blev klok utav kaffet, min far! och somna.

Vi hade som sagt fått ut en tross till den kantrade kuttern. Vi satte kurs på Sverige, ostnordost för Hållö fyr, jagarn satte vi och två höga toppsegel och slöra undan med sju segel. Men de va en sån stark sydlig ström den dan, att Katrina hon bara drev med det släpande vraket rakt ner på norska kusten. Och under Norge, strax vid Jomfrulann, fick vi den norska lotsen ombord och fortsatte inöver till Larvik. Vi la oss på redde'n och så snart vi hade kastat ankar kom det nyfikna och tidningsskrivare och tullare och la sig långsides och dom fråga förståss va detta var för spektakel och jag svara naturligtvis med tålmod och hänsyn, de e klart! Dan därpå stod det i tidningarna med stora bokstäver:

**Norsk sjöman instängd 96 timmar i kantrad kutter, bärgas av fiskare från Smögen.**

## NA-SPEKTRUM STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I SKOLAN

ISSN 1102-5492

- 1 *Energi och liv – ett nytt sätt att undervisa om fotosyntesen* av Sven Bornäs och Bengt Djurvall (1992, 74s.)
- 2 *Analogitänkande och lärande med vattenkrets - elkrets som undersökt exempel* Björn Andersson, Frank Bach och Jonas Emanuelsson(1992, 76s.)
- 3 *SNITT – enheter om vår mat och våra sjukdomar* (Arbetsgrupp, 1992, 87 s.)
- 4 *SNITT – enheter om energi m.m.* (Arbetsgrupp, 1992, 97 s.)
- 5 *Nationell utvärdering - åk 9. Vad kan eleverna om materia?* av Björn Andersson, Jonas Emanuelsson och Ann Zetterqvist (1993, 76 s.)
- 6 *Nationell utvärdering - åk 9. Vad kan eleverna om ekologi och människokroppen?* av Björn Andersson, Jonas Emanuelsson och Ann Zetterqvist (1993, 71 s.)
- 7 *Nationell utvärdering - åk 9. Lärare och elever bedömer grundskolans NO* av Björn Andersson, Jonas Emanuelsson och Ann Zetterqvist (1993, 68 s.)
- 8 *Nationell utvärdering - åk 9. Problemlösning i grupp* av Christina Kärrqvist (1993, 119 s.)
- 9 *Skolans naturvetenskap - problemanalys och förslag till FoU* av Björn Andersson (1994, 76 s.)
- 10 *Om kunskapande genom integration* av Björn Andersson (1994, 76 s.)
- 11 *Gymnasieelevers kunskaper om materia – en pilotstudie angående de teoretiska linjerna i ljuset av nationella resultat från åk 9* av Ingrid Jansson (1994, 84 s.)
- 12 *Gymnasieelevers kunskaper om ekologi och människokroppen - en pilotstudie angående de teoretiska linjerna i ljuset av nationella resultat från åk 9* av Ingrid Jansson (1994, 88 s.)
- 13 *Begreppsförståelse i gymnasiets kemi. Svenska resultat och internationella rön* av Ingrid Jansson (1995, 60 s.)
- 14 *Att utveckla naturvetenskaplig undervisning. Exemplet gaser och deras egenskaper* av Björn Andersson och Frank Bach (1995, 62 s. samt bilagor)
- 15 *Forskning om naturvetenskaplig undervisning. Rapport från en konferens i Mölndal 19-20 juni 1995.* Red.: Björn Andersson (1995, 460 s)
- 16 *Gymnasieelevers problemlösande färdigheter – en utvärdering av ansvar, samarbete, informationssökande, kritiskt tänkande och ställningstagande* av Christina Kärrqvist (1996, 96 s samt bilagor)
- 17 *Nationell utvärdering 1995 – åk 9. Energi i natur och samhälle* av Björn Andersson, Frank Bach och Ann Zetterqvist (1996, 109 s)



NA-SPEKTRUM  
STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I SKOLAN

ISSN 1102-5492

- 18 *Nationell utvärdering 1995 – åk 9. Temperatur och värme* av Björn Andersson, Frank Bach och Ann Zetterqvist (1997, 94 s)
- 19 *Nationell utvärdering 1995 – åk 9. Optik* av Björn Andersson, Frank Bach och Ann Zetterqvist (1997, 110 s)
- 20 *Nationell utvärdering 1995 – åk 9. Teknikämnet i omvandling?* av Björn Andersson, Frank Bach och Ann Zetterqvist (1997, 58 s.)
- 21 *Nationell utvärdering 1998 – Tema Tillståndet i världen* av Björn Andersson, Christina Kärrqvist, Arne Löfstedt, Vilgot Oscarsson och Anita Wallin (1999, 181 s.)
- 22 *Research in Didaktik of Biology. Proceedings of Second conference of European Researchers in Didaktik of Biology* Red.: Björn Andersson, Ute Harms, Gustav Helldén och Maj-Lis Sjöbeck (2000, 298 p.)
- 23 *Hur uppstår biologisk variation? En studie av gymnasieelevers uppfattningar och hur de utvecklas genom undervisning* av Clas Olander (64 s.)
- 24 *Grundskolans naturvetenskap – utvärderingar 1992 och 2003 samt en framtids-analys* av Björn Andersson, Frank Bach, Clas Olander och Ann Zetterqvist (2004, 157 s.)
- 25 *NOT-projektet – tankegångar i Agenda 21s anda? En studie av texter ur ett feministiskt könsperspektiv* av Birgitta Rang (2005, 191s.)
- 26 *NOTLYFTET. Kunskapsbygge för bättre undervisning i naturvetenskap och teknik* av Björn Andersson, Frank Bach, Mats Hagman, Maria Svensson, Lars-Göran Vedin, Eva West, och Ann Zetterqvist (2005, 177s.)
- 27 *Design och validering av undervisningssekvenser – en ämnesdidaktisk forskningsstrategi med exempel från naturvetenskap* av Björn Andersson (2005, 66 s.)
- 28 *Ord och termer i naturvetenskapliga läromedel* av Kerstin Norén och Maj-Lis Häggquist (2006, 65 s.)
- 29 *Vad händer i NO-undervisningen? En kunskapsöversikt om undervisningen i naturorienterande ämnen i svensk grundskola 1992–2008* av Christina Kärrqvist och Birgitta Frändberg. (2010, 131 s.)