

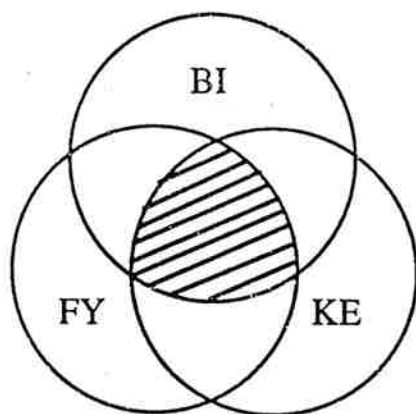
# NA-SPEKTRUM

STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I SKOLAN

Nr 5

## NATIONELL UTVÄRDERING - ÅK 9 VAD KAN ELEVERNA OM MATERIA?

Björn Andersson, Jonas Emanuelsson, Ann Zetterqvist



Göteborgs universitet  
Inst för pedagogik och didaktik  
Box 300, SE 405 30 GÖTEBORG  
Telefon: 031-7732000, Fax: 031-7732060  
<http://na-serv.did.gu.se>



Red: Björn Andersson ISSN 1102-5492

NATIONELL UTVÄRDERING - ÅK 9  
VAD KAN ELEVERNA OM  
MATERIA?

Björn Andersson, Jonas Emanuelsson, Ann Zetterqvist

NA-SPEKTRUM 5

Nr 5

## INNEHÅLL

	sid
FÖRORD	5
<i>INLEDNING</i>	
1 PROBLEMSTÄLLNING, AVGRÄNSNINGAR OCH INRIKTNING	8
1.1 Fokus på begreppsförståelse	8
1.2 Kvalitativ inriktning	8
<i>DEL 1 MÅL OCH UPPGIFTER</i>	
2. METODPROBLEM	12
3 VARFÖR SKALL ELEVERNA LÄRA OM MATERIA?	14
3.1 Faser och fasövergångar	14
3.2 Ämnen och reaktioner	16
4 VAD SÄGER BEGREPPSFORSKNINGEN?	17
4.1 Luft och andra gaser	17
4.2 Fasövergångar	19
4.3 Kemiska reaktioner	20
4.4 Massans bevarande	22
4.5 Atomer, molekyler och partikelsystem	22
5 MÅL	24
5.1 Faser och fasövergångar	24
5.2 Ämnen och reaktioner	26
6. KONSTRUKTION OCH VAL AV UPPGIFTER	29
<i>DEL 2 RESULTAT</i>	
7 GASER	32
1 Hur är luft sammansatt?	32
2 Blåser tussen bort?	32
3 Går kolven att skjuta in?	33
4 Varför rinner inte saften ned?	34
5 Vad orsakar lukt?	35
8 FASÖVERGÅNGAR	36
6 Vilken fasövergång är det?	36
7 Vad innehåller kokbubblorna?	37
8 Vilka ämnen är vätska vid 20°	37
9 Bevaras massan då is smälter?	38

9	ÄMNEN	41
	10 Vad består av atomer?	41
	11 Organisationsnivåer	41
	12 Antal grundämnen?	42
	13 Viken gas får glöd att flamma?	42
	14 Vilken gas grumlar kalkvatten?	43
	15 Hur skilja socker från sand?	43
	16 Vad betyder pH?	45
10	KEMISKA REAKTIONER	46
	17 Vilka är kemiska reaktioner?	46
	18 Är utgångsämnen giftiga?	46
	19 Partikelbilder	47
	20 Varifrån kommer rostent?	49
	21 När bildas koldioxid?	51
	22 Vad väger avgaserna?	51
	23 Vad betyder symbolerna?	54

### DEL 3 MÖJLIGHETER

11	ANALYS OCH VÄRDERING AV RESULTAT UPPGIFT FÖR UPPGIFT	56
	11.1 Gaser	56
	11.2 Fasövergångar	58
	11.3 Ämnen	59
	11.4 Kemiska reaktioner	61
12	ÖVERSIKTLIGA RESULTATBILDER MED HJÄLP AV MÅLRELATERING	65
	12.1 Om metodproblem vid utvärdering av begreppsmål	65
	12.2 Gaser och fasövergångar	68
	12.3 Ämnen och kemiska reaktioner	69
	12.4 Pojkar och flickor	71
13	AVSLUTNING	73
	REFERENSER	75

## FÖRORD

### 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 kunskaper 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.

Vägledande för vårt arbete är följande uttalanden i propositionen 'Växa med kunskap' (1990/91:85, sid 43-44):

*Ansvar för vår gemensamma framtid är globalt, men det får inte bli en undanflykt från vårt nationella ansvar. Sverige bör därför på nytt bli ett föregångsland, denna gång för hur kunskaper om ett ekologiskt uthålligt samhälle kan utvecklas och tillämpas.*

*Hoten mot vår miljö är svåra att uppfatta för den som saknar elementära naturvetenskapliga insikter. En rationell debatt om miljöproblemen har blockerats av ett allmänbildningsideal som utesluter naturvetenskapliga kunskaper.*

*Den nödvändiga miljömedvetenheten förutsätter en naturvetenskaplig alfabetisering som omfattar hela folket, om besluten skall vara gripbara för en demokratisk debatt och för ett demokratiskt beslutsfattande.*

I den här rapporten redovisas och analyseras en del resultat från den nationella utvärdering som gjordes vt 1992. Det är elever i åk 9 som prövats med avseende på sina kunskaper om 'faser och fasövergångar' och 'ämnen och reaktioner'. Rapporten är den första från det sk NUNA-projektet (Nationell Utvärdering NATurvetenskap), som är en del av Skolverkets stora nationella utvärderingsprogram. I NUNA-gruppen ingår Björn Andersson, Jonas Emanuelsson och Ann Zetterqvist.

Författarna framför ett tack till sin referensgrupp av högstadielärare - Frank Bach, Maragreta Eliasson och Jan Landström - samt till kollegorna vid avdelningen för naturvetenskap för värdefulla synpunkter och idéer under arbetets gång.

De åsikter, värderingar och slutsatser som framförs i ett givet nummer är författarnas, och delas inte nödvändigtvis av medlemmarna i Avdelningen för naturvetenskap eller, i förekommande fall, av uppdragsgivaren.

Möln dal, juni 1993

Red

***INLEDNING***

## 1 PROBLEMSTÄLLNING, AVGRÄNSNINGAR OCH INRIKTNING

Höstterminen 1990 startade det sk NUNA-projektet (Nationell Utvärdering Naturvetenskap) som en del av Skolverkets nationella utvärdering<sup>1</sup>. Det problem som NUNA-gruppen fick i uppdrag att belysa var i vilken utsträckning svenska elever uppnår grundskolans mål avseende kunskaper och färdigheter i naturkunskapsämnen.

Vårt arbete begränsades från början av en given ram, nämligen tre års projektid och tre halvtidstjänster, samt en undersökningsgrupp på över 3000 elever i åk 9 som skulle genomgå ett NO-prov och en enkät vårterminen 92. Den tilldelade tiden var fyra lektioner. Härutöver skulle en lärarenkät genomföras.

### 1.1 Fokus på begreppsförståelse

För att göra arbetet hanterbart inom denna ram startade vi med att göra tre avgränsningar. Den första var att *fokusera begreppsförståelse*, vilket är naturligt eftersom naturvetenskaplig undervisning primärt går ut på att eleven skall lära sig begrepp av olika slag, som kan användas för att bättre förstå omvärlden. Oavsett hur den naturvetenskapliga undervisningen organiseras måste den leda till en varaktig begreppslig behållning. Om inte detta sker har eleverna inga naturvetenskapliga tankeverktyg med vilka nya situationer i framtiden kan förstås, t ex miljöproblem.

De andra avgränsningen var att *utvärdera ett begränsat antal viktiga områden* av grundskolans naturvetenskap. Det föreföll oss bättre att få en relativt rikhaltig information om elevernas begrepp och eventuella svårigheter att förstå inom några områden än en mer uttunnad kunskap som spänner över hela naturkunskapsfältet. Vi influerades också av den pågående debatten om den negativa styrning som en nationell utvärdering kan ha, nämligen att lärarna undervisar för bra testresultat. Om man väljer några områden i testomgång A, nya områden i omgång B tre år senare, nya åter i omgång C, så undviker man denna styrning och kommunicerar samtidigt att det väsentliga med utvärderingen är att öka kunskapen om undervisningen och elevernas lärande. Vi valde till slut områdena 'faser och fasövergångar', 'ämnen och reaktioner', 'fotosyntesen och ekologi' samt 'människokroppen'.

Det tredje avgränsningen var att *enbart använda papper-och pennauppgifter*. Resurserna medgav inte utarbetande av experimentella inslag.

### 1.2 Kvalitativ inriktning

När det gäller bearbetning av elevsvar kan man välja en kvantitativ eller kvalitativ inriktning eller en kombination av båda. En kvantitativ ansats innebär bl a att svar poängsätts, och med detta är ett grundläggande problem förknippat, nämligen

<sup>1</sup> Övriga delprojekt i Skolverkets nationella utvärderingsprogram för grundskolan (NU) gäller bild, engelska, hemkunskap, idrott, matematik, problemlösning, samhällsorientering, slöjd och svenska. En särskild grupp har ansvar för det slumpmässiga riksurvalet av skolor och uppläggningsen av en databank för hela NU-projektet. Ytterligare en grupp gör skolenhetsbeskrivningar.

vilken mening olika poängsummor har. I allmänhet torde det vara så, att den mening en poängsumma bär är att en elev, klass, skola eller nation kan och vet mer eller mindre än andra elever, klasser, skolor och nationer i relation till ett givet test. Detta kan ha sitt intresse att känna till, men det finns en komplikation. Anta t ex att en elev får ihop en poängsumma med hjälp av små bidrag från många uppgifter. En annan löser några uppgifter insiktsfullt och väl och låter resten vara. Båda får samma poäng. Vem har bäst tillägnat sig kursinnehållet?

Poängtal kan ha ett värde vid statistiska analyser, t ex om man vill veta vilka bakgrundsfaktorer som har betydelse för ett bra resultat (dvs en hög poängsumma). Men analysen skulle ge mer om man i innehållsliga termer kunde uttrycka vilken mening olika poängsummor har.

Vår erfarenhet är att analys av elevsvar med kvalitativa metoder såsom kategoriseringar kan ge betydligt rikare och för läraren mer värdefull information än poängtal, både när det gäller att beskriva elevernas kunskaper vid ett givet tillfälle och deras kunskapsutveckling. Jämför t ex följande två utsagor:

-I åk 9 har elever i kommun X i medeltal 5 poäng på ett test i ellära. I åk 3 på gymnasiet är resultatet på samma test 11 poäng.

-I åk 9 använder många elever en källa-förbrukarmodell för elkretsar. De tänker sig t ex att ström förbrukas och behandlar kretsselement som enpoliga. I åk 3 dominerar en sluten kretsmodell, men eleverna betraktar spänning som en egenskap hos strömmen.

Den senare beskrivningen är mer informativ för läraren, i synnerhet när innebörden ytterligare konkretiserats med exempel på elevsvar.

Med andra ord kan man säga att en kvalitativ ansats fokuserar hur eleverna tänker och vad detta betyder, en kvantitativ hur mycket de kan och om svaren är rätt eller fel.

Vi beslöt oss i ett tidigt skede för en kvalitativ inriktning på vårt arbete. I huvudsak har detta inneburit att vi prövat öppna uppgifter, som eleverna själva skriver svar till. Svaren har vi försökt att kategorisera. Då vi fått fram få och tydliga kategorier för en uppgift, har vi i bland gjort om den till en flervalsfråga med de funna kategorierna som alternativ. Ungefär en tredjedel av våra slutliga uppgifter är av typ öppet svar, som kategoriseras av kvalificerade bedömare. En konsekvens av vår kvalitativa inriktning är att vi betraktar svarsbilden på varje enskild uppgift som en viktig informationskälla. Den ger ofta intressanta inblickar i elevernas sätt att tänka och därmed också många uppslag till förbättringar av undervisningen i smått och stort.

Det nu sagda innebär inte ett avståndstagande från kvantitativa metoder i allmänhet och poängsättning i synnerhet. Vår analys av elevsvar är visserligen i stor utsträckning kvalitativ, men kvantitativa metoder används också, vilket kommer att framgå.

Efter att ha gjort nämnda avgränsningar och bestämt inriktning var vi redo att ta itu med två delproblem, nämligen att komma fram till vilka målen är och att konstruera uppgifter som prövar om de är uppnådda eller ej. Detta arbete redovisas i del 1 som nu följer.

*DEL 1**MÅL OCH UPPGIFTER*

## 2 METODPROBLEM

Det första vi gjorde för att utröna undervisningens mål var att studera läroplanen (lgr 80). Det visar sig att begreppen fas (fast, flytande och gas), och fasövergång (smältning, avdunstning, kokning, kondensering, stelning, sublimering) inte nämns. De kan i och för sig hänföras till *fysikaliska företeelser av betydelse för människan och naturen*, (s 117), men de nämns inte bland exemplen på sådana företeelser. Detta är möjligtvis ett förbiseende, eftersom begreppen ifråga har en uppenbar betydelse i andra huvudmoment, t ex *andningen* (s 116), *vädertiakttagelser och väderrapportering samt mekanismer som bestämmer väder och klimat* (s 117), *vattnets kretslopp* (s 117) och *ekosystemets byggnad och funktion* (s 118).

Om ämnen och reaktioner sägs: *Praktiska försök som visar skillnader mellan grundämnen, blandningar och lösningar. Studier av modeller som klargör atom- och molekylbegreppen. Undersökningar av ämnens egenskaper och reaktioner* (s 117). Till detta kan läggas det faktum att kemiska begrepp behövs i många andra huvudmoment, t ex *miljövård och miljöförstöring* (s 124), *födans kemiska sammansättning* (s 116), *cellen och olika livsprocesser, t ex fotosyntes* (s 117).

Läroplansstudiet gjorde att vi upplevde några problem av metodkaraktär. Det första har att göra med att kunskapsmålen är vagt angivna. Den som utvärdrar måste därför göra tolkningar och preciseringar, dvs en subjektiva bedömningar. Man kan därför ifrågasätta i vilken utsträckning vi utvärdrar den undervisning och det lärande som faktiskt har ägt rum i landets olika skolor. Vi har beaktat detta problem på två sätt. Dels har vi kontinuerligt inhämtat råd från en mindre referengrupp av erfarna högstadielärare, dels har en något större lärargrupp ingående bedömt våra förslag till uppgifter. På så sätt får vi en viss förankring i undervisningspraxis. Vi hoppas att den lärare-läsare som har annorlunda mål än vi ser den nationella utvärderingen som ett viktigt bidrag till kunskapsbildningen på området. Exempelvis har han/hon möjlighet att jämföra sina egna mål och utvärderingen av dessa med våra analyser och resultat, vilket torde leda till nya insikter och uppslag.

Ett annat problem hänger ihop med att läroplanen har både överordnade och ämnesspecifika mål, vilka tillsammans utgör en helhet. Skall de överordnade målen påverka t ex testsituation och testinnehåll? Ta som exempel målet att skolkunskaper ska kunna användas i olika framtida sammanhang, bl a 'hem och vardag' och 'samhällsliv'. Beaktar man detta mål kan andra typer av utvärderingsinstrument än traditionella ämnesuppgifter bli aktuella. När det gäller 'hem och vardag' kunde man tänka sig att ge en beskrivning av varuhanteringen i ett hem och be eleven föreslå förbättringar samt motivera dessa, t ex med avseende på hushållning med energi och material. Angående samhällsliv, så går skolan ut på att skapa aktiva medborgare som sätter sig in i frågor, engagerar sig, tar ställning och handlar. En testsituation i linje med detta är t ex att läsa en tidningsartikel, förstå vad den handlar om och resonera sig fram till en självständig ståndpunkt. Artikeln antas kräva ett naturvetenskapligt kunnande för att bli begriplig, och testningen går ut på att ta reda på i vilken utsträckning detta behärskas av eleven. Andra situationer kunde vara att se ett TV-program, ta del av en utredning i lämpligt tillrättalagd form etc.

Vår bedömning ht 1990 av dessa möjligheter var att varken vi själva eller undervisningssystemet var mogna för så radikala grepp, trots att de måste bedömas som önskvärda. De flesta lärare torde bedriva en tämligen renodlad ämnesundervisning. Ett av dess syften är förvisso att ge eleverna kunskaper som de kan

använda i olika situationer i framtiden, men prov av den typ vi diskuterat ovan förekommer sällan. Vi valde därför att fokusera begreppsförståelse, mätt med ett antal kortare uppgifter av olika slag, och med motiveringar som angetts i avsnitt 1.1

Oavsett hur man gör finns ett generaliseringsproblem. Om eleven t ex visar sig ha energibegrepp som gör att han begriper ett givet TV-program, kan vi då säga att han också förstår en tidningsartikel om energi? Om eleven visar god förståelse för energi genom att svara rätt på ett antal testfrågor, kan vi då säga att han också begriper tidningsartiklar och TV-program i ämnet? Det finns inga teorier om tänkande som hjälper oss att besvara dessa frågor. Sannolikt är det dock så, att ju bättre resultatet är på en typ av test, desto bättre är det också på ett annat och vice versa. Empiriskt kan man avgöra vilket test bland ett antal givna som bäst förutsäger resultatet på de övriga.

Ett tredje problem har att göra med steget från preciserade mål till testuppgifter. Även här kommer ett tolkningsmoment in i bilden, vars omfattning beror av precisionsgraden. Vi valde ett ganska stort tolkningsutrymme. Alternativet att precisera målen så mycket att testuppgifterna nästan blir självklara leder till mycket omfattande och rigorösa måldokument och lämnar ringa utrymme för initiativ och fantasi. För att få en förankring i undervisningspraxis har vi låtit cirka tio lärare bedöma alla uppgifter som vi pilottestat (c:a 200).

Också vid urvalet av uppgifter har man ett generaliseringsproblem. Om eleverna t ex svarar dåligt på de uppgifter vi valt ut om gaser, kan vi då säga att deras kunskaper inom detta område generellt sett är dåliga och vice versa? Vår metod att lösa detta problem är dels att ha med ett flertal uppgifter som prövar olika viktiga aspekter av området, dels att relatera vunna resultat till den internationella forskningen om elevers begrepp och tänkande angående naturvetenskapliga fenomen.

Till sist ett problem som är både elementärt och grundläggande. En utvärdering är inget kontrollerat experiment. I princip kan man därför inte dra slutsatsen att goda resultat beror på undervisningen. Det finns ju ingen kontrollgrupp som inte undervisats. Däremot kan dåliga resultat alltid motivera förbättringar. Vi anser att detta problem är olika för olika ämnen. Ett gott resultat i engelska kan åtminstone delvis förklaras med att eleverna hör engelska talas på film och i TV, lyssnar på och sjunger poplåtar, pratar engelska med jämnåriga etc. För fysik, kemi och delvis biologi är situationen en annan. Våra ungdomar möter naturvetenskapligt kunnande i blott ringa utsträckning i sitt dagliga liv och på ett sätt som berör dem. Det är ingen tillfällighet att propositionen 'Växa med kunskap' framhåller behovet av en naturvetenskaplig alfabetisering som omfattar hela folket. Mot denna bakgrund bedöms sannolikheten vara hög för att positiva resultat beror på de naturvetenskapliga lärares insatser.

I fortsättningen skildras hur vi preciserat läroplanens mål och sökt oss fram till lämpliga uppgifter. Vi började med att fråga oss varför det är viktigt att eleverna har kunskaper om materia. Sedan gick vi igenom den internationella begreppsforskningens resultat när det gäller elevernas vardagstänkande och svårigheter att förstå. Slutligen kombinerade vi vunna insikter med vår egen lärarerfarenhet och våra ämneskunskaper i fysik och kemi till mål för de två områdena. Allt detta redovisas i avsnitt 3 tom 5 nedan. I avsnitt 6 beskrivs hur uppgifterna utformades.



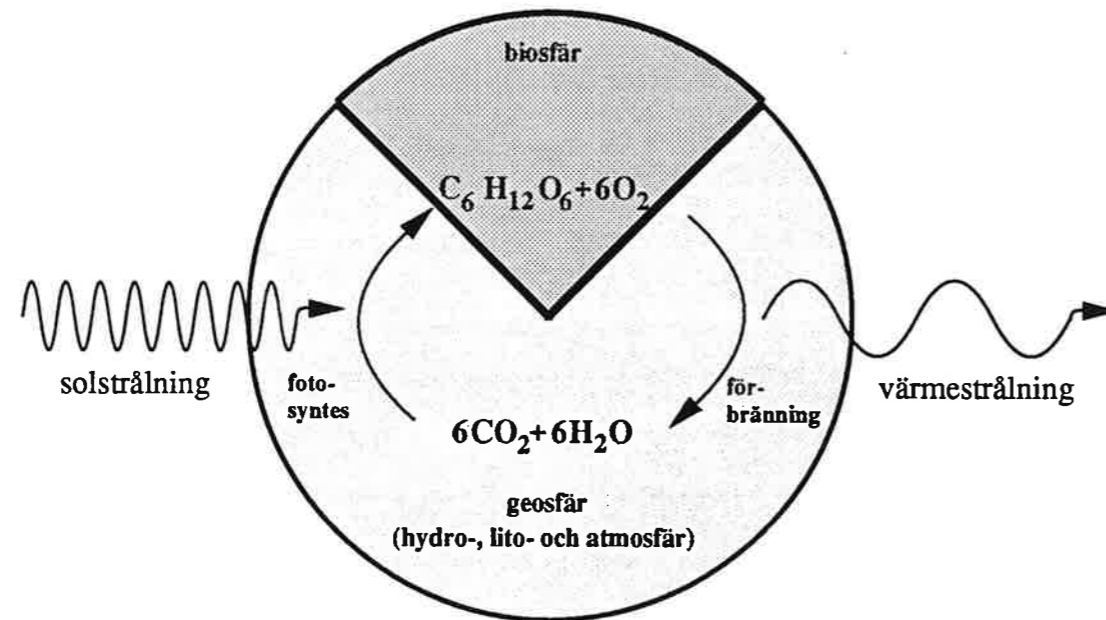
### 3 VARFÖR SKALL ELEVERNA LÄRA OM MATERIA?

Frågan 'Varför skall eleverna lära ett visst område?' är viktig både för undervisaren och utvärderaren. Det svar man ger påverkar t ex hur området prioriteras i förhållande till andra, det utrymme som området får och det innehåll som väljs ut. Så här ser våra svar ut vad beträffar 'faser och fasövergångar' och 'ämnen och reaktioner'.

#### 3.1. Faser och fasövergångar

Ämnen på Jorden kan förekomma i fast fas, vätskefas eller gasfas. Vid rumstemperatur är järn ett fast, etanol ett flytande och kväve ett gasformigt ämne. Bland dessa faser är gaser av speciellt intresse i den elementära undervisningen. Ofta är det så, att gaser varken syns eller luktar, men de har trots detta stor betydelse. Vi lever exempelvis hela vårt liv omgivna av en osynlig gasblandning, nämligen luft. Då vi andas in luft tar kroppen upp syrgas, som i cellerna reagerar med organiska molekyler, vilket ger oss energi. Reaktionsprodukterna, vatten och koldioxid, avges till luften i gasform. Förbränning av organiskt material äger rum i alla levande organismer, dvs både växter och djur. Människan kan med teknikens hjälp arrangera kontrollerad förbränning av organiskt material, t ex ved och fossila bränslen (kol, olja, gas). Kvävet i luften tjänar härvid som en moderator.

Växterna är för sin fotosyntes helt beroende av luftens koldioxid. Av denna gas och vatten syntetiseras med hjälp av solenergi stärkelse. Om vi betraktar de båda processerna förbränning och fotosyntes så förstår vi växternas avgörande betydelse för djuren. Växterna binder solenergi i organiska molekyler, som ingår i djurens föda. Växterna avger syre, som gör det möjligt för djuren att förbränna dessa molekyler och tillgodogöra sig den lagrade energin. Djuren avger i sin tur koldioxid, som växterna tar upp. Det hela sammanfattas i figur 3.1.



Figur 3.1 Koppling mellan bio- och geosfär genom fotosyntes och förbränning.

Gasmängder i kontakt blandas. Detta kan vara fördelaktigt för organismerna, t ex när det gäller syre, som bildas vid punktkällor men blandas ut jämt i atmosfären. Men denna egenskap hos gaser har också negativa konsekvenser, nämligen att gaser som är föroreningar sprids ut i. 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 jämt 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 det att begreppet gas är grundläggande för förståelse av livsprocesser hos växter och djur, liksom av växelspelet mellan växt- och djurvärld och av olika miljöproblem. (Mycket annat behövs också, men just här ställer vi gaserna i fokus.)

Utöver den nu beskrivna ekologiska betydelsen av begreppet gas finns det många tekniska tillämpningar där gaser spelar en viktig roll. Cykel- och bildäck pumpas med luft. I sprayflaskor används någon form av drivgas. I vissa livsmedelsförpackningar kan man, i stället för luft, använda kväve som inte reagerar med den förpackade varan så att den försämras. Osv.

Ett givet ämne kan ändra fas. T ex så smälter tenn vid uppvärmning och stelnar vid avkylning. Kviksilvret i vår gamla utomhustermometer stelnar om temperaturen går ner till  $-39^\circ C$ .

I naturen förekommer många fasövergångar som har med vatten att göra. Avdunstning - de våta träden torkar efter regnet. Stelning - sjöar fryser och marken blir tjälad. Smältning - snön övergår i rännilar, som kan gå samman och bilda en vårflood. Kondensation - det blir dagg i gräset, det bildas dimma och moln. Också i samhället och tekniken förekommer fasövergångar. Vatten kokar - i kastrullerna på spisen och i kärnkraftverk på olika håll i världen. Lösningssmedel avdunstar från lim och lacker. Freon avdunstar eller kokar i kasserade kylskåp. Cancerframkallande bensen avdunstar från bensin. Aluminium smälter och stelnar vid gjutning.

Fasövergångar innebär ingen ändring av det molekylslag som ett ämne kan bestå av. Såväl is, vatten som vattenånga är uppbyggda av molekylerna  $H_2O$ . Det som ändras är molekylernas sätt att röra sig. Om ett system är givet, så påverkas inte dess massa av en fasändring. Man säger att massan bevaras eller 'konserveras'.

Mot bakgrund av det förda resonemanget bedöms begrepp om faser och fasövergångar som viktiga när det gäller att strukturera och förstå företeelser i natur och teknik, vilket väl motiverar att de ingår i grundskolans undervisning liksom i den nationella utvärderingen.

### 3.2 Ämnen och reaktioner

På vår jord finns cirka 100 atomslag (i betydelsen samma atomnummer). Om dessa kan man med mycket god approximation säga att de bevaras (vi bortser från kärnsönderfall). De atomer vi har förstörs med andra ord inte vid processer på jorden. Ej heller nyskapas de. De 100 atomslagen har en betydande potential - de kan sammanfogas till molekyler och jonföreningar. Den kemiska vetenskapen har till dags dato identifierat och på olika sätt beskrivit otaliga i naturen förekommande ämnen: vatten, syre, ozon, koldioxid, klorofyll, insulin... I laboratorier världen över har också en betydande mängd nya ämnen framställts: PCB, DDT, olika freoner, mediciner... Enligt en uppgift var man år 1983 uppe i 6 miljoner. Takten var då 360 000 per år [1]. Till detta kan läggas ett antal okända ämnen - sådana som finns i naturen och sådana som bildas vid tekniska processer.

En betydande del av vår jords atomer är sammanfogade och fördelade på ett för människan i förhållande till hennes kunskaper ändamålsenligt sätt: mineraltillgångar, oljefyndigheter, skogar... Andra är utspridda och ur människans synpunkt obrukbara: avgaser från bilar, utsläpp från processindustrier, läckage från sophantering. Vi har tungmetaller i mark och vatten, freoner i atmosfären osv. Man talar om molekyllära sopor för att ha ett ord för det avfall som inte är synligt för ögat. Vårt sätt att leva innebär att vi påverkar planeten jordens atomer så att andelen för människan ändamålsenligt hopsamlade och sammanfogade minskar och andelen utspridda ökar. Exempelvis är huvudbeståndsdelarna i olja kol- och väteatomer. Från början är dessa sammanfogade till energirika molekyler, som ofta är koncentrerade till fickor i jordskorpan. Efter utvinning och förbränning sprids de ut över hela jorden som beståndsdelar i de energifattiga ämnena koldioxid och vatten, vilket bidrar till att koldioxidhalten i atmosfären ökar stadigt.

Naturresurserna minskar alltså, och avfallet ökar, både det som är direkt synligt för ögat i form av soptippar och det som finns i form av molekyler och joner i luft, mark och vatten. Förekomsten av molekyllära sopor skapar olika problem. Ozonlagret bryts ned och UV-strålning skadar alger i havet vid Antarktis. Mark försuras så att träd och andra växter skadas. Osv.

Människan skapar alltså genom sina aktiviteter en viss utspridning av atomer. Men det finns också processer som går åt andra hållet. Det levande, som är ett mycket ordnat system, bevaras med hjälp av solens flödande energi, vilken antas räcka i miljontals år. Man kan tänka sig det hela som ett kretslopp av atomer (i form av  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  och mineraler), som sammanfogas (tack vare genetisk information och energi) till organismer. Ordning blir ordning. Organismerna lever en tid med bibehållen struktur för att sedan dö och brytas ned till  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  och mineraler, som åter kan tas upp av organismvärlden.

Allt det hittills sagda är en viktig del i den miljöbildning eller omvärldsbildning som skolan kan hjälpa eleven att utveckla, och det utgör en ram för tänkande om grundskolans kemi. Det torde vara uppenbart att vissa kemiska grundbegrepp är nödvändiga för att förstå det resonemang som förts ovan: ämne, egenskap, atom,

atomslag, molekyl, kemisk reaktion, atomslagens och massans bevarande vid kemiska reaktioner. Man behöver också i någon mening begripa att alla levande organismer är kemiska system. Cellens olika processer styrs genom kemisk växelverkan av den information som finns lagrad i DNA-molekylens struktur. Nervimpulser är en serie kemiska händelser. Osv. Levande organismer har många mekanismer för att skydda sig mot främmande molekyler som utgör potentiella hot mot deras naturliga kemiska processer, men ibland räcker skyddet inte till, och då kan det uppstå störningar och skador (fosterskador, cancer, allergier, försämrad mental förmåga).

Sammanfattningsvis är det rimligt att hävda att den som vill vara välorienterad i dagens och framtidens samhälle behöver ha elementära kemiska kunskaper. Det är därför väl motiverat att grundläggande kemi ingår i grundskolans undervisning och också i den nationella utvärderingen.

## 4 VAD SÄGER BEGREPPSFORSKNINGEN?

Under senare år har det vuxit fram en internationell forskning angående elevers begrepp och tänkande om naturvetenskapliga fenomen. Denna har bl a visat att elever innan undervisning har begrepp om ämnen, ljus, värme, elektricitet, liv och utveckling mm som på olika sätt skiljer sig från skolkursernas innehåll. Man talar om vardagsföreställningar och det visar sig att dessa inte alltid är så lätta att ersätta med vetenskapliga. Kunskaper om elevers vardagstänkande leder också till insikten att vi i undervisningen ofta tar grundläggande föreställningar inom ett område mer eller mindre för givna trots att de vållar eleverna betydande problem. Allt det här är givetvis intressant, in i minsta detalj, både för undervisaren och utvärderaren. Den senare stimuleras av begreppsforskningens resultat bl a till nya uppgiftsidéer. Elevernas svar kan i sin tur leda till nytt kunnande om hur de tänker.

Mot denna bakgrund gör vi här en översikt över viktiga rön när det gäller elevers begrepp om materia.

### 4.1 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 högstadiel elever 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" [2].

#### Luftens existens

Piaget [3, 4] 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 innan undervisning [5]. Cirka hälften ansåg att det var omöjligt att flytta lite ren floridaluft 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 luft inte går att väga. 25% tänkte att bollen blev lättare, i allmänhet med motiveringen att den nu studsade bättre.

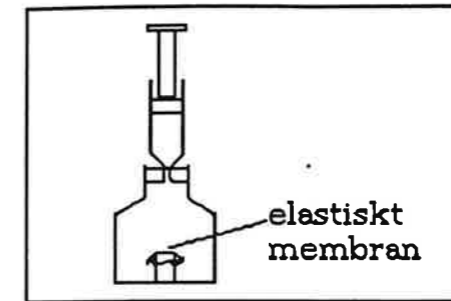
Israeliska elever i åk 4-9 har tillfrågats vad de anser om vikten på två system, från vilka koldioxid avgår [6]. Före undervisning om materialets tillstånd är det cirka 20% som svarar att ett glas sodavatten minskar i vikt allteftersom bubblorna stiger upp till ytan och spricker. Men det är hela 60% 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. Cirka hälften eller mer av de nämnda franska eleverna [5] kunde göra detta i olika situationer, t ex när luften i en plastspruta trycks ihop. De menade bland annat att eftersom inget kom ut eller in, så var det lika mycket luft som förut. Andra ansåg att om utrymmet minskade, så borde också luftmängden bli mindre.

### Kan luft utöva krafter på angränsande föremål?

En stillastående gasmängd utövar krafter på objekt som den är i kontakt med, t ex väggar i kärl och vätskeytor. Men 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 [7]. 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 4.1. Elever i 12-årsåldern förutsäger att då kolven skjuts in, så 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 så är det inte längre någon luft som strömmar, varför membranet intar sitt utgångsläge. (Men inbuktningen kvarstår därför att gastrycket 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 4.1 Testmateriel angående lufttryck.

## 4.2 Fasövergångar

För den naturvetenskapligt bevandrade är fasövergångar i omgivningen så självklara att han inte tänker på att det kan finnas alternativa uppfattningar. Men eleverna använder fem olika modeller för att förklara fasövergångar, nämligen 'försvinnande', 'förflyttning', 'transmutering', 'kemisk reaktion' och 'modifiering'.

### A. FÖRSVINNANDE

Israeliska barn i 5-11 års åldern har fått följande intervjuproblem: Någon har spillt vatten på golvet. Efter ett tag är golvet torrt. Vad har hänt med vattnet? Vart har det tagit vägen? [8] 60% av femåringarna svarade att vattnet hade försvunnit. Efter 6-7 års ålder är denna uppfattning mindre vanlig.

### B. FÖRFLYTTNING

Ett nytt ämne kan uppträda på en given plats helt enkelt därför att det har förflyttats dit. Ämnet som sådant förändras ej. Förflyttningsidén användes av något äldre barn i den israeliska undersökningen. De svarade att vattnet tränger ned i golvet. I en nya zealändsk undersökning intervjuades elever i åldern 8-17 år om kokande vatten [9]. De fick bli frågorna "Vad består bubblorna av?" följt av "Hur bildas bubblorna?" Några av eleverna ansåg att bubblorna innehöll luft, som kommer utifrån, t ex: *När vattnet kommer upp till ytan, så kyls det av och vill gå ner igen, och då kan det ha fångat in en del luft.* Dvs luft förflyttas från omgivningen till vattnet och så till kokbubblorna.

### C. TRANSMUTERING

Denna kategori innefattar transformationer som är 'förbjudna' när det gäller övergångar mellan fast, flytande och gasformigt tillstånd. I studien angående kokande vatten var det ganska vanligt att eleverna uppgav att kokbubblorna innehöll luft. Den vanligaste förklaringen härtill var att vatten omvandlas till luft, t ex: *- Värmen i plattan gör att en del vatten övergår till luft.* Svaret kan tolkas som en transmutationsidé. Men ordet luft kan också uttrycka en diffus idé om något gasformigt.

Karplus [10] har rapporterat att om man smälter fenylsalicylat, som därvid övergår till en klar vätska, så säger både lågstadiel elever och collegestuderande inriktade på humaniora att det bildas vatten. Det är dock oklart vad eleverna lägger för betydelse i ordet vatten. Om de menar ämnet vatten så är det fråga om en transmutation. En annan möjlighet är att de med vatten menar vätska.

#### D. KEMISK REAKTION

Ibland används en kemisk modell för att förklara en fasövergång. I den nya zealändska undersökningen hölls t ex en glasskiva över kokande vatten. Det bildades vattendroppar på denna. Så här förklarar en elev: - *Syreatomer och väteatomer stiger upp från vattnet. - Var och en för sig? -Ja, var och en för sig, och när de träffar något så liksom förenar de sig och bildar vattendroppar.*

#### E. MODIFIERING

Modifiering innebär att ett ämne behåller sin identitet samtidigt som vissa av dess egenskaper ändras. Modifieringsidén används av eleverna för att förklara fasövergångar. Elever i den israeliska studien förklarar vattnets 'försvinnande' med att det omvandlats till vattenånga, dvs små osynliga partiklar. Denna idé blir vanligare ju äldre eleverna blir (60% i tolvårsåldern). När det gäller kokbubblorna är dock svaret att de innehåller vattenånga det minst vanliga (10%) i åldern 12-15 år [9].

#### Smält- och kokpunkt

Då ett ämne smälter eller kokar är dess temperatur konstant. Man talar om smältpunkt respektive kokpunkt. Dessa temperaturer beror av ämnet. Kokpunkten beror också av rådande lufttryck, vilket brukar visas i skolan. Men förståelse av begreppen smältpunkt och kokpunkt innefattar också att man vet vilka variabler som inte inverkar på desamma. Att detta är långt ifrån självklart visar två svenska undersökningar av elever i åk 6 tom 9 [11]. Enligt eleverna så varierar t ex koktemperaturen för vatten med plattans inställning.

### 4.3 Kemiska reaktioner

Elevers tänkande om kemiska reaktioner har varit föremål för ett flertal undersökningar och analyser [2, 12-21]. I den stora mängden av elevsvar kan man urskilja samma fem kategorier som användes i avsnitt 4.2 för att beskriva elevers begrepp om det som för naturvetaren är fasövergångar, nämligen försvinnande(A), förflyttning(B), modifiering(C), transmutering(D) och kemisk växelverkan(E). Karaktäristiskt för A, B, C och D i det kemiska sammanhanget är att eleverna tänker sig att ett nytt ämne uppstår, eller att ett gammalt försvinner, till följd av en separat förändring av ett ursprungsamne, eventuellt förändringar var för sig av flera ursprungliga ämnen. Ursprungsamnet kan i och för sig växelverka med ett annat ämne, men det bildar inte tillsammans med detta ett nytt ämne.

Det nu sagda kan kopplas till en samlad karaktäristik av elevers tänkande om materia, nämligen att materia i vardagstänkandet uppfattas som kontinuerlig och statisk [22, 23]. Det går visserligen att dela upp den i t ex korn och droppar, men dessa partiklar uppfattas också som kontinuerliga och statiska. Naturvetenskapens dynamiska bild av atomer och molekyler i ständig rörelse och växelverkan är inte tillgänglig för den vardaglige betraktaren.

Uppfattningen av materia som kontinuerlig och statisk lämnar inte utrymme för idén att två ämnen i kontakt kan reagera med varandra så att ursprungsmännen försvinner och ett helt nytt ämne bildas. Ämnena bara finns där - visserligen i kontakt men ändå var för sig. För att förklara förändringar som faktiskt inträffar måste eleverna använda sig av modeller, som innebär att ämnena förändras vart och ett för sig under inverkan av yttre agenter. Försvinnande, förflyttning, modifiering och transmutering är sådana modeller. Här följer exempel på hur eleverna använder dessa för att förklara det som för naturvetaren är kemiska reaktioner.

#### A. FÖRSVINNANDE

Svenska högstadiel elever [14] säger t ex så här då de skall förklara vad som händer med bensinen i tanken på en bil:

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

*-Bensinen bränns till hälften och avgaser till hälften.*

#### B. FÖRFLYTTNING

Ett nytt ämne kan uppträda på en given plats helt enkelt därför att det har förflyttats dit. Denna idé används för att förklara vad som för naturvetaren är kemiska reaktioner. I ett problem visades en blank och en rostig spik [13]. Eleverna, från Nya Zeeland och 11-17 år gamla, fick veta att den rostiga spiken, som från början var blank, hade stått till hälften nedsänkt i vatten i cirka en vecka. Eleverna sade spontant att spiken hade rostnat och fick då frågor som: Vad menar du med rostnat (rost)? Hur har rosten kommit dit? Flera exempel på förflyttningstänkande finns bland svaren, bl a: *-Vatten kom in i stålet, och har tagit ut nånting ur spiken så att den blivit sån, och det försvagar stålet.*

Holländska elever, 14-15 år gamla, har fått blanda blynitrat och kaliumjodid i en mortel med hjälp av en pistill [17]. Det blir omedelbart en gul färg (blyjodid). Ofta förklarar eleverna den gula färgen med att de vita kornen är som ägg. Om de krossas med en pistill, så kommer 'gulan' ut och färgar blandningen. Författarna framhåller: 'Det förefaller som om de flesta elever i 14-årsåldern håller fast vid en outtalad och underförstådd idé, nämligen att varje enskilt ämne konserveras, vad som än händer.'

#### C. MODIFIERING

Modifiering innebär att ett ämne behåller sin identitet samtidigt som vissa av dess egenskaper ändras. Denna idé används av eleverna för att förklara kemiska förlopp.

En elev säger t ex: *-När alkohol brinner bildas alkoholånga. Det är vad man kan vänta sig, det är normalt. Det är som på strykjärnet. Man håller i vatten och får ånga. När man värmer vatten i en stekpanna får man vattenånga... När alkohol brinner ändrar sig alkoholen till alkoholånga. Man ser den, vi gjorde experimentet med att hålla en glasbit ovanpå, och när man tog bort den, så luktade den alkohol [16].* Kemisten noterar att denna utsaga är korrekt, men ej en fullständig förklaring. Men utsagan är elevens enda förklaring av vad som sker vid förbränningen.

#### D. TRANSMUTERING

Denna kategori innefattar ett antal i kemin "förbjudna" transformationer.

Ett givet ämne transmutteras (delvis) till energi.

En och annan högstadiel elev säger t ex att bensinen i tanken på en bil omvandlas till värme och rörelseenergi [14].

Energi transmutteras till ett ämne

Exempel på denna föreställning är svaret från en elev som skall förklara att det bildas vatten vid förbränning av t ex ljus eller alkohol säger: *-Man kan se små vattendroppar därför att lågan värmer, och värmen avger ånga och sedan övergår den till vatten [16].*

Ett givet ämne transmutteras till ett helt nytt ämne

Cirka 10 % av svenska elever i åk 6-9 svarar att stålull blir till kol då den brinner [2].

### E. KEMISK VÄXELVERKAN

Av svenska kartlägningsstudier [2, 14] framgår, att det är förhållandevis få elever (10-20%) som ger kemiskt acceptabla svar på oförberedda problem som kräver förståelse men inga detaljerade faktakunskaper och som ligger inom ramen för högstadiets kurs.

#### 4.4 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. Vanliga förklaringar är att inget lagts till eller tagits bort, eller att man kan forma leran till en boll igen. Av ett flertal experiment av denna typ har Piaget dragit slutsatsen att 'konservation av materiemängd' behärskas av elever från 7-8 års ålder. (Ordet materiemängd refererar till ett intuitivare begrepp än ordet massa.)

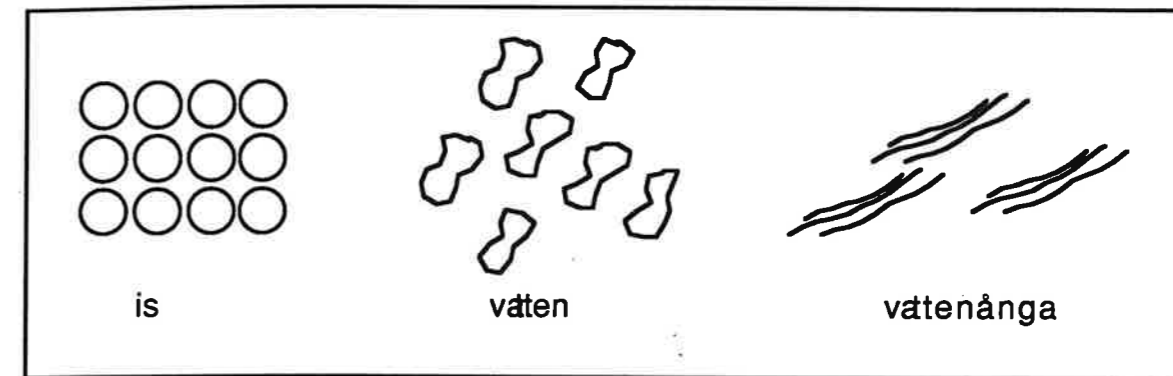
På senare år har denna Piagets slutsats reviderats. Anledningen är att mer komplicerade transformationer än Piagets använts som testuppgifter, bl a ändring av temperatur, tryck och tillstånd samt kemiska reaktioner. Det visar sig då att för elever i 12-15 års ålder så är bl a gränsen mellan materiellt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

#### 4.5 Atomer, molekyler och partikelsystem

##### Atomers och molekylers egenskaper - makrobegrepp överförs till mikrovärlden

Det är vanligt att elever efter undervisning överför ämnesegenskaper på atomer och molekyler. Här är några exempel: svavel är gult - svavelatomer är gula, naftalin luktar - naftalinmolekyler luktar, vattnet är varmt - molekylerna är varma, bly plattas ut - blyatomerna plattas ut osv.

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 4.2 [15]. "Isatomerna" blir först skvalpiga och sedan slöjliga 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 (t ex varmt stearin) också måste vara mjuka [17]. När det gäller kemiska reaktioner så har t ex svenska elever på högstadiet menat att när stålull börjar brinna, så fattar också atomerna eld och börjar brinna.



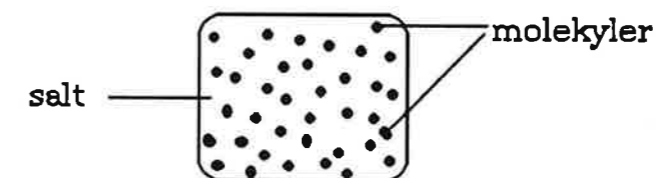
Figur 4.2 En elevs atomära beskrivning av hur is övergår till vatten, som i sin tur övergår till vattenånga.

##### 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 [24, 25].

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

En elev i åk 8 skall förklara hur ett saltkorn är uppbyggt [25]. Han ritat figur 4.3. Han kallar prickarna molekyler. Då intervjuaren frågar om det finns något emellan svarar han salt.



Figur 4.3 Elevmodell av ett saltkorn.

Liknande modeller har erhållits för luft [24, 25]. 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 partikelsystemet 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 [26]. "I skolan får du lära dig om materia. Är alkohol materia? Är en vetebulle materia? Är en katt materia? osv. Stryk under i listan nedan vad som är materia!" Härefter följde 30 exempel på såväl materiellt som icke materiellt. Eleven uppmanades att förklara hur han tänkte. Över 70% (några ålderstrender kunde inte iaktas) 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 om att atomer och molekyler har liknande egenskaper som ämnet. Se figur 4.2 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 så får trämolekylerna också brinna. Om svavel smälter så smälter svavelatomerna. Om vatten stelnar så beror det på att molekylerna i det kontinuerliga vattnet inte rör sig längre. Osv.

## 5 MÅL

Vår analys hittills visar att begrepp om faser, fasövergångar, ämnen och reaktioner hjälper till att göra viktiga och vanliga fenomen i natur och teknik begripliga (avsnitt 3). Vi har också genom begreppsforskningen blivit uppmärksammade på en rad aspekter av dessa begrepp som är problematiska för eleverna (avsnitt 4). Vi väger nu samman kunskandet från avsnitt 3 och 4 med vårt eget ämneskunnande och vår lärarerfarenhet till mål för grundskolans elever. Till varje mål fogas en del kommentarer och förtydliganden.<sup>1</sup>

### 5.1 Faser och fasövergångar

#### 1. Förstå egenskaper hos fasta, flytande och gasformiga ämnen

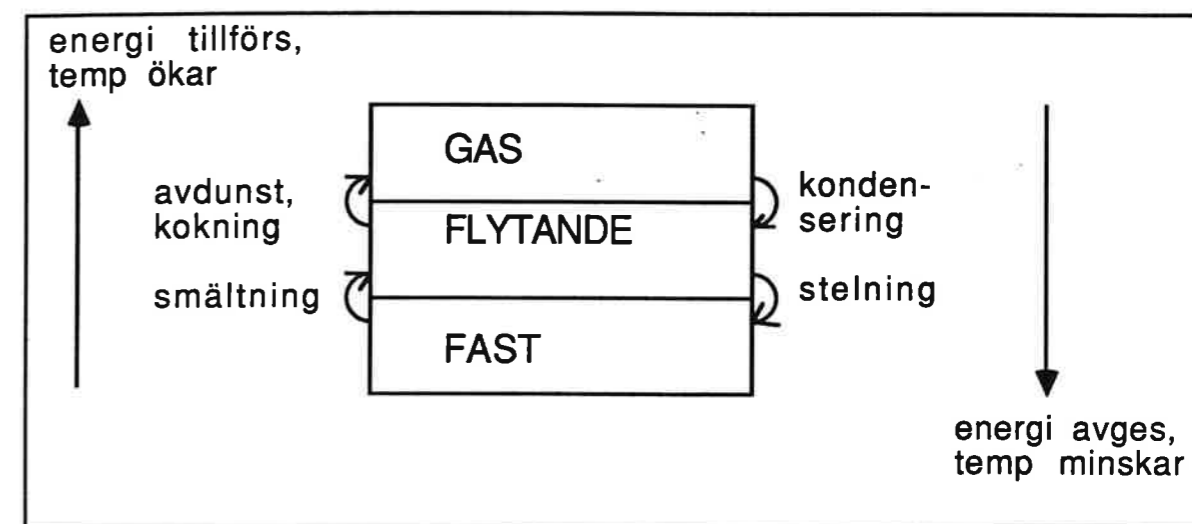
Gasers egenskaper är här särskilt viktiga. Det gäller att förstå att gaser, ehuru ofta osynliga och luktlösa, existerar, tar plats, har massa och tyngd, kan insamlas i slutna kärl och fördelar sig jämt i en given volym. Andra egenskaper är att de utövar krafter på angränsande ytor och går att pressa ihop åtskilligt samt att massan

<sup>1</sup> De mål som redovisas här är arbetsredskap för utvärderingen och skall inte förväxlas med en komplett målbeskrivning. Eftersom vi är intresserade av att utvärdera begreppsförståelse, så fokuserar målen denna aspekt. I en fullständig målbeskrivning ingår också andra aspekter, t ex experimentella färdigheter, attityder, kunnande om historisk utveckling mm.

bevaras vid ändringar av volym, temperatur och tryck. Gasmängder i kontakt med varandra blandas, och en icke innesluten gasmängd sprids ut.

#### 2. Kunna beskriva den sekvens av fasändringar, inklusive temperaturändringar, som orsakas av energitillförsel och energiavgång

De begrepp som ryms i detta mål kan sammanfattas i form av figur 5.1.



Figur 5.1 Faser och fasövergångar

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

#### 3. Förstå att för ett givet system av ett ämne, så bevaras massa och ämne vid tillståndsändringar

#### 4. Kunna identifiera och förklara tillståndsändringar i omvärlden

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

#### 5. Kunna redogöra för, och våga sig på att använda för förklaring och förutsägelse, en kvalitativ partikelmodell för de olika tillstånden

En sådan modell kan t ex formuleras på detta sätt:

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

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

-Partiklarna attraherar varandra på små avstånd och repellerar varandra om de trycks ihop.

-I fasta tillståndet är partiklarna relativt tätt packade, har givna platser, vibrerar kring sina jämviktslägen men är starkt bundna till sina närmaste grannar. Om temperaturen ökar så ökar vibrationerna.

-I flytande tillståndet är partiklarna relativt tätt packade. De kan glida över varandra och är ej så starkt bundna till varandra som i fasta tillståndet. De rör sig om varandra, och om temperaturen ökar så ökar deras medelhastighet.

-I gasformiga tillståndet är partiklarna i medeltal ganska långt ifrån varandra (i förhållande till sin storlek). Varje partikel rör sig med hög hastighet i en rak linje tills den kolliderar med en annan partikel. Då ändrar den riktning och fart. Farten varierar därför, men är i genomsnitt hög (500 m/s).

-De partiklar som tillsammans utgör en gasmängd rör sig åt alla möjliga håll, oberoende av varandra.

-Om en gas värms, så ökar partiklarnas fart. Om den kyls så minskar farten.

I teorin ovan framställs materian som partikulär och dynamisk, vilket står i motsats till vardagstänkandets kontinuerliga och statiska modell.

Teorin kan förklara åtskilliga makroskopiska egenskaper och förlopp. Exempel: Varför går en gas att trycka ihop? Det är relativt stora avstånd mellan partiklarna. Varför tar det emot då man trycker ihop? 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. Osv.

## 5.2 Ämnen och reaktioner

Kärnan i kemin är atomhypotesen (eller ska man säga det faktum att det finns atomer?) dvs idén att föremål och organismer är uppbyggda av atomer - små partiklar i ständig rörelse, som attraherar varandra på små avstånd och repellerar varandra då de trycks ihop. Det finns cirka 100 kända atomslag, vilka kan kombineras på enormt många sätt. Detta sker vid kemiska reaktioner, varvid atomerna som sådana behåller sin identitet (samma atomnummer), under det att sättet på vilket de är kombinerade ändras. Nya kombinationer betyder ändrade makroskopiska egenskaper. Kombinationerna sker inte hur som helst. En given atom, t ex syre, förenar sig bara med ett begränsat antal andra atomer, och på ett begränsat antal sätt. Bindningarna är av elektrisk natur. En central uppgift för kemin är att beskriva och förklara betingelser för kemiska reaktioner. Den viktigaste betingelsen för att en viss reaktion skall kunna ske är att vissa bestämda ämnen från början finns närvarande. För att reaktionen skall komma igång krävs också ofta ett energitillskott.

Om man utgår från ovanstående som en beskrivning av nyckelidéerna i grundskolans kemi och tillför det kunnade om elevers begrepp om materiens byggnad och kemiska reaktioner som redovisats i avsnitt 4, så kan man formulera en målsättning för viktiga begreppsliga aspekter av grundskolans kemi på följande sätt:

### 1. Ha kunskap om ämnen, deras egenskaper och byggnad

<u>Makroskopisk nivå</u>	<u>Atomär nivå</u>
A. Vi är omgivna av materia, organisk - oorganisk, levande - icke levande, fast - flytande - gasformig.	A. Materian i vår omgivning består av atomer. Materian är atomerna och atomerna är materian.
C. Ämnen kan indelas i rena ämnen och blandningar. Blandningar består av två eller flera ämnen. Blandningar kan vara heterogena eller homogena.	B. Den atomära nivån är exempel på en sk organisationsnivå. Några över- och underordnade nivåer är elementarpartikel, (atom), molekyl, cell.
D. Rena ämnen kan indelas i grundämnena och föreningar.	C. Rena ämnen består t ex av ett moleky slag. Blandningar består t ex av två eller flera moleky slag.
E. Ett grundämne kan ej med kemiska metoder uppdelas i enklare ämnen.	D. Grundämnena består av endast ett atomslag, föreningar av två eller flera.
F. En förening kan sönderdelas.	E. Ett atomslag kan ej omvandlas till ett annat vid kemiska reaktioner. (Bevarande av atomär identitet i betydelsen samma atomnummer.)
G. Det finns cirka 100 olika grundämnena.	F. T ex är vissa föreningar uppbyggda av identiska molekyler. Dessa kan sönderdelas i enklare molekyler och/eller atomer.
H. Ämnen har karaktäristiska egenskaper (smält- och kokpunkt, densitet, värmeledningsförmåga mm)	G. Det finns cirka hundra atomslag.
I. En del ämnen löser sig i vatten. Ämnen som inte löser sig i vatten kan ibland lösas av andra ämnen.	H. Atomer har karaktäristiska egenskaper (massa, volym, atomnummer mm)
	I. Ämnets partiklar (molekyler eller joner) blandas upp med lösningsmedlets.

Makroskopisk nivå

- J. Rena ämnen kan delas in på olika sätt, t ex organisk-oorganisk, metaller-icke metaller mm
- K. Två andra viktiga ämnesgrupper är syror och baser. Surhetsgrad uttrycks med pH-skalan, som går från 0 till 14.

Atomär nivå

- J. Organiska ämnen innehåller ofta atomslagen kol, väte och syre. En metall består av ett atomslag.
- K. pH-skalan uttrycker vätejonkoncentration.

## 2. Ha kunskap om och viss förståelse för allmänna aspekter av kemiska reaktioner

- |  |   |
|--|---|
| <p>A. En kemisk reaktion har skett när ett eller flera ämnen har bildats av ett eller flera ursprungliga ämnen. (Ursprungsämnena försvinner, nya uppstår.)</p> <p>B. Massan hos ett slutet system bevaras vid en kemisk reaktion.</p> <p>C. Många kemiska reaktioner startas genom tillförsel av energi.</p> | <p>A. En kemisk reaktion innebär att atomer omarrangeras, t ex så att nya molekyler bildas. Men varje atom behåller sin identitet (samma atomnummer).</p> <p>B. Atomer är oförstörbara vid kemiska reaktioner. Systemets totala massa är summan av atomernas massa. ('Material är atomerna och atomerna är material.') Totala antalet atomer före = totala antalet atomer efter.</p> <p>C. Energitillförsel betyder t ex att molekyler får ökad hastighet. De kan då kollidera så kraftigt att de slås i delar, som kan växelverka och bilda nya molekyler.</p> |
|--|---|

## 3. Ha kunskap om några viktiga kemiska reaktioner, t ex

- |   |  |
|---|--|
| <p>A. Vissa grundämnen reagerar med syre. Då bildas oxider.</p> <p>B. Rost bildas då järn reagerar med syre och vatten.</p> <p>C. Då organiska ämnen reagerar med syre (förbränning) bildas ofta koldioxid och vatten (fossila bränslen - olja, kol, gas - biobränslen, kolhydrater i levande organismer). Energi avges.</p> <p>D. Fotosyntesen</p> | <p>A. Den atomära nivån kan symboliseras med enkla modeller</p> <p>B. Dito</p> <p>C. Dito</p> <p>D. Dito</p> |
|---|--|

## 4. Ha viss kunskap om kemiska symboler

- A. Vad vanliga kemiska tecken betecknar (H, O, C, Na osv) och hur vanligt förekommande atomer betecknas (järnatom, kaliumatom, aluminiumatom osv).
- B. Vad vanliga molekylformler betecknar (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> osv) och hur vanliga molekyler betecknas (svaveldioxid, ozon osv).
- C. Innebörden av reaktionsformler.

## 6. KONSTRUKTION OCH VAL AV UPPGIFTER

I avsnitt 5 är målen för 'faser och fasövergångar' och 'ämnen och reaktioner' angivna. Dessa mål avspeglar vår mening om vad som är viktigt i undervisningen när det gäller begreppsförståelse, även om vi beaktat synpunkter från en referensgrupp med tre erfarna högstadielärare. Vi vet alltså inte i vilken utsträckning Sveriges NO-lärare delar vår uppfattning. Ett tänkbart moment i arbetet hade varit att skicka ut målen till ett representativt riksurval av lärare för bedömning och systematisk revidering, men tiden medgav inte detta. I avsaknad av denna information har vi därför varit noga med att redovisa dels målen som sådana, dels vilka kunskaper som utnyttjats då de tagits fram. Härigenom förbättras läsarens möjligheter att bedöma vunna resultat och slutsatser och att relatera dessa till sin egen undervisning.

Från målen har vi så tagit nästa steg i arbetet, nämligen konstruktion, utprovning och val av uppgifter. Vi började med att skapa en uppgiftspopulation, som prövar de olika målen. För samtliga utvalda områden (se avsnitt 1) är det fråga om cirka 200 papper- och pennauppgifter, merparten av typ 'öppet svar'. Vi har prövat varje uppgift på 50 elever i åk 9 och kategoriserat svaren. Detta arbete har gett intressanta inblickar i elevernas tankevärld. För en del uppgifter är kategorierna få och tydliga, för andra är de ganska många och relativt vaga.

Som nämnts i avsnitt 2 rymmer också arbetet med att konstruera uppgifter ett betydande tolkningsmoment. För att få en förankring i undervisningspraxis har vi bitt högstadielärare i NO att bedöma varje uppgift som använts i pilotstudien (cirka 10 lärare per uppgift). Följande schema har därvid brukats (läraren anger var han/hon befinner sig mellan två givna ytterligheter genom att ringa in lämplig siffra):

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <p>A. Uppgiften är lätt för eleverna.</p> <p>B. Uppgiften löses genom att eleven minns och återger.</p> <p>C. Uppgiften är tråkig och fantasilös för eleven.</p> | <p>1 2 3 4 5</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>1 2 3 4 5</p> | <p>Uppgiften är svår för eleverna</p> <p>Uppgiften löses genom att eleven tänker och förstår.</p> <p>Uppgiften är rolig och stimulerande för eleven.</p> |
|--|--|--|



- D. Uppgiften prövar perifera ämnesbegrepp. 1 2 3 4 5 Uppgiften prövar centrala ämnesbegrepp.
- E. Uppgiften prövar begrepp som är viktiga för medborgaren (både vardags- och samhällsliv avses). 1 2 3 4 5 Uppgiften prövar begrepp som är viktiga för medborgaren (både vardags- och samhällsliv avses).
- F. De begrepp som uppgiften prövar behandlas inte i min undervisning. 1 2 3 4 5 De begrepp som uppgiften prövar behandlas relativt utförligt i min undervisning.
- G. Jag rekommenderar att uppgiften inte ingår i den nationella utvärderingen. 1 2 3 4 5 Jag rekommenderar att uppgiften ingår i den nationella utvärderingen.

De uppgifter som vi till slut tagit med har i de allra flesta fall fått en 'medelrekommendation' för G som ligger över 4.

Härefter har vi komponerat tre problemhäften som täcker samtliga utvalda områden. Omfattningen är 12 - 15 uppgifter per häfte. Vi har beaktat vad vi lärt oss under den första utprovningen men också tagit hänsyn till att vi måste genomföra de slutliga kategoriseringarna och kodningarna inom en given ekonomisk ram. Allt skall göras över 3000 gånger! Detta är huvudförklaringen till att andelen flervalsuppgifter blivit större än under den första utprovningssfasen. Distraktörerna är dock ofta hämtade från kategorier av svar som vi funnit under denna fas.

Så har de tre häftena prövats på cirka 250 elever i åk 9. I detta sammanhang prövades också elev- och en lärarenkäten. Efter analys av erhållna resultat utformades det slutliga utvärderingsinstrumentet för att användas i början av vårterminen 1992.

I avsnitt 7 tom 10 nedan redovisas resultaten av de uppgifter som slutligen användes. Ofta fokuserar en given uppgift ett bestämt mål, men uppgiften kan också kräva att andra aspekter av kunskande i fysik och kemi tas i anspråk än det mål som står i fokus. Detta beror bl a på att naturvetenskapliga begrepp ofta är relaterade till varandra och ger varandra mening. Med denna reservation visas i tabell 6.1 vilka mål som utvärderas av vilka uppgifter.

Tabell 6.1. Vilka mål utvärderas av vilka uppgifter?

Faser och fasövergångar		Ämnen och reaktioner		Ämnen och reaktioner	
mål	uppgifter	mål	uppgifter	mål	uppgifter
1	1,2,3,4	1A	10	1K	16
2	7,8	1B	11	2A	17, 18, 19
3	7,8	1G	12	3B	20
4	6	1H	13,14	3C	21,22
5	5,19	1I	15	4A	23

## DEL 2

# RESULTAT

## 7 GASER

### 1. Hur är luft sammansatt?

Ett av följande påståenden är riktigt. Vilket? Sätt kryss!

- De två vanligaste gaserna i luft är kväve och syre
- De två vanligaste gaserna i luft är syre och väte
- De två vanligaste gaserna i luft är koldioxid och syre
- De två vanligaste gaserna i luft är syre och ädelgasen argon

### RESULTAT

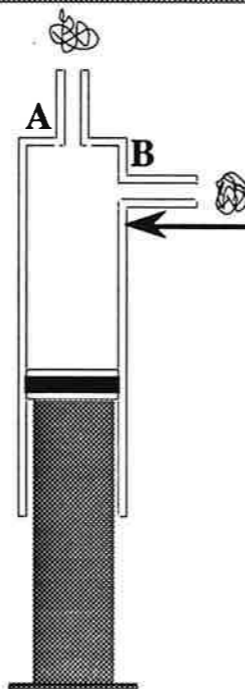
Tabell 7.1 Luftens sammansättning. Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3103)

Alternativ	%
Kväve och syre	39
Syre och väte	26
Koldioxid och syre	34
Syre och argon	0
Övrigt	0
Ej besvarat	1

### 2. Blåser tussen bort?

En plasticspruta hålls ordentligt fast på ett bord. Förutom öppningen A finns det ett hål B som är lika stort som A. (Figuren är sedd uppifrån.) Om man trycker in kolven så långt som till pilen så blir det en vindpust som blåser bort papperstussen vid A. Hur går det med papperstussen vid B? Sätt ett kryss!

- Inget händer med papperstussen vid B. Så gott som all luft blåses ut genom A.
- Det blåser lite på papperstussen vid B, men inte alls lika mycket som på den vid A.
- Det blåser ungefär lika mycket på papperstussen vid B som på den vid A.
- Papperstussen vid B suges in mot hålet i sidan.



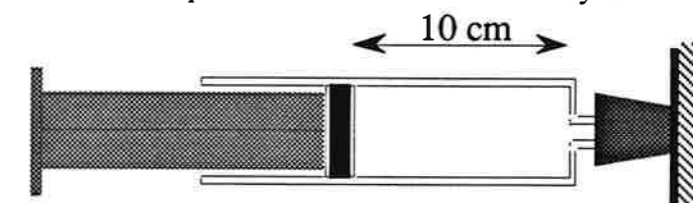
## RESULTAT

Tabell 7.2 Blåser tussen bort? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3103)

Alternativ	%
All luft ut genom A	10
Mycket mer luft genom A än B	35
Lika mycket luft genom A och B	31
Luft suges in vid B	23
Övrigt	1
Ej besvarat	1

### 3. 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. Vad händer? Sätt ett kryss!



- Kolven går inte att skjuta in
- Kolven går att skjuta in någon millimeter
- Kolven går att skjuta in någon centimeter
- Kolven går att skjuta in flera centimeter
- Kolven går att skjuta ända in till sprutans botten

### RESULTAT

Tabell 7.3 Går kolven att skjuta in? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3103)

Alternativ	%
Inte alls	42
Någon millimeter	33
Någon centimeter	15
Flera centimeter	4
Ända till botten	4
Ej besvarat	1

#### 4. Varför rinner inte saften ned?

Ludvig skall 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 modelleran. 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 ända ner till spetsen på tratten, men saften stannar i tratten, trots att det är öppen väg för den. Förklara detta!



#### RESULTAT

Vi har funnit följande kategorier av svar (n=3103)

- A. EJ BESVARAT (15%)
- B. EJ FÖRKLARAT (7%)  
-Jag vet inte varför.  
-Det vill jag inte.
- C. MODELLERAN STOPPAR SAFTEN (DEN DRAR, TRYCKER, HINDRAR MM) (6%)  
-Modelleran täpper igen trattens botten.  
-Tratten blir klämd så saftens väg hindras.  
-Lerans tyngd stoppar saften från att rinna ner.
- D. VAKUUM I FLASKAN (8%)  
-Därför att det finns ingen luft i flaskan så det blir som ett vakuum och det rinner ingen saft ner genom tatten.  
-Vakuemet stoppar vätskan att rinna ner.
- E. DET KOMMER INTE IN NÅGON LUFT/SYRE (I FLASKAN) (8%)  
-Det kommer inget luft in så att inget vatten går in.  
-Luften täpps så kan inte luften komma in. Då är det svårt för saften att komma in.  
-Det blir vacuumförpackning. Det kommer inte in någon luft i flaskan.  
-Han täpper till så att det inte kommer någon luft. Och luft behövs för att suga ner saften.
- F. DET BLIR/ÄR ETT TRYCK/LUFTTRYCK I FLASKAN (SOM HÅLLER EMOT) (5%)  
-Vattnet kommer ej ner för det uppstår ett tryck underifrån tratten.  
-Det är för högt lufttryck i flaskan så det kan inte rinna ned.  
-Det har bildats ett tryck i flaskan.  
-Lufttrycket bildar ett lock som gör så att saften inte kan rinna ner i flaskan.

Anmärkning. Enbart ordet tryck eller lufttryck, samt tryck ospecificerat ('Det blir ett tryck') kategoriseras som 'ÖVRIGT'.

- G. FLASKAN ÄR FULL MED LUFT OCH/ELLER LUFTEN KOMMER INTE UT SAMT EVENTUELLT TRYCK, MOTTRYCK (39%)  
-Det finns ingen stans att syret ska gå ut för att ge plats till saften.  
-Luften kan inte gå ut så att det kan komma in saft. Den är redan full av luft.  
-Modelleran har täppt till flaskan så luften och saften inte kan byta plats.
- H. ÖVRIGT (11%)  
-Lufttrycket.  
-Det blir ingen syre och då tar det stopp.  
-Saften flyter trögt.

#### 5. 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.

#### RESULTAT

Tabell 7.4 Vad orsakar lukt? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3103)

Alternativ	%
Molekyler tränger in i näsan	16
Lukt sprider sig, ej molekyler	12
Ångor sprider sig, ej molekyler	61
Molekyler nära näsan avger lukt	9
Övrigt	0
Ej besvarat	1

## 8 FASÖVERGÅNGAR

### 6. Vilken fasövergång är det?

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

Vatten fräser i en het stekpanna \_\_\_\_\_

Det blir is på sjön \_\_\_\_\_

Den regnvåta asfalten torkar \_\_\_\_\_

Det bildas en klar vätska runt vecken i ljuset som brinner \_\_\_\_\_

#### RESULTAT

Tabell 8.1 'Vatten fräser etc'  
Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3103)

Alternativ	%
Smältning	3
Avdunstning	18
Kokning	66
Kondensering	11
Stelning	0
Övrigt	1
Ej besvarat	1

Tabell 8.3 'Våta asfalten torkar'.  
Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3103)

Alternativ	%
Smältning	1
Avdunstning	77
Kokning	1
Kondensering	15
Stelning	4
Övrigt	0
Ej besvarat	2

Tabell 8.2 'Det blir is på sjön'.  
Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3103)

Alternativ	%
Smältning	1
Avdunstning	1
Kokning	0
Kondensering	7
Stelning	90
Övrigt	1
Ej besvarat	1

Tabell 8.4 'Det bildas klar vätska'.  
Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3103)

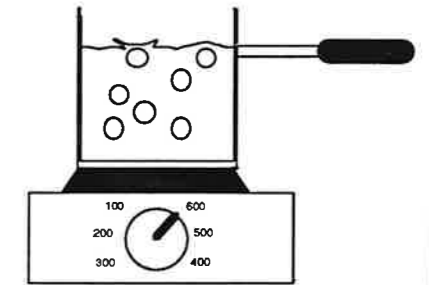
Alternativ	%
Smältning	68
Avdunstning	2
Kokning	3
Kondensering	21
Stelning	3
Övrigt	1
Ej besvarat	2

Om både avdunstning och kokning godtas som svar på den första delfrågan svarar 41% rätt på hela uppgiften.

### 7. Vad innehåller kokbubblorna?

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

- luft  koldioxid  
 syre  väte  
 vattenånga



#### RESULTAT

Tabell 8.5 Kokbubblorna. Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3103)

Alternativ	%
Luft	20
Syre	38
Vattenånga	29
Koldioxid	6
Väte	4
Övrigt	2
Ej besvarat	1

### 8. Vilka ämnen är vätska vid 20°?

Här följer en tabell över smältpunkt och kokpunkt för några ämnen.

Ämne	Smältpunkt (°C)	Kokpunkt (°C)
Aceton	-95	+56
Aluminium	+660	+2467
Bly	+328	+1740
Klor	-101	-34
Kvicksilver	-39	+357
Kväve	-210	-192
Trikloretalen	-87	+87

Vilka ämnen är i vätskeform vid rumstemperatur (+20° C)?

## RESULTAT

**Tabell 8.6** Vilka är i vätskeform? Procentuell fördelning av elevsvar på olika ämnen (n=3103)

Alternativ	%
Aceton	76
Kvicksilver	64
Triklöretylen	60
Klor	40
Kväve	17
Bly	4
Aluminium	4

29% har alla rätt, dvs de svarar aceton, kvicksilver och triklöretylen.

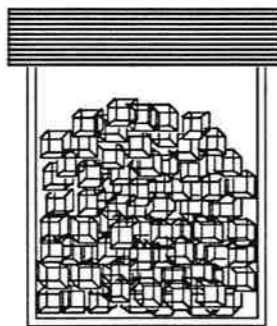
9% svarar aceton, klor, kvicksilver, kväve och triklöretylen.

9% svarar aceton, klor, kvicksilver och triklöretylen.

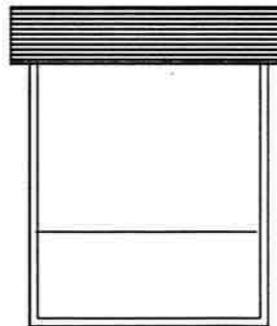
### 9. Bevaras massan då is smälter?

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

FÖRE



EFTER



Mycket mer är 630 gram

Lite mer än 630 gram

Fortfarande 630 gram

Lite mindre än 630 gram

Mycket mindre än 630 gram

Förklara hur du tänkte!

## RESULTAT

**Tabell 8.7** Isen i burken. Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ (n=3103)

Alternativ	%
Mycket mer än 630 g	8
Lite mer än 630 g	17
Fortfarande 630 g	52
Lite mindre än 630 g	15
Mycket mindre än 630 g	7
Övrigt	0
Ej besvarat	1

Vi har funnit följande förklaringskategorier (n=3103):

A. EJ BESVARAT (INGET KRYSS OCH INGEN MOTIVERING) (1%)

B. LITE ELLER MYCKET MINDRE ÄN 630 g (23%)

1. Ej förklarat (7%)

-Inte en aning.

2. Isen tar större plats/vattnet tar mindre plats (3%)

-Isen blir lite mindre när den smälter.

-När vatten stelnar och blir till is så vidgar sig isen.

3. Is väger mer än vatten/vatten väger mindre än is (8%)

-Fruset vatten väger mer än vanligt vatten.

-Vatten utvidgar sig när det fryser så jag tror att det väger litet mindre när det tinat.

4. Övrigt (5%)

-Isen har ofta små luftbubblor i sig som bidrar till att öka vikten. Men när vattnet smält har luften blivit fri.

-Vattnet avdunstar ju lite och håller sig i luften inne i burken. Därför väger alltsammans mindre.

C. LITE ELLER MYCKET MER ÄN 630g (26%)

Ej förklarat (7%)

Det är mer i burken efteråt/det utvidgas (1%)

-Isen smälter och det blir mer. Vattnet stiger när isen smälter.

-Vattnet utvidgar sig när det smälter.

-Materiel blir mindre när det har mindre temperatur.

Vatten är tyngre än is /is lättare än vatten (13%)

-Is är lättare än vatten annars skulle inte is flyta på vatten.

-Vatten är tyngst vid +4 grader C. Is är kallare och lättare.

-När vatten fryser utvidgar det sig så då bör det väga mindre.

Övrigt (5%)

- Jag tror att vatten väger mer än is, för det är mer luft i is eftersom det tar större plats.
- Vattnet är mera konstant, medan iskuberna har vidgat sig och innehåller mer syre vilket gör dem lättare.

## D. FORTFARANDE 630 g (52%)

Ej förklarar (14%)

- Det kan jag inte.

Samma ämne före som efter (identitet)(3%)

- Det är samma vatten.
- Is består av vatten.
- För vattnet finns ju i isen.

Vikten(massan) samma trots ändringar (smältning, volymändring) /tillståndsändringen spelar ingen roll (23%)

- Det borde ju inte väga mer eller mindre för att det ändrar form.
- Is och vatten väger lika mycket. Man ska inte luras av volymen.
- Molekylerna har samma vikt. Molekylerna bara blandas när isen smälter, dom ökar inte, därför har det samma vikt.

Inget har kommit ut och/eller in. Inget har tillkommit/försvunnit (10%)

- Jag tänkte att även om vatten tar mindre plats än is så väger det nog lika mycket. Inget har ju försvunnit ur burken eftersom locket är tätslutande.

Övrigt (2%)

- För att det avdunstar litet.
- Isbitar väger inte särskilt mycket så eftersom själva burken väger 630 g så tror jag att den gör det fortfarande när isbitarna har smält.

## 9 ÄMNER

## 10. Vad består av atomer?

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

	JA	NEJ		JA	NEJ
kastrull	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	molekyl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
olja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	magnetfält	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
tulpan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vakuum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
elektron	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
muskelcell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ljusstråle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kärlek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	människa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## RESULTAT

Tabell 9.1 Procentuella andelen elever som anser att olika system består av atomer (n=3127)

system	%	system	%
människa	89	tulpan	69
luft	86	magnetfält	58
molekyl	84	elektron	44
olja	79	ljusstråle	39
muskelcell	78	vakuum	22
kastrull	74	kärlek	8

15% av eleverna har alla rätt. 10% har fel enbart på magnetfält och/eller ljusstråle.

## 11. Organisationsnivåer

Titta på orden TRÅD, TYG och FIBER. Med dessa ord kan man skriva följande mening: TYG består av TRÅDAR, som i sin tur består av FIBRER.  
Titta nu på orden MOLEKYL, ATOM och CELL och skriv en liknande mening.  
Fyll i rätt ord på rätt ställe! \_\_\_\_\_ består av \_\_\_\_\_, som i sin tur består av \_\_\_\_\_.

## RESULTAT

Tabell 9.2 Organisationsnivåer. Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3127) (Bindestreken i tabellen utläses 'består av'.)

Alternativ	%
celler - molekyler - atomer	48
celler - atomer - molekyler	15
molekyler - celler - atomer	4
molekyler - atomer - celler	10
atomer - celler - molekyler	4
atomer - molekyler - celler	14
ej besvarat	6

## 12. Hur många grundämnen finns?

Ungefär hur många grundämnen finns det? Sätt ett kryss!

1     10     100     1000     10000

## RESULTAT

Tabell 9.3 Antal grundämnen. Procentuell fördelning på olika alternativ (n=3127)

Alternativ	%
1	1
10	5
100	78
1000	11
10000	5
ej besv	1

## 13. Vilken gas får glöd att flamma?

I skolan får Du lära Dig om gasers egenskaper. En viss gas finns i en kolv. Om man för ned en glödande trästicka i kolven, så börjar stickan brinna med en tydlig låga. Vilken är gasen? \_\_\_\_\_

## RESULTAT

Tabell 9.4 Vilken gas får en glödande sticka att flamma upp? Procentuell fördelning av elevsvar på olika kategorier (n=3127)

Kategori	andel svar (%)
syre	38
väte	24
gasol/butan	5
koldioxid	4
övrigt	16
ej besvarat	14

## 14. Vilken gas grumlar kalkvatten?

En viss gas får bubbla genom kalkvatten. Då blir kalkvattnet grumligt. Vilken är gasen? \_\_\_\_\_

## RESULTAT

Tabell 9.5 Vilken gas grumlar kalkvatten? Procentuell fördelning av elevsvar på olika kategorier (n=3127)

Kategori	(%)
koldioxid	29
kolsyra	2
kolmonoxid	1
väte	13
syre	8
övrigt	19
ej besvarat	27

## 15. Hur skilja socker från sand?

Ann är på sitt sommarställe - ett öde torp långt ute i skogen. Det är fredag eftermiddag. Hon behöver socker. Hon cyklar den långa vägen till handelsboden och hinner fram i sista minuten innan den stänger för helgen. Hon köper sitt socker, spänner fast påsen på pakethållaren och cyklar hem. Just innanför grinden cyklar hon i ett gupp. Sockerpåsen lossnar från pakethållaren, faller ner på grusgången och spricker. Förargligt! Hon hämtar två plastpåsar. I den ena samlar hon upp det socker som fortfarande är rent. I den andra tar hon sandblandat socker. Det blir ganska mycket i den påsen. Under tiden börjar hon fundera på om det finns något sätt att skilja sockret från sanden. Skriv ned ett sätt att skilja sockret från sanden så att man får tillbaka rent, fast socker.

## RESULTAT

Vi har funnit följande kategorier av svar (n=3127):

- A. EJ BESVARAT (18%)
- B. EJ FÖRKLARAT (5%)  
-Kan ej hitta på något
- C. MEKANISK SEPARERING (SILA, PLOCKA, SKAKA, BLÅSA) (25%)  
-Man silar kanske.  
-Sockerkristallerna är mindre än sandkornen och man kan därför sila ut sockret  
-Utnyttja att sanden väger mer än sockret.
- D. SMÄLTA (3%)  
-Sockret smälter i värme.  
-Smälta sockret.
- E. SMÄLTA OCH SEPARERA (4%)  
-Smälter sockret och sen silar. Då rinner sockret ner.  
-Smälta och sila bort gruset.
- F. SMÄLTA, SEPARERA OCH STELNA (2%)  
-Först värmer man blandningen och sen håller man den genom en sil. Då fastnar sandkornen men sockermassan åker igenom. Sen väntar man tills sockret stelnar igen.  
-Man kan koka sanden och sockret och då smälter sockret, sedan silar man bort sanden och låter sockret torka.
- G. LÖSA (3%)  
-Håller vatten på så klumpar det ihop sig, så försvinner sanden.  
-Lös sockret i vatten
- H. LÖSA I VATTEN OCH SEPARERA (8%)  
-Man håller socker-sanden i en kastrull. Sedan håller man på vatten och kokar sockersanden. När sockret har smält filtrerar man vattnet så att all sand tas bort.  
-Om hon kokar upp sockret med vatten så blandas sockret mycket lätt med vattnet, sedan är det bara att sila.  
-Man lägger socker i ett filter och håller på vatten, då stannar sanden kvar.
- I. LÖSA I VATTEN, SEPARERA OCH LÅTA AVDUNSTA (22%)  
-Blanda sandsockerblandningen med vatten. Filtrera bort sanden och koka bort vattnet så ligger bara sockret kvar.  
-Lös upp blandningen i H<sub>2</sub>O (sanden löses ej). Filtrera bort sanden. Låt avdunsta = socker.  
-Man håller på vatten. Sanden blir kvar men sockret försvinner. Sedan tar man bort sanden genom att sila "sörjan". Sedan låter man vattnet torka, kvar får man socker.
- J. ÖVRIGT (9%)  
-Genom kondensation.  
-Det är ju olikfärgat.  
-Man kan hålla på något ämne som gör att de skiljs åt.

## 16. Vad betyder pH?

*En skolklass mäter pH i två sjöar, Kroksjön och Lången. pH i Kroksjön är 5. pH i Lången är 6. Förklara så noga Du kan vad det är för kemisk skillnad på vattnet i Kroksjön och det i Lången.*

## RESULTAT

Vi har funnit följande kategorier av svar (n=3127):

- A. EJ BESVARAT (17%)
- B. EJ FÖRKLARAT (7%)  
-Tyvärr kan jag inte svara på denna fråga. Jag är dum på sådant.
- C. SJÖARNA ÄR OLIKA SURA (4%)  
-Det ena är surare än det andra.
- D. VATTNET ÄR SURARE I LÅNGEN/MER BASISKT I KROKSJÖN (15%)  
-Kroksjön är mindre sur än Lången. Mer utsläpp i Lången.  
-Långens vatten är litet surare.
- E. VATTNET ÄR SURARE I KROKSJÖN/MER BASISKT I LÅNGEN (42%)  
-Vattnet i Kroksjön är surare.  
-Lången har mycket mer basiskt vatten, och det är bra, och Kroksjön är litet surare.
- F. DET ÄR HÖGRE KONCENTRATION AV VÄTEJONER I KROKSJÖN (2%)  
-Kroksjön är surare, mer vätejoner. Lången är mindre sur, mindre vätejoner.
- G. DET ÄR 10 GGR SURARE I KROKSJÖN (1%)  
-Kroksjön är 10 gånger surare än Lången.  
-Det i Kroksjön är 10 gånger så surt som det i Lången.
- H. DET ÄR 10 GGR HÖGRE KONCENTRATION AV VÄTEJONER I KROKSJÖN (3 elever!)  
-Kroksjön har 10 ggr fler vätejoner än Lången.
- I. DET ÄR MER KALK I LÅNGEN/MINDRE KALK I KROKSJÖN (1%)  
-Det är mindre kalk i Kroksjön än i Lången.
- J. ÖVRIGT(12%)  
-Vattnet i kroksjön har i större utsträckning påverkats av miljöföroreningarna ex övergödning, svavelutsläpp etc. Det är ej bra.  
-Det är mindre syre i Kroksjön än i Lången.  
-Kvicksilver.



## 10 KEMISKA REAKTIONER

## 17. Vilka är kemiska reaktioner?

Vilka av följande händelser är kemiska reaktioner? Om Du anser att en händelse är en kemisk reaktion kryssar Du i JA. Om du anser att en händelse inte är en kemisk reaktion kryssar Du i NEJ.

	JA	NEJ		JA	NEJ
T-sprit brinner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bilplåt rostas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vatten kokas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fett sönderdelas av bukspott	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tenn smälter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	En uppblåst ballong spricker	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## RESULTAT

Tabell 10.1 Vilka är kemiska reaktioner? Procentuell fördelning av ja-svar på olika alternativ (n=3127)

Alternativ	%
Bilplåt rostas	87
T-sprit brinner	73
Fett sönderdelas av bukspott	65
Tenn smälter	46
Vatten kokas	39
En uppblåst ballong spricker	22

21% av eleverna har alla rätt.

## 18. Är utgångsämnen giftiga?

Två ämnen A och B reagerar med varandra. Då bildas ett nytt ämne som är giftigt. Vad kan man säga om ämnena A och B? Sätt ett kryss!

- Både A och B är giftiga
- Ett av ämnena A och B är giftigt
- Både A och B är lite giftiga
- Inget av ämnena A och B behöver vara giftigt

## RESULTAT

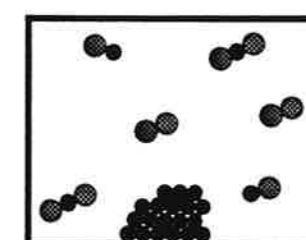
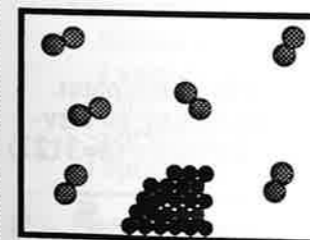
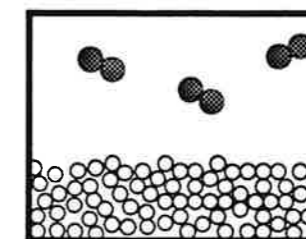
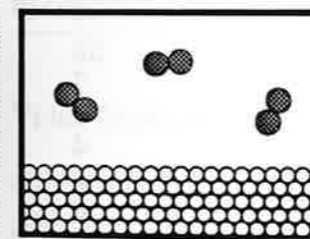
Tabell 10.2 Är utgångsämnen giftiga? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3127)

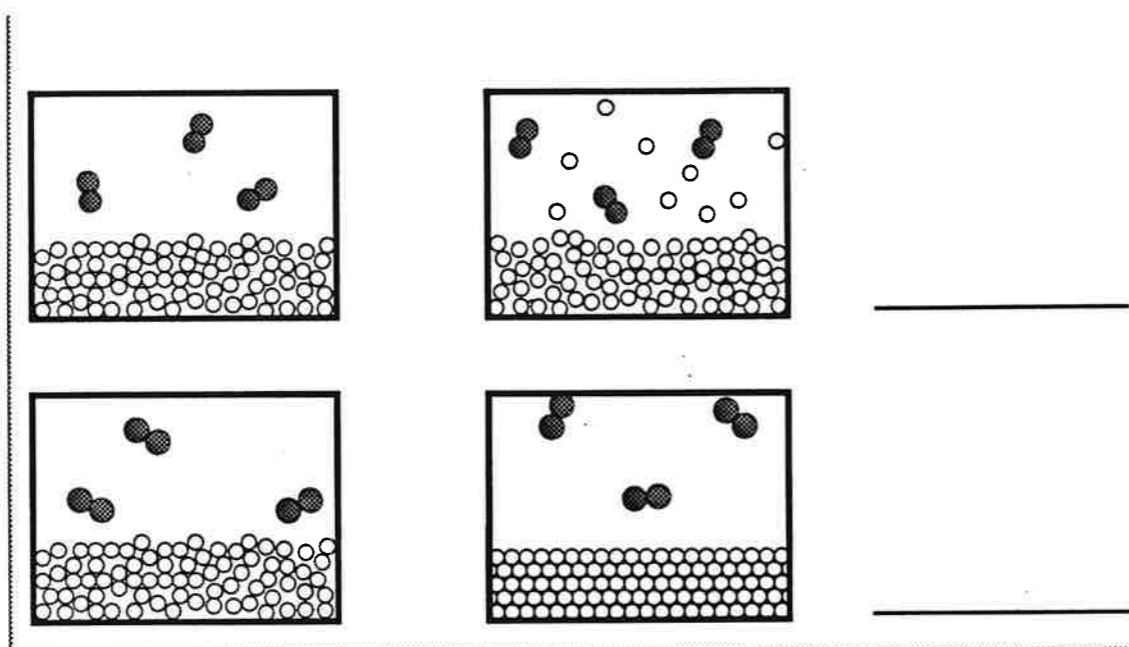
Alternativ	%
Både A och B är giftiga	4
Ett av ämnena A och B är giftigt	12
Både A och B är lite giftiga	3
Inget av A och B behöver vara giftigt	76
Övrigt	1
Ej besvarat	2

## 19. Partikelbilder

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

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





## RESULTAT

Tabell 10.3 Första bildparet.  
Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3127)

Alternativ	%
Kemisk reaktion	10
Lösning	20
Avdunstning	5
Smältning	44
Stelning	1
Kondensation	7
Övrigt	3
Ej besvarat	10

Tabell 10.5 Tredje bildparet.  
Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3127)

Alternativ	%
Kemisk reaktion	6
Lösning	17
Avdunstning	44
Smältning	5
Stelning	1
Kondensation	14
Övrigt	3
Ej besvarat	10

Tabell 10.4 Andra bildparet.  
Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3127)

Alternativ	%
Kemisk reaktion	58
Lösning	7
Avdunstning	8
Smältning	4
Stelning	2
Kondensation	8
Övrigt	4
Ej besvarat	10

Tabell 10.6 Fjärde bildparet.  
Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3127)

Alternativ	%
Kemisk reaktion	1
Lösning	1
Avdunstning	3
Smältning	3
Stelning	75
Kondensation	5
Övrigt	3
Ej besvarat	10

## 20. Varifrån kommer rosten?

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

- (A)  Den finns i luften                      (C)  Den har ännu inte bildats  
(B)  Den finns i vattnet                      (D)  Den finns i spiken

Förklara hur Du tänkte!

## RESULTAT

Tabell 10.7 Rostiga spikar. Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3127)

Alternativ	%
Den finns i luften	9
Den finns i vattnet	6
Den har ännu ej bildats	67
Den finns i spiken	14
Flera alternativ	2
Ej besvarat	1

Vi har funnit följande kategorier när det gäller elevernas motiveringar.

- A. EJ BESVARAT/EJ MOTIVERAT (27%)
- B. ROSTEN FINNS HELA TIDEN (DEN FLYTTAS, BLIR SYNLIG ETC) (7%)  
Inga elever i denna kategori har kryssat i alternativ (C).  
-Rosten kommer med fuktig luft. (A)  
-I vattnet finns lite metall, t ex koppar. Det förs vidare till spiken som då rostar. (B)  
-Jag rostar inte om jag lever nära eller står nära vattnet, så rosten måste finnas i spiken. (D)
- C. ROSTEN UPPSTÅR OSPECIFICERAT (3%)  
-Korrosion. (C)  
-Rosten finns ju inte innan det har blivit rost. (C)  
-Rosten kommer senare. (C)
- D. ROSTEN UPPSTÅR PGA PÅVERKAN AV ANDRA ÄMNEN (ANGRIPER, FRÅTER PÅ, TRÄNGER IN MM) (6%)  
-När spiken ligger i vattnet så löser vattnet upp spiken. (C)  
-Det är vattnet som påverkar spiken att den blir rostig, det är något i vattnet som gör det. (B)  
-Luften angriper spiken när den är blöt. (A)

E. ROST UPPSTÅR (BARA) OM VISSA ÄMNEN ÄR I KON-  
TAKT (23%)

1. Spik/järn och vatten (18%)

-Metall innehåller inte rost men det bildas då metallen kommer i kontakt med vatten en längre tid. (C)

-Rosten bildas när vattenmolekylerna kommer i kontakt med spiken. (C)

2. Spik/järn och syre/luft (1%)

-Den bildas väl via luft + spikens olika ämnen.

-Det finns ju syre i luften, om det kommer i kontakt med järnföremål så börjar de rosta. (A)

3. Spik/järn och vatten och syre/luft (4%)

-När en spik med vatten på kommer i kontakt med luften bildas rost. (C)

-Rosten bildas inte förrän vatten och luft är tillsammans med den metallformiga saken. (C)

F. ROST UPPSTÅR GENOM (KEMISK) REAKTION/FÖRENING (23%)

1. Ospecificerat (5%)

-Rosten är ett resultat av en kemisk reaktion. (C)

-Rosten bildas genom en förening. (C)

-Det blir en sammanslutning och då blir det rost. (C)

2. Spik/järn och vatten (10%)

-Rost bildas genom en kemisk reaktion, alltså bildas inte rosten förrän spiken reagerar med vattenångorna eller vattnet. (C)

Rosten bildas ju först när metallen reagerar tillsammans med vattnet. Det bildas en oxid. (C)

-Det blir en kemisk reaktion när vattnet och spiken kommer i kontakt. (B)

3. Spik/järn och luft/syre (5%)

-I luften för det blir en järnoxid, oxiderar tillsammans med luft. (A)

-Rosten bildas när järnet oxiderar. Det bildas en kemisk reaktion som leder till  $Fe_2O_3$ . (C)

4. Spik/järn och vatten och luft/syre (3%)

-Vattnet, luften och spiken har ej reagerat än. (C)

-Rosten är en kemisk förening mellan fukt och järn och rost. (C)

-Molekylerna i luften innehåller ett ämne som framkallar rost. När luften reagerar med vattnet och järnet i spiken så framkallas det rost som sätter fula spår i spiken. (A)

G. ÖVRIGT (11%)

-Atomerna i båda föreningarna bildar elektronparbindningar som blir en beläggning på spiken. (C)

-I naturen har ämnet rostfärg. (D)

21. När bildas koldioxid?

När bildas det koldioxid? Om Du anser att det bildas koldioxid vid en händelse kryssar Du i JA. Om du anser att det inte bildas koldioxid vid en händelse kryssar Du i NEJ.

	JA	NEJ		JA	NEJ
En vanlig bil kör	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Svavel brinner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ved brinner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Olja brinner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En människa går uppför en trappa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ett magnesium- band brinner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

RESULTAT

Tabell 10.8 När bildas koldioxid? Procentuell fördelning av ja-svar på olika alternativ (n=3127).

Alternativ	%
En vanlig bil kör	78
Ved brinner	70
Olja brinner	67
En människa går uppför en trappa	57
Svavel brinner	53
Ett magnesiumband brinner	46

13 % av eleverna har alla rätt.

22. Vad väger avgaserna?

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

- mycket mindre än 50 kg
- mindre än 50 kg
- cirka 50 kg
- mer än 50 kg
- mycket mer än 50 kg

Förklara hur Du tänkte!

## RESULTAT

Tabell 10.9 Avgaser. Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ (n=3127)

Alternativ	%
Mycket mindre än 50 kg	21
Mindre än 50 kg	27
Lika med 50 kg	22
Mer än 50 kg	16
Mycket mer än 50 kg	12
Övrigt	1
Ej besvarat	2

Så här har vi kategoriserat elevernas förklaringar:

A. EJ BESVARAT (INGET KRYSS OCH INGEN MOTIVERING) (2%)

B. MYCKET MINDRE ELER MINDRE ÄN 50 kg (48 %)

1. Ej förklarat (17%)

2. Bensinen används/förbrukas/förbränns/blir energi (12%)

- Det kommer ut mycket mindre än 50 kg därför att mycket av bensinen omvandlas till värmeenergi som inte går att väga.
- Det mesta går ju åt att driva bilen med. Avgaserna är bara en biprodukt.
- Mycket av bensinen omvandlas till energi.
- Mindre än 50 kg. Mindre måste komma ut för en del förbränns.

3. Gaser/avgaser bildas. De är lätta/lättare än luft/lättare än bensin (12%)

- Den går till gasform som väger mycket lite.
- Gasform är lättare än flytande form.

4. Övrigt (7%)

- Allt kommer inte ut genom avgasröret.
- Lite måste ju stanna i filtret som renar så att det inte ska komma ut så våldsamt mycket skit i naturen

Det är cirka 2% av eleverna som menar att en del av bensinen stannar i avgasröret etc. Tankemässigt är de att hänföra till nästa kategori (C).

C. CIRKA 50 kg (22%)

1. Ej förklarat (10%)

- Hur i hela friden kan man mäta det?

2. Det som kommer in går ut. Inget försvinner (6%)

- Därför att det kan ju inte bli mera än vad det var från början.
- Materia är alltid lika innan och efter en reaktion.
- Vikten kan inte försvinna.

3. Visserligen annan form/omvandling mm men ändå 50 kg (4%)

- Det kommer ut lika mycket som man stoppade in fast i andra former.
- Bensinen förvandlas. Molekylerna, atomerna finns kvar.
- Den mängd materia som förbränns är lika stor eftersom antal atomer ej förändras.
- Det kommer ut i en annan form även om densiteten är lägre. Men cirka stod det ju.

4. Övrigt (2%)

- Det beror på om man har katalysator eller inte.
- Bensinen går in i motorn i flytande form och ut igen i gasform, men massan är densamma därför att man bara låtit bensinen blandas med luft och antändas. Energi väger ingenting och det var den man var ute efter.

D. MER ELLER MYCKET MER ÄN 50 kg (28%)

1. Ej förklarat (14%)

- Det är så bara. Kommer ihåg att någon har sagt det.

2. Gas är tung / är mer / sprids ut / har större volym (3%)

- Det kanske kommer ut mera. Varför? Alla gaser och ångor som bildas blir väl rätt mycket + alla partiklar.
- En liten gnutta bensin motsvarar ju mycket mer gas i volym.

3. Syre/luft blandas in, tillkommer (3%)

- Det måste ha tillförts syre och sådant när bensinen brann.
- Bensinen blandas med luft, det blir alltså mera
- Det tillkommer en hel del annan materia. Syrepartiklar ur luften. Och vid förbränningen bildas koldioxid och ev. kolmonoxid.

4. Bensinen reagerar (förbränns) med luft/syre (1%)

- Eftersom bensinen förbränns så "fastnar" en extra syre på varje kolatom, alltså blir det tyngre.
- Bensinen förenar sig med luften i motorn.
- Ämnena i bensinen förenar sig med ämnen i luften och går ut genom avgasröret.

5. Övrigt (7%)

- Det kommer ut en massa annat skit också.
- Saker utvidgas vid förbränning.

## 23. Vad betyder symbolerna?

I kemin används symboler för att beteckna olika atomslag. Exempelvis betecknar P en atom fosfor. Fyll i följande tabell:

<u>Symbol</u>	<u>Atom</u>	<u>Symbol</u>	<u>Atom</u>
P	<u>fosfor</u>	H	_____
O	_____	Al	_____
N	_____	S	_____
C	_____		

## RESULTAT

Tabell 10.10 Vilket atomslag är O?  
Procentuell fördelning av elev-  
svar på olika kategorier (n=3127)

<u>Kategori</u>	<u>%</u>
Syre/oxygen	74
Vatten	1
Övrigt	11
Ej besvarat	15

Tabell 10.12 Vilket atomslag är C?  
Procentuell fördelning av elev-  
svar på olika kategorier (n=3127)

<u>Kategori</u>	<u>%</u>
Kol/karbon	66
Klor	7
Övrigt	12
Ej besvarat	15

Tabell 10.14 Vilket atomslag är Al?  
Procentuell fördelning av elev-  
svar på olika kategorier (n=3127)

<u>Kategori</u>	<u>%</u>
Aluminium	78
Guld	1
Övrigt	5
Ej besvarat	16

Tabell 10.11 Vilket atomslag är N?  
Procentuell fördelning av elev-  
svar på olika kategorier (n=3127)

<u>Kategori</u>	<u>%</u>
Kväve/nitrogen	37
Natrium	31
Övrigt	13
Ej besvarat	19

Tabell 10.13 Vilket atomslag är H?  
Procentuell fördelning av elev-  
svar på olika kategorier (n=3127)

<u>Kategori</u>	<u>%</u>
Väte	68
Vatten	1
Övrigt	16
Ej besvarat	14

Tabell 10.15 Vilket atomslag är S?  
Procentuell fördelning av elev-  
svar på olika kategorier (n=3127)

<u>Kategori</u>	<u>%</u>
Svavel	59
Syre	3
Övrigt	14
Ej besvarat	24

26 % har rätt på alla sex uppgifterna.

## DEL 3

# MÖJLIGHETER

## 11 ANALYS OCH VÄRDERING AV RESULTAT UPPGIFT FÖR UPPGIFT

I detta kapitel analyserar och värderar vi vunna resultat uppgift för uppgift. Detta sätt att analysera ger information om elevers begrepp och svårigheter att förstå, och leder till olika idéer om hur undervisningen kan förbättras.

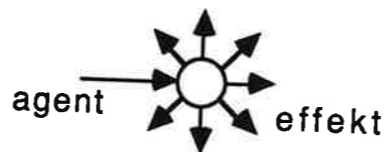
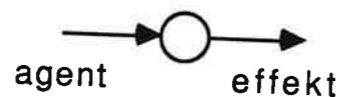
### 11.1 Gaser

#### Uppgift 1. Hur är luft sammansatt?

Den första uppgiften om gaser gäller luftens sammansättning. Vi anser att kunskap om denna är av samma baskaraktär som att veta vilket land man bor i, och värderar därför resultatet - 39% rätt - som mindre bra. Man kan fråga sig varför alternativet 'syre och koldioxid' är så attraktivt (34%). Kanske är det alla diskussioner om växthuseffekten och att vi måste reducera utsläppen av koldioxid som 'förstör upp' denna gas, vars andel av atmosfären rör sig om 0,03 %. Motsvarande siffra för kväve är 78%. En annan spekulation är att biologiundervisningen om utbytet av syre och koldioxid mellan växter och djur övertolkas till att betyda att luft i huvudsak består av dessa två gaser. Vi anser att enbart resultatet av uppgift 1 är en tillräcklig anledning för lärarna i fysik, kemi och biologi att sätta sig ned för en ingående diskussion av hur undervisningen om gaser och deras egenskaper skall koordineras och i detalj utformas.

#### Uppgift 2. Blåser tussen bort?

Denna uppgift är kanske inte så central när det gäller att pröva förståelse för gasers egenskaper. Likväl är den intressant ur undervisningssynpunkt. Man kan se situationen i uppgiften som en möjlighet att vidga elevens orsakstänkande. Den vanliga modellen av mekanisk orsak-verkan är linjär: agenten utövar en kraft i en riktning och objektet påverkas i samma riktning (foten sparkar bollen, hammaren slår på spiken osv). I uppgift 2 har vi en agent som påverkar ett objekt vilket leder till effekter i alla riktningar. Denna orsaksmodell gäller både för gaser och vätskor. Här öppnas dörren till hydraulik - föraren trampar på bromspedalen framåt och får krafter på alla fyra hjulen och i olika riktningar.



#### Uppgift 3. Går kolven att skjuta in?

Svaren på uppgift 3 är positiva på så sätt att de flesta elever tycks ha klart för sig att luft är ett objekt som tar plats. Men varför är det så många elever (75%) som inte här anger att luft kan komprimeras? Har inte alla erfarenhet av hur det känns då man håller för hålet på en cykelpump och försöker trycka in kolven? Kanske har många gjort detta men inte reflekterat över att det är luft som trycks ihop och då är erfarenheten till ringa hjälp att lösa problem 3. Hur det än må vara med den saken, så värderar vi resultatet (19% rätt) som dåligt. Men samtidigt öppnar sig en utmärkt undervisningsmöjlighet: Läraren ställer problemet med plastsprutan och var och en av eleverna skriver ned en förutsägelse. Därefter gör de experimentet och funderar

över skillnader mellan förutsägelse och resultat. Ett annat problem att fundera över är hur många 50-liters plaståsar som kan fyllas med t ex kväve från en nylevererad gastub på 50 liter. Dessa och andra frågor och erfarenheter kan skapa behov av en partikelmodell för gaser.

#### Uppgift 4. Varför rinner inte saften ned?

Uppgift 4 besvaras rätt av 44% - det bästa resultatet på en gasuppgift. Kategori D -vakuum i flaskan gör att saften inte rinner ned- förbryllar. Kanske kan erfarenheten att vakuumpackningar är täta bidra till tänkande enligt kategorin. Kategori E - det kommer inte in någon luft i flaskan - kan förklaras med erfarenheten att det inte går att tränga in ett föremål i ett hål om det inte är lite luft emellan föremålet och hålets väggar.

#### Uppgift 5. Vad orsakar lukt?

Då vi konstruerade denna uppgift antog vi att den var svår eftersom kopplingen mellan molekyler som sprider sig och lukt inte brukar betonas i undervisningen. Resultatet bestyrker antagandet - 16% har rätt. Uppgiftens innehåll bedöms ha stort undervisningsvärde. Det handlar om att förstå att molekylerna är materien och att länken mellan en källa för gasformiga utsläpp och vår kropp utgörs av osynliga molekyler, som kan komma in i kroppen via näsa och lungor. Detta är något annat än svaret att det är ångor och inte molekyler som lämnar flaskan och sprider sig till näsan. Läsaren påminns om avsnitt 4 där vi framhöll att materien i vardags-tänkandet uppfattas som kontinuerlig. Det faktum att så många elever väljer kontinuumalternativ (lukt respektive ångor) tycker vi pekar på en betydande brist i undervisningen. För att kunna följa med i miljödebatten, som bl a handlar om olika molekylära sopor i atmosfären, behövs ett partikeltänkande - se avsnitt 3!

#### Summering

Sammantaget avslöjar svaren på uppgifterna om gaser åtskilliga brister i elevernas begreppsbyggnad. Resultaten passar ihop med, och utgör ett bidrag till, det internationella kunnande som beskrevs i avsnitt 4.1 och som visar att elever har svårigheter med mycket elementära aspekter av gasbegreppet. Men begrepp om gaser är, som vi argumenterat för i avsnitt 3, viktiga för att förstå högstadiets kurser liksom företeelser i natur och teknik. Därför måste undervisningen förbättras. Eleverna behöver erfarenheter av, och kunskaper om, gasers existens, hur en gasmängd kan avgränsas för studium, att en gas har temperatur som kan variera, att den har massa, att den går att pressa ihop, att massan bevaras vid volym- och temperaturändringar, att en gas utövar krafter på angränsande föremål, att en gasmängd tenderar att sprida sig mm. En kvalitativ partikelmodell kan med fördel introduceras i syfte att skapa fördjupad förståelse för gasers egenskaper, och som en lämplig förberedelse för kemins mer utvecklade partikeltänkande. Vår bedömning, som är grundad på vissa pilotstudier, är att så gott som alla elever med lämplig undervisning kan få förståelse för gasers makroskopiska egenskaper och att en stor del kan utveckla en viss förståelse för det tankeverktyg som en partikelmodell utgör.

## 11.2 Fasövergångar

### Uppgift 6. Vilken fasövergång är det?

Eleverna är bra på att ange vilken fasövergång som en given händelse i omgivningen är - det är över 80% som har 3 eller 4 rätt på uppgift 6. Positivt är också att de kan använda sina fysikkunskaper på företeelser i omvärlden, vilket är ett grundläggande mål för all undervisning i orienteringsämnen.

### Uppgift 7. Vad innehåller kokbubblorna?

Om man däremot går in i detalj på en vanlig fasövergång, nämligen vatten som kokar, och frågar vad kokbubblorna innehåller, så blir resultatet sämre, 29% rätt. Här kan också nämnas en uppgift från pilotstudien som gällde en öppnad läsk som tagits ut ur ett kylskåp. Efter en stund är det många droppar på flaskans utsida. Vad består de av och hur har de bildats? Det var bara 10% av pilot eleverna som skrev att det är vatten eller vattenånga i luften som kondenserats eller avsatt sig på den kalla flaskan. En vanlig alternativ förklaring är att när varmt och kallt möts så bildas fukt eller vatten.

Dessa resultat kan förefalla nedslående, men samtidigt öppnar sig intressanta undervisningsmöjligheter. Eleverna kan t ex som en inledning ge egna förklaringar till hur det blir kokbubblor och vad de innehåller, vad dropparna som framträder på en kall flaska är och hur de bildas, vad rimfrost och moln är och hur de uppstår, vad det är som händer då morgondimman lättar osv. Fortsättningen går ut på att foga in alla dessa händelser i det mönster som anges i figur 5.1.

### Uppgift 8. Vilka ämnen är vätska vid 20°C ?

Den här uppgiften kräver en hel del av eleverna - det är 29% som har alla rätt. Först och främst måste de veta att det är fråga om tre sammanhängande temperaturintervall, nämligen ett för fast, ett för flytande och ett för gasform. De måste också behärska tallinjen (negativa och positiva tal). Härutöver är det en fördel att kunna arbeta systematiskt. Eleverna har också hjälp av sina erfarenheter av ämnen, men åtminstone kvicksilver och trikloretylen förekommer mycket sparsamt i vardagslivet. (Vill man helt eliminera erfarenhetskomponenten och testa enbart förmågan att använda tabellen, så kan man ersätta de riktiga namnen med fantasibeteckningar.)

De elever som har alla rätt torde veta att mellan uppgiven smält- och kokpunkt finns temperaturintervallet för ämnets vätskefas. Om +20° ligger i detta i så är det träff. Övriga bom. Man kan tänka sig enklare strategier än denna, t ex fokus på enbart smältpunkt. En elev med denna strategi kanske frågar sig vilka ämnen som har smält vid +20° utan att samtidigt fundera över om de också har förgasats. Resultatet av detta tänkande blir att aceton, klor, kvicksilver, kväve och trikloretylen är i vätskeform. Det är 9 % av eleverna som svarar så.

### Uppgift 9. Bevaras massan då is smälter?

I avsnitt 4.4 nämndes att lagen om massans bevarande kan vara problematisk för elever i högstadiet. Resultatet av uppgift 9 bestyrker detta. Det är 52% som kryssar i rätt alternativ och 36 % som ger en acceptabel motivering. Kategori-schemat visar en provkarta över olika alternativa argument. Några elever menar att det som tar störst plats också är tyngst. Andra anser att isen är tyngre än vattnet. Kanske tänker de sig att det som är hårdast också är tyngst. Argumentet för att 1 kg bly väger mer än 1 kg bomull förefaller övertygande: Släpp det på tårna så får du se! Ganska många elever argumenterar för en viktökning. De skriver att is är lättare än vatten. Den flyter ju! Detta är ingen konstig motivering med tanke på hur

vi i vardagsspråket ofta uttalar oss om tyngd (vikt) när vi egentligen borde använda begreppet densitet. En annan intressant elevtanke som förekommer i några fall är att när isen smälter så fördelar sig vattenmängden över hela bottenytan på behållaren. Därför tynger vattenmängden mer än isbitarna, som har mellanrum. Allmänt sett kan man konstatera att eleverna har svårt för att skilja mellan massa, tyngd, densitet och volym. Detta ser vi som ytterligare ett argument - utöver relevansen när det gäller att förstå vissa miljöproblem - för att i många sammanhang i fysik, kemi och biologi diskutera och experimentera pröva lagen om massans bevarande. Kanske rymmer problem liknande det i uppgift 9 mycket mera intellektuell spänning för en stor del av eleverna än vi anar. Värt att pröva!

### Summering

Uppgifterna om faser och fasövergångar ger en likartad helhetsbild som för gaser, nämligen att det finns åtskilliga brister i elevernas begreppsbyggnad, även om procentuella andelen rätt svar på de olika fasuppgifterna i genomsnitt är högre. Resultaten bestyrker och utvidgar det internationella kunnande som finns - jämför avsnitten 4.2 och 4.4. Men begrepp om faser och fasövergångar är, som vi argumenterat för i avsnitt 3, viktiga för att förstå högstadiets kurser, liksom företeelser i naturen och tekniken. Det finns alltså goda skäl att försöka förbättra undervisningen. Eleven behöver t ex många erfarenheter - sinnligt och begreppsligt - av fasövergångar i såväl laboratorium som i världen utanför skolan. Till dessa hör att massan bevaras. En kvalitativ partikelmodell kan med fördel införas i syfte att skapa fördjupad förståelse och som en lämplig förberedelse för kemins mer utvecklade partikeltänkande.

## 11.3 Ämnen

### Uppgift 10. Vad består av atomer?

Ibland framförs synpunkten att elever har svårt att överföra sitt kunnande från läroböcker och labsalar till den omgivande verkligheten. Hur är det i detta sammanhang med atomer? Finns de för eleverna bara i kemisalens flaskor och burkar eller är de också beståndsdelar i vanliga föremål? Uppgift 10 ger svar på denna fråga. Det visar sig att eleverna ganska väl vet att atomer bygger upp en människa (89%), luft (86%) osv. Den lägsta siffran är 69% och gäller tulpan. Se tabell 9.1! Men här måste ambitionen vara hundra procent, och därför är det väl motiverat att i undervisningen uppmärksamma frågan om var i omvärlden som atomerna finns. Det handlar om att klargöra gränsen mellan materiellt och icke materiellt. Material är atomerna och atomerna är material, i varje fall i kemi och biologi samt i klassisk fysik.

Om vi så vänder oss till det som är energi - magnetfält och ljusstråle - ser vi att eleverna råkar i svårigheter. De placerar atomer i det som är icke materiellt, förmodligen för att de aldrig hört talas om att de inte hör hemma här. Det är på något sätt så självklart för fysikläraren att ett magnetfält inte består av atomer att det inte faller honom in att diskutera detta. Men i ett elementärt atombegrepp ingår att både veta både var de förekommer och inte förekommer.

### Uppgift 11. Organisationsnivåer

En organism består av atomer, men mellan dessa och organismen har vetenskapen funnit det lämpligt att införa ett antal organisationsnivåer, t ex atom - molekyl - cell

- vävnad - organ- organism. Härigenom skapar man en viss ordning i materians värld som underlättar olika slags förståelse. Vi hade vid några intervjuer med elever noterat att en och annan blandade ihop nivåerna atom-molekyl-cell, och ville därför ta reda på om detta var vanligt. Därför konstruerades uppgift 11. Resultatet bekräftar våra misstankar. Det är 48% som svarar rätt.

Varför denna svårighet? En möjlig förklaring är att eleverna helt enkelt inte har något behov av att bringa detaljerad ordning i det som är mycket smått. De hänför allt till en kategori - 'mycket smått'. En annan idé föds om man noterar att 84% av eleverna i uppgift 10 svarar att molekyler består av atomer. På uppgift 11 sjunker denna relation till 48% +10%. Detta gör att man misstänker att det finns en mer grundläggande tankesvårighet förknippad med uppgift 11, nämligen att hierarkiskt ordna abstrakta kategorier i flera steg. Men den språkliga utformningen av uppgift 11 är också svårare än den av uppgift 10.

#### Uppgift 12. Hur många grundämnen finns det?

Denna uppgift är placerad först i ett av våra tre problemhäften och tänkt som en lätt uppvärmning. Så har den också fungerat - 78% svarar rätt.

#### Uppgift 13 och 14. Vilken gas får glöd att flamma respektive grumlar kalkvatten?

Uppgifterna 13 och 14 kom till på inrådan av kemilärare, som tyckte att vi skulle fråga om något som 'alla kemister gör, t ex reagens på syre och koldioxid'. Resultatet är inte speciellt bra. Det är 17% som har rätt på båda uppgifterna. Om vi antar att våra förslagsställare har rätt, nämligen att alla elever har sett, och kanske också själva gjort, dessa reagenser, så kan den relativt stora glömskan förklaras av att eleverna inte har en grundläggande kemisk begreppsapparat, i vilken de kan placera in de detaljer som reagensen utgör. Minnesforskningen har klart demonstrerat att om inte en detalj placeras in i ett mönster så glöms den i allmänhet snabbt bort.

#### Uppgift 15. Hur skilja socker från sand?

Denna uppgift emanerar från en äldre god vän, som skildrade hur han i sin barn-dom tappade en påse strösocker på en grusväg - en katastrof med tanke på de fattiga omständigheter under vilka familjen levde. Men mor visste på råd. Socker och sand samlades in och med hjälp av tänkande enligt kategori I återvanns rent socker, vilket var en lättnad för den bedrövade pojken och ett utmärkt tillfälle till naturvetenskapligt lärande.

Under utprovningsskedet var uppgift 15 föremål för en del diskussion. Från lärare i svenska påpekades att texten är lång, vilket antogs försvåra för svaga läsare att förstå problemet. Detta argument talar för det 'klassiska' fysiklärarsättet att med ett minimum av ord på ett stringent sätt formulera ett problem: 'En bägare innehåller en blandning av socker och sand. Ange en metod att separera sockret från sanden så att man får rent, fast socker!' Andra framhöll att textens innehåll trots sin längd är lättfattlig och stimulerande därför att problemet flyttas ut från laboratoriet till en mer välbekant vardagsvärld. Det är inte nödvändigtvis så att ju längre texten är desto svårare är den att förstå.

Angående elevernas svar noteras att en hel del använt ordet smälta. Förmodligen är detta ett vardagsord för att sockret löser sig. Man säger ju t ex ganska ofta att sockret smälter i kaffet. Det är därför på sin plats att i undervisningen ta upp och diskutera skillnaden mellan lösa och smälta.

Som helhet sett framför eleverna många idéer till att lösa problemet. Alla kommer förvisso inte att fungera så bra i praktiken, men det positiva är att eleverna inte står rådlösa. De är kapabla att tänkla ut ett uppslag, som i en verklig situation skulle kunna leda till handling. Om denna inte visar sig fungera så bra, vilket inte är så lätt att veta vid skrivbordet, så kan nya idéer skapas.

#### Uppgift 16. Vad betyder pH?

Denna uppgift prövar vilken innebörd eleverna lägger i två angivna pH-värden. 64% vet att pH har med surhet att göra. Ett problem är att komma ihåg åt vilket håll på skalan som det blir surare. 15% skriver fel (kategori D) och 4% säger försiktigtvis att sjöarna är olika sura (kategori C). Vanligaste svaret är att vattnet är surare i Kroksjön (kategori E). 3% av eleverna uttrycker sig med viss kemisk precision. De säger t ex att det är högre koncentration av vätejoner (kategori F) eller 10 gånger surare i Kroksjön (kategori G). Tre elever svarar att det är 10 gånger högre koncentration av vätejoner i Kroksjön (kategori H).

Man kan se på kategori C, D och E som 'vardagligt tänkande med ett vetenskapligt inslag'. Sur är ett begrepp som har en vardaglig erfarenhetsbas och pH är ett vetenskapligt begrepp som eleverna har viss kunskap om. Kategorierna F, G och H är exempel på 'vetenskapligt tänkande'. Eftersom skolan strävar efter att utveckla det vetenskapliga tänkandet kan man bli besviken på de låga procenttalen för de senare kategorierna, men man kan också komma till ståndpunkten att kategori E är en tillräcklig medborgarkunskap, och då är resultatet ganska bra, i all synnerhet som elever i kategori C och D lätt torde kunna gå över i E.

#### Summering

Uppgifterna om ämnen och deras egenskaper avslöjar två brister i elevernas grundläggande begreppsbyggnad. För det första är de inte helt på det klara med var i omvärlden som naturvetenskapen tänker sig att atomerna finns. Diskussioner om detta är därför befogade. Det gäller att klargöra var gränsen mellan materiellt och icke materiellt skall dras. För det andra visar det sig att eleverna har svårigheter att ordna begreppen atom, molekyl och cell hierarkiskt. Här kanske begreppet organisationsnivå kan bidra till förståelse för hur naturvetarna försöker bringa ordning i materiens värld. Nog måste det vara spännande att i tanken följa t ex sekvensen elementarpartikel, atom, molekyl, cell, vävnad, organ, organsystem, organism, population, samhälle?

Det är lite så och så med elevernas kunskaper om reagens på syre och koldioxid. Att glömma bort detaljerade fakta liknade dessa må förefalla mindre viktigt. Men brister i detta avseende kan bero på brister i grundläggande begreppsförståelse. Att minnas är en aktiv konstruktion, som stöds av allt man kan och vet, bl a grundbegrepp inom det aktuella området. Om sådana inte finns minns man sämre.

## 11.4 Kemiska reaktioner

#### Uppgift 17. Vilka är kemiska reaktioner?

Två viktiga naturvetenskapliga kategorier är 'kemisk reaktion' och 'fasövergång'. Svaren på uppgift 17 visar att eleverna har uppenbara svårigheter att hålla isär dessa. Man kan tycka att ord som smälta och koka klart indikerar fasändringar, men vi har sett i avsnitt 4.2 att elevers begrepp om fasövergångar skiljer sig från naturvetarens. T ex finns det rapporter om att just kokning av vatten av en del



uppfattas som en kemisk reaktion. Bäst svarar eleverna angående bilplåt som rostar - 87% rätt är ett gott delresultat. Men helhetsbilden är inte tillfredsställande - det är bara 21% som har alla rätt.

#### Uppgift 18. Är utgångsämnen giftiga?

I avsnitt 4.1 redovisades en uppfattning som återkommer i många undersökningar av hur elever förklarar kemiska reaktioner, nämligen att det som verkar vara ett nytt ämne egentligen har funnits hela tiden. Det har bara förflyttats. Eleverna håller enligt olika rapporter fast vid en outtalad och underförstådd idé - att ämnen som sådana bevaras vad som än händer. För elever med detta tänkande torde de tre första alternativen på uppgift 18 vara frestande. De antas tänka att ett nytt giftigt ämne inte bara kan uppstå. Det giftiga måste på något sätt ha funnits hela tiden. Glädjande nog är det bara 19% som kryssar i något av de tre första alternativen. 76% avger rätt svar.

#### Uppgift 19. Partikelbilder

Tre av bildparen visar fasövergångar, och en fråga som inställer sig i anslutning till dessa är varför resultatet är så pass mycket bättre när det gäller stelning (75% rätt) jämfört med kondensation (44%) och smältning (44%). Förklaringen kan vara att det aktuella partikelsystemet rent visuellt upplevs som stelare 'lite senare' jämfört med 'före'.

Ett av bildparen visar att nya molekyler bildas. Det vi tänkt på då vi ritade är förbränning av kol i syre. Det är alltså molekyler av kolmonoxid och koldioxid som uppträder 'lite senare'. Vårt sätt att visa detta kemiska förlopp torde vara helt nytt för eleverna, varför 58% rätt kan betraktas som ett ganska bra resultat. Kanske bildpar av vår typ kan vara ett värdefullt tillskott till kemiundervisningen. De visar att det är system av många partiklar som reagerar, vilket vanligtvis inte framgår av läroböckerna. Bilderna i dessa har bara med det minimum av atomer som behövs för en balanserad reaktionsformel.

#### Uppgift 20. Varifrån kommer rosten?

Uppfattningen att ämnen är oföränderliga, som vi diskuterade i anslutning till uppgift 18, prövas också av uppgift 20. Här gäller det att ange var rosten finns innan en spik rostar. Om ämnen uppfattas som oföränderliga så är alternativen A, B och D attraktiva. Det är 29% som kryssar i något av dessa. Vanligast är idén att rosten finns inuti spiken. Exempelvis skriver en elev att när spiken blir fuktig, så suger vattnet fram rosten ur spiken. Men hela 67% anger att rosten ännu inte har bildats, trots att själva frågeställningen leder mot att rosten har funnits någonstans innan den blev synlig på spiken. Eleverna har en hygglig uppfattning om att vissa ämnen måste vara i kontakt eller reagera med varandra för att rost skall bildas. Spik/järn och vatten är vanligast (28%). Det fullständiga svaret (spik/järn, vatten och syre/luft) är mindre frekvent, 7%.

Vi betraktar resultatet på uppgift 18 och 20 som ganska bra. Men det faktum att en relativt stor minoritet tenderar att använda förflyttningssidén, dvs uppfattar ämnen som oföränderliga, är ett gott skäl att i undervisningen locka fram och diskutera detta sätt att tänka.

#### Uppgift 21. När bildas koldioxid?

Denna uppgift prövar ett elementärt kemiskt kunnande, av vikt för att förstå delar av miljödebatten. Det visar sig att de flesta elever vet att koldioxid bildas då en bil kör. Kunskapen är inte lika god vad gäller ved och olja som brinner, och ännu något sämre angående 'en människa går upp för en trappa'. Alternativen 'svavel brinner'

och 'magnesium brinner' kan uteslutas med ett minimum av kemiska baskunskaper. (Svavel och magnesium är grundämnen. Då de brinner, dvs förenas med luftens syre, bildas oxider, t ex magesiumoxid.) Svaren pekar dock på att dessa baskunskaper inte är för handen hos många elever.

#### Uppgift 22. Vad väger avgaserna?

Uppgiften är en favorit i repris. Den användes i en EKNA-undersökning som gjordes 1983 och hade då följande lydelse: 'En bil väger 1000 kg. Den tankas med 50 kg bensin. Bilen kör tills bensintanken är tom. Den väger då fortfarande 1000 kg. Ungefär hur mycket tänker du dig att avgaserna, som avgetts under färden, väger? Förklara hur du tänkte!' EKNA-studien gällde ett slumpmässigt riksurval (1400 elever i åk 9), och de kategorier som användes då har också kunnat brukas i vår NUNA-undersökning, trots att uppgiften formulerats på ett annorlunda sätt.

Det är lika stor andel elever (cirka 50%) i de båda undersökningarna som svarar att avgaserna väger mindre än 50 kg. Ett vanligt argument är att bensinen förbrukas, förbränns eller omvandlas till energi. En annan frekvent motivering är att gaser är lätta eller lättare än luft, alternativt vätska.

Det är betydligt fler elever i NUNA-undersökningen som anger att avgaser väger mer än 50 kg (28% jämfört med 4%), och det är färre som svarar 50 kg (22% jämfört med 42%). Den stora ökningen av det rätta svaret är givetvis positiv, men glädjen dämpas något då man studerar motiveringarna. Det är bara 4% som ger kemiskt acceptabla förklaringar, att jämföra med EKNA-studiens 3%. Hälften av NUNA-eleverna (14%) svarar enbart med att kryssa i. Troligen är det så att avgasproblemet diskuterats av en hel del kemilärare. (Vi har många indikationer på att denna EKNA-uppgift är vida spridd.) Åtskilliga elever torde häpna då de får reda på hur mycket materia som kommer ut genom avgasröret, och lägger därför detta på minnet. Tänk att det är så mycket trots att man inte ser någonting! Men de har inte den grundläggande begreppstruktur som behövs för att förstå, trots att läraren ger en korrekt förklaring. De kommer därför ihåg den ovanligt spektakulära detaljen, men förstår inte den bakomliggande kemien.

#### Uppgift 23. Vad betyder symbolerna?

Den sista uppgiften - vad betyder symbolerna? - har en ganska lång förhistoria. Då vi började skapa olika testuppgifter tänkte vi oss att förståelse av det kemiska formelspråket är starkt kopplad till förståelse av grundbegrepp, t ex atom, molekyl, kemisk reaktion, atomernas bevarande (i betydelsen samma atomnummer) och massans bevarande vid kemiska reaktioner. Detta såg vi som ett mycket gott argument för att ha med formeluppgifter. Vi konstruerade problem i stigande svårighetsgrad, bl a:

Vad betyder symbolen (t ex O)?

Vad betyder molekylformeln (t ex CO<sub>2</sub>)?

Är reaktionsformeln rätt eller fel (t ex Zn + O<sub>2</sub> -> 2H<sub>2</sub>O + Zn ;  
2Cu + O<sub>2</sub> -> 2CuO<sub>2</sub>)?

Men lärarna avrådde oss från att ha med formeluppgifter. Det framgick av deras bedömningar att det kemiska formelspråket behandlas i ganska ringa utsträckning i undervisningen. Vi följde deras råd, men inte helt. Uppgift 23 är med för att markera områdets vikt. Vi skulle gärna se att resultatet varit bättre, bl a med tanke på att läsning av kemiska texter blir mycket tungrovt om man måste slå upp vad de vanligaste kemiska symbolerna betyder.

Vi tycker inte man skall ge upp när det gäller undervisning om det kemiska formelspråket. Men det behövs en inträngande analys och viss forskning så att man kan klarlägga vilka svårigheter eleverna har och om det är möjligt att avhjälpa dem.

#### Summering

Sammanfattningsvis ger elevernas svar angående kemiska reaktioner ett blandat intryck. Å ena sidan finns det positiva drag, bl a resultaten av uppgift 18 och 20. Å andra sidan tyder många svar på att elevernas kemiska grundförståelse är bristfällig. Det är t ex hälften som menar att det bildas koldioxid då svavel respektive magnesium brinner, och en stor del kan inte skilja på fasövergångar och kemiska reaktioner. Vår slutsats av detta är att försök att förbättra kemiundervisningen bör inriktas på förståelse av grundbegrepp. Det gäller att utröna under vilka betingelser elever kan tillgodogöra sig begrepp som atom, molekyl, kemisk reaktion och massans bevarande. De många undersökningsresultat om elevers tankemässiga svårigheter som redovisats i avsnitt 4, och som bestyrks och utvidgas genom vår NUNA-undersökning, gör att man åtminstone delvis förmår se materia med elevernas ögon. Detta kan i sin tur ge uppslag till nya sätt att lägga upp den elementära kemiundervisningen. En löftesrik möjlighet är att introducera partikeltänkande i fysiken för att förstå och förklara egenskaper hos tillstånd, särskilt det gasformiga. Härifrån kan man ta steget till kemins mer komplicerade partikelmodell.

## 12 ÖVERSIKTLIGA RESULTATBILDER MED HJÄLP AV MÅLRELATERING

### 12.1 Om metodproblem vid utvärdering av begreppsmål

I såväl den svenska som internationella skoldiskussionen är mål och utvärdering två centrala begrepp. Det framhålls som viktigt att formulera mål och att ta reda på i vilken utsträckning dessa är uppnådda. I USA anser många att tydligare målformuleringar är en möjlighet att rycka upp undervisningen. Man talar om att 'standards can bite'.

Det är givetvis av värde både för lärare och elever att vara klara över vilka mål som gäller för undervisningen. Den kända aforismen 'utan mål kan man inte gå vilse' kommunicerar en viktig insikt i detta sammanhang. Men det gäller att inte hamna i den andra ytterligheten, nämligen mycket detaljerade mål som gör att både lärande och undervisning tenderar att mekaniseras, och som i sitt släpdrag har ett omfattande testmaskineri för att ta reda på om målen är uppnådda. Sådana undervisningssystem har prövats i sjuttioalets USA, t ex 'Science -A Process Approach', och befunnits nästan omöjliga att leva med för både lärare och elever.

Vi skall i detta avsnitt inte gå vidare med den problematik angående mål och utvärdering som gäller människosyn, filosofi och liknande, utan i stället behandla en teknisk fråga, nämligen vad det innebär att försöka ta reda på om ett mål är uppnått. Eftersom vi nu i Sverige för en diskussion både om målrelaterade betyg och utvärdering så kan alla elever och lärare snart komma att beröras av dessa teknikaliteter.

Alltså - hur kan man ta reda på om ett mål är uppnått? Svaret på frågan beror först och främst på vilket målet är och hur det är formulerat. Vi begränsar oss till begreppsmål med ett tolkningsutrymme som är mindre än målen i avgivet kursplaneförslag men ändå tämligen stort. Ett exempel på ett sådant mål är: 'Känna till och förstå egenskaper hos gasformiga ämnen.' Den som bestämmer sig för att utvärdera detta mål har åtskilligt att tänka på:

#### MÅLASPEKTER

Målet rymmer ganska många aspekter att känna till och förstå. Gaser

- tar plats (har volym)
- har massa och tyngd
- har temperatur
- kan insamlas i slutna kärl
- fördelar sig jämt i en given volym
- utövar krafter på angränsande ytor
- går att pressa ihop
- utvidgar sig vid uppvärmning
- bevarar sin massa vid ändring av volym, tryck och temperatur

mm

#### FÖRSTÅELSENIVÅER

Det är möjligt att känna till och förstå dessa aspekter på åtminstone fyra olika nivåer:

- A. makroskopisk, kvalitativ
- B. makroskopisk, kvantitativ
- C. partikelmodell, kvalitativ
- D. partikelmodell, kvantitativ

#### TYP AV INSTRUMENT

När det så gäller att utforma 'mätinstrument' står många möjligheter till buds. Det finns för det första åtskilliga typer att välja på:

##### Skriftliga

- uppgifter, flerval
- uppgifter, öppet svar
- fri skrivning ('Skriv ett brev till en vän och berätta det du lärt dig om gaser')
- läsa tidningsartikel och besvara frågor, ta ställning och motivera mm

##### Praktiska

- göra mätningar
- lösa ett problem genom att tänka ut och genomföra experiment

##### Muntliga

- muntligt förhör
- dramatisering

#### PROBLEMKONTEXT

Vidare kan man välja olika sammanhang, eller 'kontexter', för sitt problem:

- laboratorium
- hem och vardag
- teknik
- natur
- samhälle

#### SVÅRIGHETSGRAD

Ett givet problem kan ha olika svårighetsgrad, t ex:

- minnas och återge
- tillämpa i nya situationer

Redan denna analys ställer utvärderaren inför en mängd svåra frågor. Några gäller tolkningen av målet:

- Vilka aspekter ryms i målet?
- Vilka kunskaps- och förståelsenivåer ryms i målet?

Andra frågor rör utformningen av testinstrument:

- Vilka målaspekter och kunskaps/förståelsenivåer skall provas? Hur skall urvalet göras?
- Vilken typ av uppgifter skall användas? Skall det vara flera olika?
- Vilken eller vilka kontexter skall användas då man formulerar problem? Om man väljer flera kontexter, hur skall de avvägas mot varandra?
- Skall man pröva både 'minnas och återge' och 'tillämpa i nya situationer' och hur skall i så fall proportionerna vara?

Då man funderar över dessa frågor så slås man av den mycket stora mängd möjligheter som står till buds. Detta är positivt, i synnerhet för den som gillar att hitta på, men samtidigt leds man till kärnan i problematiken, nämligen vilka kriterier som skall gälla för att målet är uppnått.

- Vilka aspekter skall eleven behärska?
- På vilka nivåer skall aspekterna behärskas?
- För vilka aspekter och på vilka nivåer skall eleverna demonstrera att de minns och kan återge respektive kan tillämpa i nya situationer?
- Vilka mätinstrument och vilka problemkontexter skall användas?

Särskilt när det gäller 'att förstå' är det svårt att formulera kriterier. Tänkande är en ständig kamp för att uppnå det som inte kan uppnås, nämligen full förståelse.

Om man lyckas svara på frågorna ovan och sedan utarbetar testuppgifter, så kan man ställas inför ett nytt problem. Anta att de flesta elever i en klass svarar rätt på de flesta uppgifter man gett. Kan man då säga att målet är uppnått? Ja, man har naturligtvis en mycket positiv indikation, men möjligheten finns att en ny uppsättning uppgifter ger ett sämre resultat. I EKNA-projektet har vi t ex gång efter annan konstaterat att elever som nått goda resultat på vanliga skolprov inte alls svarat bra på våra frågor. De visar sig inte behärska mycket elementära aspekter av ett givet område.

Med negativa resultat är läget ett annat. Sådana kan fövisso leda till slutsatsen att ett mål inte är nått, även om man kan tänka sig att det negativa intrycket skulle kunna modifieras om eleverna fick chansen att besvara helt andra uppgifter.

Med denna lilla analys vill vi peka på de mycket stora möjligheter till nyskapande som finns om man börjar utvärderingen med ett perspektiv som ger översikt. Alternativet är att starta med att konstruera uppgifter, som kanske många tycker verkar bra, varefter en viss modell för utvärdering permanentas utan att andra och måhända mer fruktbara möjligheter undersöks.

## 12.2 Gaser och fasövergångar

Låt oss nu med det som sagts i förra avsnittet som en plattform se på uppnådda resultat i förhållande till angivna mål. Betrakta tabell 12.1!

Tabell 12.1. Mål, uppgifter och andel godkända svar för områdena 'gaser' och 'fasövergångar'.

MÅL	UPPGIFTER	KRITERIUM FÖR GODKÄNT SVAR	ANDEL GODKÄNDA SVAR
1. Förstå egenskaper hos fasta, flytande och gasformiga ämnen	1. Hur är luft sammansatt?	Rätt svar	39%
	2. Blåser tussen bort?	Rätt svar	31%
	3. Går kolven att skjuta in?	Någon eller flera centimeter	19%
	4. Varför rinner inte saften ned?	Kategori F eller G	44%
2. Kunna beskriva den sekvens av fasändringar som orsakas av energitillförsel och energiavgång	7. Vad innehåller kokbubblorna?	Rätt svar	29%
	8. Vilka ämnen är vätska vid 20°C?	Rätt svar	29%
3. Förstå att för ett givet system av ett ämne så bevaras massa och ämne vid tillståndsändringar	7. Vad innehåller kokbubblorna?	Rätt svar	29%
	8. Bevaras massan då is smälter?	Rätt svar samt acceptabel motivering	36%
4. Kunna identifiera och förklara tillståndsändringar i omvärlden	6. Vilken fasövergång är det?	Rätt svar	41%
5. Kunna redogöra för, och våga sig på att använda för förklaring och förutsägelse, en kvalitativ partikelmodell för de olika tillstånden	5. Vad orsakar lukt?	Rätt svar	16%
	19. Partikelbilder	Rätt svar på bildpar 1, 3 och 4	25%

I tabell 12.2 visas hur eleverna fördelar sig på antal godkända uppgifter för de fem aktuella målen.

Tabell 12.2. Fördelning av elever (%) på antal godkända uppgifter för olika mål, områdena 'gaser' och 'fasövergångar'.

MÅL	ANTAL GODKÄNDA UPPGIFTER				
	0	1	2	3	4
1. Förstå egenskaper hos fasta, flytande och gasformiga ämnen	23	36	27	11	3
2. Kunna beskriva de fasändringar som orsakas av energitillförsel och energiavgång	51	41	8	-	-
3. Förstå att massa och ämne bevaras vid tillståndsändringar	45	45	10	-	-
4. Kunna identifiera och förklara tillståndsändringar i omvärlden	60	40	-	-	-
5. Kunna använda en kvalitativ partikelmodell för de olika tillstånden	64	30	5	-	-

Läsaren kan nu gå tillbaka till analysen i avsnitt 12.1 och fundera över följande frågor:

Vilka av målen ovan är att betrakta som 'uppnåendemål' och vilka som 'strävansmål'?

Har vi valt lämpliga aspekter av respektive mål för vår utvärdering?

Har vi gjort en lämplig fördelning mellan makroskopisk och partikulär nivå?

Har vi gjort en lämplig fördelning mellan 'minnas och återge' respektive 'tillämpa i nya situationer'?

Har vi valt lämpliga tesinstrument?

Har vi gjort en lämplig fördelning på olika kontexter (labb, hem och vardag etc)?

Vilka kriterier skall gälla för att ett givet mål skall vara uppnått?

Vi föreslår som kriterium för att ett mål är uppnått att minst hälften av uppgifterna som prövar målet skall vara godkända för minst 75% av eleverna. Om det bara finns en uppgift skall den vara löst av minst 75%. (Om hälften innebär ett decimaltal görs avrundning uppåt till närmaste heltal.) Vi betraktar mål 1-4 som 'uppnåendemål'. Med vårt kriterium är inget av dessa uppnått. Mål 5 tycker vi är ett 'strävansmål'. För denna typ av mål gäller att ju fler elever som svarar rätt på testuppgifterna, desto bättre, men någon kollektiv norm för acceptabelt resultat formuleras inte.

## 12.3 Ämnen och kemiska reaktioner

På samma sätt som för gaser och fasövergångar ser vi nu på uppnådda resultat i förhållande till angivna mål när det gäller ämnen och kemiska reaktioner. Betrakta tabell 12.3!

Tabell 12.3. Mål, uppgifter och andel godkända svar för områdena 'ämnen' och 'kemiska reaktioner'. Beträffande aspekter, se avsnitt 5.2.

MÅL	AS-PEKT	UPPGIFTER	KRITERIUM FÖR GODKÄNT SVAR	ANDEL GODK SVAR
1. Ha kunskap om ämnen, deras egenskaper och byggnad	1A	10. Vad består av atomer?	Två fel godtas	43%
	1B	11. Organisationsnivåer	Rätt svar	48%
	1G	12. Hur många grundämnen finns?	Rätt svar	78%
	1H	13. Vilken gas får glöd att flamma?	Rätt svar	38%
	1H	14. Vilken gas grumlar kalkvatten?	Rätt svar	29%
	1I	15. Hur skilja socker från sand?	Kategori E, F, H eller I	36%
	1K	16. Vad betyder pH?	Kategori E, F, G, H eller I	46%
2. Ha kunskap om, och viss förståelse för, allmänna aspekter av kemiska reaktioner	2A	17. Vilka är kemiska reaktioner?	Ett fel godtas	44%
	2A	18. Är ursprungämnen giftiga?	Rätt svar	76%
	2A	19. Partikelbilder	Rätt svar på 2:a bildparet	58%
3. Ha kunskap om några viktiga kemiska reaktioner	3B	20. Varifrån kommer rosten?	Rätt alternativ samt kategori E eller F	39%
	3C	21. När bildas koldioxid?	Ett fel godtas	28%
	3C	22. Vad väger avgaserna?	Alternativ över 50 kg	28%
4. Ha kunskaper om kemiska symboler		23. Vad betyder symbolerna?	Två fel godtas	63%

I tabell 12.4 visas hur eleverna fördelar sig på antal godkända uppgifter för de fyra aktuella målen.

Tabell 12.4. Fördelning av elever (%) på antal godkända uppgifter för olika mål, områdena 'ämnen' och 'kemiska reaktioner'.

MÅL	ANTAL GODKÄNDA UPPGIFTER							
	0	1	2	3	4	5	6	7
1. Ha kunskap om ämnen, deras egenskaper och byggnad	6	16	18	18	15	12	10	5
2. Ha kunskap om, och viss förståelse för, allmänna aspekter av kemiska reaktioner	11	27	33	29	-	-	-	-
3. Ha kunskap om viktiga kemiska reaktioner	34	42	21	3	-	-	-	-
4. Ha kunskap om kemiska symboler	37	63	-	-	-	-	-	-

Med samma kriterier som i avsnitt 12.2 finner vi att inga av målen är uppnådda.

#### 12.4 Pojkar och flickor

Vi har för varje uppgift beräknat skillnaden mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor som har ett godkänt svar på uppgiften, och därefter rangordnat uppgifterna med avseende på differensens storlek. Resultatet framgår av tabell 12.5 på nästa sida. Positiv differens betyder alltså att pojkarna är bättre, negativ att flickorna är det. Differenser större än eller lika med 3 är statistiskt signifikanta enligt gängse konventioner.

Tabell 12.5 Skillnader mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor som löst olika uppgifter rätt. F betyder att uppgiften klassificerats som en fysikuppgift, K som en kemiuppgift.

Uppgift	Andel pojkar (%) - andel flickor (%) som svarat rätt	F = fysik K = kemi
4. Varför rinner inte saften ned?	+21	F
3. Går kolven att skjuta in?	+17	F
13. Vilken gas får glöd att flamma?	+13	K
2. Blåser tussen bort?	+10	F
11. Organisationsnivåer	+9	F/K
10. Vad består av atomer?	+8	K
9. Bevaras massan då is smälter?	+7	F
15. Hur skilja sand från socker?	+7	K
1. Hur är luft sammansatt?	+6	F
21. När bildas koldioxid?	+6	K
5. Vad orsakar lukt?	+6	F
14. Vilken gas grumlar kalkvatten?	+5	K
12. Hur många grunämnen finns?	+4	K
8. Vilka ämnen är vätska vid 20°	+4	F
16. Vad betyder pH?	+4	K
22. Vad väger avgaserna?	+3	K
17. Vilka är kemiska reaktioner?	+2	K
7. Vad innehåller kokbubblorna?	+1	F
20. Varifrån kommer rostent?	+1	K
6. Vilka fasövergångar är det?	0	F
18. Är utgångsämnen giftiga?	-1	K
23. Vad betyder symbolen?	-5	K
19. Partikelbilder	-7	F/K

Det framgår att pojkar är bättre än flickor på så gott som samtliga uppgifter. Denna skillnad är särskilt markant när det gäller fysik. Medelvärdet för alla differenser på fysikuppgifterna är +6,5 och på kemiuppgifterna +3,1. (Uppgift 19 har räknats som både fysik- och kemiuppgift.) Vi noterar att uppgifter med stor positiv differens (+10 och mer) alla har en betydande erfarenhetskomponent. Det är fråga om att hålla vatten i flaskor, trycka ihop luft mm. Det är troligt att pojkarna har dessa erfarenheter i högra grad än flickorna, och att de därför lyckas bättre.

## 12 AVSLUTNING

I den här rapporten har vi försökt göra två saker. Den första är att redogöra för hur man kan tänka då man arbetar med uppgiften att utvärdera elevernas kunskaper. Den andra är att redovisa resultat och analysera och värdera dessa. Vi hoppas att detta stimulerar läsaren till reflexion, diskussion och utvecklingsarbete angående såväl utvärdering som undervisning. Vi uttalar denna förhoppning mot bakgrund av vår övertygelse om att NO-läraren har en mycket viktig samhällsuppgift, nämligen att handleda eleverna till grundläggande insikter i den naturvetenskapliga kulturens dynamik och landvinningar.

## REFERENSER

1. Hubendick, B. (1985). *Människoekologi*. Gidlunds.
2. Andersson, B., & Renström, L. (1981). *Oxidation av stålull*. (Rapport ELEVPERSPEKTIV Nr. 7). Göteborg: Göteborgs universitet. Inst. för pedagogik.
3. Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. London: Routledge & Kegan Paul.
4. Piaget, J. (1974). *Understanding causality*. New York: Norton.
5. Séré, M.G. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8, 413-425.
6. Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10, 553-560.
7. 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.
8. Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73, 481-500.
9. Osborne, R.J., & Cosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of the state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 825-838.
10. Karplus, R. (1966). Chemical phenomena in elementary school science. *Journal of Chemical Education*, 43, 267-269.
11. Andersson, B., & Renström, L. (1979). Temperatur och värme: kokning. (Rapport ELEVPERSPEKTIV Nr. 7). Göteborg: Göteborgs universitet, Inst för pedagogik.
12. Pfundt, H. (1982). Preinstructional conceptions about substances and transformation of substances. In W. Jung, H. Pfundt, & C. V. Rhöneck (Eds.), *Problems concerning students' representation of physics and chemistry knowledge. Proceedings of a workshop* (pp. 320-341). Ludwigsburg: Pädagogische Hochschule.
13. Shollum, B. (1982). Reactions. In R. Osborne, P. Freyberg, & R. Tasker (Eds.), *Toward changing children's ideas: Selected working papers from the action-research phase*. (Section 9). Learning in Science Project, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
14. Andersson, B. (1984). *Kemiska reaktioner*. (Rapport ELEVPERSPEKTIV, Nr 12). Göteborg: Göteborgs universitet, Inst för pedagogik.
15. Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, 70, 549-563.

16. Méheut, M., Saltiel, E., & Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11-12 years old) conceptions on combustion. *European Journal of Science Education*, 7, 83-93.
17. de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1985a). A new road to reactions, part 1. *Journal of Chemical Education*, 62, 238-240.
18. de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1985b). A new road to reactions, part 2. *Journal of Chemical Education*, 62, 648-649.
19. de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1986). A new road to reactions, part 3. Teaching the heat effect of reactions. *Journal of Chemical Education*, 63, 972-974.
20. de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1987a). A new road to reactions, part 4. The substance and its molecules. *Journal of Chemical Education*, 64, 692-694.
21. de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1987b). A new road to reactions, part 5. The elements and its atoms. *Journal of Chemical Education*, 64, 1010-1013.
22. Pfundt, H. (1981). The atom - the final link in the division process or the first building block? *Chimica didactica*, Nr 7, 75-94.
23. 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.
24. Nussbaum, J. and Novick, S. (1982). *A study of conceptual change in the classroom*. A paper presented at NARST annual meeting, Lake Geneva, near Chicago, USA.
25. Renström, L. (1988). Conceptions of matter- a phenomenographic approach. *Göteborg studies in educational sciences*, 69. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
26. Andersson, B. (1987). *Vad är materia?* Opublicerat manuskript, EKNA-gruppen, Inst för pedagogik, Göteborgs universitet.