

# NA-SPEKTRUM

STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I  
SKOLAN

Nr 13

## BEGREPPSFÖRSTÅELSE I GYMNASIETS KEMI- SVENSKA RESULTAT OCH INTERNATIONELLA RÖN

EN PILOTSTUDIE ANGÅENDE  
DE TEORETISKA LINJERNA

Ingrid Jansson

Göteborgs universitet  
Inst för ämnesdidaktik  
Avd för naturvetenskap  
Box 1010, S-43126 MÖLNDAL  
Telefon: 031-7732000

Red: Björn Andersson    ISSN 1102-5492



BEGREPPSFÖRSTÅELSE I  
GYMNASIETS KEMI-  
SVENSKA RESULTAT OCH  
INTERNATIONELLA RÖN

EN PILOTSTUDIE ANGÅENDE  
DE TEORETISKA LINJERNA.

Ingrid Jansson

NA-SPEKTRUM

NR 13

## SAMMANFATTNING

Denna studie gäller begreppsförståelse i kemi framför allt på N- och T-linjerna i gymnasieskolan samt i någon mån på E-, H- och S-linjerna. Första delen av rapporten innehåller internationella resultat rörande elevers uppfattningar dels på makronivå vad gäller materia, gaser, kemiska reaktioner och massans bevarande vid olika förändringar, dels på mikronivå vad gäller atomer, molekyler och kemiska reaktionsformler. Andra delen av rapporten innehåller en undersökning av 756 gymnasieelevers förståelse av molekylfördelning i en gas efter kylning, massans bevarande vid kemiska reaktioner samt reaktionsformelskrivande. Denna undersökning utfördes 1993 i samband med uppföljning i gymnasieskolan av 1992 års nationella utvärdering av naturvetenskap (NUNA) i årskurs 9. Sammanlagt 32 klasser i fyra olika gymnasieskolor deltog. I varje skola valdes i princip en klass på varje linje och i varje årskurs ut av skolledningen för att delta i undersökningen. Designen (antal klasser) var följande:

Årskurser/linjer	N	T	H	E	S
åk 1	4	4			
åk 2	4	4			
åk 3	4	4	2	2	4

I tredje delen av rapporten analyseras de svenska resultaten och dessa sätts i relation till internationella resultat. Elevernas svårigheter att tillägna sig atomhypotesen och den dynamiska partikelmodellen samt första och andra huvudsatserna belyses. Ett analyschema för att bringa ordning vad gäller tidsaspekt och beskrivningsnivå vid kemiska reaktioner föreslås och exemplifieras. Några undervisningsförsök för att förbättra elevernas begreppsförståelse refereras.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sid

	SAMMANFATTNING	3
	INNEHÅLLSFÖRTECKNING	5
	FÖRORD	7
KAPITEL	1 BAKGRUND	9
	1.1 Uppläggnig och resultat av NUNA i årskurs 9	9
	1.2 Uppläggnig och resultat av NUNA på gymnasiet	9
	1. De viktigaste resultaten	10
	2. Konsekvenser för gymnasieskolan	10
	1.3 Några grunder för naturvetenskaplig undervisning	11
	1.4 Gymnasiets undervisning och elevers uppfattningar	11
	1.5 Elevers inläring	12
	1.6 Elevers uppfattningar om materia och kemiska reaktioner	14
	1. Uppfattningar om massans bevarande vid fysikaliska och kemiska förändringar	14
	2. Uppfattningar om materia	16
	3. Uppfattningar om gaser	16
	4. Uppfattningar om atomer och molekyler	18
	5. Uppfattningar om kemiska reaktioner	20
	6. Vad behövs för att tolka en kemisk reaktion?	21
	7. Uppfattningar om reaktionsformler	21
	8. Begreppsförståelse kontra problemlösningsförmåga	22
	2 SYFTET MED OCH UPPLÄGGNINGEN AV DENNA STUDIE	23
	2.1 Syftet med denna studie	23
	2.2 Metod	23
	1. Instrument	23
	2. Experimentgrupp	23
	3. Design	24
	2.3 Bortfall	24
	2.4 Timplaner för gymnasieskolan 1992/1993	24
	3 RESULTAT (översikt över uppgifter)	25
	3.1 Gaser	26
	3.2 Massans bevarande vid kemiska reaktioner	33
	3.3 Reaktionsformelskrivande	41
	4 ANALYS AV RESULTATET SAMT INTERNATIONELLA JÄMFÖRELSE.	49
	4.1 Gaser (Uppgift 1)	49
	4.2 Massans bevarande vid kemiska reaktioner (Uppgift 2 o 3)	52
	4.3 Reaktionsformelskrivande (Uppgift 4 och 5)	54
	5 ÖVERSIKTLIGA RESULTATBILDER	59
	5.1 Mål för naturvetenskapsprogrammet	59
	5.2 Andel godkända svar enligt angivna kriterier	59
	5.3 Flickor och pojkar	60
	6 DISKUSSION	61
	6.1 Vad beror elevernas partiella förståelse på?	61
	6.2 Vilka svårigheter att nå begreppsförståelse visar denna studie på?	62

7	VAD KAN GÖRAS FÖR ATT FÖRBÄTTRA BEGREPPSFÖRSTÅElsen	63
7.1	Förslag till analyschema för fysikaliska och kemiska reaktioner	63
7.2	Användning av analyschemat	64
7.3	Undervisningsförsök med inriktning mot kemi	66
	1. Kemi i tusen frågor	66
	2. Chemistry - a challenge	67
7.4	Allmänna infallsvinklar	67
7.4	Försök med undervisning i tidig ålder	68
8	SLUTORD	70
8.1	De viktigaste resultaten	70
8.2	Konsekvenser för skolan	70
9	REFERENSER	71
10	APPENDIX: Summary in English	74

## FÖRORD

### Ärade läsare!

Du håller nu i din hand ett nummer i 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, t ex:

-Vi strävar efter att använda kunnande om hur eleven tänker till att konstruera, pröva och utvärdera nya undervisningssekvenser inom centrala begreppsområden.

-Vi försöker kombinera elev - och samhällsperspektiv till nya mål och nya begreppsstrukturer för olika åldrar.

-Vi strävar efter att samordna de olika naturvetenskapliga ämnena och att skapa länkar mellan naturvetenskap, teknik och samhälle.

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

Mölndal, februari 1995

Red

## FÖRFATTARENS FÖRORD

Elevens begreppsförståelse i naturvetenskap har under c:a 20 års tid varit föremål för intensiv forskning för åldrarna upp till 16 år. När jag 1990 började arbeta med gymnasieläraryrket i kemi fann jag, att forskning gällande åldrarna över 16 år var betydligt mer begränsad. På svenska fanns en undersökning av Lybeck, Strömdahl och Tullberg (1985a, 1985b) om gymnasieelevers uppfattningar av storheten substansmängd, på norska fanns Ringnes' undersökningar om syra/basbegreppen och om redoxbegreppet (rapporten kom ut i färdigt skick 1992).

Jag var alltså intresserad av att ta reda på mer om gymnasieelevers begreppsuppfattning och lät tre klasser (N3, T3 och S3) besvara nationella utvärderingens problemhäften för årskurs 9 i grundskolan. Den manuella bearbetningen visade, att det kunde vara fruktbart att göra en större undersökning men fortfarande av pilotkaraktär. För att något vidga undersökningen adderade jag 4 frågor med mera direkt inriktning mot gymnasiet. Tre av dessa frågor härrörande från USA (Nurrenbern och Pickering, 1987) hade jag använt i gymnasieläraryrket för att belysa svårigheterna med begreppsförståelse vad gäller gasers egenskaper och kemiskt reaktionsformelskrivande.

Professor Kjell Härnqvist konsulterades för att ge råd angående valet av klasser så att det blev någorlunda representativt. De preliminära resultaten presenterades för Skolverkets medarbetare. Skolverket har allt som allt beviljat medel för kodning, databearbetning och för färdigställande av tre rapporter. Föreliggande rapport är den tredje i den serien.

I detta arbete har jag haft hjälp av många skolledare, lärare och elever på de aktuella skolorna och av Jonas Emanuelsson med kodningen och databearbetningen. Kollegerna på NA-avdelningen har välvilligt tagit del av manus och tillfört värdefulla synpunkter. Sist men inte minst har Björn Andersson, som fungerat som ledare för NUNA-projektet, varit en stimulerande diskussionspartner.

Till alla, som bidragit till att detta arbete blivit möjligt, vill jag framföra ett varmt tack.

Möln dal 1995-02-24

Ingrid Jansson

## 1. BAKGRUND

Denna studie gäller begreppsförståelse i naturvetenskap, främst kemi på N-, T-, E-, H- och S-linjerna och är en del i en uppföljningsstudie av NUNA i gymnasieskolan.

NUNA (Nationell Utvärdering NATurvetenskap) i årskurs 9 har under åren 1990-1993 genomförts vid Institutionen för ämnesdidaktik i lärarutbildningen, Göteborgs Universitet, med Björn Andersson som projektledare. Resultatet vad gäller de olika ämnesområdena har rapporterats i två skrifter: Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist, (1993a) "Vad kan eleverna om materia?" och Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist, (1993b) "Vad kan eleverna om ekologi och människokroppen?"

### 1.1 Uppläggning och resultat av NUNA i årskurs 9

NUNA-gruppen valde i undersökningen dels att *fokusera begreppsförståelse*, dels att *utvärdera ett begränsat antal viktiga områden* samt att *enbart använda papper- och pennauppgifter*. Vidare gavs arbetet en *kvalitativ inriktning*.

De *viktiga områdena* valdes utifrån analys av läroplanen, Lgr 80, och precisering av dess mål. De valda områdena är:

#### MATERIA

Gaser

Fasövergångar

Ämnen

Kemiska reaktion

#### EKOLOGI MED FOTOSYNTES

#### MÄNNISKOKROPPEN

Tre problemhäften med 40 uppgifter sammanställdes och användes vid nationella utvärderingen i åk 9 i början av vårterminen 1992.

Resultatet från NUNA-utvärderingen i åk 9 visar, att det finns åtskilliga brister i elevernas begreppsförståelse på samtliga områden. (Andersson m.fl., 1993a, 1993b). Det gäller både elementära aspekter av naturvetenskapliga begrepp och enkelt sambands-tänkande om t.ex. energikedjor och energivävar.

### 1.2 Uppläggning och resultat av NUNA på gymnasiet

NUNA har följts upp på gymnasiet genom en undersökning i april 1993 med samtliga NUNA-uppgifter (40 st), kompletterade med 4 frågor av gymnasiekaraktär. Tre av dessa frågor har använts av Nurrenbern och Pickering (1987) i en undersökning på ett USA-universitet av nybörjarstudenters begreppsliga uppfattning av gaser och av kemisk reaktionsformelskrivning jämfört med problemlösning. En fråga har använts i Norge i åk 9 (Ringnes, 1985). Resultaten redovisas i tre rapporter: Den första handlar om *Materia och kemiska reaktioner* (Jansson 1994a). Den andra handlar om *Ekologi och människokroppen* (Jansson, Andersson och Emanuelsson 1994b). Föreliggande rapport innehåller en litteraturöversikt över elevens uppfattningar om materia och kemiska reaktioner i anslutning till de fyra gymnasiefrågorna och har fokus på *Kemisk begreppsförståelse*.

### 1.2.1 De viktigaste resultaten av uppföljningen av NUNA (Jansson, 1994a, Jansson m. fl., 1994b).

Vid inträdet i gymnasieskolan har eleverna många brister i den grundläggande naturvetenskapliga begreppsförståelsen. Dock visar de årskurs 9-elever, som valt N- och T-linjen (åk 9NT) väsentligt bättre förståelse än övriga årskurs 9-elever (åk 9 annan). Vid utträdet ur gymnasieskolan har N-eleverna förbättrat sin begreppsförståelse åtskilligt, T-eleverna tämligen mycket, E- och H-eleverna inte alls och S-eleverna i liten grad. Den uteblivna resp. svaga förkovran i E3, H3 och S3 skulle kunna bero dels på bristande förkunskaper, som ej åtgärdas, dels på stoffträngsel i naturkunskap.

Jämförelse mellan de kvalitativa resultaten för åk 9NT respektive åk 9 annan och de olika gymnasiegrupperna visar gradskillnad men inte artskillnad. Samma kategorier av välgrundade svar liksom av missuppfattningar och felaktiga svar, som finns i grundskolan, återfinns också i gymnasieskolan.

N- och T-eleverna uppnår i tämligen stor utsträckning målen för grundskolan enligt de kriterier, som angetts av NUNA-gruppen, men så är ej fallet för vare sig årskurs 9-eleverna eller gymnasieeleverna på E-, H- och S-linjerna.

Pojkarna i N3+T3 har genomgående bättre resultat än flickorna på uppgifter inom området *gaser och fasövergångar*. Inom området *ämnen och kemiska reaktioner* är skillnaden inte lika stor. På några uppgifter har flickorna här bättre resultat än pojkarna. Pojkarna på N- och T-linjen har bättre resultat än flickorna på vissa uppgifter rörande fotosyntesen, vilket eventuellt kan kopplas till pojkars bättre begreppsförståelse på området *gaser och fasövergångar*. Pojkarna är också bättre på några uppgifter, som har med hjärta och blodomlopp att göra, vilket möjligen speglar ett större idrottsintresse.

Många elever har mycket seglivade vardagsföreställningar rörande materia och materiaomvandlingar. Dessa vardagsföreställningar byggs på med den vetenskapliga vokabulären men ändras föga om de inte bearbetas i undervisningen. T.ex. har en elev på avgasfrågan skrivit fullständig reaktionsformel för förbränning av ett kolväte men kryssar ändå för *mindre än 50 kg* och motiverar med att koldioxid och vatten kommer ut som gas och gaser har lägre densitet än vätskor.

Seglivade vardagsföreställningar finns också rörande fotosyntes, materiaomvandlingar vid nedbrytning samt rörande ämnes- och energiomsättning i människokroppen. T.ex. har en elev på uppgiften *Varifrån kommer biomassan?* skrivit: "Trädet suger upp näring från marken precis som vi äter mat och växer. Trädet använder alltså näringen till att tillverka nya trädceller." Samme elev har korrekt kryssat för att syre ökar och koldioxid minskar på uppgiften *Hur ändras gasblandningen?* (krukväxt med omgivande luft innesluten i plastpåse utsättes för belysning). Eleven kopplar således inte ihop de två uppgifterna i sina svar.

Några exempel på undervisningsförsök för att öka elevernas förståelse redovisas:

- behandling i undervisningen av relationer mellan vardagsföreställningar och vetenskapliga teorier och kunskaper
- skriftlig formulering av grundläggande begrepp och nyckelidéer
- undervisningsförsök om fotosyntesen
- undervisningsförsök om gaser, där synnerligen elementära aspekter av gasers egenskaper behandlas

### 1.2.2 Konsekvenser för gymnasieskolan

Uppföljningen av NUNA pekar mot att gymnasielärarna i såväl det naturvetenskapliga programmet som i övriga program måste ägna stor uppmärksamhet åt elevernas grundläggande begreppsförståelse och inte ta för givet att detta är avklarat i grundskolan.

Speciellt måste åtgärder för att förbättra begreppsinläringen på områdena *gaser och fasövergångar* övervägas inte minst för att eleverna skall ha en reell chans att förstå biologiska skeenden som fotosyntes och nedbrytning. Vidare måste vardagsföreteelser och vetenskapliga förklaringar relateras till varandra.

### 1.3 Några grunder för naturvetenskaplig undervisning om materia och kemiska reaktioner

Centrala utgångspunkter för undervisningen är atomhypotesen och den dynamiska partikelmodellen för materia d.v.s. att materia utgöres av rörliga atomer, joner och molekyler.

Väsentliga för undervisning om materia och energi är också termodynamikens första och andra huvudsatser. De kan med Bodil Jönssons terminologi (Jönsson m. fl. 1991) uttryckas så här:

INGENTING FÖRSVINNAR NÅGONSIN

ALLTING SPRIDER SIG

All materia och all energi är således sedda ur praktiskt perspektiv oförstörbara, men kan omvandlas till andra former. Vid kemiska reaktioner är omvandlingen mellan energi och materia så liten, att den inte är mätbar. I praktiken betraktas därför den totala materiamassan som konstant. Spontana omvandlingar går i riktning mot att materia och energi sprids ut.

Partikeltänkande används vanligen inte i det dagliga livet. Det betyder, att sådant tänkande inte heller förstärks i vardagen. Risken finns, att den vetenskapliga materiamodellen uppfattas enbart som skolkunskaper utan förankring i verkligheten. Men partikeltänkande behövs för att förstå och handskas med alla de miljöfrågor vi dagligen möter inte minst i massmedia. Vi kan inte med våra sinnen uppfatta t.ex. molekylsoporna svaveldioxid eller kväveoxider i låga halter, ökande halt koldioxid i luften, tungmetalljoner upplösta i vatten eller surt regn. Därför behöver vi goda naturvetenskapliga begrepp och modeller för att kunna hantera verkligheten runt oss. Sådant vetenskaplig bildning borde alla medborgare äga.

### 1.4 Gymnasiets undervisning och elevers uppfattningar

Kemiundervisningen på gymnasiet börjar traditionellt med en repetition av några grundläggande begrepp för att därefter behandla atomernas byggnad, periodiska systemet, kemisk bindning, kemiska beräkningar och reaktionsformler. De vetenskapliga förklaringarna och teorierna får på gymnasiet en helt annan detaljrikedom och tyngd än i grundskolan. Kemiska modeller på atomär partikel- och multipartikelnivå för verklighetens fenomen står i centrum.

Målet för undervisningen är, att eleverna ska tillägna sig vetenskaplig kunskap, så att de kan ge uttryck för naturvetenskapliga uppfattningar på alla de områden och nivåer, som undervisningen berör. Vägen dit är emellertid kantad med svårigheter. När eleverna kommer till undervisningen, har de redan kunskaper, som de erhållit i vardagen, genom samtal med omgivande personer, genom massmedia eller genom undervisning. Dessa kunskaper innehåller många icke vetenskapliga föreställningar. Somliga föreställningar är mycket robusta och ändras endast med svårighet genom undervisning. Eftersom elever inordnar nya idéer i sin redan existerande kunskapsstruktur, kan det uppkomma hybrider mellan t.ex. vetenskapliga uppfattningar och vardagsuppfattningar.

Genom prov och utvärderingar försöker lärare och forskare komma åt elevernas begreppsförståelse genom att värdera de uppfattningar eleverna ger uttryck för. Dessa kan sammanfattas i följande figur:

	Makronivå (fenomen i verkligheten)	Partikelnivå (atom, jon, molekyl)	Multipartikelnivå (mängder av atomer, joner, molekyler)
Vetenskapliga uppfattningar			
Icke vetenskapliga uppfattningar (vardagsuppfattningar, andra uppfattningar)			

Figur 1.1 Indelning av elevers uppfattningar i vetenskapliga och icke vetenskapliga på olika nivåer (Nivåer efter Ben-Zvi, Eylon & Silberstein, 1988).

Icke vetenskapliga idéer och uppfattningar och den kunskap, som kommer till uttryck genom dessa, har fått många olika benämningar i olika forskningsrapporter (Solomon, 1992):

- General knowledge
- Common sense
- Alternative frameworks
- Children's science
- Misconceptions

Griffiths och Preston (1992) anger ytterligare benämningar:

- Intuitive beliefs
- Preconceptions
- Spontaneous reasoning
- Naive beliefs

Dessa olika benämningar speglar olika kunskapsintressen och forskningsperspektiv. Den, som vill utvärdera undervisning, talar kanske om *misconceptions*. Den, som är intresserad av hur elever tänker, talar kanske om *preconceptions* eller *alternative frameworks*.

I Sverige har EKNA-gruppen valt att tala om *vardagsfysikaliska och vardagskemiska föreställningar* (Andersson, 1986).

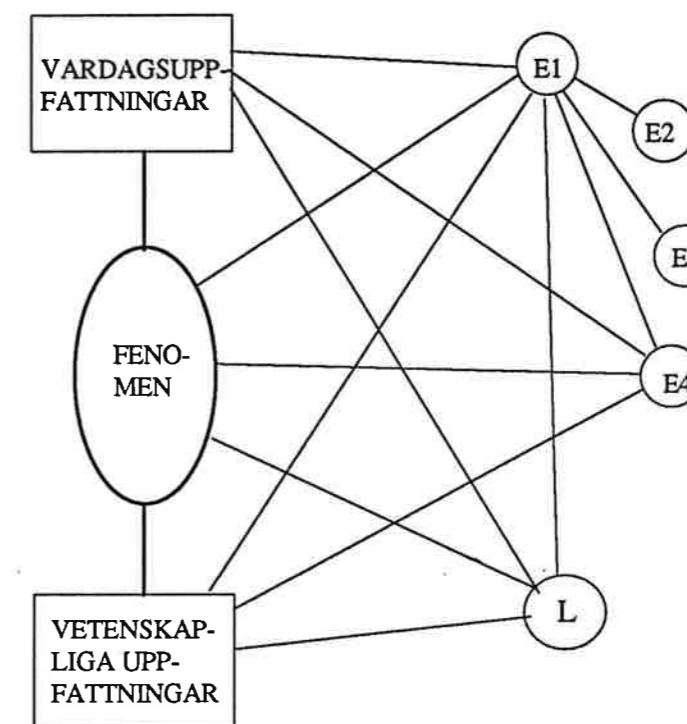
## 1.5 Elevers inläring

Trots att forskarna har olika infallsvinklar vad gäller elevuppfattningar tycks samstämmighet råda om åtminstone två förutsättningar för inläring (Mortimer, 1993, [min översättning])

1. lärande kommer till stånd genom den lärandes aktiva insats vid konstruerandet av egen kunskap
2. elevernas föreställningar och alternativa idéer spelar en fundamental roll i lärandeprocessen eftersom lärande endast är möjligt på grundval av vad den lärande redan vet

Driver, Asoko, Leach, Mortimer och Scott (1994) betonar, att vetenskaplig kunskap är socialt konstruerad. Det vetenskapliga innehållet är *inte* fenomenen i naturen utan det är *konstruktioner* som skapats av vetenskapssamhället för att tolka naturen. Det är viktigt att inse, att vetenskaplig kunskap är såväl *symbolisk* som att den bygger på sociala överenskommelser.

Elevernas inläring innefattar inskolning i vetenskapssamhällets idéer och förhållningssätt och innebär personlig konstruktion av kunskap både genom individuella och sociala processer. Inläringen äger rum i en social kontext med många relationer inblandade. Betrakta t. ex. ett fenomen, som man valt att studera:



Figur 1.2 Försök att åskådliggöra relationer i ett klassrum vid inläring. Endast en del av alla tänkbara relationer är utritade. (E står för en elev, L för läraren).

Den enskilde eleven (t.ex. E1) befinner sig i ett nätverk av relationer till sina kamrater, till läraren, till det fenomen, som studeras och till andra människors olika sätt att förklara fenomenet. Undervisningssituationen kan således ses som en komplicerad och komplex social kontext, där läraren (och eleverna) skapar inläringssituationer och eleverna konstruerar sina egna personliga kunskaper om ett visst fenomen och hur det kan förklaras.

De vetenskapliga uppfattningarna har ändrats under historiens gång och får ses som provisoriska i den meningen att de kan komma att ändras igen. Vissa äldre vetenskapliga uppfattningar och modeller användes fortfarande därför att de ger en tillräcklig förklaring till de fenomen, som studeras.

Beroende på vilket fenomen det gäller, finns också mer eller mindre allmänt förekommande vardagsuppfattningar. Solomon (1992) ser vardagsförståelse och vetenskaplig förståelse som två olika domäner och argumenterar för att båda behövs. Hon har dessutom visat, att om de två relateras till varandra, gynnas den vetenskapliga förståelsen.



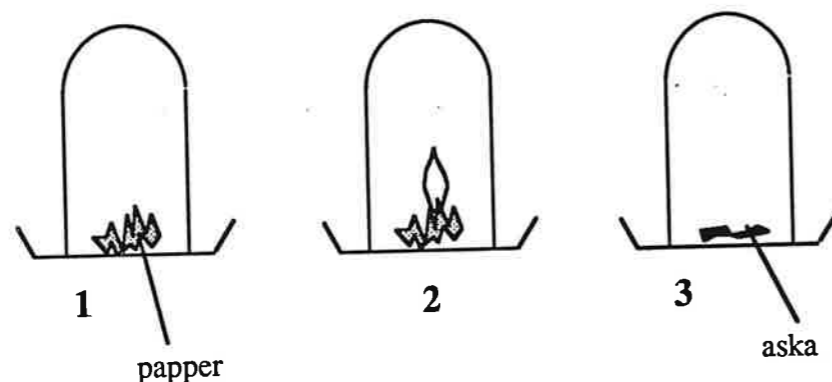
## 1.6 Elevers uppfattningar om materia och kemiska reaktioner

Många undersökningar har gjorts för att kartlägga elevers uppfattningar på olika områden i synnerhet för elever upp till 16 år. Här sammanfattas några sådana undersökningar och sammanställningar. Dessa är valda för att belysa elevers uppfattningar om *materia och kemiska reaktioner*.

### 1.6.1 Uppfattningar om massans bevarande vid fysikaliska och kemiska förändringar.

För kemister är det trivialt, att massan bevaras vid fysikaliska och kemiska reaktioner. För elever är detta inte självklart. Knappt 70% av N- och T-eleverna i åk 2 och åk 3 väljer både rätt alternativ och ger en tillfredsställande förklaring till att massan förblir densamma efter smältning av is i ett slutet kärl. (Jansson, 1994a). C:a 30% av eleverna har alltså från vetenskapen avvikande uppfattningar.

Elevers uppfattningar om materians bevarande vid avdunstning/förångning, upplösning och förbränning har undersökts av Furio Mas, Hernandez Perez och Harris (1987). En vätska i en hermetiskt tillsluten behållare förångades. Eleverna fick ta ställning till påståenden om bevarande av ämne (substance), bevarande av vikt och bevarande av massa. Eleverna fick också ta ställning till påståenden om vikt vid upplösning av socker i mjölk och vid förbränning av papper. Uppgiften gällande förbränning av papper återges nedan [min översättning]:



Lite papper läggs under en kupa (bild 1). Papperet antänds (bild 2). Aska erhålles (bild 3). Vad skulle man observera om allt vägdes (kupa, skål och innehåll) i alla 3 fallen?

- I fall 1 skulle man få högst vikt
- I fall 2 skulle man få högst vikt
- I fall 3 skulle man få högst vikt
- Annat svar

Förklara!

Figur 1.3 Exempel på elevuppgift enligt Furio Mas et al. (1987)

Furio Mas et al. (1987) har angett resultaten i tabellform (se nedan) för elever i olika åldersgrupper.

Tabell 1.1 Procentuell andel elever med **felaktiga** svar på uppgifter rörande bevarande av ämne respektive vikt vid olika förändringar.

Uppgift	ålder antal elever	12-13 år 224	13-14 år 175	14-15 år 251	15-16 år 138	16-17 år <sup>1</sup> 211	17-18 år 199
Bevarande av ämne (substance) vid total förångning av vätska i slutet kärl		81	66	46	32	16	17
Bevarande av vikt vid total förångning av vätska i slutet kärl		91	90	79	71	58	54
Bevarande av vikt vid upplösning av socker i mjölk		49	34	42	23	23	19
Bevarande av vikt vid förbränning av papper i en sluten kupa med luft		81	86	77	67	47	44

Tabellen får tolkas som att de *icke vetenskapliga* uppfattningarna minskar och de *vetenskapliga* ökar med ökande ålder.

Föreställningen om materians bevarande vid förändringar etableras successivt med stigande ålder. Andelen elever, som anser att *ämnet* bevaras vid förångning, ökar kraftigt med åldern. Andelen elever, som anser att också *vikten* bevaras, ökar inte lika markant. Runt 35% av de äldre eleverna gör alltså åtskillnad mellan ämnets bevarande och viktens bevarande.

Andelen elever, som anser att vikten bevaras, då *socker löses i mjölk*, ökar kraftigt med åldern. Andelen elever, som anser att vikten är samma före och efter *förbränning av papper*, ökar inte lika mycket. Vid förbränningen bildas osynliga gaser.

Furio Mas m. fl. (1987) relaterar sina resultat till vetenskapshistorien och påpekar, att elevernas svårigheter till stor del liknar den tidiga vetenskapens. Innan man förstod, att gaser var materiella, var det inte möjligt att förstå massans bevarande vid sådana kemiska reaktioner, där man kunde mäta att fast eller flytande materia synbarligen tillkom eller försvann. Resultaten från Furio Mas m. fl. (1987) tyder på, att andelen *icke vetenskapliga* svar ökar med andelen materia som omvandlas till *osynlig gas*.

Tre av uppgifterna ovan (smältning, förångning, förbränning) gäller slutna system. När det gäller öppna system, där inte alla komponenter är angivna, torde andelen *icke vetenskapliga* svar vara ännu större. Detta stöds av resultaten på uppgiften "Vad väger avgaserna?", där c:a 70% av N3- och T3- eleverna avger *icke vetenskapliga* svar (Jansson, 1994a) och av resultaten på uppgiften "Varifrån kommer biomassan?", där c:a 75% av N3- och T3- eleverna avger *icke vetenskapliga* svar (Jansson m.fl., 1994b)

<sup>1</sup> Eleverna i åldersgrupperna 16-17 och 17-18 år har alla studerat fysik och kemi som valfria ämnen

### 1.6.2 Uppfattningar om materia

Björn Andersson (1989a, s. 41-45) anger i sin sammanfattning av många forskares arbeten fem olika kategorier av elevuppfattningar om materia, som alla avviker från den vetenskapliga dynamiska partikelmodellen för materia:

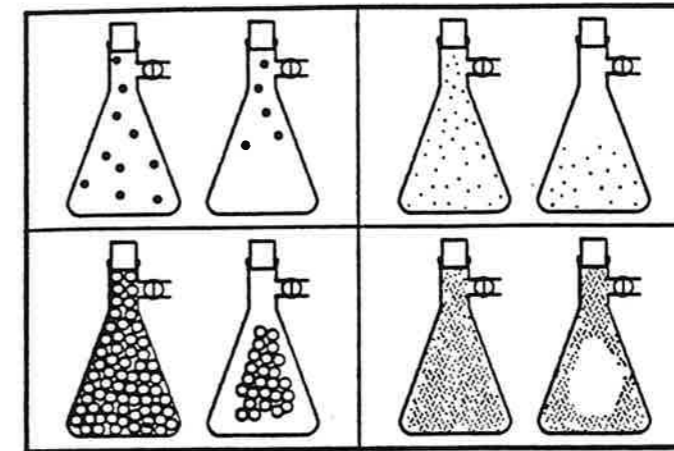
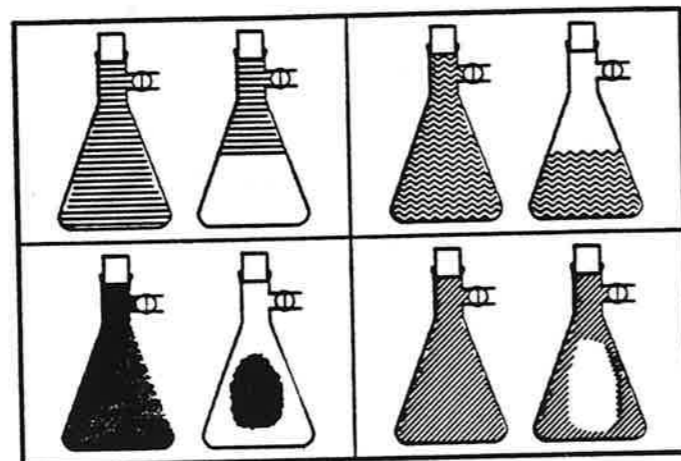
1. *Materia är kontinuerlig och statisk.* Denna modell används ofta inom klassisk fysik men lämpar sig inte för att förklara t.ex. fasövergångar och kemiska reaktioner.
2. *Materia består av makroskopiska ämnesenheter med struktur.* De pyttesmå enheterna tänks här vara lagrade intill varandra som t.ex. tegelstenar i en mur. Även i denna kategori betraktas materia som statisk. I både kategori 1 och 2 uppfattas materia som delbar oändligt många gånger.
3. *Materia består av ämnesenheter med atomer/molekyler/partiklar.* Partikelslagen sitter i denna föreställning inbäddade i makroskopiska ämnesenheter som russinen i en kaka: i t.ex. ett saltkorn är "saltmolekylerna" omgivna av salt.
4. *Ämnet utgörs av en partikelmassa.* I denna kategori tänks ämnet utgöras av tätt sittande partiklar. Det finns inget utrymme mellan partiklarna oavsett om det gäller gaser, flytande eller fasta ämnen. Partiklarna kan delas i mindre enheter.
5. *Ämnet består av partiklar med egenskaper som liknar det makroskopiska ämnet.* Typiskt för denna kategori är att partiklarna tilldelas makroskopiska egenskaper.: svavelatomer är gula, oljemolekyler är kletiga, naftalinmolekyler luktar, järnatomer leder värme, blyatomer kan plattas ut etc.

Kategori 3, 4 och 5 kan tänkas uppkomma då elever försöker förena skolans undervisning med sitt vardagstänkande. (Andersson, 1989).

### 1.6.3 Uppfattningar om gaser

Många undersökningar har gjorts för att ta reda på elevers uppfattningar om gaser. I en av de senaste (Benson, Wittrock & Baur, 1993) fick elever från lågstadietill universitetsnivå teckna mycket förstorade bilder av luft vid 1 atmosfärs tryck och vid 0,5 atmosfärs tryck. Två identiska E-kolvar med tillslutet sidorör visades upp. Den första kolven "full med luft" tillslöts med propp. Även den andra tillslöts "full med luft" och testledaren demonstrerade utsugning av halva luftmängden med en stor spruta. Eleverna fick i uppgift att föreställa sig, att de kunde se den osynliga luften i kolvarna med hjälp av "magiska obegränsat förstorande glasögon". De skulle rita in sin föreställning av luften i den första och andra kolven på blad med konturer av de två kolvarna och speciellt visa det partiella vakuumet i den andra kolven. För universitetsstudenterna beskrevs utsugningen men genomfördes ej.

95% av teckningarna kunde kategoriseras i två huvudgrupper: 1. bilder, som visade kontinuerlig uppfattning och 2. bilder, som visade partikulär uppfattning av luften. Båda slagen bilder kunde sedan klassificeras med hänsyn till om luften i andra kolven ritades koncentrerad eller utspridd i hela kolven. Nedan visas exempel på teckningar enligt 1 respektive 2.



Figur 1.4 Exempel på teckningar med kontinuerlig/koncentrerad uppfattning respektive partikulär/koncentrerad uppfattning.

Studien sträcker sig från Grade 2 till universitetsnivå. Här redovisas resultaten från Grade 2-4 (n=103), Grade 7 (n=79) samt Grade 11 med kemiinriktade studenter på privat high school (n=114) och från nybörjarstudenter i kemi vid universitet första dagen av studierna (n=607).

Tabell 1.2 Uppfattningar av gasers natur [min översättning]

Kategori			Grade	2-4	7	11(C)	U(C)
				(n=103)	(n=79)	(n=114)	(n=607)
				%	%	%	%
<b>Ej klassificerad</b>				5	8	6	3
<b>Kontinuerlig</b>	<b>Koncentrerad</b>	luft överst		–	1	10	2
		vakuum överst		83	51	14	3
		luft i centrum		1	–	2	1
		vakuum i centrum		1	–	1	1
		Övrigt		2	5	12	4
	<b>Utsträckt</b>		–	6	–	1	
	<b>Övrigt</b>		–	–	–	–	
<b>Summa kontinuerlig</b>				87	63	39	12
<b>Partikulär</b>	<b>Koncentrerad</b>	luft överst		–	–	9	4
		vakuum överst		6	23	12	5
		luft i centrum		–	–	3	3
		vakuum i centrum		–	–	2	4
		Övrigt		1	6	25	64
	<b>Utspridd</b>		1	–	4	5	
	<b>Övrigt</b>		–	–	–	–	
<b>Summa partikulär</b>				8	29	55	85

Lågstadiet barn är benägna att likna gas vid en vätska. När halva luftmängden sugts ut blir resten kvar i botten som saften i ett glas (fem av sex ritar gasen kontinuerlig och koncentrerad med vakuum överst). Resultaten från Benson et al. (1993) tyder på, att elever med ökande ålder accepterar partikelidén först och därefter utspridningsidén. Båda idéerna måste införlivas för att uppfatta gas som både partikulär och utspridd.

Universitetsstudenternas teckningar visande partikulär fördelning omklassificerades med hänsyn till hur gaspartiklarna ritades i kolven.

Tabell 1.3 Omklassificering av universitetskemistudenternas teckningar

	Välordnad %	Tätpackad %	Diffus %	Summa %
Koncentrerad fördelning	0,3	5,4	9,4	15,1
Utspridd fördelning	2,1	24,9	37,1	64,1
Annan partikulär fördelning	1,0	2,5	2,0	5,5
<b>Summa</b>	<b>3,5</b>	<b>32,8</b>	<b>48,4</b>	<b>84,7</b>

Av tabellen framgår, att 37 % tar hänsyn till att avståndet mellan gaspartiklarna är relativt stort. 25% av studenterna underskattar avståndet och ritat gasen tätpackad. Detta överensstämmer med andra forskares resultat. Andersson (1989b) refererar till en studie av Dow et al. och påpekar

... att såväl grundskoleelever (efter undervisning om materiens partikelnatur) som fysiklärare ritat partikelsystem motsvarande fast, flytande och gasformigt tillstånd så att relativa avståndet mellan två angränsande partiklar är 1 : 2-3 : 6-7. Avståndet i fasta tillståndet är satt till en enhet. De riktiga proportionerna är 1:1:10....

#### 1.6.4 Uppfattningar om atomer och molekyler

Griffiths och Preston (1992) har hos "grade-12 students" (16-18 år) identifierat 52 olika icke vetenskapliga uppfattningar (misconceptions) relaterade till fundamentala egenskaper hos atomer och molekyler. Dessa förtecknas nedan [min översättning]:

	Frekvens		
	A <sup>1</sup>	B	C
<b>MOLEKYLSTRUKTUR</b>			
1.1 En vattenmolekyl liknar en sluten figur utan bestämd form	1	3	4
1.2 En vattenmolekyl är sfärisk med partiklar spridda över hela	1	3	3
1.3 Vattenmolekyler består av två eller flera fasta klot *2	7	1	2
<b>MOLEKYLERS SAMMANSÄTTNING</b>			
2.1 Vattenmolekyler innehåller andra komponenter än syre och väte *	2	4	6
2.2 Alla vattenmolekyler består inte av samma atomer *	1	5	5
2.3 Vattenmolekyler innehåller mer än tre atomer *	2	5	4
2.4 Vattenmolekyler innehåller mindre än tre atomer	1	1	1
2.5 Vattenmolekyler innehåller olika antal atomer *	1	6	3

1

A: Academic Science (10 intervjupersoner) Studenterna har minst 75% teoretiska ämnen med minst två universitetsförberedande sciencekurser.

B: Academic Non-Science (10 intervjupersoner) Studenterna har minst 75% teoretiska ämnen men ej minst två universitets-förberedande sciencekurser.

C: Non Academic Non Science (10 intervjupersoner) Mindre än 75% teoretiska ämnen. Inga universitetsförberedande sciencekurser.

2 \* Uppfattning, som förekommer bland minst en tredjedel av studenterna.

#### MOLEKYLSTORLEK

3.1 En vattenmolekyl har "makrostorlek" **1	5	5	5
3.2 En vattenmolekyl är minsta odelbara enhet	2	2	2
3.3 Vattenmolekyler inom en fas kan ha olika storlek **	4	10	9
3.4 Vattenmolekyler från fasta fasen (is) är störst *	2	5	5
3.5 Vattenmolekyler från fasta fasen (is) är minst	3	-	2
3.6 Vattenmolekyler från gasfasen (ånga) är minst	-	4	6
3.7 Vattenmolekyler från gasfasen (ånga) är störst	3	1	3
3.8 Vattenmolekylers storlek beror på temperaturen	-	4	1

#### MOLEKYLERS FORM (eng. Shape)

4.1 Vattenmolekyler är platta	-	3	3
4.2 Vattenmolekyler har olika form beroende på i vilken fas de finns	1	2	4
4.3 Vattenmolekyler inom en fas kan ha olika form **	3	8	6
4.4 Temperaturen kan påverka molekyler form *	3	6	5
4.5 Behållarens form påverkar molekyler form	-	4	1
4.6 Tryck kan påverka formen på en molekyl	3	-	-

#### MOLEKYLERS VIKT

5.1 En vattenmolekyl är tung nog för att fysiskt kunna vägas *	1	6	7
5.2 Vattenmolekyler i en fas kan väga olika *	3	4	6
5.3 Vattenmolekyler från fasta fasen (is) är tyngst **	2	6	7
5.4 Vattenmolekyler från gasfasen (ånga) är lättast **	2	6	7
5.5 Storleken på vattenmolekylen påverkar dess vikt	2	2	1

#### BINDNING MELLAN MOLEKYLER

6.1 Vattenmolekyler i is är sammanhängande utan att lämna något utrymme mellan *	5	6	3
6.2 Vattenmolekyler i is är inte bundna i något mönster	3	3	4
6.3 Vattenmolekyler hålls samman av något utanför molekylerna	2	2	4
6.4 Värme gör att molekyler expanderar, vilket leder till att molekylerna skiljs åt vid smältning	2	-	2

#### ENERGIN HOS MOLEKYLER

7.1 Vattenmolekyler inom varje fas rör sig med samma hastighet	3	-	2
7.2 En molekyls hastighet bestäms av dess storlek	1	-	2
7.3 Ju mer utrymme en molekyl har desto snabbare rör den sig	-	1	2
7.4 Värme gör att molekyler expanderar	3	1	-
7.5 Värme gör att molekyler bryts ner	-	1	4

#### STRUKTUREN/FORMEN HOS EN ATOM

8.1 En atom liknar ett klot med beståndsdelar inuti	1	3	4
8.2 En atom liknar ett solitt klot	3	1	-
8.3 En atom ser ut som flera prickar/cirklar	3	3	-
8.4 Elektroner rör sig i (omlopps)banor	2	2	-
8.5 Atomer är platta	-	2	-
8.6 Det finns materia mellan atomer *	3	5	6

#### ATOMERS STORLEK

9.1 Atomer är stora nog för att kunna ses i mikroskop	1	2	2
9.2 Atomer är större än molekyler	1	2	-
9.3 Alla atomer har samma storlek	1	-	3
9.4 Storleken av en atom bestäms huvudsakligen av antalet protoner	3	1	-
9.5 Värme kan orsaka förändring av atomstorleken	1	3	2
9.6 Kollisioner kan förändra atomstorleken	4	1	-

#### ATOMERS VIKT

10.1 Alla atomer har samma vikt	2	2	3
<b>ANIMISM HOS ATOMER</b>			
11.1 Alla atomer lever **	4	7	5
11.2 Några atomer lever	2	1	-
11.3 Atomer är levande därför att de rör sig *	4	3	3

1 \*\* Uppfattning, som förekommer bland minst hälften av studenterna.

2 - betecknar frekvensen noll

Sex av uppfattningarna ovan delas av hälften eller mer av eleverna.

- En vattenmolekyl har "makrostorlek"
- Vattenmolekyler inom en fas kan ha olika storlek
- Vattenmolekyler inom en fas kan ha olika form
- Vattenmolekyler från fasta fasen (is) är tyngst
- Vattenmolekyler från gasfasen (ånga) är lättast
- Alla atomer lever

Av de naturvetenskapligt inriktade studenterna hade dessutom hälften eller mer uppfattningarna att:

- Vattenmolekyler består av två eller flera fasta klot
- Vattenmolekyler i is är sammanhängande utan att det finns något utrymme mellan

Några invändningar kan göras mot att beteckna alla påståendena i listan som icke vetenskapliga uppfattningar. Beträffande några av punkterna noteras:

- 2.2 *Alla vattenmolekyler består inte av samma atomer.* Om isotoper också tas med, stämmer påståendet. Deuterium och/eller tritium kan ingå i vattenmolekyler. Således: H<sub>2</sub>O, HDO, D<sub>2</sub>O, HTO, DTO, T<sub>2</sub>O. Dessutom förekommer isotoper av syre.
- 5.1 *En vattenmolekyl är tung nog för att fysiskt kunna vägas.* Numera finns masspektrometriska metoder, som medger bestämning av massan av enskilda molekyler. Det beror alltså på vad man menar med *fysiskt*.
- 9.1 *Atomerna är stora nog för att kunna ses i mikroskop.* I läroböcker och vid undervisning kan elever få ett sådant intryck genom att atomer, joner och molekyler avbildas inritade i flaskor eller bägare. Vissa atomslag kan emellertid numera ses i elektronmikroskop.
- 9.4 *Storleken av en atom bestäms huvudsakligen av antalet protoner.* Även om det är antalet elektroner och elektronmolnets storlek, som bestämmer atomstorleken, så är antalet elektroner knutet till antalet protoner. Därför kan man hävda, att atomens storlek bestäms av antalet protoner.

### 1.6.5 Uppfattningar om kemiska reaktioner

Björn Andersson (1989b) har vidareutvecklat egna och andra forskares kategoriseringar av elevers uppfattningar om *kemiska reaktioner*. Fem kvalitativt olika sammanfattande kategorier kan urskiljas. Dessa är:

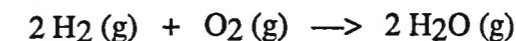
- A. "Det bara blir så". Kategorin innebär ofta, att elever enbart omformulerar den givna uppgiften.
- B. *Förflyttning*. Elever föreställer sig, att varje enskilt ämne bevaras vad, som än händer.
- C. *Modifiering*. Varje ämne behåller sin identitet samtidigt som vissa av dess egenskaper ändras.
- D. *Transmutering*. I denna kategori finns ett antal "förbjudna" transformationer. Ett givet ämne kan övergå till energi, ett givet ämne kan försvinna eller transmuteras till ett helt nytt ämne, energi kan transmuteras till ett ämne.
- E. *Kemisk växelverkan*. I undersökningar bland elever upp till 16 år är det förhållandevis få, som avger svar tillhörande denna kategori.
- Kategori B, C och D är "kompatibla" med föreställningen att materia är statisk och kontinuerlig.

Kategorierna A, B, C och D återfinns också i många undersökningar om elevers föreställningar om fasförändringar.

### 1.6.6 Vad behövs för att tolka en kemisk reaktionsformel?

Eleverna behöver troligen en väl utvecklad förståelse av den dynamiska partikelmodellen för att förstå kemisk växelverkan och för att förstå formaliseringen med kemiska symboler och formler. De behöver dessutom med lätthet kunna röra sig mellan makronivån och mikronivån både vad gäller fasändringar och kemiska reaktioner.

Ben-Zvi m. fl. (1987) har angett de kunskaper och färdigheter, som behövs för att tolka följande kemiska reaktionsformel:



Eleverna måste behärska [min översättning]:

1. *De strukturella aspekterna av kemiska reaktioner.* Detta innefattar den kemiska strukturen av reaktanter och produkter. I exemplet ovan måste följande delar förstås:
  - *Strukturen av en molekyl bestående av ett atomslag.* Symbolerna 'O<sub>2</sub>' resp. 'H<sub>2</sub>' betyder en molekyl, nämligen en autonom enhet i vilken två atomer är hopbundna
  - *Strukturen av en molekyl, som utgöres av en förening* Symbolen 'H<sub>2</sub>O' betyder en molekyl av en förening med två O—H-bindningar.
  - *Gasers beskaffenhet.* Symbolen (g) betyder att atomslaget (eller föreningen) i gasfas består av många spridda molekyler i ständig rörelse.
2. *De interaktiva aspekterna av en kemisk reaktion.* En kemisk reaktion är en process, där det sker uppbrytning av bindningar och bildning av bindningar.
3. *De dynamiska aspekterna av en kemisk reaktion.* En kemisk reaktion är en tidsberoende process som innebär dynamisk växelverkan mellan många partiklar.
4. *De kvantitativa aspekterna av en reaktion.*

### 1.6.7 Uppfattningar om reaktionsformler

Yarroch (1985) redovisar 14 intervjuer med high school kemistudenter, som alla korrekt balanserat fyra enkla kemiska reaktioner:

- a).  $\text{N}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{NH}_3$
- b).  $\text{Fe} + \text{Xe} \longrightarrow \text{XeF}_4$
- c).  $\text{HI} \longrightarrow \text{H}_2 + \text{I}_2$
- d).  $\text{I}_2 + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{IBr}$

Studenterna förklarade hur de balanserat formlerna, vad de använde för kunskaper, då de balanserade formlerna och hur de representerade de balanserade formlerna med bilder.

Största skillnaderna mellan studenterna fanns dels i svaren på frågor gällande de olika komponenterna i formlerna, dels i bilderna, som representerade de balanserade formlerna.

Fem av studenterna ritade bilder, som tillfredsställande överensstämde med de balanserade formlerna. Dessa studenter kunde också redogöra för vad koefficienter, index och pilar betyder. De visade i sina svar, att de arbetade från förutsättningen, att symboler, atomer eller partiklar bevaras vid balanseringen.

Två av studenterna ritade inga bilder.

De övriga sju ritade bilder, som överensstämde med totalantalet partiklar. De hade så gott som ingen kunskap om den information, som finns i koefficienter och index. De ritade typiskt 3 H<sub>2</sub> som sex varandra berörande cirklar (se bilden nedan):



Figur 1.5 En students representation av formeln  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

De beskrev pilen som ett enkelt matematiskt likhetstecken. De skilde sig däremot inte från första gruppen vad gäller kännedom om *lagen om materians bevarande*.

De två plus sju studenterna hade alltså tillräckliga kunskaper för att framgångsrikt manipulera symbolerna vid balansering av formlerna, men kunde inte visa, att de ägde ytterligare kunskaper.

### 1.6.8 Begreppsförståelse kontra problemlösningsförmåga

Nurrenbern och Pickering (1987) belyser i en rapport skillnaden mellan begreppsförståelse och problemlösningsförmåga. Nybörjarkemin på universiteten i USA har traditionellt gått ut på att öva problemlösning. Lärarna har utsagt förutsatt, att problemlösningsförmåga är ekvivalent med förståelse av kemiska begrepp. I studien påvisas stor diskrepans mellan problemlösningsförmåga på Boyles lag, Charles lag, allmänna gaslagen samt stökiometriska uppgifter och förståelse av begrepp.

Problemlösningsförmågan mäts med åtta uppgifter varav två exempel visas nedan:

1. En viss gasmassa upptar 200 L vid 95°C och 782 mm Hg. Vad kommer gasens temperatur i K att vara om volymen ändras till 176 L och trycket ändras till 815 mm Hg?
2. Beräkna vikten av den SO<sub>3</sub> som högst kan bildas ur 1,9 mol O<sub>2</sub> och överskott av svavel.  $2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_3$

Begreppsförståelsen mäts med tre flervalsuppgifter:

1. Hur fördelar sig vätemolekyler i en sluten stålcyllinder då temperaturen sänks från +20°C till -20°C (4 alternativ)?
2. Vilken av 5 bilder visar reaktionsblandningen i ett slutet kärl efter avslutad reaktion då reaktionsformel och bild av startmaterial är givna?
3. Vilken är reaktionsformeln (5 alternativ) för en reaktion, där bild av reaktionskärl före och efter reaktion, är givna?

Nästan två tredjedelar av studenterna klarade problemlösningsfrågorna medan endast runt en tredjedel av studenterna valde rätt alternativ på förståelsefrågorna ovan.

## 2. SYFTET MED OCH UPPLÄGGNINGEN AV DENNA STUDIE

### 2.1 Syftet med denna studie

NUNA-studien visar att åk 9 eleverna inte uppfyller de mål, som analyserats fram och bedömts som rimliga för grundskolan. Uppföljningen av NUNA på gymnasiet visar, att N- och T-eleverna i tämligen stor utsträckning uppnår dessa angivna mål för grundskolan men så är ej fallet för gymnasieeleverna på E-, H- och S-linjerna. Dock visar även många N- och T- elever brister i sin begreppsförståelse. Internationella studier visar, att grundläggande delar av atomhypotesen, den dynamiska partikelmodellen, första och andra huvudsatserna vållar betydande svårigheter även för elever äldre än 16 år. Det framstår därför som intressant att kartlägga svenska gymnasieelevers begreppsförståelse och jämföra med utländska rön. Detta kunskapsintresse finns både på gymnasieskolan och inom gymnasielärovetenskapen men sådan kunskap torde också vara intressant för alla mottagande universitetsinstitutioner inom den naturvetenskapliga sektorn.

Mer preciserat är syftet med denna delstudie är att på några punkter kartlägga begreppsförståelsen hos elever på gymnasiet teoretiska linjer och att relatera den till underliggande naturvetenskapliga lagar, regler och teorier samt till internationella resultat:

Hur uppfattar svenska gymnasieelever partikelfördelningen hos en gas som utsätts för nedkylning?

Hur uppfattar svenska gymnasieelever materians oförstörbarhet vid en kemisk reaktion med enbart fasta ämnen?

Hur uppfattar svenska gymnasieelever materians oförstörbarhet vid en kemisk reaktion i ett öppet system, där gasen luft ej anges?

Hur uppfattar svenska gymnasieelever konventionerna för kemiskt reaktionsformelskrivande?

Syftet är också att i någon mån belysa konsekvenserna för gymnasieskolan av den funna bergreppsförståelsen.

### 2.2 Metod

#### 2.2.1 Instrument

Undersökningen har genomförts i april 1993 med samtliga NUNA-uppgifter (40 st) (rapporterade i Jansson 1994a, Jansson m. fl., 1994b). NUNA-uppgifterna var kompletterade med 4 frågor av gymnasiekaraktär. Tre av dessa frågor har använts av Nurrenbern och Pickering (1987) i en undersökning på ett USA-universitet av nybörjarstudenters begreppsliga uppfattning av gaser och av kemisk reaktionsformelskrivning jämfört med problemlösning. En fråga har använts i Norge i åk 9 (Ringnes, 1985). De ursprungliga fyra frågorna var enbart flervalsfrågor. I denna undersökning har eleverna dels valt alternativ, dels förklarat hur de tänkte då de svarade. I föreliggande rapport har också resultaten på NUNA-uppgiften "Vad väger avgaserna?" medtagits och ytterligare analyserats.

#### 2.2.2 Experimentgrupp (gymnasieskolan april 1993)

Sammanlagt 32 klasser i fyra olika gymnasieskolor har deltagit i undersökningen. Dessa skolor ligger i Göteborg och Mölndal och har valts därför att de har komplett eller i det närmaste komplett uppsättning teoretiska linjer. Urvalet av skolor grundar sig på en

bedömning att rekryteringsområdet för varje skola är någorlunda konstant för de olika årskurserna.

Undersökningen har administrerats av skolledningen på respektive skola och genomförts under två lektionstimmar. I varje skola har i princip en klass på varje linje och i varje årskurs valts ut av skolledningen för att delta i undersökningen. Eleverna har informerats dels av skolledningen, dels genom särskilt informationsblad.

Bakgrundsinformation, som tagits in:

Betyg i åk9 i Fy, Ke, Bi och Tk alt NO(blockbetyg) samt Ma Ålder  
Gymnasiebetyg i Fy, Ke och Bi alt. Nk Kön  
Poäng i CP-fysik och kemi (gäller åk3 på N- och T)

#### 2.2.4 Design (antal klasser)

Tabell 2.1 Antal gymnasieklasser, antal elever på varje linje, antal elever, som besvarat problemhäftet samt antal frånvarande elever.

Årskurser/linjer	N	T	H	E	S
åk 1	4	4			
åk 2	4	4			
åk 3	4	4	2	2	4
antal elever	324	337	50	56	107
antal svar	294	287	42	48	85
bortfall	30	50	8	8	22

Anm.1. Eleverna i T3 utgöres av två klasser på elteknisk gren, en klass på byggtknisk gren och en klass med blandat grenval (el- bygg- och maskinteknisk gren).

Anm.2. En av S-klasserna kommer från ytterligare en skola, eftersom en av de tillänkta klasserna tidigare medverkat i pilotundersökning.

Tonvikten i studien ligger på N- och T-linjerna, där alla årskurser finns representerade. Årskurs 3 på E- H- och S-linjerna har tagits med som kontrast och för att få en ungefärlig uppfattning om skillnader mellan de naturvetenskapliga och de icke naturvetenskapliga teoretiska linjerna. Avsikten har ej varit att studera skillnader mellan E- H- och S-linjerna och en sådan analys har heller ej gjorts.

#### 2.3 Bortfall

Frånvaron i gymnasieklasserna vid testtillfället var i genomsnitt 13,5%. Fyra klasser hade avsevärt större frånvaro än övriga: en klass av vardera T1, T2 och T3 på samma skola och en S3:a på en annan skola. Frånvaron i dessa fyra klasser var 39%. Om dessa icke medtages, var frånvaron i övriga 28 klasser i medeltal 11,5%.

Bortfall i form av överhoppade uppgifter redovisas i samband med varje uppgift som "ej besvarat".

#### 2.4 Timplaner för gymnasieskolan 1992/1993

Tabell 2.2 Elevtimmar/vecka i olika ämnen och årskurser i det "gamla gymnasiet".

Linje	N-linjen			T-linjen			E-linjen Nk	H-linjen Nk	S-linjen Nk
	Bi	Fy	Ke	Bi	Fy	Ke			
Årskurs 1	—	2,5	3,5	—	2,5	3,5	(4) <sup>1</sup>	4	4
Årskurs 2	2	4	3	2	4	3	—	4	4
Årskurs 3	3	4	2	(3)	4	—	—	—	—

<sup>1</sup> Ämne, som kunnat väljas till, markeras med parentes

### 3. RESULTAT: BEGREPPSFÖRSTÅELSE I KEMI

I resultatredovisningen har uppgifter, som rör samma ämnesområde, förts ihop. Ordningföljden mellan uppgifterna är alltså ändrad jämfört med problemhäftet. I rapporten har varje uppgift fått en överskrift, som ej fanns med i problemhäftet. Ämnesområdena och uppgifterna är följande:

OMRÅDE	NR	UPPGIFT	SID
3.1 Gaser	1.	Vilken fördelning får vätemolekyler då väte kyls ned?	25
3.2 Massans bevarande vid kemiska reaktioner	2.	Vad händer då 2 g zink upphettas med 2 g svavel?	33
	3.	Vad väger avgaserna?	36
3.3 Reaktionsformel-skrivande	4.	Vilka samband finns mellan formel och reaktionskärn?	41
	5.	Vilken är reaktionsformeln?	45

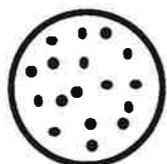
Först återges frågeställningen för varje uppgift. Därefter redovisas i tabell elevernas svar på flervalsfrågor. Godtagbara svar markeras med fetstil. För öppna-svars-uppgifter anges först exempel på gymnasieelevers svar (följt av klassbeteckning och elevnummer) under de olika kategorierna och därefter tabell över fördelningen av svar på de olika kategorierna. Svartsfördelningen illustreras på några uppgifter med diagram. Resultatet på uppgifterna kommenteras i nästa kapitel.

Av praktiska skäl har E- och H-eleverna förts samman till en population med ungefär samma antal elever som övriga grupper.

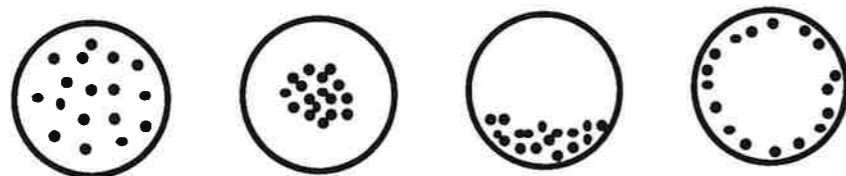
## 3.1 Gaser.

Uppgift 1. Vilken fördelning får vätemolekyler då väte kyls ned?

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



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



a)

b)

c)

d)

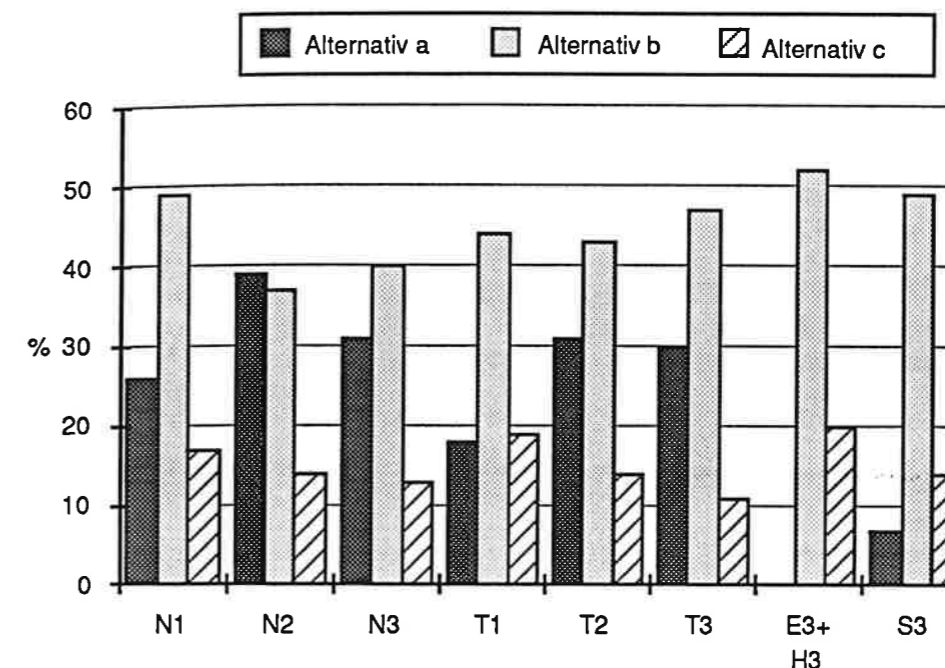
Förklara hur Du tänkte!

## RESULTAT

Tabell 3.1 Fördelning av vätemolekyler efter kylning. Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ.

Alternativ	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106)	(91)	(97)	(104)	(88)	(95)	(90)	(85)
	%	%	%	%	%	%	%	%
alternativ a <sup>1</sup>	26	39	31	18	31	30		7
alternativ b	49	37	40	44	43	47	52	49
alternativ c	17	14	13	19	14	11	20	14
alternativ d	5	8	12	14	10	7	14	24
ej besvarat/övrigt	4	2	3	5	2	4	13	6

<sup>1</sup> Godtagbart svar markeras med fetstil

FÖRDELNING AV VÄTEMOLEKYLER  
EFTER NEDKYLNING

Figur 3.1 Vilken fördelning får vätemolekyler då väte kyls ned? Procentuell fördelning av elevsvar på de tre mest attraktiva alternativen

Elevernas förklaringar till de valda alternativen har kategoriserats enligt följande. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

## EJ BESVARAT

## Alternativ a)

A1 EJ FÖRKLARAT

A2 VÄTEMOLEKYLERNA FRYSER FAST PÅ SAMMA STÄLLE

A3 VÄTE FORTFARANDE GAS

—Väte har en låg kokpunkt, gasen ändras inte mycket. (N2, 3 145)

—Eftersom vätet fortfarande är gasformigt så fördelas det jämt över hela behållaren. (T1, 3 203)

—Gasen strävar efter att uppfylla en så stor volym som möjligt. (N2, 4 151)

A4 VÄTEMOLEKYLERNA RÖR SIG MINDRE

—Eftersom väte inte blir vätska förrän långt under -20°C är den vid -20°C en gas. En gas sprider sig där det finns plats för den — spridningen tar bara lite längre tid. (N2, 3 138)

—När man sänker temperaturen så rör sig molekylerna mindre men de är fortfarande spridda i hela behållaren. Det behövs lägre temperatur för att få vätemolekylerna att bli vätska. (N2, 3 149)

A5 MINDRE RÖRELSE OCH DÄRMED LÄGRE TRYCK

—Trycket i behållaren kommer att vara lägre i fall med -20°C. Detta betyder enbart att hastigheten på molekylerna är lägre och att de inte kolliderar så mycket.

De kommer dock fortfarande att vara utspridda över en lika stor volym. (N3, 3 172)

—Temperaturen sänks —> minskad aktivitet hos gasmolekylerna —> minskat tryck, men gasen utnyttjar fortfarande hela volymen (eftersom den inte övergår till vätskeform vid  $-20^{\circ}\text{C}$ ). (T3, 3 275)

#### A6 ÖVRIGT

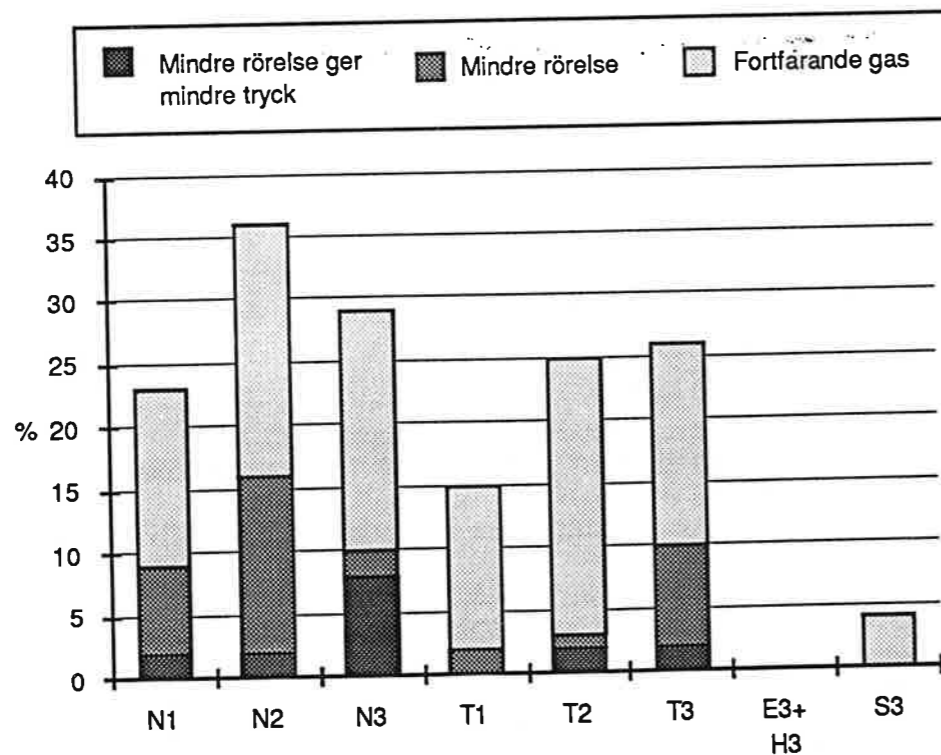
—Tryck, Temperatur påverkas inte (T3, 4 277)

—När varmen sänks, det blir kallare så påverkar inte atomerna varandra lika mycket. De har ingen anledning att dra sig till mitten eller ena sidan. De ligger kvar utspridda. Tank på när tex. vatten fryser till is. (N1, 2 110)

Tabell 3.2 Vätemolekylernas fördelning. Förklaringskategorier för *alternativ a*.

Kategorier för att förklara <i>alternativ a</i> .	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106)	(91)	(97)	(104)	(88)	(95)	(90)	(85)
	%	%	%	%	%	%	%	%
A3. Fortfarande gas	14	20	19	13	22	16		4
A4. Mindre rörelse	7	14	2	2	1	8		
A5. Mindre rörelse—>mindre tryck	2	2	8		2	2		
A1,A2,A6. Ej förklarad/övrigt	3	2	3	4	6	4		2

#### FÖRKLARINGAR TILL ALTERNATIV A.



Figur 3.2 Vilken fördelning får vätemolekyler då väte kyls ned? Diagram över godtagbara förklaringar.

#### Alternativ b)

##### B1 EJ FÖRKLARAT

##### B2 VÄTEMOLEKYLERNA KLUMPAR IHOP SIG/DRAS IHOP/TRYCKS IHOP

—När det blir kallare dras molekylerna ihop, precis som hudens porer! (E3, 2 494)

—När något blir varmt utvidgas det när det sedan blir kallt går det ihop igen. (T1, 3 217)

—De drar sig närmare varandra för att försök hålla värmen. (T1, 3 219)

—All gas förminskas när det blir kallare (T1, 3 224)

—När temperaturen sänks trycks gasen ihop och atomerna ligger tätare och tar mindre plats. Trycks ihop från alla håll. (N3, 3 183)

—Jämförde med en ballong som man tar ut i kyla. Den krymper. (T2, 3 240)

—När temperaturen sjunker så påverkas molekylerna av andra krafter ex van der Waals krafter (T1, 4 201)

##### B3 VÄTE FRYSER TILL IS/STELNAR

—Mer energi, vätet behöver mer utrymme mindre energi vätet går ihop och stelnar till is. (T3, 4 289)

—Vätemolekylerna fryser fast i varandra (S3, 4 572)

##### B4 VÄTEMOLEKYLERNA RÖR SIG MINDRE

—Vid kyla krymper föremål — atomernas rörelse blir mindre och de trängs ihop. Alternativ c) är i och för sig också ihoptryckt, men detta beror på ett högre tryck. Vid kyla dras de bara ihop mot centrumet. (N1, 3 116)

—När väte är varmt rör det på sig och intar inga fasta lägen, men när det kyls ner blir rörelseenergin mindre och de stannar, får fasta positioner. ((N2, 4 144)

—När varmen minskar så minskar också molekylernas rörelseenergi och van der Waalsen kan dra ihop de mer. (N1, 4 107)

—Ju kallare temperatur desto mindre rörelse mellan molekylerna, och de ligger nära varandra. (T2, 2 260)

—När temperaturen sänks, har inte vätemolekylerna så stor kraft att stöta ifrån varandra längre. Så de fastnar vid varandra, och bildar en sammanhängande klump. (N1, 4 113)

##### B5 VOLYMEN ÄNDRAS ALT. TRYCKET ÄNDRAS

—När temperaturen minskar minskar vätgasens volym (T2, 3 246)

—När temperaturen sänks saktar molekylerna av. De tar mindre plats och pga det höga trycket trycks de in mot mitten. (N2, 3 147)

—Trycket minskar när temperaturen minskar för atomerna rör sig så mycket mindre och långsammare ju kallare det är (T3, 3 268)

—Trycket måste ha minskat Och då kryper molekylerna in mot mitten. (Dom pressas inte utåt) (T3, 3 271)

—Trycket ökar och vätemolekylerna trycks ihop (T3, 2 279)

—Molekylerna blir tätare vid lägre temp. Det finns ingen anledning för dem att sprida ut sig. Trycket sjunker. (N3, 3 182)

—Molekylernas inbördes avstånd minskar när temperaturen sänks, hastigheten likaså. Detta medför att trycket minskar. (T3, 4 288)

##### B6 VOLYM ELLER TRYCKÄNDRING MOTIVERAS MED GASLAGEN

—  $\frac{P \cdot V}{t} = \text{konstant}$  om temperaturen sänks —> höjs trycket —> vätet pressas samman (N2, 3 135)



- Gaslagen säger att  $\frac{p \cdot V}{T}$  är konstant. Om T minskar och p är samma, måste även V bli mindre. Det betyder att samma mängd molekyler tar upp mindre yta. Väte är ej flytande vid  $-20^\circ\text{C}$ . Alltså är b) rätt. (N2, 3 142)
- Då temp. minskar, minskar också trycket enl. formeln "PV = nRT" ("P" = tryck, "T" = temp.) Vätet kommer alltså ej ge upphov till lika stort tryck utan "sjunker ihop": lätta på trycket. (N2, 3 154)
- Gaslagen:  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ . Trycket är konstant, tempen ändras  $V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$  T sänks => V minskar. Trycket är lika från alla håll, alltså trycks volymen ihop till mitten som i b). (N3, 3 179)
- $pV = nRT$ , p konstant, n konstant, R konstant  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ . Eftersom volym 1 är stor och temperaturen stor, Måste volym 2 vara liten eftersom temperaturen är det pga formeln ovan. (N2, 4 134)
- $pV = nRT$  => om T (temperaturen) minskar, minskar även trycket p (N3, 4 177)

## B7 ÖVRIGT

- Massan blir mindre vid kyla (T1, 2 209)
- Vid minskad temperatur minskar tätheten på gasen (T2, 3 243)
- När temperaturen sänks så rör sig elektronerna mindre. (N1, 2 102)
- De söker sig till varandra för att få byta elektroner för att då bildas lite värme. (T1, 1 223)
- Trycket inne i behållaren sänks med temperaturen och då blir trycket utifrån större (N1, 4 112)
- Vid kyla vidgas atomer (N3, 3 180)
- Radien minskar bland vätemolekylerna (det finns en formel för det) och fryser dem så har de mindre fri yta att vara på. (T3, 4, 282)

Tabell 3.3 Vätemolekylernas fördelning. Förklaringskategorier för *alternativ b*.

Kategorier för att förklara <i>alternativ b</i>	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106)	(91)	(97)	(104)	(88)	(95)	(90)	(85)
	%	%	%	%	%	%	%	%
B2. Molekylerna klumpar ihop sig	15	8	8	18	13	8	31	29
B3. Frysning/stelning	15	2	4	8	2	4	6	6
B4. Mindre rörelse	10	12	8	6	11	13	4	4
B5. Volym/tryck ändras	1	4	9	4	9	11		1
B6. Gaslagen förklarar volym/tryckändring		7	5		1	5		
B1. Ej förklarat	4	2	4	6	6	4	9	8
B7. Övrigt	4	2	1	3	1	2	3	1

*Alternativ c)*

## C1 EJ FÖRKLARAT

## C2 VÄTEMOLEKYLERNA SJUNKER

- Kallare väte blir tyngre och sjunker till botten. (N3, 4 174)
- Vid temperatursänkning kontraherar gasen och lägger sig pga tyngdkraften på botten av behållaren. (T3, 4 269)
- Densiteten ökar. Tyngdkraft finns. (T2, 2 254)

## C3 VÄTET BLIR FLYTANDE/STELNAR

- Vätet kondenserar och blir vätska som är tyngre än luften och lägger sig på botten. (N1, 2 106)
- Om man ser det från sidan så tar jag alternativ c eftersom det har bildats is. (N1, 4 111)
- Då temperaturen sänks minskar molekylernas hastigheter och de "klumpas" samman, och bildar ett fast ämne. Därav ej bild a eller d. Vid alla kondensationsreaktioner som jag sett brukar ämnena kristallisera sig vid behållarens yta. (N3, 4 175)

## C4 VÄTEMOLEKYLERNAS RÖRELSE MINSKAS

- Rörelserna i gasen avstannar och vätet blir fast —> tyngre än motsv. volym luft —> sjunker till botten. (N2, 3 156)
- Aktiviteten blir mindre vätet blir slöare. Det ramlar neråt o samlas på ett ställe (S3, 3 582)
- Molekylhastigheten har minskat pga temperatursänkningen och vätet stelnat (N1, 4 123)
- När temperaturen sänks minskar deras rörelseenergi varvid de börjar dras till varandra, detta gör att massan koncentreras mer varvid de med alltmer kraft påverkas av tyngdkraften (T3, 4 281)

## C5 ÖVRIGT

- (De försöker värma varandra) Vid lägre temperatur behöver molekylerna mindre plats. (N1, 3 111)
- När det blir kallt rör vätet och ramlar ner till botten (E3, 1 471)
- Enligt allmänna gaslagen:  $PV = nrT$  får en tryckökning samma resultat som en temperatursänkning. Det "ökade" trycket pressar ihop gasen, tyngdlagen gör att vätet dras ner och inte pressas ihop i mitten (b). Inses lätt. (T2, 2 241)
- Trycket minskar då temperaturen sänks. (T3, 3 288)

Tabell 3.4 Vätemolekylernas fördelning. Förklaringskategorier för *alternativ c*.

Kategorier för att förklara <i>alternativ c</i>	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106)	(91)	(97)	(104)	(88)	(95)	(90)	(85)
	%	%	%	%	%	%	%	%
C2. Molekylerna sjunker/blir tyngre	2	1	2	3	3	3	7	8
C3. Vätet blir flytande/stelnar	6	3	5	8	3	1	2	
C4. Mindre rörelse	7	10	4	3	5	4	1	1
C1+C5. Ej förklarat/övrigt	3		2	6	2	2	9	5

*Alternativ d)*

## D1 EJ FÖRKLARAT

## D2 VÄTEMOLEKYLERNA DRAR SIG UT/PRESSAS UTÅT

- Vätet sprider ut sig när temperaturen sänks. (T2, 3 250)
- Dom drar sig mot väggarna pga att det inte är lika kallt runt väggarna som i mitten. (S3, 3 567)
- Vätemolekylerna repellerar varandra & kommer i kanten. Kan repelleras pga att de inte kan röra sig lika fort som vid  $+20^\circ\text{C}$  (N3, 2 180)
- Det sker en tryckutjämning vätet vill försvinna ut. (N3, 2 185)
- Trycket blir för hårt och alla vätemolekylerna pressas ut till kanterna av stålbehållaren. (N13 122)

- D3 VÄTE HAR FRUSIT TILL IS  
—Vätemolekylerna har frusit till is och "dragit sig" ut runt kanterna. (Jmfr. stuprör), där isbildningen bildas. (S3, 4 581)
- D4 VÄTE VÄXER/UTVIDGAS I KYLA  
—Väte "växer" i kyla, den expanderar och lägger sig således i ytterkanten av behållaren, på väg ut ur den. (S3, 3 578)  
—Vätet utvidgas vid nedkylning. (T3, 1 269)  
—När väte stelnar eller kyls ner så utvidgar sig atomerna. (T1, 2 222)
- D5 TRYCKET BLIR LÄGRE  
—Trycket blir lägre vid lägre temperatur (N3, 3 169)  
—  $pV=nRT$   $p = \frac{nRT}{V}$  Om Temp. sänks, sjunker trycket. Om trycket sjunker borde avstånden mellan molekylerna öka. (N3, 3 175)  
—  $PV=nRT \Rightarrow$  trycket blir mindre (N3, 3 188)  
—MAN ANVÄNDER GASLAGEN:  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$   
Om  $T_2$  minskar. så minskar  $P_2$ . Trycket blir alltså litet. (T2, 3 234)
- D6 ÖVRIGT  
—Naturen strävar alltid efter minsta möjliga sammanpackning. (T2, 3 252)  
—Väte är lättare luft de trängs alltså ut i kanten. (T2, 4 244)  
—När kylan inkommer kommer vätemolekylerna att gå så långt ifrån varandra som möjligt, eftersom splittring av vätemolekyler medför kyla, liksom kontakt mellan olika vätemolekyler ger upphov till varme. Ju fler i kontakt desto varmare. (N3, 1 193)  
—Vid  $-20^\circ\text{C}$  har vätemolekylerna bundit ihop sig med stålbehållaren. (N3, 2 178)  
—Stålbehållaren blir kallare än behållaren blir innuti och då stannar vätemolekylerna till vid stålet. (T3, 2 275)  
—För att vid det laget bryts ekvivalensbindningar som finns i vätgasen (mellan molekylerna). (N3, 2 187)

Tabell 3.5 Vätemolekylernas fördelning. Förklaringskategorier till *alternativ d*.

Kategorier för att förklara <i>alternativ d</i>	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106) %	(91) %	(97) %	(104) %	(88) %	(95) %	(90) %	(85) %
D2. Molekylerna drar sig/pressas ut	1	1 1	3	1	1 1	1	7	7 4
D3. Väte blir flytande/stelnar								
D4. Väte växer/utvidgas	1	1 4	3	3	1 2	1	1	5
D5. Trycket lägre								
D1. Ej förklarat	2		2	3	2 3	3	4	8
D6. Övrigt	1		4	5	2 1	1	2	

### 3.2 Massans bevarande vid kemiska reaktioner

#### Uppgift 2. Vad händer då 2 g zink upphettas med 2 g svavel?

När 2 g zink och 1 g svavel upphettas tillsammans bildas föreningen zinksulfid och praktiskt taget inget zink eller svavel återstår. Vad händer om 2 g zink upphettas med 2 g svavel?

- |                                                           | JA                       | NEJ                      |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a Zinksulfid innehållande dubbelt så mycket svavel bildas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b Ungefär 1 g svavel blir kvar                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c Ungefär 1 g zink blir kvar                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d Ungefär 1 g av vardera blir kvar                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e Ingen reaktion inträffar                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Förklara Hur Du tänkte!

#### RESULTAT

Tabell 3.6 Vad händer då 2 g zink upphettas med 2 g svavel? Procentuell fördelning av ja-svar på olika alternativ.

Alternativ	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106) %	(91) %	(97) %	(104) %	(88) %	(95) %	(90) %	(85) %
a. Dubbelt s mkt svavel i sulfid	17	7	7	14	13	6	33	24
b. 1 g svavel blir kvar	78	89	89	72	81	85	31	42
c. 1 g zink blir kvar	4	2	5	7	2	3	12	9
d. 1 g av vardera blir kvar	3	1	3	6	2	2	13	14
e. Ingen reaktion inträffar <sup>1</sup> Ej besvarat								

Elevsvaren har delats upp i följande kategorier. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

- A. INGEN SKRIVEN FÖRKLARING
- B. INGEN FÖRKLARING I SVARET

<sup>1</sup> Vad gäller "ingen reaktion inträffar" redovisas inget resultat eftersom frågan är tvetydigt formulerad (alternativen borde varit RÄTT/FEL i stället för JA/NEJ).

- C. INGEN REAKTION INTRÄFFAR  
—Det är för mycket svavel för att reaktion skall ske. Lösningen är mättad. (N1, 4 117)  
—Zinksulfid bildas med de givna mängderna och därför blir det svavel över och reaktionen inträffar ej (N2, 4 163)  
—Zink är ädlare än svavel. För att en reaktion skall ske måste reaktionsmedlet vara ädlare än det som ska reagera. (N2, 4 155)
- D. UPPHETTNING PÅVERKAR FÖRLOPPET  
—Om något upphettas tillräckligt händer alltid något. (T1, 4 213)
- E. BLANDNINGEN BLIR ANNORLUNDA  
—Jag jfr med ett enkelt ex. Ifall jag blandar 2 del vatten med en del saft och sedan 2 del vatten med 2 del saft blir det inte annat än högre konc. Fast det kan hända att blandningen mätts i sådana situationer, men inte här (N3, 3 180)
- F. KEM. FÖRENINGEN BLIR ANNORLUNDA (i allmänhet kryss för alternativ a)  
—Zink och svavel reagerar till det inte finns något av ämnena kvar. Men den bästa zinksulfiden får du om du använder 2 g zink och 1 g svavel. (N2, 4 156)  
—Det kommer, den måste ju ta vägen någonstans (N2, 4 158)  
—  $Zn^{2+} \rightleftharpoons S^{2-}$  (N3, 4 170)  
—  $Zn + S \rightarrow ZnS(s)$   
2g 1g (N3, 4 173)  
—Svavlet tas väl upp i zinksulfiden (S3, 5 589)
- G. SAMMA KEMISKA FÖRENING BILDAS (i allmänhet kryss för alternativ b: 1 g svavel kvar)
1. Mass- och molförhållandet blandas ihop  
—Molförhållandet är 2:1, inte 2:2, alltså har man överskott av svavel. (N1, 4 116)  
—Zinksulfid måste ha formeln  $Zn_2S$ . Det behövs alltså bara hälften så mycket S som Zn. Om man blandar lika mycket av varje ämne kommer alltså hälften av S att bli över. Det finns ingen anledning till att en reaktion inte skall uppstå. (N2, 4 160)  
—  $2Zn + 2S \rightarrow Zn_2S + S$  När två mol av vardera ämnet upphettas bildas 1 mol  $Zn_2S$  och 1 mol S. (T3, 4 288)
2. Det blir överskott av svavel  
—Zinket är nöjd med 1 g svavel När detta då tillsätts i överskott blir detta kvar. (N1, 4 115)  
—Eftersom svavlet är i överskott och kan ej förbrukas, så blir det cirka ett gram svavel kvar och samma förening som i första reaktionen bildas. (N1, 4 10)
3. Mängden zink begränsar  
—Det går alltid åt lika många delar av vardera ämnet vid reaktionen. Det innebär att det svavel som blev över inte har något zink att reagera med. (N1, 4 119)
4. Massförhållandet är samma  
—2 g zink o 1 g svavel är ekvivalenta massor. Tillsätts mer svavel bildas det ett överskott. (N1, 4 122)  
—  $Zn + S \rightarrow ZnS$   
2g 1g  $\rightarrow$  3g  
2g 2g  $\rightarrow$  3g + 1g S (N1, 4 118)  
—Det behövs bara 1 gram S för 2g Zn. Det spelar ingen roll om man tar 70 kg S. (N1, 4 104)

## 5. Kem. förening har konstant sammansättning

- Det bildas fortfarande zinksulfid med samma formel som förut. Därför blir det kvar 1 g svavel (T1, 4 205)  
—Pga vilken laddning ämnena får i jonform så kan de bara bilda vissa bestämda föreningar så att jonens laddningssumma blir noll i fast form. (N3, 4 189)

## 6. Molförhållandet är samma

- När Zn reagerar med S så är molförhållande 1:1 och det var det när man tog 2 g Zn och 1 g svavel. När man tog 2 g svavel var 1 g endast överskott. Det var inte med i någon reaktion alls. (N1, 4 126)  
—För att x mol av zinksulfid skall bildas behövs 2 g zink och 1 g svavel. Ökar man svavelmängden kan det ändå inte bildas mer än x mol eftersom då också zinkmassan måste ökas. (N2, 4 140)

## 7. Zinkens bindningsmöjligheter påverkas ej

## 8. Övrigt

- Molförhållandet mellan svavel och zink är 1:2 förutsatt att dom har samma molmassa. (N2, 4 136)

## H. ÖVRIGT

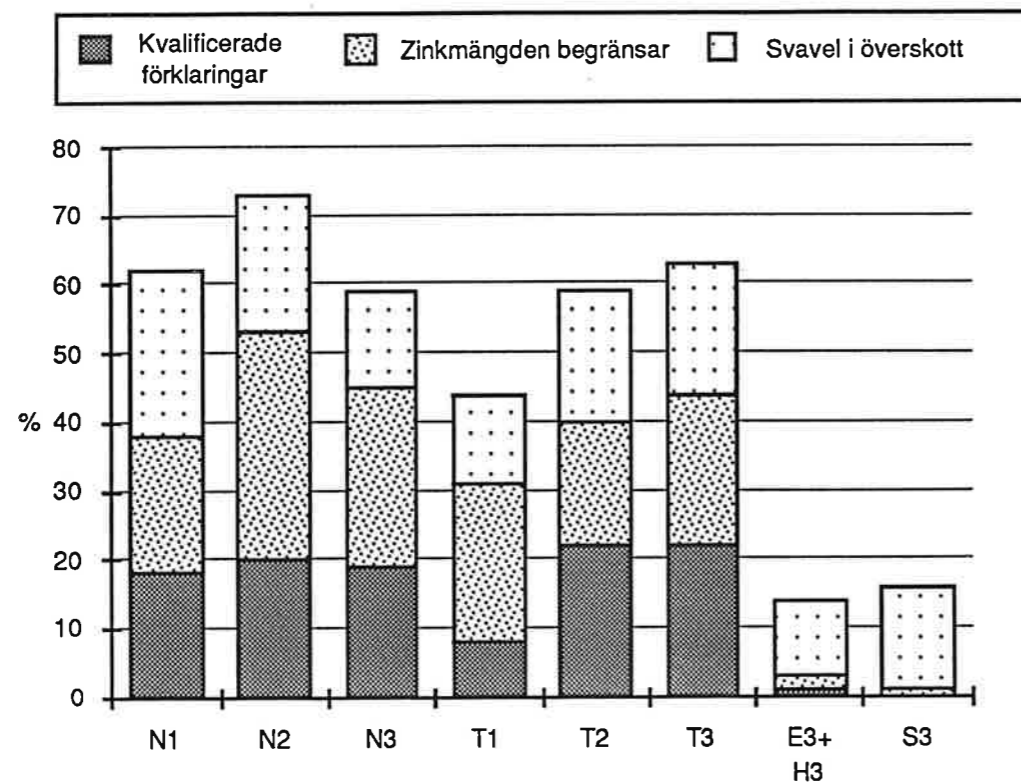
- Zink betecknas Zn och svavel S så det betyder att det är 1 g av varje kvar. (N2, 4 135)

Tabell 3.7 Förklaringar till alternativet "1 g svavel kvar". Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier

Kategorier för att förklara "1 g svavel kvar"	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+	S3
	(106) %	(91) %	(97) %	(104) %	(88) %	(95) %	H3 (90) %	(85) %
Ej besvarat	9	6	18	21	14	14	17	26
Mass/molförh. blandas ihop	6	6	11	2	8	8		
Överskott av svavel	24	20	14	13	19	19	11	15
Mängden zink begränsar	20	33	26	23	18	22	2	1
Massförhållandet är lika	9	6	9	6	13	8		
Kem. fören. konstant	6	8	5	2	2	12	1	
Molförhållandet är lika <sup>1</sup>	3	6	5		7	2		
Övrigt	1	4	1	5				

<sup>1</sup>De kvalificerade förklaringarna har kursiverats

## FÖRKLARINGAR till "1 g svavel kvar"



Figur 3.3 Vad händer då 2 g zink upphettas med 2 g svavel? Digram över godtagbara förklaringar.

## Uppgift 3. Vad väger avgaserna?

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

- 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 3.8 Avgaser. Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ

Alternativ	åk9 NT (632) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2190) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Ej besvarat/övrigt	1	2	6	3	3	2	10	3	8	3
Mkt mindre, mindre än 50 kg	51	36	26	44	46	38	47	48	57	65
Lika med 50 kg	23	18	25	22	21	17	12	22	16	13
Mer, mkt mer än 50 kg	25	44	43	31	30	43	32	28	20	19

Elevernas förklaringar till de valda alternativen har kategoriserats enligt NUNA (Andersson m.fl., 1993a). Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

A. EJ BESVARAT (INGET KRYSS OCH INGEN MOTIVERING)

B. MYCKET MINDRE ÄN ELLER MINDRE ÄN 50 kg

## 1. Ej förklarat

## 2. Bensinen används/förbrukas/förbränns/blir energi

- I och med att bensinen förbränns släpps mkt mindre än 50 kg ut. (T3)
- Motorn förbränner bensinen det är precis som en brasa. Material förbränns o omvandlas till energi i stället. (S3)
- Bensinen förbränns och sprängs inuti motorn, allt det nyttiga utnyttjas (precis som i människokroppen) sedan släpps det onödiga ut. (E3)
- Motorn förbränner bensinen så att den kommer ut med koldioxid, ånga och annat men det blir då en liten del som blir materia (T3)
- Energi kan inte förbrukas bara omvandlas till andra energiformer, rörelseenergi och värmeenergi i motorn. (N1)
- Bensin som går i motorn förvandlas till energi och sen till arbete. Det mesta delen förvandlas till energi. Avfallet det som inte går att använda går ut från avgasröret. (N2)

## 3. Gaser/avgaser bildas. De är lätta/lättare än bensin

- Man kan inte väga bensin i gasform för den väger nästan inget. (T1)
- Bensin är en vätska och eftersom vätskor i allmänhet väger mer än gaser måste materia som kommer ut ur avgasröret (i gasform) väga mindre. (N1)
- Avgaser är lättare än luft. (T1)
- En del omvandlas till luft o luft är lättare än vatten i o med att bensin innehåller vattenmolekyler avdunstar det. (S3)
- Det bildas ju en del gaser då motorn går och dessa går bara "upp i rök" i luften. (N1)
- Avgaser är väl ingen materia och det försvinner ut i luften, men det bildas kanske lite sot kring avgasröret som det gick att väga. (T3)
- Det är gaser som kommer ut ur avgasröret. Gaser har lägre massa än flytande materia av samma ämnen(n). (N3)
- Bensin är ett flytande ämne. Ur avgasröret kommer det gaser. Alla gaser har lägre densitet än vätskor => det väger mindre. Även om det skulle släppas ut en större substansmängd ur avgasröret än vad man tankat bensin, så väger avgaserna mindre (T2)
- När bensinen förbränns bildas gaser. Gaserna är mycket lättare än bensinen. Gaserna är ända farliga eftersom en del är giftiga. (N2)

- CO<sub>2</sub> väger inte så mycket och tänk om alla bilar skulle avge mkt mer än 50 kg vad det skulle hända med luften då. (N2)
- Det som kommer ut ur avgasröret är uteslutande gaser (H<sub>2</sub>O och CO<sub>2</sub>). Dessa gaser står i ett molförhållande som är c:a 7 ggr mer än kolvävet i bensinen som förbränns. Det bildas alltså sammanlagt mer mol gaser än vad man hade från början. Massan produkter är dock mycket mindre. (Bensinen har högre densitet än gaserna). (N2)
- Förbränning av bensin:  $2 C_8H_{18} + 25 O_2 \longrightarrow 16 CO_2 + 18 H_2O$  Bensin är flytande, koldioxid o vatten kommer ut som gas. Gaser har lägre densitet än vätskor. (N3)

#### 4. Bensinen omvandlas till energi och lätta gaser

- Bensinen reagerar och blir till gaser + energi. Energin driver motorn. Gaserna kommer ut genom avgasröret. Gaserna är mycket lättare än bensinen. (N2)
- Bränslet förbränns i motorn och det kommer då ut gaser. Det andra har blivit till värme. (T1)

#### 5. Övrigt

- Vi hade ju dött annars! (T1)
- Gaser räknas inte som materia (T3)
- Materia vägs inte på samma sätt som bensin. Materia kan vara lika stor men väga mindre. (N3)
- Bensin består till stor del av vatten. När bensinen når motorn så avdunstar vattnet av den värme som motorn avger. (N2)
- Det borde komma ut cirka 50 kg, men inte riktigt så att säga, en del ex bly stannar väl i motorn som smörjmedel samtidigt tas ju i och för sig syre upp ur luften men det blir nog inte mycket i vikt. (T3)
- I motorn förbränns en stor del av bensin och blir till ångor (avgaser). Samtidigt som de flesta nya bilar har en katalysator som också tar upp en stor del av de ämnen som inte förbränns. (T2)
- Om allt reagerar ska massan vara ungefär densamma. Det enda som ändras är volymen. (N2)
- Bensiner är förbränd, aska är lättare än trä (T2)
- Bensinen delas upp i mindre molekyler och ämnen som väger mindre (förhoppningsvis) (N3)

Tabell 3.9 Fördelning av gymnasielevernas svar på olika förklaringskategorier jämfört med åk 9-elevernas svar

	åk 9 NT (632)	N1 (106)	N2 (91)	N3 (97)	T1 (104)	T2 (88)	T3 (95)	åk 9 annan (2190)	E3+ H3 (90)	S3 (85)
B. Förklaringar till alternativet mycket mindre eller mindre än 50 kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1. Ej förklarat	10	8	3	8	10	6	7	18	18	13
2. Bensinen förbrukas	19	12	8	13	13	8	16	11	10	17
3. Lätta gaser bildas	13	10	10	14	16	13	13	12	21	29
4. Energi + lätta gaser bildas	-	1	1	2	1	2	1	-	1	-
5. Övrigt	8	4	3	6	7	9	11	7	7	6
Summa	50	36	26	44	46	38	47	48	58	65
C. CIRKA 50 kg										

#### 1. Ej förklarat

#### 2. Det som kommer in går ut. Inget försvinner

- För att det är ju bensinen som kommer ut. (S3)
- Materia är oförstörbar. (N1)
- Avgaserna består av blandningen bränsle/luft men luften väger inget. Det som kommer in kommer ut. (T3)
- För att motorn skall fungera som bäst, skall ingenting blandas i bensinen under tiden den brinner. Därför bör det komma ut ungefär lika mycket som det kommer in. (N3)
- Det enda som avges är energi och värme. (T1)
- Vad skulle det ta vägen som blev mindre, bara försvinna? Vad skulle det komma till? Visserligen pressar man ur energin men jag anser att lite spill får man räkna med så runt 50 kg. (T1)
- Molmassan är fortfarande densamma (T2)

#### 3. Visserligen annan form/omvandling mm men ändå 50 kg

- Man tankar in 50 kg flytande bensin. När bensinen kommer ut är det i gasform. Om man gör så att det blir flytande igen blir det 50 kg bensin. (T1)
- Gaser väger också fast det kanske inte märks. Det blir mycket större mängd men det väger lika mycket. (T2)
- Materia (kg) finns där hela tiden den bara omvandlas genom olika processer från bensinform till osynlig gasform. (N2)
- Fullständig förbränning reaktanterna = produkterna (N2)
- Bensinen omvandlas till gasform när den kommer ut, samtidigt som den förbränns. Det som kommer ut i form av avgaser väger nästa lika tungt ändå fast behöver en större yta att fördelas på. (H3)
- Ingenting försvinner utan bensinen och syre omvandlas till (H<sub>2</sub>O) vatten och CO<sub>2</sub> koldioxid enligt reglerna för fullständig förbränning (N2)

#### 4. Atomerna bevaras

- Atomerna förstörs inte när de reagerar inne i motorn. De omvandlas till andra föreningar och ämnen. Därför är hela massan kvar. (N1)

#### 5. Övrigt

- Inga nya nukleoner har bildats inga har heller försvunnit (T1)
- Det kommer ut mycket tungmetaller i luften och jag antar att de väger en del (S3)

Tabell 3.10 Fördelning av gymnasielevernas svar på olika förklaringskategorier jämfört med åk 9-elevernas svar

	åk 9 NT (632)	N1 (106)	N2 (91)	N3 (97)	T1 (104)	T2 (88)	T3 (95)	åk 9 annan (2190)	E3+ H3 (90)	S3 (85)
C. Förklaringar till alternativet lika med 50 kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1. Ej förklarat	6	1	1	1	4	-	2	11	6	5
2. Inget försvinner	7	10	8	10	12	8	3	6	2	5
3. Annan form / omvandling	6	5	12	9	5	8	5	3	7	2
4. Atomer bevaras	2	2	4	-	-	1	-	0	-	-
5. Övrigt	2	-	-	1	1	-	-	2	1	1
Summa	23	18	25	22	21	17	11	22	16	13

## D. MER ELLER MYCKET MER ÄN 50 KG

## 1. Ej förklarar

## 2. Gas är tung/är mer/sprids ut/har större volym

—Gas är väl mycket tyngre än vätska! (T1)

—Vi har lärt oss det! Gasen som kommer ut är kanske tyngre än bensinen var. (T1)

## 3. Syre/luft blandas in, tillkommer

—Bensinen har blandats med luft och får då ett mycket större innehåll (N1)

—Bensinen blandas ju med luften samt övergår från flytande form till gasform. (T1)

—Det är ju inte all bensin som går ut, man tankar ju faktiskt bilen för att den behöver bensin att använda. Det i bensin som bilen inte vill ha kommer ut ur avgasröret. Men sedan pressas ju luft och lite annan goja ut ur avgasröret. Det väger ju också. (N1)

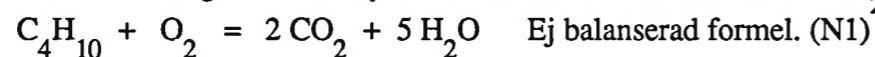
—Det måste ju komma lite olja och skit ut. Syre och sånt där reagerar ju också och måste ju väga lite också. (N2)

## 4. Bensinen reagerar (förbränns) med luft/syre

—Bensinen oxideras, så att syre kommer till kol och vätet. (N1)

—Det blir mycket koldioxid av bensinen. (T2)

—Eftersom luften består av till största delen kväve och det bara är syret som används vid förbränning kommer den totala massan av det som passerar motorn att bli mkt stor (c:a 1000 kg) (T2)

—När bensinångorna (kolvätet) brinner tar det åt sig syre ( $O_2$ ) och bildar koldioxid ( $CO_2$ ) och vatten ( $H_2O$ ). Alltså tar den åt sig mer materia och får en större massa. (T1)—Bensinen reagerar med syre och bildar till största delen  $CO_2$  och  $H_2O$ .

## 5. Övrigt

—Har jag läst i en tidning (N2)

—Eftersom den förbrända bensinen blandar sig med luften när den kommer ut, blir det mycket mer. (T2)

—När bensinen kommer ut ur avgasröret och blandas med luft blir volymen enormt stor. Skulle man väga det så skulle det bli mycket mer än 50 kg. (T1)

—Bensin kommer att blandas med andra materials till exempel  $CO_2$  (N1)

—Det är inte bara bensinångor som kommer ut, det är massa andra ämnen. (T1)

—Avgaserna som kommer ut innehåller mycket mer saker än när de var bensin. (E3)

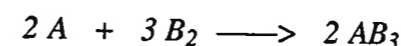
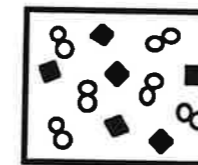
Tabell 3.11 Fördelning av gymnasielevnas svar på olika förklaringskategorier jämfört med åk 9-elevnas svar

	åk 9 NT (632)	N1 (106)	N2 (91)	N3 (97)	T1 (104)	T2 (88)	T3 (95)	åk 9 annan (2190)	E3+ H3 (90)	S3 (85)
D.Förklaringar till alternativet mer eller mycket mer än 50 kg.	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1. Ej förklarar	7	2	4	3	3	5	1	16	10	13
2. Gas är tung / är mer ...	1	2	-	-	2	1	-	3	1	1
3. Syre/luft tillkommer	5	8	4	5	3	5	7	2	1	1
4. Bensin + syre/luft reagerar	4	28	33	19	20	31	20	1	1	1
5. Övrigt	7	5	2	4	2	2	2	7	7	2
Summa	24	44	43	31	30	43	32	28	20	19

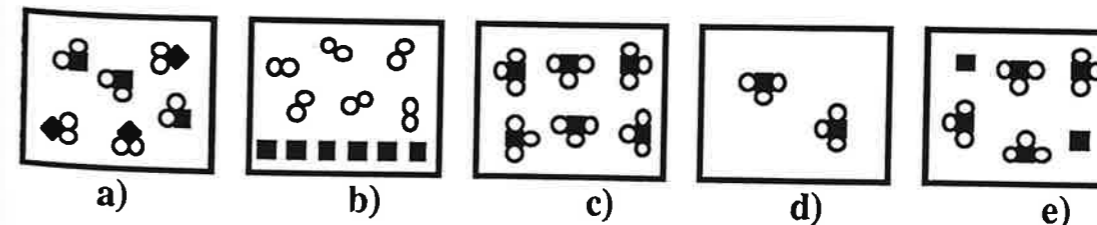
## 3.3 Reaktionsformelskrivande

## Uppgift 4. Vilka samband finns mellan formel och reaktionskärl?

Atomslaget A reagerar med atomslaget B enligt reaktionsformeln

En blandning av A (■) och  $B_2$  (∞) finns i ett slutet reaktionskärl enligt figuren nedan

Vilken av bilderna nedan visar reaktionskärllet efter avslutad reaktion?



Förklara hur Du tänkte!

## RESULTAT

Tabell 3.12 Formel → reaktionskärl. Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ.

Alternativ	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+	S3
	(106) %	(91) %	(97) %	(104) %	(88) %	(95) %	H3 (90) %	(85) %
alt a	6	3	4	12	5	3	29	28
alt b		1		1	1		6	2
alt c	19	15	18	23	17	12	14	15
alt d	30	22	26	34	28	24	28	29
alt e	44	57	53	30	48	59	12	17
ej besvarat/övrigt	1	1		1	1	2	11	8

Elevernas förklaringar till de valda alternativen har kategoriserats enligt följande. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

A. INGET SKRIVET alt. INGEN FÖRKLARING I SVARET  
—Det säger sig själv! Inget att förklara! (N2, 4 144)

B. INGET REAGERAR (*alternativ b*)  
—På en A-atom sitter tre B-atomer som bildar en molekyl (N2, 4 148)

C. ALLT REAGERAR

1.  $AB_2$  bildas (*alternativ a*)

- eftersom det går 1 mol A på 2 mol B (N1, 4 109)
- Om man skriver reaktionsformel så stämmer det.  $6A + 6B_2 \rightarrow 6AB_2$  (N1, 4 111)
- Jag tänkte med hjärnan. Det fanns från början 6 svarta och 6 par runda Ett runt par parar sig med en svart fyrkant. (T1, 4 206)
- I kärlet från början finns ju sex st. ■ och sex st. ∞ De ska ju reagera. Det bildas ju inga fler av någondera Och det ska vara 1 ∞ på varje ■. (N3, 4 178)
- Eftersom B är en gas delar dess 2 molekyler inte upp sig. (N2, 4 142)

2. Formel/bild ger  $AB_3$  (*alternativ c*)

- På varje molekyl skall ju finnas 3 st B på 1 st A. Det visar bild C!! (N1, 4 120)
- Reaktionsformeln ger endast partiklarnas inbördes proportioner, och beskriver inte hur många molekyler  $AB_3$  som bildas. Enkelpilen i formeln visar att endast  $AB_3$  finns kvar efter reaktionen Varje molekyl består av ett A och 3 B, vilket ger utseendet som återfinns i c). (N3, 4 177)
- Det bildas allt som allt 6  $AB_3$ -molekyler. (N2, 4 155)

3. Övriga förklaringar till att  $AB_3$  bildas (*alternativ c*)

- 2 formelenheter A  $\Leftrightarrow$  3 formelenheter B<sub>2</sub> vilket ger 2 formelenheter  $AB_3$  (N3, 4 186)
- Förhållandet blir ju  $2AB_3$  men antagligen så finns det fler atomer. (N1, 4 124)
- Enligt reaktionsformeln behövs det tre av varje B<sub>2</sub> till varje A-atom. (N1, 4 121)

D. REAKTIONSFÖRMELN ÖVERFÖRES ATT GÄLLA ÄVEN FÖR REAKTIONSKÄRLET EFTER REAKTION (BOKSTAVLIG TOLKNING, *alternativ d*)

D1 Formel/bild ger svaret  
—Det ska vara 3 B på varje A. Det ska finnas 2 A och 6 B. (N1, 4 113)

D2 Det fanns endast 2A och 6B  
—Det finns ej någon mer A el. B<sub>2</sub> molekyl el. atom. Därför blev det d(et). (N1, 4 101)

D3 Det blir 2 molekyler  
—I bilden ska finnas två molekyler med 3 B och 1 A ( $AB_3$ ) (N1, 4 114)  
—En molekyl innehåller 1 A och 3 B det blir dessutom inget överskott. Och eftersom det endast bildades två av dem är alt. d det rätta. (N1, 4 115)

D4 4. Övrigt  
—Det fanns bara 2 A och 6 B<sub>2</sub> vilka visas i d. (N2, 4 135)  
—2 atomer 2 A 6 B (N2, 4 156)

Tabell 3.13 Formel → reaktionskärl. Förklaring till *alternativ d*. Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier.

Kategori för att förklara <i>alternativ d</i> .	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+	S3
	(106) %	(91) %	(97) %	(104) %	(88) %	(95) %	H3 (90) %	(85) %
Ej besvarat eller förklarat	4	4	1	4	5	5	5	6
Formel/bild ger alt. d	3		5	5	3	2	4	6
Det finns 2A + 6B	8	2	4	8	3	1	4	
2 molekyler bildas	15	13	17	14	14	16	10	11
Övrigt	1	2		4	1		3	2

E. REAKTIONSFÖRMELN KOPPLAS TILL FÖRLOPPET I REAKTIONSKÄRLET (*alternativ e*)

E1 1. Beräkning utföres  
—  $6A + 6B_2 \rightarrow 4AB_3 + 2A$  (N2, 4 150)

E2 2. Antal atomer före och efter reaktion är samma  
—Lika antal atomer i båda bilderna (N2, 4 137)  
—Antalet atomer ska vara lika både före och efter reaktionen. Dessutom ska reaktionsprodukten innehålla en A-atom och 3 B-atomer. (N3, 4 188)  
—På de andra bilderna bildas det fel ämne eller så stämmer inte antalet atomer. (N1, 4 119)

E3 3. Antal B-atomer begränsar reaktionen/A-atomer blir över  
—Alla atomerna och molekyler som deltog i reaktionen måste finnas kvar. Vid reaktionen fanns onödigt många A-atomer. Dessa blir över och deltar inte i reaktionen. (N2, 4 160)

## E4 4. Övrigt

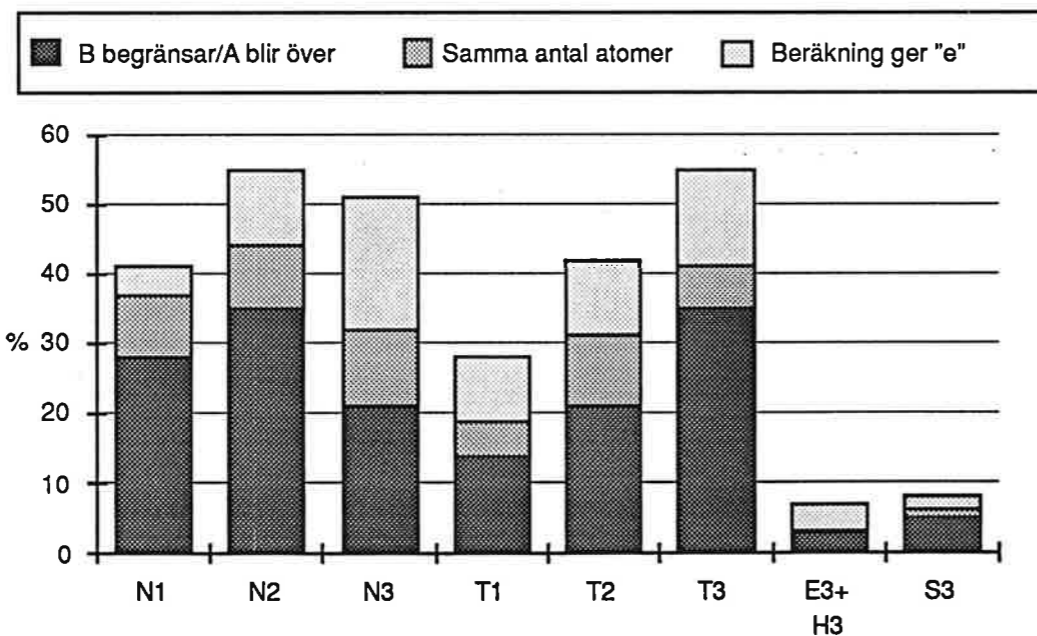
- 3 st B går till varje A och då blir det ju 2 B över. (N1, 4 107)  
 —Om det inte införes tre gånger så mycket B atomer så bli det A atomer över. (N2, 4 136)

## F. ÖVRIGT

Tabell 3.14 Formel → reaktionskärl. Förklaring till *alternativ e*. Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier.

Kategori för att förklara <i>alternativ e</i>	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106) %	(91) %	(97) %	(104) %	(88) %	(95) %	(90) %	(85) %
Ej besvarat eller förklarat	3	1	1	2	3	4	2	6
E1. Beräkning ger alt. e	4	11	19	9	11	14	4	2
E2. Samma antal atomer	9	9	11	5	10	6		1
E3. B begränsar/A blir över	28	35	21	14	21	35	3	5
Övrigt	1	1	1		3		2	

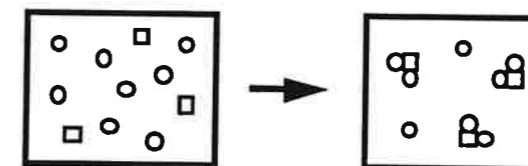
FORMEL → REAKTIONSKÄRL, förklaring till alt.e



Figur 3.4 Vilka samband finns mellan formel och reaktionskärl? Diagram över godtagbara förklaringar.

## Uppgift 5. Vilken är reaktionsformeln?

Reaktionen mellan atomslaget X (□) och atomslaget Y (○) återges i följande bild av reaktionskärlet före och efter reaktion:



Vilken är reaktionsformeln för reaktionen?

- a.  $3X + 8Y \longrightarrow X_3Y_8$   
 b.  $3X + 6Y \longrightarrow X_3Y_6$   
 c.  $X + 2Y \longrightarrow XY_2$   
 d.  $3X + 8Y \longrightarrow 3XY_2 + 2Y$   
 e.  $X + 4Y \longrightarrow XY_2$

Förklara hur Du tänkte!

## RESULTAT

Tabell 3.15 Vilken är reaktionsformeln? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ.

Alternativ	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106) %	(91) %	(97) %	(104) %	(88) %	(95) %	(90) %	(85) %
alternativ a	4		1	5	1	2	12	13
alternativ b	2	2	3	4		1	3	2
alternativ c	17	36	37	15	33	27	16	9
alternativ d	76	60	58	66	63	67	54	65
alternativ e			1	2	1		3	
Ej besvarat	2	1		8	2	2	11	11

Elevernas förklaringar till de valda alternativen har kategoriserats enligt följande. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

- A. INGEN SKRIVEN alt. INGEN FÖRKLARING I SVARET  
 B. ALLA TILGÄNGLIGA ATOMER SLÅS SAMMAN TILL EN MOLEKYL (*alternativ a*)  
 —Förhållandet är 3X:8Y (N1, 3 109)



- C. **ALLA REAGERANDE ATOMER SLÅS SAMMAN TILL EN MOLEKYL (alternativ b)**  
 —Varje X atom förenar sig med två Y atomer. Det blir två Y atomer kvar för det är ett underskott på en X atom. (N1, 4,121)
- D. **REAKTIONSFORMELN AVBILDAR REAKTIONSKÄRLET (alternativ d)**
- Beräkning och/eller bild ger formeln**  
 —Det är där det stämmer med antal X och Y atomer. (N2, 4 163)  
 —Kärlet innehåller 3 X-atomer och 8 Y-atomer. Den bildade molekylen består av 1 X-atom och 2 Y-atomer. (N1, 4 122)
  - Alla atomer måste med/formeln måste balanseras**  
 —På varje molekyl bildas 1X och 2Y + ett par fria Y. Formeln d visar det och är också balanserad. (N1, 4 120)
  - Det blir överskott av Y-atomer**  
 —Därför att det blir 2 Y kvar. (N1, 4 111)  
 —Ett X binder 2 Y:n efter som det bara finns 3 X så bildas det bara 3 XY<sub>2</sub> och 2 Y:n blir över. (N2, 4 151)  
 —Det bildas lösa "Y" alltså måste det vara d. (N1, 4 124)
  - Övrigt**  
 —De andra stämmer inte alltså d. (N1, 4 101)

Tabell 3.16 Vilken är reaktionsformeln? Förklaring till *alternativ d*. Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier.

Kategori för att förklara <i>alternativ d</i>	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Ej besvarat eller förklarat	7	3	3	6	8	8	19	22
Bild/beräkning ger formeln	45	42	43	46	47	41	36	40
Alla atomer med	9	3	6	4	2	9		
Y finns i överskott	13	13	5	11	6	8		2
Övrigt	1			1				1

- E. **REAKTIONSFORMELN FÖRKLARAR ENBART PROPORTIONERNA MELLAN ATOMSLAGEN (alternativ c)**

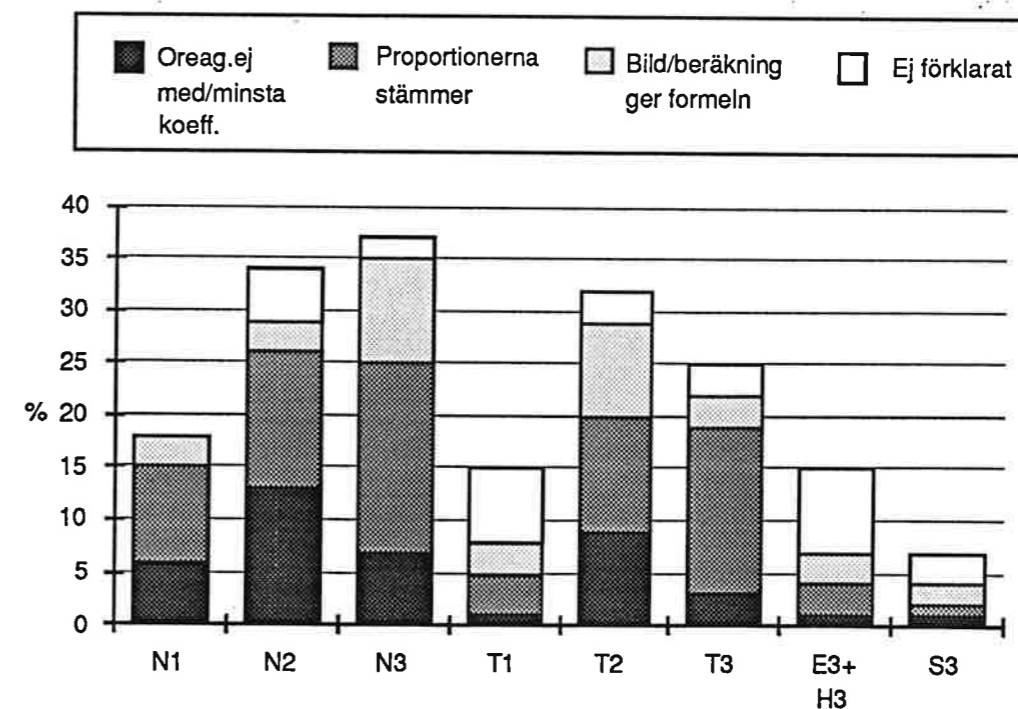
- Bild/beräkning ger formeln**  
 —X reagerar med 2 Y Man ser på bilden att det måste vara 2 Y och inte 4 Y. (N1, 4 115)
- Proportionerna stämmer**  
 —Molekylen som bildades hade formeln XY<sub>2</sub>. Följande alternativ kvar: c och e. e formeln är felaktig pga att Y atomerna stämmer inte på båda sidorna av reaktionen. c blir följdaktligen det rätta svaret. (N1 4 118)  
 —På en X-atom går det två Y-atomer som bildar en molekyl. (N2, 4 148)
- Proportionerna stämmer, det som ej reagerat tas ej med/ minsta möjliga koefficienter.**  
 —De atomer som inte reagerar ska ej tas med i reaktionsformeln (N1, 4 123)

- Det måste finns lika många atomer på båda sidor i formeln. Reaktionsprodukten XY<sub>2</sub> bildas. Man behöver inte ta med molekyler som inte reagerar i formeln. (N2, 4 140)  
 —Här stämmer proportionerna överens med reaktionen. Dessutom används minsta möjliga koefficienter. (N1,4 119)  
 —Det bildas XY<sub>2</sub>. I reaktionsformeln skriver man inte alla atomerna som reagerar + de som inte gör det!!! Bara molförhållandet av de atomer som reagerar. (N2, 4 134)
- G. **ÖVRIGT**  
 —På varje X sätter sig två Y och det är bara de X och Y som reagerar som man tar med i formeln {Inget alt. förkryssat} (N2, 4 149)

Tabell 3.17 Vilken är reaktionsformeln? Förklaring till *alternativ c*. Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier.

Kategori för att förklara <i>alternativ c</i> .	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Ej besvarat eller förklarat		5	2	7	3	3	8	3
E1. Bild/beräkning ger formeln	3	3	10	3	3	3	3	2
E2. Proportionerna stämmer	9	13	18	4	11	16	3	1
E3. Oreag. ej med/minsta koef.	6	13	7	1	9	3	1	1
Övrigt		1	1			1		1

VILKEN ÄR REAKTIONSFORMELN  
 Förklaring till alternativ c.



Figur 3.5 Vilken är reaktionsformeln? Diagram över förklaringar till alternativ c.

## 4. ANALYS AV RESULTATET SAMT INTERNATIONELLA JÄMFÖRELSE

I detta kapitel redovisas tolkningar av resultaten uppgift för uppgift. Några av de tankeformer, som elever använt i sina förklaringar, lyfts fram. De svenska resultaten på vissa av uppgifterna jämföres med internationella resultat.

### 4.1 Gaser

**Uppgift 1. Vilken fördelning får vätemolekyler då väte kyls ner?**

#### 4.1.1 Val av alternativ

För att svara fullständigt på denna fråga bör eleverna

- känna till att väte har mycket låg kokpunkt ( $-253^{\circ}\text{C}$ ) och således inte övergår till flytande form vid  $-20^{\circ}\text{C}$
- kunna tolka gaslagen  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$
- inse att endast trycket ändras (sjunker) då temperaturen sänks
- ha en dynamisk gasmodell och veta att en sänkning av temperaturen innebär att molekylnas rörelseenergi avtar och att därmed trycket minskar men att molekylna fördelar sig i hela det tillgängliga utrymmet

Partikelidén är redan given i uppgiftens formulering. Mellan 25 och 35% av N- och T-eleverna i åk2 och 3 väljer *alternativ a*, där molekylna är utspridda efter nedkylningen och ger en acceptabel förklaring till detta. Som högst 15% av de svenska eleverna (N2) ger aktivt uttryck för att i sitt tänkande ha införlivat både utspridningsidén och den dynamiska partikelmodellen. Övriga elever väljer *alternativ a* med hänvisning till att vätet fortfarande är en gas.

Mellan 60 och 65 % av N- och T-eleverna och 90% av E-, H- och S-eleverna väljer något av *alternativen b, c eller d*, där gasen har en *koncentrerad fördelning*.

Dessa resultat kan jämföras med motsvarande från USA (Sawrey, 1990). 245 nybörjarstudenter i kemi vid universitet fick svara på bl.a. vätgasuppgiften (med samma utformning).

**Tabell 4.1** USA-studenters val av alternativ jämfört med svenska elevers val på vätgasuppgiften.

	alt. a	alt. b	alt. c	alt. d	ej svar
USA-studenter (n=245)	31,2%	47,7%	11,9%	8,1%	1,1%
N3 (n= 97)	31	40	13	12	3
T3 (n=95)	30	47	11	7	4

I Nurrenbern och Pickering's ursprungliga studie (1987) med studenter, som var olika långt komna i studierna, var det 36% , som valde alt a. I ytterligare en studie av Pickering (1990) med 2:a terminsstudenter har 38% valt alt. a. Alla dessa resultat pekar således på, att merparten elever har betydande svårigheter att i sitt tänkande införliva idén, att gaser sprider sig i hela det tillgängliga utrymmet.

#### 4.1.2. Val av förklaringar till icke vetenskapliga alternativ (b, c eller d.)

Tabell 4.2 Summering av gemensamma förklaringar till val av alternativen b, c eller d (där gasmolekylerna har en koncentrerad fördelning).

	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106)	(91)	(97)	(104)	(88)	(95)	(90)	(85)
	%	%	%	%	%	%	%	%
Hopklumpning av något slag, B2+C2+D2	18	10	13	22	17	12	45	44
Fasförändring, B3+C3+D3	21	6	9	16	6	6	8	10
Mindre molekylrörelse, B4+C4	17	22	12	9	16	17	5	5
Tryck eller volymändring, B5+B6+D5	1	15	17	5	12	16		1

På N- och T-linjerna visar förklaringarna i åk 2 och 3 till alternativen b, c och d tydliga spår av påverkan från undervisningen. Frekvensen sjunker för kategorierna "hopklumpning av molekylerna" och "fasändring till flytande eller fast." Frekvensen ökar för kategorierna "mindre rörelse" och "tryck/volymändring". Eleverna har således tillgodogjort sig delar av undervisningen om den dynamiska partikelmodellen.

Av E-, H- och S-eleverna är det ett fåtal, som nämner molekylernas ändrade rörelse vid nedkyllning av gasen.

#### 4.1.3 Vilka tankeformer finns för att förklara vätgasens koncentrerings enligt alt b, c eller d?

Elever använder sina vardagliga erfarenheter för att tänka om vätgasen, som kyls:

"När det blir kallare dras molekylerna ihop, precis som hudens porer!"

"De drar sig närmare varandra för att försök hålla värmen."

"Jämförde med en ballong som man tar ut i kyla. Den krymper."

Det, som gäller för de flesta fasta föremål överförs till att gälla även väte:

"Vid kyla krymper föremål — atomernas rörelse blir mindre och de trängs ihop. Alternativ c) är i och för sig också ihoptryckt, men detta beror på ett högre tryck. Vid kyla dras de bara ihop mot centrumet."

Kall gas sjunker:

"Gaser sjunker när det blir kallt och stiger när det blir varmt"

"Vid temperatursänkning kontraherar gasen och lägger sig pga tyngdkraften på botten av behållaren."

"Densiteten ökar. Tyngdkraft finns."

Fasförändring:

"Vätsket kondenserar och blir vätska som är tyngre än luften och lägger sig på botten."

"Vätemolekylerna fryser fast i varandra"

Mindre molekylrörelse:

"Ju kallare temperatur desto mindre rörelse mellan molekylerna, och de ligger nära varandra."

"När temperaturen sänks minskar deras rörelseenergi varvid de börjar dras till varandra, detta gör att massan koncentreras mer varvid de med alltmer kraft påverkas av tyngdkraften"

Eleverna har lärt sig allmänna gaslagen och använder den algoritmiskt:

"Gaslagen:  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ . Trycket är konstant, tempen ändras  $V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$  T sänks => V minskar. Trycket är lika från alla håll, alltså trycks volymen ihop till mitten som i b)."

" $pV = nRT$ , p konstant, n konstant, R konstant  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ . Eftersom volym 1 är stor och temperaturen stor, måste volym 2 vara liten eftersom temperaturen är det pga formeln ovan."

"Då temp. minskar, minskar också trycket enl. formeln " $PV = nRT$ " ("P" = tryck, "T" = temp.) Vätsket kommer alltså ej ge upphov till lika stort tryck utan "sjunker ihop" : låtta på trycket."

—MAN ANVÄNDER GASLAGEN:  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

"Om  $T_2$  minskar, så minskar  $P_2$ . Trycket blir alltså litet."

Dessa tankeformer tyder dels på att vardagstänkande interfererar med inläring av naturvetenskapliga förklaringar och modeller, dels på att många elever endast har tillägnat sig en partiell förståelse av den dynamiska partikelmodellen.

#### 4.1.4 Alternativ utformning av uppgiften

Några kommentarer från eleverna tyder på att de antingen tolkar bilderna som gällande en liggande eller gällande en stående behållare. Ingressen till uppgiften formulerades därför om och bild på liggande stålbehållare inkluderades så att det makroskopiska utgångsläget blev tydligare:

Väte finns i en stålbehållare vid 20°C och 3 atmosfärers tryck. Figuren nedan visar stålbehållaren och ett tvärsnitt av denna. (I tvärsnittet representeras vätemolekylerna av prickar).

Andra kommentarer tyder på att vätskets egenskaper är okända för eleverna. Därför undersöktes också om svaren påverkades av att gasen angavs till syre:

Syre finns i en stålbehållare vid 20°C och 3 atmosfärers tryck. Figuren nedan visar stålbehållaren och ett tvärsnitt av denna. (I tvärsnittet representeras syremolekylerna av prickar).

I övrigt var texten och bilderna samma som visas i resultatredovisningen i kap 3.

I denna kompletterande undersökning (Wallmark, februari 1994) deltog två N1-klasser och två T2-klasser. Varannan elev i varje klass fick väteuppgiften och varannan syreuppgiften i den nya utformningen. Resultatet visas i nedanstående tabell.

Tabell 4.3 Elevers val av alternativ vid den nya utformningen av väte- respektive syreuppgiften jämfört med elevers val på den ursprungliga vätgasuppgiften.

		alt. a %	alt. b %	alt. c %	alt. d %	ej svar %
VÄTE (ny).	N1 + T2 (n=50)	50	40	2	8	0
SYRE (ny)	N1 + T2 (n=49)	49	22	22	6	0
VÄTE (ursprunglig)	N1 (n=106)	26	49	17	5	4
VÄTE (ursprunglig)	T2 (n=88)	31	43	14	10	2

#### Val av alternativ a

Den tydligare makroskopiska beskrivningen tycks således ha bidragit till att fler elever valt alternativ a. Däremot tycks det för dessa elever inte spela någon roll om uppgiften gällt väte eller syre.

#### Val av övriga alternativ (b, c eller d)

Det är ungefär hälften av eleverna, som anser att väte respektive syre får en koncentrerad fördelning efter kylning. Valet av alternativ b eller c påverkas här av vilken gas det gäller. För väte är alternativ b (molekylerna samlade i mitten) mest attraktivt. För syre är även alternativ c (molekylerna samlade i undre halvan av tvärsnittet) attraktivt. Elever motiverar alternativ c för syre med t. ex. "Kall luft har högre densitet och blir tyngre och lägger sig därför på botten" eller "Syremolekyler blir tyngre när det blir kallt".

Resultatet här skulle kunna tyda på att elever lättare kan mobilisera vetenskapliga förklaringar om de makroskopiska förutsättningarna har klargjorts.

## 4.2 Massans bevarande vid kemiska reaktioner

### Uppgift 2. Vad händer då 2 g zink upphettas med 2 g svavel?<sup>1</sup>

#### 4.2.1 Val av alternativ på zink/svavel-uppgiften

Denna uppgift gäller två fasta ämnen, som reagerar med varandra till ett tredje fast ämne.

För att besvara denna fråga bör eleverna veta

- att en viss kemisk förening har konstant sammansättning och i allmänhet bildas oavsett om ena eller andra utgångsämnet finns i överskott.

N- och T-eleverna har tämligen klart för sig, att ena komponenten kan finnas i överskott vid en kemisk reaktion (alt. b). Det är c:a 20% som ger kvalificerade förklaringar till detta och ytterligare 40 %, som ger godtagbara förklaringar.

30-40% av E-, H- och S-eleverna kryssar för alternativ b och ungefär hälften av dessa elever ger även godtagbara förklaringar.

<sup>1</sup> För att praktiskt genomföra denna uppgift så att inte överskottssvavlet förenar sig med luftens syre skulle reaktionen behöva utföras i slutet kärl under skyddsgas.

Norska åk9-elever (Ringnes, 1985) lämnade svar enbart genom förkryssning av alternativ. Deras resultat visas nedan:

	alt. a	alt. b	alt. c	alt. d	alt. e	ej svar
Norska årskurs 9-elever	29,0%	19,5%	5,2%	11,6%	31,5%	3,2%

På andra uppgifter, där det varit möjligt att jämföra E-, H- och S-elever med åk 9 har svaren varit ungefär på samma nivå. De norska eleverna har emellertid kortare erfarenhet av naturvetenskap än svenska årskurs 9-elever.

#### 4.2.2 Tankeformer för att förklara icke vetenskapliga alternativ på zink/svaveluppgiften..

I viss utsträckning finns tankegångarna att:

- allt svavel och all zink reagerar så att sulfiden får annan sammansättning
- ämnena i reaktionsblandningen måste ha exakt rätta proportioner för att reaktion ska inträffa

### Uppgift 3. Vad väger avgaserna?

#### 4.2.3 Val av alternativ på avgasuppgiften

Denna uppgift gäller ett öppet system, där gasen luft inte är angiven som komponent av systemet. Elever har allmänt svårigheter med massans konstans vid reaktioner som inbegriper gaser. Här tillkommer svårigheten att en icke angiven gas (syre från luften) deltar i reaktionen.

För att kunna svara tillfredställande på denna uppgift bör eleverna

- ha en enkel atommodell
- behärska några aspekter av gasbegreppet
  - gaser existerar
  - gaser har massa
  - gaser bevarar sin massa vid tryck-, temperatur- och volymförändringar
- behärska några aspekter av fasövergångar
  - massan bevaras då materia genomgår fasövergångar
  - ämnena behåller sin identitet vid fasövergångar
- veta att massan bevaras vid kemiska reaktioner
- inse att de reagerande ämnena upphör att existera men att de i ämnena ingående atomerna bevaras och bildar helt nya ämnen vid en kemisk reaktion
- behärska enkla aspekter av den kemiska reaktionen förbränning

30-45% på N- och T-linjen väljer alternativet *mer eller mycket mer än 50 kg*. 20-30% av N- och T-eleverna anger godtagbara förklaringar till detta.

Icke vetenskapliga alternativ väljs av mellan 50 och 70% av N- och T-eleverna och av c:a 75% av E3/H3- och S-eleverna.

#### 4.2.4 Tankeformer för att förklara val av icke vetenskapliga alternativ (mindre än eller lika med 50 kg).

Bland förklaringarna till alternativen lika med, mindre eller mycket mindre än 50 kg dominerar föreställningarna:

- att bensinen förbrukas för att driva motorn och att den därvid omvandlas till energi
- att bensinen omvandlas till gaser med liten eller ingen massa/vikt/tyngd eller med låg densitet
- att bensinen enbart genomgår en fasomvandling
- att bensinen omvandlas till nya ämnen, som även de väger 50 kg

Vad gäller *a.* kan möjligen Einsteins ekvivalenssamband, dvs att massa kan omvandlas till energi enligt  $W = mc^2$  spela en roll. Detta samband är relevant för kärnreaktioner, men ej för vanliga kemiska reaktioner, där massändringen icke är mätbar och alltså kan försummas.

##### Några elever likställer bensin med energi:

"Energi kan inte förbrukas bara omvandlas till andra energiformer, rörelseenergi och värmeenergi i motorn."

##### Energien ses av några elever som en delmängd av bensinen:

"Bensinen förbränns och sprängs inuti motorn, allt det nyttiga utnyttjas (precis som i människokroppen) sedan släpps det onödiga ut."

"Bensin som går i motorn förvandlas till energi och sen till arbete. Det mesta delen förvandlas till energi. Avfallet det som inte går att använda går ut från avgasröret."

Vad gäller *b.* har eleverna införlivat vissa delar av de vetenskapliga uppfattningarna om gasers egenskaper med sitt tänkande. Många elever tar fasta på en enda aspekt, t.ex. densiteten av en gas, och använder den som förklaringsgrund, men glömmer bort eller bortser från, att gaser bevarar sin massa vid ändring av volym, tryck och temperatur. Andra elever har inte alls tagit till sig, att gaser har massa eller tror att gaser väger mindre än samma materiemängd i flytande form. Vardagsföreställningen att gaser inte väger något eller väger ytterst lite används som förklaringsgrund av mellan 10 och 15% av eleverna.

##### Några elever använder kemiska formler som delförklaring till att mindre än 50 kg kommer ut ur avgasröret:

"Förbränning av bensin:  $2 C_8H_{18} + 25 O_2 \longrightarrow 16 CO_2 + 18 H_2O$  Bensin är flytande, koldioxid o vatten kommer ut som gas. Gaser har lägre densitet än vätskor."

"Det som kommer ut ur avgasröret är uteslutande gaser ( $H_2O$  och  $CO_2$ ). Dessa gaser står i ett molförhållande som är c:a 7 ggr mer än kolvätet i bensinen som förbränns. Det bildas alltså sammanlagt mer mol gaser än vad man hade från början. Massan produkter är dock mycket mindre. (Bensinen har högre densitet än gaserna)."

Vad gäller *c.* tycks elever förväxla fasomvandling med kemisk reaktion. Alternativt kan de tänkas tillskriva kemiska reaktioner samma innebörd som fasomvandlingar.

"Man tankar in 50 kg flytande bensin. När bensinen kommer ut är det i gasform. Om man gör så att det blir flytande igen blir det 50 kg bensin."

Vad gäller *d.* tycks elever begränsa systemet till att utgöras endast av bensin alternativt ta med luft, men betrakta luftens massa som noll.

"Material (kg) finns där hela tiden den bara omvandlas genom olika processer från bensinform till osynlig gasform."

"Fullständig förbränning reaktanterna = produkterna"

"Atomerna förstörs inte när de reagerar inne i motorn. De omvandlas till andra föreningar och ämnen. Därför är hela massan kvar."

"Inga nya nukleoner har bildats inga har heller försvunnit"

"Avgaserna består av blandningen bränsle/luft men luften väger inget. Det som kommer in kommer ut."

Många elever tycks således ha tillägnat sig partiell vetenskaplig kunskap, men är inte klara över när denna kunskap är tillämplig eller vilka randvillkor, som gäller då den ska tillämpas. Vardagsföreställningen att luft inget väger lever kvar hos många elever.

#### 4.2.5 Sammanfattning av resultaten på uppgift 2 och 3

Tabell 4.4 Andelen elever, som väljer rätt alternativ och avger godtagbara förklaringar till uppgift 2 och 3

	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106)	(91)	(97)	(104)	(88)	(95)	(90)	(85)
	%	%	%	%	%	%	%	%
Godkända svar på både uppgift 2 och 3	22	26	17	12	26	15		1
Godkänt svar på endast en av uppgifterna 2 och 3	47	45	41	35	32	48	11	12

Andelen godkända svar på uppgift 2 och 3 tyder på, att det är ungefär en fjärdedel av eleverna i N2 och T2 som i sitt tänkande fullt ut införlivat grundläggande aspekter vad gäller massans bevarande vid kemisk reaktioner.

### 4.3 Reaktionsformelskrivande

Uppgift 4. Vilka samband finns mellan formel och reaktionskärl?  
Uppgift 5. Vilken är reaktionsformeln?

Dessa två uppgifter är varandras omvändning. I uppgift 4 går man från reaktionsformel till reaktionskärl och i 5 motsatt väg. Det gäller att veta vad det kemiska symbolspråket innebär och att kunna representera detta med ritade modeller av atomer och molekyler och tvärtom.

För att besvara dessa två uppgifter bör eleverna

- kunna tolka bilder av ett reaktionsförlopp och översätta det till kemisk formel och vice versa
- behärska reglerna för reaktionsformelskrivning
  - kemiska tecknens innebörd
  - koefficienternas innebörd
  - innebörden av index
  - regeln om lika antal atomer i vänstra och högra ledet
  - det förkortade skrivsättet (lägsta möjliga heltalsvärde på koefficienterna)

### 4.3.1 Val av alternativ. Förklaringar till icke vetenskapliga alternativ

#### Uppgift 4.<sup>1</sup>

Ungefär hälften av N- och T-eleverna och mindre än 10% av E3/H3/S3-eleverna väljer alternativ e samt förklarar detta på ett godtagbart sätt.

Elever, som väljer alternativen a, c eller d tar endast hänsyn till delar av den givna informationen:

- alt.a eleverna koncentrerar sig på att alla atomslag ska finnas kvar efter reaktion och tror att allt ska reagera  
 alt.c eleverna koncentrerar sig på att AB<sub>3</sub> ska bildas och tar inte hänsyn till att B<sub>2</sub>-molekylerna inte räcker om alla A-atomer reagerar  
 alt.d eleverna koncentrerar sig på den kemiska formeln och tolkar den bokstavligt men tar ej hänsyn till vad som fanns i reaktionskärlet från början

#### Uppgift 5.

25–35% av N2/N3- och T2/T3-eleverna och mindre än 10% av E3/H3/S3-eleverna väljer alternativ c och ger godtagbar förklaring härtill.

Omkring 60% av eleverna väljer alternativ d, som svarar mot direkt avbildning av reaktionskärlet. De tar ej hänsyn till två aspekter av konventionerna för formelskrivning:

1. överskott tas ej med i formeln
2. formel skrivs med så små koefficienter som möjligt.

### 4.3.2 Sammanfattning av uppgift 4 och 5 samt jämförelse med amerikanska resultat

Tabell 4.5 Andelen elever som både väljer rätt alternativ (d.v.s. enligt konventionerna för reaktionsformelskrivning) och ger godtagbara förklaringar till uppgift 4 och 5.

	N1	N2	N3	T1	T2	T3	E3+ H3	S3
	(106)	(91)	(97)	(104)	(88)	(95)	(90)	(85)
	%	%	%	%	%	%	%	%
Godkända svar på både uppgift 4 och 5	15	25	29	6	21	21	3	2
Godkänt svar på endast en av uppgifterna 4 och 5	27	34	28	24	30	35	9	8

Mellan 20 och 30% av N- och T-eleverna i åk 2 och 3 ger godkända svar på båda uppgifterna. Det betyder, att tolkningen av det kemiska symbolspråket vållar svårigheter för 70 till 80% av N/T-eleverna i åk 2 och 3.

Amerikanska resultat på dessa uppgifter visar, att 29% valde alternativ e i uppgift 4 och 18% valde alternativ c i uppgift 5. (Nurrenbern & Pickering, 1987).

<sup>1</sup>I den amerikanska versionen angavs formeln som  $2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_3$ . Reaktion mellan svavel och syre leder emellertid till bildning av svaveldioxid enligt formeln  $S + O_2 \rightarrow SO_2$ . För att erhålla svaveltrioxid krävs katalysator för att jämvikt enligt formeln  $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$  någorlunda snabbt ska inställa sig. Därför byttes i den svenska versionen S ut mot A och O<sub>2</sub> mot B<sub>2</sub> och formeln angavs till  $2A + 3B_2 \rightarrow 2AB_3$ . I övrigt är uppgiften översatt utan ändring.

I en större amerikansk undersökning (Sawrey, 1990) har endast uppgift 5 använts. Resultatet jämförs med motsvarande för N3 och T3.

Tabell 4.6 Jämförelse mellan val av alternativ på uppgift 5 i USA och i Sverige.

	alt a %	alt b %	alt c %	alt d %	ej svar övrigt %
Nybörjarstudenter (n=323) i kemi vid universitet i USA (Sawrey, 1990)	0,9	0,6	11,5	87	0
N3	1	3	37	58	1
T3	2	1	27	67	2

I den amerikanska versionen av uppgift 5 uppmanas studenterna att kryssa för den formel, som bäst beskriver (*describes*) reaktionen. I svenska versionen ska eleverna kryssa för *reaktionsformeln*. Skillnaden i formulering kan troligtvis förklara skillnaden i resultat.

## 5. ÖVERSIKTLIGA RESULTATBILDER

### 5.1 Mål för naturvetenskapsprogrammet

Som mål för naturvetenskapsprogrammet (GyVux 1994:14) anges bl.a. att eleverna efter fullföljd utbildning

- kan beskriva naturvetenskapliga fenomen och samband och förklara dem med hjälp av naturvetenskapliga modeller
- kan utnyttja teorier och modeller i sitt tänkande och inse betydelsen av successiv utveckling av modeller
- har kunskap om framtids- och överlevnadsfrågor ...

För kursen *Kemi A* anges målet för kursen vara att eleven

- tillägnar sig kunskaper om materiens byggnad, kemiska reaktioner och energiomsättningar samt om kemiska tillämpningar inom industri, vardagsliv och miljövård.

### 5.2 Andel godkända svar enligt nedan angivna kriterier

Tabell 5.1 Översikt över andelen godkända svar i N2, N3, T2, T3, E3+H3 och S3 enligt kriterier angivna för varje uppgift.

OMRÅDE	UPPGIFT	KRITERIUM FÖR GODKÄNT SVAR	ANDEL GODKÄNDA SVAR %					
			N2	N3	T2	T3	E3+ H3	S3
1 Gaser	1 Fördelning av molekyler då väte kyls?	Alt. a + kategori A3, A4, A5	36	28	25	26		4
	3 Vad väger avgaserna?	Alt mer eller mkt mer än 50 kg + kategori D3, D4	36	24	35	25	2	2
2 Massans bevarande vid kemiska reaktioner	2 Upphetning av 2g zink med 2g svavel	Ja-alt b + nej-alt a, c, d + kategori G2-G8	62	51	49	50	9	12
	3 Vad väger avgaserna?	Alt mer eller mkt mer än 50 kg + kategori D3, D4	36	24	35	25	2	2
3 Reaktionsformel-skrivande	4 Samband formel och reaktionskär!	Alt. e + kategori E1-E3	55	51	42	55	8	8
	5 Vilken är reaktionsformeln?	Alt. c + kategori E1-E3	30	35	28	22	8	5

Angivandet av kriterier för godkända svar på uppgifterna ovan grundar sig på en allmän bedömning av vad som kan vara rimliga krav mot bakgrund av målen för Naturvetenskapsprogrammet.

Av ovanstående översikt framgår, att mellan 25 och 50% av N- och T-eleverna nått tillfredställande begreppsförståelse på de fem uppgifterna.

Av uppföljningen av NUNA på gymnasiet (Jansson, 1994a, s 72) framgick, att:

De mål, som ter sig särskilt svåra att nå i åk 9NT rör den grundläggande förståelsen på makroskopisk nivå av fasändringar, massans och ämnets bevarande vid fasändringar, en kvalitativ partikelmodell för materia samt massans bevarande vid kemiska reaktioner ... Dessa mål framstår som svåra att nå även för N3 och T3. Men det är också på dessa områden, som resultatet pekar på störst ökning i begreppsförståelse. Mer än dubbelt så många elever i N3 och T3 som i åk 9NT uppfyller målen.

Om den grundläggande förståelsen på makroskopisk nivå saknas, torde förklaringar med hjälp av modeller vara ytterligt vanskliga. Hur ska man på mikronivå kunna förklara ett fenomen, som man inte kan beskriva och förstå makroskopiskt?

### 5.3 Flickor och pojkar

**Tabell 5.2** Signifikanta skillnader (5%-nivån) mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor på olika uppgifter.

UPPGIFT	N1+T1	N2+T2	N3+T3	E3+H3
	70 fl 140 p	50 fl 128 p	75 fl 116 p	+S3 130 fl 45 p
1 Fördelning av molekyler då väte kyls?			19	
2 Upphetning av 2g zink med 2g svavel				-11
3 Vad väger avgaserna?				6
4 Samband formel och reaktionskärl?				
5 Vilken är reaktionsformeln?	10			

På uppgift 1 har pojkar i N3+T3 bättre resultat än flickorna vilket är i linje med resultaten på områdena gaser och fasövergångar på NUNA-uppgifterna (Jansson, 1994a, s. 73)

Pojkar i N1+T1 har bättre resultat än flickorna på uppgift 5 men detta resultat återfinns inte i de högre årskurserna.

I E3+H3+S3 finns skillnad mellan pojkar och flickor på uppgift 2 där pojkarna är sämre och på uppgift 3 där pojkarna är bättre än flickorna.

## 6. DISKUSSION

### 6.1 Vad beror elevernas partiella förståelse på?

Resultaten i denna studie överensstämmer, som visats, i stora drag med internationella rön. Eleverna har stora svårigheter såväl beträffande atomhypotesen och den dynamiska partikelmodellen som 1:a och 2:a huvudsatserna.

De uppfattningar eleverna uttrycker speglar den grad av förståelse de uppnått. Denna är i många fall partiell. Eleverna har tagit till sig delar av undervisningen, men bortsett från andra. De mentala bilder elever till en början konstruerar måste med nödvändighet bli fragmentariska, eftersom inte alla aspekter kan behandlas på en gång. Eleverna "förstår" med de föreställningar och den kunskapsstruktur de redan besitter. (Jfr: Hedningar förstår kristendomen på sitt hedniska vis.) I denna struktur kan finnas oförenliga element, som omöjliggör acceptering av vissa nya aspekter. Om inte detta diskuteras i klassrummet lämnas eleven att själv skapa sig mening.

För att eleven ska ändra på eller överge sina existerande begrepp behövs en rationell bas t. ex. medvetenhet om konflikt mellan ett experimentellt resultat och elevens förklaring till det (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982). Flera viktiga förutsättningar måste vara uppfyllda för att eleven ska acceptera nya begrepp eller begreppsstrukturer. Eleven måste bli medveten om att de existerande begreppen inte räcker till för att förklara ett visst fenomen. De nya begreppen måste framstå som begripliga och rimliga samt som mer användbara än de gamla.

Begreppsförändring är en process fylld av svårigheter och till och med motstånd från eleverna (Posner et al., 1982). Den äger ofta rum gradvis. Eleven införlivar lite i taget av den nya begreppsstrukturen.

För nybörjaren är kraven att samordna kunskap på olika nivåer och av olika slag oerhört stora. Skeenden på makronivå ska relateras till förklaringsmodeller på partikel- och multipartikelnivå. Vardagligt språk och vardagliga föreställningar måste särskiljas från vetenskapligt språk och vetenskapliga föreställningar. Hypoteser, teorier och lagar, som kräver tid för bearbetning för att nå förståelse behöver särskiljas från faktakunskaper, som kan pluggas in. Övergripande kunskaper behöver särskiljas från detaljkunskaper.

Svårigheten med att ta sig över kemins trösklar undervärderas ofta (de Vos & Verdonk, 1986). Ben-Zvi, Eylon och Silberstein (1988) sammanfattar några tankegångar på följande sätt [min översättning]:

För att summera, hävdar vi, att det finns tre inbördes sammanvävda aspekter på kemi, som gör studierna mycket svåra, särskilt för nybörjare. Det första är den abstrakta och icke-intuitiva naturen av de inblandade begreppen. Det andra är behovet att koordinera de tidigare diskuterade beskrivningsnivåerna vid användning av atommodellen och det tredje är kommunikationsaspekten, eftersom kemiska symboler kan ha olika betydelse beroende på beskrivningsnivån.

I början av kemistudierna är dessutom gapet mellan lärarens kunskaper och elevernas som störst. de Vos och Verdonk (1986) skriver [min översättning]:

Läraren, som har utbildning i kemi, har internaliserat begrepp, fakta, modeller, konventioner och teorier, som styr hans eller hennes tänkande och perception. Det är svårt för läraren att bortse från denna struktur även om ändamålet är att förstå nybörjarens inlärningsproblem.

Detta kan leda till att väsentliga aspekter av exempelvis atomhypotesen blir summariskt behandlade eftersom de är självklara för läraren t. ex. att alla atomer av samma slag är lika



stora, att det inte finns någonting mellan atomerna, att enskilda atomer inte har ämnesegenskaper, att atomer har i stort sett samma storlek oberoende av temperatur.

## 6.2 Vilka svårigheter att nå begreppsförståelse visar denna studie på?

Resultaten från uppföljningen av NUNA (Jansson, 1994a och Jansson m.fl., 1994b) och från denna undersökning tyder på att många elever har svårt för att samordna kunskap av olika slag och på olika nivåer:

1. De makroskopiska skeendena förstås dåligt av många elever. Det gäller t.ex. massans bevarande då is smälter eller avgasernas massa då bensen brinner eller att skilja fasförändringar från kemiska reaktioner.
2. Öppna system, där det makroskopiska utgångsläget är opreciserat, vållar betydande svårigheter för merparten elever. Detta framgår av resultaten på uppgifter gällande t.ex. förbränning av bensen, uppbyggnad av biomassa och nedbrytning av organiskt material.
3. Kopplingar mellan makroskopiska begrepp och förklaringar på partikelnivå är oklara för många elever. Det är t.ex. inte mer än högst hälften av N- och T-eleverna som korrekt kopplar ihop fyra bildpar på mångpartikelnivå (av smältning, kemisk reaktion, avdunstning och stelning) med rätt begrepp för skeendet på makronivå.
4. Den dynamiska partikelmodellen för materia och dess konsekvenser för att förklara olika aggregationstillstånd tycks inte ha införlivats som aktiv förklaringsmodell hos särskilt många elever. På vätegasfrågan är det färre än 15% av N- och T-eleverna som förklarar vätemolekylernas spridning i hela utrymmet efter kylning med molekylernas rörelse.
5. Det kemiska symbolspråket och dess koppling till bilder på mångpartikelnivå före och efter reaktion vållar svårigheter för mer än hälften av N- och T-eleverna.

Dessa svårigheter har lett till tanken att såväl lärare som elever skulle ha glädje av tillgång till redskap för att strukturera såväl skeenden som förklaringar på ett klarare och mer överskådligt sätt.

de Vos et al. (1987a) betonar vikten av att inse vad en kemisk reaktion innebär och skriver [min översättning]:

Nyckeln till begreppet reaktion är ... det faktum att ämnen förändras till andra ämnen. Detta kräver analys av situationen *före, under* och *efter* [min kursivering] skeendet.

Ben-Zvi, Eylon & Silberstein (1988) hävdar att roten till många av nybörjarstudenternas svårigheter i kemi är bristande förståelse för atomhypotesen och hur den används för att förklara makroskopiska egenskaper och kemins lagar. Läraren rör sig obehindrat mellan olika beskrivningsnivåer, men eleverna har svårt att följa skiftningarna mellan nivåerna (makronivå, atomär partikel- och multipartikelnivå)

## 7. VAD KAN GÖRAS FÖR ATT FÖRBÄTTRA BEGREPPSFÖRSTÅELEN?

### 7.1 Förslag till analyschema för fysikaliska och kemiska reaktioner

Mot bakgrund av de erhållna resultaten och ovanstående citat föreslås följande analyschema som redskap för att bringa ordning vad gäller tidsaspekt och beskrivningsnivå vid kemiska reaktioner:

		FÖRE	UNDER	EFTER
M A K R O -	Verkligheten	Avgränsning av systemet och beskrivning av ämnen i systemet före reaktion	Ev. hypoteser  Beskrivning av tecken på växelverkan/energiöverföring  Ev. ordformel	Ev. hypoteser  Beskrivning av ämnen i systemet efter reaktion  Tolkning av resultat
	Atomär nivå, enstaka partiklar (atom, jon, molekyl)	Vilka partiklar fanns i systemet?	Vad har skett med dessa partiklar?  Kemisk reaktionsformel (modellformel, symbolformel)	Vilka partiklar finns i systemet efter reaktion?
P E R S P E K T I V	Atomär nivå, många partiklar (atomer, joner, molekyler)	<u>Fysikaliskt:</u> Hur rörde sig partiklarna? På vilket avstånd?  <u>Kemiskt:</u> Hur förhöll sig antalet partiklar till varandra? Hur var de bundna?	Hur förändrades rörelse och avstånd mellan partiklarna?  Hur förändrades antalet partiklar? Hur förändrades bindningarna?  Kemisk reaktionsformel.	Hur rör sig partiklarna? Vad är avståndet mellan dem?  Hur förhåller sig antalet partiklar till varandra efter reaktion? Hur är partiklarna bundna?
	Mångpartikelnivå	På vilken energinivå befann sig partiklarna?	Vilka energiförändringar skedde?	På vilken energinivå befinner sig partiklarna?

Figur 7.1 Schema att användas för analys av fysikaliska och kemiska förändringar vid en kemisk reaktion

## 7.2 Användning av analyschemat

Ett par exempel får belysa användning av analyschemat:

### 7.2.1 Stelning av naftalen.

Antag, att eleverna mätt och ritat diagram över temperaturen som funktion av tiden då flytande naftalen i ett provrör övergår till fast fas. De kan då använda schemat vid analys av skeendet.

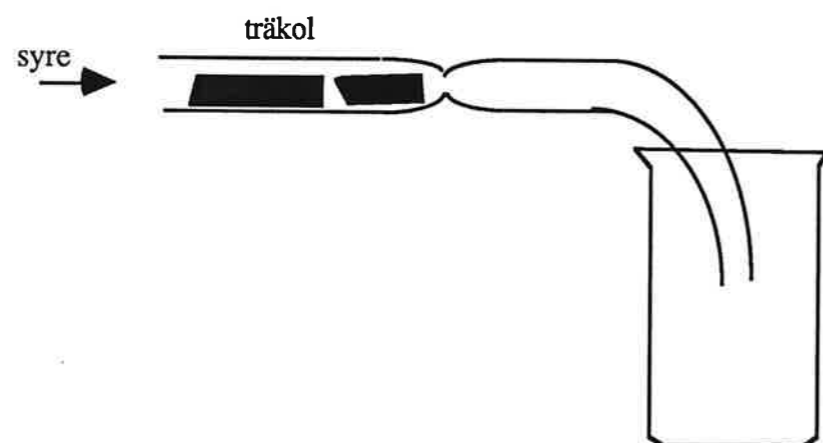
De kan ange vilket system de betraktar och beskriva temperaturändringen före, under och efter stelning i relation till naftalens utseende i provröret. De kan fundera över energiutbytet med den omgivande luften.

De kan ta ställning till vilket partikelslag (molekylslag), som fanns före, under och efter stelning och bindningarna i detta partikelslag.

De kan reda ut naftalenmolekylernas rörelser före, under och efter stelning. De kan reda ut intramolekylära bindningar före, under och efter stelning och relatera detta till temperaturdiagrammet. De kan rita diagram över energiinnehållet i naftalenet under förloppet och sätta detta i relation till temperaturdiagrammet.

### 7.2.2 Demonstration för att införa begreppet kemisk reaktion (förbränning av träkol i syre).

Ett förbränningsrör (en cm i diameter) fylls till hälften med bitar av träkol. En syretub ansluts till ena ändan av röret och från andra ändan leds en slang ner i en tom bägare (se figur nedan)



Figur 7.2 Experimentell anordning för att förbränna träkol i syre (på ömse sidor om träkolet läggs glasull för att förhindra träkolsstoff att sprida sig).

Eleverna tänks vara aktiva under demonstrationen med att beskriva ämnen, komma med hypoteser, beskriva iakttagelser och dra slutsatser.

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

Figur 7.3 Exempel på hur schemat kan användas för att analysera fysikaliska och kemiska förändringar vid en kemisk reaktion.

För närvarande prövas schemat som hjälpmedel i kemiundervisningen för en grupp basårstudenter som kompletterar naturvetenskap under ett år för att bli behöriga till grundskollärautbildning i matematik-naturvetenskap. Kommentarer från studenterna tyder på att de aktivt använder schemat i sina studier. Förhoppningsvis kommer fler lärare och elever att pröva schemat så att det kommer fram underlag rörande dess användbarhet.

### 7.3 Undervisningsförsök med inriktning mot kemi

#### 7.3.1 Kemi i tusen frågor

deVos och Verdonk i Holland (1985a, b, 1986, 1987a och b) har beskrivit ett omfattande undervisningsförsök "Kemi i tusen frågor", som gäller den inledande kemiundervisningen för fjortonåriga elever (c:a 75 lektionstimmar).

"Kemi i tusen frågor" är uppbyggt kring experiment med åtföljande ofta öppna frågor. Fokus i sekvensen är *den kemiska reaktionen*. Eleverna arbetar i grupper om tre eller fyra. De måste ena sig om gruppens svar då de besvarar frågorna. Eleverna leds härigenom till att diskutera kemiska fenomen med sin egen terminologi. Frågorna har fångats upp vid inspelningar då elever arbetat med materialet. Frågorna har sedan utprovats på nytt i flera klasser så att de upplevs som både relevanta och intressanta. Nya begrepp introduceras huvudsakligen via elevhäftet. Läraren lämnar respons på inlämnade gruppsvar och kommunicerar både skriftligt och muntligt med hela gruppen, inte med enskilda elever.

Det inledande skedet har valts så att eleverna stöter på det oväntade och överraskande: "vums" (blynitrat) och "lahelst" (kaliumjodid) mortlas först var för sig och sedan tillsammans. Uppkomsten av den lysande gula färgen (blyjodid) initierar en intensiv diskussion, där eleverna inte ges någon annan utväg än att så småningom formulera att *något nytt har bildats* d.v.s. essensen av begreppet kemisk reaktion.

de Vos & Verdonk anser, att experimenten ska utmana eleverna både intellektuellt och emotionellt. I början används fantasinamn eftersom systematiska namn kan missuppfattas. Begreppen kemisk reaktion, molekyl (får provisoriskt gälla både atomer, molekyler och jonföreningar) och identiska föremål införs tidigt och är till en början mycket primitiva i elevernas föreställningsvärld.

Försöksverksamhet med det översatta materialet har i Sverige bedrivits i fyra högstadielklasser. De preliminära resultaten har rapporterats av Bolmgren (1993). De visar:

- Eleverna i försöksklasserna var inte tränade i att vare sig tänka själva eller arbeta i grupp. Efter inskolning visade sig dock arbetssättet vara stimulerande för både elever och lärare.
- Arbetet i de olika grupperna utföll mycket olika. Frånvaro märks mycket mer än i konventionell undervisning.
- Största svårigheten var att få elever att söka sig bakåt för att återfinna det de glömt.
- Utvärdering med hjälp av NUNA-uppgifter visade ringa avvikelse från resultatet av nationella utvärderingen. Bolmgren (1993) skriver: "Varken den ena eller den andra gruppen hade fått den kemiska förståelse som varit önskvärd".

Bolmgren (1993) skriver sammanfattningsvis:

Trots att eleverna som använt "Kemi i tusen frågor" inte avvek, när det gäller resultat på ett gemensamt prov, från elever som nyttjat andra elevtexter, verkar "Kemi i tusen frågor" innehålla så mycket av intressanta inslag att det är värt att utveckla vidare. Påfallande är att arbetssättet är engagerande och intresseväckande för flertalet elever. Om materialet kunde fås att bättre spegla det sammanhang det vill lära ut och kanske ännu något mer anknyta till vardagsföreteelser, kan sannolikt eleverna få en klarare uppfattning av de kemiska begreppen. Men framför allt borde skolan i sin helhet, dvs undervisningen i samtliga ämnen men också all verksamhet i skolan utanför undervisningen, träna eleverna att tänka själva, att lära sig

bli medvetna om sitt tänkande och att effektivare arbeta i grupp. Kanske är det det som krävs för att ett material av den här typen skall komma till sin rätt?

#### 7.3.2 Chemistry - a challenge

Ben-Zvi, Silberstein och Mamlok (1990) har i Israel utvecklat ett nytt kemiprogram "Chemistry - a challenge" (1984, på hebreiska) i vilket de tagit fasta på följande svårigheter hos elever [min översättning]:

1. En bristfällig förståelse av atommodellen
2. Vilseledande användning av modeller
3. Missförstånd av kemiska reaktionsformler
4. Överbelastning av information
5. Förståelse av den kemiska reaktionens natur

Programmet är upplagt med en historisk ansats. Atomen presenteras som en dynamisk modell, som ändras eller ersätts beroende på aktuellt behov av förklaringar. Behovet att tänka såväl på strukturen hos en partikel som på många partiklar tillsammans, betonas. Förhoppningen är att detta tänkesätt så småningom ska automatiseras för att undvika överbelastning av minnet i mer komplexa situationer.

Fakta  
Daltons modell  
Nya fakta  
Thomsons modell  
Nya fakta  
Rutherfords modell  
Nya fakta  
Bohrs modell  
Ytterligare fakta  
Kvantmekanik  
?

Figur 7.4 (efter Ben-Zvi et al., 1990). Utveckling av atommodellen i det nya programmet.

Då den kemiska reaktionen diskuteras mer djupgående, används elektrolys av smält natriumklorid som exempel, varvid betonas att *många* joner rör sig mot elektroderna och att reaktionsprodukterna är *många* klormolekyler och *många* natriumatomer.

Ben-Zvi et al. (1990) rapporterar positiva resultat från utvärdering av programmet och skriver [min översättning]:

... om man är tillräckligt noggrann kan elevernas mentala bilder av världen förbättras.

### 7.4 Allmänna infallsvinklar

I rapporten om Materia och kemiska reaktioner (Jansson, 1994a) beskrivs kortfattat några allmänna infallsvinklar, som prövats för att förbättra naturvetenskaplig begreppsförståelse, nämligen:

- relatera vardagsuppfattningar och vetenskapliga uppfattningar till varandra
- uttrycka sig i skrift för att klargöra olika begrepps innebörd (mentala bilder)

Vad gäller undervisning om gaser beskrivs i rapporten (Jansson, 1994a) ett undervisningsförsök, vari den internationella forskningens resultat tillvaratas (Bach, 1993).

## 7.5 Försök med undervisning i tidig ålder

Novak och Musonda (1991) har genomfört en 12-årig longitudinell studie och följt elever från 'grade 1' till 'grade 12' vid 'public schools' i USA. Eleverna fick naturvetenskaplig undervisning i 'grade 1' och 'grade 2' genom att individuellt lyssna till 28 noggrant utarbetade och testade ljudband och därvid laborera med tillhörande experimentellt material under 15-25 minuter för varje band. När alla eleverna i klassen tagit del av ett band installerades nästa band med tillhörande material. Lektionsbanden byttes ungefär var fjortonde dag. Lärarna uppmanades att *ej* ha klassdiskussioner om innehållet på banden.

Tabell 7.1 Lektionsinnehåll för 'grade 1' och 'grade 2' [min översättning]

### Grade 1 (Förändring och energi)

1. Klassificering av föremål efter storlek, form och vikt.
2. Klassificering av batterier: vissa batterier kan få lampor att lysa och andra kan inte det.
3. Batterier är källor för elektrisk energi: Elektrisk energi kan få en lampa att lysa.
4. Elektrisk energi är verksam i många olika slags förändringar.
5. När man än iakttar en förändring, vet man att energi är verksam.
6. Förändring inträffar i olika grad då mer eller mindre energi är verksam.
7. Energi kan lagras och bli verksam i framtida förändringar.
8. Folk använder energi och förändrar sig själva eller andra saker.
9. Alla djur är lika på några olika sätt.
10. Att röra sig och att växa är förändringar: Alla djur använder energi från maten för att förändras.
11. Olika djur äter olika slags mat.
12. Växande växter behöver luft, vatten och ljus.
13. Levande frön förändras på bestämda sätt.
14. Växande är ett slags förändring hos växter och djur.
15. Jämförelse mellan växter och djur.
16. Ingenting förändras av sig självt.

### Grade 2 (molekyler)

16. Ingenting förändras av sig självt (repetition).
17. Luft är verklig; luft orsakar förändringar.
18. Några väsentliga egenskaper hos fasta föremål, vätskor och luft.
19. Föremål är gjorda av delar.
20. Man kan tänka sig, att alla fasta saker är gjorda av små delar. Dessa små delar kan kallas molekyler.
21. Man kan tänka sig, att alla vätskor och luft är gjorda av små delar, som kallas molekyler.
22. Vind och lukt visar, att molekyler i luft rör sig.
23. Luftmolekyler rör sig ständigt hit och dit.
24. Molekyler i ett fast ämne rör sig inte fritt, medan molekyler i en vätska rör sig mera fritt och molekyler i luft rör sig obehindrat.
25. Klassificering av material.
26. Förändringar och saker, som orsakar förändringar.
27. Energi är verksam i alla förändringar.
28. Energi är verksam i alla mätbara förändringar.

De 28 lektionerna bildade en sammanhängande begreppssekvens för att utveckla tänkande om materia och energi och om sambanden däremellan både i den levande och icke levande omgivningen. Varje band innehöll:

- instruktion för det experimentella arbetet
- introduktion av nya nyckelidéer och begrepp
- samband mellan nya och tidigare introducerade idéer och begrepp

Vissa avsnitt innehöll dessutom arbetsblad eller belystes med 8 mm filmslingor.

I nästan alla lektionsavsnitten utvecklades *två väsentliga begrepp* mer eller mindre:

1. Idén att materia är partikulär till sin natur och
2. Idén att energi behövs för att förändra saker och ting eller frigörs när saker och ting förändras.

Experimentgruppen, som genomgick de 28 lektionerna, bestod från början av 191 elever och kontrollgruppen av 48 elever. I 'grade 12' återstod 38 respektive 17 elever. Utvärderingen genomfördes 1972-1984 i 'grade 2, 7, 10 och 12' och gick ut på att eleverna vid intervjuer skulle ge uttryck för sitt tänkande om föremål och händelser, som de kommit i kontakt med under de 28 lektionerna. I de högre årskurserna koncentrerades utvärderingen till förändring av innebörden av begrepp rörande materians partikelnatur och egenskaper i fast, flytande eller gasformigt tillstånd. Eleverna fick också visa sin förmåga att tillämpa sitt vetande i nya situationer.

För varje intervju tillfälle konstruerades utifrån elevens utsagor en individuell begreppskarta för eleven. Begreppsutvecklingen för en enskild elev kunde alltså följas genom alla skolåren. Begreppskartorna analyserades med avseende på såväl vetenskapliga som icke vetenskapliga uppfattningar samt angivna samband mellan dem.

Resultaten visade för matchade par, att antalet *vetenskapliga* påståenden/student *ökade mer* i experimentgruppen än i kontrollgruppen. Antalet *icke vetenskapliga* påståenden/student *minskade mer* i experimentgruppen än i kontrollgruppen. I grade 12 angav experimentgruppen *dubbelt* så många vetenskapliga påståenden/student och *en sjättedel* så många icke vetenskapliga påståenden/student som kontrollgruppen.

Vidare fanns en tendens till att begreppskartorna för studenter i experimentgruppen var mer utvecklade än för studenterna i kontrollgruppen.

Novak och Musonda (1991) tolkar resultaten som att tidig högkvalitativ naturvetenskaplig undervisning tjänar som "advance organizer" (organisator i förväg) för senare naturvetenskaplig inläring. De hävdar också att lågstadieskolor har stor outnyttjad kapacitet för inläring av naturvetenskapliga begrepp. De citerar D.P. Ausubels tes i boken "Educational Psychology" från 1968:

If I had to reduce all educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly

## 8. SLUTORD

### 8.1 De viktigaste resultaten

Resultaten i denna studie överensstämmer i stora drag med internationella rön. Eleverna har stora svårigheter såväl beträffande atomhypotesen och den dynamiska partikelmodellen som 1:a och 2:a huvudsatserna.

Merparten elever har betydande svårigheter att i sitt tänkande införliva idén, att gaser sprider sig i hela det tillgängliga utrymmet d.v.s. de har endast tillägnat sig en partiell förståelse av den dynamiska partikelmodellen.

Ungefär en fjärdedel av eleverna i N2 och T2 har i sitt tänkande fullt ut införlivat grundläggande aspekter vad gäller massans bevarande vid kemiska reaktioner. Tolkningen av det kemiska symbolspråket vållar svårigheter för 70 till 80% av N- och T-eleverna i åk 2 och 3.

Vardagstänkande tycks interferera med inläring av naturvetenskapliga förklaringar och modeller. Vardagsföreställningen att *luft inget väger* lever kvar hos många elever. Många elever har tillägnat sig partiell vetenskaplig kunskap, men är inte klara över när denna kunskap är tillämplig eller vilka randvillkor, som gäller då den ska tillämpas.

Av uppföljningen av NUNA på gymnasiet (Jansson, 1994a, s 72) framgick, att: de mål, som ter sig särskilt svåra att nå i åk 9NT rör den grundläggande förståelsen på makroskopisk nivå av fasändringar, massans och ämnets bevarande vid fasändringar, en kvalitativ partikelmodell för materia samt massans bevarande vid kemiska reaktioner. Ökning i begreppsförståelse sker på N- och T- linjen i gymnasiet men brister kvarstår för flera elever.

Mot bakgrund av de erhållna resultaten föreslås och exemplifieras ett analyschema som hjälpmedel att vid kemiska reaktioner reda ut såväl skeenden som förklaringar på ett klarare och mer överskådligt sätt. Analyschemat bör kunna fungera som redskap för att strukturera fysikaliska och kemiska förändringar såväl med avseende på tidsaspekt som beskrivningsnivå

### 8.2 Konsekvenser för skolan

Inläring av grundläggande naturvetenskap är således en komplicerad process som är föremål för stort intresse runt om i världen. Eftersom begreppsförståelse utvecklas successivt bör inläringen ses i ett 1—12-perspektiv. Tidig inläring torde vara viktig både för att stimulera det naturvetenskapliga intresset och för att underlätta kommande studier. Den i stort sett uteblivna ökningen i begreppsförståelse för E-, H- och S-eleverna under gymnasietiden pekar på vikten av att få en tillräcklig kunskapsbas för att kunna bygga upp reell förståelse. I grundskolan behöver fler elever få sådan tillräcklig grund för att bibehålla intresset och inte välja bort naturvetenskap. Den nya läroplanen för grundskolan, Lpo 94, med tillhörande kursplaner ger utrymme för tidig naturvetenskaplig undervisning. Förutsättningarna för det praktiska genomförandet torde öka i takt med att lärare med naturvetenskaplig inriktning för årskurs 1-7 och 4-9 kommer ut i skolväsendet.

Denna studie visar, att många elever i åk 3 på N- och T- linjen endast visar partiell förståelse av grundläggande naturvetenskapliga teorier. Troligen måste betydligt större ansträngningar i alla skolans årskurser ägnas åt de svårerövrade naturvetenskapliga grunderna. Det syns vara dags att i synnerhet i gymnasieskolan med kraft lyfta fram atomhypotesen och den dynamiska partikelmodellen samman med 1:a och 2:a huvudsatserna och inte låta dessa grundläggande teorier drunkna i bruset av detaljer!

## 9. REFERENSER

- Andersson, B. (1986). Elevtänkande och kurskrav i naturvetenskaplig undervisning. I F. Marton (red.), *Fackdidaktik, Volym III, Matematik, Naturorienterande ämnen*. (s. 119–148). Lund: Studentlitteratur.
- Andersson, B. (1989a). *Grundskolans Naturvetenskap. Forskningsresultat och nya idéer*. Stockholm: Utbildningsförlaget.
- Andersson, B. (1989b). *Materia och dess transformationer*. (EKNA-rapport nr 19) Göteborg: Göteborgs Universitet. Institutionerna för pedagogik och ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Emanuelsson, J. & Zetterqvist, A. (1993a). *Nationell utvärdering åk 9. Vad kan eleverna om materia?* (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 5). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Emanuelsson, J. & Zetterqvist, A. (1993b). *Nationell utvärdering åk 9. Vad kan eleverna om ekologi och människokroppen?* (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 6). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Bach, F. (1993). *Gaser – ett undervisningsförsök*. (Examensarbete inom Påbyggnadsutbildning i pedagogik med didaktisk inriktning). Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik, Box 1010, 431 26 Mölndal.
- Benson, D.L., Wittrock, M.C. & Baur, E.B. (1993). Students' Preconceptions of the Nature of Gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 587- 597.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B.-S. & Silberstein, J. (1987). Students' visualisation of chemical reaction. *Education in Chemistry*, (7), 109, 117–120.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B.-S. & Silberstein, J. (1988). Theories, principles and laws *Education in Chemistry*, (5), 89-92.
- Ben-Zvi, R., Silberstein, J. & Mamlok, R. (1990). Macro-Micro Relationships: A Key to the World of Chemistry. In P.L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos & A. J. Waarlo (Eds.) *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles. A central problem in secondary science education. Proceedings of a Seminar* (pp 183-197). Utrecht, The Netherlands. CD-β Press.
- Bolmgren, I. (1993). Kemi i tusen frågor - ett undervisningsmaterial från Holland. I Paulsen, A.C. (Red.), *Naturfagenes Pædagogik mellem udviklingsarbejder og teoridannelse, Nordisk forskersymposium, Gilleleje, Rapportbind 2* (s. 98-108). Danmark: Samfundslitteratur.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23 (7), 5-12.
- Furio Mas, C.J., Hernandez Perez, J. & Harris, H.H. (1987). Parallels between Adolescents' Conception of Gases and the History of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64(7), 616–618.
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611–628.

Jansson, I. (1994a). *Gymnasieelevers kunskaper om materia . En pilotstudie angående de teoretiska linjerna i ljust av nationella resultat från årskurs 9. (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 11 )*. Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.

Jansson, I., Andersson, B. & Emanuelsson, J. (1994b). *Gymnasieelevers kunskaper om ekologi och människokroppen. En pilotstudie angående de teoretiska linjerna i ljust av nationella resultat från årskurs 9. (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 12)*. Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.

Jönsson, B. & Wickenberg, P. (1991). *A och O – miljöns ramar och möjligheter*. Lund: Läroplanskommittén, Miljösekretariatet.

Lybeck, L., Strömdahl, H. & Tullberg, A. (1985a). *Gymnasieelevers uppfattningar av och läromedels framställningar av storheten substansmängd och dess SI-enhet 1 mol. En kemididaktisk studie. (Rapport 1985:10)* Göteborg. Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik.

Lybeck, L., Strömdahl, H. & Tullberg, A. (1985b). *Gymnasieelevers, N-linjen, uppfattningar av substansmängd och dess SI-enhet 1 mol. En bearbetning av intervjudata. (Publikationer från institutionen för pedagogik, 1985:07)* Göteborg. Göteborgs universitet.

Länsskolnämnden i Stockholms län. (1990). *Förståelseinriktad undervisning – ett exempel. (Rapport nr 7/90)*. Länsskolnämnden i Stockholms län, Box 3501, 172 03 Sundbyberg.

Mortimer, E. F. (1993) Studying Conceptual Evolution in the Classroom as Conceptual Profile Change. *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics Education*. Ithaca, N.Y.: Misconception Trust.

*Naturvetenskapsprogrammet, Program mål, kursplaner, betygskriterier och kommentarer.* GyVux 1994:14. Stockholm: Skolverket.

Novak, J. D. & Musonda, D. (Spring 1991). A Twelve-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *American Educational Research Journal*, 28 (1), 117-153.

Nurrenbern, S. C. & Pickering, M. (1987). Concept Learning versus Problem Solving: Is There a Difference? *Journal of Chemical Education*, 64 (6), 508-509.

Pickering, M. (1990). Further Studies on Concept Learning versus Problem Solving. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 254-255.

Posner, G. J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66 (2), 211-227.

Ringnes, V. (1985). The understanding of Chemistry among Norwegian Students. I Thulstrup, E. (Red.) *Proceedings of The Nordic Conference on Science and Technology Education: The Challenge of the future*, Royal Danish School of Educational Studies.

Ringnes, V. (1992). *Syre/base og redoks. Viktige begreper i kjemiundervisningen. (Skrifter for Realfagundervisning. Skrift nr. 7)*. Oslo: Universitetet i Oslo, Senter for lærerutdanning og skoletjeneste, PB 1099 Blindern, 0316 Oslo.

Sawrey, B. A. (1990). Concept Learning versus Problem Solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 253-254.

Solomon, J. (1992). *Getting to Know about Energy – in School and Society*. London, England: The Farmer Press.

Wallmark, G. (1994). *Analys och karakterisering av svaren till en naturvetenskaplig fråga. (Specialarbete, 2 poäng, inom Ämneslärarlinjen)*. Göteborgs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik, Box 1010, 431 26 Mölndal.

de Vos, W., & Verdonk, A.H. (1985a). A New Road to Reactions. Part I. *Journal of Chemical Education*, 62 (3), 238-240.

de Vos, W., & Verdonk, A.H. (1985b). A New Road to Reactions. Part II. *Journal of Chemical Education*, 62 (8), 648-649.

de Vos, W., & Verdonk, A.H. (1986). A New Road to Reactions. Part III. Teaching the Heat Effects of Reactions *Journal of Chemical Education*, 63 (11), 972-974.

de Vos, W., & Verdonk, A.H. (1987a). A New Road to Reactions. Part IV. The Substance and its Molecules. *Journal of Chemical Education*, 64 (8), 692-694.

de Vos, W., & Verdonk, A.H. (1987b). A New Road to Reactions. Part V. The Elements and its atoms. *Journal of Chemical Education*, 64 (12), 1010-1013.

Yarroch, W. L. (1985). Student Understanding of Chemical Equation Balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 449-459.

## 10. SUMMARY IN ENGLISH

As part of a follow-up study of a national assessment survey of 16-year-olds, 756 Swedish upper secondary natural science students (groups N1, N2, N3), technology students (groups T1, T2, T3), economics/humanities students (group E3+H3) and social science students (group S3) answered five test items. These were designed to reveal their understanding of conservation of matter during chemical reactions and of theories and conventions underlying particulate representations of distribution of molecules in a gas being chilled and chemical changes in a reaction vessel. After studying science for three years groups N3 and T3 show better understanding than groups N1 and T1. However, a significant proportion of these students still had difficulties in identifying representations and interpreting the symbolic language used to describe chemical reactions. Although the majority of groups E3+H3 and S3 had studied natural science as non-main subjects, the understanding was less than that of groups N1 and T1. Students' written explanations were analysed to identify features of their partial understanding of conservation of matter, the kinetic particulate model of matter and of the conventions for chemical equation writing. These features in students' responses are discussed and a scheme for helping students and teachers analyse chemical changes is suggested. Examples of how the scheme could be used are shown.