

MATERIENS BYGGNAD

PROJEKT NORDLAB-SE
Inst för pedagogik och didaktik
Göteborgs Universitet
Box 300, SE-405 30 GÖTEBORG

Hemsida: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/>
Tel: +46-(0)31-7731000 (växel)
Fax: +46-(0)31-7732060
E-post: anita.wallin@ped.gu.se

Projektgrupp: Björn Andersson (projektledare), Frank Bach, Birgitta Frändberg, Ingrid Jansson, Christina Kärrqvist, Eva Nyberg, Anita Wallin, Ann Zetterqvist

Nordisk kontaktgrupp: Albert Chr. Paulsen (DK), Irmeli Palmberg (FI), Stefán Bergmann (IS), Anders Isnes (NO)

OM PROJEKTET NORDLAB

NORDLAB är ett projekt som går ut på att genom nordiskt samarbete ge framför allt lärare i naturvetenskapliga ämnen redskap att förbättra och förnya sin undervisning. Matematik och teknik kommer också in i bilden. Ämnesdidaktiska forskningsresultat och annat nytänkande är centralt för projektet, liksom ambitionen att verksamhet och produkter skall framstå som intressanta och användbara för den arbetande läraren i skolan.

Initiativtagare till projektet är Nordiska Ministerrådet genom 'Styringsgruppen for Nordisk Skolesamarbejde.' Ministerrådet är också finansiär av projektets samnordiska delar.

NORDLAB leds av en projektgrupp med följande medlemmar

Ole Goldbech och Albert Chr. Paulsen, (DK)
Veijo Meisalo (FI)
Baldur Gardarsson (IS)
Thorvald Astrup (NO)
Björn Andersson (SE)

Denna nordiska projektgrupp anser att en lämplig metod att nå fram till lärarutbildare och lärare med nya idéer, med den ämnesdidaktiska forskningens senaste rön och med reflekterande praktikers erfarenheter, är att skapa och utpröva ett material av workshop-karaktär, som kan användas på ett flexibelt sätt i lärarutbildning, lärarfortbildning, studiecirkel och för självstudier.

Inom ramen för NORDLAB svarar varje nordiskt land för ett delprojekt med följande innehåll:

- experimentellt arbete (DK)
- IT som redskap för kommunikation, mätning och modellering (FI)
- samhällets energiförsörjning (IS)
- elevers självvärdering som ett sätt att förbättra lärandet (NO)
- senare års forskning om elevers tänkande och möjligheter att förstå naturvetenskap, och vad denna forskning betyder för undervisningen (SE)

Det svenska delprojektet (NORDLAB-SE) finansieras av Utbildningsdepartementet och Skolverket

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

Detta arbete är belagt med copyright. Det får dock kopieras av enskilda personer för användning i hans eller hennes undervisning, t. ex. lärarutbildning eller fortbildning. Källan skall anges.

OM PROJEKTET NORDLAB-SE

Syfte

NORDLAB-SE behandlar, i form av ett antal enheter eller 'workshops', några aspekter av det spännande företag som kallas naturvetenskap. Ett genomgående drag i dessa workshops är att de tar upp senare års forskningsresultat angående elevers vardagsföreställningar om naturvetenskapliga företeelser. Syftet är att göra dessa resultat kända och presentera dem så att läsaren/workshopdeltagaren stimuleras att vidareutveckla skolans naturvetenskapliga undervisning.

Tonvikt på förståelse

Naturvetenskap går primärt ut på att förstå. Vi vill lyfta fram detta karaktärsdrag därför att vi tror att förståelse ger en inre tillfredsställelse och stimulerar till fortsatt lärande, oavsett om man är barn eller vuxen, novis eller expert.

Teman

Naturvetenskapens arbetssätt. Inom detta tema behandlas växelspelet mellan teori och observationer, liksom hur man väljer lämpliga system och att genomför kontrollerade experiment.

Naturvetenskapens innehåll. Elevernas möjligheter att förstå skolkursernas innehåll står i fokus för detta tema. Såväl biologi, som fysik och kemi behandlas.

Naturvetenskapen i samhället. I detta tema ingår frågor om natur och moral och hur elever uppfattar vissa miljöproblem ur både natur- och samhällsperspektiv. Vi tar också upp hur förståelse kan fördjupas genom att man sätter in sitt kunnande i olika sammanhang.

Användning

Framtagen materiel kan användas i många olika sammanhang:

- i grundutbildningen av lärare
- som del av, eller hel, fristående universitetskurs
- som underlag för en studiecirkel på en skola
- vid fortbildningsdagar
- för självstudier

Våra workshops skall ej uppfattas som lektionsförslag, men de innehåller åtskilligt som är användbart för den undervisande läraren i skolan, inte minst ett stort antal problem som stimulerar och utmanar eleverna, och som sätter fingret på väsentligheter i den naturvetenskapliga begreppsbildningen.

Framtagen materiel

Projektet har producerat 23 workshops. Samtliga kan laddas ner, var och en för sig, som pdf-filer från internet. Vidare har en hel del materiel som berikar och fördjupar olika workshops utvecklats:

- internetbaserade kunskapsdiagnoser
- animationer av astronomiska förlopp (Quicktime-filmer)
- internetbaserade interaktiva prov för lärande och självdiagnos

För vidare information, se: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html>

INNEHÅLL

ATOMHYPOTESEN OCH SYNDAFLODEN...	5
OM ATOMER I SKOLANS UNDERVISNING	7
Några synpunkter på uppgift 1	7
Vilken är skolans partikelmodell av materien?	8
ELEVUPPFATTNINGAR OM MATERIENS BYGGNAD	10
VAD BESTÅR AV ATOMER?	13
ETT UNDERVISNINGSFÖRSÖK	17
NOTER	19
REFERENSER	19
BILAGA 1. UTDRAG UR RICHARD FEYNMANS FÖRELÄSNING 'ATOMS IN MOTION'	21
BILAGA 2. FÖRSLAG TILL TESTUPPGIFTER ANGÅENDE MATERIENS BYGGNAD	23

MATERIENS BYGGNAD

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

ATOMHYPOTASEN OCH SYNDAFLODEN...

UPPGIFT 1

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

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

Hans svar är:

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

UPPGIFT 1 (forts)

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

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

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

OM ATOMER I SKOLANS UNDERVISNING

Några synpunkter på uppgift 1

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

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

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

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

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

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

Ett inslag i vår diskussion var att studera och kommentera hela den föreläsning av Richard Feynman, som inleds med det citat som finns i början av uppgift 1.² Vi var överens om att hans argumentering för betydelsen av atomhypotesen är övertygande och stimulerande, och tycker att vi varmt kan rekommendera denna föreläsning för studium. Ett kort utdrag finns i Appendix 1.

Som avslutning läste vi några rader ur en av Rolf Edbergs böcker:³

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

UPPGIFT 2

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

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

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

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

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

Vilken är skolans partikelmodell av materien?

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

En partikelmodell av materien

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

UPPGIFT 3

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

ELEVUPPFATTNINGAR OM MATERIENS BYGGNAD

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

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

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

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

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

A. Materien är kontinuerlig

I en svensk intervjuundersökning⁶ av 20 högstadiееlever, 13 - 16 år gamla, ställde intervjuaren frågor om fasta ämnen, vätskor och gaser, t. ex.

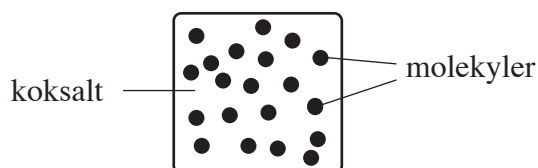
- Vad är X gjort av?
- Hur tror du X är uppbyggt?
- Tänk dig att vi har en apparat som kan förstora X hur mycket som helst. Vad skulle vi se då vi förstorar och förstorar? Rita!
- Vad händer om vi värmer upp X till 60 °C? Ännu mer?

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

I en fransk undersökning⁷ beskriver några 12 år gamla elever luft som 'en enda sak, en enda massa'.

B. Partiklar finns i kontinuerlig materia

I den nyss nämnda svenska undersökningen diskuterar intervjuaren med en elev om hur ett saltkorn är uppbyggt.⁸ Eleven ritar följande figur:



Figur 1. Elevmodell av ett saltkorn.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

de Vos och Verdonk sammanfattar:¹²

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

VAD BESTÅR AV ATOMER?

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

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

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

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

Resultatet framgår av tabellen på nästa sida.

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

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

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

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

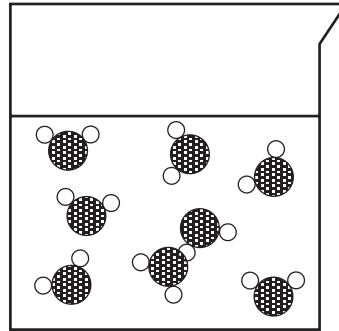
Det var lite drygt 50% av N- och T-eleverna som var helt säkra på vad som består av atomer och vad som inte gör det, dvs. hade alla rätt på uppgiften.

UPPGIFT 4

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

UPPGIFT 5

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



UPPGIFT 6

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

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

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

UPPGIFT 7

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

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

ETT UNDERVISNINGSFÖRSÖK

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

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

Innehållet i lektionerna var i korthet följande:

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

Den teori som introducerades och användes var följande:

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

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

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

NOTER

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

REFERENSER

- Andersson, B. (1987). *Vad är materia?* Opublicerat manuskript, EKNA-gruppen, Inst för pedagogik, Göteborgs universitet.
- Andersson, B., Emanuelsson, J. & Zetterqvist, A. (1993). *Nationell utvärdering åk 9. Vad kan eleverna om materia?* (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 5). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., & Bach, F. (1995). *Att utveckla naturvetenskaplig undervisning. Exemplet gaser och deras egenskaper.* (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 14). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Bach, F.(1993). *Gaser – ett undervisningsförsök.* (Examensarbete inom Påbyggnadsutbildning i pedagogik med didaktisk inriktning). Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik, Box 300, 405 30 Göteborg..
- Benson, D.L., Wittrock, M.C. & Baur, E.B. (1993). Students' Preconceptions of the Nature of Gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 587- 597.
- Edberg, R. (1974). *Ett hus i kosmos.* Esselte Studium.
- Feynman, R. P. (1998). *Six easy pieces.* Reading, Mass.: Perseus books.

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

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

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

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

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

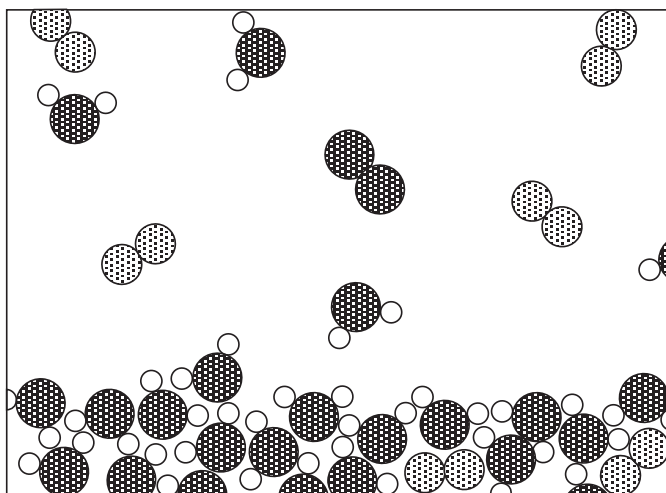
Séré, M.G. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8, 413-425.

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

BILAGA 1

UTDRAG UR RICHARD FEYNMANS FÖRELÄSNING 'ATOMER I RÖRELSE'

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



● syreatom ○ väteatom ● kväveatom

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

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

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

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

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

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

BILAGA 2

FÖRSLAG TILL TESTUPPGIFTER OM MATERIENS BYGGNAD

1. Vad består av atomer?

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

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

2. Minsta delen

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

Sven säger: Atomerna finns i järnstycket från början.

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

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

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

Ulla säger: Atomerna uppstår då man delar.

Vilken eller vilka elever har rätt? _____

Vilken eller vilka elever har fel? _____

Förklara ditt svar!

3. Rätt och fel om kopparatomen

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

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

4. Tre nivåer

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

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

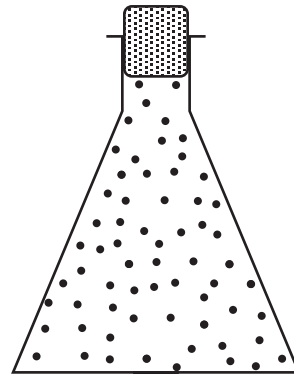
_____ består av _____, som i sin tur består av _____.

5. Luften i kolven

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

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

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



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

Sofia: Partiklarna är så lätta att de svävar i luften

Erik: Mellan partiklarna finns luft som håller dem uppe.

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

Anna: Partiklarna har en egen rörelse hela tiden.

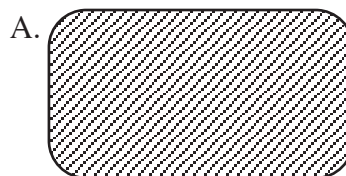
Pia: Luft består inte av partiklar. Luft är en enda sak, en enda massa, som fyller kolven. Sofias teckning är fel.

Hur förklarar du att partiklarna inte ramlar ner?

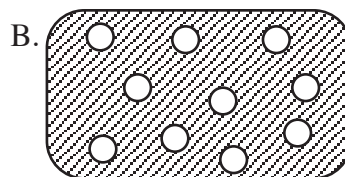
6. Heliumgasen

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

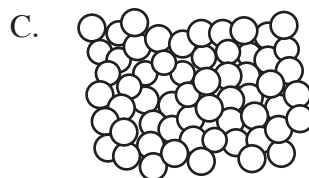
Olle: En gas är en enda sak, en enda massa. Därför finns det inga atomer i gasbehållaren.
(Olle ritade figur A.)



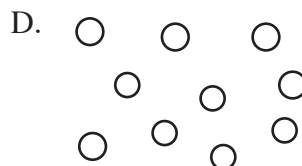
Lisa: Inuti gasbehållaren finns det heliumatomer med heliumgas emellan.
(Lisa ritade figur B.)



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



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



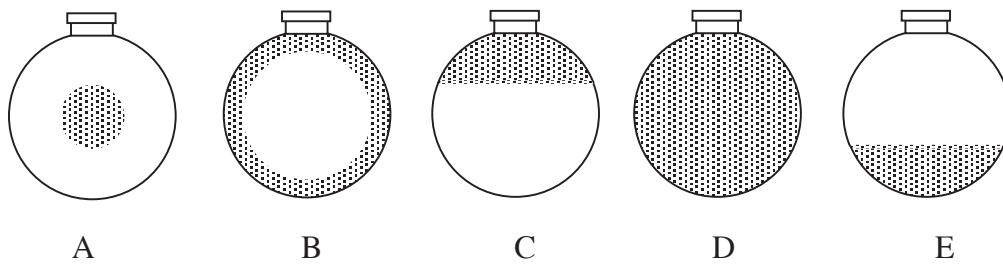
Ringa in namnet på den elev du anser har rätt. Förklara ditt svar!

7. Hur är gasen fördelad?

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

Gasen är kall

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



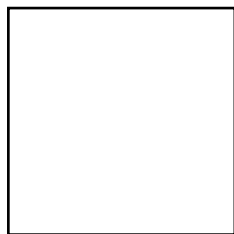
Observera att prickarna inte betecknar molekyler, utan bara områden där det finns sådana.

Jag väljer (ringa in rätt bokstav):

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

Förklara ditt svar!

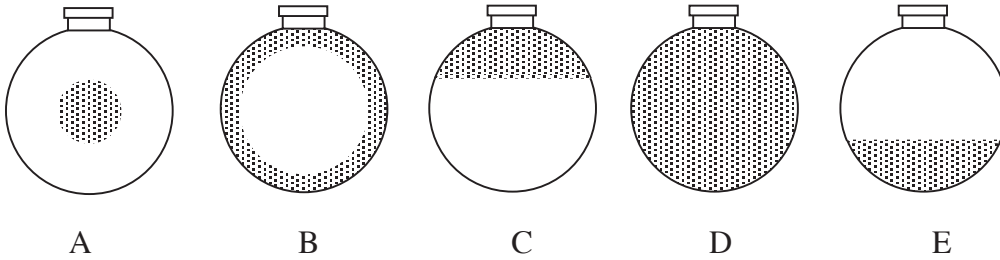
Tänk nu på ett mycket litet område i behållaren före uppvärmning, dvs. då gasen är kall ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) och rita en "stillbild" av molekylerna i detta lilla område. (Du skall naturligtvis välja ett område där det finns molekyler.)



Det lilla området, kraftigt uppförstorat.

Gasen är het

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



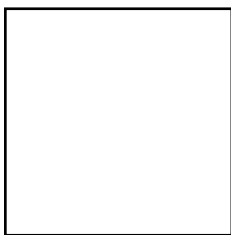
Observera att prickarna inte betecknar molekyler, utan bara områden där det finns sådana.

Jag väljer (ringa in rätt bokstav):

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

Förklara ditt svar!

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



Det lilla området, kraftigt uppförstorat.

Översikt av enheter i projektet NORDLAB-SE
(15 okt 2003)

Naturvetenskapens karaktär

- Elevers och naturvetares tänkande – likheter och skillnader
- System, variabel och kontrollexperiment – tre redskap för vetgirighet
- Grönskande är naturvetenskapliga teorier!

Naturvetenskapens innehåll

- Socker och syre till alla celler – en fråga om logistik
- Livets evolution
- Formativ utvärdering med fotosyntes som exempel
- Genetik

- Jorden som planet i rymden
- Varför har vi årstider?
- Månen, planetsystemet och universum
- Mekanik 1 – Newtons första och andra lag
- Mekanik 2 – Newtons tredje lag
- Temperatur och värme

- Materiens bevarande
- Materiens byggnad
- Materiens faser
- Blandning, lösning och vattnets kretslopp
- Ämnen
- Kemiska reaktioner

Naturvetenskapen i samhället

- Energiflödet genom naturen och samhället
- Växthuseffekten, tekniken och samhället
- Natur och moral – integration eller separation?
- Vad kan man göra med skolkunskaper? Om att sätta in i sammanhang

För korta sammanfattningar av olika enheter se

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

Alla enheter kan laddas ner från internet:

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