

NA-SPEKTRUM

STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I
SKOLAN

Nr 18

NATIONELL UTVÄRDERING 95 – ÅK 9
TEMPERATUR OCH VÄRME

Björn Andersson, Frank Bach, Ann Zetterqvist

Göteborgs universitet
Inst för ämnesdidaktik, Avd för naturvetenskap
Box 1010, S-431 26 MÖLNDAL
Telefon: 031-7732000, Fax: 031-7732060
<http://na-serv.did.gu.se>

Red: Björn Andersson ISSN 1102-5492



NATIONELL UTVÄRDERING 95- ÅK 9
TEMPERATUR OCH VÄRME

Björn Andersson, Frank Bach, Ann Zetterqvist

NA-SPEKTRUM

Nr 18

8. Eleverna har många situationsbundna alternativ till den dynamiska överföringsmodellen när det gäller att förklara fenomen som har med isolering och värmeöverföring att göra, t. ex.

- ämnen är till sin natur kalla eller varma
- ämnen har olika förmåga att hålla värme eller kyla
- ämnen tar upp (drar åt sig, attraherar) värme eller kyla i varierande grad

Vi anser att andelen acceptabla svar på använda uppgifter ej är tillfredsställande, vilket leder oss till en önskan att förbättra grundskolans undervisning om temperatur och värme. Därför framförs avslutningsvis en del idéer om hur detta skulle kunna ske, baserade på erhållna resultat och analyser.

HAR DU SYNPUNKTER PÅ VÅRA RAPPORTER?

Dessa kan du framföra via vår hemsida:

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

Klicka på 'DISKUSSIONSFORUM' så ger sig resten. Vi följer gjorda inlägg och deltar i diskussionen med intresse och efter bästa förmåga.

INNEHÅLL

	sid
FÖRORD	7
<i>BAKGRUND OCH REFERENSRAM</i>	
1 UPPDRAG, AVGRÄNSNINGAR OCH INRIKTNING	9
1.1 Fokus på begreppsförståelse	9
1.2 Övriga avgränsningar	10
1.3 Kvalitativ inriktning	11
1.4 Utvecklingsvaliditet	11
2 NÅGRA METODPROBLEM	12
2.1 Om tolkning av mål och generalisering av resultat	12
2.2 Om värdering av resultat	13
3 UNDERVISNING OM TEMPERATUR OCH VÄRME I GRUNDSKOLAN – VAD OCH VARFÖR?	14
3.1 Vad säger läroplaner och kursplaner?	14
3.2 Varför temperatur och värme i grundskolans undervisning?	14
4 ELEVERS BEGREPP OM TEMPERATUR OCH VÄRME	16
4.1 Några kommentarer ur naturvetenskaplig synpunkt	16
4.2 Elevers begrepp om föremåls temperatur	17
4.3 Elevers begrepp om värme och värmeöverföring	20
5 TEMPERATUR OCH VÄRME I SVENSKA HÖGSTADIEBÖCKER	22
6 TRÅDARNA SAMLAS	23
6.1 Begreppen temperatur, energi och värme i olika sammanhang	23
6.2 Mål och testuppgifter	24
<i>RESULTAT</i>	
7 TERMOMETERN OCH VANLIGA TEMPERATURER	27
1 Vad visar termometern?	27
2 Vanliga temperaturer	28
8 UTVIDGNING OCH SAMMANDRAGNING	30
3 Kvicksilvertermometern	30
9 SMÄLT- OCH KOKPUNKT	32
4 Smältande snöbollar	32
5 Kokande vatten	34
10 TERMISK JÄMVIKT	37
6 Mjölet, skeden och vantarna	37
7 Glykolen	45
8 Blandningen	48

11	FORTVARIGHETSTILLSTÅND	51
	9 Varför 37°C hela tiden?	51
	10 Elda för kråkorna	54
12	BETINGELSER FÖR VÄRMEÖVERFÖRING	56
	11 Cykelstyret	56
	12 Varm dryck i olika behållare	59
	13 Kopparstycket	62
MÖJLIGHETER		
13	ANALYS AV RESULTAT	65
	13.1 Termometern och vanliga temperaturer	65
	13.2 Utvidgning och sammandragning	66
	13.3 Smält- och kokpunkt	66
	13.4 Termisk jämvikt	68
	13.5 Fortvarighetstillstånd	73
	13.6 Betingelser för överföring av energi som värme	75
	13.7 Sammanfattning av elevers alternativa föreställningar om temperatur och värme	78
	13.8 Naturvetenskapliga begrepp bildar nätverk	78
14	VÄRDERING	81
15	NYA MÖJLIGHETER ATT UNDERVISA OM TEMPERATUR OCH VÄRME	83
	15.1 Växelverkande delsystem	83
	15.2 Modell för analys av termiska förlopp	86
	15.3 Några konkreta exempel	86
	NOTER	93
	REFERENSER	94

FÖRORD

Ärade läsare!

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

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

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

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

I den här rapporten redovisas och analyseras resultat från den nationella utvärdering som gjordes vt 1995. Det är fråga om hur elever i åk 9 svarat på tretton uppgifter om temperatur och värme. Rapporten är den andra från projektet UG 95 - NATURVETENSKAP, som är en del av Skolverkets nationella utvärderingsprogram. (UG betyder Utvärdering av Grundskolan.) I projektgruppen ingår Björn Andersson, Frank Bach och Ann Zetterqvist med den förstnämnde som projektledare.

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

Möln dal, mars 1997

Red

BAKGRUND OCH REFERENS RAM

1 UPPDRAG, AVGRÄNSNINGAR OCH INRIKTNING

Sent på våren 1994 startade projektet UG 95 – NATURVETENSKAP som en del av Skolverkets nationella utvärdering¹. Projektgruppen, som består av tre halvtidsanställda personer, har i uppdrag att belysa i vilken utsträckning svenska elever uppnår grundskolans mål avseende kunskaper och färdigheter i naturvetenskapliga ämnen. Vidare gäller som riktlinje att utvärderingen 1995 skall vara ett komplement till den som genomfördes 1992. Undersökningsgruppen utgörs av 3000 slumpmässigt utvalda elever i åk 9 (riksurval). Vi har fått disponera dessa elever under en lektion (40 minuter) vt 1995.

1.1 Fokus på begreppsförståelse

För att göra arbetet hanterbart inom den givna ramen har vi gjort ett antal avgränsningar. Den första är att *fokusera begreppsförståelse*, vilket är naturligt eftersom naturvetenskaplig undervisning i stor utsträckning går ut på att eleven skall bilda begrepp av olika slag, som kan användas för att bättre förstå omvärlden. Oavsett hur den naturvetenskapliga undervisningen organiseras är det enligt vår mening önskvärt att den leder till en varaktig begreppslig behållning. Om inte detta sker har eleverna inga naturvetenskapliga tankeverktyg med vilka nya situationer i framtiden kan förstås, t. ex. miljöproblem.

Det finns förvisso en hel del andra aspekter än begreppsbyggnad som är viktiga i den naturvetenskapliga undervisningen. En sådan är naturvetenskapens sätt att arbeta, t. ex. att pröva teorier med experiment. En annan är den historiska dimensionen, som kan hjälpa eleven till förståelse av att begrepp och teorier är mänskliga konstruktioner snarare än absolut sanna avbildningar av naturen. Växelspelet naturvetenskap-teknik-samhälle är ytterligare ett betydelsefullt inslag. Av dessa andra aspekter prioriterar vi experimentellt arbete. Just nu står emellertid begreppsaspekten i centrum för vårt arbete.

¹ UG 95 betyder Utvärdering av Grundskolan 1995. Övriga delprojekt i UG 95 gäller engelska, franska, matematik, samhällsorientering, SYO, svenska och tyska. En särskild grupp har ansvar för det slumpmässiga riksurvalet och uppläggnen av en databas för hela projektet.

Begreppsbildning har länge betonats i den internationella diskussionen om naturvetenskaplig bildning. Så här skrev t. ex. Karplus (1, se 'Noter') för 30 år sedan :

...de tidiga skolåren skall erbjuda ett tillräckligt omväxlande program som är fyllt av konkreta erfarenheter. Det svåra, och det som ofta förbises, är att de konkreta erfarenheterna måste presenteras i ett sammanhang som hjälper eleverna att bygga upp en begreppsstruktur. Då, och endast då, kommer det tidiga lärandet att utgöra en grund för assimilering av erfarenheter som kommer senare, erfarenheter som innefattar antingen direkt observation eller rapporter om observationer som är gjorda av andra. Med andra ord – för att kunna använda information som andra har erhållit, för att ha utbyte av att läsa böcker och andra källor, så måste individen ha en begreppsstruktur och ett medel att kommunicera, som gör det möjligt att tolka information som om han hade förskaffat sig den själv. Jag kommer att kalla denna funktionella förståelse av naturvetenskap för 'naturvetenskaplig bildning'.

Denna uppfattning, som även uttrycker intentionerna med den naturvetenskapliga undervisningen enligt såväl Lgr 80 och Lpo 94, understryker betydelsen av att eleven har så pass generella begrepp att de lätt kan mobiliseras och användas i nya situationer, t. ex. då man läser tidningen, ser på TV eller diskuterar med andra.

Det sagda kan sammanfattas med en metafor: Begreppen är individens redskap för att tillfredsställa sin vetgirighet.

1.2 Övriga avgränsningar

En annan avgränsning är att *lägga tonvikt på fysik*. Skälen till detta är riktlinjen att UG 95 skall vara av kompletterande karaktär och att vi i den nationella utvärderingen 1992 i huvudsak uppehöll oss vid kemi och biologi.

Vi har valt att *utvärdera ett begränsat antal områden*, som vi bedömt som viktiga. Det föreföll oss bättre att få en relativt allsidig kännedom om elevernas begrepp och eventuella svårigheter att förstå inom några delar av kursen än en mer uttunnad kunskap som spänner över ett större fält. Genom att slumpmässigt dela in de 3000 eleverna i riksurvalet i fyra undergrupper har vi kunnat undersöka fyra områden med drygt tio uppgifter vardera. De fyra valda områdena är 'optik inklusive viss astronomi', 'temperatur och värme', 'energi – grundbegrepp' samt 'energi i natur och samhälle'. Områdena berör centrala delar av grundskolans fysik och är av vikt även för kemi och biologi.

Vi har valt att *enbart använda papper-och pennauppgifter*. Den mycket korta förberedelse tiden har ej medgett utarbetande av experimentella inslag på nationell nivå.

1.3 Kvalitativ inriktning

När det gäller bearbetning av elevsvar kan man välja en kvantitativ eller kvalitativ inriktning eller en kombination av båda. En kvantitativ ansats innebär att svar poängsätts. Om poängsummor relateras till varandra kan man få reda på att en elev, klass, skola eller nation kan och vet mer eller mindre än andra elever, klasser, skolor och nationer i relation till ett givet test. Detta kan ha sitt intresse att känna till. Poängtal kan också användas vid mer avancerade statistiska analyser, t. ex. av vilka bakgrundsfaktorer som har betydelse för ett bra resultat.

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

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

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

Den senare beskrivningen är mer informativ för läraren, i synnerhet när innebörden ytterligare konkretiserats med exempel på elevsvar. Med andra ord kan man säga att en kvalitativ ansats fokuserar hur eleverna tänker och vad detta betyder, en kvantitativ hur mycket de kan och om svaren är rätt eller fel.

Vi beslöt att liksom vid utvärderingen 1992 ha en kvalitativ inriktning på vårt arbete. I huvudsak har detta inneburit att vi i en pilotstudie provat öppna uppgifter, dvs. sådana som eleverna själva skriver svar till. Svaren har vi försökt att kategorisera. Då vi fått fram få och tydliga kategorier för en uppgift har vi ibland gjort om den till en flervalfråga med de funna kategorierna som alternativ. Merparten av våra slutliga uppgifter är av typ öppet svar, som kategoriseras av oss. En konsekvens av vår kvalitativa inriktning är att vi betraktar svarsbilden på varje enskild uppgift som en viktig möjlighet att skapa kunskande. Ofta ger ett noggrant studium av svaren intressanta inblickar i elevernas sätt att tänka och därmed också uppslag till förbättringar av undervisningen i smått och stort.

Ovanstående innebär inte ett avståndstagande från kvantitativa metoder i allmänhet och poängsättning i synnerhet. Vår analys av elevsvar är visserligen i stor utsträckning kvalitativ, men enkla kvantitativa metoder används också.

1.4 Utvecklingsvaliditet

Vi har ambitionen att genomföra utvärderingen på ett sådant sätt att den undervisande läraren får stimulans i sitt tänkande och handlande. Om vi lyckas i detta uppsåt bidrar vi till att grundskolans naturvetenskapliga undervisning utvecklas på ett positivt sätt. Med andra ord kan man då säga att vårt arbete har en god utvecklingsvaliditet. Uttryck för denna strävan är att vi kopplar våra testuppgifter till den internationella forskningen om elevtänkande, att vi använder kvalitativa analysmetoder och att vi diskuterar elevsvaren ur undervisningssynpunkt.

2 NÅGRA METODPROBLEM

2.1 Om tolkning av mål och generalisering av resultat

Den som utvärderar måste göra tolkningar och preciseringar av läro- och kursplaner, dvs. subjektiva bedömningar. Det finns därför skäl att fråga sig i vilken utsträckning vi utvärderar den undervisning och det lärande som faktiskt har ägt rum i landets olika skolor. Vi har beaktat detta problem på tre sätt:

- Råd har inhämtats från en mindre referensgrupp av erfarna högstadielärare.
- Några lärarutbildare har bedömt våra förslag till uppgifter.
- Befintliga läromedel har studerats.

På så sätt får vi en viss förankring i undervisningspraxis. Men i strikt mening är det vår egen tolkning av de nationellt angivna målen som utvärderas. Vi hoppas att den lärare-läsare som har annorlunda mål än vi likväl ser denna rapport som ett bidrag till kunskapsbildningen på området. Exempelvis har man möjlighet att jämföra sina egna mål och utvärderingen av dessa med våra analyser och resultat, vilket kan leda till nya insikter och uppslag.

Ett annat tolkningsproblem hänger ihop med att läroplanen har både överordnade och ämnesspecifika mål, vilka tillsammans utgör en helhet. Skall de överordnade målen påverka testsituation och testinnehåll? Ta som exempel det självklara målet att skolkunskaperna skall kunna användas i olika framtida sammanhang, såsom att sätta sig in i en samhällsfråga och ta ställning. En testsituation i linje med detta kan vara att läsa en tidningsartikel, förstå vad den handlar om och resonera sig fram till en självständig ståndpunkt, på egen hand eller i en grupp. Artikeln antas kräva ett naturvetenskapligt kunnande för att bli begriplig. Andra situationer kan vara att se ett TV-program, ta del av en utredning i lämpligt tillrättalagd form etc. Vår bedömning av dessa möjligheter när det gäller den naturvetenskapliga undervisningen är att varken vi själva eller undervisningssystemet är mogna för test liknande dessa, trots att de måste anses vara önskvärda. De flesta lärare bedriver ämnesundervisning vars syfte förvisso är att ge eleverna kunskaper som de kan använda i olika situationer i framtiden, men där prov av den typ vi diskuterat ovan är ovanliga. Vi valde därför att studera begreppsförståelse med ett antal kortare uppgifter av olika slag, och med motiveringar som angetts i avsnitt 1.1.

Oavsett hur man gör finns generaliseringsproblem när det gäller att dra slutsatser av vunna resultat. Om eleven t. ex. visar sig ha energibegrepp som gör att han begriper ett givet TV-program, kan vi då säga att han också förstår olika tidningsartiklar om energi? Om eleven visar god förståelse för energi genom att svara insiktsfullt på ett antal testfrågor, kan vi då säga att han också begriper tidningsartiklar och TV-program i ämnet? Det finns inga teorier om tänkande som hjälper oss att besvara dessa frågor. Sannolikt är det dock så, att ju bättre resultatet är på en typ av test, desto bättre är det också på ett annat.

Ännu ett problem har att göra med steget från preciserade mål till testuppgifter. Även här kommer ett tolkningsmoment in i bilden, vars omfattning beror av precisionsgraden. Vi har valt en målskrivning som ger ett ganska stort tolkningsutrymme. Alternativet att precisera målen så mycket att testuppgifterna nästan blir självklara leder till omfattande och rigorösa måldokument, som lämnar ringa utrymme för intuition och fantasi.

Också i detta sammanhang finns ett generaliseringsproblem av liknade art som det nyss nämnda. Om eleverna svarar bra på några uppgifter om energi, kan vi då säga att deras kunskaper inom området generellt sett är bra? Om vi noterar en viss form av vardagstänkande i svaret på en uppgift, kan vi då säga att det finns också i andra sammanhang? Vi försöker hantera detta problem på två sätt. Dels koncentrerar vi oss på ett fåtal områden och belyser dessa med relativt många uppgifter i stället för att försöka utvärdera hela kursen. Det senare alternativet innebär betydligt färre uppgifter inom ett visst område. Dels relaterar vi vunna resultat till den internationella forskningen om elevers begrepp och tänkande angående naturvetenskapliga fenomen. Båda dessa åtgärder kan öka tillförlitligheten av generella slutsatser angående vad elever kan och vilka svårigheter de har att förstå inom det studerade området.

2.2 Om värdering av resultat

Som framgår av namnet på vår verksamhet avser den att värdera grundskolans naturvetenskapliga undervisning. Naturligtvis skall detta ske i form av en bred och allsidig diskussion. Projektgruppens primära roll i sammanhanget är att skapa förutsättningar för andra att värdera. Vår linje är därför att så tydligt som möjligt redovisa de olika stegen i arbetet – från utgångspunkter till slutsatser – så att det är möjligt för läsaren att hela vägen göra kritiska bedömningar.

I detta sammanhang vill vi fästa uppmärksamheten på några komplikationer. En sådan är det faktum att den nationella utvärderingen inte är ett kontrollerat experiment. I princip kan man därför inte dra slutsatsen att goda resultat beror på undervisningen. Det finns ju ingen kontrollgrupp som inte undervisats. Däremot kan mindre goda resultat alltid motivera förbättringar. Vi anser att detta problem beror av ämne. Ett gott resultat i engelska kan åtminstone delvis förklaras med att eleverna hör engelska talas på film och i TV, lyssnar på och sjunger poplåtar, pratar engelska med jämnåriga etc. För fysik, kemi och delvis biologi är situationen en annan. Våra ungdomar möter i ringa utsträckning naturvetenskapligt kunnande i sitt dagliga liv. Det är ingen tillfällighet att propositionen 'Växa med kunskap' för några år sedan framhöll behovet av en naturvetenskaplig alfabetisering som omfattar hela folket. Mot denna bakgrund bedöms sannolikheten vara hög för att bra resultat beror på de naturvetenskapliga lärarnas insatser.

En annan komplikation är vad man skall mena med bra och dåligt resultat. Man kan fundera över detta från två helt olika utgångspunkter. Den ena är uppsatta mål, som man naturligtvis hoppas att de flesta elever uppnår. Den andra utgångspunkten är antagandet att eleverna innan undervisningen bara har vardagskunnande, dvs. inget naturvetenskapligt kunnande alls. Inom denna ram är t. ex. resultatet att 30% av eleverna svarar rätt på en uppgift ett tecken på en betydande framgång. I stället för några få är det cirka 30 000 elever i en årskull som har ett naturvetenskapligt kunnande.

Vi överlämnar – i linje med vår uppfattning att vi skall skapa förutsättningar för andra att värdera – till läsaren att välja en av dessa utgångspunkter eller att artikulera en egen!

3 UNDERVISNING OM TEMPERATUR OCH VÄRME I GRUNDSKOLAN - VAD OCH VARFÖR?

3.1 Vad säger läroplaner och kursplaner?

I Lgr 80 nämns inte temperatur någonstans. Värme nämns en gång (s. 117):

Fysikaliska företeelser av betydelse för människan och naturen, t. ex. krafter, värme, energiomvandlingar, radioaktivitet.

Kursplaner för grundskolan 94 är tydligare. Ett mål att sträva mot i fysik är (s. 12) att eleven fördjupar sina kunskaper om värme och värmeöverföring.

Ett mål som eleverna skall ha uppnått i slutet av nionde skolåret är att (s. 13) ha kunskaper om att värme kan lagras i och överföras mellan olika objekt.

Angående fysikämnets uppbyggnad och karaktär framhålls (s. 12):

Den klassiska fysiken kan delas in i två av varandra oberoende huvudområden, nämligen mekanik med akustik och värmelära samt elektromagnetism, inklusive optik.

3.2 Varför temperatur och värme i grundskolans undervisning?

Temperaturangivelser är vanliga i det dagliga livet. Med intresse avläser vi utemotemperaturen och jämför med tidigare noteringar och vad väderleksrapporten har att säga om olika platser i Sverige och annorstädes. Inomhustemperatur är ett alltid lika aktuellt ämne - en del fryser om den går under 20 °C, andra tycker att 18 °C går bra. I köket rör man sig med ganska stora temperaturskillnader - från frysens -18 °C till ugnens 250 °C.

Kroppens temperatur observeras noga då man är sjuk. Det är fråga om angivelser på en tiondels grad när.

I miljödebatten diskuterar man atmosfärens medeltemperatur. En fråga är om den ökar till följd av att mängden växthusgaser ökar i atmosfären.

Sammanfattningsvis kan vi säga att temperaturangivelser är vanligt förekommande och att de lämnar viktiga upplysningar om vår omvärld. Därför hör begreppet temperatur hemma i en naturvetenskaplig undervisning för liv och samhälle.

Om en temperaturskillnad råder mellan två system kan energi som värme överföras, vilket leder till att temperaturerna tenderar att utjämnas. Det finns många exempel på detta. Kroppen (37 °C) avger energi i form av värme till omgivningen (t. ex. 20 °C). Ibland går överföringen så fort att vi fryser. Vi försöker då dämpa takten genom att ta på oss lämpliga kläder, t. ex. en ylletroja. I bostaden vill vi ha 20 °C. Men eftersom omgivningen ofta har lägre temperatur måste man hela tiden kompensera värmeöverföring till denna genom att förbränna olja, kol och ved eller genom att använda elektrisk energi. Vi kommer aldrig ifrån att 'elda för kråkorna' - lika mycket energi som tillförs bostaden lämnar den om

temperaturen inne hålls konstant. Men vi kan göra livet mindre varmt för fåglarna och mer ekonomiskt för oss själva genom att minska på takten i energiflödet genom bostaden. Det är fråga om isolerande material i väggar, tak, golv och fönster, att bygga parhus, radhus och flerfamiljshus i stället för friliggande villor, att plantera trädrådor som dämpar vinden mm.

Energiöverföring mellan system av olika temperatur kan ske genom ledning, strömning och strålning. I detta sammanhang är luft en dålig värmeledare, vilket utnyttjas vid isolering. Strömning uppstår i vätskor och gaser genom att ämnen ändrar sin densitet om deras temperatur ändras. Exempelvis får en luftmängd som värms lägre densitet än sin omgivning och rör sig uppåt. Detta är en viktig delmekanism vid uppkomsten av vindar, t. ex. passadvindar och land- och sjöbris. Exempel på strålning är den från jorden ut i universum.

Sammanfattningsvis kan man säga att temperaturskillnader och härav följande energiöverföringar är vanligt förekommande i omvärlden. Människan kan utnyttja detta positivt, men ställs också inför problem att bemästra, t. ex. stränga vintrar. Det är därför rimligt att eleverna bygger upp vissa grundbegrepp så att de kan strukturera och bedöma situationer som innefattar energiöverföring på grund av temperaturskillnader.

4 ELEVERS BEGREPP OM TEMPERATUR OCH VÄRME

4.1 Några kommentarer ur naturvetenskaplig synpunkt

Temperatur kan definieras som det man mäter med termometer (operationell definition)¹.

Den som mäter märker efterhand att alla materiella system har en temperatur luften i rummet, snön ute, marmeladen i kylskåpet, sockret i påsen, saften i flaskan, den egna kroppen osv. Man kan också observera att föremåls temperatur både kan gå upp och ned.

Temperatur är en s.k. intensiv storhet, dvs. den beror inte av mängden materia i det system man mäter på. En vinterdag kan en stor hög med snö upplevas som kallare än en liten, men temperaturen är densamma för båda. En klunk choklad ur termoserna värmer mindre än en rejäl mugg, men temperaturen på drycken är densamma i båda fallen. Om 1 l vatten, 20 °C, blandas med 1 l vatten, 20 °C, blir temperaturen fortfarande 20 °C, ej 40 °C. Men inre energin, som är en extensiv storhet, är dubbelt så stor för 2 l vatten, 20 °C, jämfört med 1 l av samma temperatur.

Värme är enligt fysikens definition energi som överförs på grund av en temperaturskillnad. I en svensk lärobok för universitet och högskolor görs följande klarläggande (2):

Då vi här introducerat begreppet värme eller värmemängd, betecknar detta en energimängd, som överförs till eller från ett system. I vardagligt språk används fortfarande ordet värme för en energi, som existerar i materien i ett system, även om detta exempelvis befinner sig i jämvikt. Man säger att ett system "innehåller värme". För att renodla begreppen avstår vi i denna framställning från sådant språkbruk. Den energi som finns i materien i ett system – summan av alla partiklars kinetiska och potentiella energi – kallar vi systemets inre energi. Ordet värmemängd kommer att förbehållas en energimängd, som överförs till eller från ett system i en given process.

I en engelskspråkig universitetsbok finner vi (3):

The temperature of a body may be increased by placing it in contact with a second body at a higher temperature, or by doing mechanical work on it. For example, the air in a bicycle pump becomes hotter when the piston is pushed down, although it could be raised in temperature by placing it in a furnace. If one were given a sample of hot air, it would be impossible to tell by any tests whether it had been heated by compression or by heat flow from a hotter body. It therefore makes no sense to speak of 'heat in a body' or of the 'work in a body'.

¹ I en operationell definition anges innebörden av ett ord genom att man beskriver handlingar som utförs på konkreta objekt, t. ex. 'vertikal är den riktning som ett fritt hängande lodsnöre har då det är i vila'.

I en formell definition anges innebörden av ett ord med hjälp av andra begrepp, t. ex. 'medelfart är sträcka dividerad med den tid det tar att förflytta sig sträckan i fråga'.

Heat and work are two methods of adding energy to or subtracting energy from a system. They represent energy in transit and are the terms used when energy is moving. Once the transfer of energy is over, the body is said to have undergone a change in internal energy. It is impossible to separate or divide the internal energy into a mechanical and a thermal part.

Vår erfarenhet är att nyss angivna definition av värme är relativt okänd i naturvetenskapliga lärarkretsar. Därför anger vi den som en bakgrund till utvärderingen. Detta betyder dock inte att vi menar att definitionen nödvändigtvis bör ingå i grundskolans undervisning. Vår ståndpunkt är att läraren skall känna till den och ha den som en referensram för sina didaktiska beslut.

Vi noterar också att det tidigare nämnda fysikmålet om värme (avsnitt 3.1), som eleverna skall ha uppnått i slutet av det nionde skolåret enligt 1994 års kursplan, har formulerats i vardagliga och inte vetenskapliga termer:

Eleven skall ha kunskap om att värme kan lagras (vår understrykning) i och överförs mellan olika objekt.

Så några ord om temperaturutjämning. Energiöverföring mellan två system av olika temperatur sker så att temperaturerna tenderar att bli lika. Temperaturen sjunker ofta hos det system som avger värme, och stiger hos det som mottar. Om ett system tar emot lika mycket värme som det avger ändras inte dess temperatur (om inte arbete är inblandat).

Det finns situationer då ett system som mottar eller avger energi inte ändrar sin temperatur. Exempel är vatten som smälter eller kokar. Den tillförda energin gör att molekylernas lägesenergi ökar – de blir mindre hårt bundna till varandra. För ämnen som man tillskriver smältpunkt gäller att denna har ett för ämnet karakteristiskt värde, som inte beror av mängden ämne, hur länge och på vilket sätt man tillför värme och i vilken takt detta sker. Detsamma gäller kokpunkten, men denna är påtagligt beroende av den omgivande luftens tryck.

4.2 Elevers begrepp om föremåls temperatur

Som framgått av förra avsnittet hänger begreppen temperatur, värme och energi nära samman. Likväl kan man notera att en del undersökningar fokuserar elevers begrepp om temperatur. Dessa diskuteras i detta avsnitt.

Temperatur och energiöverföring

Individen får i mycket tidig ålder erfarenhet av att föremål känns kalla eller varma. Till att börja med är dessa erfarenheter situationsbundna och åtskilda, t. ex. spisplattan är het och kylskåpets inre kallt. Efterhand utvecklas en mer generell kunskap om att föremål kan vara kalla, ljumma, varma, mycket varma, heta osv, vilket är en början på ett temperaturbegrepp. Men ytterligare erfarenheter behövs, vilket en fransk undersökning i åldersintervallet 10-14 år pekar på (4). Man fann bl. a. att bara en tredjedel av eleverna tänkte sig att temperaturen på sand, socker och vatten skulle stiga om värme tillfördes. Det var vanligt att eleverna hävdade att sand inte går att värma upp, men väl vatten. Läraren kan alltså inte ta för givet att eleverna före undervisningen har insikten att om värme tillförs ett ämne, så ökar dess temperatur.

Temperatur och storlek

En annan insikt som inte alla elever har är att ett förmåls storlek ej är ett mått på dess temperatur. I en engelsk undersökning (5) visades elever en liten och en stor isbit i var sin glasbägare. De fick så frågan: 'Vad kan man säga om temperaturen på isbitarna?' I åldern 8-9 år svarade hälften att temperaturen var lika under det att andra halvan av gruppen menade att eftersom bitarna var olika stora, så hade de olika temperatur. Antingen kopplades en mindre bit till en lägre temperatur eller också en större bit till mer kyla och därmed lägre temperatur. I åldern 13-14 år svarade de flesta rätt på uppgiften.

Termisk jämvikt

Ej heller är det självklart att föremål i en omgivning med konstant temperatur (t. ex. ett rum) har samma temperatur som denna. Åtskilliga elever menar t. ex. (6) att en tallrik av metall respektive plast i ett vanligt rum har olika temperatur. Om man låter mjöl, spik och vatten stå i en ugn, 60 °C, i flera timmar tänker sig en del elever att mjölet får lägre temperatur än 60 °C därför att det inte värms upp så lätt. Det gör däremot spiken, som anses vara mer än 60 °C. Vattnet intar en mellanställning och hamnar enligt eleverna på samma temperatur som ugnen.

När det gäller vissa föremål av rumstemperatur leder känselsinnet oss på fel väg. Kanske går det till så här: När vi tar i föremål känns de släta, skrovliga, glatta, hårda. Vi *tillskriver* därför *föremålen* dessa egenskaper. När vi så vidrör t. ex. ett metallföremål ligger ett analogislut nära till hands. Föremålet känns kallt. Därför *är* det kallt (och har följaktligen lägre temperatur än ett annat föremål i rummet, som varken känns kallt eller varmt). Naturvetenskaplig förståelse kräver att den sinnliga erfarenheten av kyla sätts in i ett nytt begreppslikt sammanhang. När fingrarna (35 °C) möter metallen (20 °C) överförs värme från fingrar till metall i rask takt beroende på att metall är en god värmeledare. Energiförlusten i fingrarna upplevs som att föremålet är kallt.

Smält- och kokpunkt

Undersökningar visar att majoriteten av elever i 10-13-årsåldern före undervisning inte känner till att temperaturen är konstant när is smälter och vatten kokar. Kokning förknippas med att stora bubblor bildas, inte med en viss bestämd temperatur (7).

Elever (10-13 år) som får tillfälle att observera en termometer i vatten som värms upp kan bli förvånade över att termometervätskan stiger och stiger, i synnerhet om mängden är så liten att det går fort. Då stigningen upphört på grund av kokning förklarar eleverna detta med att vattnet inte kan bli varmare (8). Vår egen erfarenhet av lite äldre elever är att de framför allt blir förvånade över att termometern plötsligt stannar på + 100 °C

I skolan brukar man framhålla faktorer som påverkar smält- och kokpunkt, nämligen ämne och lufttryck. Däremot brukar man inte diskutera och demonstrera att smält- och kokpunkt är oberoende av ämnesmängd, hur länge och på vilket sätt man värmer, och i vilken takt energitillförseln sker. För fysikläraren kan det framstå som poänglöst att ägna tid åt variabler som inte påverkar ett förlopp. Men olika undersökningsresultat motiverar att också sådana tas upp. Exempelvis anser åtskilliga svenska högstadiel elever i åk 9 att temperaturen på vatten som kokar 'på 3:an' går upp om man höjer till '6:an' (9).

Blandning av vatten

I en engelsk undersökning (10) efterfrågades bl. a. den temperatur man får om två lika stora vattenmängder, 10 °C respektive 70 °C, blandas. Följande kategorier av svar erhöles:

- A. Mitt emellan (uträknat till 40 °C eller uppskattat någonstans i intervallet 30 °C-50°)
- B. Addition (70 °C+ 10 °C= 80 °C)
- C. Subtraktion (70 °C- 10 °C= 60 °C)
- D. Det heta vattnet tar överhanden (70 °C)
- E. Det kalla vattnet tar överhanden (10°C)

Av elevsvaren tillhör 60% kategorin addition i 8-9 års ålder, men andelen sjunker till drygt 10% i 13-14 års ålder. Andelen svar i kategorin subtraktion ökar med åldern och är drygt 50% vid 13-14 år, att jämföra med 'mitt emellan', som utgör 20%. I övriga kategorier finns få elever.

Om man frågar om blandningstemperaturen för två lika mängder av *samma* temperatur, så är additionssvar vanliga i yngre åldrar för att sjunka till drygt 10% i 13-14 års ålder. Det är vanligare att elever adderar två höga temperaturer (70 °C+ 70 °C) än två låga (10 °C+ 10 °C).

Också när det gäller att göra kvalitativa uppskattningar förekommer svar som är analoga till addition av temperaturer. En uppgift handlade om två lika stora mängder hett vatten. Frågan var hur vattnet kommer att kännas om man håller ihop mängderna - kallt, varmt, hett, mycket hett. Cirka 80 % av eleverna i 8-9, och 20% i 13-14 års ålder svarade mycket hett. Kvalitativa problem av denna typ tenderar att vara något enklare för eleverna än kvantitativa.

Additivt tänkande i det ena eller andra sammanhanget är så pass vanligt att det är motiverat att behandla det i undervisningen. Det kan ses som ett tecken på att eleverna inte förstätt innebörden i att temperatur är en intensiv storhet, men också andra faktorer kan bidra till svarstypen, t. ex. enkla regler av typ 'två tal i ett problem skall man göra något matematiskt med'. Eftersom man håller ihop två mängder vatten framstår addition som en frestande möjlighet.

Med tanke på erhållna svars-kategorier framstår blandning av vatten som ett intressant område när det gäller att diskutera relationen mellan en matematisk modell (addition, subtraktion, mitt emellan) och den fysiska verkligheten.

4.3 Elevers begrepp om värme och värmeöverföring

Värmets natur

Värme är i fysiken en abstrakt kvantitet, men behandlas i vardagstänkandet som en substans. Det finns t. ex. många objektmetaforer i språket. Då någon låter ytterdören stå öppen för länge säger vi: 'Släpp inte ut värmen!' (Ungefär som: 'Släpp inte ut katten!') Vi talar om att drycken i termosflaskan innehåller mycket värme, att vi förlorar värme etc.

Kyla är inget vetenskapligt begrepp. I vardagsammanhang är kyla motsatsen till värme.

En förklaring till förekomsten av dessa uttryck är att de lever kvar som språkliga fossiler från den gamla caloric-teorins tid (slutet av 1700-talet). Enligt denna teori var värme ett viktlost fluidum, som kunde passera in och ut genom föremål och även lagras. En annan förklaring är att hänvisa till en grundläggande tendens hos tänkandet att göra abstrakta företeelser mer begripliga genom att metaforiskt behandla dem som objekt.

På frågan vad värme är svarar elever i högstadietiden ganska ofta (11) med ett varmt objekt eller en varm substans.

-Värme är varm luft.

-Värme är en värmande vätska...

Ett annat exempel kommer från en kanadensisk elev, 12 år gammal, som försöker förklara varför en kopparstav som värms i ena ändan blir varm också i den andra (12): 'Värmen byggs upp i en del tills den inte kan rymma mer och då rör den sig längs staven.' Värmen så att säga rinner över.

Värmeledning

När en fysiker använder begreppen isolator och ledare tänker hon dynamiskt. Hon identifierar växelverkande system av olika temperatur, t. ex. den kalla luften i en kylväska och den varma utanför. Eftersom de båda systemen har olika temperatur överförs värme från det med högre till det med lägre temperatur. Materialet i kylväskan har egenskapen att fördröja överföringen - det är en isolator.

Elever, särskilt före undervisning (13), tenderar att tänka mera statiskt. Då de skall förklara t. ex. varför ett uppvärmt föremål förblir varmt relativt länge om det omges av ett visst material, så säger de bl. a. att materialet håller värmen bra. Materialet uppfattas som en slags konservburk för värme. De kan också säga att materialet är varmt eller att materialet är varmt och därför värmer föremålet. Fokus är här på egenskaper hos materialet (statiskt tänkande), inte på de växelverkande system av olika temperatur mellan vilka värme passerar (dynamiskt tänkande).

Det är inte svårt att se vardagsspråket som källan till dessa idéer - man sveper in sig i den varma filten, islandströjan värmer gott etc. Sinneserfarenheten bekräftar språket. Visst blir man varm om man tar på sig sin islandströja! Det kan vara på sin plats att i undervisningen klargöra skillnaden mellan vardagligt och vetenskapligt språkbruk:

Vardagsspråk: Jag fryser. Brr! Vad kallt det är. Jag får nog lov att ta på min varma islandströja.

Fysikspråk: Jag fryser. Brr! Det är alltför stor temperaturskillnad mellan mig och den omgivande luften. Energiöverföringen från mig till luften går för fort. Den måste bromsas. På med islandströjan som är en god isolator!

Vardagstänkandet kan leda till felaktiga slutsatser. Elever väljer t. ex. ibland ett metallkärl för att bevara en isbit så länge som möjligt (14). Metallen uppfattas som kall. Därför hjälper den till att hålla kylan på isen. Det går inte lika bra med filt, som är varm.

5 TEMPERATUR OCH VÄRME I SVENSKA HÖGSTADIE- BÖCKER

Eftersom innehållet i högstadiets läromedel är en av de faktorer som påverkar vilka testuppgifter vi väljer att använda i den nationella utvärderingen tar vi tillfället i akt att i detta sammanhang ge två exempel på vad som kan ingå om energi.

Exempel 1. TEFY (15)

Avsnittet 'värmelära' inleds med längdutvidgning vid uppvärmning av fasta ämnen och volymsutvidgning vid uppvärmning av vätskor. Detta lägger en grund för genomgång av vätsketermometern och olika temperaturskalor (Kelvin, Celsius och Fahrenheit). Vattnets utvidgning ägnas särskild uppmärksamhet, bl. a. frostsprängning och temperaturförhållanden i en sjö sommar och vinter.

Härefter följer behandling av värmets ledning, strömning och strålning. Goda och dåliga värmeledare exemplifieras. Strömning illustreras med hur luften rör sig i ett rum med värmelementet på. Strålning diskuteras i anslutning till hur solen värmer jorden och hur ett grillelement värmer köttet. Mörka och ljusa ytors strålningsegenskaper behandlas.

Nästa avsnitt tar upp 'värmeenergi'. Eleven får lära sig att för att höja temperaturen hos 1 kg vatten 1 °C åtgår värmeenergin 4,2 kJ. Om temperaturen sjunker 1 °C bortgår denna energimängd. Också smält- och ångbildningsvärme införs. Kokpunktens tryckberoende visas, och avdunstning och kondensation behandlas ur energisynpunkt.

Viss tillämpning av begreppen temperatur och värme sker i ett följande avsnitt om meteorologi, bl. a. uppkomst av stackmoln.

Exempel 2. Fysik- Försök och Fakta (16)

Innehållet är i stort sett detsamma som i TEFY. En skillnad är att vissa modeller på atom- och molekylnivå används i Fysik - Försök och Fakta men inte i TEFY. Värme definieras som 'rörelseenergi hos atomer och molekyler' och utvidgning förklaras med att atomer och molekyler 'skakar' kraftigare och därvid tar större plats. Man konkluderar att '...föremålet får alltså större volym. Föremålets massa är naturligtvis densamma.'

6 TRÅDARNA SAMLAS

6.1 Begreppen temperatur, energi och värme i olika sammanhang

Av föregående avsnitt har framgått att en klyfta råder mellan vardaglig och vetenskaplig begreppsvärld när det gäller temperatur och värme. De stringenta vetenskapliga begreppen kräver kunskaper i fysik och matematik som bara finns i NV-programmets kurser. Men alla elever behöver funktionella begrepp för liv och samhälle som är bättre än vardagsföreställningarna. Hur skall dessa se ut? Vi föreslår i tabell 6.1 hur vardagens begrepp om temperatur och värme kan vidareutvecklas, dels i grundskola och gymnasium med tanke på liv och samhälle, dels på gymnasiets NV-program med tanke på fortsatt naturvetenskaplig verksamhet.

Tabell 6.1. Aspekter av begrepp om temperatur och värme i vardagen, för liv och samhälle samt fortsatt naturvetenskaplig verksamhet.

VAR DAG	LIV OCH SAMHÄLLE	FORTSATT NATURVETENSKAPLIG VERKSAMHET
temperaturen på vissa föremål stiger ej vid uppvärmning	föremåls temperatur kan gå upp vid tillförsel och ned vid avgivande av energi	föremåls temperatur kan gå upp vid tillförsel och ned vid avgivande av energi
föremål i ett rum med jämn temperatur kan ha olika temperatur, t. ex. en tallrik av metall respektive plast	alla föremål i en omgivning med konstant temperatur får efterhand denna temperatur	alla föremål i en omgivning med konstant temperatur får efterhand denna temperatur (termisk jämvikt)
smält- och koktemperatur beror av mängden ämne och takten i energitillförseln	smält- och kokpunkt är karaktäristiska ämnesegenskaper, som ej beror av mängd och tillförd effekt; kokpunkt beror av lufttrycket	smält- och kokpunkt är karaktäristiska ämnesegenskaper vid ett givet lufttryck
temperatur behandlas ibland som en extensiv storhet (t. ex. används volym som ett mått på temperatur)	temperatur beror ej av massa och volym	temperatur som exempel på en intensiv storhet
värme uppfattas som något i det närmaste materiellt, t. ex. något vätskeliknande som kan passera genom ämnen; gränsen mellan värme och luft är diffus	värme uppfattat som ett viktlost fluidum kanske kan accepteras, men en gräns måste dras mellan värme och materia	värme är energi överförd på grund av en temperaturdifferens
begreppen temperatur och värme tenderar att vara odifferentierade	viss differentiering av begreppen temperatur, energi och värme	begreppen temperatur, värme och inre energi differentieras och koordineras

Tabell 6.1 (forts). Aspekter av begrepp om temperatur och värme i vardags-tänkandet, för liv och samhälle samt fortsatt naturvetenskaplig verksamhet.

VARDAG	LIV OCH SAMHÄLLE	FORTSATT NATURVE-TENSKAPLIG VERK-SAMHET
<p>värme och kyla är varandras motsatser</p> <p>försök att bevara temperaturen på ett system förklaras 'statiskt', dvs med hänvisning till egenskaper hos omgivningen (t. ex. varm filt)</p>	<p>kyla finns inte som fysikaliskt begrepp</p> <p>försök att bevara temperaturen på ett system förklaras 'dynamiskt' dvs genom att identifiera växelverkande system av olika temperatur och klargöra hur ett givet medium påverkar värmeöverföringen</p>	<p>kyla finns inte som fysikaliskt begrepp</p> <p>försök att bevara temperaturen på ett system förklaras 'dynamiskt' dvs genom att identifiera växelverkande system av olika temperatur och klargöra hur ett givet medium påverkar värmeöverföringen</p>

6.2 Mål och testuppgifter

Eftersom alla områden av fysiken är ett nätverk av begrepp är det svårt att ange mål i punktform. Varje mål är inte något separat, utan innehåller egentligen lite av de flesta andra mål också. Med detta i minnet följer här ett förslag.

1. Eleven skall kunna avläsa termometrar och känna till vanliga temperaturer.
2. Eleven skall veta att temperaturhöjning respektive sänkning ofta leder till att föremåls volym ökar respektive minskar.
3. Eleven skall förstå att många ämnen har karaktäristiska smält- respektive kokpunkter, som ej beror av ämnesmängd, tillförd energi per tidsenhet och hur länge man värmer, men som beror av lufttryck.
4. Eleven skall förstå att energi som värme överförs från ett system med högre till ett med lägre temperatur på ett sådant sätt att temperaturutjämning sker.
5. Eleven skall veta att om lika mycket energi tillförs och avgår från ett system, så är dess temperatur konstant (innebördens i fortvarighetstillstånd).
6. Eleven skall känna till betingelser som påverkar takten i överföringen av energi som värme mellan system (t. ex. egenskaper hos mellanliggande medium) och att överföringen kan ske genom ledning, strömning och strålning.

På basis av dessa mål har vi konstruerat cirka trettio testuppgifter som vi prövat på cirka 100 elever per uppgift. Efter analys av svaren har vi mönstrat ut uppgifter som varit för svåra, mindre väl genomtänkta av oss eller behäftade med andra brister. Slutligen valde vi ut tretton uppgifter med vilka vi undersöker i vilken utsträckning ovan angivna mål är uppnådda. Vi framhåller än en gång att målen är

våra tolkningar av läroplanen och att uppgifterna i sin tur är uttryck för vår uppfattning om vad dessa mål innebär.

Nedan följer en sammanställning av hur de olika uppgifterna fördelar sig på de sex målen. Fördelningen är 'på ett ungefär' eftersom många uppgifter berör fler än ett mål.

MÅL	UPPGIFT
Mål 1. Termometrar och vanliga temperaturer	1. Vad visar termometern? 2. Vanliga temperaturer
Mål 2. Utvidgning och sammandragning	3. Kvicksilvertermometern
Mål 3. Smält- och kokpunkt	4. Smältande snöbollar 5. Kokande vatten
Mål 4. Termisk jämvikt	6:1 Mjöl, stålsked och vantar i rum, +20 °C 6:2 Mjöl, stålsked och vantar i ugn, +60 °C 7. Glykolen 8. Blandningen
Mål 5. Stationärt tillstånd	9. Varför 37 °C hela tiden? 10. Elda för kråkorna
Mål 6. Betingelser för överföring av energi som värme	11. Cykelstyret 12. Varm dryck i behållare 13. Kopparstycket

RESULTAT

I denna del redovisas de uppgifter vi gett och hur eleverna svarat. I nästa del (MÖJLIGHETER) analyseras resultaten. Redovisning och analys löper i stort sett parallellt, varför läsaren kan välja att studera ett resultatkapitel i taget och därefter ta del av den analys som hör till kapitlet ifråga. Så här hänger resultatkapitel och analysavsnitt ihop:

Resultatredovisning	7	8	9	10	11	12
Analys	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6

I resultatdelen anges, uppgift för uppgift, de kriterier vi anser skall gälla för acceptabelt svar. Dessa kriterier återkommer i samlad form i kapitel 14 -'VÄRDERING'.

7 TERMOMETERN OCH VANLIGA TEMPERATURER

Uppgift 1. Vad visar termometern?

Själva uppgiften presenteras på nästa sida. Erhållna resultat framgår av tabell 7.1 nedan.

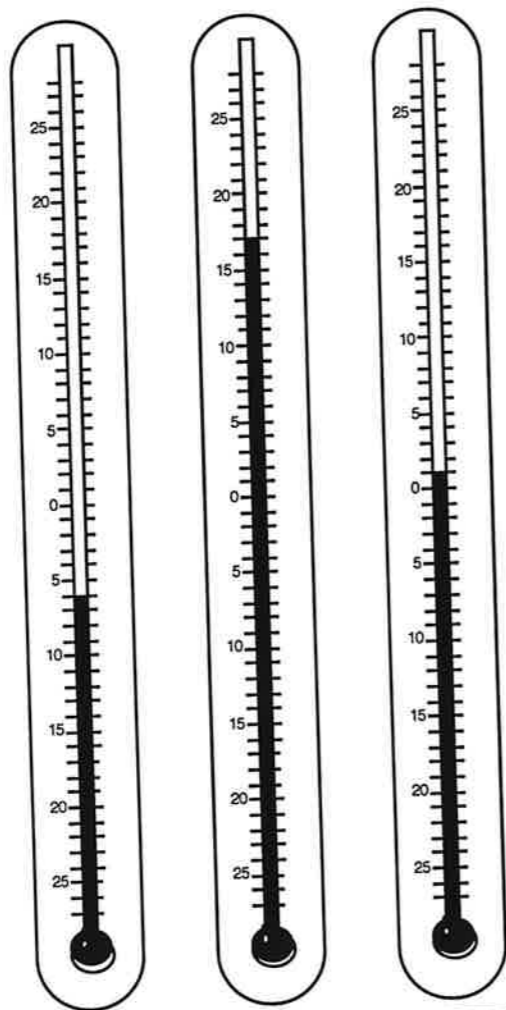
Tabell 7.1. Vad visar termometern? Procentuell fördelning på olika alternativ (n=675).

Termometer A		Termometer B		Termometer C	
alt (°C)	andel (%)	alt (°C)	andel (%)	alt (°C)	andel (%)
-6	26	+17	27	+1	24
-6 °C	68	+17 °C	69	+1 °C	63
övrigt	5	övrigt	4	0 °C	11
				övrigt	2

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: -6 och +17 och +1, med eller utan enhet.

Uppgift 1. Vad visar termometern?

Avläs de tre termometrarna A, B och C och skriv upp den avlästa temperaturen för varje termometer.



Uppgift 2. Vanliga temperaturer

Ange följande temperaturer i °C (grader Celcius):

vanlig rumstemperatur _____
 normal kroppstemperatur på en människa _____
 temperaturen på smältande is _____
 temperaturen på kokande vatten _____
 den lägsta temperatur som kan uppnås _____

Tabell 7.2. Vilken är temperaturen? Procentuell fördelning på olika alternativ. (n=675)

Rumstemperatur		Kroppstemperatur		Kokpunkt för vatten	
alt (°C)	andel (%)	alt (°C)	andel (%)	alt (°C)	andel (%)
ej besvarat	4	ej besvarat	3	ej besvarat	3
0 – 14	1	1 – 35	5	-100 – +99	7
15 – 17	1	36,0 – 36,9	9	100	89
18 – 25	89	37,0 – 37,1	77	101 – 250	2
26 – 27	6	37,2 – 37,9	4		
		38 – 39	1		
		40 – 50	1		

Tabell 7.2 (forts). Vilken är temperaturen? Procentuell fördelning på olika alternativ (n=675).

Smältpunkt för vatten		Absoluta nollpunkten	
alt (°C)	andel (%)	alt (°C)	andel (%)
ej besvarat	8	ej besvarat	20
-100 – -11	2	-300000 – -300	14
-10 – -1	2	-299 – -274	4
0	53	-273	9
+1	22	-272 – -200	12
2 – 5	6	-199 – 0	24
6 – 100	5	1 – 272	7
övrigt	2	273	3
		274 – 100000	8

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Rumstemperatur i intervallet 18 – 25 °C, kroppstemperatur i intervallet 36,0 – 37,9 °C, kokpunkt för vatten 100 °C samt smältpunkt för is 0 °C.

8 UTVIDGNING OCH SAMMANDRAGNING

Uppgift 3. Kvicksilvertermometern

Stina hittar en gammal kvicksilvertermometer. Den visar +20 °C. När hon spolar kallt vatten på den ser det ut som om det blir mindre kvicksilver i termometern. Vad tror du händer med kvicksilvret?

Vi har konstruerat följande kategorier (n=675).

A Ej besvarat/ej motiverat (17%)

B Diverse förklaringar (15%)

Det blir mindre /massan blir mindre

–Termometern blir ju kallare, mätaren går neråt då blir det mindre kvicksilver.
–Massan blir mindre.

Det försvinner, läcker ut mm

–Det försvinner.
–Jag tror att kvicksilvret rinner ut.

Det avdunstar

–Avdunstar skulle jag tro.

Det blir gas

–Det blir gasformigt och syns inte.

Det smälter

–Det smälter och då ser det ut som om det blir mindre.

Det stelnar/fryser

–Det övergår till fast form.

Densiteten minskar

–Densiteten minskar i och med nedkylningen.

C Kvicksilvret sjunker/rinner ner (18%)

–Kvicksilvret sjunker ner i behållaren.
–Det rinner ner i den där lilla kulan som sitter längst ner på termometern.

D Kvicksilvret krymper, drar ihop sig m. m. (+ ev. p. g. a. kylan) (27%)

–Det krymper och sjunker ner till den lilla bollen i botten av termometern.
–Det drar ihop sig när det blir kallt.
–Samlar ihop sig p. g. a. kylan.

E Volymen minskar/'densiteten' ökar (+ ev. p. g. a. kylan) (6%)

–Det får mindre volym.
–Volymen minskar på kvicksilver när det kommer i kontakt med kallare föremål.
–Densiteten ökar.
–Jag tycker det blir tätare.

F Kvicksilver utvidgar sig i värme och drar ihop sig vid kyla (3%)

–När det blir varmare utvidgas kvicksilvret och tvärtom.
–Det drar ihop sig när det är kallt och utvidgar sig när det är varmt.

G Atomerna/molekyler i förklaringen (5%)

Atomerna pressas samman/krymper

–Atomerna pressas ihop och vätskan tar mindre plats.
–Volymen minskar vid kyla, molekylerna krymper ihop.

Atomerna lägger sig tätare/det blir mindre avstånd mellan dem

–Det stelnar och atomerna lägger sig tätare.
–Avståndet mellan molekylerna minskar.

Atomerna blir mindre rörliga

–När kvicksilvret kyls ner blir molekylerna mindre rörliga och de kräver en mindre volym.
–Det blir givetvis kallare och sjunker undan. Atomerna är inte lika rörliga längre och lägger sig då till ro.

Annat

–Kvicksilvrets elektroner rör sig inte nu mera när det är kallt.

H Övrigt (10%)

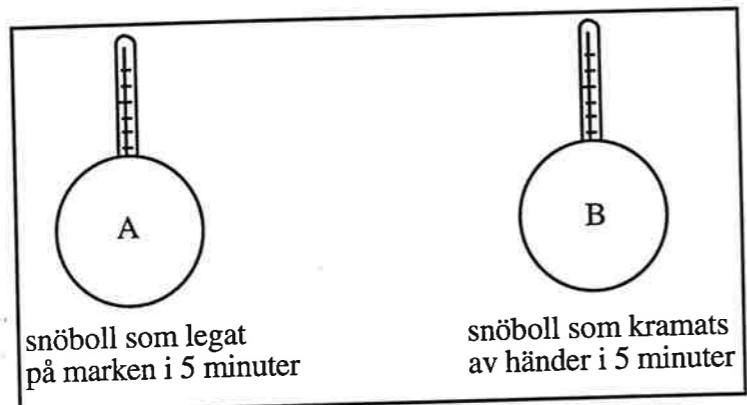
–Kvicksilvret blir genomskinligt då det blir kallt.

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori D, E, F eller G utom 'annat'.

Vi tycker det är positivt att eleverna försöker använda atomer/molekyler i sina förklaringar, även om det de skriver inte är helt riktigt.

9 SMÄLT- OCH KOKPUNKT

Uppgift 4. Smältande snöbollar



En dag är det tö. Det är kramsnö. Snön är våt. Stina, Sven och Pia gör ett experiment med två snöbollar (A och B). De sticker in en termometer i varje boll. Efter ett tag visar termometrarna samma temperatur. De kramar snöboll B med sina varma händer under 5 minuter genom att låta den gå runt mellan sig. Boll A får ligga på marken under tiden. Vad observerar de då de avläser termometrarna efter fem minuter? Sätt kryss.

Temperaturen i boll B är högre än i boll A

Temperaturen är lika i de båda bollarna

Temperaturen i boll B är lägre än i boll A

Förklara hur du tänkte!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=675):

I EJ BESVARAT (1%)

II TEMPERATUREN ÄR LÄGRE I DEN KRAMADE SNÖBOLLEN (19%)

A Ej motiverat (2%)

B Den kramade bollen blir isigare (3%)

–Boll B blir kallare för att den blir is.

C Den kramade bollen blir mer packad (9%)

–Boll B är mer packad och tät därför kallare.

–Boll Bs snö är ihopkramad så det tar längre tid att smälta den. Alltså är den kallare.

–I boll B packas snön hårdare, det finns då mindre luft kvar som kan isolera värmen.

D Övrigt (bl. a. tecken på missuppfattning av 'högre/lägre temperatur') (5%)

–Boll A håller samma temperatur medan boll B blir varmare.

III TEMPERATUREN ÄR HÖGRE I DEN KRAMADE SNÖBOLLEN (48%)

A Ej motiverat (6%)

B Händerna gör att temperaturen höjs/bollen blir varmare (38%)

–Det blir ju varmare i händerna än i snön.

–Deras händer kramar ytan och vattnet leder värmen till termometern.

–Den kramade bollen är mera kompakt och smält. Vattnet leder lättare över kylan till händerna och därför känns den kallare, men den osmälta bollen som isolerats med luft är kallare.

–Eftersom händerna är 37 °C och snö smälter vid 0 °C borde boll A vara kallare.

C Övrigt (4%)

–Boll A blir till is

IV TEMPERATUREN ÄR LIKA I SNÖBOLLARNA (33%)

A Ej motiverat (7%)

B Snö har alltid samma temperatur (1%)

–Om inte boll B har smält så är temperaturen lika eftersom snö alltid har samma temperatur.

C Temperaturen inne i bollen samma (10%)

–Det borde vara samma temperatur inuti bollarna fast det kanske är olika utanpå.

–Inne i snöbollen är temperaturen fortfarande densamma. Värmen kommer inte in i snöbollen.

D Händerna inverkar ej på temperaturen/på hur varmt det är (8%)

–Snön är lika kall för det.

–Temperaturen ändras inte genom att man kramar snöbollen.

–En hand kan ej göra snön varmare. Inte så att det ger utslag i alla fall.

–Boll B hinner inte bli varm på 5 minuter om man har händerna runt den, –Bollarna bör vara lika kalla för att det är samma temperatur ute för de båda bollarna.

–Snöboll B blir inte varmare. Den smälter nog bara.

E Det är fortfarande snö (2%)

–Därför att det är ju fortfarande snö kvar.

–Snö som snö.

F Annars hade den smält (4%)

- Eftersom snön aldrig smälte så är den hela tiden samma temperatur inuti.
- Isen är lika kall om den inte har smält helt.

G Snö smälter vid 0 °C (två svar)

- Snö smälter vid 0 °C.

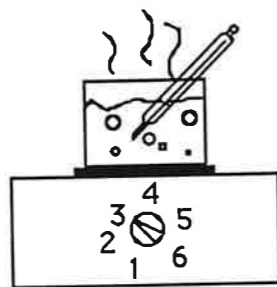
H Energin går åt till att bryta bindningar (ett svar)

- Snöboll B är mindre pga att man kramat den så att lite av snön smält, men värmeenergin man har i händerna går åt till att bryta iskristallbindningarna.

I Övrigt (3%)

- Alla har kramats lika länge.
- Snö leder ej värme.

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori IV C, D, E, F, G el. H

Uppgift 5. Kokande vatten

En kastrull med vatten står på en kokplatta, som sätts på trean. Efter en stund börjar vattnet koka. Termometern visar då + 100 °C. Plattan sätts då på sexan, den högsta värmen. Vad händer med temperaturen efter det att plattan satts på sexan? Kryssa för det rätta!

- Temperaturen börjar sjunka under + 100 °C.
- Temperaturen håller sig kvar på + 100 °C.
- Temperaturen börjar stiga över + 100 °C.
- Förklara hur du tänkte!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=675)

I EJ BESVARAT (1%)**II TEMPERATUREN BÖRJAR SJUNKA UNDER +100 °C (3%)****A Ej motiverat (1%)****B Diverse motiveringar (2%)**

- Det börjar ånga. Då sjunker temperaturen.
- Plattan är inte ordentligt uppvärmd så temperaturen sjunker.

III TEMPERATUREN BÖRJAR STIGA ÖVER +100 °C (34%)**A Ej motiverat (7%)****B Det blir varmare (4%)**

- Det blir varmare och varmare
- Den blir varmare och varmare tills säkringen går.

C Varmare platta ger varmare vatten/högre temperatur (19%)

- Desto mer värme från plattan desto varmare blir vattnet.
- Det är ju varmast på 6an, då är det varmare än på 3an.
- Den får mer ström och klarar av att få en högre temperatur.

D Övrigt (4%)

- Vattnet kokar mer och försvinner fortare.
- Till slut blir det så mycket värme att vattnet blir till vattenånga.
- Eftersom vattnet avdunstar vid 100 gr C visar termometern temperaturen på den varma ångan.
- Vattenkokpunkt är 100 °C men det kan ändå bli hetare än 100 grader.
- Värmen blir högre men ej temperaturen.

IV TEMPERATUREN HÅLLER SIG KVAR PÅ +100 °C (62%)**A Ej motiverat (11%)****B Fokus på plattan (den blir ej varmare) (3%)**

- Det blir inte varmare på sexan det blir bara varmt fortare.
- Plattan kan inte bli varmare.

C Vatten kan ej bli varmare (än 100 °C) (15%)

- 100 gr är maxpunkten.
- Det kan ju inte bli varmare.

D Blir vattnet varmare avdunstar det (9%)

- Blir vatten varmare avdunstar det.
- När vatten går över 100 gr ångar det bort.

E Vattnets kokpunkt är +100 °C/vatten kokar vid 100 °C (högre kan det inte bli) (20%)

- Kokande vatten har temperaturen +100 gr C.
- Det är alltid 100 gr när det kokar.
- Den kan inte bli högre än kokpunkten.
- Kokpunkten är den högsta värmepunkten.

F Energi används till avdunstningen (2 svar)

- Temperaturen höjs inte, utan värmen används i stället för att få vattnet att avdunsta

G Övrigt (4%)

- Temperaturen håller sig kvar ett tag men stiger sedan.
- Temperaturen håller sig kvar för det finns inte mer än +100 °C på en termometer.

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori IV C, D, E eller F

10 TERMISK JÄMVIKT

Uppgift 6. Mjölet, stålskeden och vantarna

I ett rum är det hela tiden +20 °C. I rummet finns en påse mjöl, en sked av rostfritt stål och ett par yllevantar. Vad tror Du gäller för deras temperaturer?

Sätt kryss!

A. Mjölets temperatur är:

- | | | | |
|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| Mycket högre än +20 °C | <input type="checkbox"/> | Litet lägre än +20 °C | <input type="checkbox"/> |
| Litet högre än +20 °C | <input type="checkbox"/> | Mycket lägre än +20 °C | <input type="checkbox"/> |
| Lika med +20 °C | <input type="checkbox"/> | | |

Förklara hur Du tänkte!

B. Stålskedens temperatur är:

- | | | | |
|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| Mycket högre än +20 °C | <input type="checkbox"/> | Litet lägre än +20 °C | <input type="checkbox"/> |
| Litet högre än +20 °C | <input type="checkbox"/> | Mycket lägre än +20 °C | <input type="checkbox"/> |
| Lika med +20 °C | <input type="checkbox"/> | | |

Förklara hur Du tänkte!

C. Yllevantarnas temperatur är:

- | | | | |
|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| Mycket högre än +20 °C | <input type="checkbox"/> | Litet lägre än +20 °C | <input type="checkbox"/> |
| Litet högre än +20 °C | <input type="checkbox"/> | Mycket lägre än +20 °C | <input type="checkbox"/> |
| Lika med +20 °C | <input type="checkbox"/> | | |

Förklara hur Du tänkte!

En översikt av elevernas kryssvar ges i tabell 10.1 på nästa sida.

Tabell 10.1 Vilken är temperaturen på mjöl, en stålsked och ett par yllevantar som ligger i ett varmt rum? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=675).

temperatur	mjöl	stålsked	yllevantar
högre än 20 °C	17	15	40
lika med 20 °C	45	26	48
lägre än 20 °C	37	57	11

Uppgift 6A. Mjölets temperatur i ett rum (+20 °C)

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=675):

I EJ BESVARAT (1%)

II HÖGRE ÄN 20 °C (17%)

A Ej motiverat (5%)

B Egenskaper hos påsen förklarar temperaturen (3%)

–Jag tänkte som så att mjölet i en påse är varmare än luften omkring eftersom påsen isolerar.

C Egenskaper hos mjölet förklarar temperaturen (8%)

Svaren innehåller vanligen en, men ibland flera, av följande aspekter:

Mjölet

- är/känns varmt
- värmer
- tar åt sig/håller värme
- är tätt/packat
- isolerar
- är luftigt/innehåller luft (som isolerar)

D Övrigt (2%)

–Mjöl har låg antändningstemperatur

III LÄGRE ÄN 20 °C (37%)

A Ej motiverat (11%)

B Egenskaper hos påsen förklarar temperaturen (6%)

–Den har påsen som skydd mot värme.

–Mjölet ligger i en påse, så den varma luften kan inte ventilera mjölet.

C Egenskaper hos mjölet förklarar temperaturen (16%)

Svaren innehåller vanligen en, men ibland flera, av följande aspekter:

Mjölet

- är/känns kallt/svalt
- påverkas ej (så lätt)
- tar/drar ej åt sig värme
- leder värme dåligt
- värms ej
- är luftigt/innehåller luft (som svalkar)
- är kompakt/tätt/isolerar

D Övrigt (3%)

–Mjöl förvaras oftast i ett skåp som är lite lägre än 20 °C.

IV LIKA MED 20 °C (45%)

A Ej motiverat (18%)

B Mjölet/mjölets temperatur ändras ej (3%)

–Mjölet kan inte ändras.

–Mjölet ändrar inte temperatur om man inte tillsätter vatten.

C Mjöl värms ej/tar ej åt sig värme/leder ej värme (3%)

–Det går inte att värma mjöl.

–Mjöl leder ej värme och leder ej bort värme.

D Mjölet har/får rums- (luft-)temperatur (15%)

–Mjöl får samma temperatur som rummet.

–Det har väl samma temperatur som luften.

–Jag tror att mjölet håller samma temperatur som omgivningen. Om temperaturen sänks kommer alltså mjölet att bli kallare.

E Mjölet värms/tar upp värme (från rummet/luften) (3%)

–De värms av luften till dess temperatur.

–Det påverkas av den värme som finns och håller den temperaturen. Det kan ju inte vara varken varmare eller kallare.

F Temperaturen/värmen utjämnas (3 svar)

–Alla material försöker jämna ut sig med omliggande temperaturer.

–Eftersom naturen strävar efter utjämning är temperaturen lika på mjölet som i luften.

–Värmen jämnar ut sig.

G Övrigt (4%)

–Det skall förvaras torrt...

Uppgift 6B. Stålskedens temperatur i ett rum (+20 °C)

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=675):

I EJ BESVARAT (2%)

II HÖGRE ÄN +20 °C (16%)

A Ej motiverat (5%)

B Egenskaper hos skeden/stålet förklarar temperaturen (10%)

Svaren innehåller vanligen en, men ibland flera, av följande aspekter:

Skeden/stålet

- är varm(t)
- tar åt sig/håller värme
- leder bra

C Övrigt (2%)

–Metaller brukar endera vara varma eller kallare.

III LÄGRE ÄN 20 °C (57%)

A Ej motiverat (14%)

B Egenskaper hos skeden/stålet förklarar temperaturen (41%)

Svaren innehåller vanligen en, men ibland flera, av följande aspekter:

Skeden/stålet

- är/känns kall(t)
- påverkas ej (så lätt)
- tar/drar ej åt sig värme
- värms ej lätt
- är kompakt/tätt
- isolerar
- leder ej värme
- drar åt sig kyla/kall luft
- leder kyla
- behåller ej värmen
- leder värme

C Övrigt (2%)

–Den blir nog kanske lite varmare än de andra sakerna, för stål drar åt sig värme

IV LIKA MED 20 °C (26%)

A Ej motiverat (13%)

B Skedens/stålets temperatur ändras ej (1%)

–Rostfritt stål håller samma temperatur hela tiden.
–Stålets temperatur kan ju inte ändras.

C Skeden/stålet värms ej/tar ej åt sig värme (1%)

–Den tar åt sig fukt men inte värme så den håller samma temperatur som rummet har.

–Tar inte emot värme så mycket.

D Skeden/stålet värms/tar upp värme (från rummet/luften) (2%)

–För att stålet i skeden tar upp värmen.

–Skeden tar åt sig värmen från luften och blir då lika dan.

E Stål leder värme bra (2%)

–Bra värmeledare.

–Leder värme bra. Borde vara samma som rumstemperaturen.

–Metall leder temperatur mycket bra.

F Skeden/stålet har/får rums- (luft-)temperatur (6%)

–Metallen blir lika varm som rumstempen.

–Det anpassar sig efter rumstemperaturen.

–Om rummet är 20 °C då är allt i det också 20 °C.

G Skeden känns kall men har rumstemperatur (1%)

–Den känns kallare men bör vara som rumstemperaturen.

– En stålsked känns också kall, men det är ju i jämförelse med kroppens temperatur. En stålsked leder ju bra värme och borde ha samma temperatur som rummet, men dock det tvekar jag lite. Det kanske ändå är lägre.

–Stål känns bara kallare.

H Temperaturen/värmen utjämnas (1 svar)

–Även här har naturen den regeln att den strävar efter utjämning därför är temperaturerna lika.

I Övrigt (1%)

–Tar du i skeden så känns inget.

Uppgift 6C. Yllevantarnas temperatur i ett rum (+20 °C)

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=675):

I EJ BESVARAT (2%)

II HÖGRE ÄN +20 °C (40%)

A Ej motiverat (11%)

B Egenskaper hos vantarna/yillet förklarar temperaturen (29%)

Svaren innehåller vanligen en, men ibland flera, av följande aspekter:

Vantarna/yillet

- är varmla -t
- tar åt sig värme/håller värme/värms lätt
- isolerar
- är luftiga -t/innehåller luft (som värms/isolerar)

C Övrigt (2%)

–Yllevantarna är ju fodrade.

III LÄGRE ÄN 20 °C (11%)**A Ej motiverat (4%)****B Egenskaper hos vantarna/yillet förklarar temperaturen (7%)**

Svaren innehåller vanligen en, men ibland flera, av följande aspekter:

Vantarna/yillet

- påverkas ej (så lätt)
- tar/strar ej åt sig värme
- leder värme dåligt
- värms ej
- strukturen (luftig, porös) gör att värmen inte stannar

C Övrigt (3%)

–De ligger ju ihoppressade

IV LIKA MED 20 °C (48%)**A Ej motiverat (24%)****B Vantar har neutral temperatur/kan ej bli varmare (1%)**

–Yllevantar brukar vara i neutral temperatur

C Vantarna/yillet har ingen egen värme/värms ej/tar ej åt sig värme/leder ej värme (3%)

–Yllevantarna kan inte alstra värme.

–Dom påverkas inte av värme.

–Ylle drar heller inte åt sig värme.

–Vantar leder ingen värme alls så de har samma temperatur som rummet.

D Vantarna/yillet värms upp och/eller håller värmen (2%)

–De värms upp.

–Ylle håller värmen.

–Ylle tar åt sig (och behåller) värme bra.

E Luften i vantarna förklarar temperaturen (5%)

–Ylle är det luft emellan som är +20 °C.

–De har samma temperatur som rummet eftersom de innehåller så mycket luft.

–Det är lufthål i hela vantarna därför tränger luft in.

–Yllevanten innehåller väl små håligheter av luft som behåller värmen.

F Vantarna/yillet har/får rums- (luft-)temperatur (10%)

–Lika som rummet där dom ligger.

–Eftersom det är 20 °C i rummet så är också vantarna lika varma.

–Ylle påverkas av rummets/luftens temperatur

G Det är händerna/kroppen som gör att vantar blir varma (1%)

–Yllevantarna är bara varma när de kommer i kontakt med kroppsvärme.

H Övrigt (3%)

–Samma som minustemperaturen.

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori IV för såväl mjölet som stålskeden och vantarna. (Kriteriet beaktar med andra ord bara elevernas kryssvar.)

Uppgift 6D. Temperaturen på mjöl, stålsked och yllevantar i en ugn (60 °C)

Mjölet, skeden av rostfritt stål och yllevantarna sätts nu in i en ugn där det är +60 °C hela tiden. Vad tror Du gäller för temperaturerna efter tre timmar?

Sätt kryss!

Mjölets temperatur

Stålskedens temperatur

Yllevantarnas temperatur

har inte ändrats

har inte ändrats

har inte ändrats

har gått upp men är lägre än +60 °C

har gått upp men är lägre än +60 °C

har gått upp men är lägre än +60 °C

är lika med +60 °C

är lika med +60 °C

är lika med +60 °C

är högre än +60 °C

är högre än +60 °C

är högre än +60 °C

Tabell 10.2 Temperaturen på mjöl, stålsked och vantar i en ugn, där det är +60 °C hela tiden. Procentuell fördelning på olika alternativ. (n=675)

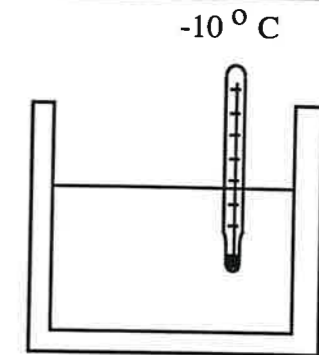
SVARSALTERNATIV	MJÖL	STÅL- SKED	YLLE- VANTAR
temperaturen har inte ändrats	15	2	7
temperaturen har gått upp men är lägre än +60 °C	46	9	26
temperaturen är lika med +60 °C	31	25	44
temperaturen är högre än +60 °C	7	64	21

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Rätt alternativ (+60 °C) för såväl mjöl som stålsked och yllevantar.

Uppgift 7. Glykolen

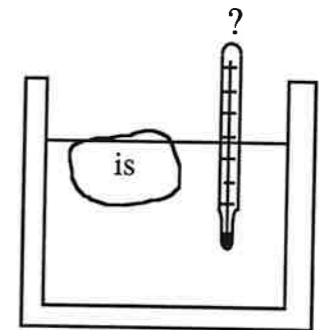
FÖRST

Ulla har en välisolerad behållare med nedkyld men flytande glykol. Termometern visar -10 °C (minusgrader).



SEDAN

Ulla lägger ned ett stycke nollgradig is i behållaren. Hon väntar fem minuter och läser av termometern igen.



Vad observerar hon då hon läser av termometern? Sätt ett kryss!

Glykolen är varmare än förut.

Glykolens temperatur är oförändrad.

Glykolen är kallare än förut.

Förklara hur Du tänkte!

OBSERVANDUM: Denna uppgift har fått utgå ur vår värdering, men behålls likväl i resultatredovisningen. Skälen härför redovisas i avsnitt 13.4.

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=675):

I EJ BESVARAT (2%)

II GLYKOLEN ÄR KALLARE ÄN FÖRUT (18%)

A Ej motiverat (4%)

- B Is är kall/gör det kallare/kyler ned glykolen (11%)**
 -För is är kallt.
 -Is är kallare än glykolen.
 -Det blir ju kallare för det är is i den.
 -Isen kyler ned glykolen.
 -Glykol är redan kall och om man lägger nånting i som är också kallt kommer det och blir ännu mer kallt.
- C När isen smälter sjunker temperaturen (1%)**
 -Isen smälter och sänker temperaturen.
 -När isen smälter i glykol så blir det kallare.
 -När isen smälter tar den energi från glykolen och tempen sjunker.
- D Övrigt (2%)**
 -Glykolen använder energi för att kyla ned isen i form av värme. Värmen försvinner och glykolen blir kallare än förut.

III GLYKOLENS TEMPERATUR ÄR OFÖRÄNDRAD (33%)

- A Ej motiverat (11%)**
- B Inget händer (1%)**
 -Det händer ingenting som jag förstår det.
- C Is smälter ej (vid -10 °C) (1%)**
 -Is smälter inte i -10 °C.
 -Eftersom is inte smälter vid -10 °C ligger väl bara isklumpen där och då är temperaturen oförändrad.
 -Glykol ändras inte av is. Isen smälter ju inte in i vätskan och blandas.
- D Glykol används i bilar för att förhindra att det fryser (1%)**
 -Glykol används i bilar så att det inte skall frysa till is, alltså ändras ej temperaturen.
 -Glykolen bryter ned is i en motor.
- E Glykol påverkas ej (kyls ej)/lite is har ingen inverkan (4%)**
 -Glykol går inte att göra varken kallare eller varmare, därför händer det ingenting.
 -Glykol är en sorts alkohol. Alkoholens temperatur är alltid oförändrad eller det krävs väldigt mycket för att den ska ändras.
 -Is påverkar inte.
 -Glykolen blir inte kall.
- F Glykol fryser ej så lätt(1%)**
 -Glykol fryser aldrig.
 -Glykolen fryser inte så lätt.
- G Glykol har lägre fryspunkt än vatten (2 svar)**
 -Glykol har lägre fryspunkt än vatten och is.

- H Glykolen är kallare än isen (2%)**
 -Glykolen är kallare än isen
 -Isbiten påverkar inte glykolen eftersom den är så pass nedkyld själv
 -Isen påverkar inte den kyla som redan är.
- I Isen slutar smälta/fryser/antar glykolens temperatur (2%)**
 -Glykolen är kall. När den smältande isen släpps i fryser den. Temperaturen förändras ej.
 -Isen blir samma temperatur som glykolen.
- J Övrigt (7%)**
 -Isen har graden 0 °C.
 -Is och glykol är lika kallt.
 -Glykol löser upp is.

IV GLYKOLEN ÄR VARMARE ÄN FÖRUT (47%)

- A Ej motiverat (9%)**
- B Glykol förhindrar isbildning/smälter is (2%)**
 -Glykolen ska ju få vattnet att bli tillräckligt varmt för att inte få isproppar i.
 -När glykol kommer i kontakt med is så värmer det upp det så att t ex i bilen kan ej is bildas.
- C Glykol reagerar med vatten (1%)**
 -För att det är en kemisk reaktion.
 -Glykol reagerar med vatten då höjs värmen.
- D Is/smältande is är (cirka) 0 °C/-1 °C (därför höjs temperaturen) (4%)**
 -För is har en temp av 0°.
 -Is är ca 0° och då höjs temperaturen.
 -Isbiten har ju temperaturen 0 °C eller -1 °C alltså blir glykolen varmare.
- E Isen är varmare/mindre kall än glykolen (13%)**
 -Is är varmare än -10 °C. Värmen stiger då i behållaren.
 -Isen har en varmare temperatur än glykolen.
 -Isen är inte så kall som glykol.
- F Is/smältande is/smältvatten värmer glykolen (vätskan, 'vattnet') (10%)**
 -Isbitens värme tas upp av glykolen.
 -Isen är varmare än glykolen och värmer upp den.
 -Smältande is är 0 °C och värmer upp glykolen.
 -Isen är +-0 °C varm, så den värmer upp glykolen.
- G Uttryck för att både is och glykol påverkas (1%)**
 -När glykolen kyler ned isen blir den varmare
 -Isen fryser igen men den gör ändå att temperaturen i glykolen stiger.

H Övrigt (7%)

–Isen reagerar positivt

INGET KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR ANGES DÄRFÖR ATT UPPGIFTEN UTGÅR UR VÄRDERINGEN (se vidare avsnitt 13.4)

Uppgift 8. Blandningen

A, B och C är tre välisolerade behållare. I A finns 1 liter vatten med temperaturen $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. I B finns 1 liter vatten med temperaturen $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Allt vatten i A och B hälls över i behållare C.

Vilken temperatur får vattnet i behållare C?

Förklara hur du tänkte!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar ($n=675$):

I EJ BESVARAT (3%)**II TEMPERATUREN ÄR $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (18%)****A Ej motiverat (3%)****B Addition av temperaturerna (12%)**

- Jag plussade allt.
- $40 + 10 = 50$
- Jag tänkte inte så mycket utan jag la bara ihop summorna.

C Övrigt (2%)

- Temperaturen blandades.

III TEMPERATUREN ÄR $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (9%)**A Ej motiverat (2%)****B Det kan ej bli varmare (3%)**

- Vattnet kan inte bli 50° pga att om man t ex har 2 st 20° - behållare blir vattnet inte 40° .
- Det kan inte bli varmare om man häller i 10+.

C Den högre temperaturen avgör (2%)

- Det måste bli så som det varmaste är.
- För dom 10° spelar ingen större roll.

D Övrigt (3%)

- När man häller i vattnet i C så kallnar det nog minst $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Vattnet förlorar några grader när det kommer i kontakt med den kalla luften

IV TEMPERATUREN ÄR $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (40%)**A Ej motiverat (5%)****B Det blir kallare (6%)**

- Om man blandar kallt i varmt blir det ju kallare.
- Det blir dubbelt så mycket vatten så det blir kallare.

C Beräkning (oftast $40 - 10$) (14%)

- $40 - 10 = 30$
- Det blir 10° mindre det är kallare.
- När man häller 4 gånger så kallt vatten i en behållare bör vattnets temperatur sjunka med en fjärdedel.
- $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ blir omvandlat till $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ i förhållande till bägare A

D A kylv B/Bvärmer A (11%)

- Om man häller i 10°C varmt vatten i en behållare med 40°C varmt vatten så kyls ju vattnet i behållaren ned i och med att den är 30°C varmare.
- Det kallare vattnet kylv ner det varmare.
- Vattnet B värmer upp vatten A och förlorar B värme.

E Det blir något mittemellan (1%)

- Det 40 gradiga vattnet borde ju kylas lite och det i behållare A borde värmas. Då blir det väl nånting mittemellan.
- Vattentemperaturen blandas

F Övrigt (3%)

- Om man plussar ihop $+10^{\circ}$ och $+40^{\circ}$ så blir det $+50^{\circ}$, men det kan inte bli varmare eftersom $+10^{\circ}$ är kallast, fast jag är lite tveksam om behållare A är kallast så borde temperaturen bli $+30^{\circ}$.

V TEMPERATUREN ÄR +25 °C (20%)**A Ej motiverat (1%)****B Varmt och kallt vatten blandas/A kyler B m. m. (3%)**

-De blandas och en blandad temperatur bildas.

-A behållarens vatten kyler av Bs vatten. B behållarens vatten värmer A behållarens vatten.

C Beräkning (15%)

-Vattnet blandas och får så en temperatur mittemellan 40 °C och 10 °C = 25 °C

-Jag tog $40 + 10 : 2 = 25$ -Jag räknade ut medeltemp. Det var ju tillsammans $50 : 2 = 25$ °C.

-Eftersom det var lika mycket vatten i A och B så blir temperaturen mittemellan 40 °C och 10 °C.

D Övrigt (1%)

-Vattnets temperatur delat med vattnets massa.

VI ANDRA TEMPERATURER (10%)

-Att (A) kyler ner (B) så att de blev jämställda. (10 °C)

-Jag plussade ihop A+B och multiplicerade med 2. Eftersom det är 2 liter i C. (100 °C)

-B-behållarens vatten går ner med 5 °C som är hälften av A-behållarens vattentemperatur. (35 °C)

-Differensen mellan talen är 30 °C -> $30 / 2 = 15$ (15 °C)

-Det blir hälften av det varma vattnet för att i A finns bara +10 °C så av det vattnet blir det kallare (+20 °C)

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori V B eller V C

11 FORTVARIGHETSTILLSTÅND**Uppgift 9. Varför 37 °C hela tiden?**

Om man har en stor balja med 50 kg vatten vars temperatur är 37 °C, i ett vanligt rum, så avger vattnet energi till rummet. Vattnets temperatur sjunker då ganska mycket, och rumstemperaturen ökar en del. Om en person som väger 50 kg vistas i ett vanligt rum avges också energi från personen till rummet. Men personens kroppstemperatur sjunker inte. Den håller sig hela tiden på 37 °C. Förklara hur detta kan komma sig.

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=665):

A Ej motiverat/ej besvarat (23%)**B Kroppen har (genom reglering) en viss temperatur (14%)**

-För att kroppstemperaturen ligger på 37 °C.

-Kroppens olika organ reglerar värmen i kroppen

-Kroppen har huden som skyddar den och den reglerar hela tiden så det är 37 °C.

C Energin/värmen stannar i kroppen/läcker inte ut (10%)**C1 Energi/värme avges ej/behålls (3%)**

-För den avger inte energi till rummet.

-Kroppen lämnar bara ifrån sig så mycket värme som den vill.

C2 Huden/kläderna isolerar (3%)

-För att han har kläder på sig.

-Människans porer stänger sig så att kroppstemperaturen hålls konstant.

-Vattnets värme försvinner ut i rummet för den påverkas av luften som är svalare, men kroppen däremot har hud som håller inne värmen.

C3 Vattnet avdunstar (inte från människan) (4%)

-Vattnet avdunstar i luften.

-Vattnet ångar ut varmluft?

-Vattnet i en människa är inuti. Ett glas vatten är öppet och lättare att dunsta och kylas ned.

-Vattnet avdunstar, ej människan

D Hjärtat/blodcirkulationen/andningen gör att temperaturen håller sig (14%)

-Människan blodcirkulation ser till att man behåller värmen i kroppen.

-Blodet cirkulerar hela tiden i människan, men vattnet är helt stilla.

-Hjärtat slutar ju inte att slå! Det pumpar ju på blod hela tiden som är varmt.

–Energin bildas ju av koldioxiden som personen andas ut. Eftersom han andas ut och in hela tiden så sjunker inte temperaturen.
 –Med hjälp av blodets förmåga att ta upp syre.
 –Han andas in syre hela tiden.

E Människan rör sig/kroppen jobbar (3%)

–För att han rör sig.
 –Kroppen jobbar för att ha en konstant värme på 37 °C.
 –Man rör på sig och blodet cirkulerar runt i kroppen.

F Kroppen får/förbrukar/förbränner/producerar/har/omvandlar energi (18%)

F1 Kroppen får/tar upp energi (2%)

–För att personen tar upp värme från rummet.

F2 Kroppen förbrukar/förbränner energi (3%)

–Man förbrukar energi för att hålla kroppsvärme på 37 °C i kroppen.
 –Människan bränner energi hela tiden istället för vattnet som bara gör sig av med energin en gång. Människan skapar ny energi.

F3 Kroppen producerar energi/värme (11%)

–Kroppen alstrar hela tiden energi, det gör inte hinken med vatten.
 –Kroppen värms hela tiden genom att energi frigörs i cellerna. Då utvecklas värme som hjälper till att hålla kroppstemperaturen uppe.
 –Kroppen producerar ny värme.
 –Det rör sig inuti kroppen, det bildas värmeenergi.
 –Människans kropp är i rörelse. Den skapar hela tiden ny energi. Vatten skapar inte ny energi.

F4 Kroppen har energi/energilagring (som används) (2%)

–Människan har hela tiden mer energi i lager som den kan använda för att hålla kroppen varm. Vattnet har en viss mängd energi.
 –Människans kropp håller värmen hela tiden med energi.
 –Energin i människan gör så att värmen håller sig på samma nivå.

F5 Kroppen omvandlar energi (1%)

–Människokroppen förbrukar ständigt energi för att värma upp kroppen. Vatten kan inte värma upp sig själv, när vattnet avger värme, svalnar det. "Förbruka" är egentligen inte rätt ord att använda, eftersom energin bara omvandlas till andra former av energi.
 –I en behållare ligger vattnet orörligt. Ingenting alstrar värme, energi, men människans kropp arbetar hela tiden. En del av den energi som kroppen omvandlar blir till värmeenergi. Därför behåller kroppen hela tiden sin ursprungliga temperatur.

G Mat/förbränning av mat ger energi (11%)

G1 Mat ger energi/värme (6%)

–Personen kan hålla sin temperatur länge, eftersom vi äter regelbundet?
 –För kroppen tar energi från kroppens lagrade mat och energi tillgångar och med hjälp av energin kan kroppen hålla värmen uppe.

G2 Förbränning (av mat/fett) ger energi/värme (5%)

–Kroppen förbränner mat vilket gör att värme bildas och kyler av sig genom att avge vatten genom svettning.
 –Det beror på att den mat och de drycker vi får i oss förvandlas till bl a värmeenergi i kärnreaktioner som sker i våra celler.
 –Det finns energi lagrad i personens kropp, t ex mat som är kemisk energi. Denna övergår till värmeenergi när maten förbränns i kroppen.
 –Människan förbränner ju det syre hon andas in och den mat hon äter och av det får hon energi som hon kan använda till värme.

H Uttryck för fortvarighetstillstånd (lika mycket energi in som ut) (1%)

–Vi tar in lika mycket energi som vi ger av och därför håller vi oss på samma kroppstemperatur hela tiden. Och hela tiden får vi mer energi och avger mer.
 –Det är på grund att kroppen tar emot värme samtidigt som den ger ifrån sig värme. Kroppen ger ifrån sig överflödigt värme (över 37°) och håller alltid kroppstemperaturen på 37 °.

I Övrigt (7%)

–Det är för att vi har fett på kroppen.
 –Den anpassar sig.
 –Personen får ju hela tiden energi från vattnet (värme).

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori F4, F5, G och H

Uppgift 10. Elda för kråkorna

Värmeelementen i ett rum avger hela tiden energi till rummet. Trots detta håller sig temperaturen i rummet på +20 °C. Förklara varför temperaturen inte stiger!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=643):

I EJ BESVARAT (15%)

II FOKUS PÅ ELEMENTET (41%)

A Inställningen på termostaten (elementet etc.) bestämmer temperaturen (40%)

- Man har ställt temperaturen på 20 °C.
- Elementen är på samma temperatur hela tiden så den kan inte stiga som om den skulle kunna gjort om man hade höjt. Och rummet kanske är litet så man kanske inte behöver höjas efter man ska ju inte använda temperatur i onödan

B Övrigt (1%)

- Det tillförs hela tiden energi till värmeelementen.

III FÖRKLARINGEN BEGRÄNSAS TILL RUMMET (16%)

A Värme/energi försvinner, dunstar, förbrukas (4%)

- Det försvinner energi hela tiden, energin varar ju inte för evigt.
- Energien försvinner efter ett tag men fylls sedan på av elementet.
- För att värmen försvinner.
- Därför att en del av värmen dunstar bort hela tiden.

B Värme/energi mm sprids runt, cirkulerar (3%)

- I rummet så går temperaturen runt. Så temperaturen håller sig på 20° (till någon höjer elementet).
- Den cirkulerar hela tiden i rummet.

C Värmen (varmluften) stiger och kyls/luften svalnar (8%)

- Därför att luften stiger uppåt och där kyls den av och därför är det samma temp hela tiden.
- Värmen stiger uppåt i rummet där den sedan svalnar och sjunker nedåt. Ny värme från elementen strömmar uppåt och avkyls osv.
- Den varma luften stiger uppåt, när den är där kyls den av och faller ner till marken: går i ett kretslopp.
- Den varma luften kallnar efter ett tag.

D Delsystem i rummet (inklusive väggar) tar upp värmen/energin (1%)

- Energien tas upp av människan.
- Därför att i rummet finns det kalla saker som värms upp. Därför håller sig värmen på +20 °C.
- Allting tar upp värme! Tex möbler, väggar, behöver energi för att inte bli nedkylna. Vi människor behöver också energi annars dör vi. Värmen beror också på hur mycket energi som tillförs ju mer energi - desto varmare blir det.

IV BÅDE RUMMET OCH DESS OMGIVNING BEAKTAS (20%)

A Rummet kyls utifrån/det kommer in kyla (5%)

- Den kyls ner av kylan som finns utanför huset som kommer in där det inte är riktigt tätt
- Kyla kommer också in i rummet.
- Luften kyls ner hela tiden. Det är alltid kallare vid fönstren och när luften kommer dit kyls den ner.

B Det kommer in kall luft (3%)

- Det kommer in kall luft o värmen stiger och blir kall sen sjunker den ner igen och värms igen.
- Vissa element slås av när den har nått ett visst gradtal. Sen har man oftast luftintag i rummet så att kall luft kommer in och kyler.
- Man har fläktar som vädrar rummets luft så man kan andas där inne och när det kommer in ny luft så är inte den lika varm.

C Det avges, går ut värme/energi genom väggar ventiler (12%)

- Man vädrar ibland. Rummet är inte helt tätt. Fönster drar åt sig värmen.
- Värmen försvinner ut genom fönster och dörrar. Någoting som är varmt är inte varmt i alla evighet.
- Värme försvinner ut genom väggar, fönster, dörrar, ventilation m m

D Uttryck för fortvarighetstillstånd (lika mycket energi/värme in som ut) (1%)

- För det jämnar ut sig med tex drag värmen går ju ut genom springor och liknande saker. Den neutraliseras hela tiden. Och om det kommer ny 20 °C värme hela tiden kan det ju inte bli varmare.
- Därför att en jämvikt finns. Elementet avger så mycket värme energi så att det kompenserar den som försvinner genom dörrar, väggar o fönster. Om man sänker effekten (på elementet) så finns jämvikten längre ner kanske 16°. Tvärtom om man höjer den.
- Det försvinner lika mycket värme som det kommer till.

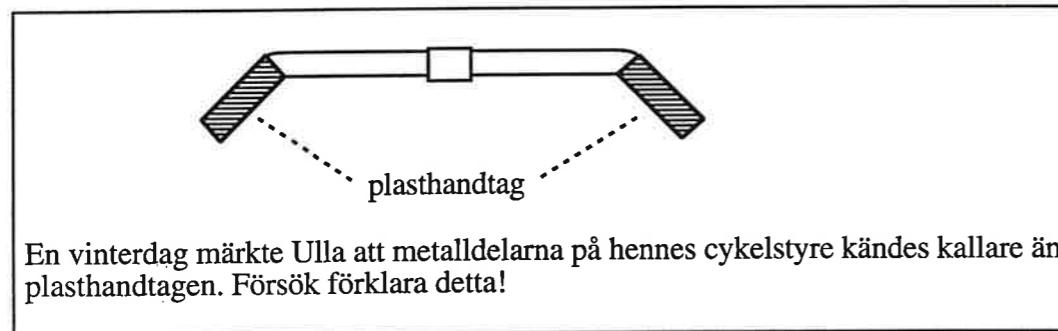
V ÖVRIGT (9%)

- Varmvatten cirkulerar i rummet.
- För att värme energin omvandlas till rörelseenergi
- Bara för att när det har blivit +20° så kan det inte bli mycket varmare.

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori IV

12 BETINGELSER FÖR ÖVERFÖRING AV ENERGI SOM VÄRME

Uppgift 11. Cykelstyret



Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=675):

- A Ej motiverat (8%)**
- B Fokus på materialegenskaper: 'varmhet'-'kallhet', förmåga att hålla värme-kyla (17%)**
- B1 Metall blir kallt/kallare (än plast) (10%)**
- Metall blir kallare än plast.
 - Plast blir inte lika kallt.
 - Därför att stålet blir kallare än plast därför blev dom kallare.
- B2 Metall är (relativt) kallt/plast är (relativt) varmt/isolerar (4%)**
- Metall är kallt
 - Metall är kallare än plast och metall brukar nästan alltid vara kallt.
 - Plasthandtagen är varmare material.
- B3 Metall håller kyla (relativt) bra/plast värme (3%)**
- Metall håller kylan bättre än plast.
 - Metall håller temperaturer bättre. Det beror på atomuppbyggnaden.
 - Plasthandtagen lagrar värmen.
- C Fokus på materialegenskaper: hur metall och plast påverkas/drar till sig kyla/värme(32%)**
- C1 Metall drar åt sig kyla/kyls(relativt lätt), plast drar åt sig värme/värms (relativt lätt) (26%)**
- Metall tar upp kyla bättre.
 - Plasten värms upp fortare.
 - För att metalldelarna tar åt sig kyla medan plasthandtagen tar åt sig värme.
 - Metalldelarna drar åt sig mer kyla än plasthandtagen.

- C2 Metall drar åt sig kyla och värme/metall kyls och värms (lättare än plast) (2%)**
- Metaller tar åt sig kyla och värme bättre än plast.
 - Metall tar åt sig kylan lättare än plast. (När det blir varmt så blir metallen varmare än plasten)
 - Eftersom plasthandtagen är svårare att kyla ned på grund av deras celler så är metall lättare att kyla ned och värma upp.
- C3 Metall drar åt sig kall luft/fukt (lättare än plast) (2%)**
- Metallen drar åt sig kall luft. Plasten är mjukare.
 - Metallen drar lättare till sig vatten och is än plast. Oftast bildas ett ishölje över metallen, som man lätt kan fastna i mm.
- C4 Metall påverkas (lättare än plast) (2%)**
- Handtagen är av plast och tål mer kyla.
 - Plast är syntetiskt och förändrar därför inte sin temperatur, medan järn gör det.
- D Fokus på materialegenskaper: ledningsförmåga (31%)**
- D1 Metaller leder (relativt) bra/plast (relativt) dåligt /isolerar (5%)**
- Metaller är ledande.
 - Plast har sämre ledningsförmåga.
 - Plasthandtagen är dåliga ledare, men metalldelarna som är bra ledare blir kallare genom att det är kallt på vintern.
- D2 Metaller leder kyla (relativt) bra/plast (relativt) dåligt/isolerar (13%)**
- Metallen leder kylan.
 - Plast leder ej kyla.
 - Plasthandtagen isolerar på något vis.
 - Metall leder kyla mycket bättre än plast och blir därför kallare.
 - Plast skickar inte vidare kallheten som metall gör.
- D3 Metaller leder kyla och värme (relativt) bra, plast (relativt) dåligt/isolerar (8%)**
- Därför att metaller är bättre ledare. De drar åt sig värme bättre och kanske också kyla då.
 - Plast leder ingen kyla eller värme.
 - Metall leder värme och kyla, men plasthandtagen är isolanter. Dessutom tar det längre tid för metallen att byta temperatur.
 - Metaller leder värme och kyla. det gör inte plast.
 - Eftersom att metall leder värme, kyla och ström. Plast är isolator och skyddar mot dessa begrepp.

D4 Metaller leder värme (relativt bra), plast (relativt dåligt/isolerar) (3%)

- Eftersom metall leder värme bättre.
- Plast leder värme sämre.
- Plasthandtagen är väl värmeisolerande.
- Metall är en bra värmeledare. Plast är en dålig. Värmen leds bort från styret.

D5 Övrigt ledning (1%)

- Metall är dålig värmeledare. Plasten känns då varmare.
- För att plast är bättre värmeledare.

E Fokus på interaktionen hand - cykelstyre (3%)**E1 Handen värmer plasten (snabbare) (2%)**

- Handvärmen värmer handtagen.
- Plast värms upp fortare än vad metallen gör när hon tar på den.

E2 Takten i överföringen av värme (ev. kyla) beror av materialet (1%)

- Metallen leder värme och kyla lättare än plast. Värme från Åsas händer ledde över till metallen. Åsas händer blev kalla mycket snabbt. Värmen från Åsas händer leds saktare över till plasten och upplevs därför som varmare.
- Metall för bort värmen och därför så känns den kallare.
- Plasten leder inte bort värmen från händerna lika lätt som metallen gör.

F Övrigt (10%)

- På metallen sitter atomerna tätare.
- Metalldelarna har högre kokpunkt än plasthandtagen.
- Metall fryser lättare.

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori D4 eller E

Uppgift 12. Varm dryck i olika behållare

Björn undersöker hur man kan hålla en dryck varm så länge som möjligt. Han sätter in en mugg av den varma drycken i två olika behållare. Den ena är gjord av järn, den andra av filt. I vilken behållare är drycken varm längst tid? Sätt ett kryss.

I järnbehållaren I filtbehållaren

Förklara hur Du tänkte!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=675):

I EJ BESVARAT (1%)**II DRYCKEN HÅLLER SIG VARM LÄNGST I JÄRNBEHÅLLAREN (56%)****A Ej motiverat (6%)****B Järn leder värme (2%)**

- Därför att järn leder värme bättre än filt.
- Metall leder värme bra.

C Hänvisning till termosar (som består av metall/järn) (6%)

- Jag tänkte på att t ex en plåttermos är ju av järn och den behåller värmen bra.
- Termosfenomenet. Inte fan tillverkar man termosar av filt.
- Termosprincipen.

D Järn(behållaren) håller/behåller/släpper inte ut/igenom värme/varm luft (22%)

- Järnet behåller värmen.
- Därför att järn bibehåller värmen och filten suger i sig värmen.
- För metall bevarar värmen mycket bra. Stänger inne värmen.
- Järn släpper inte ut värmen så lätt som en filt kan göra.
- Den behållaren av järn stänger in värmen.
- I järnbehållaren läcker inte värmen ut så lätt.
- Den varma luften från muggen kan inte försvinna genom järn lika lätt som filt.

E Järn/järnbehållaren värms upp/drar till sig värme (och håller kvar den) (5%)

- Metallen drar åt sig mycket värme och håller den längre än filten.
- Järn håller värme inom sig bättre.
- Järn drar åt sig värme bättre än filt.
- Järn blir varmare än filt. Därför håller det värmen längre.

F Järn/järnbehållaren värms, och värmer sedan drycken (1%)

- Järnet värms av drycken och sen värmer järnet drycken.
- Släpper inte igenom värmen som filt. Och värms ju upp själv och ger då tillbaks värmen.

G Järn isolerar (relativt) bra (4%)

- Den isolerar mer.
- Järn håller värmen längre, är så isolerat.
- Järn isolerar bättre och släpper inte ut värme.

H Järn är (relativt) tätt (19%)**H1 Järn är (relativt) tätt (och släpper inte ut värmen) (8%)**

- Järnbehållaren är tätare.
- Järn släpper inte ut någon värme men filten gör det, för den är inte lika hårt pressad.
- Därför att filten inte håller tätt men det gör järnbehållaren.
- Det är tätt så värmen håller sig kvar.

H2 Svar på partikelnivå (1%)

- Järns atomer ligger tätare och släpper inte igenom värme så bra.

I Övrigt (2%)

- I filtbehållaren bör värmestrålarna absorberas av filten medan i järnbehållaren studsar dom.
- Järnbehållaren är tätare. Den släpper ut mer värme.
- Järnets densitet är lättare.

III DRYCKEN HÅLLER SIG VARM LÄNGST I FILTBEHÅLLAREN (43%)**A Ej motiverat (5%)****B Filt är varmt/värmer/ger värme (järn är kallt) (5%)**

- Filtens är varmare.
- Filt värmer bättre.
- Järnet kyler. Filten värmer, fungerar på samma sätt som vantar reagerar på kroppsvärmen.

C Filt/filtbehållaren värms upp/drar till sig värme (och håller kvar den) (3%)

- Filtbehållaren borde vara varmare om tyget suger i sig värmen.
- Filt blir varmt mycket snabbare än järn, så filt håller tillbaka värmen.

D Filt/luft i filt isolerar (6%)

- Filt isolerar bra.
- Filtens isolerar värmen och den släpps inte ut. Men i järnbehållaren går värmen ut i järnet och försvinner snabbare.
- Det finns luft mellan filtfibrerna som isolerar värmen.
- Filtbehållaren är av ett porösare material därför isolerar den bättre.

E Filt/filtbehållaren håller/behåller/släpper inte ut/igenom värme (11%)

- Den behåller värmen dubbla tiden.
- Filtbehållaren håller värmen lättare precis som vantar håller värmen på händerna.
- Filtbehållaren släpper inte ut så mycket värme.

F Järn tar upp/ger ifrån sig värme (relativt) bra (4%)

- Järn drar till sig värme.
- Järn drar till sig värme så det går bort från vattnet.
- Järnet tar upp värmen och sänder ut det i luften.
- Järnbehållaren suger åt sig värme ifrån den varma muggen och avger sedan den vidare ut i luften. Det gör ej filtbehållaren.
- Järn släpper väl ifrån sig värmen, filten har väl lättare att behålla värmen än järnet.

G Järn leder/leder bort värme (relativt) bra (6%)

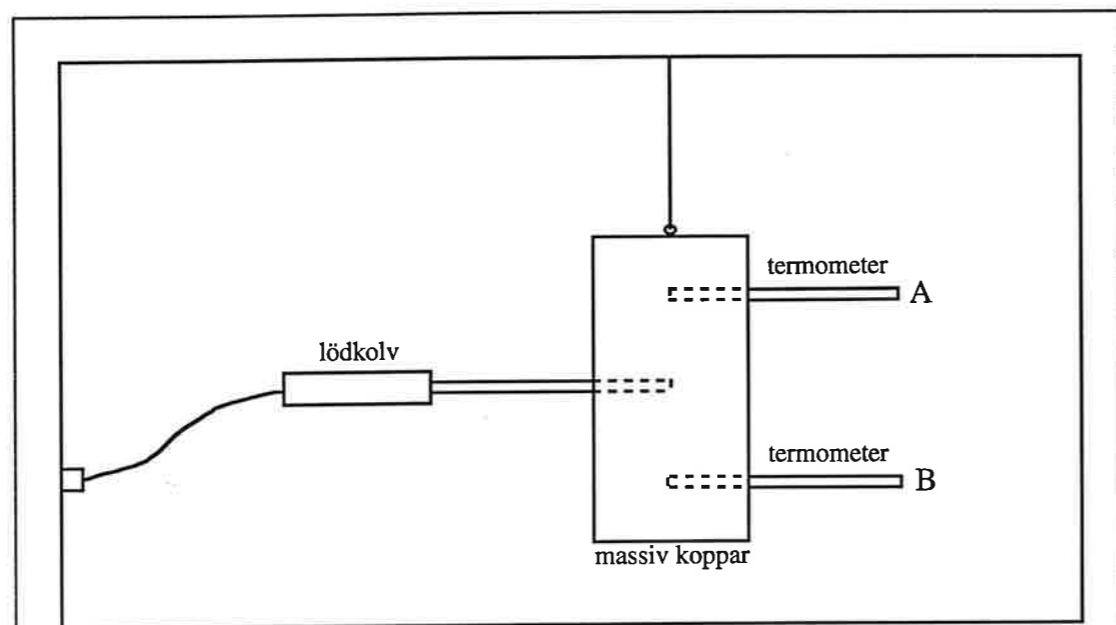
- Filtens leder inte värme och kyla lika bra som järn.
- Filtens bevarar värmen längre för den är bättre isolator eftersom den innehåller mycket luft som leder värme dåligt.
- Järn är en bra ledare så den leder bort värmen. Filt leder inte bort värmen.
- Järn leder ut värmen men inte filtbehållaren.

H Övrigt (3%)

- Den släpper ut värme men tar inte in någon.
- Filtbehållaren är tätare än järnbehållaren.

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori III C, D, E, F eller G

Uppgift 13. Kopparstycket



En massiv kopparbit är upphängd i ett rep. I kopparbiten är tre hål borrade. I det mellersta hålet är spetsen på en lödkolv instucken. I de två andra hålen är två termometrar, A och B, instuckna. De sitter på samma avstånd från lödkolven. Termometrarna avläses. Båda visar +20 °C. Sedan sätts lödkolven på.

Kryssa för det Du anser vara rätt av följande:

Temperaturen på A börjar stiga före B.

Temperaturen på A och B börjar stiga samtidigt.

Temperaturen på B börjar stiga före A.

Förklara hur Du tänkte!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=675):

I EJ BESVARAT (2%)

II TEMPERATUREN PÅ B BÖRJAR STIGA FÖRE A (5%)

A Ej motiverat (2%)

B Diverse motiveringar (3%)

- Snöret som sitter nära termometer A suger åt sig lite värme.
- Det tar längre tid att nå termometer A för att det går uppåt.
- Därför att det är alltid så att värmen stiger uppåt först.

III TEMPERATUREN PÅ A BÖRJAR STIGA FÖRE B (48%)

A Ej motiverat (5%)

B Värmen stiger/drar sig/sprider sig/går uppåt (43%)

- Värmen stiger uppåt.
- Värmen går först uppåt.
- Värmen åker uppåt.
- Värme stiger uppåt för varmluft är lättare än kall.
- Varmluft stiger.
- I vattnet är det så att det kallare på botten och varmare på ytan och jag tror att det är samma sak med en kopparbit.

C Övrigt (två svar)

- Därför att det går åt det hållet från + till -.

IV TEMPERATUREN PÅ A OCH B BÖRJAR STIGA SAMTIDIGT (45%)

A Ej motiverat (13%)

B Det blir lika varmt (överallt) (1%)

- Den värmer upp hela biten samtidigt.
- Det blir lika varmt
- Jag tror att kopparen värms upp samma överallt, alltså det är lika varmt i toppen som i botten och då visar termometrarna samma.

C Det är samma ämne/samma temperatur från början (1%)

- Det gör ingen skillnad eftersom både termometer A och B sitter på samma kopparbit.
- Eftersom de hade lika mycket värme förut +20° därför borde de ha likadant nu +60°.
- Det är samma ämne värme måste gå igenom

D Koppar leder bra (1%)

- Metall som koppar leder ju värme mycket bra.
- Kopparet leder värme bra men påverkas inte av gravitationen.
- Även om varmluften stiger uppåt så vidarebefordras värmen mycket bättre i kopparen.

E Samma avstånd (från lödkolven) (14%)

- Avståndet från lödkolven är densamma för båda.
- Det är samma avstånd.
- Om dom sitter lika nära lödkolven når värmen dom samtidigt.

F Värmen sprids/leds (lika snabbt) åt båda/alla håll (13%)

- Värme sprids lika snabbt åt båda hållen.
- Värmen sprider sig i kopparen lika snabbt nedåt som uppåt.
- Värmen sprider sig jämt över kopparbiten.

- Eftersom värmen leds från lödkolven i hela kopparbitern borde temperaturen överallt vara lika.
- Värmen sprider sig lika lätt åt alla håll i massiv koppar.
- Värmen sprider sig lika fort i hela kopparbiten och det spelar ingen roll om den ligger ned eller hänger i någon riktning.
- I luft stiger värmen men i metall sprider den sig lika mycket åt alla håll.

G Övrigt (2%)

- Värmen stiger från mitten och ut till ändarna.
- Den ena kan inte dra åt sig mer värme än den andra.
- Metallen värms upp lika fort oavsett var på metallen lödkolven sitter.

FÖRSLAG TILL KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori IV

MÖJLIGHETER

13 ANALYS AV RESULTAT

13.1 Termometern och vanliga temperaturer

Uppgift 1. Vad visar termometern?

Svaren på uppgiften indikerar att de allra flesta elever på ett tillförlitligt sätt kan avläsa en vätsketermometer. Förklaringen till det goda resultatet torde vara att denna typ av termometer är vanlig, både i vardagsliv och skola, vilket ger eleverna många tillfällen till övning.

Uppgift 2. Vanliga temperaturer

I vardagslivet är avläsning av, och samtal om, rums- och kroppstemperatur vanligt förekommande, och rimligtvis är detta huvudförklaringen till det goda resultatet när det gäller dessa temperaturer. Det är dock inte helt självklart vad som skall menas med ett acceptabelt resultat. Vår erfarenhet är att de flesta tycker att +18 °C är en undre gräns för rumstemperatur, men att åsikterna går isär beträffande den övre. Miljömedvetna personer menar att redan +21 °C är onödigt slöseri med resurser, medan andra tycker att i synnerhet äldre personer kan behöva ha det lite varmare. Vi har därför satt +25 °C som acceptabel övre gräns.

Övriga tre temperaturer betraktar vi som skolkunskaper. Visserligen har eleverna vardagserfarenheter av kokande vatten och smältande is, men man har sällan anledning att tala om temperaturen i dessa sammanhang. 'Att koka vatten' betecknar i vardagslivet inte en fasövergång utan en procedur – ta fram en kastrull, tappa i vatten, sätta på plattan och värma tills det bubblar kraftigt.

Det visar sig att eleverna klarar koktemperaturen för vatten bra (87%), men cirka hälften vet inte att is smälter vid 0 °C. Det vanligaste alternativet är +1 °C (22%), vilket är i linje med vardagsföreställningen att vatten inte kan vara 0 °C, för då är det is. Smältvattnet måste följaktligen 'hålla någon plusgrad'.

Till absoluta nollpunkten hör inga konkreta referenser överhuvud taget. Det närmaste man kan komma i skolan är att demonstrera egenskaper hos flytande

kväve. Majoriteteten av eleverna (cirka 90%) svarar fel på frågan. Vi lämnar åt läsaren att fundera över hur viktig detaljkunskapen -273 °C är.

13.2 Utvidgning och sammandragning

Uppgift 3. Kvicksilvertermometern

Till värmeläran hör att undervisa om att ämnen i allmänhet utvidgar sig vid uppvärmning och sammandrar sig vid avkylning. Det är drygt en tredjedel av eleverna som använder denna kunskap då de löser uppgift 3. (Måhända hade resultatet blivit bättre om vi förutom texten också hade haft med en bild på termometern.) Vanligtvis skriver eleverna att kvicksilver krymper, drar ihop sig etc. En mindre andel använder ett mer vetenskapligt ordval, t. ex.:

–Volymen minskar på kvicksilver när det kommer i kontakt med kallare föremål.

–Det drar ihop sig när det är kallt och utvidgar sig när det är varmt.

En intressant svarkategori är 'Atom/molekyler i förklaringen' (5%). Vi tycker det är positivt att eleverna vågar sig på att använda sina begrepp om atomer och molekyler då de löser naturvetenskapliga uppgifter, även om svaren uppvisar brister, t. ex.:

–Volymen minskar vid kyla, molekyler krymper ihop.

–Det blir givetvis kallare och sjunker undan. Atomerna är inte lika rörliga längre och lägger sig då till ro.

Vi betraktar dessa och liknande svar som acceptabla på grund av att eleverna faktiskt försöker sig på ett naturvetenskapligt tänkande, och att försöken är rimliga ur deras synpunkt sett.

13.3 Smält- och kokpunkt

Uppgift 4. Smältande snöboll

Vid ett tillfälle för en del år sedan tittade en av oss på en filmad lektion. Den visade elever i tioårsåldern som ägnade sig åt fri undersökning av ett termometerämne, dvs. enbart glaskula och stigrör med vätska i. I klassrummet fanns också en hink med krossad is, till vilken de gick med mindre muggar och hämtade. Plötsligt såg man på filmen hur två elever hällde ut is ur sina muggar på en tidning, stack sina termometerämnen i högen och iakttog vätskan i röret. Kort därefter kom ytterligare elever och hällde ut sin is på tidningen. Snart hade alla i klassen gjort samma sak. En ganska stor hög med is tornade nu upp sig på tidningen. Termometerämnen stacks in i högen och eleverna iakttog dem förvåntansfullt. Efter ett tag märkte man att de var lite besvikna. Varför? Jo, troligen tänkte sig eleverna att ju mer is, desto kallare borde det bli i högen. Kallt plus kallt lika med kallare, alltså. Men

vätskepelaren i termometerämnet krympte inte ihop mer och mer, trots att högen blev större och större. Därför besvikelse.

Denna tolkning ger upphov till följande reflektion: Vi undervisar våra elever om att ämnen har smältpunkt och att denna beror av ämne. Men vi tar ej upp vad smältpunkten *inte* beror av, t. ex. mängden av det smältande ämnet eller den takt i vilken vi värmer. Detta framstår förmodligen som poängglöst för läraren, som vet hur det är och inte vill slösa tid på variabler som inte har någon betydelse i sammanhanget. Men eleven har inte fysikens teorier i sitt huvud utan vardagsföreställningar, och dessa kan vara annorlunda, vilket händelsen på filmen illustrerar. Därför är det motiverat att också ta upp variabler som *eleverna* tänker sig har betydelse, dvs. börja undervisningen i deras tankevärld. Det gäller för eleverna att förstå både vad smältpunkt beror och inte beror av!

Resultaten på uppgift 4 stöder på ett tydligt sätt det nu sagda. Ungefär hälften anser att temperaturen på den kramade snöbollen stiger, med motiveringen att bollen värms av händerna. Men också andra föreställningar kommer i dagen. Cirka en femtedel svarar att temperaturen i den kramade bollen blir lägre, ofta med motiveringen att snön blivit mer packad. Kanske har de en föreställning om att kylan på så sätt blir mer koncentrerad och därmed intensivare, dvs. temperaturen sjunker.

Det är 35% som anser att temperaturerna är lika före och efter det att bollen kramats. Av dessa elever är det dock ingen som använder ordet smältpunkt i sina svar.

Uppgift 5. Kokande vatten

Det som sagts om smältpunkt har sina paralleller när det gäller kokning. Kokpunkt beror av ämne och lufttryck, men ej vätskemängd och den takt i vilken man värmer. Detta har inte alla elever i åk 9 klart för sig, vilket svaren på uppgift 5 demonstrerar. Resultatet är dock bättre än för smältning. Det är bara en mindre andel (34%) som menar att temperaturen på det kokande vattnet går upp då man ändrar plattans inställning från 3 till 6. 'Om man ökar plattans värme, så blir vattnet varmare' lyder det enkla resonemanget.

Det är 62% som kryssar i alternativet 'temperaturen håller sig kvar på $+100\text{ °C}$ '. Men bara 20% kopplar på ett tydligt sätt temperaturkonstansen till en fasövergång:

–Vatten kokar ju vid 100 gr och förångas ju då.

Nästan lika många elever tillskriver vatten en maximitemperatur som inte kan överskridas då man värmer:

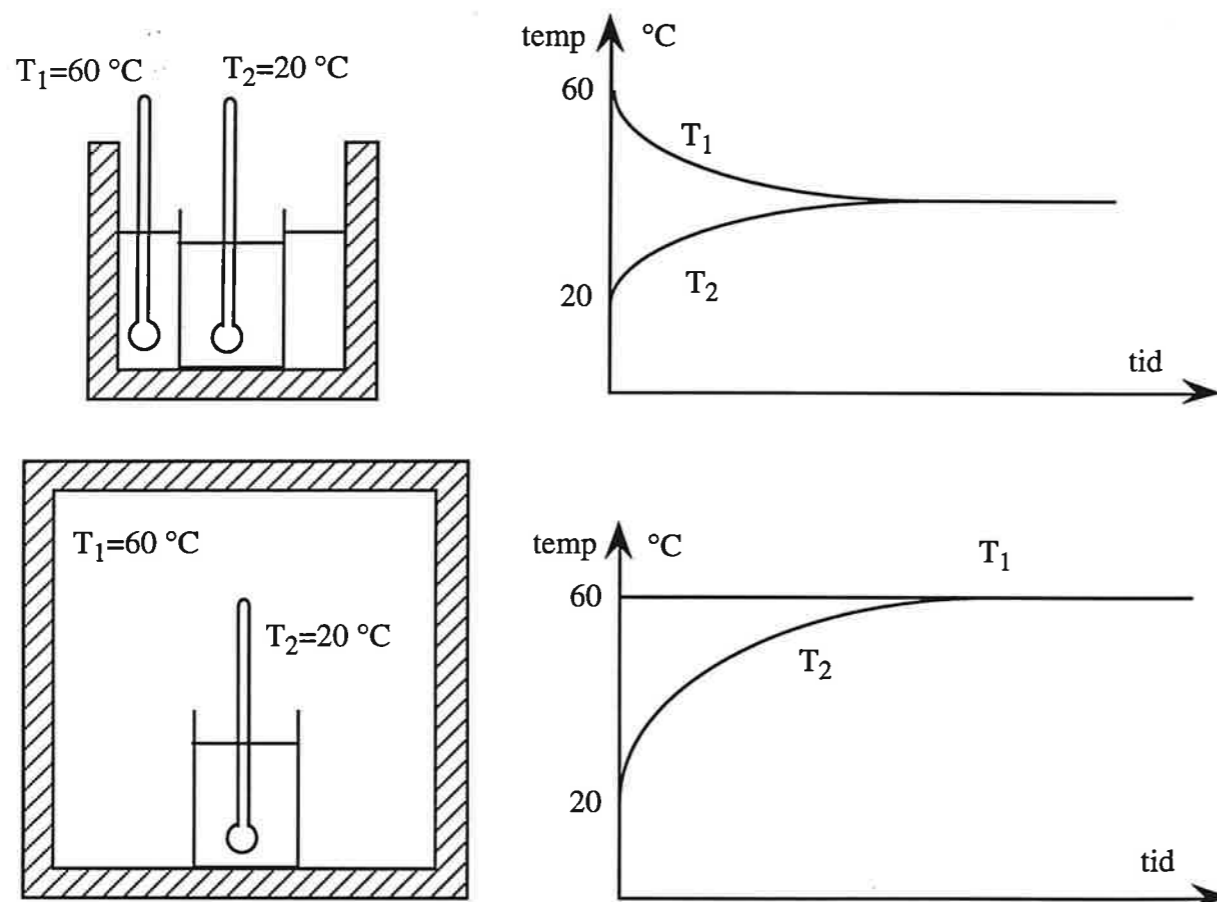
–Det kan ju inte bli varmare.

Om man betraktar både uppgift 4 och 5 kan man notera att många elever använder ett väl beprövat orsakstänkande som i de flesta fall stämmer – ju större ansträngning, desto större effekt. I båda uppgifterna ökas ansträngningen, dvs. takten i värmeförseln. Därför, säger vardagens orsakstänkande, borde ämnena bli varmare, dvs. temperaturen stiga. Men när det gäller smält- och kokpunkt håller inte detta sätt att resonera. Ansträngningen leder inte till temperaturökning. Effekten är i stället att is omvandlas till vatten och att vatten omvandlas till vattenånga. På molekylnivå är det fråga om ökning av lägesenergin hos partikelsystem.

13.4 Termisk jämvikt

Föremål som varit i kontakt med varandra tillräckligt länge antar samma temperatur. Man säger att de är i termisk jämvikt med varandra. Om t. ex. vatten, $T_1 = 60\text{ °C}$, bringas i kontakt med vatten, $T_2 = 20\text{ °C}$, så som figur 13.1 visar, så sjunker T_1 och stiger T_2 till dess temperaturerna utjämnats. Om de båda vattenmängderna är lika och den yttre behållaren välisolerad stannar de båda termometrarna på 40 °C . Vill man uppnå termisk jämvikt snabbare kan man helt enkelt hålla ihop de två vattenmängderna.

Ett annat exempel är en termostatreglerad ugn, $T_1 = 60\text{ °C}$, i vilken vatten, $T_2 = 20\text{ °C}$, sätts in. Efter en tid har T_2 stigit till 60 °C . Se figur 13.1!



Figur 13.1. Två exempel på förlopp som leder till termisk jämvikt.

Om man använder sin egen kropp som termometer är vissa fall av termisk jämvikt svåra att upptäcka. I en termostatreglerad bastu har spikar och trä samma temperatur, men den som sätter sig på en spik torde vara benägen att förneka detta faktum. Ett metallföremål i rumstemperatur känns kallare än tyg och trä ehuru temperaturen är densamma. Osv. Det krävs en hel del kunskaper för att förstå varför känselsinnet leder fel i situationer liknande dessa. Ta en stålsked i rummet som exempel. Fingrarnas temperatur är kanske upp emot $+30\text{ °C}$, skedens $+20\text{ °C}$. Vid kontakt överförs värme i rask takt från fingrar till sked eftersom stål är en god värmeledare. Energiförlusten i fingrarna upplevs som kyla och tolkas som att

skeden är kall. Värmeöverföringen går betydligt långsammare då man tar i trä, som är en dålig värmeledare. Fingrarna förlorar bara lite energi, vilket tolkas som att trä är varmare än stål. Det förtjänar att påpekas i detta sammanhang att ytans struktur är en variabel som inverkar på denna typ av förlopp. En slät yta ger god kontakt, en skrovlig innebär isolerande små luftfickor mellan hand och material.

Uppgift 6. Mjölet, stålskeden och vantarna

Svaren på uppgift 6 ger en hel del belegg för att eleverna inte förstått det nu sagda. Det är exempelvis 64% som på uppgift 6D anger att en stålsked som läggs in i en termostatreglerad ugn får en högre temperatur än den ugnen har. Spiken i bastufenomenet! Beträffande en stålsked som ligger i rumstemperatur är det 57% som menar att denna har lägre temperatur än rummet – uppgift 6B. På uppgift 6C är det 40% som anser att vantarna i ett rum är varmare än rumstemperaturen.

De nu nämnda svaren är i överensstämmelse med vardagens oreflekterade sinneserfarenheter. Eleverna vet hur föremålen känns, vilket ibland explicit anges i svaren:

- Behövde inte tänka. Har en sax bredvid mig som är kall ($< 20\text{ °C}$)
- Yllevantar är jättevarma ($> 20\text{ °C}$)

I andra fall låter motiveringarna mer vetenskapliga, men i kombination med felaktiga kryssvar får man intrycket att det som styr svaret är sinneserfarenheter, och att fysiken omformats till att stämma överens med dessa:

- Metall är en dålig värmeledare. ($< 20\text{ °C}$)
- Yllevantar isolerar mycket bra. ($> 20\text{ °C}$)
- De (yllevantarna) drar åt sig värme. ($> 20\text{ °C}$)

Angående motiveringar till acceptabla svar noteras att uttryck för temperaturutjämnning är sparsamt förekommande. Vanligast är att eleven helt enkelt stipulerar att ämnet/föremålet får rumstemperatur:

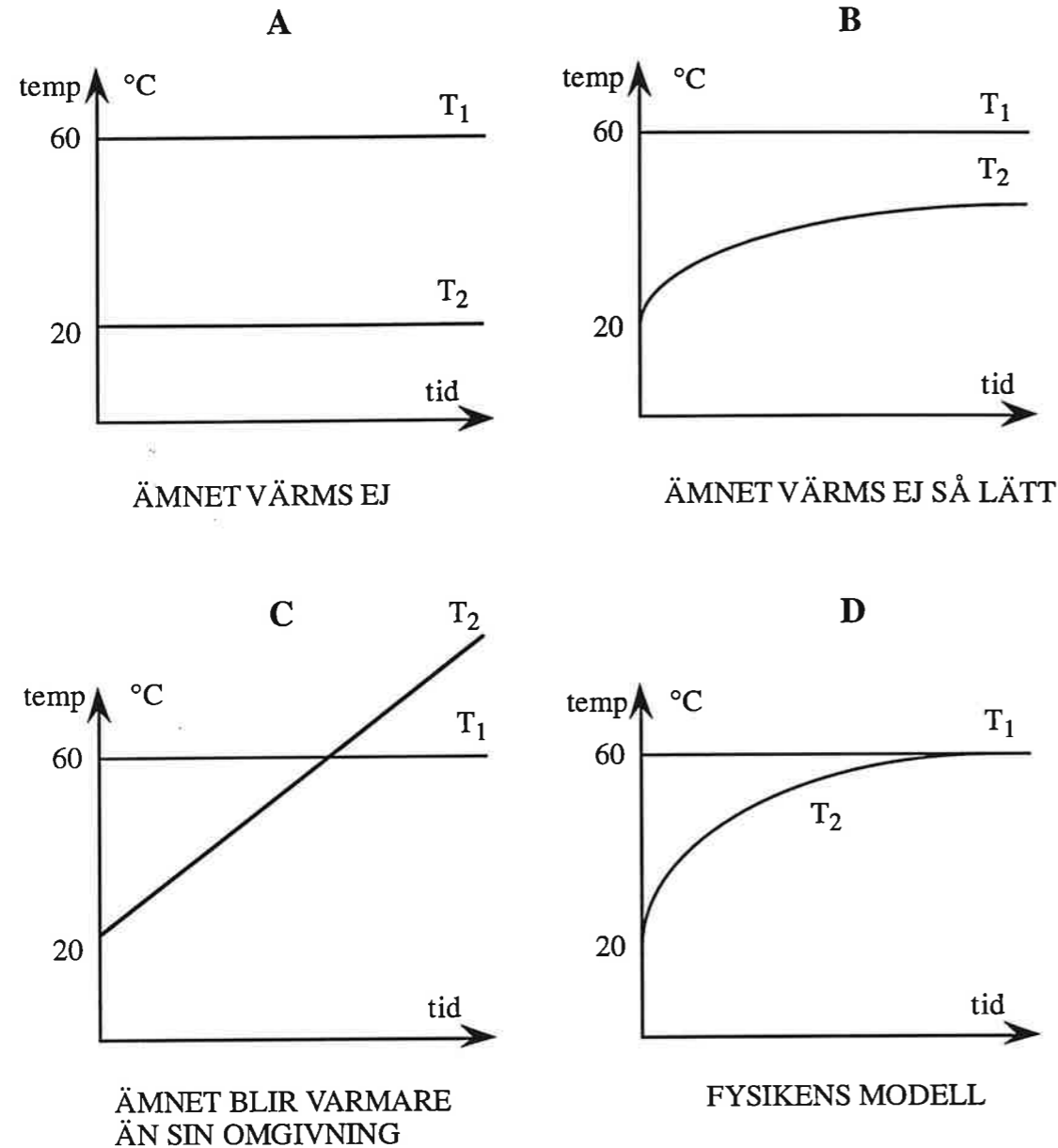
- Mjöl får samma temperatur som rummet.
- Metall blir lika varm som rumstempen.
- Eftersom det är 20 °C i rummet så är också vantarna lika varma.

Det är bara några enstaka elever som motiverar sitt rätta kryssvar genom att hänvisa till en generell princip:

- Även här har naturen den regeln att den strävar efter utjämnning därför är temperaturerna lika.

Så över till en annan iakttagelse. När det gäller uppgift 6A skriver en del elever att mjöl ej kan värmas (kategori IVC). På uppgift 6D är det 15% som väljer alternativet 'Mjölets temperatur har inte ändrats', trots att det stått tre timmar i den varma ugnen. För läraren är det självklart att temperaturen på ett föremål som tillförs värme går upp (om inte fasändringar och annat äger rum). Ej så för en del elever när det gäller vissa ämnen.

Med utgångspunkt i svaren på uppgift 6D kan vi konstatera att det förekommer åtminstone fyra 'modeller' av det som för naturvetaren är termisk växelverkan vilken leder till temperaturutjämnning. Dessa åskådliggörs i figur 13.2.

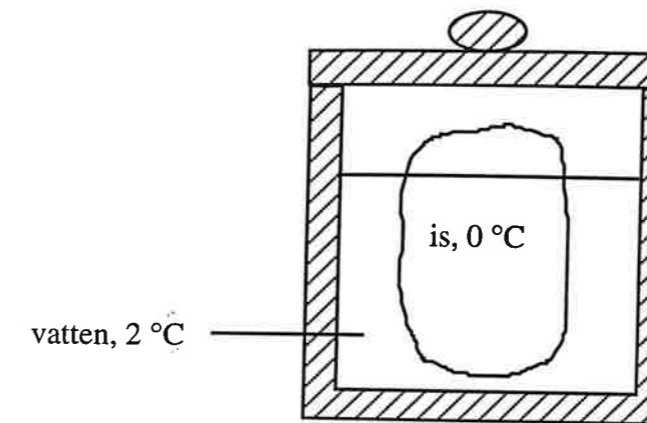


Figur 13.2. Fyra uppfattningar av vad som händer då ett ämne med temperaturen T_2 sätts in i en termostatreglerad ugn med temperaturen T_1 .

Det faktum att de tre första modellerna kommer till uttryck i elevernas svar är ett argument så gott som något för att begreppet termisk jämvikt bör ingå i undervisningen. Det kan hjälpa eleverna att förstå inte bara de situationer som beskrivs i uppgift 6, utan också andra. Ett exempel är det faktum att såväl vatten som is kan vara $0\text{ }^\circ\text{C}$. Som nämnts i samband med uppgift 2 är det en vanlig vardagsföreställning att vatten inte kan vara $0\text{ }^\circ\text{C}$. Denna temperatur är förbehållen is – vatten är alltid lite varmare. Så här kan man försöka argumentera:

Anta att ett stort stycke is, $0\text{ }^\circ\text{C}$, ligger i vatten, $2\text{ }^\circ\text{C}$. Systemet is-vatten är välisolerat. Se figur 13.3! Eftersom vattnet har högre temperatur än isen smälter denna och vattnets temperatur sjunker. Så länge vattentemperaturen är över $0\text{ }^\circ\text{C}$ smälter fortfarande lite is, men temperaturerna närmar sig varandra, enligt principen

om termisk jämvikt. Men vattnet kan inte vara lite över $0\text{ }^\circ\text{C}$ i evighet. Detta innebär ju att en liten mängd vatten kan smälta hur mycket is som helst. I så fall har vi outtömlig energikälla, vilket är orimligt. Alltså måste vattnet till slut bli $0\text{ }^\circ\text{C}$.



Figur 13.3. Ett system med delarna vatten och is i en välisolerad behållare.

Uppgift 7. Glykolen

Uppgiften om glykolen tillkom därför att vi sökte en situation angående temperaturutjämnning, som låg utanför elevens vardagserfarenheter. Vi fastnade för smältande is i glykol, vars temperatur sattes till $-10\text{ }^\circ\text{C}$. För att svara på frågan om vad som händer med glykolens temperatur, resonerade vi, måste eleven överge sina vardagliga erfarenheter av att is kyler och i stället förlita sig på principen om temperaturutjämnning, vilken leder fram till att smältande is, $0\text{ }^\circ\text{C}$, värmer glykol, $-10\text{ }^\circ\text{C}$.

Tyvärr försummade vi att konsultera kemister då uppgiften konstruerades. När så skett i ett senare skede har vi blivit medvetna om att temperaturutjämningsmodellen inte är tillräcklig för att beskriva förloppet. Kemisterna påpekar att isen kommer att smälta i glykolen. Till detta åtgår energi, vilket betyder att temperaturen på glykolen kommer att sjunka under $-10\text{ }^\circ\text{C}$.

Kemister och fysiker svarar alltså olika, vilket är en tydlig indikation på att uppgiften är för svår för eleverna. Grundskolans undervisning ger dem inte kunskaper att reda ut förloppet, och alltså är uppgiften olämplig som utvärderingsinstrument. Därför utgår den också ur vår värdering.

Likväl tycker vi att det finns en hel del i samband med uppgiften som är intressant, varför vi valt att behålla den i redovisningen. En sådan sak är vad som faktiskt händer då smältande is och kallare glykol växelverkar. Vi har satt krossad, smältande is till glykol, $-10\text{ }^\circ\text{C}$, i en mättermos. Temperaturen på vätskan har avlästs under måttlig omröring. Det visar sig då att temperaturen först stiger några grader för att sedan sjunka och efter 3-4 minuter gå under $-10\text{ }^\circ\text{C}$. Vår tolkning är att första fasen av förloppet domineras av att energi som värme överförs från is till vätska. Efterhand som tiden går märks energiöverföring från glykol till is mer och mer.

I ett annat experiment har vi lagt ett helt stycke smältande is, med infrusen termometer, i glykol, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Systemet is-glykol befann sig i en mättermos och en andra termometer var nedsänkt i glykolen. Här har vi sett, under en tid av cirka tio minuter, att temperaturen på isen går ned och den på glykolen upp. Vi tolkar detta som att överföring av energi från glykol till is är ett andra ordningens förlopp under dessa inledande minuter.

De gjorda experimenten tycker vi är spännande. Förutsättningen för att man skall förvåna sig över att temperaturen på vätskan först går upp och sedan ner under $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ är att man förstått fysikens princip om temperaturutjämning. Samma anmärkning gäller det välkända försöket att blanda vatten och etanol, båda av rumstemperatur. Fysiken säger att blandningen skall bli $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Men si, den blir några grader över! Om eleven inte har en temperaturutjämningsmodell i sitt tänkande, så finns inget som 'förbjuder' blandningstemperaturen att gå upp, och då finns det heller inget att undra över. Med andra ord – fysikkunskaper kan skapa behov av kemiska förklaringar.

Hur svarar då eleverna på vår uppgift om isbiten i glykolen?

Det är 18% som anger att glykol blir kallare än sin utgångstemperatur. En hel del elever verkar tänka enligt modellen 'kallt plus kallt blir kallare' eller kanske att is som är kall kyler ner glykolen.

–Därför att det blir kallare när man häller något kallt i det.

Eftersom is i vardagstänkandet förknippas med kyla och nedkylning, kan man anta att idén om att is under vissa omständigheter kan värma något är långt borta för dessa elever.

Men det finns också några elevsvar (kategori IIC) som tyder på ett tänkande i linje med den kemiska modell vi nämnt ovan. Det bästa av dessa svar lyder:

–När isen smälter tar den energi från glykolen och tempen sjunker.

Hur tänker då de elever (33%) som svarar att glykolens temperatur är oförändrad? En föreställning är att glykolen inte så lätt, eller inte alls, påverkas av kyla. Kanske har detta att göra med föreställningen att glykol förhindrar att kylarvätska fryser i bilen, att glykol inte kan frysa och liknande. En annan idé är att isen inte bidrar med ytterligare kyla. Ytterligare en elevtanke är att eftersom isen inte smälter, så bildas ingen vätska som kan blandas in i glykolen. Därför ingen påverkan på densamma. Det framgår inte av svaren om dessa elever tänker sig att isens temperatur påverkas.

Det är 47% av eleverna som svarar att glykolen blir varmare än förut. Förklaringarna är att isen är varmare än glykolen, att den är $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, att isen värmer upp glykolen m. m. Några få elever påpekar att isen blir kallare och glykolen varmare (kategori IVG). Det faktum att så många som 47% svarar att glykolen blir varmare betraktar vi som ett mycket bra resultat på en svår uppgift.

Uppgift 8. Blandningen

En liter vatten, $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, blandas med en liter vatten, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vilken är blandningstemperaturen?

Eftersom situationen innebär en sammanslagning av två mängder, och två temperaturer är givna numeriskt, så kan en additiv modell ligga nära till hands. Det visar sig att 18% av eleverna svarar $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (kategori II):

–Jag tänkte inte så mycket utan jag la bara ihop summorna.

De ser måhända uppgiften som ett räkneproblem och bekymrar sig inte så mycket om det fysikaliska innehållet. En annan förklaring är att de uppfattar temperatur som ett mått på 'värmeenergi' (inre energi), dvs. som en extensiv och inte en intensiv storhet.

Kategori III utgörs av elever som svarat $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (9%). Motiveringarna ger fingervisningar om hur de tänker. En föreställning är att det som är varmast bestämmer temperaturen. Andra elever förstår att en additionsmodell inte kan användas, dvs. $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ är omöjligt. Då måste det vara lite lite mindre...

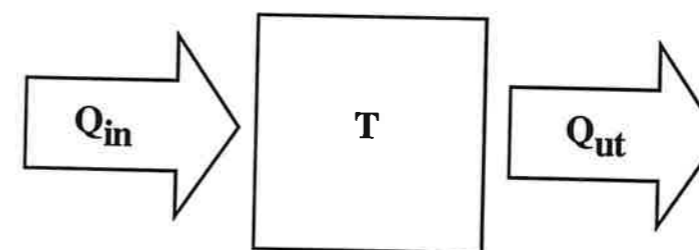
Elever i kategori IV (40%) verkar vara på väg att få sin matematiska modell att stämma överens med den fysikaliska verkligheten. Men de svarar $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Av motiveringarna framgår att många i kategorin tänker sig att det varma vattnet tappar tio grader i värme. Det vore intressant att veta hur de resonerar om vattentemperaturerna är exempelvis 30 och $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, i stället för uppgiftens 10 och $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Det är 20% som avger rätt svar, $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vanligaste motiveringen är att redovisa en beräkning.

13.5 Fortvarighetstillstånd

Uppgift 9. Varför $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ hela tiden?

Ett system kan ha konstant temperatur av olika anledningar. En är att det befinner sig i termisk jämvikt med sin omgivning, en annan att systemet genomgår en fasomvandling. Ett tredje skäl är att systemet avger lika mycket värme som det mottar. Om t. ex. en kastrull med vatten värms på spisen kan det hända att temperaturen stannar på $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ och håller sig där. Det betyder att vattnet inte längre får något nettotillskott av energi. Det avgår hela tiden lika mycket som tillförs. Detta brukar kallas fortvarighetstillstånd eller på engelska 'steady state'. Betrakta figur 13.3!



Figur 13.3. Illustration av energiflöde till och från ett system med temperaturen T

Om $Q_{in} = Q_{out}$ så är T konstant. Om $Q_{in} > Q_{out}$ så ökar T till dess ett nytt fortvarighetstillstånd inträder. Om $Q_{in} < Q_{out}$ så minskar T till ett nytt konstant värde. En viktig och aktuell tillämpning av detta sätt att resonera är diskussionen om huruvida jordens energibalans förändras till följd av ökade utsläpp av växthusgaser.

Uppgift 9 prövar om eleverna förstår innebörden i det vi kallar fortvarighetstillstånd genom att fråga hur det kan komma sig att en person har temperaturen $+37\text{ °C}$, trots att han hela tiden avger energi till ett rum, som är 20 °C . Svaret är att kroppen fortlöpande tillförs energi (från systemet mat + syre), vilket kompenserar förlusten.

Det visar sig att cirka 30% av eleverna för ett energiresonemang. Cirka 20% noterar att kroppen har, förbrukar, förbränner, producerar energi. Därmed har de fått energiekvationen att gå ihop, även om de inte konkret anger vad som är energikälla. Det finns en hel del brister i deras energibegrepp, t. ex. att energi förbrukas eller produceras. Maten anges som energikälla av 10%.

Bland övriga svar noteras att kroppen reglerar temperaturen (14%), att värmeförluster förhindras (10%), t. ex. genom att huden eller kläderna isolerar, och att hjärtat, blodcirkulationen och andningen håller temperaturen konstant (14%). Allt detta har betydelse för hur kroppen upprätthåller sin energibalans, men sätter inte fingret på det som fattas för att 'energibudgeten' skall bli balanserad, nämligen 'inkomsten'.

I enstaka svar kommer ett 'fortvarighetstänkande' till uttryck:

–Vi tar in lika mycket energi som vi ger av och därför håller vi oss på samma kroppstemperatur hela tiden. Och hela tiden får vi mer energi och avger mer.

Ett annat sätt att se på svaren till denna uppgift får vi genom att notera att få elever visar prov på ett flödestänkande när det gäller energi.

Uppgift 10. Elda för kråkorna

I förra uppgiften gällde det för eleverna att förklara varför temperaturen hos ett system är konstant, trots att energi hela tiden avges. Uppgift 10 är liknande, men nu är det fråga om att reda ut varför temperaturen inte ändras, trots att energi hela tiden tillförs.

Det är 13 % (kategori IV C och D) som ger uttryck för ett energiflödestänkande:

–Värme försvinner ut genom väggar, fönster, dörrar, ventilation m. m.

I några svar finns uttryck för fortvarighet:

–Därför att en jämvikt finns. Elementet avger så mycket värmeenergi så att det kompenserar den som försvinner genom dörrar, väggar o fönster. Om man sänker effekten (på elementet) så finns jämvikten längre ner kanske 16 °C . Tvärtom om man höjer den.

Bland alternativa svar är det vanligaste att inställningen på elementet bestämmer temperaturen (kategori II, 40%). Det torde vara vardagens erfarenhet av att man kan

påverka rumstemperaturen genom att vrida på elementets termostat, som ligger bakom denna typ av svar.

Bland övriga svar noteras idén om att kyla kommer in i rummet. Man får en känsla av att värme och kyla betraktas som två olika saker, vilka neutraliserar varandra. I vardagslivet går det bra att säga att kylan kommer in. Ej så i naturvetenskapen, i vilken begreppet kyla inte finns. Där gäller att energi går ut som värme.

Vi tänker oss att ett energiflödestänkande angående bostaden skulle kunna underlätta förståelse för energihushållning, dvs. sakta in flödet från rum till omgivning.

13.6 Betingelser för värmeöverföring

Uppgift 11. Cykelstyret

Uppgift 11 torde av naturvetare lösas med hjälp av ett tankemönster, vars komponenter är följande:

- De växelverkande delsystemen identifieras (hand och metalldelar respektive plasthandtag).
- Delsystemens temperatur noteras och jämförs (handen $+37\text{ °C}$, metalldelar och plast under 0 °C).
- Principen att energi som värme överförs från ett system med högre till ett med lägre temperatur tillämpas, dvs. man drar slutsatsen att värme överförs från hand till metalldelar respektive plast.
- Kunskapen att metall är en bra, och plast en dålig, värmeledare aktiveras.
- Kunnande enligt C och D kombineras till slutsatsen att metall känns kallare än plast därför att i metall transporteras energi från handen fortare bort som värme än i plast.

Med detta som referens noteras att endast 3% av eleverna i sina motiveringar beaktar både hand och styre (kategori E). Eftersom identifiering av de växelverkande delsystemen är ett nödvändigt första steg för att komma vidare med ett riktigt resonemang gör den låga procentsiffran att man misstänker att de flesta elever inte hittar början på den naturvetenskapliga vägen till en lösning. De måste därför ta till olika vardagsförklaringar. Det gemensamma för dessa är att de fokuserar objekt/material och deras egenskaper snarare än interaktion. Det är fråga om statiska förklaringar snarare än dynamiska, dvs. att värme överförs då delsystem växelverkar termiskt. Kategorier av elevförklaringar är bl. a.:

- Metall är till sin natur kallt, plast är varmare (B2)
- Metall har förmåga att hålla kyla bra, plast värme (B3)
- Metall tar upp (drar åt sig, attraherar) kyla, plast värme (C1).

Svar enligt kategori D (ledningsförmåga) kan tyda på att eleven är på rätt väg i sitt tänkande, men också att en del återstår. Bl. a. behandlas värme och kyla som två

separata företeelser. I naturvetenskapen används ej begreppet kyla, inte ens om de växelverkande delsystemen har temperaturer i närheten av absoluta nollpunkten.

Uppgift 12. Varm dryck i olika behållare

Också uppgift 12 löses lämpligen med hjälp av det tankemönster som beskrevs nyss i samband med uppgift 11.

- De växelverkande delsystemen identifieras. En särskild svårighet i detta fall är att beakta den omgivande luften, som är ett av delsystemen. Eftersom luft vanligtvis inte registreras av våra sinnen är det lätt att glömma bort den.
- Delsystemens temperatur noteras och jämförs. En svårighet i denna uppgift är att temperaturerna inte är numeriskt givna. Eleven måste själv göra antagandet att varm betyder varmare än den omgivande luften.
- Principen att värme överförs från ett system med högre till ett med lägre temperatur tillämpas, dvs. man drar slutsatsen att värme överförs från dryck till omgivande luft
- Kunskapen att metall är en bra, och filt, eller filt med luft, en dålig värmeledare aktiveras.
- Kunnande enligt C och D kombineras till slutsatsen att drycken håller sig varm bäst i filtbehållaren.

Det är inte helt lätt att säga hur stor andel av svaren som visar ett tänkande av detta slag. De flesta svar i kategori IIIG verkar dock vara enligt det naturvetenskapliga tankemönstret, även om det är lite störande att kyla någon gång blandas in i svaret.

- Järn är en bra ledare så den leder bort värmen. Filt leder inte bort värmen.
- Filtens leder inte värme och kyla lika bra som järn.

Andra svar är mer svårtolkade, t. ex.:

- Filt isolerar bra.

Svaret kan vara uttryck för överföringstänkande. Isoleras betyder ju i detta sammanhang 'inte så bra värmeledare', dvs. att filt bromsar upp värmeöverföring. Men bakom ordet kan också ligga en mera statisk föreställning, t. ex. att filtbehållaren är som en konservburk för värme, eller att filt drar till sig värme och sedan fungerar som en värmesköld.

Några intressanta svar finns i kategori IIIF, t. ex.:

- Järnbehållaren suger åt sig värme ifrån den varma muggen och avger sedan den vidare ut i luften. Det gör ej filtbehållaren.

Den dataintresserade noterar att järn i svaret fungerar som en server för värme: -Ah! Här kommer värme. Den tar jag hand om och skickar vidare till luften. (Det gör jag minsann mycket bättre än filt!)

Också i denna uppgift är det vanligt att eleven fokuserar objekt och material snarare än växelverkan som leder till överföring av värme. Exempel på förklaringar som har sina paralleller med dem i den förra uppgiften är:

- Filt är till sin natur varmt och värmande (IIIB)
- Filt (även järn) har förmåga att hålla värme (IIC, IIIC)
- Filt (även järn) tar upp, drar till sig m. m. värme (IID, IIID).

Även andra förklaringar, som inte förekommer i uppgift 11, föreslås:

- Järn värms, och värmer sedan drycken (IIE)
- Analogi med termosar av metall/järn (IIB)

Till detta kan läggas en kommentar relaterad framför allt till kategori IIF (järn är tätt). Kommentaren utgår från att vi i vardagen i många fall använder värme som ett substantiv:

- Släpp inte ut den goda värmen!
- Det kommer för lite värme från elementen.
- Vi måste öka på värmen i rummet.

Vidare gäller i vardagen att värme och varm luft är nära förknippade. Vi säger både att värme och varm luft stiger uppåt.

Det här sättet att tala om värme kommunicerar att den är ett objekt eller åtminstone ett halvmateriellt fluidum. Med en sådan föreställning som utgångspunkt är det naturligt att tänka sig att ett mycket tätt material som järn inte släpper igenom värmen, vilket är just det som svaren i kategori IIF uttrycker.

Uppgift 13

Att värme eller varm luft stiger uppåt är en väletablerad föreställning hos de flesta. Om man t. ex. trär en ballong över mynningen på en glaskolv och värmer, så förutsäger majoriteten av eleverna i åk 9 att ballongen kommer att resa sig på grund av att värme eller varm luft stiger uppåt och fyller ballongen. Bara ett fåtal framhåller att luft utvidgar sig vid uppvärmning – allt enligt informella pilotstudier som vi genomfört.

Vi ville med uppgift 13 undersöka i vilken utsträckning elever tillämpar föreställningen om att värme stiger uppåt också när det gäller ämnen i fast form. Det visar sig att så är fallet för cirka 50%. De flesta övriga anser att de båda termometrarna börjar stiga samtidigt, med lite olika motiveringar:

- Avståndet från lödkolven är densamma för båda.
- Värmen sprider sig i kopparn lika snabbt nedåt som uppåt.
- Värmen sprider sig lika fort i hela kopparbiten och det spelar ingen roll om den ligger ned eller hänger i någon riktning.

Med tanke på vunna resultat tycker vi att den här uppgiften erbjuder en ny öppning när det gäller undervisning om värmeledning. Med ett experiment av den typ som beskrivs i uppgift 13 utmanas föreställningen om att varm luft stiger uppåt. Kanske detta gör att eleverna bättre lär sig att värmeledning sker lika bra åt alla håll och är oberoende av tyngdkraftens riktning. Ibland kan det räcka med en vridning 90° för att pigga upp begreppsbyggnaden!

13.7 Sammanfattning av elevers alternativa föreställningar om temperatur och värme

På basis av våra analyser av elevsvar, och med stöd av de internationella forskningsresultat som redovistas i kapitel 4, gör vi följande sammanfattning.

1. Det förekommer att elever tänker sig att temperaturen på vissa ämnen inte ändras, trots uppvärmning och trots att det inte är fråga om en fasövergång.
2. Eleverna behandlar ibland temperatur som ett mått på värmemängd (egentligen inre energi). Om t. ex. två delar vatten blandas, så sägs att blandningstemperaturen är lika med summan av delarnas temperatur.
3. Åtskilliga elever har inte tillförlitligt förstått att den temperatur vid vilken ämnen smälter respektive kokar bara beror av ämne, och för vätskor också av lufttryck. De tänker sig att även mängden av ämnet och takten i värmeförseln påverkar dessa temperaturer.
4. Det är vanligt att eleverna har olika alternativa föreställningar om vad som i naturvetenskapen betraktas som termiska jämviktsförlopp. Om två system av olika temperatur växelverkar termiskt kan eleverna ge uttryck för att temperaturerna hos de båda system inte påverkas alls, att de påverkas men inte utjämnas, att det varmaste eller kallaste helt bestämmer sluttemperaturen och att temperaturerna inte bara utjämnas utan 'korsar' varandra.
5. Värme behandlas ibland som en substans.
6. Värme och kyla behandlas ibland som varandras motsatser, vilka kan neutralisera varandra.
7. Eleverna använder i ringa utsträckning en dynamisk modell för termiska förlopp, dvs. att energi som värme till följd av växelverkan överförs från ett system med högre till ett med lägre temperatur. En konsekvens härav är att temperaturkonstans på grund av fortvarighetstillstånd är svår att förklara.
8. Eleverna har många situationsbundna alternativ till den dynamiska överföringsmodellen när det gäller att förklara fenomen som har med isolering och värmeöverföring att göra, t. ex.
 - ämnen är till sin natur kalla eller varma
 - ämnen har olika förmåga att hålla värme eller kyla
 - ämnen tar upp (drar åt sig, attraherar) värme eller kyla i varierande grad

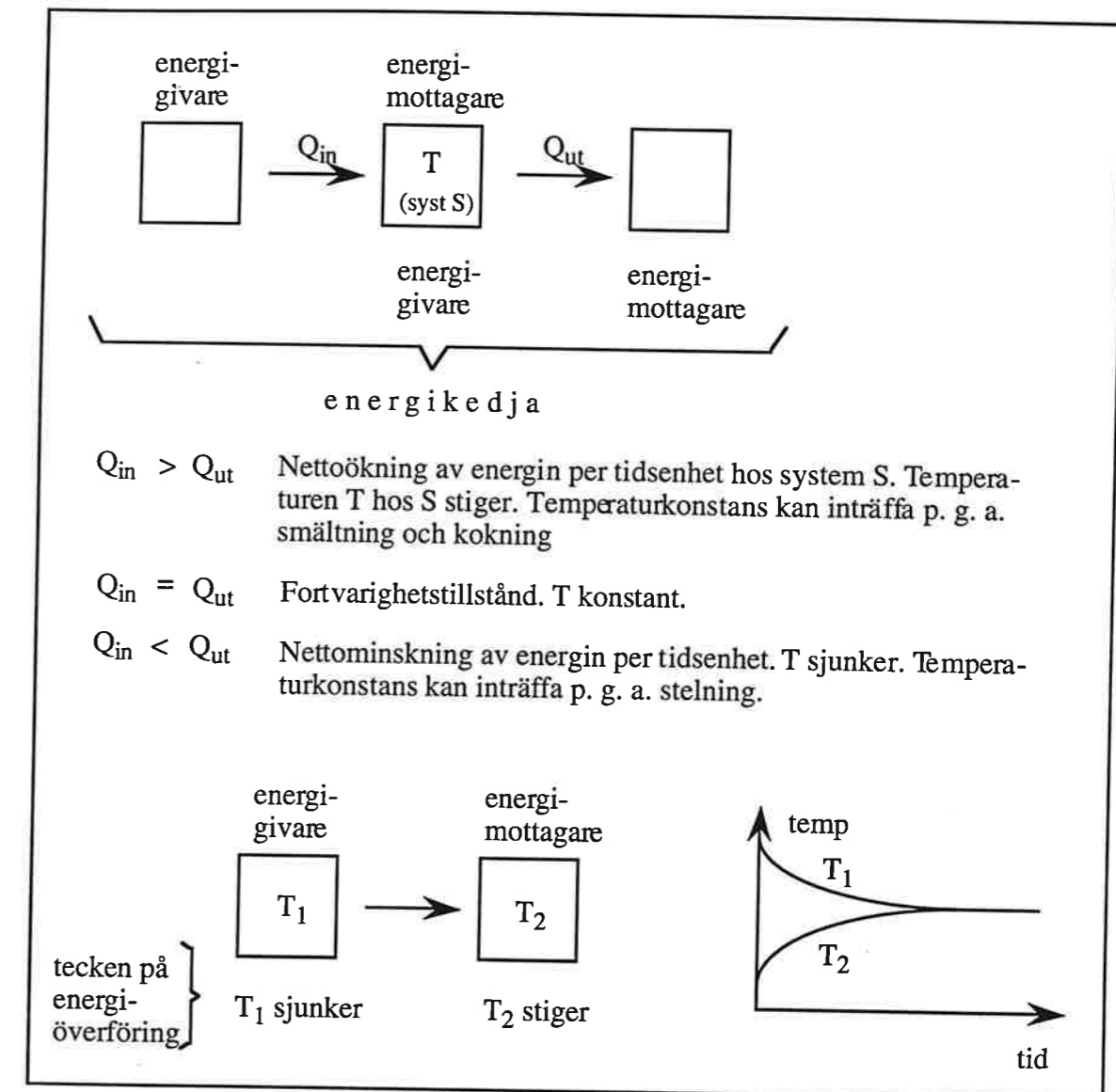
13.8 Naturvetenskapliga begrepp bildar nätverk

Naturvetenskapliga begrepp beror av varandra och ger varandra mening, vilket i det långa loppet är en styrka och en hjälp till förståelse. Men det tar tid, och är mödosamt, att lära sig hur begrepp hänger ihop, hur de så att säga hjälper varandra. Denna lärandeprocess är raka motsatsen till att plugga in fakta som separata kunskapsbitar. Begrepp är inte något som man antingen har eller inte har, utan i stället något som hela tiden, och på olika sätt, förändras – genom tänkande, diskussioner och andra erfarenheter.

Tyvärr har den som är naturvetare ofta glömt sin egen kringelrikiga väg mot förståelse, och tycker kanske därför att våra nationella testuppgifter är lätta och elevsvaren en källa till besvikelse. Därför vill vi här genom ett exempel påminna om

begreppsbildningens komplexitet, i förhoppning om att detta vägs in då läsaren värderar de resultat vi erhållit.

Exemplet är kokning och vi tänker i första hand på vatten. Vårt resonemang börjar med det faktum att temperaturen vid kokning håller sig konstant, trots att värme hela tiden tillförs. Men också vid andra processer kan temperaturkonstans förekomma, nämligen fortvarighet och temperaturutjämnning till termisk jämvikt. Därför innefattar förståelse av kokning att man kan skilja detta fall av temperaturkonstans från de två andra, vilket i sin tur förutsätter kunskap om energiflödet till och från ett system och hur detta inverkar på dess temperatur. Figur 13.4 förklarar närmare.

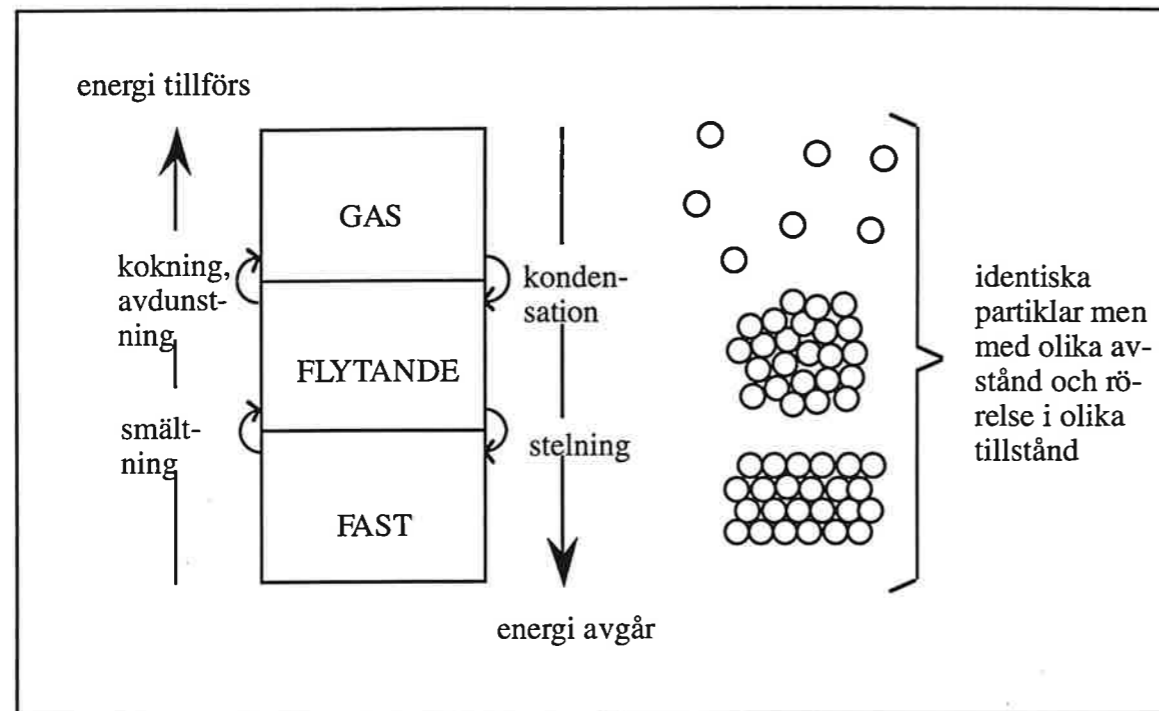


Figur 13.4. Olika fall av temperaturkonstans, relaterade till energiflöde.

Temperatur och energi är två olika storheter. Genom att relatera dem till varandra som ovan får man fördjupad förståelse av kokning. Men också kunskap om

materiens byggnad kommer in i bilden, vilket t. ex. inses om vi erinrar oss ett resultat från den nationella utvärderingen 1992. Det var då bara 30 % av eleverna i åk 9 som angav att de gasbubblor som bildas vid kokning innehåller vattenånga (17). Vanliga alternativ var syre och luft.

En kunskapsstruktur som kan hjälpa eleven att förstå vad kokbubblorna består av framgår av figur 13.5



Figur 13.5. Fasändringar, beskrivna makroskopiskt och på molekylnivå.

De partiklar som bygger upp ämnet, t. ex. vattenmolekyler, ändras bara när det gäller rörelse och inbördes avstånd. Molekylerna som sådana bevaras vid kokning. Alltså samma ämne i nästa fas, dvs. vatten i gasform och inte syre eller luft.

Vill man gå vidare från den partikelmodell av materien som antyds i figur 13.5 kan man koppla ökning av temperaturen till ökning av molekylernas fart. En given temperatur motsvarar en given medelfart hos molekylerna. Om temperaturen på två massor, 1 kg och 2 kg, av ett givet ämne är densamma, så är molekylernas medelfart densamma, oavsett skillnader i massa. Men 2 kg molekyler har dubbelt så stor rörelseenergi som 1 kg när respektive medelfarter är lika.

Temperaturkonstansen vid kokning beror på att tillförd energi blir ökad lägesenergi hos systemet av molekyler. Deras medelfart ändras ej då detta sker.

Den naturvetenskaplige läraren kan tänka fort och lätt med hjälp av strukturerna enligt figur 13.4 och 13.5. För eleven, som inte studerat så länge, är det betydligt svårare. Det framstår som angeläget att i undervisningen underlätta för honom eller henne att länka begrepp till varandra, så att byggandet av generativa strukturer av ovan nämnd typ underlättas.

14 VÄRDERING

Vår väg fram till att värdera har varit ganska lång, men likväl intressant och väl värd att vandra. Först preciserade vi mål för området temperatur och värme, och tog då hänsyn till kursplaner, forskningsresultat om elevers begrepp och svårigheter att förstå samt undervisningspraxis, speglad bl. a. i läromedel. Nästa steg har varit att omsätta målen till testuppgifter. Möjligheterna härvidlag är många och tolkningsutrymmet betydande. Vi har gjort våra val på basis av pilotstudieresultat och efter att ha inhämtat synpunkter från en mindre referensgrupp av erfarna högstadielärare. Under hela denna process möter man olika problem. Vi har berört en del av dessa i avsnitt 2, inte minst svårigheten att med hjälp av relativt få testuppgifter avgöra om ett mål är uppnått eller ej.

Om man accepterar våra val av preciserade mål och bedömer testuppgifterna som rimliga och representativa instrument för att mäta om satta mål är uppställda eller ej, så fastlägger man samtidigt en plattform för värdering. En sak återstår dock, nämligen att ställa upp kriterier för acceptabelt svar. Detta är gjort i tabell 14.1, av vilken också framgår andelen acceptabla svar uppgift för uppgift.

Tabell 14.1. Mål, uppgifter, våra kriterier och andel acceptabla svar för området 'energi'.

MÅL	UPPGIFT	KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR	ANDEL ACCEPTABLA SVAR
Mål 1. Termometrar och vanliga temperaturer	1. Vad visar termometern?	-6 och +17 och +1, med eller utan enhet.	82%
	2. Vanliga temperaturer	Rumstemp 18 – 25 °C och kroppstemp 36,0 – 37,9 °C och kokpunkt för vatten 100 °C och smältpunkt för is 0 °C	38%
Mål 2. Utvidgning och sammandragning	3. Kvicksilvertermometern	Kategori D, E, F, eller G utom 'annat'	38%

Tabell 14.1(forts). Mål, uppgifter, våra kriterier och andel acceptabla svar för området 'energi'.

MÅL	UPPGIFT	KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR	ANDEL ACCEPTABELA SVAR
Mål 3. Smält- och kokpunkt	4. Smältande snöbollar	Kategori IV C, D, E, F, G eller H	24%
	5. Kokande vatten	Kategori IV C, D, E, eller F	44%
Mål 4. Termisk jämvikt	6:1 Mjöl, stålsked och vantar i rum, +20 °C	Kategori IV för såväl mjölet som stålskeden som vantarna	11%
	6:2 Mjöl, stålsked och vantar i ugn, +60 °C	Rätt svar för såväl mjöl som stålsked och yllevantar	9%
	7. Glykolen	Utgår ur värderingen	
	8. Blandningen	Kategori V B eller C	18%
Mål 5. Fortvarighetstillstånd	9. Varför 37 °C hela tiden?	Kategori F4, F5, G eller H	15%
	10. Elda för kråkorna	Kategori IV	20%
Mål 6. Betingelser för överföring av energi som värme	11. Cykelstyret	Kategori D4 eller E	6%
	12. Varm dryck i behållare	Kategori III C, D, E, F eller G	30%
	13. Kopparstycket	Kategori IV	45%


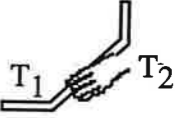
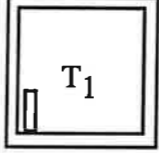
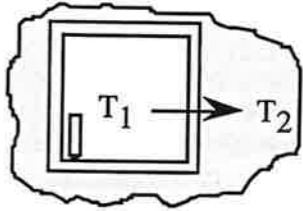
Vi anser att uppnådda resultat är långt ifrån tillfredsställande, vilket leder till en önskan att förbättra grundskolans undervisning om temperatur och värme. Vi använder därför i nästa avsnitt erhållna resultat och analyser som underlag och utgångspunkt för att skissera efter vilka linjer detta skulle kunna ske.

15 NYA MÖJLIGHETER ATT UNDERVISA OM TEMPERATUR OCH VÄRME

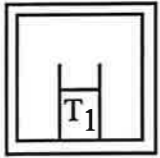
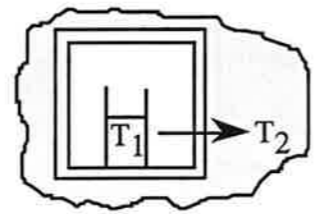
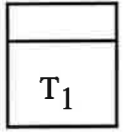

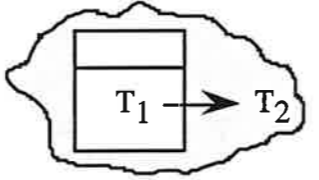
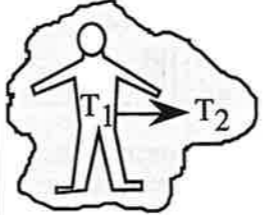
15.1 Växelvekande delsystem

Av svaren på våra uppgifter framgår att bara en liten del av eleverna i åk 9 analyserar termiska förlopp genom att välja ett system med växelvekande delsystem mellan vilka värme passerar. Det är t. ex. bara 3% som fokuserar interaktionen hand-cykelstyre då de skall förklara varför metallen känns kallare än plasthandtagen. Majoriteten håller sig till delsystemet 'styre' och förklarar genom att hänvisa till inneboende egenskaper hos metall eller plast. Det förra systemvalet är vetenskapens, det senare hör hemma i vardagstänkandet. I tabell 15.1 ges fler exempel.

Tabell 15.1 Exempel på vardaglig och vetenskaplig förklaring av termiska fenomen

FENOMEN	VARDAGLIGT SYSTEMVAL, FÖRKLARING BASERAD PÅ INNEBOENDE EGENSKAPER	VETENSKAPLIGT SYSTEMVAL, FÖRKLARING BASERAD PÅ VÄXELVERKANDE DELSYSTEM
ett cykelstyre känns kallt	system STYRE  järn är kallt	system STYRE-HAND  $T_2 > T_1$, därför överförs energi som värme från hand till styre. T_2 sjunker snabbt, ty järn leder bra.
temperaturen i ett rum är 20 °C, trots att elementet är på hela tiden och avger energi till rummet	system ELEMENT  termostaten bestämmer temperaturen	system ELEMENT-RUM-OMGIVNING  $T_1 > T_2$, därför överförs energi som värme från rum till omgivning. Men T_1 sjunker ej eftersom energi tillförs rummet från elementet

Tabell 15.1 (forts.) Exempel på vardaglig och vetenskaplig förklaring av termiska förlopp

FENOMEN	VARDAGLIGT SYSTEMVAL, FÖRKLARING BASERAD PÅ INNEBOENDE EGENSKAPER	VETENSKAPLIGT SYSTEMVAL, FÖRKLARING BASERAD PÅ VÄXELVERKANDE DELSYSTEM
i en filtbehållare är en varm dryck varm ganska länge	<p>system DRYCK-FILT</p>  <p>filt är varmt, den yttre behållaren håller värmen</p>	<p>system DRYCK-FILT-OMGIVNING</p>  <p>$T_1 > T_2$, därför överförs energi som värme från mugg till omgivning. T_1 sjunker men sakta, ty filten bromsar energiöverföringen.</p>
vatten, 37 °C, svalnar, men ej kroppen, som håller sig på 37 °C hela tiden	<p>system VATTEN</p>  <p>vattnet svalnar av sig självt</p> <p>system KROPP</p>  <p>hjärtat pumpar runt varmt blod</p>	<p>system VATTEN-OMGIVNING</p>  <p>$T_1 > T_2$, därför överförs energi som värme från mugg till omgivning. T_1 sjunker, och T_2 stiger</p> <p>system KROPP-OMGIVNING</p>  <p>$T_1 > T_2$, därför överförs energi som värme från kropp till omgivning. Men T_1 sjunker ej eftersom energi tillförs kroppen från mat+syre</p>

Kanske har vi här att göra med en mer allmän tendens i vardagstänkandet, nämligen att förklara fenomen med inneboende egenskaper hos objekt snarare än som ett resultat av växelverkan mellan delar av ett system. Vi kallar den förra förklarings-typen 'inneboende kausalitet', den senare 'växelverkan'. I tabell 15.2 ges några fler exempel.

Tabell 15.2 Exempel på vardagliga och vetenskapliga förklaringar.

VARDAGLIG FÖRKLARING – INNEBOENDE KAUSALITET	VETENSKAPLIG FÖRKLARING – VÄXELVERKAN
korken flyter därför att den är lätt	korken flyter därför att tyngden och vätskans lyftkraft balanserar varandra
stenen faller därför att den är tung	stenen faller på grund av att sten och jord växelverkar gravitationellt
personen faller inte ned i källaren därför att golvet han står på är starkt	personen faller inte ned i källaren därför att en motkraft från golvet balanserar hans tyngd
varm luft stiger uppåt (dvs. det är den varma luftens inneboende natur att stiga uppåt)	den varma luften börjar röra sig uppåt därför att den omgivande luftens lyftkraft är större än den varma luftens tyngd

Det nu sagda gör oss benägna att föreslå, att begreppen växelverkan, tecken på växelverkan och system introduceras och används för att analysera förlopp, inte bara i värmelära utan också inom andra områden. Dessa begrepp är uttryck för ett grundläggande naturvetenskapligt synsätt, nämligen att förändringar beror på att föremål eller delsystem växelverkar, på samma sätt under samma betingelser. Detta är en viktig utgångspunkt för vetenskapliga förklaringar, och ett nytt sätt att tänka i förhållande till den 'inneboende kausalitet' som används i en hel del vardagliga sammanhang.

Begreppet växelverkan användes av Karplus (17) i hans program SCIS (Science Curriculum Improvement Study), avsett för 6-12 år gamla elever. Eleverna fick redan på lågstadiet möta synsättet att förändringar beror på att föremål växelverkar – tänkt som ett första steg mot naturvetenskapens sätt att förklara skeenden. I elvaårsåldern introducerades så en annan idé, nämligen att då föremål växelverkar kan energi överföras från ett delsystem till ett annat. Iakttaga förändringar tolkas nu inte bara som tecken på växelverkan utan också som tecken på energiöverföring.

Ta som exempel varmt och kallt vatten som växelverkar enligt figur 13.1, övre halvan. Tecken på växelverkan är att temperaturen sjunker på det varma vattnet och stiger på det kalla. Dessa temperaturändringar är också tecken på energiöverföring. Det varma vattnet är energikälla och det kalla energimottagare.

15.2 Modell för analys av termiska förlopp

Om eleverna har en vana att använda de nu diskuterade begreppen, så torde det underlätta förståelse för följande mer detaljerade sätt att analysera termiska förlopp:

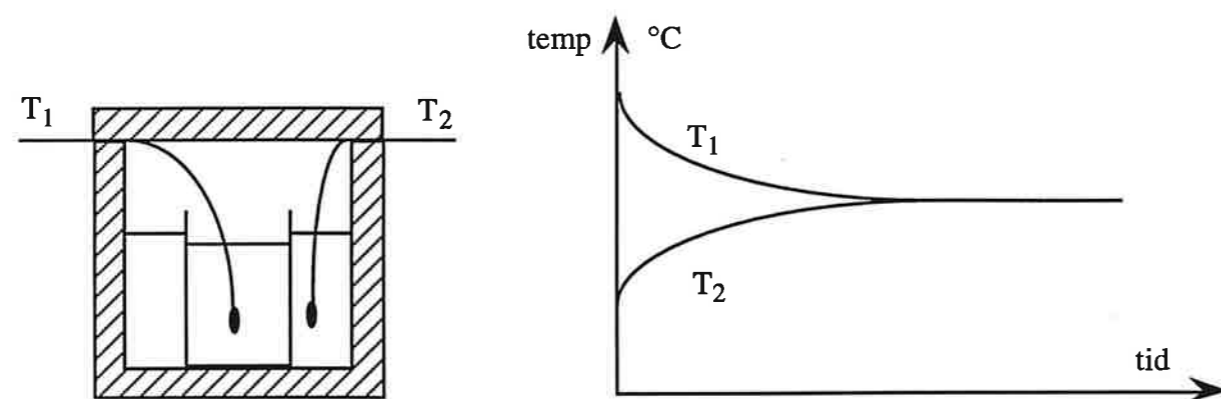
1. De växelverkande delsystemen identifieras. En svårighet i detta sammanhang är att ett av delsystemen ofta är den omgivande luften, som är omärklig till sin natur.
2. Delsystemens temperatur noteras och jämförs.
3. Om temperaturerna är olika överförs energi som värme från delsystemet med högre till det med lägre temperatur.
4. Temperaturerna utjämnas efter hand.

Vi noterar att i denna beskrivning används begreppen temperatur, energi som värme och idén om temperaturutjämnning (termisk jämvikt) på ett sammanhängande sätt. Begreppen ger varandra mening – de utgör en helhet med vars hjälp man kan strukturera och förstå termiska fenomen. Eftersom våra analyser av elevsvar visar att de flesta elever inte använder sig av nämnda helhet menar vi att det är viktigt att eleverna får möta den från början av den elementära termodynamiken och använda den många gånger på varierande fenomen. Vad detta kan innebära i praktiken exemplifieras i nästa avsnitt.

15.3 Några konkreta exempel

Ett inledande experiment

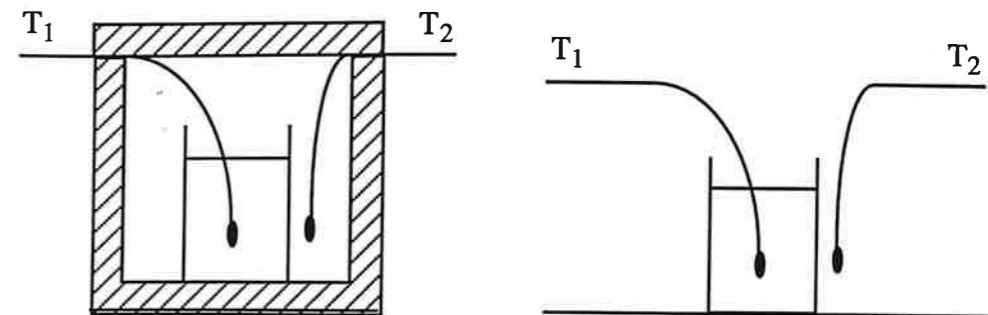
Varmt vatten, cirka $+30\text{ }^\circ\text{C}$, får växelverka med kallt, cirka $+10\text{ }^\circ\text{C}$. Se figur 15.1! Lämpliga kärl kan t. ex. vara en plåtburk och en mathermos. Eleverna gör en förutsägelse och studerar så temperaturerna T_1 och T_2 samt ritar grafen i figur 15.1. I den efterföljande diskussionen poängteras att energi som värme överförs från varmt till kallt vatten. Tecken på detta är att T_2 minskar och T_1 ökar. Efterhand utjämnas temperaturerna. Då har energiöverföringen upphört.



Figur 15.1 Energiöverföring från varmt till kallt vatten.

I anslutning till experimentet kan man diskutera mät noggrannhet, t. ex. genom att med ett antal termometrar (digitala eller andra) mäta temperaturen på en given mängd vatten och notera de små olikheter i avläsningar som förekommer.

Nästa experiment går ut på att göra eleven medveten om att den omgivande luften kan vara energimottagare vid termisk växelverkan. Varmt vatten placeras t. ex. i en mathermos så som figur 15.2 antyder. T_1 sjunker sakta och T_2 stiger märkbart. Energi som värme överförs alltså från det varma vattnet till den omgivande, inneslagna luften. (Man skall inte vänta sig termisk jämvikt mellan vatten och innesluten luft, eftersom isoleringen inte är perfekt – energi som värme kommer att avgå till omgivningen.)



Figur 15.2 Energiöverföring från varmt vatten till luften i en frigolitbehållare. Figur 15.3 Energiöverföring från varmt vatten till omgivande luft

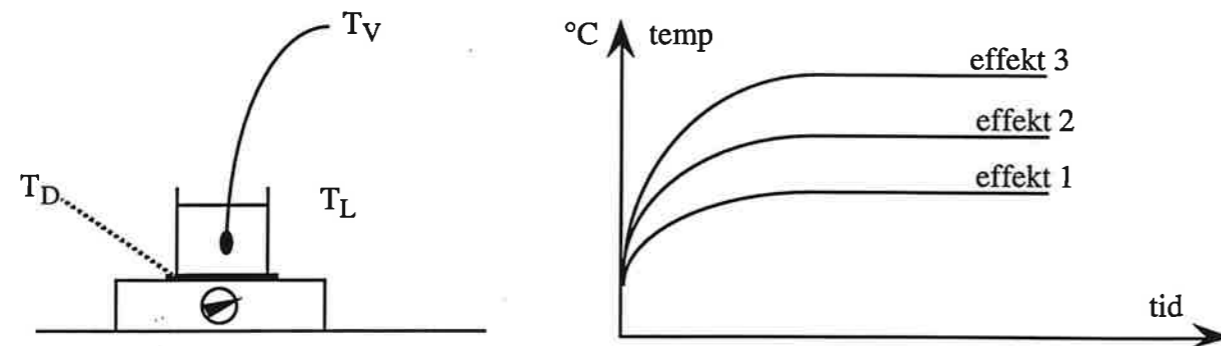
Härifrån tas steget till det experiment som är beskrivet i figur 15.3. Nu stiger T_2 obetydligt jämfört med experimentet nyss. Men T_1 sjunker hela tiden och till slut är T_1 och T_2 lika. Vart tar T_2 's energi vägen? Här finns möjlighet att komma in på såväl konvektion som energins utspridning.

Efter detta görs följande generalisering:

Om två system av olika temperatur växelverkar, så överförs energi som värme från det med högre till det med lägre temperatur. Temperaturerna tenderar att utjämnas.

Innebörden i fortvarighetstillstånd

Nu är det dags att med hjälp av detta tankemönster betrakta uppvärmning av vatten med en energikälla som har konstant effekt, vilken dock inte är så stor att kokning inträder – se figur 15.4!



Figur 15.4 Uppvärmning av vatten tills stationärt tillstånd inträder. V betyder vatten och L luft. T avser temperatur, och 'effekt' är plattans effekt.

Vad händer med vattnets temperatur då vi slår på plattan på låg effekt? Jo, eftersom T_D är hög och T_V cirka $20\text{ }^\circ\text{C}$, så överförs energi som värme till vattnet. T_V stiger. Men då blir T_V större än T_L , dvs. energi som värme överförs från vatten till den omgivande luften. Vi får alltså en situation där vattnet både mottar och avger energi. Tre fall är möjliga:

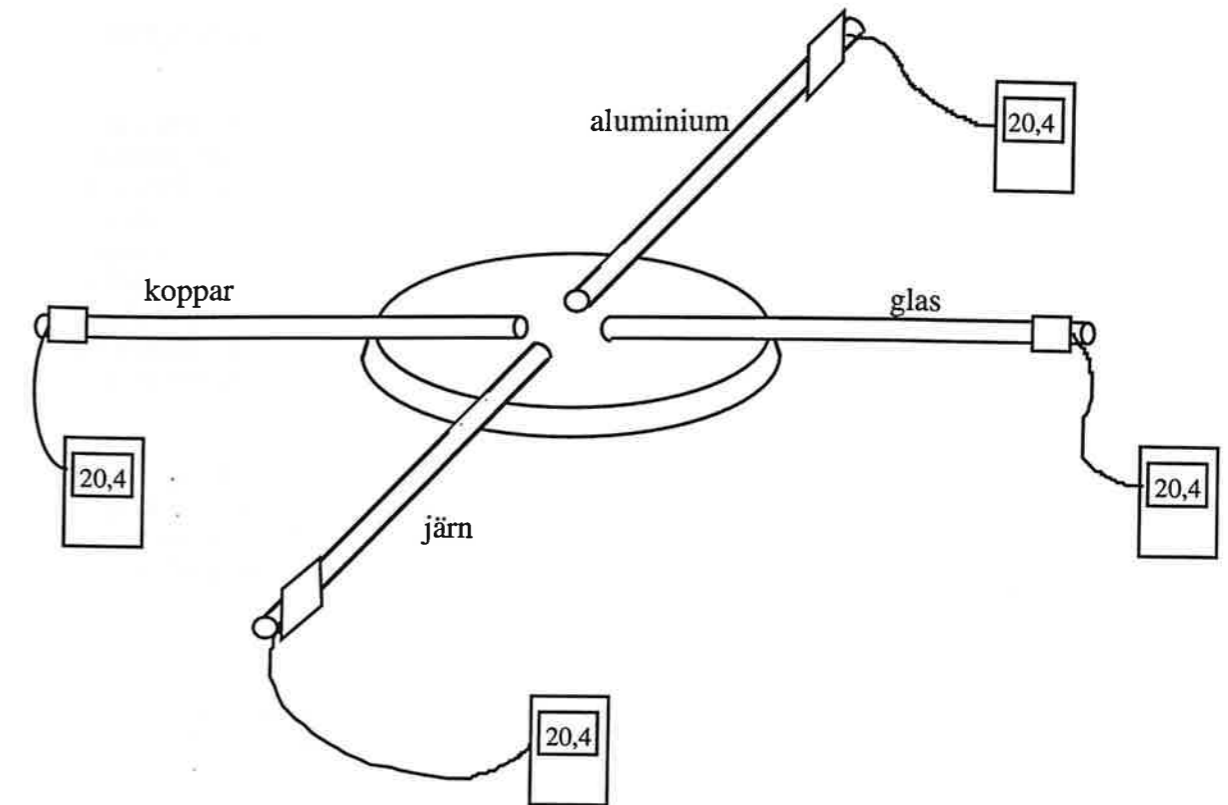
energin till vattnet från plattan	ÄR STÖRRE ÄN ÄR LIKA MED ÄR MINDRE ÄN	energin från vattnet till den omgivande luften
-----------------------------------	---------------------------------------------	------------------------------------------------

Eleverna får fundera över vad som händer med T_D i respektive fall och sedan göra experimentet. De kan upprepa försöket med ändrad effekt på plattan. Det vore onekligen intressant att veta om eleverna i en grupp kan resonera sig fram till att temperaturkonstans kan bero på att tillförd effekt är lika med avgiven.

I det här sammanhanget är våra uppgifter 'Varför $37\text{ }^\circ\text{C}$ hela tiden' och 'Elda för kråkorna' (se avsnitt 11) lämpliga att diskutera i grupp.

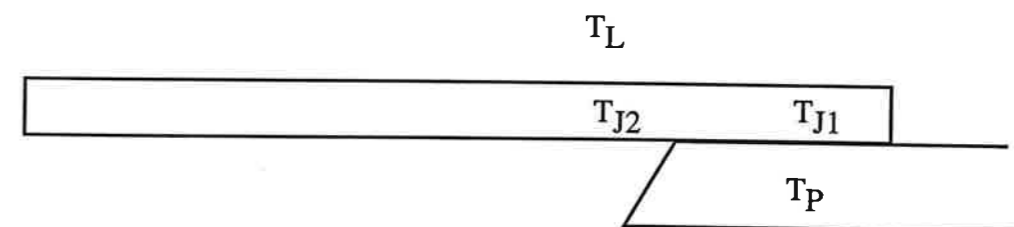
Ledning och mysteriet med den kalla metallbiten

Några stavar av olika material läggs på en kokplatta som figur 15.5 på nästa sida visar. Ovanpå plattan och stavarna placeras en tyngd, som förbättrar kontakten mellan platta och stavar. I andra ändan av respektive stav har sensorn på en digitaltermometer tejpats fast. Eleverna får fundera över vad som eventuellt kommer att hända då plattan sätts på.



Figur 15.5 Experiment för att utröna värmeledningsförmåga hos olika material.

Följande resonemang kan föras (se figur 15.6). Eftersom plattans temperatur är betydligt högre än järnstavens överförs energi som värme från platta till stav. Temperaturen T_{J1} stiger och blir då högre än T_{J2} . Då överförs energi som värme från ett område till nästa på staven, som i sin tur får högre temperatur än nästa osv. Man brukar tala om att värme leds längs staven. Allteftersom stavens temperatur stiger överförs också energi som värme till den omgivande luften, vars temperatur T_L är lägre än T_{J1} och T_{J2} . Uppenbarligen leds värme olika bra i olika material. Experimentet enligt figur 15.5 ger belägg för att metaller leder bra, och glas dåligt.



Figur 15.6 Stav på kokplatta. P betyder platta, J järn, L luft. T avser temperatur. Eleverna kan fundera på om man kan reducera energiöverföring som värme från stav till luft och med lämpliga experiment pröva sina hypoteser.

Efter detta kan det vara värt att pröva på följande resonemang. Förutsättningarna är att ett stycke järn ligger i rumstemperatur, som är $20\text{ }^\circ\text{C}$. Man tar på järnbiten och konstaterar att den känns kall. Hur många elever i klassen tänker sig att dess temperatur är lägre än $20\text{ }^\circ\text{C}$? Åtminstone hälften, om man går efter resultatet på vår

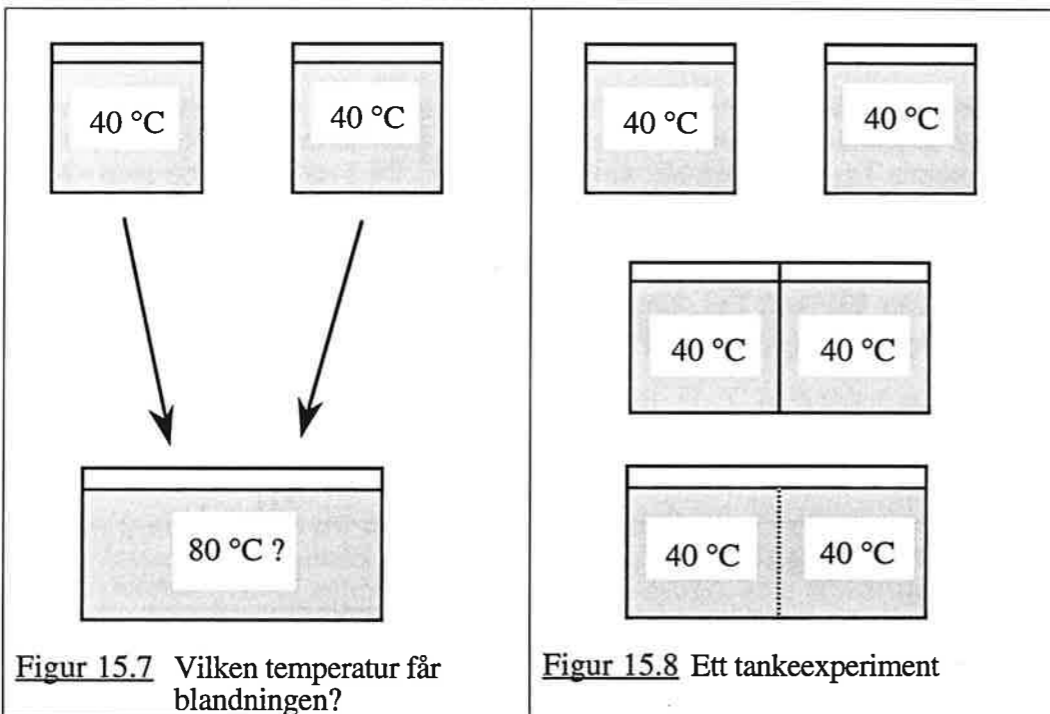
uppgift 'mjölet, skeden och vantarna' (avsnitt 10). Kanske följande resonemang kan stimulera alla elever i klassen att tänka efter:

Vi antar att temperaturen på järnbiten faktiskt är lägre än $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Då har vi en situation som innebär att energi som värme överförs från luft till järnbit, dvs. järnbitens temperatur går upp och blir efter ett tag $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ den också. Om vi tar på den vid ett senare tillfälle, så borde den kännas varmare. Men det gör den inte. I själva verket känns en järnbit alltid kall, oavsett hur länge den legat i ett rum. Vad gör vi i detta läge av resonemanget? Vi har två saker att välja på. Antingen överger vi vår idé om temperaturutjämnning eller också håller vi fast vid den och skapar en annan förklaring. Kanske experimentet med kokplattan och de fyra stavarna kan ge en ledtråd? Eleverna funderar över detta i grupp. Förhoppningsvis kommer de fram till den vedertagna förklaringen.

Efter detta kan eleverna få fundera över vilken temperatur det är på några material som legat länge i ett rum – trä, aluminium, plast, ylle, glas, järn, fleecetyg... Tre grupper kan vara aktuella – högre än, samma som, och lägre än rumstemperatur. Härfter vidtar mätning (hur skall denna göras?), och eventuell omprövning av de egna tankarna.

Att skilja på temperatur och energi

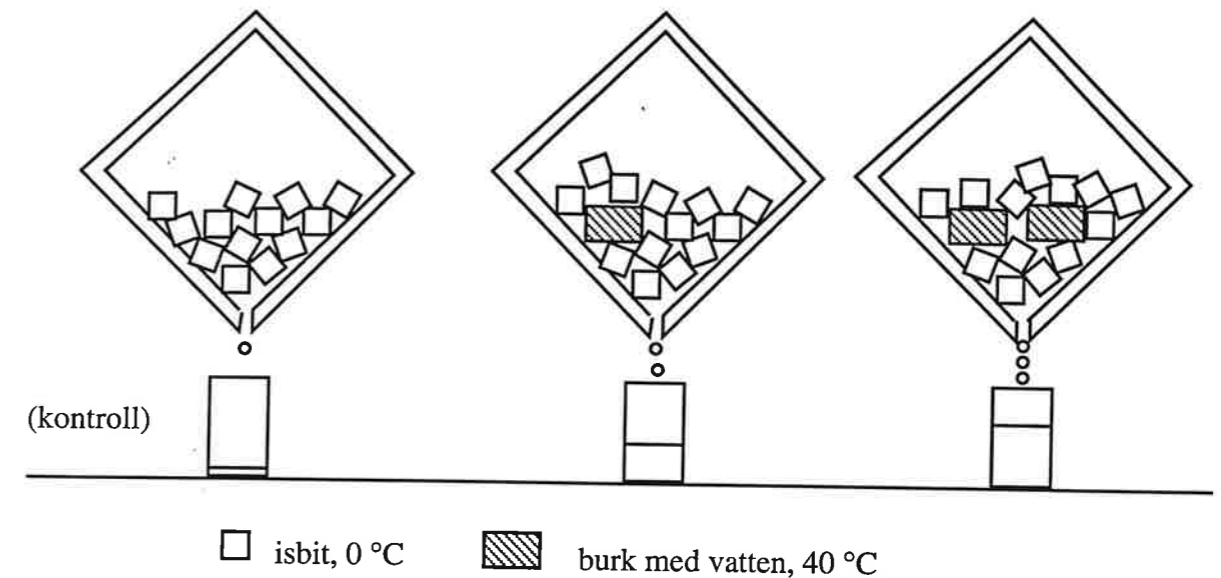
Det är inte alldeles ovanligt att elever tänker sig att om man håller ihop 1 l vatten, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, med 1 l vatten, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, så blir blandningen $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se figur 15.7. Hur skall vi övertyga dem om att $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ är det rätta svaret?



Att hålla ihop och mäta temperaturen är naturligtvis en möjlighet, men varför inte pröva ett tankeexperiment i stället? Vi börjar med två kuber med vardera 1 l vatten, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Så för vi dem i kontakt med varandra. Se figur 15.8. Eftersom temperaturerna är lika sker ingen energiöverföring som värme. Så tar vi bort mellanväggen. (Det är inga praktiska problem med detta när vi gör tankeexperiment!) Ingen

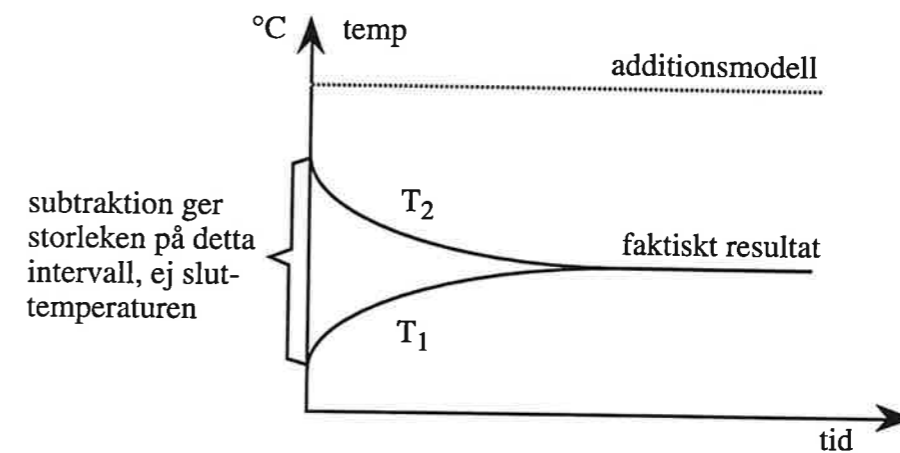
överföring av energi sker nu heller. Båda vattenmängderna har samma temperatur, dvs. hela mängden, som är 2 l, har temperaturen $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Temperaturen fördubblas alltså inte. Men kanske något annat fördubblas? Voly-men, naturligtvis, och massan. Men också energin, vilket intuitivt kan inses om man tänker på en energiöverföring, t. ex. smältning av is, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. 2 l vatten, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, borde kunna smälta dubbelt så mycket is som 1 l, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dvs. dubbelt så mycket energi avges från den större mängden. En figur av typ 15.9 kanske kan underlätta förståelsen. Med andra ord kan man säga, att temperatur inte är ett energimått.



Figur 15.9 Ett sätt att få ett mått på mängden överförd energi från varmt vatten till smältande is

Här kan man fortsätta att blanda vatten av olika temperaturer och fundera ut vilken temperatur blandningen får. Som framgått av vår uppgift 'blandningen' (avsnitt 10) använder eleverna såväl en additions- som en subtraktionsmodell. Det diagram som ritades i samband med det inledande experimentet i vår undervisningssekvens (se figur 15.1 och 15.10) kanske kan få dem på andra tankar.



Figur 15.10 Vilken blir sluttemperaturen då varmt och kallt vatten växelverkar termiskt? Faktiskt resultat och två vanliga elevmodeller.

Avslutande kommentarer

Avsikten med avsnitt 15 har varit att demonstrera att man kan få en hel del nya och mycket konkreta idéer om man sätter sig in i hur eleverna tänker och vilka svårigheter de har att förstå. Nästa steg är att pröva dessa idéer i praktiken. Då kommer man att lära sig mer om elevtänkande, vilket torde leda till en hel del modifieringar i stort och smått av den undervisningssekvens man startade med. Förhoppningsvis stimulerar hela denna rapport till sådan verksamhet!

NOTER

1. Karplus, 1965
2. Beckman, Kjällerström och Sundström, 1984, s. 41.
3. Richards, Sears, Wehr och Zemansky, 1960, s. 331.
4. Tiberghien, 1985, s. 70
5. Driver och Russel, 1981.
6. Engel Clough och Driver, citerad av Tiberghien, 1985, s. 71.
7. Tiberghien, 1985, s. 67-68
8. Tiberghien, 1985, s. 68
9. Andersson och Renström, 1979.
10. Driver och Russel, 1981.
11. Engel, 1982, citerad av Erickson, 1985, s 56.
12. Erickson, 1979.
13. Tiberghien, 1985, s. 73
14. Ibid., s. 73-74
15. TEFY är ett läromedelssystem för grundskolans högstadium i fysik, kemi och teknik. Det ges ut av TEFY, Munka Ljungbyvägen 55A, 262 00 Ängelholm.
16. Fysik, Försök och fakta är en del av ett läromedelssystem för högstadiet som ges ut av Liber, 205 10 Malmö.
17. Andersson, Bach och Zetterqvist, 1993, s. 37.
18. Karplus, 1976.

REFERENSER

Andersson, B., & Renström, L. (1979). *Temperatur och värme: kokning*. (Rapport Elevperspektiv nr 3). Mölndal: Institutionen för pedagogik, Göteborgs universitet.

Andersson, B., Bach, F., & Zetterqvist, A. (1993). *Nationell utvärdering – åk 9: Vad kan eleverna om materia?* (Rapport NA-SPEKTRUM, Nr 5). Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.

Beckman, O., Kjällerström, B., & Sundström, T. (1984). *Energilära*. Almqvist & Wiksell.

Driver, R., & Russel, T. (1981). *An investigation of the ideas of heat, temperature and change of state of children aged between 8 and 14 years*. Unpublished manuscript, University of Leeds, Leeds.

Engel Clough, E., & Driver, R. (1985). Secondary students' conceptions of the conduction of heat: bringing together personal and scientific views. *Physics Education*, 20, 176-182.

Engel, E. (1982). The development of understanding of selected aspects of pressure, heat and evolution in pupils aged between 12 - 16 years. Unpublished PhD thesis, University of Leeds.

Erickson, G. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63, 221-30.

Erickson, G. (1985). Heat and temperature, Part A: An overview of pupils' ideas. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 55-66). Milton Keynes: Open University Press.

Halliday, D., & Resnick, R. (1981). *Fundamentals of Physics*. (Second edition, extended Version). New York: John Wiley & Sons.

Karplus, R. (1965). *Theoretical background of the Science Curriculum Improvement Study*. Berkeley: Lawrence Hall of Science.

Karplus, R. (1976). The SCIS Physical Science Program. In J. R. Eakin & R. Karplus (Eds.), *SCIS final report* (pp. 23-37). Berkeley: Lawrence Hall of Science, University of California.

Richards, R. A., Jr., Sears, F. W., Wehr, M. R., & Zemansky, M. W. (1960). *Modern university physics*. Reading (MA): Addison-Wesley

Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature, Part B: The development of ideas with teaching. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 67-84). Milton Keynes: Open University Press.