

TEMPERATUR OCH VÄRME

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

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

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

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

OM PROJEKTET NORDLAB

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

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

NORDLAB leds av en projektgrupp med följande medlemmar

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

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

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

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

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

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

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

OM PROJEKTET NORDLAB-SE

Syfte

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

Tonvikt på förståelse

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

Teman

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

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

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

Användning

Framtagen materiel kan användas i många olika sammanhang:

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

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

Framtagen materiel

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

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

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

INNEHÅLL

DEN TIBETANSKA BÖNEPLATTAN	5
VETENSKAPLIGA OCH VARDAGLIGA FÖRKLARINGAR AV TERMISKA FENOMEN	7
Skolans naturvetenskap: förklaring på makroskopisk nivå	7
Systemtänkande	8
Värme uppfattad som rörelse	9
Drag i elevers vardagliga föreställningsvärld om termiska fenomen	10
Vilken dryck håller sig varmast?	13
Varför är det +20 °C i rummet hela tiden?	14
EN MODELL FÖR ATT TÄNKA OM VÄRMEÖVERFÖRING	15
Inneboende egenskaper kontra växelverkande delsystem	15
Analysmodell	16
Inneboende egenskaper och termisk jämvikt	17
VÄRME OCH INRE ENERGI	19
NÅGRA FLER EXEMPEL PÅ ELEVERS BEGREPP OM VÄRME OCH TEMPERATUR	21
Värmets natur	21
Svårigheter att skilja på temperatur och värme	22
Blandning av vattenmängder med olika temperatur	22
Värme tenderar att stiga uppåt	23
Fasövergångar	24
NOTER	26
REFERENSER	27
BILAGA. Elevuppgifter	29

TEMPERATUR OCH VÄRME

Workshopen inleds med att en känd författare kysser en tibetansk böneplatta, vilket får oanade konsekvenser för honom själv. Samtidigt uppstår en stimulerande utgångspunkt för en diskussion av hur skolan förklarar fenomen, vid vilka delsystem av olika temperatur växelverkar. Närmare bestämt är det fråga om värmeöverföring genom ledning. Strömning och strålning tas inte upp i workshopen. Härfter följer en beskrivning av olika aspekter av elevers vardagliga föreställningsvärld angående temperatur, värme och termiska förlopp, inklusive en hel del exempel. Så introduceras en modell för att analysera sådana förlopp. Den bygger på växelverkan mellan delsystem, och kontrasteras mot vardagstänkandet, som oftast fokuserar bara ett delsystem och inneboende egenskaper hos detta. Den strikta vetenskapliga innebörden av 'värme' diskuteras sedan, varefter följer ytterligare exempel på elevers föreställningar. I workshopen ingår ett antal uppgifter, som kan användas för diagnos och utvärdering av elevers kunskaper inom området temperatur och värme.

DEN TIBETANSKA BÖNEPLATTAN

"Thorong La-passet, Annapurnamassivet i Nepal. Höjd 5 415 meter. Jag har klarat det. Äntligen är jag uppe! Lättnaden är så stor att jag vräker mig på rygg och bara flämtar. Benen svider av mjölksyra, huvudet dunkar och värker i höjdsjukans första stadium. Dagsljuset är oroväckande flammigt. En plötslig vindstöt varnar om sämre väder. Kölden biter i kinderna och jag ser en handfull vandrare skyndsamt axla sina ryggsäckar och börja nedfarten mot Muktinath.

Jag blir ensam kvar. Kan inte förmå mig att gå, inte än. Fortfarande andfädd sätter jag mig upp. Stöder mig mot höjdröset med sina fladdrande tibetanska bönevimplar. Passet består av stenar, en steril grusvall helt utan växtlighet. På ömse sidor tornar topparna upp sig, svarta råa fasader med himmelsvida glaciärer.

Några första snöflingor piskar mot jackan i vindstötarna. Inte bra. Om stigen hinner snöa igen blir det farligt. Jag spanar bakåt, men inga fler vandrare syns till. Måste skynda mig ner.

Men inte än. Jag står på den högsta punkt jag någonsin befunnit mig på. Måste ta avsked först. Måste tacka någon. En impuls griper mig, och jag faller på knä vid höjdröset. Känner mig en aning löjlig, men en ny rundblick bekräftar att jag är ensam. Snabbt böjer jag mig framåt som en muslim med stjärten i vädret, böjer mig framstupa och mumlar en tackbön. Och där är en järnplatta med ingjutna tibetanska bokstäver, en skrift jag inte kan tyda men som utstrålar allvar, andlighet, och jag böjer mig ner och kysser texten.

Det är i det ögonblicket som minnet öppnar sig. Ett svindlande schakt ner i min barndom. Ett rör genom tiden där någon ropar en varning, men det är för sent.

Jag sitter fast.

Mina fuktiga läppar sitter fastfrusna i en tibetansk böneplatta. Och när jag försöker väta loss mig med tungan fastnar även den.

Vartenda barn i Norrland måste väl någon gång ha varit med om det. En isande vinterdag, ett broräcke, en lyktstolpe, ett rimfrostigt stycke järn. Mitt minne är med ens alldeles klart. Jag är fem år gammal och slickar fast mig i dörrlåset på brotrappan i Pajala. Först en oerhörd förvåning. Ett dörrlås som obehindrat kan vidröras med vanten eller med ett naket finger. Men nu en djävulsk fälla. Jag försöker skrika, men det är svårt om man har tungan fastklistrad. Jag fåktar med armarna, försöker slita loss mig med våld men ger upp av smärtan. Kylan gör att tungan domnat, blodsmaken fyller munnen. Förtvivlat sparkar jag i dörren och utstöter desperat:

-Ääähhh, ääähhh

Då kommer morsan. Hon håller på en skål varmvatten, det rinner över låset och läpparna tinar loss. Skinnbitar sitter kvar på järnet, och jag lovar mig själv att aldrig någonsin göra om det.

-Ääähhh, ääähhh, mumlar jag medan snön piskar allt tätare. Ingen hör mig. Om någon vandrare ännu är på väg upp vänder de nog om. Min rumpa pekar i vädret, vinden ligger hårt på och kyler den. Munnen börjar förlora känslan. Jag drar av mig handskarna och försöker värma loss mig med händerna, flåsar ut min varma andedräkt. Men det är lönlöst. Järnet suger åt sig värmen men förblir lika kallt. Jag försöker lyfta, rycka loss järnplattan. Men den är fastgjuten, rör sig inte en millimeter. Kallsvetten blöter ryggen. Vinden söker sig in under jacklinningen och får mig att huttra. Låga moln drar fram och sveper in passet i dimma. Farligt. Djävligt farligt. Skräcken blir allt starkare. Jag kommer att dö här. Fastfrusen i en tibetansk böneplatta kommer jag aldrig att klara natten.

Det finns bara en möjlighet kvar. Jag måste rycka mig loss.

Tanken gör mig illamående. Men jag är tvungen. Sliter först lite på prov. Känner smärtan ila ända bak i tungroten. Ett... två... och så...

Rött. Blod. Och så en smärta som får mig att slå pannan i järnet. Det går inte. Munnen sitter fast lika hårt som innan. Jag skulle bli av med mitt ansikte om jag slet hårdare.

En kniv. Om jag åtminstone haft en kniv. Jag trevar med foten mot ryggsäcken, men den ligger flera meter bort. Rädslan knyter min mage, blåsan är nära att tömma sig i byxorna. Jag öppnar gylfen och bereder mig att pissa på alla fyra, som en ko.

Så hejdar jag mig. Tar min dryckesmugg som hänger i bältet. Pissar i muggen och håller sedan innehållet över min mun. Det sipprar över läpparna, smälter, och på ett par sekunder är jag fri."

(Ur boken Populärmusik från Vittula av Mikael Niemi.)

Kanske kan den nu beskrivna händelsen både förvåna och engagera eleverna. Frågor som 'Varför fastnar tungan?' och 'Varför är den svår att få loss?' inställer sig. Sådana frågor uttrycker ett behov av att förstå, som kan tillgodoses av skolfysiken.

VETENSKAPLIGA OCH VARDAGLIGA FÖRKLARINGAR AV TERMISKA FENOMEN

Låt oss nu förflytta oss från den tibetanska böneplattan i Nepal till ett cykelstyre en svensk höstdag. Ett stort steg geografiskt, men inte när det gäller innehåll.

UPPGIFT 1

- A. Hur kan man förklara att metallen på ett cykelstyre känns mycket kallare än plasthandtagen trots att båda materialen sedan länge befunnit sig i samma tiogradiga höstluft? Diskutera gärna med någon en stund innan du läser vidare.
- B. Hur tänker du dig att elever i skolår 9 förklarar uppgiften?

Skolans naturvetenskap: förklaring på makroskopisk nivå

Skolfysikens förklaring bygger på att om två föremål av olika temperatur är i kontakt med varandra, så tenderar temperaturerna att utjämnas. Detta sker genom att energi som värme överförs från föremålet med högre temperatur till det med lägre. De två föremålen är i vårt fall hand och styre. Styret är gjort av metall, som är en god värmeledare. När man tar i styret, leder detta snabbt bort energi som värme från handen. Denna förlorar inre energi och styret upplevs därför som kallt. Plast däremot är en dålig värmeledare. Den värme som överförs i kontaktytan mellan hand och handtag förs från handen till plasten och bara mycket långsamt vidare. Plasten blir uppvärmd i kontaktytan. Just i denna yta får handtaget ungefär samma temperatur som handen och känns därför inte kallt.

De nu beskrivna processerna har en riktning. Överföringen av energi som värme går spontant från systemet med högre till det med lägre temperatur, inte tvärt om.

I vardagslivet talar vi om kyla och att kyla kan överföras från ett kallt till ett varmt föremål. Men kyla är ett vardagsbegrepp. I naturvetenskapliga sammanhang resonerar man bara om värme när det gäller temperaturutjämning. Ett föremål som har temperaturen -20 °C överför energi som värme till ett som är -30 °C om de kommer i kontakt med varandra!

Om metaller känns kalla att ta i beror inte bara på deras temperaturer utan också på hur stort metallföremålet är. Är det mycket stort leds den överförda energin bort till föremålets alla delar och fördelar sig i detta stora föremål, som då endast blir lite varmare, dvs. ökar sin medeltemperatur en aning. Är metallföremålet litet leds den överförda energin snabbt till föremålets alla delar. Det räcker att tillföra lite värme för att värma upp detta lilla föremål rätt mycket. Det kommer därför att snabbt kännas mindre kallt.

Med tal visas för jämförelsen skull några olika ämnens värmekonduktivitet ('värmeledningsförmåga'). Ju högre tal desto bättre ledningsförmåga. (Enheten är $1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, vilket utläses 'watt per meter kelvin'.)

Tabell 1. Värmekonduktivitet för några olika ämnen

ämne	värmekonduktivitet ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)
silver	420
koppar	400
aluminium	240
brons	105
järn	75
is	1,7
glas	0,8
vatten	0,59
etanol	0,18
olivolja	0,17
trä	0,08
plastskum, filt	0,04
metan	0,030
luft	0,024
koldioxid	0,014

Systemtänkande

För att förstå och förklara ett fenomen gäller det att avgränsa ett system av föremål. Systemet är en avgränsad helhet, vars delar på något sätt står i en relation till varandra. Förklaringar till vad som sker vid förändring skall man finna inom systemet.

Anta att vi som system väljer metallstyret. I så fall kanske en förklaring lyder att metallstyret känns kallt därför att metall har egenskapen att vara kall. Denna förklaring utmanas om vi t.ex. mäter temperaturen på styret och den omgivande höstluften innan vi tar i styret. Resultatet blir detsamma vid båda mätningarna. Styret är alltså inte kallare än sin omgivning.

Låt oss därför i stället betrakta systemet *metallstyret och hand*. Hudens temperatur är från början kanske $30 \text{ }^\circ\text{C}$ och metallstyret $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Då styret och handen växelverkar överförs energi som värme från handen till styret. Denna energi leds snabbt ut i metallens olika delar och fördelas i hela metallstyret, vilket bidrar till att öka temperaturen i detta. Överföring pågår så länge temperaturskillnaden finns och stoppar först när temperaturerna är lika, dvs. när termisk jämvikt nåtts.

Vi kan vidga systemet ytterligare och betrakta *hand, styre och luft*. Metallstyret får energi som värme från handen och avger energi som värme till luften. Hand och luft växelverkar också termiskt.

Om vi också tar med plasthandtagen i vårt system kan vi fundera över deras roll i det hela. Låt oss betrakta systemet *hand, metallstyre, plasthandtag och luft*. Om handen vilar på metallstyret, värms detta och kan i sin tur värma plasthandtagen. Men dessa är i kontakt med luften och avger då energi som värme till denna. Vad som händer med temperaturerna med tiden beror på hur snabbt energi som värme leds i de olika materialen, men också på hur stora föremålen är. På liknande sätt kan vi betrakta fallet när handen vilar direkt på plasthandtaget.

Vi ser en väv av interaktioner, där kontaktytor, temperaturer, material och föremåls storlekar spelar roll. Så länge föremål av olika temperaturer är i kontakt med varandra sker överföring av energi som värme och den håller på till dess att temperaturerna är lika, dvs. tills termisk jämvikt nåtts.

Värme uppfattad som rörelse

Hittills har vi inte gått närmare in på vad värme är. Vårt språkbruk tycks dock peka på att värme är en substans – vi använder ju uttryck som att värme leds, avges och överförs. Denna uppfattning är vanlig i vardagstänkandet, och var en gång en hörnsten i den s.k. kalorik-teorin om värme, introducerad i slutet av 1700-talet av den franske kemisten Lavoisier. Värme var enligt denna teori ett slags vätska eller materiell substans. Den kallades 'kalorik', och antogs finnas i utrymmet mellan materiens partiklar. Den flöt från varma till kalla föremål. Gasers och andra ämnens utvidgning vid uppvärmning förklarades exempelvis med att kalorik tränger in mellan partiklarna i det ämne som upphettas och skjuter isär dem.

Kalorik-teorin ersattes efter hand av den s. k. mekaniska värmeteorin, enligt vilken ett föremåls 'värmeinhåll' uppfattas som den sammanlagda kinetiska energin hos de partiklar som bygger upp föremålet. Ju större föremål desto fler partiklar och desto större värmeinhåll. Temperatur tänkte man sig som ett mått på värmens 'intensitet', dvs. kinetisk energi per enhet av ämnet. Med andra ord kan man säga att temperatur är en intensiv storhet, värme en extensiv.¹ Övergången till den nya teorin betyder att värme inte längre uppfattas som en speciell form av materia utan som rörelse – en betydande kvalitativ skillnad.

En avgörande iakttagelse gjordes 1797 av greve Rumford. Under borrning av kanoner noterade han att värme avgavs från kanonpipan hela tiden. Värmen tycktes outtömlig, vilket stred mot idén om värme som ett materiellt ämne lagrat i kanonen. Inget slutet system kan ju föra fram obegränsade mängder materia. Han ansåg att källan till värmen var rörelse, men kopplade inte denna idé om rörelse till ett föremåls smådelar. Det blev Humphry Davy som ett år senare efter ett antal experiment drog slutsatsen att värme är rörelse hos dessa smådelar.

Den mekaniska värmeteorin ingår i dagens skolundervisning. Den erbjuder bl. a. en mekanism för värmeöverföring. Om ett material, t.ex. metallstyret på cykeln, värms i ena änden kommer partiklarna här att få ökad rörelse. Man kan tänka sig att de kolliderar med sina grannar, som i sin tur stöter till sina grannar osv. På detta sätt sprids den ökade rörelsen i materialet – värme leds genom materialet och riktningen är från de hetare till de svalare delarna. Detta fortgår tills utjämning skett och hela materialet har samma temperatur. Samma temperatur innebär då inte att alla partiklar har samma rörelseenergi i varje ögonblick utan att de är utsatta för en slumpartad process där medelenergin hos partiklarna är samma hos ett urval partiklar i olika delar av materialet.

Beroende på hur partiklarna kan röra sig i förhållande till varandra och påverka varandra har material olika värmeledningsförmåga. Av tabell 1 framgår att fasta ämnen som is och glas har större värmeledningsförmåga än vätskor, som i sin tur har större än gaser. Intuitivt kan man tänka sig att partiklarna (atomer/molekyler) får bättre och bättre kontakt då man går från gas via vätska till fast fas, dvs. en ökad rörelse hos en partikel överförs allt effektivare till närmsta granne.

Denna modell räcker dock inte till för att förklara metallers exceptionella värmeledningsförmåga. Här tillkommer en annan mekanism. Inuti en metall kan metallens fria elektroner flytta sig lång väg i kristallgittret. Härigenom kan energi snabbt förflyttas från ett varmt till ett kallt område av metallen.

Drag i elevers vardagliga föreställningsvärld om termiska fenomen²

Det finns en hel del undersökningar av hur elever besvarar frågor om temperatur, värme och värmeöverföring. Av tabell 2 framgår följande drag i den vardagliga föreställningsvärlden om dessa företeelser:

Tabell 2. Aspekter av elevers vardagsföreställningar om termiska fenomen

ASPEKT
1. Värme är av materiell natur (värme är luftliknande, ett fluidum, ett 'kvasimateriellt ämne', ibland i form av värmepartiklar)
2. Kyla är också av materiell natur.
3. Kyla är värmets motsats. Båda kan finnas i ett föremål, och kan neutralisera varandra
4. Värme är lätt och tenderar att stiga uppåt, kyla är tungt och tenderar att sjunka nedåt.
5. Temperatur och värme tenderar att uppfattas som odifferentierade. Temperatur kan uppfattas som ett mått på mängden värme (eller kyla) i ett föremål.
6. Elevernas förklaringar av termiska fenomen beror av vilka egenskaper de tillskriver ingående föremål och material (järn kan t.ex. uppfattas som tätt och därmed en dålig värmeledare)
7. I sina förklaringar fokuserar eleven ofta ett delsystem och dess uppfattade egenskaper, snarare än växelverkan mellan två eller flera delsystem (exempelvis uppfattas temperatur som en inneboende egenskap hos ett föremål, och inte som ett resultat av ett termiskt jämviktsförlopp)

Alla dessa aspekter framträder inte samtidigt i elevers svar på frågor om termiska fenomen. Snarare är det någon eller några aspekter som syns. Vilka dessa är beror på hur den aktuella situationen uppfattas. Låt oss ta några exempel.

Vid 1995 års nationella utvärdering gavs följande uppgift till 675 svenska elever i skolår 9:³

En vinterdag märkte Ulla att metalldelarna på hennes cykelstyre kändes kallare än plasthandtagen. Försök förklara detta!

Två svar är:

- Metall tar upp kyla bättre.
- Metalldelarna drar åt sig mer kyla än plasthandtagen

Eleverna tillskriver metallen egenskapen att ta upp (dra åt sig) kyla bättre än plast (aspekt 6 i tabell 1). Förklaringen fokuserar system 'styre' (7), inte system 'styre-hand'. Eleverna använder uttrycken 'ta upp kyla' och 'dra åt sig kyla', vilket antyder att kyla är ett objekt, dvs. av materiell natur (2). (Det är svårt att ta upp/dra åt sig något som inte är materiellt!)

Ett annat svar är:

- För att metalldelarna tar åt sig kyla, medan plasthandtagen tar åt sig värme.

Här tilldelas metallen egenskapen att ta åt sig kyla, och plasten den att ta åt sig värme (6). Det gör att metallen känns kall och plasten varmare när handen berör dem, dvs. fokusering på ett delsystem – handen lämnas utanför förklaringen (7). Kanske tänker sig eleven att det finns både kyla (som metallen tar upp) och värme (som plasten tar upp) i den omgivande luften (3). Uttrycket 'ta åt sig' värme och kyla antyder att de är av materiell natur (1 och 2).

En variant på detta svar är:

- Metall tar åt sig både kyla och värme lättare än plast.

Här tilldelas metallen egenskapen att ta åt sig både kyla och värme lättare än plasten. Underförstått är att omgivningen i uppgiften innehåller kyla. Hade omgivningen varit varm (t.ex. som i en bastu), så skulle metallen tagit upp värme från denna och känts varmare än plasten.

Ännu ett exempel är:

- Handtagen är av plast och tål mer kyla.

Här får man intrycket att plasten tilldelas egenskapen att stå emot kylans attacker bättre än metallen (6). Den gör så att säga motstånd innan den bryter samman och blir kall. Fokus är på ett delsystem – handen nämns inte (7), och den 'attackerande' kylan verkar vara något materiellt (2).

Svar liknande dem som analyserats ovan är vanliga och ges av cirka 50% av eleverna.

Cirka 30% använder sig av materialegenskapen ledningsförmåga. De fokuserar bara delsystemet styre i sina svar. Men handen känns på något sätt mera närvarande i en hel del fall, trots att den inte nämns.

Ett svar är t.ex.

Metallen leder kyla.

Detta svar kan uppfattas på två sätt. Ett är att kyla har letts från den omgivande luften till styret, som därför blivit kallt. Det andra är att kyla finns lagrad i styret och lätt leds över till handen.

Ett annat svar är:

Plasten skickar inte vidare kallheten som metallen gör.

Här är det tydligare att det är kylan i handtaget som 'skickas vidare' till handen.

Betrakta slutligen svaret

Metallen leder värme.

Eftersom det enda varma i sammanhanget är handen, så kan vi anta att eleven tänker på systemet 'hand-handtag' och att riktningen på överföringen är från hand till handtag. Men hon skriver ingenting om detta. Kanske tycker hon att det är självklart.

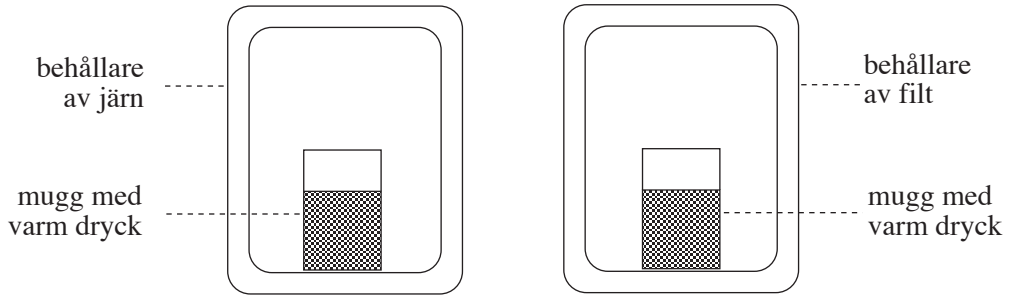
Sammanlagt är det 80% av eleverna som i sina svar fokuserar cykelmaterialen och dess egenskaper. De tycks inte räkna med handen i sina betraktelser – den finns inte i systemet.

Först om eleven väljer att betrakta både styret och handen finns möjlighet att föra ett resonemang som förklarar fenomenet på ett naturvetenskapligt sätt. Tydliga försök i denna riktning görs av 3% av eleverna, t.ex.:

- Metallen leder värme och kyla lättare än plast. Värme från Åsas händer leddes över till metallen. Åsas händer blev kalla mycket snabbt. Värmen från Åsas händer leds saktare över till plasten och upplevs därför som varmare.'

Vilken dryck håller sig varmast?

Följande problem har getts till 675 elever i skolår 9 vid den svenska nationella utvärderingen 1995.⁴



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 ditt svar!

Här följer ett antal avgivna förklaringar. Elevens kryssvar anges inom parentes.

1. I järnbehållaren läcker värme inte ut så lätt (I järnbehållaren)
2. Den isolerar mer. (I järnbehållaren)
3. Filten är varmare. (I filtbehållaren)
4. Järn blir varmare än filt. Därför håller det värmen längre. (I järnbehållaren)
5. Järnet kyler. Filten värmer, fungerar på samma sätt som vantar reagerar på kroppsvärmen. (I filtbehållaren)
6. Järn är en bra ledare så den leder bort värmen. Filt leder inte bort värmen. (I filtbehållaren)
7. Järns atomer ligger tätare och släpper inte igenom värme så bra. (I järnbehållaren)
8. Det är tätt så värmen håller sig kvar (I järnbehållaren)
9. Järn leder ut värmen, men inte filtbehållaren (I filtbehållaren)
10. Järn släpper inte ut värmen så lätt som en filt kan göra. (I järnbehållaren)

UPPGIFT 2

Pröva att analysera svaren genom att använda informationen i tabell 2. Vilka aspekter kommer till uttryck?

Vilka svar anser du är acceptabla, respektive icke acceptabla, ur skolfysikens synvinkel? Motivera dina bedömningar!

Varför är det +20 °C i rummet hela tiden?

Följande problem har getts till 675 elever i skolår 9 vid den svenska nationella utvärderingen 1995.⁵

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!

Här följer ett antal svar:

1. Man har ställt temperaturen på 20 °C.
2. 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
3. I rummet så går temperaturen runt. Så temperaturen håller sig på 20° (tills någon höjer elementet).
4. Temperaturen cirkulerar hela tiden i rummet.
5. Värmen stiger uppåt i rummet där den sedan svalnar och sjunker nedåt. Ny värme från elementen strömmar uppåt och avkyls osv.
6. Den kyls ner av kylan som finns utanför huset som kommer in där det inte är riktigt tätt.
7. Man vädrar ibland. Rummet är inte helt tätt. Fönster drar åt sig värmen.
8. Värmen försvinner ut genom fönster och dörrar. Någonting som är varmt är inte varmt i alla evighet.
9. 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.
10. Det försvinner lika mycket värme som det kommer till.

UPPGIFT 3

Pröva att analysera svaren genom att använda informationen i tabell 2. Vilka aspekter kommer till uttryck?

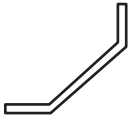

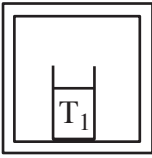
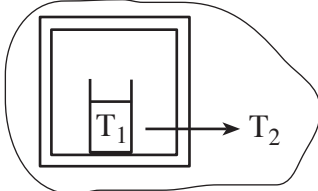
Vilka svar anser du är acceptabla, respektive icke acceptabla, ur skolfysikens synvinkel? Motivera dina bedömningar!

EN MODELL FÖR ATT TÄNKA OM VÄRMEÖVERFÖRING

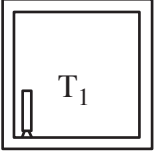
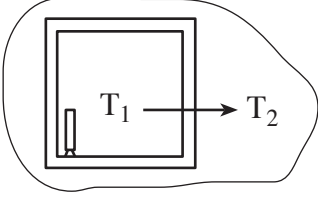
Inneboende egenskaper kontra växelverkande delsystem⁶

Av tabell 2 framgår att ett drag i elevernas vardagliga förklaringar av termiska förlopp är att de fokuserar ett delsystem och dess egenskaper snarare än växelverkan mellan delsystem. Flera exempel gavs när det gäller förklaringar till varför ett cykelstyre känns kallt men dess handtag varma. Detta drag i elevernas sätt att resonera finns också i svaren på uppgiften om den varma drycken och den konstanta rumstemperaturen. De uttrycker t.ex. att järnbehållaren har egenskapen att isolera mer och filten den att vara varmare än järn. De förklarar den konstanta temperaturen i rummet med en egenskap hos elementet, nämligen att vara inställt på en viss temperatur (40% av eleverna för fram just denna tanke). Se tabell 3 för en sammanfattning, och för en jämförelse med skolans vetenskapliga förklaring.

Tabell 3. Exempel på vardagligt och vetenskapligt systemval vid förklaring av termiska förlopp

FENOMEN	VARDAGLIGT SYSTEMVAL, FÖRKLARING BASERAD PÅ INNEBOENDE EGENSKAPER	VETENSKAPLIGT SYSTEMVAL, FÖRKLARING BASERAD PÅ VÄXELVERKANDE DELSYSTEM
ett cykelstyre känns kallt	<p>system STYRE</p>  <p>järn är kallt</p>	<p>system STYRE-HAND</p>  <p>$T_2 > T_1$, därför överförs energi som värme från hand till styre. T_2 sjunker snabbt, ty järn leder bra.</p>
i en filtbehållare är en varm dryck varm ganska länge	<p>system DRYCK-FILT</p>  <p>filt är varmt, den yttre behållaren värmer drycken</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>

Tabell 3. (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
temperaturen i ett rum är 20 °C, trots att elementet är på hela tiden och avger energi till rummet	<p>system ELEMENT</p>  <p>termostaten bestämmer temperaturen</p>	<p>system ELEMENT-RUM-OMGIVNING</p>  <p>$T_1 > T_2$, därför överförs energi som värme från rum till omgivning. Men T_1 sjunker ej eftersom energi tillförs rummet från elementet</p>

Analysmodell

Det resonemang som ryms i den vetenskapliga delen av tabell 2 kan uttryckas på följande sätt:

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 tenderar att utjämnas efter hand.

Modellen ger en grov struktur som kan användas i många sammanhang. Då den används behöver den kompletteras med kunskaper om den givna situationen, t.ex. vilka termiska egenskaper som ingående materiel har.

UPPGIFT 4

Använd den beskrivna analysmodellen för att ge en vetenskaplig förklaring till episoden med den tibetanska böneplattan.

UPPGIFT 5

Använd den beskrivna analysmodellen för att översätta följande vardagliga formuleringar till vetenskapligt språk:

- A. Brrr! Jag fryser! Jag måste ta på mig min varma tröja.
- B. Den usla termosens håller värmen dåligt!
- C. Hu, vad vattnet är kallt! Jag blir ju alldeles stelfrusen.

Inneboende egenskaper och termisk jämvikt

Fokus på enbart ett delsystem innebär att detta tillskrivs egenskaper, t.ex. att i sig självt vara varmt eller kallt. Om temperatur uppfattas som ett mått på graden av värme eller kyla, betyder detta att temperaturen är en inneboende egenskap hos delsystemet, inte ett resultat av ett termiskt jämviktsförlopp vid vilket delsystemet växelverkar med sin omgivning. Om ett ämne anses ha god förmåga att hålla sig kallt beror dess temperatur i en given situation på denna egenskap, inte på att termisk jämvikt har inträtt eller ej. Med andra ord – om man förklarar termiska förlopp med inneboende egenskaper behövs inga föreställningar om termisk jämvikt.⁷

Några resultat från den nationella utvärderingen 1995 är intressanta i detta sammanhang. Eleverna fick följande uppgift:⁸

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? (Fem svarsalternativ gavs för varje föremål: mycket högre än, högre än, lika med, lägre än och mycket lägre än 20 °C. Motiveringar efterfrågades.)

Härefter ställdes ännu en fråga:

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? (Fyra svarsalternativ gavs: temperaturen har inte ändrats, har gått upp men är lägre än 60 °C, är lika med 60 °C, är högre än 60 °C. Ingen motivering efterfrågades.)

Resultatet framgår av tabell 4A och 4B.

Tabell 4A. Vilken är temperaturen på mjöl, en stålsked och yllevantar som ligger i ett rum som är 20 °C hela tiden? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=676).

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

Motiveringar med inneboende egenskaper är mycket vanliga. Exempelvis förklaras stålskedens lägre temperatur i rummet som är 20 °C med att den är kall, inte påverkas så lätt, ej drar åt sig värme, är kompakt, isolerar, ej leder värme, ej behåller värme m.m.

Av de elever som svarar med 20 °C är det bara ett fåtal som skriver om temperaturutjämning, t.ex.:

- Alla material försöker jämna ut sig med omliggande temperaturer.
- Eftersom naturen strävar efter utjämning är temperaturen lika på mjölet som i luften.

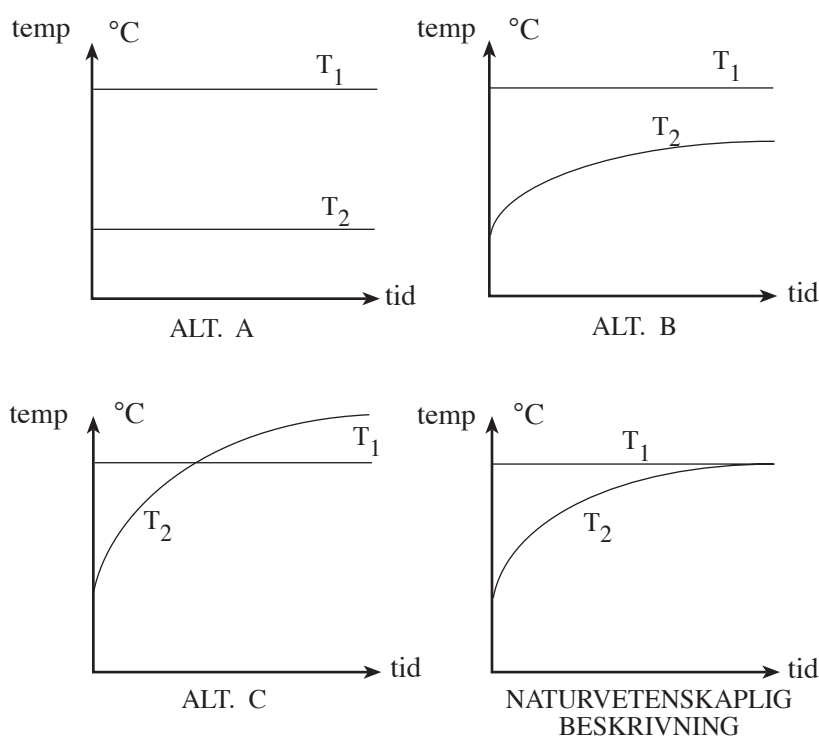
Tabell 4B. Temperaturen på mjöl, stålsked och vantar i en ugn, där det är +60 °C hela tiden. Procentuell fördelning på olika alternativ. (n=676)

temperaturen...	mjöl	stålsked	yllevantar
har inte ändrats	15	2	7
har gått upp men är lägre än +60 °C	46	9	26
är lika med +60 °C	31	25	44
är högre än +60 °C	7	64	21

Vi noterar att i första delen av uppgiften, så har i många svar stålskeden den inneboende egenskapen att vara kall. I den andra delen, däremot, tycks den ha egenskapen att vara hetare, eller att bli hetare, än sin omgivning. Det är 64% av eleverna som svarar att dess temperatur är högre än +60 °C. Detta är ett exempel på att vardagsföreställningar kan vara mycket situationsbundna eller 'lokala'.

Om man ser på elevernas svar med naturvetenskapens ögon kan man säga att de har tre alternativ till naturvetarens sätt att beskriva vad som händer då ett föremål sätts in i en termostatreglerad ugn. Dessa illustreras i figur 1.

Figur 1. Illustration av fyra uppfattningar av vad som händer då ett ämne med temperaturen T_2 sätts in i en termostatreglerad ugn med temperaturen T_1 .



VÄRME OCH INRE ENERGI

I avsnittet 'värme uppfattad som rörelse' beskrevs den mekaniska värmeteorin. Vi påpekade att den ingår i skolans naturvetenskap. Enligt denna teori uppfattas ett föremåls värmeinnehåll som den sammanlagda kinetiska energin hos de partiklar som bygger upp föremålet. I ett striktare fysikaliskt sammanhang definieras dock värme som energi överförd på grund av en temperaturskillnad. I en svensk lärobok för universitet och högskolor görs följande klarläggande:⁹

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.

Det är ovanligt att man i skolfysiken på såväl grundskola som gymnasium tillämpar denna strikta definition av värme, och gör en åtskillnad mellan värme och inre energi. I stället för inre energi talar man om värmeinnehåll, som ökar eller minskar. Om detta ger tillräcklig förståelse för termiska fenomen är väl en öppen fråga. Är 100 g is, 0 °C, varmare när mängden har smält, men fortfarande har temperaturen 0 °C? Värme har ju tillförts. Eller skall man säga att vattenmängden nu har större värmeinnehåll? Fysikens strikta språkbruk är att systemets *temperatur* är oförändrad, men att dess *inre energi* har ökat.

Ta ett annat exempel. Anta att ett stycke järn ligger på en arbetsbänk. Det känns som vanligt att ta i. Lite senare på dagen kommer jag åter in i verkstaden. Järnstycket är nu varmt. Om jag tänker med hjälp av begreppet 'värmeinnehåll' ligger det nära till hands att tro att det måste ha tillförts värme. Hur skall annars värmeinnehållet kunna öka? När jag tittar närmare på järnstycket upptäcker jag att förklaringen till uppvärmningen är att någon har filat på det. 'Värmeinnehållet' kan tydligen ökas utan att värme tillförs...(Den fysikkunnige noterar att järnstyckets inre energi har ökat och att energitillförseln kan ha skett genom arbete eller värme.)

I en engelskspråkig universitetsbok finner vi :¹⁰

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'.

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.

Vi lämnar vidare åt läsaren att fundera över hur noga man skall vara med att definiera begreppen värme och inre energi i grundskolan och på olika gymnasieprogram.¹¹

NÅGRA FLER EXEMPEL PÅ ELEVERS BEGREPP OM VÄRME OCH TEMPERATUR

Värmets natur

Värme som en substans

Resultat från intervjuer och papper- och pennauppgifter med elever från olika håll i världen visar att det är vanligt att värme uppfattas som en materiell substans. Här ges några exempel.

På frågan vad värme är svarar elever i högstadieåldern¹² ganska ofta med ett varmt objekt eller en varm substans:

Värme är varm luft.

Värme är en värmande vätska.

En trettonåring förklarar varför vätskan i en termometer stiger när han doppar ner den i hett vatten med att cellerna kanske expanderar och blir större. Det är värmen som åstadkommer detta. Den kommer från det heta vattnet, går genom glaset in i termometern, borrar sig in i vätskan och tar plats.¹³ (Jämför med vad som tidigare sagts om hur kalorik-teorin förklarar utvidgning vid uppvärmning.) Ett annat exempel är en tolvåring som i en intervju tillfrågades om hur mycket en bägare med vatten vägde före och efter det att den värmts. Han var övertygad om att vattnet ökat i vikt när det värmts, eftersom värme väger.¹⁴

Uppfattningen att värme är en substans formas troligen av vardagens språkbruk. Vi säger t.ex. 'stäng fönstret så att värmen stannar kvar' och 'stäng fönstret så inte kylan tränger in'. Vi talar om värmeplattan som om den innehöll värme i stället för att säga att den kan överföra energi eftersom det vi vill värma har en lägre temperatur. Vi säger att drycken i termosflaskan innehåller mycket värme och att vi förlorar värme. Det är som om rummet, värmeplattan drycken och kroppen ägde värmen.

Värmepartiklar

I en svensk studie¹⁵ av vuxnas begrepp om värme och temperatur framkom olika exempel på att värme uppfattas som en form av partiklar som dels kan finnas i föremål, dels förflyttas till och från dessa. Här följer som exempel ett utdrag från en dialog om vad den intervjuade erfar då han tar i en kniv av metall:

- Har något överförts från din hand till kniven?
- *Elektroner.*
- Elektroner?
- *Det är bara ett ord som jag använder just nu, för det är det enda jag kan föreställa mig att det är.*
- Så du föreställer dig värme som en sorts partiklar som överförs?
- *Ja, när jag försöker tänka logiskt på saken, så är det nog så jag tänker mig det.*

I studier av skolelever har man funnit beskrivningar av uppvärmning som går ut på att då en metallstav värms så kommer heta molekyler in i den.¹⁶

Värme som rörelse, ett slags energi

I den nyss nämnda studien av vuxna finns exempel på att värme uppfattas på ett liknande sätt som i den tidigare beskrivna mekaniska värmeteorin. Här är ett exempel:

- Vad tänker du att värme är?
- *Det är rörelse hos atomerna.*
- Så värme är rörelse?
- *Ja, ett slags energi.*
- Energi, vad menar du med det?
- *Dom har ett slags energi som allting annat. Och dom har värmeenergi eftersom dom oscillerar.*

Svårigheter att skilja på värme och temperatur

Från den nämnda studien av svenska vuxna hämtar vi detta exempel:

- Vad tänker du då att temperatur är?
- *Det är samma sak, det är också värme. Det är värmens temperatur.*
- Menar du att temperatur är ett mått på värmen?
- *Ja, exakt.*

Och här är ännu ett:

- Hur skulle du då definiera temperatur?
- *Jag skulle säga att temperatur är en slags skala på vilken man mäter värme... den är ett sätt att sätta ett tal på värmen.*

Också de i vuxenstudien som uppfattar värme som rörelse har problem med att skilja på temperatur och värme:

- Vilken är då skillnaden mellan temperatur och värme?
- *Värme är atomernas rörelse...Värme är på något sätt atomernas hastighet och temperatur är kanske ett mått på denna hastighet.*

Blandning av vattenmängder med olika temperatur

Det finns flera studier som visar hur elever resonerar då vatten av olika temperaturer blandas. När en mängd kallt vatten blandas med en lika stor mängd hett vatten säger elever att blandningen blir varm (ljummen). Detta är helt riktigt, men när kvantifieringar skall göras blir det svårigheter – eleverna tenderar att addera eller subtrahera temperaturvärdena.

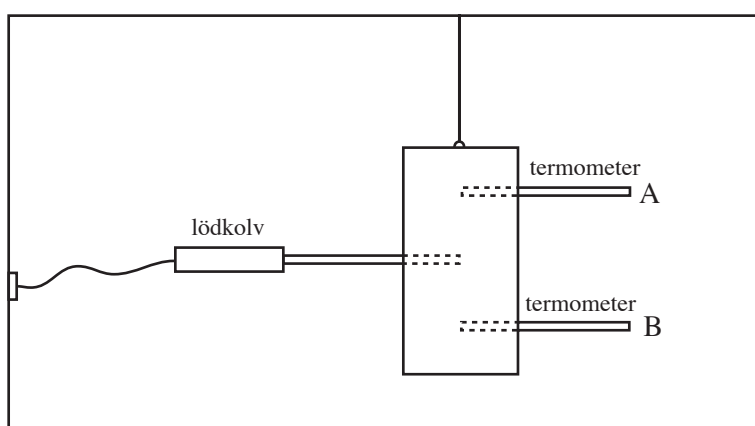
I den nationella utvärderingen 1995 tillfrågades exempelvis svenska 16-åringar (n=675) om vilken temperatur vattnet skulle få om 1 liter vatten, +10 °C, blandades med 1 liter vatten, +40 °C. 18 % svarade +50 °C.¹⁷ Troligen ser de uppgiften som ett räkneproblem och adderar gradtalen. Men det kan också vara så att de uppfattar temperatur som ett mått på 'värmeenergi', dvs. som en extensiv och inte en intensiv storhet.

Det är 40% som svarar $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. En spekulation är att en del av dessa elever uppfattar temperatur som ett mått på värme eller kyla samt tänker sig att värme och kyla 'neutraliserar' varandra. Det betyder att 10 enheter kyla tar ut 10 enheter värme. Då återstår 30 enheter värme, dvs. temperaturen är $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Man kan dock inte påstå att detta sätt att tänka kommer till tydligt uttryck i svaren. Ett exempel som pekar åt den föreslagna tolkningen är:

– $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ blir omvandlat till $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ i förhållande till bägare A

Värme tenderar att stiga uppåt

I den nationella utvärderingen 1995 gavs följande uppgift till 675 elever i skolår 9:¹⁸



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 $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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!

Hälften av eleverna svarar att A stiger före B. Här är några exempel på vanliga motiveringar:

- Värmen stiger uppåt.
- Värmen går först uppåt.
- Värmen åker uppåt.
- Värme stiger uppåt för varmluft är lättare än kall.
- Varmluft stiger.

De två sista svaren visar hur nära 'varm luft' och 'värme' är i elevernas begrepps värld. De tillhör samma kategori, hur den nu skall betecknas (t.ex. 'kvasimateriellt fluidum'). Naturvetaren ser i dessa svar ett kategorimisstag eftersom han/hon tänker sig att värme är energi som överförs, och att luft är materia.

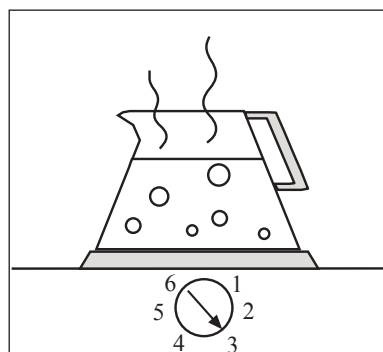
Fasövergångar

Tänk på en kastrull med vatten som värms på en kokplatta. Enligt de vardagsföreställningar som beskrivits i tabell 2 betyder detta att en substans – värme – överförs från plattan till vattnet. Vattnets temperatur är ett mått på mängden värme i vattnet, så temperaturen stiger hela tiden. Inom denna föreställningsvärld borde den temperaturkonstans som inträffar vid en fasövergång komma som en överraskning – värme tillförs ju kontinuerligt, men temperaturen ändras inte.

Det finns några tecken på att elever, i situationer som för naturvetaren är fasövergångar, faktiskt tänker enligt modellen 'ju mer värme som tillförs desto högre blir temperaturen'. Exempelvis har följande uppgift getts till ett mindre urval elever i skolår 7-9 (drygt 100 per skolår):¹⁹

Ett kärl med vatten placeras på en elektrisk platta, som sätts på trean. Efter fem minuter börjar vattnet koka. Man mäter då temperaturen på vattnet. Termometern visar +100 °C. Plattan får fortsätta att stå på trean. Vattnet fortsätter att koka. Vad visar termometern efter fem minuters kokning?

- mindre än +100 °C
- lika med +100 °C
- mer än +100 °C



Cirka 25% i år 7 och 15% i år 8 och 9 väljer alternativet 'mer än +100 °C' med motiveringar som 'För att vattnet blir varmare och varmare, desto längre det står på plattan'. (Drygt 30% i alla de tre skolåren uppfattar vredet som något med vilket man ställer in en viss temperatur, dvs. det är plattans inställning som bestämmer temperaturen. De svarar 'lika med 100 °C' med motiveringar som att 'trean brukar ligga på hundra grader på vår spis'.)

På en fråga vid den nationella utvärderingen 1995 om temperaturen i en smältande snöboll, som kramas av varma händer under fem minuter, är det cirka hälften av 675 elever i skolår 9 som tänker sig att den går upp.²⁰

Det nu sagda ger oss anledning notera, att temperaturen hos ett system kan vara konstant av olika anledningar:

- Systemet kan befinna sig i termisk jämvikt med sin omgivning. Exempel: En kastrull med vatten som stått ett tag i köket har samma temperatur som luften i köket.
- Systemet kan motta lika mycket värme som det avger, dvs. fortvarighetstillstånd råder. Exempel: Kastrullen med vatten står på en platta med svag värme. Temperaturen är hela tiden +70 °C. Det beror på att vattnet kontinuerligt avger lika mycket värme som det mottar.

- Systemet kan undergå en fasändring. Exempel: vattnet i kastrullen kokar. Temperaturen är +100 °C hela tiden, trots att värme kontinuerligt tillförs. Denna värme gör att vattnet förgasas, men inte att temperaturen höjs.

UPPGIFT 6

Ett bra sätt att fundera vidare på basis av det kunnande som redovisats i denna workshop är att ge elever uppgifter att fundera över och försöka förstå deras svar. Därför har vi i en bilaga samlat ett antal uppgifter, som vi tror kan stimulera tänkande och ge upphov till intressanta svar.

Uppgifterna kan användas:

- som utgångspunkt för intervjuer
- för papper- och pennadiagnoser av elevernas kunnande innan undervisning
- för utvärdering under och efter undervisningen
- som uppgifter för smågruppsdiskussioner

Välj ut uppgifter och ta reda på hur elever svarar. Diskutera vunna resultat med kollegor/klasskamrater, inte minst vad svaren betyder för din undervisning.

NOTER

1. 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 värmeinnehållet (eller inre energin som man ibland säger med ett striktare språkbruk), är en extensiv storhet. Det är dubbelt så stort för 2 l vatten, 20 °C, jämfört med 1 l av samma temperatur.
2. Se Erickson (1985), Tibergien (1985), och Driver, Squires, Rushworth, och Wood-Robinson (1994, s 138-142) för sammanfattningar. Se vidare Andersson, Bach och Zetterqvist (1997) för svenska resultat och analyser samt Adawi (2002) för en studie av svenska vuxna.
3. Andersson, Bach, och Zetterqvist (1997).
4. Ibid.
5. Ibid.
6. Ibid, s 83-86.
7. Detta har påpekats av Adawi (2002).
8. Andersson, Bach, och Zetterqvist (1997).
9. Beckman, Kjöllnerström och Sundström (1984, s. 41).
10. Se Richards, Sears, Wehr, och Zemansky (1969, s.331).
11. Den som vill fördjupa sig i frågan om hur värme skall definieras hänvisas till Warren (1972), Woolnough (1973) och Shaw (1974).
12. Erickson (1985)
13. Iakttaget av en kollega under en lektion.
14. Iakttaget av en kollega under en filminspelning.
15. Adawi, 2002.
16. Driver, Squires, Rushworth, och Wood-Robinson (1994, s 141)
17. Andersson, Bach och Zetterqvist (1997)
18. Ibid.
19. Andersson och Renström (1979).
20. Andersson, Bach och Zetterqvist (1997)

REFERENSER

- Adawi, T. (2002). What's Hot and What's Not: A Phenomenographic Study of Lay Adults' Conceptions of Heat and Temperature. In Adawi, T. (2002). From Branes to Brains: On M-theory and Understanding Thermodynamics. *Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 709.
- Andersson, B., Bach, F., & Zetterqvist, A. (1997). *Nationell utvärdering 95 – åk 9. Temperatur och värme* (NA-SPEKTRUM, nr 18). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för ämnesdidaktik.

- Andersson, B., & Renström, L. (1979). *Temperatur och värme: kokning*. (Rapport Elevperspektiv nr 3). Mölndal: Institutionen för pedagogik, Göteborgs universitet.
- Beckman, O., Kjällerström, B., & Sundström, T. (1984). *Energilära*. Almqvist & Wiksell.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994) *Making sense of secondary science - research into children's ideas*. Routledge, London.
- 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.
- Richards, R. A., Jr., Sears, F. W., Wehr, M. R., & Zemansky, M. W. (1969). *Modern university physics*. Reading (MA): Addison-Wesley.
- Shaw, R. (1974). How do you teach heat in schools? *Physics Education*, 9, 73-74.
- 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.
- Warren, J. W. (1972). The teaching of the concept of heat. *Physics Education*, 7, 41-44.
- Woolnough, B. (1973). Heat in schools. *Physics Education*, 8, 237.

BILAGA
ELEVUPPGIFTER

1A. Föremålen i rummet

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 Litet lägre än +20 °C

Litet högre än +20 °C Mycket lägre än +20 °C

Lika med +20 °C

Motivera ditt svar!

B. Stålskedens temperatur är:

Mycket högre än +20 °C Litet lägre än +20 °C

Litet högre än +20 °C Mycket lägre än +20 °C

Lika med +20 °C

Motivera ditt svar!

C. Yllevantarnas temperatur är:

Mycket högre än +20 °C Litet lägre än +20 °C

Litet högre än +20 °C Mycket lägre än +20 °C

Lika med +20 °C

Motivera ditt svar!

1B. Från rummet och in i ugnen

Mjölet, skeden av rostfritt stål och yllevantarna sätts nu in i en ugn där det är +60 °C hela tiden. Vad har hänt med temperaturerna efter tre timmar? Sätt kryss!

Mjölets temperatur

- har inte ändrats
- har gått upp men är lägre än +60 °C
- har gått upp till +60 °C
- har gått upp och är mer än +60 °C

Stålskedens temperatur

- har inte ändrats
- har gått upp men är lägre än +60 °C
- har gått upp till +60 °C
- har gått upp och är mer än +60 °C

Yllevantarnas temperatur

- har inte ändrats
- har gått upp men är lägre än +60 °C
- har gått upp till +60 °C
- har gått upp och är mer än +60 °C

2. Isen i frysen

Hanna gör ett experiment med is. På kvällen sätter hon ut en mugg med vatten. En termometer är nedstucken i vattnet. På morgonen är vattnet genomfuset och termometern visar -25 °C. Natten har varit kall! Hon tar in muggen med is och sätter den i sin frys. Frysens temperatur är -18 °C hela tiden. Vad kommer så småningom att hända med temperaturen på isen i muggen?

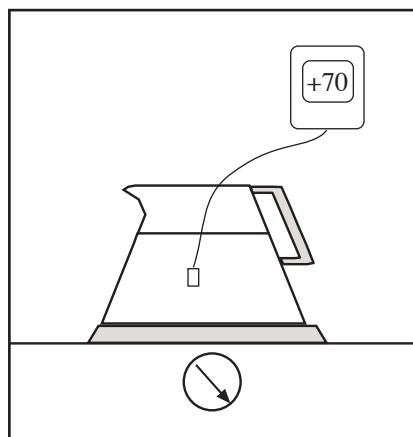
- Den kommer att gå ner under -25 °C (ännu fler minusgrader)
- Den kommer att hålla sig kvar på -25 °C
- Den kommer att gå upp, men inte så långt som till -18 °C
- Den kommer att gå upp till -18 °C
- Den kommer gå upp ändå mer än till -18 °C

Motivera ditt svar!

3. Vattnet som bara blir 70 °C

William värmer vatten på en kokplatta. Han mäter temperaturen på vattnet med en digital-termometer. Den går upp men stannar till slut på +70 °C. Konstigt, tänker han. Plattan är ju på. Den värmer ju vattnet hela tiden. Varför stiger inte temperaturen?

Vad skulle du svara på Williams fråga?



4. Varför stiger inte rumstemperaturen?

Värmeelementen i ett rum avger hela tiden energi till rummet. Trots detta håller sig temperaturen i rummet på $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Förklara varför temperaturen inte stiger!

5. Folien i ugnen

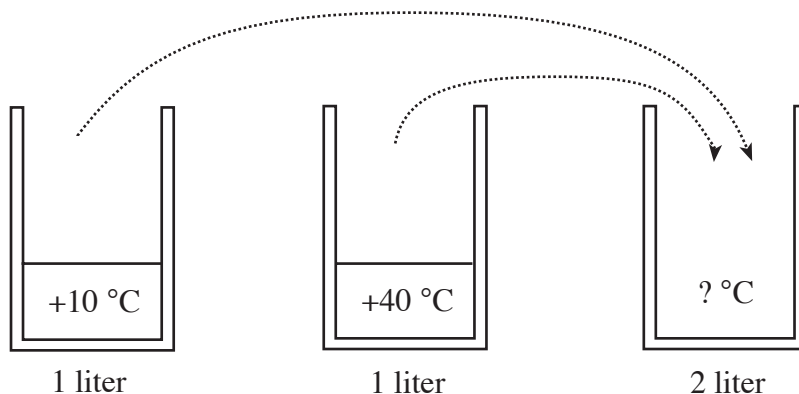
Olle bakar en fisk i ugnen. Han har lagt in den i ett paket av aluminiumfolie. Efter en timma tar han ut den igen. Han märker då att han kan ta i aluminiumfolien utan att bränna sig. Konstigt, tänker han. Det har ju varit $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ i ugnen hela tiden. Och om jag tar tag direkt med fingrarna i pannan som fisken legat i, så får jag brännsår.

Förklara varför Olle inte bränner sig på aluminiumfolien!

6. Den heta chokladen

Tänk på en kopp het choklad. Om du tar lite grand av chokladen i munnen så går det ganska bra, trots att den är het. Men om du tar en stor klunk, så bränner du dig ordentligt. Hur kan det komma sig? Både den lilla slurken och den stora klunken är ju heta.

7. Blandningen

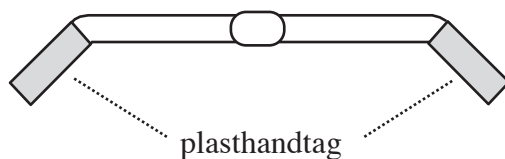


A, B och C är tre välisolerade behållare. I A finns 1 liter vatten med temperaturen $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. I B finns 1 liter vatten med temperaturen $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Allt vatten i A och B hålls över i behållare C.

Vilken temperatur får vattnet i behållare C?

Motivera ditt svar!

8. Cykelstyret



En vinterdag märkte Ulla att metalldelarna på hennes cykelstyre kändes kallare än plasthandtagen. Försök förklara detta!

9. Järnstaketet*

Fredrik har hört att om man slickar på ett järnstaket en dag då det är jättekallt ute så fryser tungan fast. Men om man slickar på ett trästaket så händer inte detta. Det måste bero på att järnet är kallare, tänker Fredrik.

En vinterdag är det ordentligt kallt. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$! Fredriks far berättar att både ett järnstaket och ett trästaket som finns i närheten har temperaturen $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$! Dom är lika kalla, tänker Fredrik. Hur kan det då komma sig att tungan bara fastnar på järnstaketet?

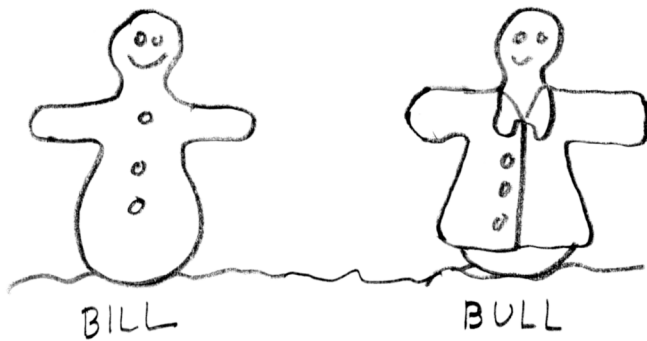
Försök att besvara Fredriks fråga!

10. Fluffiga fågeln

När en fågel gör sig klar för att vila under natten, så putsar den sina fjädrar. Med näbben för den sina fjädrar ifrån varandra. Den burrar upp fjädrarna så att den ser stor och fluffig ut. Är det någon fördel för fågeln att burra upp sig? Vilken i så fall?

* Om detta exempel tas upp i klassen bör läraren tydligt varna eleverna för att pröva själva.

11. Påklädda snögubben

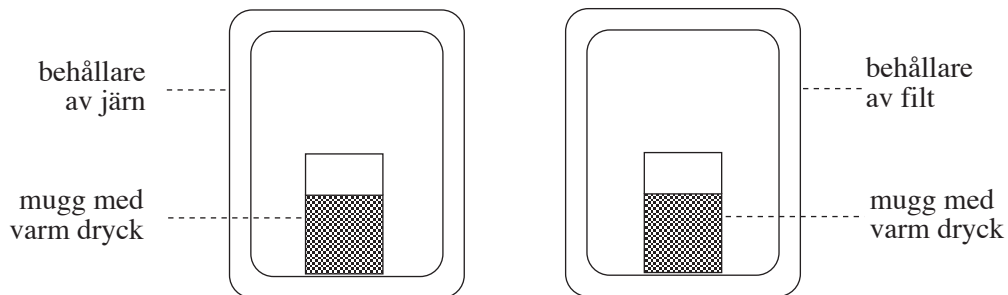


Snögubbarna Bill och Bull står bredvid varandra. Det är vår och varmt ute, men det är mulet. Bull har fått en gammal täckjacka på sig. Vad händer?

- Bill smälter fortare än Bull
- Bill och Bull smälter lika fort
- Bull smälter fortare än Bill

Motivera ditt svar!

12. Varma drycken



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.

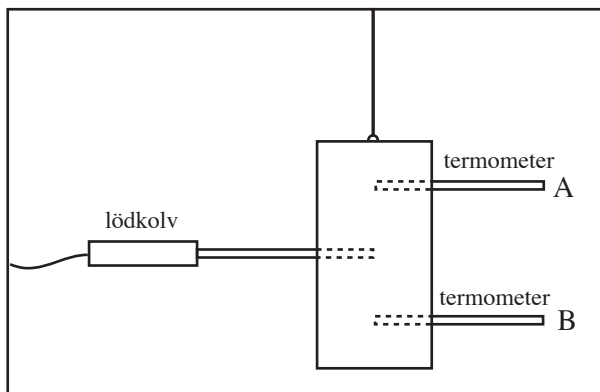
I järnbehållaren

I filtbehållaren

Motivera ditt svar!

13. Lödkolven

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 $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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.

Motivera Ditt svar!

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

Naturvetenskapens karaktär

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

Naturvetenskapens innehåll

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

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

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

Naturvetenskapen i samhället

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

För korta sammanfattningar av olika enheter se

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

Alla enheter kan laddas ner från internet:

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