

ÄMNESDIDAKTIK I PRAKTIKEN –
NYA VÄGAR FÖR UNDERVISNING I NATURVETENSKAP
NR 3, OKTOBER 2003

ATT FÖRSTÅ NATUREN – FRÅN
VARDAGSBEGREPP TILL FYSIK
sex 'workshops'

Björn Andersson, Frank Bach, Birgitta Frändberg, Ingrid Jansson,
Christina Kärrqvist, Eva Nyberg, Anita Wallin, Ann Zetterqvist

Enheten för ämnesdidaktik,
Institutionen för pedagogik och didaktik
Göteborgs universitet, Box 300, SE-40530 GÖTEBORG
ISSN 1651-9531, Redaktör: Björn Andersson

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

INNEHÅLL

FÖRORD	7
OM PROJEKTET NORDLAB	8
OM PROJEKTET NORDLAB-SE	9

WORKSHOP 1

JORDEN SOM PLANET I RYMDEN

JORDENS FORM OCH GRAVITATION	13
Elevtänkande – några forskningsresultat	15
Undervisningsidéer	16
DAG OCH NATT	18
Äldre tiders föreställningar	18
Elevtänkande – några forskningsresultat	19
NOTER OCH REFERENSER	20
BILAGA 1: Elevenkät om jorden	22
BILAGA 2: Elevenkät om varför det blir mörkt på natten	25

WORKSHOP 2

VARFÖR HAR VI ÅRSTIDER?

EN DISKUSSION PÅ INTERNET OM ÅRSTIDER	29
FRÅGOR OM INSTRÅLNING MOT EN YTA	30
ÅRSTIDER OCH TEMPERATURZONER	33
NÅGRA VANLIGA ELEVFÖRKLARINGAR AV HUR ÅRSTIDER UPPKOMMER	36
WORLD WATCHER	37
NOTER OCH REFERENSER	38
BILAGA: Ett traditionellt experiment	39

WORKSHOP 3
MÅNEN, PLANETSYSTEMET
OCH UNIVERSUM

MÅNEN	43
Hur elever i skolår 9 förklarar halvmåne	45
Hur elever i skolår 9 förklarar månförmörkelse	47
Uppslag för undervisningen – tre problem	49
Uppslag för undervisningen – programmet 'Starry night'	51
VÅRT SOLSYSTEM	52
Elevers uppfattningar	52
Uppslag för undervisningen	53
MODELLER AV UNIVERSUM	54
Bakgrund	54
Uppfattningar om universum hos studerande och vuxna	55
NOTER OCH REFERENSER	56
BILAGA 1: Jordens och månens rörelser. Ett försök att utveckla barns tänkande genom praktiskt arbete och samtal	57
BILAGA 2: Modeller av universum –svenska exempel	63
BILAGA 3: Modeller av universum – grekiska exempel	67

WORKSHOP 4
MEKANIK 1 – NEWTONS
FÖRSTA OCH ANDRA LAG

NEWTONS LAGAR	71
Tre guldklimpar för den som vill förstå fysik	72
Vad tas för givet och vad förklaras i Newtons mekanik?	72
KRAFTER PÅ FÖREMÅL I RÖRELSE – TRE EXEMPEL PÅ ELEV TÄNKANDE	73
ÄLDRE TIDERS TÄNKANDE OCH NUTIDA ELEVSVAR	76
DISKUSSION OM KRAFTER PÅ ETT FÖREMÅL I VILA	79
PROV FÖR LÄRANDE – ETT EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING AV INTERNET	80
UPPGIFTER FÖR DIAGNOS, PROV ELLER UTVÄRDERING	81
NOTER OCH REFERENSER	81
BILAGA 1: Fem övningsuppgifter om vila och rörelse	83
BILAGA 2: Tio testuppgifter om krafter och rörelse	89

WORKSHOP 5
MEKANIK 2 – NEWTONS TREDJE LAG

NEWTONS TREDJE LAG	97
VARDAGSFÖRESTÄLLNINGAR OM KRAFTER VID VÄXELVERKAN MELLAN FÖREMÅL	102
PROV FÖR LÄRANDE – ETT EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING AV INTERNET	104
UPPGIFTER FÖR DIAGNOS, PROV ELLER UTVÄRDERING	105
NOTER OCH REFERENSER	106
BILAGA 1: Fyra övningsuppgifter om växelverkan mellan föremål	107
BILAGA 2: Tio testuppgifter om krafter och rörelse	113

WORKSHOP 6
TEMPERATUR OCH VÄRME

DEN TIBETANSKA BÖNEPLATTAN	119
VETENSKAPLIGA OCH VARDAGLIGA FÖRKLARINGAR AV TERMISKA FENOMEN	121
Skolans naturvetenskap: förklaring på makroskopisk nivå	121
Systemtänkande	122
Värme uppfattad som rörelse	123
Drag i elevers vardagliga föreställningsvärld om termiska fenomen	124
Vilken dryck håller sig varmast?	127
Varför är det +20 °C i rummet hela tiden?	128
EN MODELL FÖR ATT TÄNKA OM VÄRME- ÖVERFÖRING	129
Inneboende egenskaper kontra växelverkande delsystem	129
Analysmodell	130
Inneboende egenskaper och termisk jämvikt	131
VÄRME OCH INRE ENERGI	133
NÅGRA FLER EXEMPEL PÅ ELEVERS BEGREPP OM VÄRME OCH TEMPERATUR	135
Värmets natur	135
Svårigheter att skilja på värme och temperatur	136
Blandning av vattenmängder med olika temperatur	136
Värme tenderar att stiga uppåt	137
Fasövergångar	138
NOTER OCH REFERENSER	140
BILAGA: Elevuppgifter	143
KOMMENTARER TILL VISSA UPP- GIFTER I WORKSHOP 1 -6	149

FÖRORD

Ärade läsare!

Du har nu framför dig ett nummer av skriftserien 'Ämnesdidaktik i praktiken – nya vägar för undervisning i naturvetenskap'. Dess hemvist är Enheten för ämnesdidaktik vid Institutionen för pedagogik och didaktik. Närmare bestämt är det lärare och forskare vid avdelningen för naturvetenskap som står bakom den nya serien, som är en fortsättning på de tidigare 'Elevperspektiv' och 'Naspektrum'. Huvudambitionen är att lämna bidrag till utveckling av naturvetenskaplig undervisning och lärarutbildning i Sverige. Vi vill förbättra lärarnas möjligheter att bedriva en undervisning som är intresseväckande, intellektuellt utmanande men begriplig och som leder till varaktiga kunskaper. Vi bedömer att den ämnesdidaktiska forskningen har goda möjligheter att göra detta under förutsättning att dess resultat på olika sätt omsätts i praktiken. Det har hittills varit lite så och så med den saken, och därför hoppas vi att 'Ämnesdidaktik i praktiken' skall göra forskningsresultat både intressanta och användbara för praktiserande lärare och lärarutbildare.

Men titeln 'Ämnesdidaktik i praktiken' uttrycker inte bara att forskningsresultat omsätts i undervisning. Ämnesdidaktiskt kunnande skapas också av läraren i hans/hennes praktik. Vi betraktar de båda sammanhangen för kunskapsbildning som komplementära. Yrkespraktik och vetenskap kan med andra ord stödja varandra, och vi strävar därför efter utbyte och samverkan.

Vi inleder med att som första fyra nummer i serien publicera de 23 'workshops' som utvecklats av projektet NORDLAB-SE.

Möln dal i oktober 2003

Björn Andersson
redaktör

OM PROJEKTET NORDLAB

De sex 'workshops', som ingår i detta häfte, har utvecklats inom projektet NORDLAB. Detta projekt, som nu är på väg att avslutas, har gått 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 centrala 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 sammordiska delar.

NORDLAB har letts av en projektgrupp med följande medlemmar

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

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

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

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

För vidare information om de olika delprojekten, se <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/>

Det svenska delprojektet (NORDLAB-SE) har finansierats av Utbildningsdepartementet och Skolverket. NORDLAB-SE har en nordisk kontaktgrupp:

Albert Chr. Paulsen (DK)
 Irmeli Palmberg (FI)
 Stefan Bergmann (IS)
 Anders Isnes (NO)

Det svenska delprojektet har genomförts av Björn Andersson (projektledare), Frank Bach, Birgitta Frändberg, Ingrid Jansson, Christina Kärrqvist, Eva Nyberg, Anita Wallin och Ann Zetterqvist.

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/workshoppedeltagaren 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. Sex ingår i detta häfte. 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>

WORKSHOP 1

JORDEN SOM
PLANET I RYMDEN

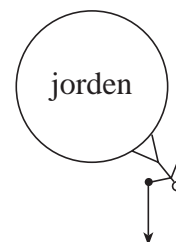
JORDEN SOM PLANET I RYMDEN

Denna workshop är den första av tre som behandlar astronomi. De övriga heter 'Varför har vi årstider?' och 'Månen, planetsystemet och universum'. Denna den första workshopen börjar med elevers föreställningar om jorden som planet i rymden och om jordens gravitation, vilket i sin tur leder in på några undervisningsidéer. Härefter tar vi upp hur elever förklarar att det blir mörkt om natten. Genomgående i workshopen föreslås olika möjligheter att locka fram elevers föreställningar inom det aktuella området, vilket kan vara en både lämplig och spännande utgångspunkt för undervisning.

JORDENS FORM OCH GRAVITATION

Att tänka om jorden som planet i rymden kan vara krävande. Det gäller bl. a. att förstå relativa storlekar och avstånd, liksom relativa lägen och rörelser i tre dimensioner. Vi är fysiskt bundna till jorden men skall ändå i tanken se på jorden utifrån en annan utsiktspunkt. Vi tittar ut över åkrarna i landskapet och uppfattar jorden som platt. Men vi ser också bilder av jorden som ett klot. Hur hänger de två perspektiven ihop? En hel del undersökningar visar att barn tänker sig att de bor på ovansidan av en plan skiva, inuti eller på ovansidan av en sfärisk jord. Det kan vara svårt att förstå att människorna som bor på 'undersidan av en sfärisk jord' inte faller ner.

Att jordens dragningskraft verkar nedåt mot marken är självklart när man står på en liten del av jorden. Men om man ser på jorden som en sfär i rymden kan det för många vara svårt att i tanken frigöra sig från en absolut nedåtriktning. Om en person i Australien tappar en boll, tänker sig en hel del elever på våra breddgrader i tidig skolålder att denna faller nedåt mot en kosmisk botten (se figuren, som visar en person i fantasiformat på jorden!)



Figur 1. Illustration av hur gravitation kan uppfattas.

Många erkända internationella undersökningar har visat på elevers svårigheter att tänka om jorden som planet i universum. Nyligen har en svensk undersökning ifrågasatt dessa resultat. Genom att låta en jordglob vara en resurs vid samtalet under intervjuerna har annorlunda resultat erhållits. Mera om detta i nästa avsnitt, men först en uppgift.

UPPGIFT 1

Förslagsvis intervjuar du två elever, en i taget, och spelar in detta på band. Du kan välja olika åldrar. För att intervjun skall bli ett samtal och inte ett förhör är det bra att säga att du inte är intresserad av rätt eller fel, utan av att förstå hur eleven tänker. Det gäller inte för eleven att försöka minnas och återge något som han eller hon lärt sig i skolan utan utgå från de egna tankarna. Då skapas troligen bra förutsättningar för en givande intervju.

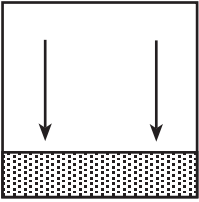
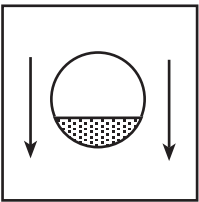
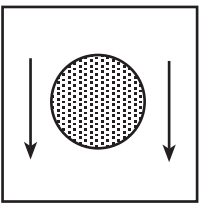
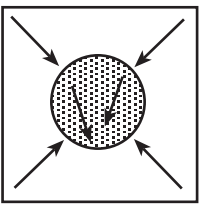
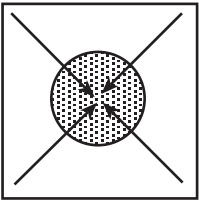
Du kan be din elev rita jorden på ett papper och resonera om denna bild, du kan ha en jordglob som samtalet utgår från eller du kan be eleven välja den av ett antal former som han/hon anser vara mest lik jordens form. Formerna kan vara en apelsin, en kaka, kanske en tudelad apelsin med ena halvan urgröpt, eftersom vissa elever tänker att man lever inuti en sfär.

Det gäller att komma åt hur eleven tänker om jordens form och dess gravitation. Var på jorden lever människorna? Faller de ner om de finns på jordens "undersida"? Om en människa (på olika ställen på jorden) tappar en boll – hur faller den? Antag att jorden vore genomskinlig – vart skall eleven titta för att se Nya Zeeland (som ligger på vår diametralt motsatta sida av jorden)?

Om du inte hinner skriva ut båda dina intervjuer, kan du skriva en synopsis för varje, eller skriva ut valda delar. Tag med ditt materiel vid nästa träff för jämförelse med andra deltagares resultat och diskussion av dessa.

Elevtänkande– några forskningsresultat

I forskningslitteraturen har elevers olika uppfattningar om jorden som planet i rymden beskrivits¹:

	<p>1. Jorden är platt. Den kan breda ut sig i oändlighet åt sidorna och nedåt eller den kan vara begränsad och rund, som ett mynt. Himlen är parallell med marken. Nedåtriktningen är vinkelrätt mot jorden. Barnen har hört att jorden är rund, men denna rundhet kan de tolka som att den avser vägarnas kurvor eller bergens form. Jordgloben representerar någon annan planet i rymden än den vi bor på. En myntformad jord kan vara omgiven av en ocean, vilket gör att man kan segla runt den.</p>
	<p>2. Jorden är en sfär, en jätteboll bestående av två halvor. Den nedre består av jord och sten och den övre av luft och himmel. Rymden finns utanför jorden. Människor bor på den undre delen, på den platta genomskärningsytan inuti jorden. Den övre sfären välver sig över jorden som en himmel med moln, sol, måne och stjärnor.</p>
	<p>3. Jorden är en sfär omgiven av oändlig rymd. Dragkraften är inte relaterad till jorden utan är absolut och riktad nedåt så som bilden visar. Människor bor på hela jorden. Tappar någon en boll på jordens "undersida", faller den nedåt mot en kosmisk botten. Vattnet i en öppen flaska stannar inte kvar i denna utan detta faller nedåt på samma sätt.</p>
	<p>4. Jorden är ett fast klot, omgivet av en vidsträckt rymd. Människor lever över hela klotet. Om saker släpps faller de alltid mot jordytan. Inget vatten rinner ur en flaska, oavsett var den är placerad. Om man i tanken gör ett hål genom jorden från pol till pol och släpper ett föremål vid nordpolen, så faller det rätt igenom jorden och ut på andra sidan. Det verkar som eleven tänker sig att det inte finns någon gravitation då man kommer innanför jordytan.</p>
	<p>5. Som modell 4, men saker faller nu mot jordens centrum. Om man t. ex. släpper ett föremål vid sydpolen genom hålet som nämnts i samband med modell 4, så faller föremålet enligt eleven till jordens centrum.</p>

Figur 2. Modeller av jorden som planet i rymden. Modell 1 och 2 förekommer i förskolan och tidig skolålder. I 12-13 års ålder är modell 4 och 5 dominerande. Modell 3 är en övergångsform.

Nussbaum² anser att eleverna utvecklar sina uppfattningar om jorden i rymden i en progression från de mindre till de mer utvecklade modellerna ovan. Piaget har visat att små barn har svårt att förstå rumsrelationer ur ett annat perspektiv än det egna. Ett exempel på detta är att tänka sig jorden sedd från rymden samtidigt som man är kvar på jorden. Andra forskare menar att barn kan klara detta mycket bättre än vad Piaget ansåg. Hur väl de förstår ett annat rumsligt perspektiv än det egna beror av hur förtrogna de är med det givna sammanhanget.

Andra forskare har lyft fram ytterligare några uppfattningar utöver dem som angetts i figur 2:

Det finns två Jordar - en som vi befinner oss på och en annan som finns om man tittar ut i rymden³.

På en sfärisk jord lever människorna bara på den tillplattade "översta" kalotten.⁴

Ovan beskrivna föreställningar om jordens form och gravitation har erhållits främst genom intervjuer. Vad elever ritat och berättat om har antagits vara tecken på deras föreställningar. En svensk undersökning⁵ har som ovan nämnts kommit fram till att samtliga elever i en mindre undersökningsgrupp (25 elever, 7-11 år gamla) tänker sig jorden sfärisk och med gravitation inåt. Författarens slutsats är att eleverna vet och kan detta, men inte getts chansen – i samtliga andra intervjuer – att visa detta. Det som skiljer Schoultz intervjuer från de övriga sägs vara närvaron av en jordglob. Om en sådan finns med resonerar eleverna om en sfärisk jord och om en mot jorden inåtriktad gravitation. Kunskapen sägs emellertid vara kontextbunden och inte generell. Detta exempel ställer undersökningsmetodens betydelse på sin spets. Forskarens perspektiv och de frågor som ställs är avgörande för hur intervjuerna genomförs, vad eleverna svarar och vilka tolkningar som görs. I en tidigare svensk undersökning⁶ använde intervjuarna emellertid en jordglob, men fick ändå fram många olika tankar hos barnen, liknande dem som beskrivs i figur 1.

UPPGIFT 2

Använd enkäten i bilaga 1 för att med hjälp av denna försöka locka fram dina elevers tankar om jordens form och dess gravitation⁷.

Undervisningsidéer

Förhoppningsvis ger elevernas svar på enkäten upphov till intressanta diskussioner som bidrar till att de får förbättrad förståelse av jorden som planet i rymden. Här följer ytterligare några undervisningsidéer.

Väderballongen⁸

En väderballong kan vara ett bra hjälpmedel för att förstå varför jorden verkar platt trots att den är sfärisk. Ballongen blåses upp med en dammsugare så att dess diameter blir 2-2,5 meter. Det tar några minuter att göra detta, men du kan vänta

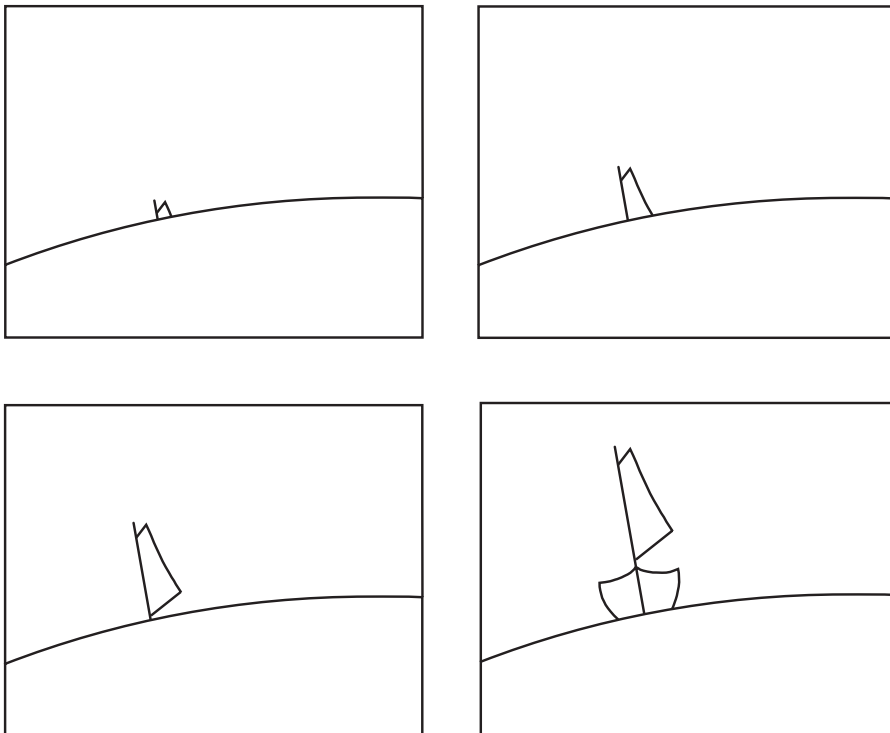
dig att eleverna följer den växande ballongen med stort intresse. Du kan se hur en uppblåsning går till genom att gå till följande sajt på Internet:

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/astro/astro.html> Följ länken som handlar om att blåsa upp en väderballong. Om du har ett långsamt modem kan det ta någon minut att ladda ned sidan, som består av åtta fotografier med kommentarer. (En väderballong kan införskaffas från SMHI, 60176 Norrköping, telefon 011-4958200. Priset är 450 kronor plus moms.)

Om en elev lägger kinden mot ballongen och bara tittar med det öga som är närmast ballongen så verkar ballonghorisonten vara i det närmaste rak och ögats närmaste omgivning förefaller platt. Kanske en myra som kryper på ballongen har en liknande upplevelse. En yta som verkar platt kan alltså i själva verket vara en del av ett klot.

Båten

En elev A står med kinden intill ballongen och tittar mot ballonghorisonten med det öga som är närmast ballongytan. En annan elev för en leksaksbåt på ballongens yta i riktning mot A. Till att börja med ser inte A båten, men snart dyker den upp. Låt eleverna fundera på hur båten då ser ut för A och hur synen av båten förändras då den kommer närmare. Fråga hur en sjöman ser en båt som närmar sig på havet. Syns den som en pytteliten men hel båt som blir större och större eller är det på annat sätt? I så fall hur och varför?



Figur 3. En båt som rör sig på en sfärisk yta.

Raketfärden

Ett annat problem som eleverna kanske tycker är spännande att fundera över är följande:

Vi tänker oss att vi sitter i en rymdraket som just startat. Den stiger rätt upp och åker ut långt i rymden. Från allra första början tittar vi ner mot jorden och håller utkik i denna riktning hela tiden. Rita en serie teckningar som visar vad vi då ser!

*DAG OCH NATT**Äldre tiders föreställningar*

Olika folk har genom historien haft olika föreställningar om världen. I dessa har ofta ingått tankar om hur solen rör sig och om hur denna rörelse hänger ihop med dag och natt.

Forntidens egyptier trodde att jorden var platt och himlen lik en platt skiva vilande på fyra bergstoppar. Solen bars över himlen i en båt från öster till väster. På natten bars solen tillbaka till öster genom Underlandet.

I Indien trodde man att jorden var en cirkulär skiva omgiven av hav. I världens mitt fanns ett högt berg. Solen gick runt berget en gång om dagen. På kvällen gick solen bakom västra bergskammen. Den rörde sig bakom bergen på natten och kom fram på östra sidan på morgonen.

Kineserna hade en föreställning om att himlen var en rund kupol som omgav en platt, fyrkantig jord. Jorden omgavs av hav. Solen vandrade i en stor, lutande cirkel. På natten var solen inte under jorden men vid sidan om jorden.

I antikens Grekland fanns det många som trodde att jorden flöt i havet som en kork i vatten. Filosofen Anaximander trodde att jorden var en cylinder med en rundad topp och att den flöt i luften. Himlen omgav jorden och bortom himlen fanns ett område av eld. Solen, månen och stjärnorna var hål i himlen, genom vilka man kunde se elden.

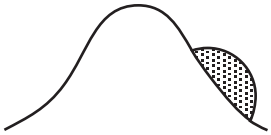
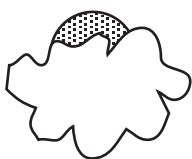
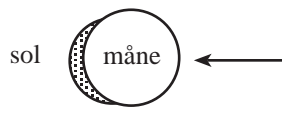
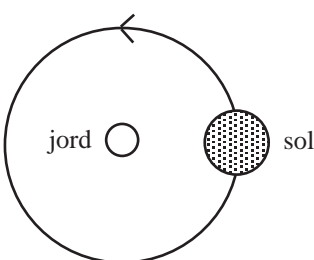
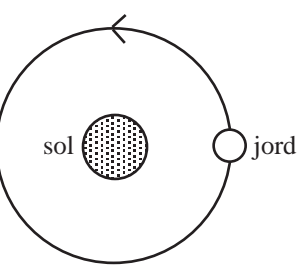
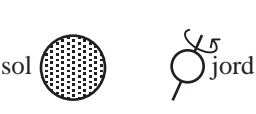
UPPGIFT 3

Vilka föreställningar om hur dag och natt uppkommer har du lagt märke till hos dina elever? Hur brukar du förklara dag och natt för dem? Utbyt erfarenheter med varandra!

Elevtänkande – några forskningsresultat

Frågor som många genom tiderna har funderat över är: Varför blir det mörkt på natten? Var är solen på natten? Rör sig solen? Rör sig jorden? Var är månen på dagen? Rör sig månen? Var är stjärnorna på dagen? Rör sig stjärnorna?

Olika forskare har beskrivit elevers (ålder 9-16 år) förklaringar till dag och natt. Baxter⁹ använde ett skriftligt test (100 elever) efter att i intervjuer hittat de olika alternativen⁷. Resultatet framgår av figur 4.

	<p>1. Solen går bakom bergen. (Enstaka elever i 9-10 års ålder)</p>
	<p>2. Moln skymmer solen. (Enstaka elever i åldern 9-12 års ålder)</p>
	<p>3. Månen täcker solen. (Mellan 10 och 20% i alla åldrar).</p>
	<p>4. Solen går runt jorden en gång om dygnet. (Cirka 25% av eleverna i 9-10 års ålder, något färre i övriga åldrar).</p>
	<p>5. Jorden går runt solen en gång om dygnet. (Drygt 30% av de yngre eleverna, minskade i popularitet med ökande ålder)</p>
	<p>6. Jorden snurrar kring sin egen axel en gång om dygnet. (Cirka 20 % av eleverna i åldern 9-10 år valde detta alternativ. Andelen ökade till drygt 30 % för de äldsta eleverna.</p>

Figur 4. Olika förklaringar till att det blir mörkt på natten.

Vosniadou och Brewer¹⁰ har hos intervjuade elever (6 - 12 år gamla) funnit följande föreställningar om varför det blir mörkt på natten :

- 1 Solen skymms av moln eller mörker
- 2 Solen rör sig ut i rymden
- 3 Solen och månen rör sig växelvis ner och upp från marken
- 4 Solen och månen går upp/ner till andra sidan jorden
- 5 Solen och månen rör sig runt jorden en gång per dygn
- 6 Jorden och månen rör sig runt solen på 24 timmar
- 7 Jorden snurrar kring sin egen axel upp/ner eller väst/öst. Sol och måne är fixa på motsatta sidor om jorden.
- 8 Jorden snurrar kring sin egen axel väst/öst. Solen är fix men månen rör sig runt jorden.

UPPGIFT 4

Intervjua några elever med utgångspunkt från följande frågeställning: Varför blir det mörkt på natten? Be eleven rita till sin förklaring.

Alternativ: Ge enkäten i bilaga 2 till någon eller några klasser.

Diskutera med utgångspunkt från elevsvaren hur man kan gå till väga för att förbättra elevernas förståelse av fenomenet dag-natt!

NOTER

1. Se t. ex. Nussbaum (1985).
2. Ibid.
3. Vosniadou och Brewer (1992).
4. Sneider och Ohadi (1998).
5. Schoultz (2000).
6. Richthoff och Bernhardsson (1985).
7. Enkäten har utformats av Sneider och Ohadi (1998).
8. Idén till 'Väderballongen' och 'Båten' kommer från Lightman och Sadler (1988).
9. Baxter (1989).
10. Vosniadou och Brewer (1994).

REFERENSER

Baxter, J. (1989) Children's understanding of familiar astronomical events. *Int. J. Sci.Educ*, 11(5), 502-513.

Lightman A., & Sadler P. (1988, February). The Earth is Round? Who are you Kidding? *Science and Children*, pp. 24-26.

- Nussbaum, J. (1985). The Earth as a Cosmic Body. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.) *Children's Ideas in Science* (pp 170-192). Open University Press.
- Richthoff, U., & Bernhardsson, K. (1985). *Jorden som planet i rymden*. (Elevperspektiv nr 15). Institutionen för Pedagogik, Göteborgs universitet.
- Schoultz, J. (2000) Att samtala om/i naturvetenskap. Kommunikation, kontext och artefakt. *Linköping studies in Education and Psychology*, 67. (pp 89-120)
- Sneider, C., & Ohadi, M. (1998). Unraveling Students' Misconceptions about the Earth's Shape and Gravity. *Science Education*, 82(2), 265-284.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. (1992). Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. (1994). Mental Models of the Day/Night Cycle, *Cognitive Science*, 18, 123-183.

BILAGA 1

ELEVENKÄT OM JORDEN

Att ställa skriftliga frågor som prövar förståelse av jordens form och storlek, samt om gravitationen, är mycket svårt. Om du låter dina elever göra uppgifterna i bilaga 1 kan det vara lämpligt, i synnerhet för yngre elever, att du först resonerar igenom frågorna muntligt i syfte att hjälpa eleverna att förstå frågeställningarna. Därefter kan de ta i tu med att svara på egen hand. Kanske är frågorna mest värdefulla som en utgångspunkt för diskussioner.

Fråga 1



Bild 1



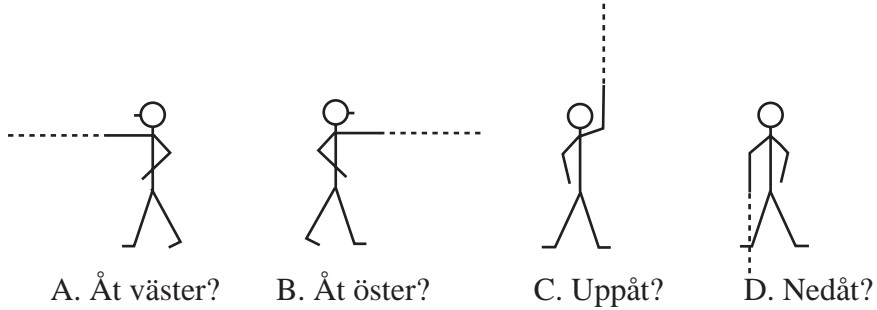
Bild 2

Varför är jorden platt i bild 1 och rund i bild 2? Ringa in bokstaven framför bästa svaret!

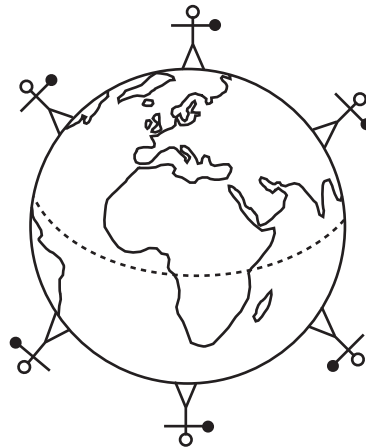
- A. Det är olika jordar.
- B. Jorden är rund som en boll, men folk lever på den platta delen i mitten.
- C. Jorden är rund som en boll, men det finns platta områden på den.
- D. Jorden är rund som en boll, men den ser platt ut för vi ser bara en liten del av bollen.
- E. Jorden är rund som en tallrik eller CD-skiva, så den ser rund ut när man är över den och platt när man står på den.

Fråga 2

Låtsas att jorden är av glas och att du kan se igenom den. Åt vilket håll skulle du titta, längs en rät linje, för att se folket långt bort i andra länder, t ex i Nya Zeeland? Ringa in bokstaven framför bästa svaret!

**Fråga 3**

Ritningen intill visar några förstorade människor som tappar stenar på olika ställen på jorden. Visa vad som händer med varje sten genom att rita en linje som visar stenens hela väg, från personens hand till den plats där stenen slutligen hamnar.

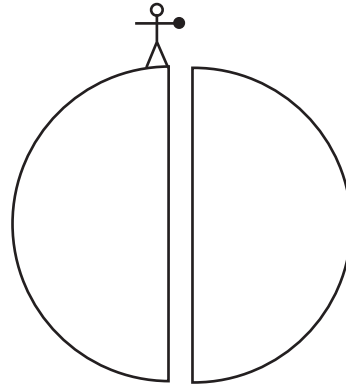


Varför faller stenarna så som du ritat? Skriv vad du tänker!

Fråga 4

Tänk dig att en tunnel grävdes hela vägen genom jorden, från pol till pol. Det är naturligtvis omöjligt att göra i praktiken, bl. a. därför att jordens inre är glödande hett. Men i tanken kan vi gräva hålet och vi bryr oss inte om hettan!

Tänk dig att en person håller en sten över öppningen vid Nordpolen och släpper den. Rita en linje från personens hand som visar stenens hela väg. Varför går stenen den vägen? Förklara ditt svar!

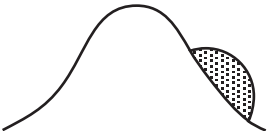
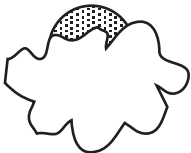

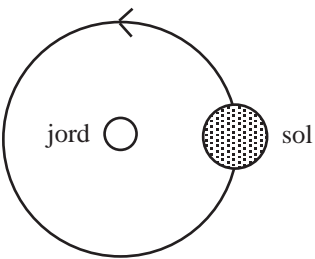




BILAGA 2
ELEVENKÄT OM VARFÖR
DET BLIR MÖRKT PÅ NATTEN

I alla tider har människan funderat över varför det blir mörkt på natten. Här följer ett antal förklaringar. Hur stämmer de med din egen förklaring? Använd följande skala då du svarar

håller inte 1 2 3 4 5 håller helt
alls med med

Om du inte alls håller med så ringar du in 1. Om du håller helt med ringar du in 5.

<p>A.</p>  <p>Det blir mörkt på natten därför att solen går bakom bergen</p>	<p>håller inte 1 2 3 4 5 håller helt alls med med</p>
<p>B.</p>  <p>Det blir mörkt på natten därför att moln skymmer solen</p>	<p>håller inte 1 2 3 4 5 håller helt alls med med</p>
<p>C.</p>  <p>Det blir mörkt på natten därför att månen skymmer solen</p>	<p>håller inte 1 2 3 4 5 håller helt alls med med</p>
<p>D.</p>  <p>Det blir mörkt på natten därför att solen går runt jorden en gång om dygnet.</p>	<p>håller inte 1 2 3 4 5 håller helt alls med med</p>

<p>E.</p> <p>sol  jord </p> <p>Det blir mörkt på natten därför att jorden snurrar kring sin axel ett varv per dygn.</p>	<p>håller inte alls med</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>håller helt med</p>
---	---

KOMMENTARER

Vi har provat denna enkät i en klass med 23 elever (skolår 6). Det visade sig att de flesta elever inte håller med om påstående A, B och C. Beträffande D är det 14 som inte håller med (alt 1 och 2) och 8 som håller med (alt 4 och 5). En elev väljer alt 3. När det gäller påstående E är det 3 elever som inte håller med och 6 som väljer alternativ 3. Övriga 14 håller med och 11 av dessa väljer alternativ 5.

Projektgruppen anser att enkätens värde främst ligger i att den kan användas som utgångspunkter för samtal. Grupper om tre-fyra elever kan t. ex. diskutera uppgifterna och redovisa ett gemensamt svar till en klassdebatt om de givna frågorna.

WORKSHOP 2

VARFÖR HAR VI ÅRSTIDER?

VARFÖR HAR VI ÅRSTIDER?

I denna workshop behandlas hur elever förklarar det faktum att vi har årstider, och vad olika rön angående detta betyder för undervisningen. Först hänvisas läsaren till en internet-sajt för att ta del av ett meningsutbyte om varför årstiderna växlar. Sedan presenteras några uppgifter att först diskutera och sedan ge till elever i skolan. Härfter summeras forskningsresultat angående hur elever tänker, varefter läsaren uppmanas att tillsammans med kurskamrater/kollegor diskutera om vunna insikter i elevtänkandet kan bidra till att undervisningen om årstider förbättras. Till sist kommer en övning som kan ge fördjupad förståelse av sambandet mellan instrålningen från solen och jordens olika årstider. Övningen har gjorts med hjälp av gratisprogrammet World Watcher.

EN DISKUSSION PÅ INTERNET OM ÅRSTIDER

Varför har vi årstider? Denna fråga diskuteras av Ludvig, Lisa och deras lärare Carolina i en övning som vi konstruerat. Ludvig och Lisa föreslår olika förklaringsmodeller som de ifrågasätter och försöker att vidareutveckla. Läsarens uppgift är att bedöma de olika förslagen för att så småningom formulera sin egen förklaring. De två eleverna går i grundskolans senare del.

UPPGIFT 1

Genomför övningen, som finns på adressen

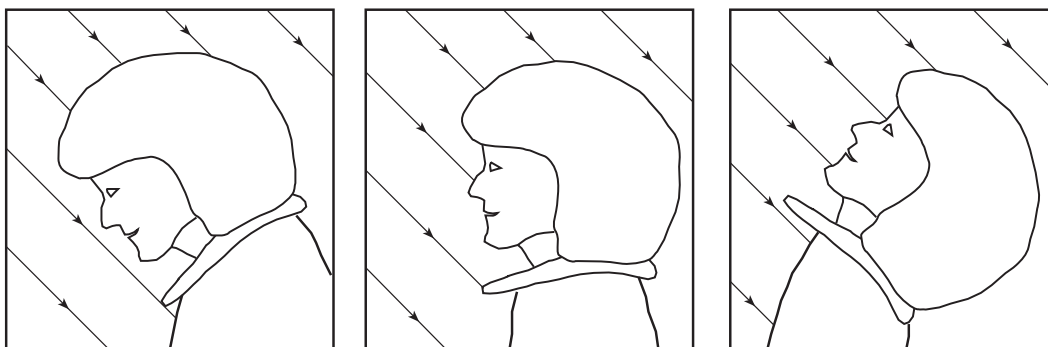
<http://na-serv.did.gu.se/astro/astro.html>

Diskutera de erfarenheter och tankar som övningen ger upphov till med kollegor/kurskamrater.

FRÅGOR OM INSTRÅLNING MOT EN YTA

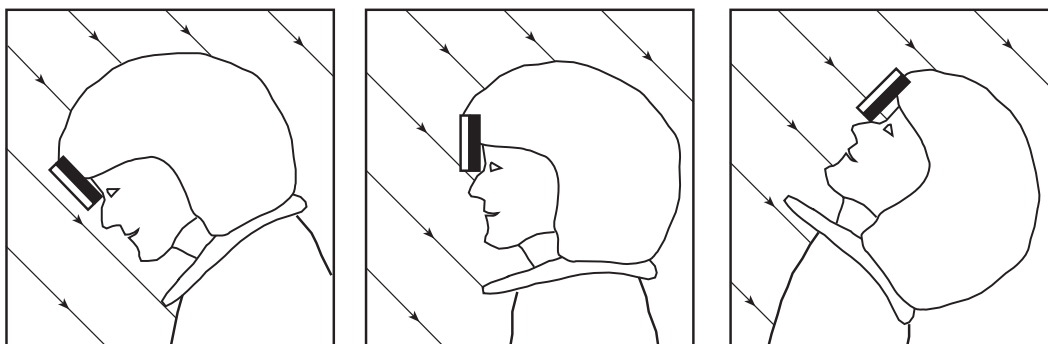
Fråga 1A

Kiki är ute i den starka vårsolen. Hon vänder upp ansiktet mot solen så som bilderna visar. Hur känns det i ansiktet i de tre olika fallen? (Pilarna visar riktningen på ljusflödet från solen.)



Fråga 1B

Nu håller hon en ljusmätare i pannan. Hon vänder upp ansiktet mot solen så som de tre bilderna visar. Händer det då något med mätarens utslag? I så fall vad? Förklara!



Anmärkning

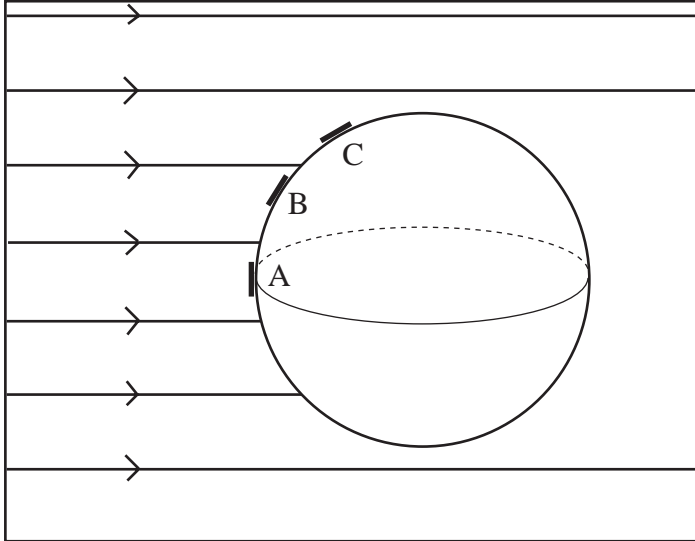
Vi har lagt ut ett antal bilder på Internet som visar hur detta experiment kan gå till i verkligheten:

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

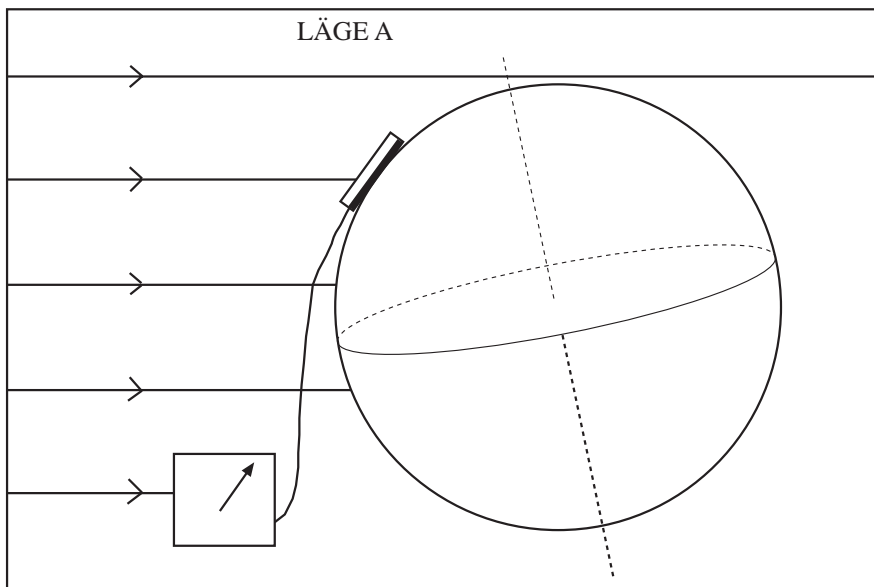
Om du har modemuppkoppling kan det ta någon minut innan bilderna är nerladdade.

Fråga 2

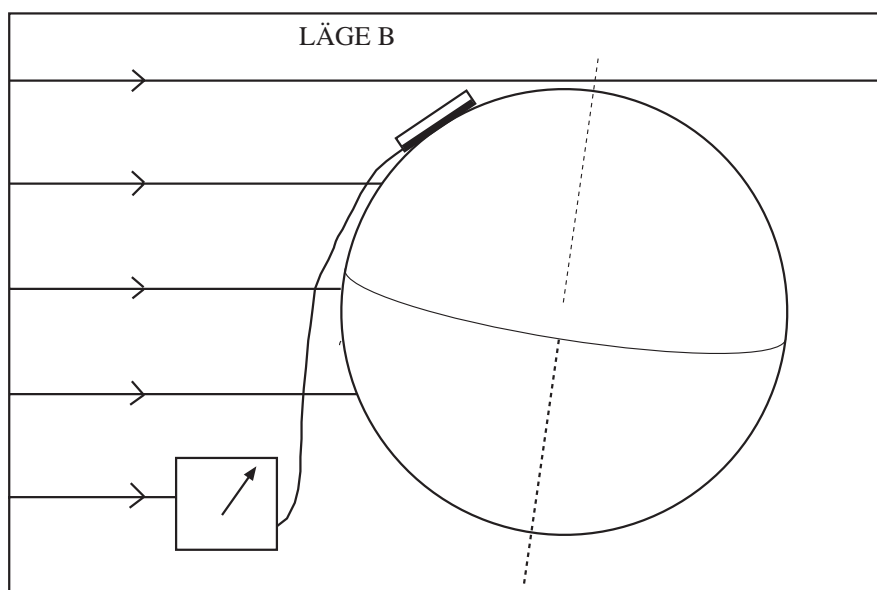
En badboll befinner sig i ljusflödet från solen en klar dag (pilarna visar flödets riktning.) En fotocell placeras i läge A, sedan i B och sist i C. Fotocellen är ansluten till en mätare (ej utritad i figuren). Ändras mätarens utslag då man går från A till B och sedan till C? I så fall hur? Skriv en förklaring till ditt svar.

**Fråga 3**

En badboll befinner sig i ljusflödet från solen en klar dag (pilarna visar flödets riktning.) En fotocell har klistrats fast på bollen, som hålls i läge A. Då gör mätaren ett visst utslag.

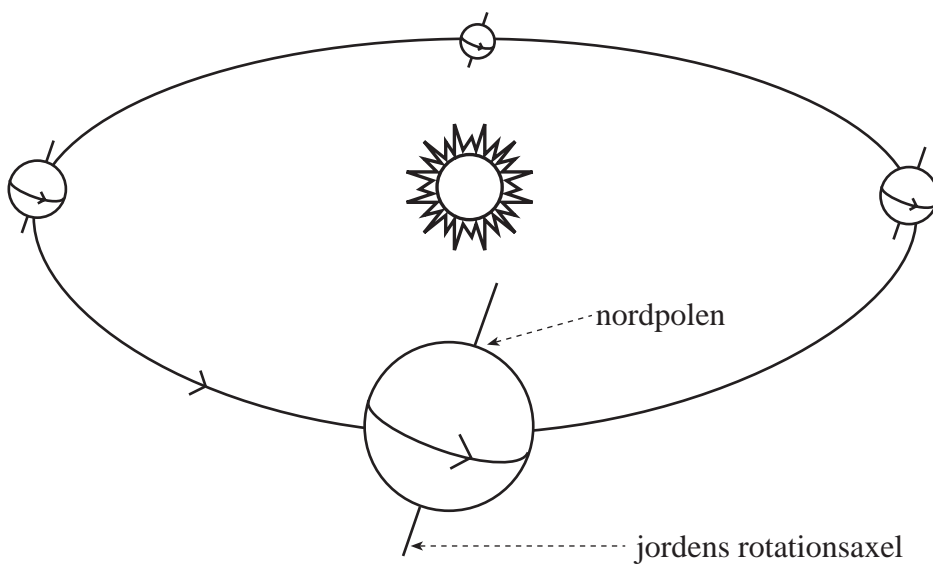


Sedan lutas bollen över till läge B. Ändras då utslaget på mätaren? I så fall hur? Förklara ditt svar!



Fråga 4

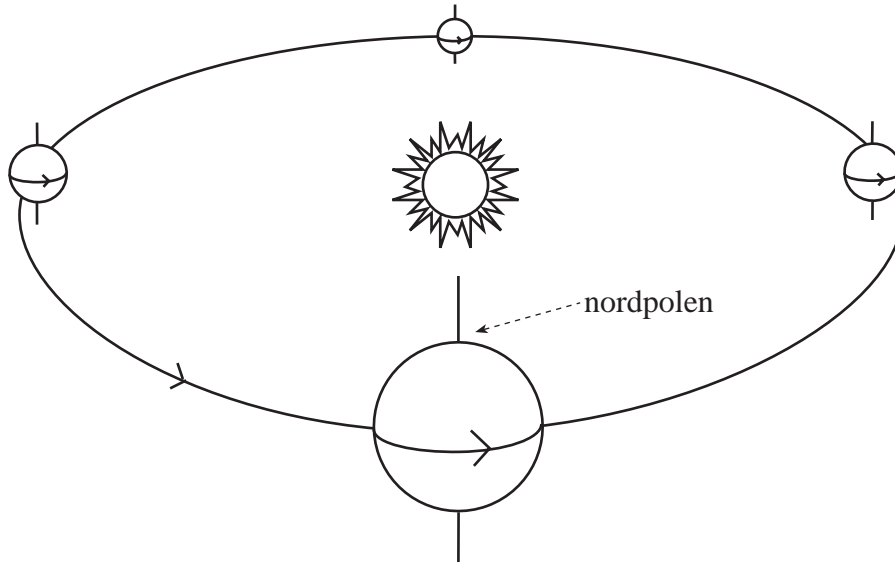
Jorden går i en nästan cirkulär bana runt solen. Figuren visar jorden i fyra olika lägen, sedda från en punkt i rymden. Avstånd och storlekar stämmer inte med verkligheten. Men det går ändå att avgöra när det är vår, vinter, sommar och höst. Gör denna bedömning för södra halvklotet. Skriv ut årstiderna på rätt ställe i figuren.



Förklara ditt svar!

Fråga 5

Tänk dig att jordens rotationsaxel ändrade läge så som figuren nedan visar. Skulle detta i så fall påverka årstiderna i Sverige? Förklara ditt svar!

**UPPGIFT 2**

Diskutera följande med kollegor/kurskamrater:

- Är den kunskap och den förståelse som efterfrågas i de fem uppgifterna viktig eller oviktig? Varför?
- För vilken ålder/vilka åldrar är uppgifterna lagom svåra?
- Planera och genomför en testning med de fem uppgifterna i en klass du/ni bedömer som lämplig, sammanställ resultaten och diskutera vad de betyder för dig/er när du/ni nästa gång skall undervisa om årstider.

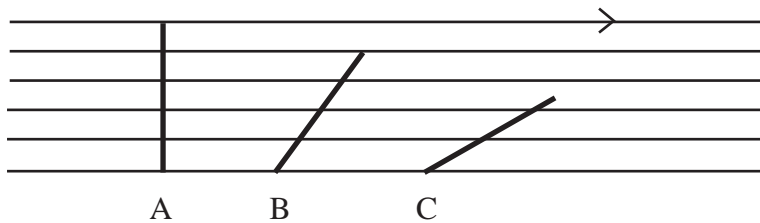
ÅRSTIDER OCH TEMPERATURZONER

Alla elever har erfarenhet av olika årstider. De vet att det är kallt på vintern och varmt på sommaren. Måhända har de också noterat att solen står högre upp på himlen under den varmare årstiden och att dagarna då är längre än under vintern. Några har besökt andra länder och kunnat lägga märke till att det blir varmare och varmare ju längre söder ut mot ekvatorn som man kommer.

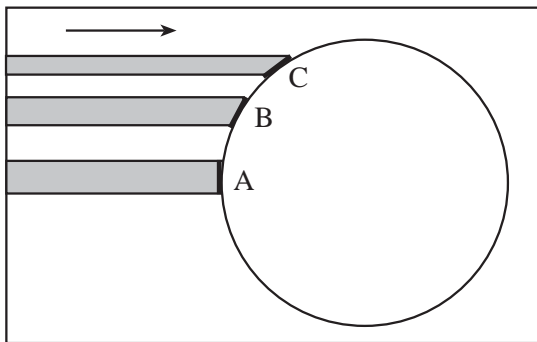
Med hjälp av optikens strålbegrepp och lite astronomiskt kunnande är det möjligt att ge en sammanhängande tolkning av dessa erfarenheter. Jorden befinner sig i

strålningsflödet från solen. På grund av det mycket stora avståndet till solen och jordens litenhet i förhållande till detta är infallande strålar i stort sett parallella. Instrålningen innan inträde i atmosfären är $1,4 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$ (den s. k. solarkonstanten). Totalt är den mot jorden instrålade energin per sekund cirka $2 \cdot 10^5 \text{ TW}$.

På grund av jordens form är den energi som når en kvadratmeter av jordytan olika beroende på var man befinner sig. Infallande energi per kvadratmeter är högst vid ekvatorn och lägst vid polerna. Man kan förstå detta genom att betrakta en given yta (tänk t. ex. på en fotocell) som är vinkelrät mot ett homogent ljusflöde (några strålar som visar flödets riktning är utritade). Ju mer ytan lutar, desto mindre energi mottar den, under förutsättning att strålningsflödet är homogent. Se figur 1! Jämför också med fråga 1B i förra avsnittet. Eftersom jorden är klotformig får exempelvis en kvadratmeter av jordytan större och större lutning i strålningsflödet från solen ju längre norrut man kommer. Den mottar därför mindre och mindre energi, vilket är förklaringen till att det tenderar att bli kallare ju längre norrut man kommer! Jämför figur 2 nedan och fråga 2 i det inledande avsnittet!

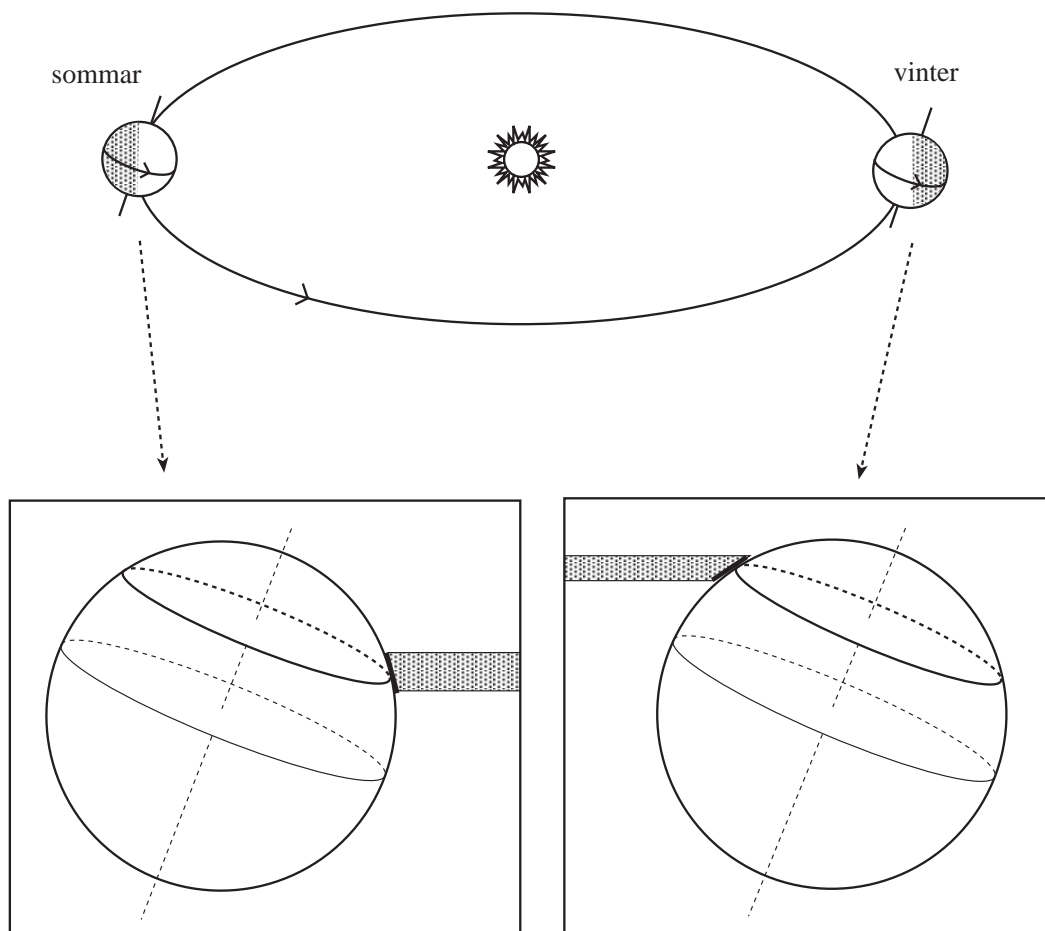


Figur 1. Olika strålningsinflöde på en och samma yta i lägena A, B och C



Figur 2. Instrålning på en yta av given storlek i läge A, B respektive C på jorden.

Om eleverna förstår detta, så ligger också en förklaring av årstiderna nära till hands. Det som behövs ytterligare är kunskap om att jorden går i en nästan cirkelrund bana runt solen, och på ett avsevärt avstånd från denna, samt att jordens rotationsaxel lutar ($66,5^\circ$) i förhållande till banplanet, oavsett var i sin bana jorden befinner sig (lutningen är konstant). Se figur 3, övre delen och bortse från de felaktiga dimensionerna



Figur 3. Vinter och sommar på norra halvklotet.

Om man nu betraktar strålningsflödet på en given yta och på en given plats, dels i sommarläge, dels i vinterläge, så inser man med hjälp av figur 3 att inflödet är större på sommaren jämfört med vintern. Detta beror på att jordaxeln lutar mot solen på sommaren och från på vintern, vilket gör att vinkeln mellan solstrålarna och jordytan förändras (den blir mindre och mindre ju mer vi går mot vinter). Ett annat sätt att uttrycka detta är att solen står högre på himlen under sommaren.

NÅGRA VANLIGA ELEVFÖRKLARINGAR AV HUR ÅRSTIDER UPPKOMMER

Att förstå hur det blir årstider kräver en hel del av eleverna. De måste ha ett strålbegrepp och kunskaper om att jorden går i en nästan cirkulär bana runt solen, samt att jordaxeln lutar och att denna lutning inte ändras. Vidare behövs en känsla för avstånd i planetsystemet – det långa avståndet till solen gör att de strålar som träffar jorden praktiskt taget är parallella. Denna insikt underlättar förståelse av relationen mellan den energi som en given yta mottar och den vinkel under vilken strålningen infaller.

Det är lätt att med tiden glömma olika detaljer, vilket försvårar att i testsituationer sätta samman kunnande till ett mönster som på ett bra sätt förklarar att vi har årstider. Därför kan man kanske vänta sig att en stor del av eleverna inte klarar detta en tid efter undervisningen.

De relativt få undersökningar som gjorts bestyrker detta. Erhållna svar är delvis svårtolkade. Ett tydligt gemensamt drag kan emellertid noteras, nämligen att den vanligaste förklaringen bland elever i åldern 9-16 år baseras på avståndsvariation¹. I en del fall förklaras variationen med att jordaxeln lutar. Härigenom, menar eleverna, är t. ex. norra halvklotet närmare solen på sommaren än det södra, som då har vinter. Ett halvår senare är det tvärt om. Kanske är det erfarenheten att stå med fötterna på marken och luta sig mot, och sedan från, en brasa som spelar in här. Måhända beror denna elevernas idé på att de inte har känsla för det enorma avståndet till solen, och att därför en lutning av jordaxeln mot eller från solen innebär en försvinnande liten avståndsändring.

Vanligare är dock att förklara årstidernas växling med att jordens bana är elliptisk med solen i ellipsens mittpunkt. I en undersökning var det exempelvis cirka 60% av eleverna som gav uttryck för detta². Ingen ålderstrend noterades.

Det är sant att jorden går i en något elliptisk bana runt solen, som befinner sig i en av ellipsens två brännpunkter. Den svaga ellipsformen på jordbanan medför att avståndet till solen varierar med 5 miljoner kilometer under ett år, vilket skall ses i relation till att medelavståndet jord-sol är 150 miljoner kilometer. Jorden är 5 miljoner km närmare solen i början av januari jämfört med början av juli, då avståndet är som störst. Det medför att den totala instrålningen mot jordytan är 7% mindre då det är sommar på norra halvklotet jämfört med vinter. Detta leder dock inte till större kontraster mellan vinter och sommar på södra halvklotet jämfört med norra, bl. a. beroende på fördelningen mellan land och hav, som verkar utjämnande. Men ur strålningssynpunkt medför avståndsvariationen en andra ordningens effekt, som dessutom är sådan att det på norra halvklotet är mer instrålning mot jorden på *vintern* jämfört med sommaren.

En reflexion som framförts är att det sätt på vilket figurer ritas i astronomiundervisningen kan bidra till missförstånd. För att få fram vissa poänger måste man använda kraftigt felaktiga proportioner och välja lämpliga perspektiv. Figur 3 är

ett exempel på detta. Förutom att kommunicera felaktiga relativa avstånd kan denna figur ge upphov till den oriktiga föreställningen att jordens bana är starkt elliptisk och att därför avståndet jord-sol varierar kraftigt. Dessutom ligger solen enligt figuren i ellipsens mittpunkt, vilket i så fall innebär två somrar och två vintrar på ett år!

En uppenbar motfråga till de elever som förklarar årstidsväxlingar med att avståndet jord-sol varierar under året, på grund av en elliptisk omlopps bana, är: Om solen är närmast jorden när vi har sommar, hur kan det då komma sig att det samtidigt är vinter på södra halvklotet?

UPPGIFT 3

Du vet nu en del om hur elever svarar på de testfrågor som du prövat. Vidare har du tagit del av några forskningsresultat angående hur elever förklarar uppkomsten av årstider, och analyser och kommentarer i anslutning till detta. Gruppdiskussionen torde också ha gett en del, bl. a. argument för och emot varför det är viktigt att lära om 'årstider' eller 'instrålning mot en yta' (eller vad man nu skall kalla det).

Nu är det dags för ett syntesförsök, dvs. på vad sätt allt detta kunnande kan användas för att utforma undervisning. Välj en elevgrupp som intresserar dig/er och skissera (ganska detaljerat) hur du/ni skulle vilja gå tillväga då du/ni som lärare möter denna elevgrupp nästa gång för att undervisa om hur det blir årstider!

WORLD WATCHER

Vid Northwestern University, Illinois, har en projektgrupp utvecklat ett mycket intressant dataprogram, kallat World Watcher. Det är gratis och kan laddas ner för såväl PC som Mac. Projektets hemsida är:

<http://www.worldwatcher.northwestern.edu>

Till programmet hör olika databaser som innehåller mätvärden, upptagna av satelliter. Mätningarna täcker hela jorden (upplösningen varierar från $1^\circ \times 1^\circ$ till $2,5^\circ \times 2,5^\circ$), och omfattar varje månad under ett år.

Eleverna kan ställa frågor om de data som finns i baserna, och programmet ger möjlighet att presentera resultat i form av bilder, diagram och animationer. Möjligheter att matematiskt bearbeta data finns också.

Vi har gjort en övning som gäller dels den solenergi som infaller mot jordens yttre atmosfär, dels den energi som absorberas av atmosfären och jordytan på olika längd- och breddgrader. Vi presenterar data som bearbetats av programmet och

ställer frågor i anslutning till dessa. Övningen kan ge dig fördjupad förståelse för sambandet mellan instrålningen från solen och jordens olika årstider. Adressen till övningen är:

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

NOTER

1. Sadler (1987); Baxter (1989); Atwood och Atwood (1996).
2. Sadler (1987).

REFERENSER

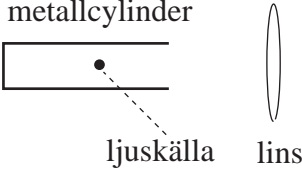
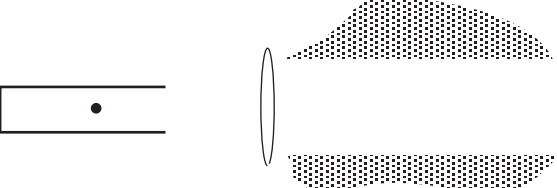

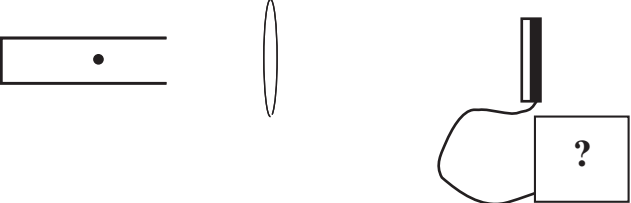
Atwood, R., & Atwood, V. (1996), Pre-service Elementary Teachers' Conceptions of the Causes of Seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (5), 553-563.

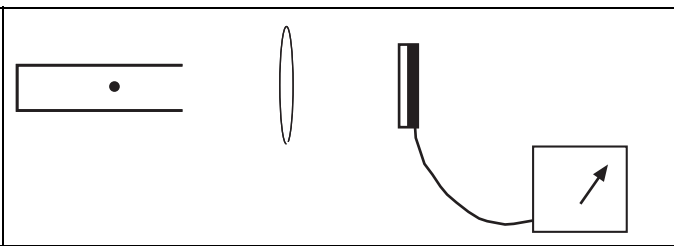
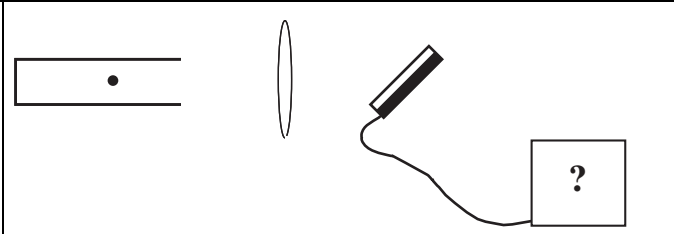
Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, 502-513.

Sadler, P. M. (1987). Misconceptions in astronomy. In J. Novak (Ed.), *Second International Seminar "Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics"* (Vol. 3, pp. 422-425). Ithaca: Cornell University.

BILAGA
ETT TRADITIONELLT EXPERIMENT

Vi påminner här om ett experiment som man kan göra med 'klassisk' fysikmateriel. Om du funderar på att använda detta experiment i något sammanhang, så tänk på att du då behöver en starkt lysande punktförmig ljuskälla, dvs. en lampa som har en kompakt glödtråd (en s. k. optiklampa). Ficklampor och glödlampor med en utdragen glödtråd ger inte ett homogent ljusflöde. Reducera också gärna ytan på fotocellen med hjälp av maskeringstejp eller eltejp så att den ljuskänsliga delen blir cirka en kvadratcentimeter stor. Det blir på så sätt lättare att hålla den i centrum av det ganska smala parallella ljusknippe som du åstadkommer med hjälp av t. ex. en optisk bänk. Vi har lagt upp det hela så att eleverna skall göra förutsägelser och förklara dessa.

<p>En ljuskälla och en lins ordnas som på bilden invid. Ljuskällan är en glödlampa som sitter inuti en metalcylander. Bara glödtråden är utritad. Den är nästan som en punkt.</p>	
<p>Om man blåser ut rök till höger om linsen ser man ett jämntjockt band av ljus.</p>	
<p>I ett experiment används en fotocell. (Ju mer ljus som träffar en fotocell, desto större utslag gör en mätare.) Fotocellen placeras så som bilden visar. (Cellen är sedd från sidan och den ljuskänsliga delen är vänd mot lampan.) Mätaren gör ett visst utslag.</p>	
<p>Fotocellen flyttas en bit bort från linsen så som figuren visar. Händer det då något med mätarens utslag? I så fall vad? Förklara svaret!</p>	

<p>I ett nytt experiment placeras fotocellen så som figuren invid visar. Mätaren gör ett visst utslag.</p>	
<p>Fotocellen lutas så som figuren visar. Händer det då något med mätarens utslag. Förklara ditt svar!</p>	

WORKSHOP 3

*MÅNEN, PLANETSYSTEMET
OCH UNIVERSUM*

MÅNEN, PLANETSYSTEMET OCH UNIVERSUM

Den här workshopen behandlar först hur elever förklarar månens faser och månförmörkelse. Sedan introduceras, i syfte att stimulera till diskussion, ett antal problem som kan användas i undervisningen om dessa fenomen, bl. a. korta filmsekvenser med tillhörande frågor som kan laddas ner från Internet. Härfter behandlas hur elever tänker om planetsystemet, varpå följer några undervisningsidéer och en diskussion om hur man kan förbättra elevens förståelse av vårt planetsystems struktur och dynamik. Workshopen avslutas med en skildring av olika uppfattningar om universum.

MÅNEN

Vid den svenska nationella utvärderingen 1995 gavs följande två uppgifter till 700 elever i åk 9¹:

Halvmånen

Som Du vet har månen olika utseende. Ibland är den full. Ibland är den halv. Ibland ser den ut som en banan. Förklara hur månen kan få det utseende som figuren härinvid visar. Rita gärna till Din förklaring!



Månförmörkelse

Ibland inträffar månförmörkelse. Rita och förklara hur det kan bli månförmörkelse!

UPPGIFT 1

- A. Prövar uppgifterna viktig kunskap eller ej? Motivera!
- B. Eleverna har fått uppgifterna oförberett. Vad anser du är acceptabla svar i skolår 9 under dessa omständigheter?
- C. Tänker du dig att det bland elevernas svar förekommer alternativa förklaringar som är annorlunda än dem som skolan försöker lära ut? I så fall vilka?

Hur elever i skolår 9 förklarar halvmåne

- Molnen är i vägen.
- För att ibland är månen täckt av molnen. Ibland lyser bara ena halvan fastän hela månen finns där.

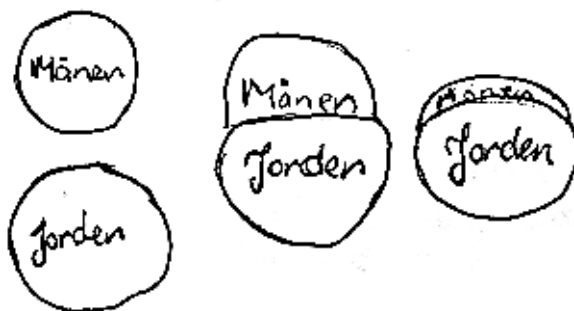
- Solen är i vägen.



- När en planet är i vägen för månen.



- Jorden täcker väl halva månen när den är halv och täcker inte alls när den är hel.

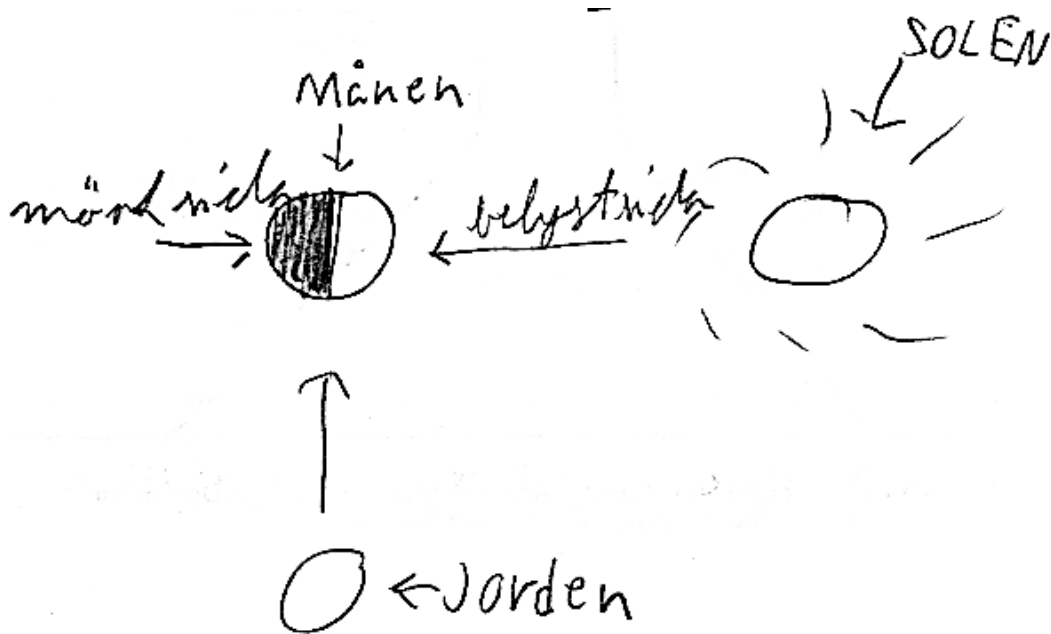


- Jorden skuggar månen.



- Solen belyser bara halva delen av månen.
- Det beror på om solstrålarna har möjlighet att träffa månen olika mycket. Ibland kan t. ex. jorden skymma helt och ibland träffas månen av ljus bara på en sida.
- Ibland är den belysta halvan vänd helt mot jorden. Då blir det fullmåne. När det är halvmåne som på bilden är den belysta halvan vänd halvt mot jorden. (Det är inte alltid samma halva av månen som är belyst. Men det är alltid samma halva som är vänd mot jorden)

– Pilen visar en människas synriktning. Han ser bara den del av månen som solen lyser på. Den andra delen är mörklad. Månens gång runt jorden resulterar i olika faser. Ibland ser man en fullmåne, ibland ser man inget alls och ibland ser den ut som på bilden.



EN ÖVERSIKTLIG BILD AV ELEVERNAS SVAR (skolår 9, n=700)

- Ej besvarat (16%)
- Något täcker månen (moln, sol, planeter) (16%)
- Jorden är i vägen för solens ljus/strålar (19%)
- Det beror på hur solen lyser på månen (17%)
- Solen lyser på halva månen. Vi ser den halvt belysta delen på olika sätt (21%)
- Annat (11%)

Hur elever i skolår 9 förklarar månförmörkelse

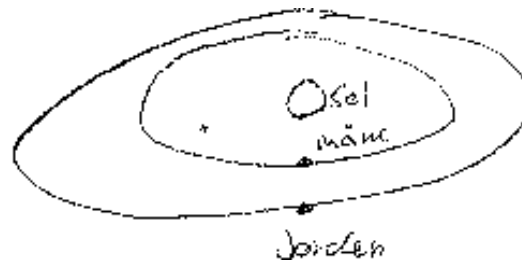
– Det är väl när det kommer såna svarta moln och täcker månen så det blir svart.



– Solen är i vägen.

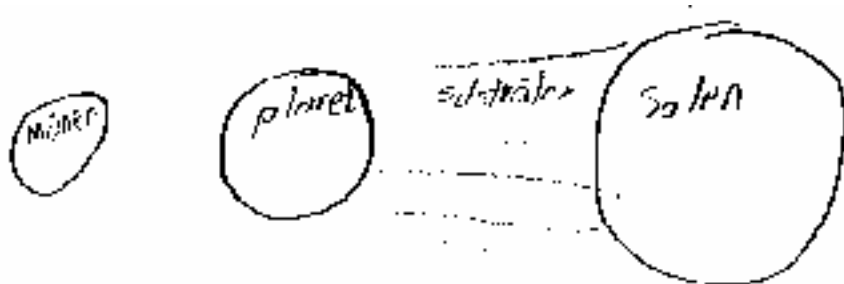


– Månen placerar sig precis mellan oss och solen.

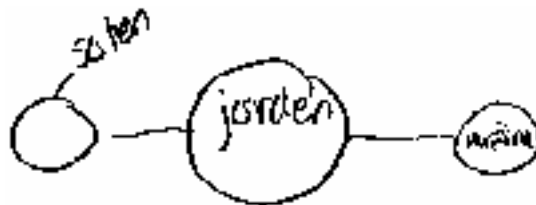


– När solen hamnar precis bakom månen, blir det månförmörkelse. Vi ser då bara den sidan som inte är upplyst, skuggsidan. Den sidan som vi då inte ser är upplyst av solen.

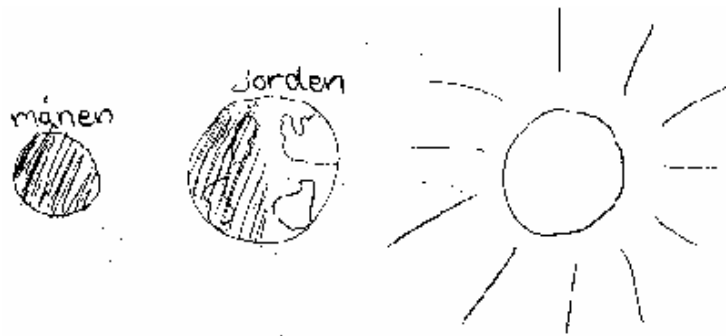
– Planet som är i vägen för att ljuset ska komma till månen. Inget ljus som reflekteras på månen



– Det blir månförmörkelse om solen-jorden-månen står på samma linje.



– Månen ligger på ena sidan om jorden och solen på andra. Månen ligger i jordens skugga



EN ÖVERSIKTLIG BILD AV ELEVERNAS SVAR (skolår 9, n=700)

- Ej besvarat (18%)
- Något täcker månen (17%)
- Månen är mellan solen och jorden (15%)
- Jordan ligger mellan månen och solen/Månen ligger i jordens skugga (32%)
- Annat (18%)

UPPGIFT 2

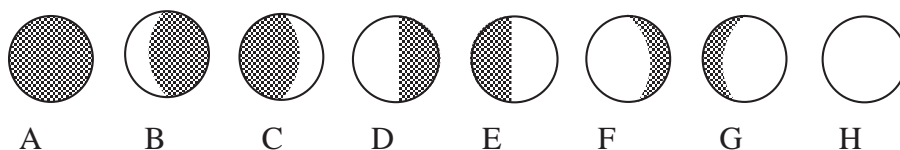
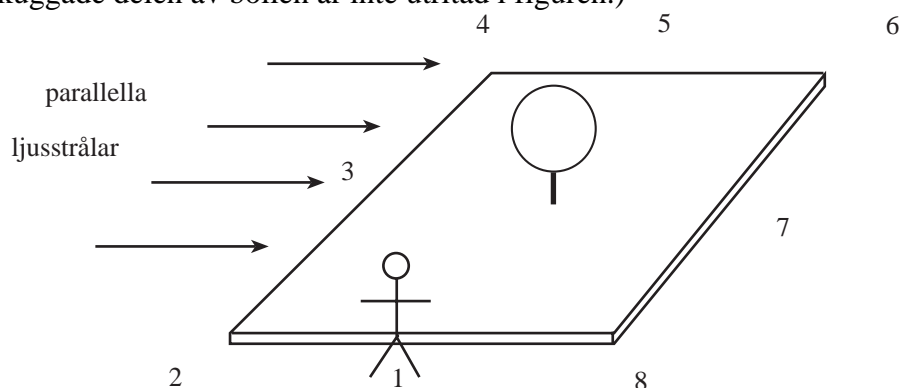
Har kunskap om dessa elevsvar någon betydelse för hur du kommer att undervisa om månens faser och månförmörkelse nästa gång? I så fall vilken? (Kanske undersöker du först hur dina egna elever besvarar de två uppgifterna om månen...)

Uppslag för undervisningen – tre problem

Kanske följande problem stimulerar diskussionen om hur man kan undervisa om månens faser. Måhända prövar du problemen på någon elevgrupp...

Problem 1

På en kvadratisk träskiva har man placerat en pingisboll på en pinne. Bollen belyses från vänster. Ljusstrålarna från ljuskällan är nästan parallella. (Den skuggade delen av bollen är inte utritad i figuren.)

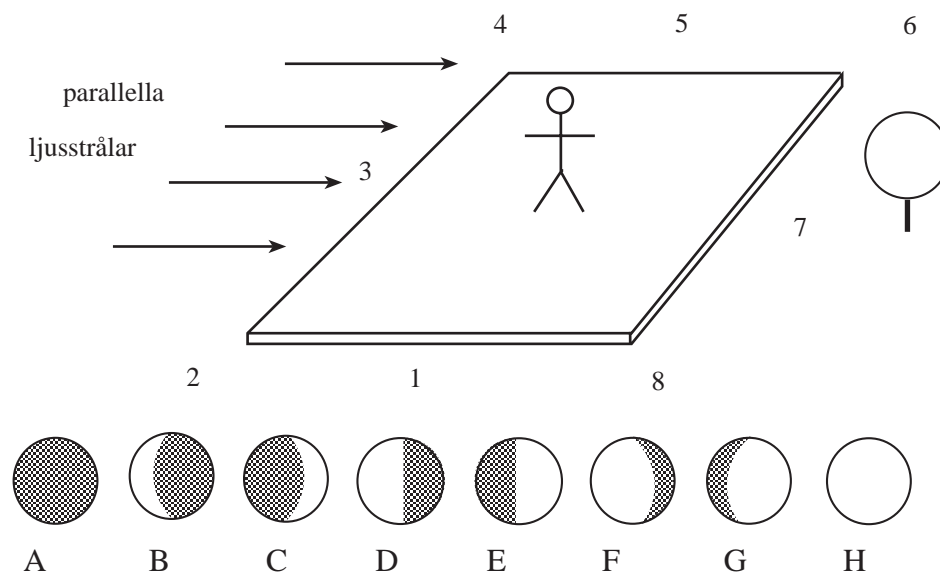


Tänk dig att en liten gubbe promenerar runt träskivan och betraktar den belysta bollen från olika ställen. Vilken av A till och med H ser han då han befinner sig i läge.

1: _____ 2: _____ 3: _____ 4: _____ 5: _____ 6: _____ 7: _____ 8: _____

Problem 2

I den här uppgiften byter gubben och pingisbollen plats. Gubben promenerar inte. Han står hela tiden i mitten, men han kan vrida sig och se åt alla håll. Pingisbollen flyttas till olika lägen (1 till och med 8).



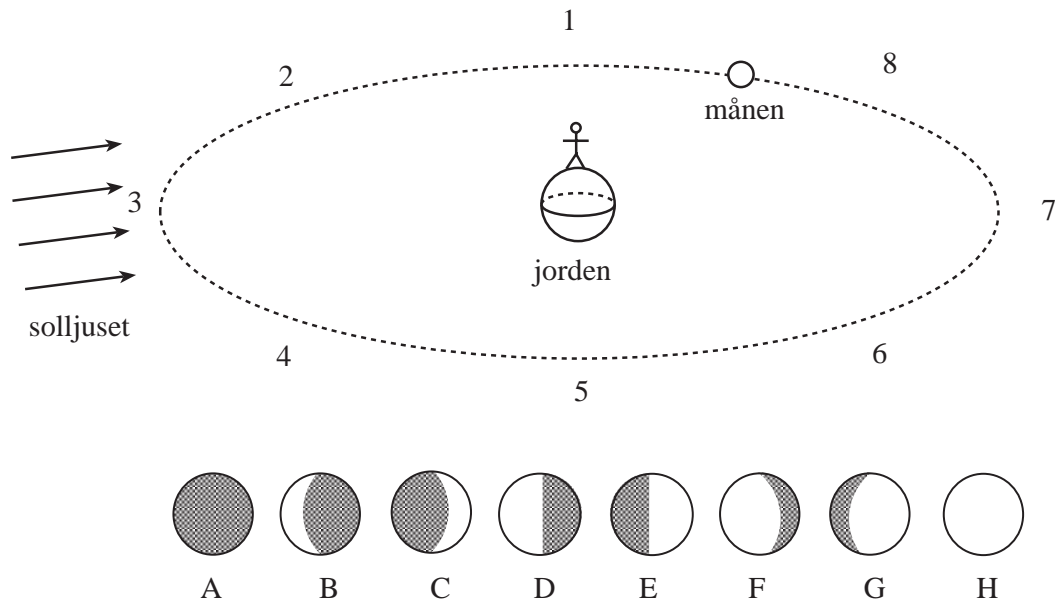
Hur ser pingisbollen ut för gubben då den befinner sig i läge

1: ___ 2: ___ 3: ___ 4: ___ 5: ___ 6: ___ 7: ___ 8: ___?

Välj bland A till och med H!

Problem 3

Månen går i en nästan cirkelrund bana runt jorden. Avståndet jord-måne är 384 000 km, dvs. ungefär 60 jordradier.



Tänk dig att du befinner dig en bit ovanför nordpolen och betraktar månen på olika ställen i dess omloppsbanan (1 till och med 8). Hur ser månen ut för dig, då den befinner sig i läge

1: ____ 2: ____ 3: ____ 4: ____ 5: ____ 6: ____ 7: ____ 8: ____?

Välj bland A till och med H! (Solen befinner sig så långt bort att de strålar som belyser systemet jord-måne nästan är parallella.)

Uppslag för undervisningen – programmet 'Starry night'

Vi rekommenderar astronomiprogrammet 'Starry Night', som finns för både Mac och PC. Det kan laddas hem och användas gratis i 15 dagar. Adressen är <http://www.starrynight.com/>

En av programmets många möjligheter är att man kan göra quicktime-filmer som visar olika astronomiska förlopp. Vi har gjort sådana filmer, till vilka vi ställer frågor. Du når filmerna och frågorna från följande sida:

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

På sidan finner du en meny med länkar. Följande länkar leder till frågor angående jordens form samt jordens och månens rörelser. Studera dessa frågor och diskutera deras användbarhet i undervisningen. (Det kan ta någon minut att ladda ner en film om du är modems-luten till Internet.)

1. En resa i rymden
- 2A. Solfilm 1. Var på jorden har filmen tagits?
- 2B. Solfilm 2. Var på jorden har filmen tagits?
- 3A. Stjärnfilm 1. Var på jorden har filmen tagits?
- 3B. Stjärnfilm 2. Var på jorden har filmen tagits?
4. Bild på stjärnbilden Orion från Kreta. Hur ser Orion ut samtidigt från Kapstaden?
5. Hur ser jorden ut under ett dygn från en geostationär satellit? (En geostationär satellit befinner sig hela tiden över en bestämd punkt på ekvatorn, dvs. den har samma omloppstid som jorden.)
6. Hur ser jorden ut från månen under en månad?
7. Hur ser månen ut från jorden under en månad?
8. Vilket fenomen visar filmen - A?
9. Vilket fenomen visar filmen - B?
10. Vilket fenomen visar filmen - C?

VÅRT SOLSYSTEM

Elevers uppfattningar

Det finns få undersökningar av hur elever uppfattar relativa storlekar och relativ rörelse hos jorden, månen och solen. I en australiensisk studie² fann man följande modeller bland elever i åldern 9-12 år.

1. En jordcentrerad modell. Jorden är i centrum av solsystemet. På natten flyttar solen sig bort från jorden medan månen kommer närmare jorden och ger månsken.
2. En jordcentrerad modell. Jorden är i centrum och den snurrar kring sin axel. Månen och solen är stationära i rymden.
3. En jordcentrerad modell. Jorden är i centrum och är statisk eller snurrar. Solen och/eller månen cirkular runt jorden.
4. En solcentrerad modell. Solen är i centrum. Jorden och månen cirkularer båda kring solen i samma eller koncentriska banor.
5. En solcentrerad modell. Jorden cirkularer kring solen och månen kring jorden.

Elever fick i en övning välja ut former och i en annan storlek på föremål som skulle kunna representera systemet sol-jord-måne. De valde bland alla möjliga två- och tredimensionella former och storlekar, cylindriska skivor, halva skivor, halva klot och klot. Eleverna var bättre på att välja former än relativa storlekar.

Uppslag för undervisningen

Från den tidigare nämnda sidan

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

kan du nå problem angående banrörelsen hos planeterna Merkurius, Venus, jorden och Mars samt några av Jupiters månar. Följ länkarna:

11. Kan du se ett rörelsemönster hos fyra planeter?
12. Kan du se ett rörelsemönster hos Jupiters månar?

Vidare har vi gjort en film som visar planetrotation:

13. Saturnus rotation.

Du kan också studera en *skalenlig bild av planetsystemet* (länken med samma namn)

På flera platser finns modeller av vårt solsystem uppbyggda. T. ex. kan man utgå från Naturhistoriska museet i Göteborg, där solen är placerad. Pluto ligger ute i en förort (Högsbo) och allt är skalenligt. Kanske finns en modell av detta slag nära din skola som du kan använda i undervisningen. Kanske tycker du det är motiverat att eleverna gör en modell av denna typ.

I BILAGA 1 kan du läsa om hur en lärare försöker utveckla sina elevers tänkande om jordens och månens rörelser genom praktiskt arbete och samtal. Eleverna är elva år gamla.

UPPGIFT 3

Diskutera med utgångspunkt från de forskningsresultat och de uppslag som presenterats ovan hur man kan undervisa om vårt solsystem, inklusive jordens och månens rörelser.

MODELLER AV UNIVERSUM

UPPGIFT 4

Hur tänker du dig att Universum ser ut? Rita en teckning! (Universum är allting du ser, du vet eller du föreställer dig existerar runt oss så långt du möjligtvis kan tänka dig)

Bakgrund

I början av 1900-talet ledde observationer av galaxers spektra till slutsatsen att universum expanderar. Alla galaxer är på väg från varandra. Enligt Big Bang-teorin startade expansionen redan för 10-25 miljarder år sedan. Big Bang var inte en explosion av materia ut i en tom rymd utan starten av en expansion av själva rummet som bär materien med sig. Big Bang teorin kan sägas vara dynamisk, icke-statisk, eftersom den förutsäger att universum kommer att expandera i evighet. I modern kosmologi är Big Bang teorin den dominerande och utan konkurrens. Ibland framförs teorier om att det inte skulle finnas ett enda universum utan ett oändligt antal universum. Det går varken att verifiera eller falsifiera sådana teorier.

Människor har i alla tider konstruerat olika kosmologiska teorier och dessa har speglat människornas religion och deras psykologiska och filosofiska föreställningar³. Vissa teorier såg universum som statiskt och evigt, t.ex. Aristoteles kosmologi (300 f Kr) med sina himmelska sfärer. De statiska teorierna speglade antagligen människans önskan efter ordning, stabilitet, beständighet och kontroll. Andra teorier innehöll antaganden om att universum ständigt utvecklas och förändras, t. ex. Lucretius (100 f. Kr) med sina virvlande atomer och strukturer som ständigt formades och upplöstes. Medan ett statiskt universum associerades med ordning (kosmos) förknippades ett icke-statiskt universum med oordning (kaos). Kant (1700-talet) kan sägas ha tänkt sig universum som statiskt, sannolikt för att han såg ordning som nödvändigt. Einsteins bild av universum var först statisk (1917) men övergick (1929) till att vara dynamisk. Det fanns astrofysiker (bl a Hoyle) som så sent som 1948 såg på universum som statiskt (steady state).

Uppfattningar om universum hos studerande och vuxna

Med antagandet att människor placerar sina önskningar och drömmar i sina teorier genomfördes en undersökning av vuxna amerikaner⁴ om deras föreställningar av universum. Resultaten visade att 24% (av 1120 personer) menade att universum expanderar och att de byggde denna uppfattning på naturvetenskapliga resultat de hört talas om. Det var fler yngre än äldre, fler män än kvinnor samt fler ju mer naturvetenskapligt skolade de var, som svarade så. Men de flesta (59%) svarade att universum var statiskt och de flesta byggde det på personliga åsikter. Många med uppfattningar om ett statiskt universum uttryckte negativa känslor inför att presenteras för en vetenskaplig upptäckt innebärande att universum expanderar. Känslorna inkluderade rädsla för en oväntad förändring, för att mista kontrollen, för att känna sig hjälplös och för att jordens existens var hotad. Dessa resultat visar att undervisning om universum har att ta hänsyn till inte bara hur eleverna tänker utan också hur de känner.

En undersökning genomfördes bland 41 lärarstuderande 1999 i början av deras utbildning⁵. De ombads rita en teckning som visade hur de tror universum ser ut och också uttrycka sina tankar med ord (se bilaga 2 för några exempel). Endast två studerande talade om ett dynamiskt universum, som expanderar respektive pulserar. Kanske kan denna låga andel förklaras med hur frågan ställdes ('hur ser universum ut?'). Övriga beskrev ett statiskt universum, ofta med jämnt utspridda stjärnhopar (galaxer). Det var vanligt med sammanblandning av planetsystem (likt vårt solsystem) och galaxer. Någon talade om flera universum. Någon skrev om existentiell ångest och någon om att bli galen av att fundera på frågan. Detta är ytterligare ett exempel på att starka känslor kan sättas i rörelse då man funderar över universums byggnad. Endast fysiska modeller återfanns (Se bilaga 3 för andra typer av modeller.)

En grekisk undersökning⁶ beskriver lärares ('primary teachers') modeller av universum. Författarna anser att dessa modeller är delar av hela kosmologier, som också innefattar tro, känslor, intentioner och filosofier. Modellerna visade sig vara av tre olika slag; fysiska, metafysiska och symboliska (se bilaga 3). En människas kosmologi utvecklas enligt författarna under hela livet.

UPPGIFT 5

Jämför din bild av universum med dem som finns i din diskussionsgrupp, i andra åldrar, i historien, i olika kulturer m. m. Har din bild av universum någon betydelse för hur du lever och agerar?

NOTER

1. Andersson, Bach och Zetterqvist (1996)
2. Jones, Lynch och Reesink (1987)
3. Lightman, Miller och Leadbeater (1987)
4. Ibid.
5. Kärrqvist (1999)
6. Spiliotopoulou och Ioannidis. (1996)

REFERENSER

Andersson, B., Bach, F., & Zetterqvist, A. (1996). *Nationell utvärdering 1995 – åk 9. Optik*. (Rapport NA-SPEKTRUM nr 19). Mölndal: Institutionen för ämnesdidaktik.

Jones, B. L., Lynch, P. P., & Reesink, C. (1987). Childrens' conceptions of the Earth, Sun and Moon. *International Journal of Science Education*, 9, 43-53.

Kärrqvist, C. (1999). Opublicerat material, Institutionen för Pedagogik och Didaktik, Göteborgs universitet.

Lightman, A. P., Miller, J. D., & Leadbeater, B. J. (1987). Contemporary cosmological beliefs. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the 2. Int. Seminar "Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics"* (Vol.3, pp. 309-321). Ithaca: Cornell University.

Spiliotopoulou, V., & Ioannidis, G. (1996). Primary Teachers' Cosmologies: The Case of the 'Universe'. In G. Welford, J. Osborne, J. & P. Scott (Eds.), *Research in Science Education in Europe - Current Issues and Themes* (pp. 337-350). London: The Falmer Press.

BILAGA 1

JORDENS OCH MÅNENS RÖRELSER

*Ett försök att utveckla barns tänkande
genom praktiskt arbete och samtal*

av

Leif Andersson
Åsebro skola
Mellerud

Det hela började som en inledning till en lektion i matematik. Vi höll på med ett arbetsområde, där innehållet anknöt till almanackan. Vi hade tidigare sett att denna var en form av uppslagsbok, där man bland mycket annat kunde hämta en del astronomiska data om solen, månen och planeterna.

Denna dag skulle vi studera månadsbladet för mars (1987 års almanacka till Göteborgs horisont) och se vad det kunde ge för upplysningar. Vi tittade på veckor och dagar, vardagar och söndagar, helgdagar och flaggdagar för att inte tala om namnsdagar. För att kunna tyda den tredje kolumnen på sidan måste vi studera teckenförklaringen. Vi fann olika upplysningar om solen, månen och planeterna Venus, Mars, Jupiter och Saturnus. Den fjärde kolumnen gav oss för var dag besked om när solen gick upp och ner. Den femte gav oss motsvarande uppgifter om månen. Vi såg att den 1:a mars gick solen upp kl 7.10 och ned kl 17.40. Månen gick upp kl 7.45 och ned kl 19.52. Det slog mig då, att tiderna för solens upp- och nedgång inte avvek särskilt mycket från månens. Denna iakttagelse startade en rad diskussioner och aktiviteter som mera kom att handla om astronomi än matematik.

Jag frågade: *Är det någon som ser något märkligt med månens upp- och nedgångstider?* Efter en liten stund reagerar Gustav. Han säger: *Oj då. Månen är uppe på dagen..* Jag frågar: *Vad säger ni att klockan är ungefär, när det står 19.52?* Någon svarar: *Klockan är nästan åtta på kvällen.* Jag säger: *Månen går alltså ner ungefär åtta på kvällen. Om ni går ut den kvällen kl 10 eller 11, ser ni månen då?* Carl-Johan svarar direkt ja. Många andra håller med. Jag påpekar: *Men då har den ju gått ner.* Carl-Johan: *Javisst. Men det är ju på natten man ser månen.* Jag: *Också denna natt?* Då säger Malin: *Nej, den har ju gått ner denna gång. Den går ju upp först nästa dag.* Jag frågar: *Så det finns nätter då månen inte är uppe?* Klassen: *Ja.* Emma tittar fundersamt i almanackan och säger: *Men då är den uppe på dan.*

Eleverna börjar diskutera sinsemellan om detta är riktigt och de flesta verkar nog tycka så. De börjar också prata om huruvida det är möjligt att se månen på dagen. Några säger: *Nej. Det går inte för solen är för stark.* Då säger Samuel: *Jo, det kan man, för jag har sett den.* Det är omöjligt att nå enighet i denna fråga.

Jag fortsätter: *Hur kommer det sig att vi ser det som om månen går upp och ner?* Malin: *Jorden snurrar runt.* Jag: *Hur menar du?* Malin: *Jo, den snurrar runt sig själv. Så här.* (Hon visar med handen.) Emma reser sig och säger: *Jag vet. Så här.* (Hon roterar runt sin längdaxel.) *Om vi bor här (pekar på bröstet) och månen är där (pekar rakt fram) så ser vi månen. Om jag ställer mig så här (ställer sig med sidan åt det håll hon först pekat) så*

börjar vi se månen. Jag ber då Malin att också ställa sig upp och säger: *Ni kan visa på varandra.* Emma: *Då är Malin jorden och vi bor här.* (Pekar på bröstet på Malin.) *Jag är månen.* (Flickorna står vända mot varandra.) *Nu ser vi månen.* (Sedan vänder Emma Malin ett halvt varv så hon får ryggen mot Emma.) *Nu ser vi inte månen.* Så visar de två hela varvet, när månen går upp, när vi ser den, när den går ner och när vi inte ser den. Klassen tycks vara överens med de båda flickorna. Så är det. Det fungerar. Då säger någon: *Men månen går också runt jorden.*

Detta påstående diskuteras. Många elever stöttar den som sagt så. De erinrar sig bilder och annat som bekräftar att det förhåller sig på det sättet. På tavlan sammanfattar jag vad vi kommit fram till så här långt:

1. Månen går upp, syns en del av dygnet och sen går den ner.
2. Jorden roterar runt sin axel. Detta är orsaken till att vi uppfattar det som om månen går upp och ner.
3. Månen rör sig i en bana runt jorden.

Vi gick sedan vidare och tittade efter när månen gick upp och ned de närmast påföljande dagarna. Den 7:e mars fanns en tid angiven för när månen gick upp, men nedgångstiden markerades med ett streck (-). Vad betyder detta?

En viss diskussion uppstår mellan eleverna. Några letar i teckenförklaringen och finner följande: "Då månens upp- eller nedgång markeras med (-) betyder det att månen denna dag inte går upp eller ned." Vad betyder detta? En teori framkastades, att månen "denna dag" inte gick ner innan den gick upp igen. (Var det möjligen midnattsolens beteende de hade i tankarna?) Vi talade då om vad det innebar, att den steg upp respektive sjönk ner under horisonten. Då vi bor mitt på Dalboslätten med vid utsikt, var synranden eller horisonten inget svårt begrepp.

Då säger en elev: *Men den går ju upp (anger klockan) nästa dag, så då måste den ju ha gått ner först.* Efter en stunds funderande, då vi också tittade på nedgångstiden de omgivande dagarna, fann vi det rimligt att anta, att månen vid det aktuella tillfället gått ner några minuter efter midnatt och att någon nedgångstid för det aktuella dygnet därför inte fanns.

En elev säger: *Men månen lyser ju inte av sig själv. Den är som en spegel. Det är ju solens ljus som gör att den syns.* Malin påpekar: *Förra året jobbade vi med planeterna och då var jag jorden. Jag gick runt solen, så jorden rör sig runt solen.* Här förs solen, Christina, upp på golvet. Malin, som är jorden, rör sig roterande kring sin längdaxel ett varv runt Christina för att visa jorden gång.

Som synes inträffade nu ett tankehopp. I stället för att fortsätta tänka i systemet jorden - månen, övergår barnen att tänka på systemet solen - jorden. Det föreligger ju en viss likhet mellan jordens rörelse runt solen och månens runt jorden.

Vi gick tillbaka till de tre punkterna på tavlan. Skulle vi kunna åskådliggöra hur månen går upp och ner p. g. a. jordens rotation samtidigt som månen rör sig runt jorden? Vi började med att ta bort solen och gick tillbaka till vårt första system. Emma fortsatte att föreställa månen och Malin jorden. Flickorna stod vända mot varandra och startade sedan sina rörelser: Malin roterade på stället runt sin längdaxel och Emma tog sig sidledes i en bana runt henne. Allt tycktes fungera. Men inte länge.

Jonas säger: *Så kan det inte vara. Månen går ju inte upp och ner.* Det som hände var, att Emmas gång runt Malin i hastighet sammanföll med Malins rotation. Malin hade Emma framför sig hela tiden, och eftersom vi "bodde" på Malins framsida såg vi ju månen hela tiden. Den gick inte upp och ner. Hur skulle vi göra nu? Jonas: *Malin får sluta snurra runt sig själv och Emma får gå.* Vi provade. Emma kom bakom Malins rygg, vi såg inte månen, hon kom upp vid sidan av Malin, månen gick upp, hon kom framför Malin, vi såg månen. Månen gick upp och den gick ner och den rörde sig runt jorden. Där hade, efter vad jag kunde förstå, eleverna låtit sig nöja. Hur skulle vi komma vidare?

Vi kontrollerade en gång till punkterna på tavlan. Jag pekade på punkt 2: Jorden roterar runt sin axel. Detta är orsaken till att vi uppfattar det som att månen går upp och ner. Ingen elev reagerar märkbart. Jag fortsätter: *Vad beror det alltså på att vi ser månen gå upp och ner?* Svaret kommer direkt från många: *Jordens rörelse.* Jag bad Emma och Malin göra om proceduren en gång till. Malin, jorden, stod still. Emma, månen, gick runt. Jag frågar: *Vem beror det på att månen går upp och ner?* Svaret kommer fort: *Emma.* Nästa fråga: *Vad föreställer Emma?* Svaret är tveklöst: *Månen.* Följdfrågan blir: *Vems rörelse beror det på att månen går upp och ner?* Svaret kommer utan tvekan: *Månens.* Ännu en gång pekar jag på punkt 2 på tavlan: Jorden roterar runt sin axel. Jag försöker igen: *Nu säger ni att det är månens rörelse som gör att vi ser månen gå upp och ner. Vi är alltså inte överens om punkt 2?* Jo, säger många, inte alla. Men ingen säger nej. Vad ska nu göras?

Jag är trött. Trots att jag har försökt hålla mig i bakgrunden, har jag ändå på något sätt intensivt deltagit i det arbete eleverna utfört, både det tankemässiga och det fysiska. När jag tittar på klockan har det faktiskt inte gått åt mer än 35 minuter för att komma hit. Det känns mycket längre. Jag tittar på eleverna. De förefaller pigga. Jag frågar om de orkar mer och får ett jakande svar. Jag förstår att det inte går att följa min impuls att bryta. Eleverna är intresserade fortfarande och vill fortsätta att agera och förhoppningsvis tänka. Men hur gör vi nu?

Jag ställde följande fråga, förmodligen för att vinna tid för egen del att tänka: *Hur lång tid tar det för jorden att gå runt sin axel?* Svaret kommer från många: *Ett dygn.* Nästa fråga: *Hur lång tid tar det för månen att gå runt jorden?* Svaren går isär: *En timma. En vecka. Ett år.* Jonas upplyser om att det finns bilder i almanackan av månens faser. Från en fullmåne till en annan är det nästan precis en månad. Vi tittar på detta. Jag frågar: *Vilket tidsintervall har fått sitt namn efter månen?* Några kommer med förslag: *År. Timmar.*

Är det inte i alla fall dags för en rast? Jag föreslår det och säger: Tänk under rasten. Elever kommer och vet svaret. De vill och får viska det innan de går ut: *Månad.* Några elever går på rasten till biblioteket, kommer efter mig in på personalrummet. De vill svara nu: *Månad.* Jag säger: *Hur lång tid tar månen runt solen?* Funderande. Man hör mummel om att månen följer jorden. Rätta tanken inte långt borta. Jag väntar.

Detta är det svåra - att vänta ut. Att inte ställa frågan: *Hur lång tid tar det för jorden att gå runt solen?* Att inte leda barns tänkande där de själva har möjlighet att bryta igenom. Att ge eleverna tid att avsluta en påbörjad tankeprocess.

Efter rasten tar vi upp samtalet igen. Ytterligare några elever har kommit på att jag varit ute efter ordet månad. Jag frågar: *Vad är det som tar ett dygn?* Då kommer Jonas på vad

det var för fel med Malins, jorden, och Emmas, månen, förevisning. Han säger: *Malin måste snurra också men mycket fortare än Emma går*. Flickorna gör om förloppet på detta sätt och allt som står på tavlan stämmer nu.

1. Månen går upp, syns en del av dygnet och sen går den ner.
2. Jorden roterar runt sin axel. Detta är orsaken till att vi uppfattar det som om månen går upp och ner.
3. Månen rör sig runt jorden i en bana.

Min tanke var nu att sammanställa jordens rotation kring sin axel och rotation runt solen med månens runt jorden. (Månens rotation kring sin egen axel lämnade jag därhän, trots att en elev tidigare påpekat följande: Man ser alltid samma sida av månen).

Vi förde ut bänkarna till sidan av salen och beredde en stor yta mitt i den. I centrum placerade jag Christina, solen, en bit därifrån ställde jag Malin, jorden, och ett litet stycke från henne Emma, månen. Jag nämnde något om de stora avstånden i rymden, att salen egentligen inte räckte till osv. Jag förklarade för flickorna att vi ville se hur jorden och månen rörde sig samtidigt i förhållande till solen och uppmanade dem att sätta igång. Flickorna såg så rådvilla ut att det uppstod munterhet i klassen. Någon säger: *Börja då!* Flickorna börjar så smått vrida och vända sig, men något system går inte att urskilja. Goda råd kommer från klassen. Någon säger: *Börja du, Emma*. Anders fyller på: *Men Malin skall också röra på sig*.

Det blir Emma, månen som börjar. Hon går i en cirkel sidledes runt Malin. Malin, jorden, faller in i sin roll - samtidigt som hon roterar runt sin egen axel börjar hon röra sig runt Christina, solen. Då inträffar det för mig oväntade, att Emma går kvar i den ingångna cirkeln på sin plats i salen medan Malin drar iväg för att komma runt solen. Jorden och månen skiljs åt. Då reagerar Carl-Johan och säger: *Men Emma måste ju följa med Malin runt*.

Det är inte lätt att koordinera dessa rörelsemönster. Den stackars Emma har det mödosamt när hon skall följa med Malins färd runt solen. Farten som Malin rör sig med för tillfället gör det omöjligt för henne att hinna springa runt Malin som hon skall. Då kommer nya goda råd: *Malin, du måste sakta farten runt Christina men snurra fort runt dig själv*. Efter ytterligare några misslyckade försök hittar de agerande en takt som är användbar, och vi ser jorden snurra runt sin axel och gå runt solen samtidigt som månen går i en bana runt jorden. Då säger jag: *Tänk om Emma haft rödfärg under fötterna. Då skulle vi kunnat se efteråt vilken väg månen hade gått. Kan ni föreställa er den ändå?* Hans säger: *Det blir som en fjäder precis*. Jonas tillägger: *En böjd så den går ihop. En spiral, fast platt*. Jag frågar om någon kan rita den på tavlan och Jonas går fram och gör så. Någon elev kommenterar: *En sån konstig väg*. Men klassen är nöjd.* Vi slutar där för dagen och eleverna får sin läxa: Skriv ner i Oä-anteckningsboken vad du anser dig veta om jordens och månens rörelser. Tänk också efter eller ta reda på om månen rör sig runt sin egen axel. Med anledning av läxan säger Carl-Johan: *Det kan bli mycket det*. Till detta svarar Hans: *Det kan bli lite också*.

* Det har klassen all anledning att vara, så långt som den har kommit när det gäller jordens och månens rörelsemönster. Klassen är väl förberedd för en noggrannare analys med kvantitativa inslag senare i grundskolan. Den kommer att leda till en smärre korrigerings, nämligen att månens bana runt solen har formen av en utdragen våg snarare än en spiral. Månen har med andra ord ingen retrograd rörelse i förhållande till systemet jord-månes omloppsbana runt solen.

Nästa dag när vi tog upp ämnet igen, fick eleverna läsa upp de anteckningar de gjort som läxa. Allmänt kan sägas att de flesta använt egna formuleringar. Några hade slagit upp i böcker om jorden och månen och då tagit med fler fakta än de som gällde rörelser. Några hade skrivit av helt eller delvis vad de funnit i böcker. Deras beskrivningar av de olika rörelserna blev mer diffusa än de från dem som använt sitt eget minne och sina egna ord. Hade de förstått vad de skrivit ner?

Jag lät Emma, Malin och Christina åter genomföra sitt rollspel. Det gick bra. Emma tog kommandot och bestämde takt för sig och Malin så månen hann runt jorden samtidigt som jorden roterade runt solen. Det var dags för rast. De i klassen som inte agerat fick i uppgift att träna rörelsemönstret ute. De delade upp sig i tre-grupper och försvann.

Efter rasten fick varje grupp visa upp vad de tränat. I stort avvek inte den ena gruppens rörelsemönster från den andras. Men där fanns olikheter. Jag uppmanade dem som inte agerade att se upp noga och så studerade vi alla fem grupperna en gång till. Den mest påtagliga skillnaden gällde rotationshastigheten och den påpekades av många. Svårare var det att upptäcka avvikelser i månens sätt att röra sig.

Johan var en av månarna. Hans näsa pekade hela tiden mot en och samma vägg. Hans sätt att gå stämde inte med vad han skrivit i sin anteckningsbok. Där stod: Månen snurrar också runt sin egen axel. Carl-Johan var en annan av månarna. Han gick sidledes och hans näsa pekade hela tiden in mot jorden. Han hördes mumla medan han roterade runt jorden: Ett, två, tre ... Han räknade sina varv runt jorden, 12 skulle han göra under jordens varv runt solen.

Jag uppmärksammade klassen på de båda pojkarnas sätt att framställa månens färd runt jorden och frågade vem av dem som gick "rätt". Inget svar. Tom hade uttryckt det som Johan antecknat om månens rotation runt sin egen axel så här: Månen visar hela tiden samma sida åt oss. Jag bad honom läsa upp det avsnittet ur läxan igen. Johan och Carl-Johan fick sedan agera månar som förut. Alla var överens om att Carl-Johan med näsan mot jorden hela tiden gick rätt. Betydde det att månen roterade runt sin egen axel? Vi pratade om detta en stund men det gick inte att komma fram till något svar. Vi lät månen inta positioner på olika platser i varvet runt jorden och uppmärksammade hur fötterna fått gå för att näsan skulle peka in mot jorden. Det verkade ändå vara svårt att inse månens rotation kring sin egen axel.

Dagen därpå tog vi upp ämnet för tredje gången. Eleverna fick på nytt dela upp sig i grupper om tre. Under 20 min övade de rörelsemönstren så att varje elev fick pröva att vara sol, jord och måne. Sedan fick de framträda i de olika rollerna. Ingen gjorde grundläggande fel, småfel rättades snabbt till av kamrater. Jag tyckte de agerade hemtamt i sina olika roller. Detta agerande hade nu tagit 4 lektioner i anspråk. Hade elevernas tänkande utvecklats - deras förståelse ökat? Som avslutning fick de på nytt skriva ner vad de ansåg sig veta om jordens och månens rörelser, denna gång på skoltid.

Beträffande dessa redogörelser kan följande noteras:

1. Totala antalet fakta som tagits med om rörelser och tider ökar påtagligt från första till andra tillfället, 61 -> 89.
2. Många fler elever anger tiden för de olika rörelserna vid andra tillfället, 16 -> 31.
3. 9 elever anger att månen roterar runt sin axel andra gången mot 3 elever första.

4. 3 elever som i första redovisningen nämnt att jorden kretsar runt solen nämner inte detta i andra, likaså har 3 elever i andra redovisningen utelämnat vad de sagt i första om det gemensamma systemet solen, jorden och månen. Är det så att vissa fakta med tiden blir så självklara att de inte längre behöver påpekas?

Det är ofta svårt att veta vad eleverna egentligen förstått och vad som är en återgivning av vad de "bara" har hört. Ett exempel på detta är Johan. Han skriver att månen snurrar runt sig själv, men när han agerar går han med näsan mot en vägg hela tiden. I andra redovisningen har 9 elever påpekat att månen roterar runt sin egen axel. De visade detta genom att gå med näsan in mot "jorden" hela tiden. Men bunden rotation är svårt att se och förstå.

En del är mycket fåordiga i sina skrivna redogörelser. Beror det på att de inte förstått, att de har svårigheter att få ner på papperet vad de vill säga eller helt enkelt på att de är lata?

Den första nedskrivna redovisningen var ju läxa. Då hade eleverna tillgång till lärobok och eventuellt uppslagsböcker. De skulle bara redovisa vad de visste om jordens och månens rörelser, men den mängd fakta de då hade framför sig gjorde det svårt för dem att hålla sig till sak. Det var ju så mycket annat som också var intressant. Andra redovisningen gjordes som avslutning på hela arbetet. Den skedde i skolan med bara papper och penna till hands. Då skalades många av de vid sidan liggande uppgifterna bort. Hos några elever fanns de delvis kvar, men det som handlade om rörelserna blev ändå det väsentliga. Elever behöver tränas på att bland många fakta plocka fram de aktuella.

Här följer två exempel på redogörelser från andra redovisningstillfället, ordagrant återgivna men med enstaka stavfel rättade.

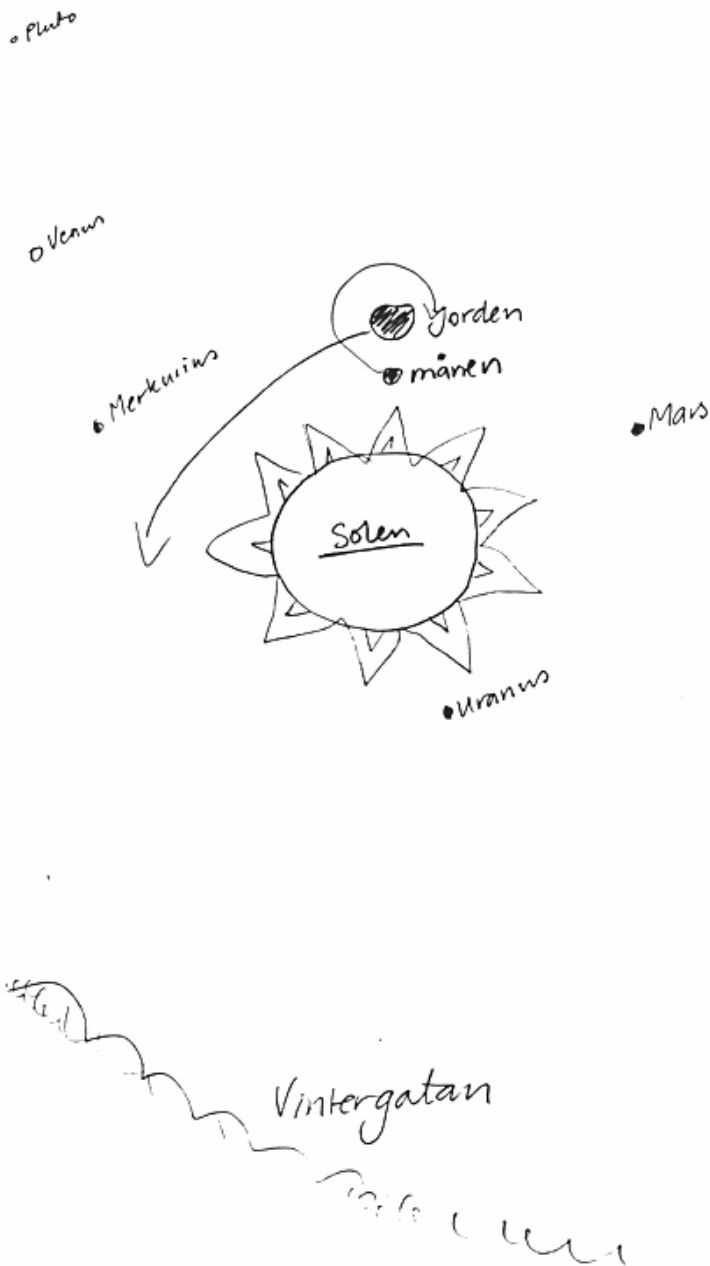
Mia

Jorden är en planet som ligger i tredje banan från solen sett. Och har en måne, andra planeter kan ha flera månar. Jorden roterar runt sin egen axel samtidigt som den går en bana runt solen som alla andra planeter. Det tar ett dygn för jorden att rotera ett varv runt sig själv. Det tar 365 dagar och en 4/1 dag för jorden att gå ett varv runt solen. Månen går tolv varv runt jorden på ett år. Det tar en månad för månen att gå ett varv runt jorden. Jag tror inte månen roterar runt sig själv.

Hans

Jorden roterar 365 varv runt sin axel när månen går 12 varv. Jorden snurrar 30 varv när Månen gått ett varv runt Jorden. Månen roterar runt sin axel.

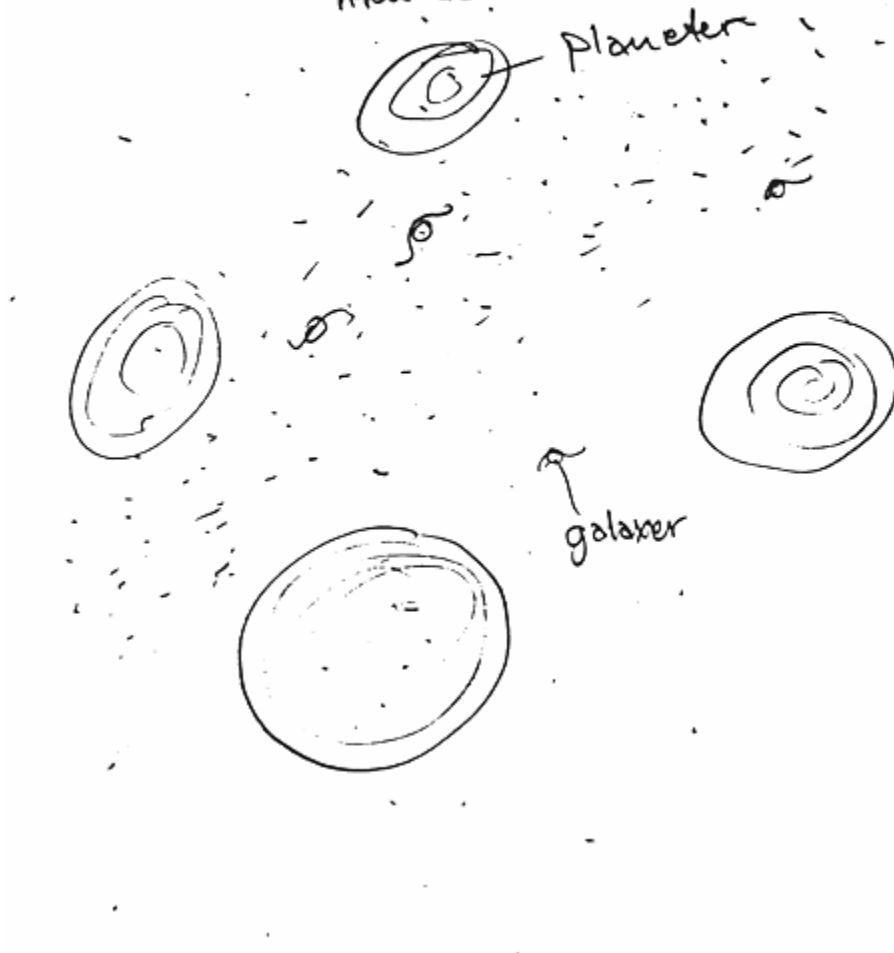
BILAGA 2
 MODELLER AV UNIVERSUM – SVENSKA EXEMPEL



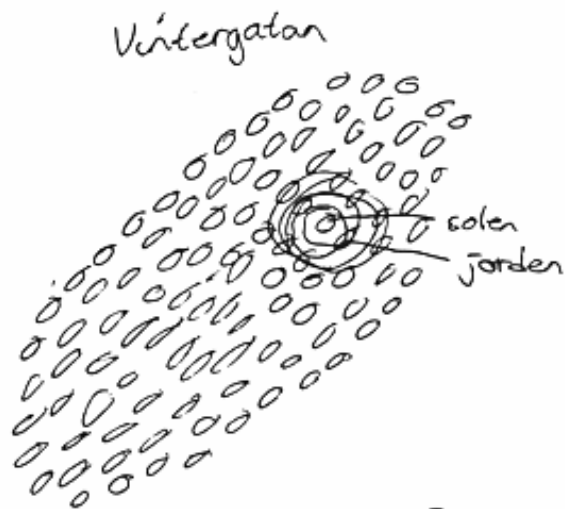
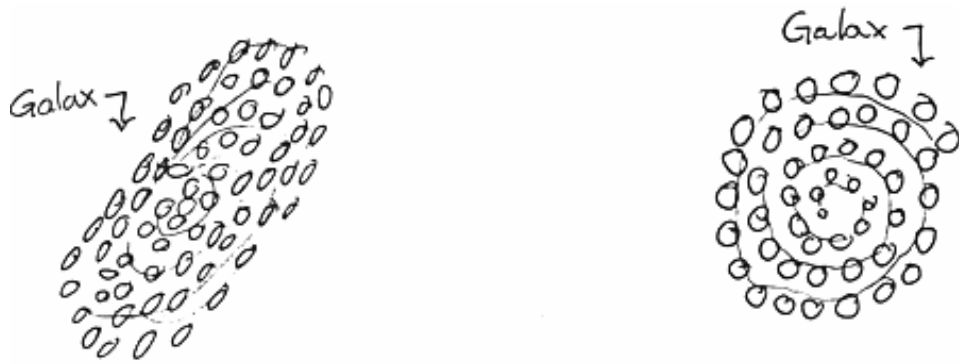
Teckning 1. I denna modell är utgångspunkten vårt eget planetsystem, vars utseende inte helt stämmer med kända förhållanden. Vintergatan finns för sig och vårt planetsystem verkar inte ingå i denna. I teckningen finns en pil som markerar rörelse, vilket är ovanligt.

Rita en teckning på hur du tror universum ser ut och beskriv gärna också med ord! Skriv något om skalan i din ritning så att relativa storlekar och avstånd blir tydliga.

Universum är något oändligt
 Det är planeter, galaxer och en massa
 små-pluttar. Det går inte att räkna
 dem alla. Denna bild är en väldigt
 liten del av universum



Teckning 2. I detta oändliga universum tycks galaxerna vara mindre än planetsystemen. Denna tolkning är dock osäker. Kanske den studerande tänker sig att utritade galaxer befinner sig långt bort.



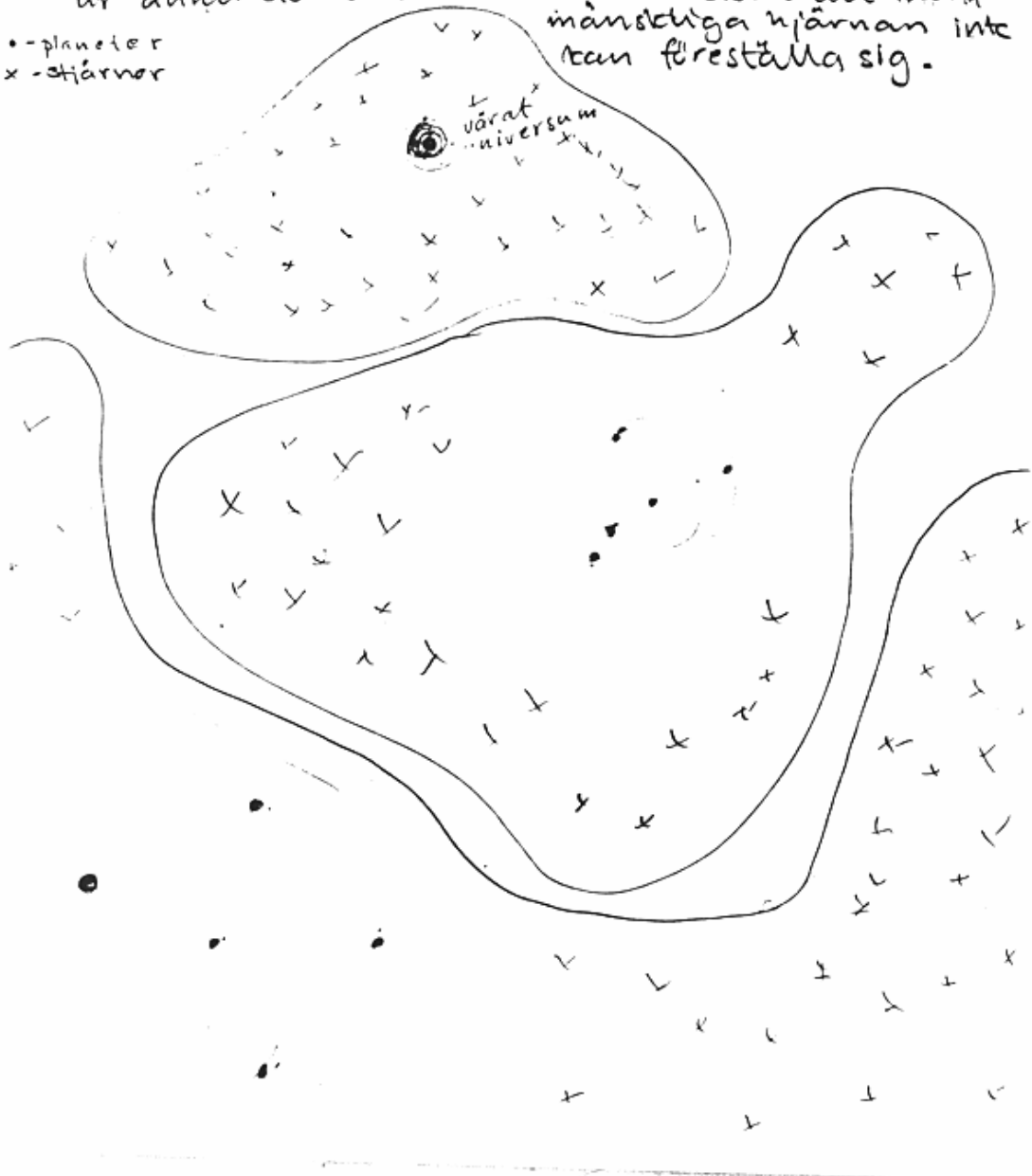
Bilden är mycket förminskad. ~~Av~~ Avstånd är väldigt mycket större.



Teckning 3. Modell av ett universum med galaxer och vårt planetsystem. Sista meningen i bildtexten: 'Avstånden är väldigt mycket större.'

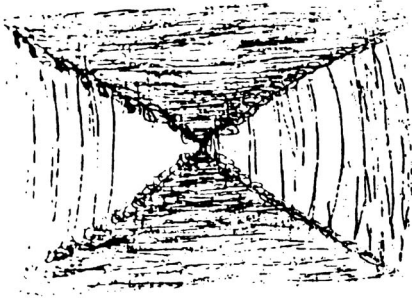
Det finns mer än ett universum. Vårt universum är ofantligt stort. De andra universummen är ännu större. Universum är så stora att den mänskliga hjärnan inte kan föreställa sig.

• -planeter
x -stjärnor

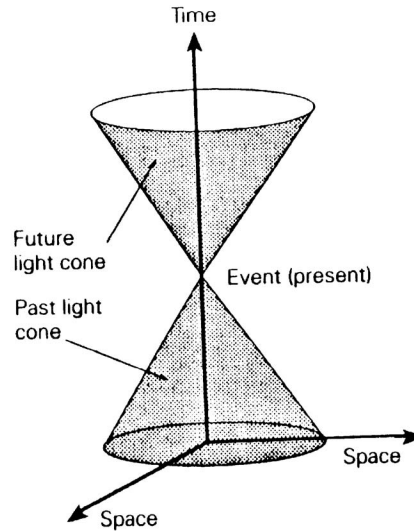


Teckning 4. En modell med flera universum.

BILAGA 3

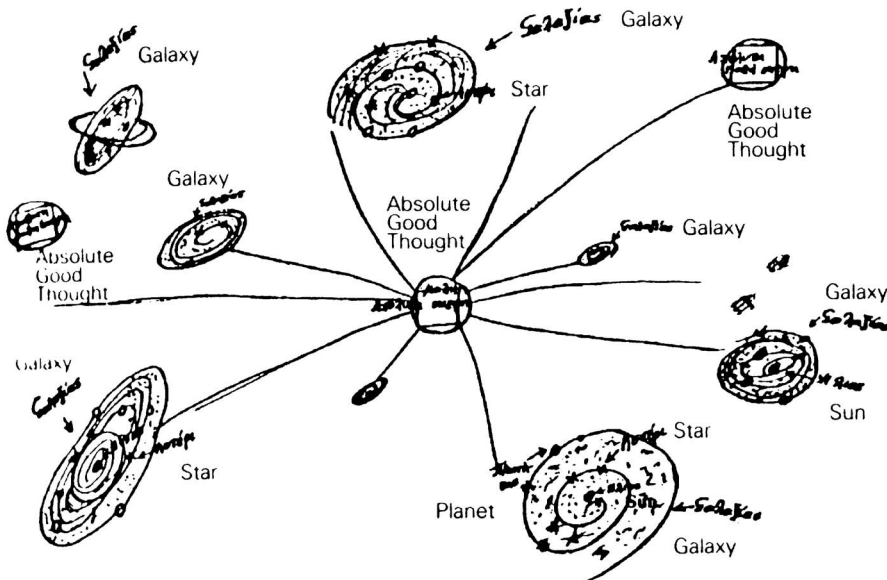
MODELLER AV UNIVERSUM – GREKISKA EXEMPEL

Teckning 1.



Teckning 2.

Teckning 1 och 2 är ritade av samma lärare. De utgör **en symbolisk modell**, som tycks uttrycka en matematisk uppfattning om universum. De horisontella axlarna representerar rum, den vertikala axeln tid. Konerna är ljuskoner. Den övre representerar framtid, den undre dåtid. Där spetsarna möts är nutid.

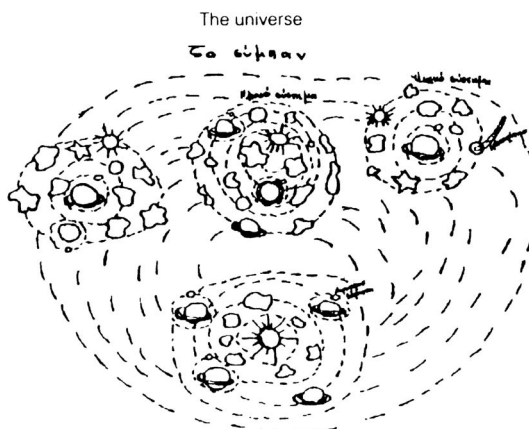


Teckning 3 är en **metafysisk modell** av universum. Den innehåller aspekter som hör till det icke-fysiska området, såsom himmel, änglar, satan, den goda tanken eller Guds öga. En sådan modell kanske formuleras därför att individen har behov av att ge fysisk existens åt de ting han/hon finner viktigast: själar, sinnen, känslor,

kraft, Gud osv. Teckning 3 visar ett fysiskt universum där den 'absolut goda tanken' är placerad i centrum samtidigt som den sprider sig ut genom hela universum och påverkar t. ex. galaxer.



Teckning 4



Teckning 5

Modern kosmologi gäller uteslutande ett fysiskt universum, och enbart **fysiska modeller** formuleras också av en del av de tillfrågade lärarna. Teckning 4 och 5 visar två sådana modeller. I teckning 4 har universum liten utsträckning. Läraren tar sin utsiktspunkt på jorden och betraktar den nära omgivningen i rymden. Kanske uttrycker teckningen en geocentrisk världsbild. Teckning 5 visar en grupp av solsystem.

WORKSHOP 4

*MEKANIK 1 – NEWTONS
FÖRSTA OCH ANDRA LAG*

MEKANIK 1

NEWTONS FÖRSTA OCH ANDRA LAG

Newtons lagar är centrala inte bara i mekaniken utan i klassisk fysik överhuvud taget. Men en stor mängd forskningsresultat visar att eleverna har svårt att frigöra sig från sina vardagliga erfarenheter då de försöker se krafter och rörelse med newtonska ögon. Workshopen belyser skillnaden mellan dessa båda sätt att se och tänka och ger förslag till problem som diagnostiserar, prövar och utmanar vardagstänkandet. Ett internetbaserat 'prov för lärande' hör till workshopen.

NEWTONS LAGAR

Du som har någon form av naturvetenskaplig utbildning torde ha stiftat bekant-
skap med Newtons lagar. Så här lyder de med nutida terminologi:

NEWTONS FÖRSTA LAG

Varje kropp förblir i vila eller rörelse med konstant fart längs en rät linje om den inte genom inverkan av krafter tvingas ändra sitt rörelsetillstånd.

NEWTONS ANDRA LAG

$$\mathbf{K} = m\mathbf{a}$$

K betecknar kraft, **m** massa och **a** acceleration. (Kraft och acceleration är vektorstorheter, dvs. storheter som har både storlek och riktning. De kan betecknas med fet stil.)

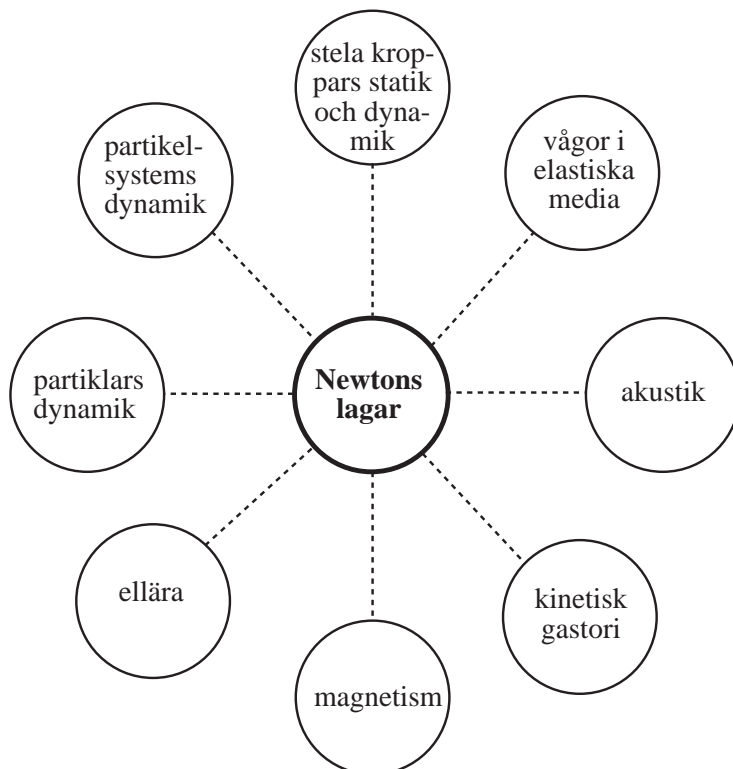
NEWTONS TREDJE LAG

Om en kropp påverkar en annan med en given kraft, återverkar den senare kroppen på den förra med en lika stor men motsatt riktad kraft.

I denna workshop ligger tonvikten på Newtons första och andra lag. Den tredje behandlas i en följande workshop.

Tre guldklimpar för den som vill förstå fysik

Newtons tre lagar är det mest väsentliga i hela mekaniken. De är grunden för alla härledningar och annan problemlösning inom området, men också nödvändiga verktyg inom andra delar av fysiken, t. ex. ellära. Se figur 1!



Figur 1. Newtons lagar används inom många delar av fysiken.

Om eleverna till äventyrs skulle glömma det mesta av mekaniken, så hoppas man att de åtminstone har kvar kunskapen om dessa tre lagar. De rymmer en mycket stor mängd information om vår värld.

Vad tas för givet och vad förklaras i Newtons mekanik?

Newtons första lag utsäger att vila eller rörelse med konstant fart längs en rät linje är något som tas för givet, dvs. det förklaras inte. Ett annat sätt att uttrycka detta är att vila eller rörelse med konstant fart längs en rät linje inte har någon orsak. De båda tillstånden betraktas som något naturligt – en grundläggande egenskap hos naturen som man kan utgå ifrån.

Men alla avvikelser från vila eller rörelse med konstant fart längs en rät linje tas inte för givna utan förklaras med att en kraft eller krafter verkar enligt Newtons andra lag. Avvikelser kan vara att en rörelses riktning ändras eller att farten ändras.

UPPGIFT 1

Kanske var det ett tag sedan du var i kontakt med Newtons lagar. I så fall kan det vara på sin plats att 'friska upp minnet' genom att lösa fem problem och därefter ta del av våra kommentarer till dessa. Gå vidare till bilaga 1!

För dig som tycker att du behärskar Newtons lagar kan det likväl vara intressant att också studera bilaga 1. Kanske hittar du något som är användbart i din undervisning...

KRAFTER PÅ FÖREMÅL I RÖRELSE – TRE EXEMPEL PÅ ELEV TÄNKANDE

Exempel 1. Metallskivan i handen

En grupp om fyra fysikstuderande arbetar med ett problem i en introduktionskurs i mekanik¹. De har hållit en metallskiva horisontellt i sin flata hand och promenerat med den i rak linje och med konstant fart. Deras uppgift är att rita ut de krafter som verkar på skivan under promenaden. Två studerande har ritat figur 1. (**T** är tyngdkraften, **N** och **K** krafter på skivan utövade av handen; **v** är skivans hastighet.) De två andra har en korrekt figur, dvs. kraften **K** saknas. Gruppmedlemmarna är alltså inte överens och ber om hjälp av läraren:

S1: Vårt bord kan inte komma överens, men jag tror att jag har rätt.

L: *Varför har du ritat ut en horisontell kraftvektor?*

S1: Därför att skivan rör sig. Om den rör sig måste den ha en kraft på sig.

L: *Hur rör sig skivan?*

S2: Därför att vi sköt på den.

L: *Kan du beskriva rörelsen?*

S2: Som man säger: "I en rät linje med konstant fart."

L: *Kändes det som att du utövade en horisontell kraft?*

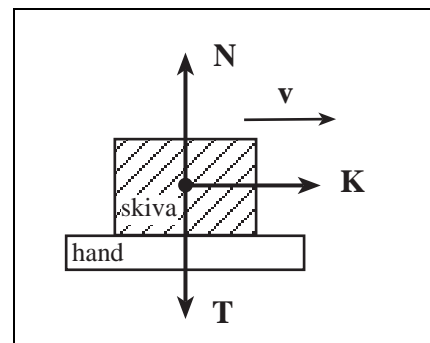
S2: Inte mycket. Jag gick ganska sakta.

S1: Det gjorde jag också.

L: *Varför ritade ni då båda två horisontella kraftvektorer som är lika stora som de vertikala kraftvektorerna?*

S1: Jag antar att det är fel. Kanske skulle den vara en tiondel så stor.

S2: Snarare en femtedel.



Figur 1. Krafter på en skiva.

S1: Hur som helst ganska liten... men den måste vara där för annars skulle den inte röra sig.

S2: Ja, det stämmer.

L: *Hur fort gick ni?*

S2: Ganska sakta, kanske 8 kilometer i timman.

L: *Och om ni rörde er med 800 kilometer i timman?*

S2: Oh ja! Då skulle vi känna den!

L: *Känna vad?*

S2: Den horisontella kraften på skivan.

L: *Du menar kraften på skivan från handen?*

S2: Hum...um...um... Oh ja...

S1: Nåja... Det vi skulle känna är reaktionen... kraften på handen från skivan.

S2: Ja... Så är det.

L: *BRA! Har ni åkt i ett flygplan?*

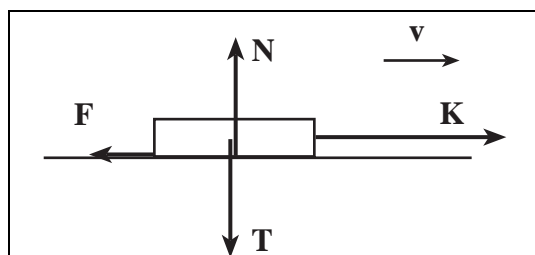
S1: Ja... Ganska fort... um... kanske 800 kilometer i timmen.

L: *Vad säger Newtons första lag om det?*

Läraren bedömer att denna dialog är tillräcklig för att eleverna skall komma vidare och lämnar dem.

Exempel 2. Pucken på isen

Studerande på maskinteknisk linje vid en svensk teknisk högskola fick i uppgift att rita ut de krafter som verkar på en hockeypuck som glider över isen². Ett mycket vanligt svar framgår av figur 2.



Figur 2. Krafter på en hockeypuck.

UPPGIFT 2

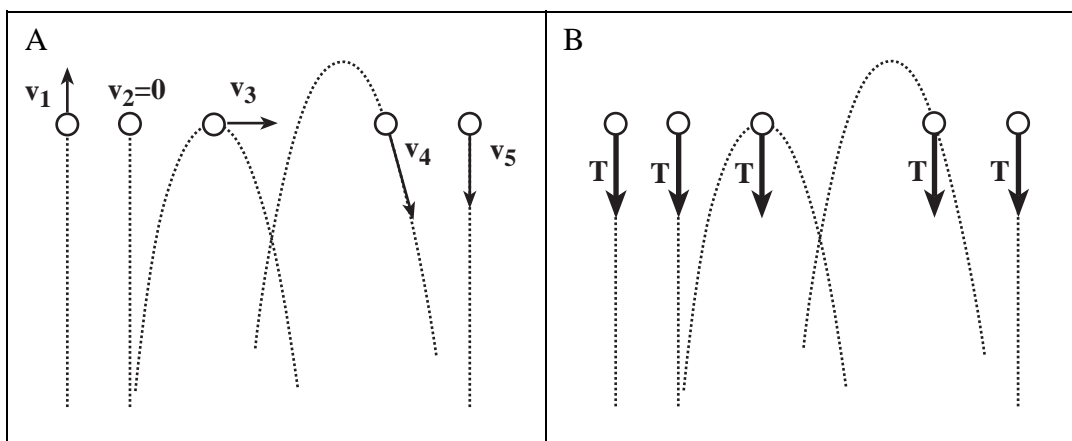
- Vilka likheter ser du mellan de studerandes tänkande i de båda exemplen?
- Mekanikens s. k. kraftekvation (Newtons andra lag) utsäger att för en given massa är accelerationen proportionell mot kraften ($a \sim F$). Hur skulle du vilja formulera den 'kraftekvation' som eleverna använder i de två exemplen?
- Hur bedömer du lärarens insatser i den första dialogen?

Exempel 3. Jonglören's bollar

Följande problem har getts till franska och belgiska universitetsstuderande i fysik under deras första år³.

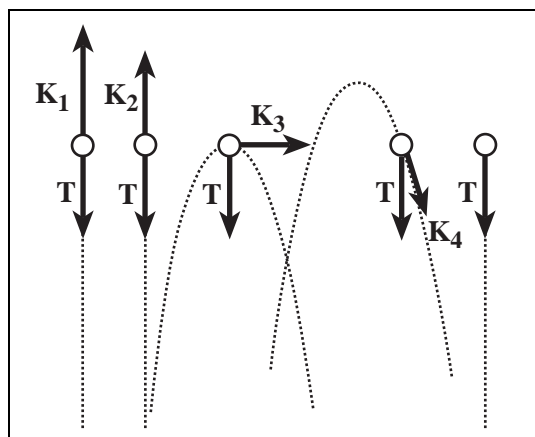
En jonglör har fem likadana bollar i luften samtidigt. Bollarna är alla på samma höjd, men följer olika banor och har olika hastigheter (se figur 3). Rita ut den eller de eventuella krafter som verkar på varje boll. Bortse från luftmotstånd.

Cirka 50% av de studerande svarade enligt figur 3B.



Figur 3. Jonglören's bollar och den kraft som verkar på varje boll (T).

Bland alternativa svar varierade kraftsituationen med bollens hastighet. Ett exempel på detta ges i figur 4.



Figur 4. Exempel på hur en elev löser problemet med jonglörrens bollar.

UPPGIFT 3

Vilka likheter ser du mellan svaret enligt figur fyra och de svar som redovisats i exempel 1 och 2?

ÄLDRE TIDERS TÄNKANDE OCH NUTIDA ELEVSVAR

Aristoteles

I Newtons mekanik betraktas alla punkter i rummet som likvärdiga. I Aristoteles världsbild däremot fanns en punkt som var annorlunda än alla andra, nämligen jordens centrum, som också var världsalltets centrum. Det naturliga för materiella kroppar ansågs vara att söka sig mot denna speciella punkt. Rörelse mot jordens centrum togs med andra ord för given, under det att annan rörelse krävde en förklaring. Om t. ex. en kropp rör sig med farten v så påverkas den enligt Aristoteles mekanik med en kraft K . Ju högre fart, desto större kraft. Denna kraftlag kan formuleras $v \sim K$.

Av de elevsvar som redovisats ovan framgår att $v \sim K$ också är elevernas kraftlag. Antagligen är det erfarenheter av hur det känns att springa, gå, skjuta och dra som ligger bakom detta svar. För att komma framåt behöver man ju ta i, dvs. utöva en kraft framåt. Denna erfarenhet är så framträdande att man inte tänker på att det också finns en friktion som motverkar rörelsen. Framåtkraften och friktionskraften tar ut varandra om man rör sig med konstant hastighet.

Den medeltida impetusteorin

Aristoteles hade problem med att förklara kaströrelse. Att en kastad sten föll till jorden var naturligt, men hur kunde den röra sig horisontellt? Detta krävde en horisontell kraft enligt $v \sim K$. Hur uppstod denna? Aristoteles tänkte sig att när stenen rusade fram genom luften så uppstod ett vakuum bakom den som hastigt fylldes med inrusande luft. Det var denna som sköt stenen framåt.

Mot detta restes invändningar. Om man kastade ett spjut som var spetsigt i båda ändar så fanns det ju ingen yta längst bak på spjutet som luften kunde skjuta på. Och om man gjorde bakändan på spjutet trubbig, så blev det ingen skillnad i kastlängd.

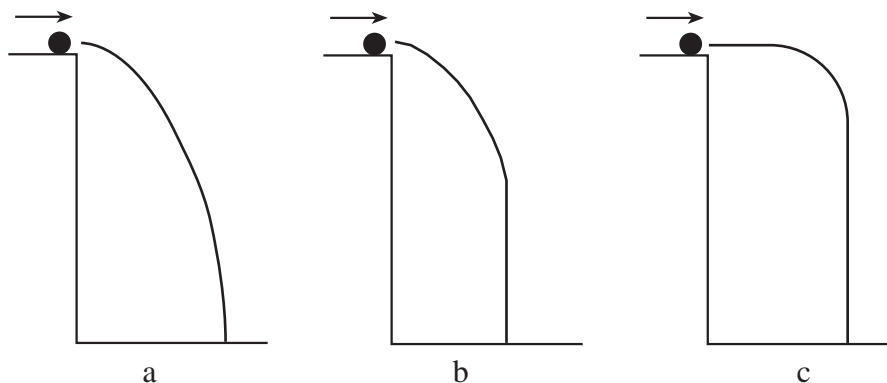
Detta och andra resonemang ledde till att Jean Buridan på 1300-talet lade fram den s. k. impetusteorin⁴:

A mover, while moving a body, impresses on it a certain impetus, a certain power capable of moving this body in the direction in which the mover set it going, whether upwards, downwards, sideways or in a circle. By the same amount that the mover moves the same body swiftly, by that amount is the impetus that is impressed on it powerful. It is by this impetus that the stone is moved after the thrower ceases to move it; but because of the resistance of the air and the gravity of the stone, which inclines it to move in a direction opposite to that towards which the impetus tends to move it, this impetus is continually weakened. Therefore, the movement of the stone will become continually slower, and at length, the impetus is so diminished or destroyed that the gravity of the stone prevails over it and moves the stone down towards its natural place.

Albert av Sachsen tillämpade denna teori på bl. a. ett kanonskott, avfyrat horisontellt⁵. Han ansåg att kulan först går horisontellt, därför att dess impetus då helt övervinner luftmotstånd och kulans tyngd. I nästa skede är impetus så pass försvagad av luftmotståndet att tyngden böjer ner projektilens bana. I tredje fasen är impetus helt slut och kulan faller rakt ned.

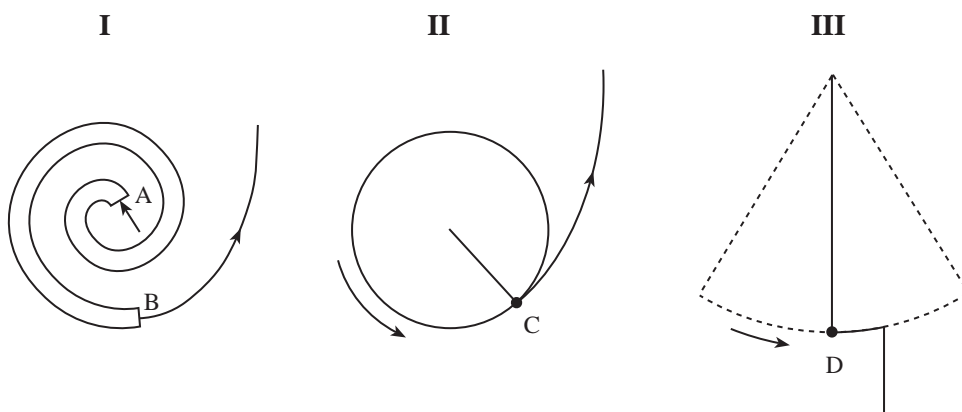
Det finns en likhet mellan detta sätt att tänka och hur elever besvarar ett testproblem angående en metallkula som med fart glider över en klippkant⁷ (se figur 5!) De tillfrågade, cirka 50 amerikanska collegestuderande, ombads rita kulans fortsatta bana. Tre typer av svar gavs – a, b och c i figur 5. Cirka tre fjärdedelar gav typ-a svar, övriga typ b- eller c-svar.

C-svaren tycks helt stämma överens med Alberts av Sachsen beskrivning av den bana som en kanonkula följer. B-svaren tycks också peka på ett impetus-tänkande, men med skillnaden att tyngden gör att kulan viker av nedåt från början. Banan enligt a tycks tyda på en korrekt uppfattning, men kan också rymma en idé om en 'impetus' som gradvis försvagas. Undersökningen ger dock inga upplysningar om hur de svarande tänker.



Figur 5. Hur fortsätter kulan över kanten? Tre typer av svar.

I citatet ovan talas om en cirkulär impetus. Föreställningar om en sådan tycks också finnas hos nutida studerande. De femtio amerikanska collegestuderande som nämnts ovan fick i uppgift att rita ut vilken bana en kula skulle följa i olika situationer. En gällde ett rör böjt som en spiral. Se figur 6:I, som är sedd uppifrån. Kulan skjuts in i A, snurrar runt och åker ut vid B. Hur fortsätter den? Halva gruppen ritade en krökt bana av den typ som visas. En annan situation återges i figur 6:II, som också är sedd uppifrån. Det är en kula som snurras runt med hjälp av ett snöre. Kulan lossnar från detta när den är i C. Hur fortsätter den? Cirka en tredjedel ritade den krökta bana som visas. I den tredje situationen pendlar kulan fram och tillbaka. Se figur 6:III, som är sedd från sidan. Kulan lossnar från snöret då den är i D. Hur fortsätter den? Några elever ritade den bana som visas i figuren.



Figur 6. Hur fortsätter kulan? Tre situationer och tre svar.

De nu beskrivna svaren tolkas som att eleven tänker sig att kulan genom sin förhistoria har en benägenhet att gå i en cirkelbana. Med medeltida terminologi skulle man säga att den har en cirkulär impetus. Denna förbrukas gradvis, vilket yttrar sig i att banorna i I och II rätas ut mer och mer. I den tredje situationen förbrukas impetus helt, och då faller kulan rakt ned. Den föreställning som betecknas 'cirkulär impetus' är påtagligt situationsberoende. Ibland är den vanligt förekommande, ibland sällsynt.

DISKUSSION OM KRAFTER PÅ ETT FÖREMÅL I VILA

I en amerikansk gymnasieklass placerades en bok på ett bord⁶. Eleverna ombads att på egen hand rita ut de krafter som verkar på boken, för att sedan jämföra sin lösning med andra elevers. Slutligen diskuterade eleverna och deras lärare olika lösningar:

L: Vilka är krafterna på boken?

E1: Bordet skjuter på uppåt (skratt från flera håll)

E2: Tyngden skjuter den nedåt, och den pilen måste vara större.

E3: Nej, nej, de är lika stora.

E4: Vinddrag... mycket litet.

E5: Tyngden, ingen kraft från bordet, och lufttrycket som skjuter på lika mycket från alla håll, men jag tror inte det skjuter på lika mycket underifrån.

E6: Är inte lufttrycket tyngden?

E7: Jag har... lufttrycket, tyngden och diverse andra krafter tillsammans lika med kraften från bordet

E6: Är inte lufttrycket tyngden?

E1: Jag har en fråga... Om vi tittar på Georges diagram (bara tyngdkraften på boken utritad) så undrar jag varför boken inte sugs ner genom bordet av tyngdkraften.

E5: Därför att bordet finns där och hindrar att den sugs ner. Därför att bordet är ett fast föremål.

E8: (Pekar på ett diagram med tyngdkraft och kraft från bordet lika stora). Så om man plötsligt kunde ta bort tyngdkraften så skulle boken skjuta iväg uppåt?

E9: Just det!

En omröstning i klassen visar att 14 elever anser att det bara är tyngdkraften som verkar på boken, 12 som tänker sig att bordet dessutom utövar en uppåtriktad kraft och en elev som inte tar ställning.

UPPGIFT 4

Beskriv de olika uppfattningar om kraftverkan på boken som kommer till uttryck i elevernas repliker. Vilken eller vilka huvudsvårigheter verkar de ha?

Studera kommentarerna till '2. Lådan och luften' och '3. Lådan på bordet' i bilaga 1, och diskutera olika möjligheter att hjälpa eleverna att klargöra vilka krafter som verkar på ett föremål i vila.

PROV FÖR LÄRANDE – ETT EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING AV INTERNET

Vi har, med hjälp av den teknik som databasdrivna internetapplikationer erbjuder, skapat ett 'Prov för lärande'. Så här lyder den introduktion till provet som eleverna möter:

Det här är ett prov i mekanik som troligen är annorlunda än många andra prov som används i skolan. Provet går inte bara ut på att pröva dina kunskaper. Det vill framför allt ge dig möjligheter att lära, särskilt att förstå sådant som du kanske inte tidigare varit helt på det klara med.

Först påminner vi om ett par nyckelidéer som du skall använda då du löser uppgifterna i provet. Därefter kommer sex övningsuppgifter. Du skickar i tur och ordning in svar på dessa till vår databas, och beroende på hur du svarat får du förklaringar innan du tar itu med nästa uppgift.

Sedan följer själva provet. Du skickar nu in alla dina svar på en gång till vår databas, och får på några sekunder reda på hur du lyckats. Vi förklarar sedan de olika provuppgifterna.

UPPGIFT 5

Gå till <http://na-serv.did.gu.se/mek1/mek1.html>

Försätt dig i rollen som elev och gör provet för lärande från början till slut. Diskutera sedan dess för- och nackdelar.

UPPGIFT 6

I en översikt av olika former av prov och utvärdering, baserad på 250 olika arbeten, konstateras bl. a. följande⁷:

The giving of marks and the grading function are overemphasized, while the giving of useful advice and the learning function are underemphasized.

I en mindre svensk undersökning instämde lärarna starkt (medelvärde 4,6 på en femgradig skala) i följande påstående: 'När ett prov lämnas tillbaka är eleven mer intresserad av sitt betyg och sin rangordning än av att förbättra sina kunskaper där det finns brister.

Diskutera med utgångspunkt från dessa undersökningsresultat olika möjligheter att utveckla prov för lärande!

UPPGIFTER FÖR DIAGNOS, PROV ELLER UTVÄRDERING

I vårt internetbaserade prov för lärande består själva provet av tio uppgifter, som alla är tillämpningar av Newtons första och andra lag. Vi tillhandahåller dessa uppgifter separat i form av bilaga 2: 'Tio testuppgifter om krafter och rörelse'. Uppgifterna kan användas som

1. Diagnos av vad elever kan och förstår innan undervisning.
2. Som ett prov eller läxförhör.
3. Som oförberedd utvärdering för att ta reda på långsiktig behållning.

UPPGIFT 7

Genomför det prov vi kallar 'Tio testuppgifter om krafter och rörelse' med elever på åtminstone ett av följande sätt:

1. Diagnos av vad elever kan och förstår innan undervisning.
2. Som ett prov eller läxförhör.
3. Som oförberedd utvärdering för att ta reda på långsiktig behållning.
4. Som ett prov för lärande enligt den internetversion som finns på <http://na-serv.did.gu.se/mek1/mek1.html>

Diskutera vunna resultat med kollegor/kurskamrater

NOTER

1. Hake, 1992.
2. Johansson, 1981.
3. Viennot, 1979.
4. Halloun & Hestenes, 1985.
5. Ibid.
6. Minstrell, 1982.
7. Black & Wiliam, 1998.

REFERENSER

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Inside the Black Box: Raising Standards Through Classroom Assessment. *Phi Delta Kappan*, October 1998, pp. 139-148.

Hake, R. R. (1992). Socratic Pedagogy in the Introductory Physics Laboratory. *The Physics Teacher*, 30 (9), 546 - 552.

Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53 (11), 1056-1065.

Johansson, B. (1981). *Krafter vid rörelse. Teknologers uppfattning om några grundläggande fenomen inom mekaniken*. Mölndal: Pedagogiska institutionen, Göteborgs universitet.

Minstrell, J. (1982). Explaining the "at rest" condition of an object. *The Physics Teacher* 20, 10-14.

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-221.

BILAGA 1
FEM ÖVNINGSUPPGIFTER OM VILA OCH RÖRELSE

1. Bilen

En bil kör längs en rak horisontell väg med konstant hastighet. Tänk på de krafter som gör motstånd mot bilens rörelse, dvs. friktion mot vägbanan och luftmotstånd. Summan av dessa krafter kallar vi **F**. Tänk också på den kraft **D** som driver bilen framåt. Vad gäller om dessa krafter?

- (1) **D** är större än **F**
- (2) **D** och **F** är lika stora.
- (3) **D** är mindre än **F**

2. Lådan och luften

En låda ligger på ett bord. Hjälper luften till att tynga ned lådan mot bordet?

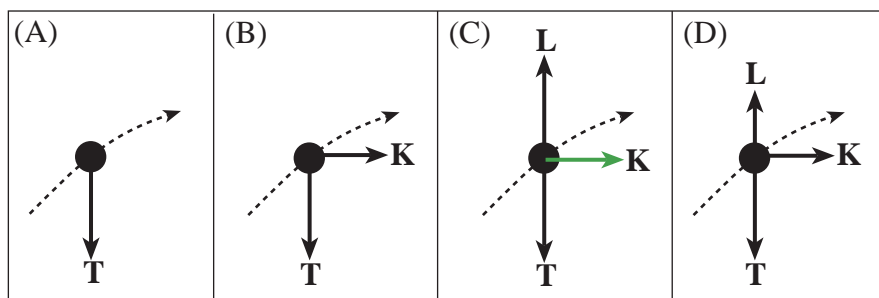
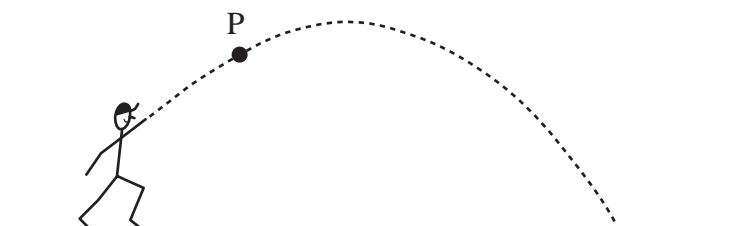
- (1) Ja. Det är mycket luft ovanför lådan som tynger ned den mot bordet
- (2) Nej. Luften tynger inte alls ned lådan.
- (3) Nej. Luften har motsatt verkan. Den utövar en lyftkraft på lådan, men denna lyftkraft är mycket liten.

3. Lådan på bordet

En låda ligger på ett bord. Vilka krafter verkar på lådan?

- (1) Tyngdkraften är den enda kraft som verkar på lådan. Bordet hindrar tyngdkraften att dra ned lådan till golvet, men bordet utövar ingen kraft på lådan.
- (2) Lådan påverkas av tyngdkraften **T** och en kraft **N** som bordet utövar på lådan. Men **T** är större än **N**, eftersom lådan tynger mot bordet.
- (3) Lådan påverkas av tyngdkraften **T** och en kraft **N** som bordet utövar på lådan. **T** och **N** är lika stora.

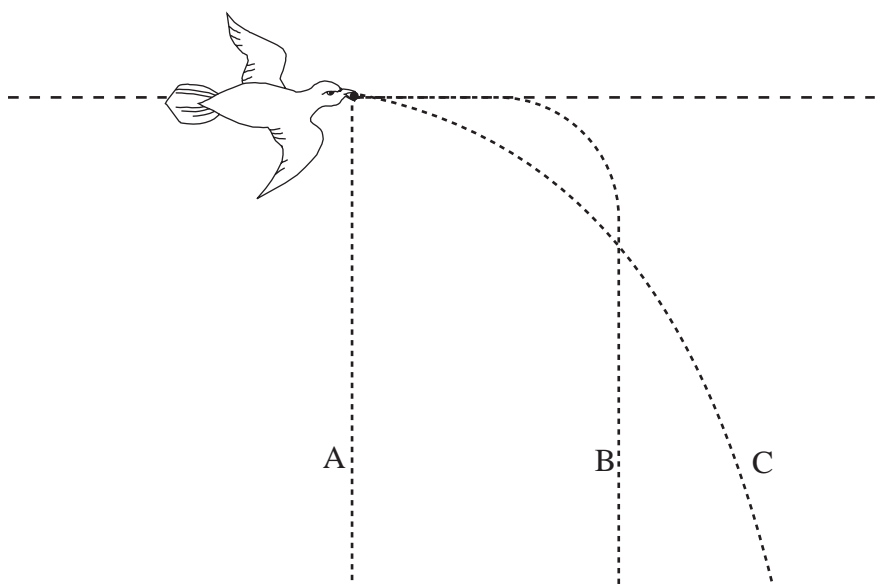
4. Kast med liten boll



En boll kastas så som figuren visar. Vilken eller vilka krafter verkar på bollen då den befinner sig i punkten P? Vi bortser från luftmotståndet!

- (1) (A) Det är bara tyngdkraften **T** som verkar på bollen
- (2) (B) Förutom tyngdkraften **T** verkar en kraft **K** som förflyttar bollen horisontellt åt höger.
- (3) (C) Förutom tyngdkraften **T** verkar en kraft **K** som förflyttar bollen horisontellt åt höger och en kraft **L** som förflyttar bollen uppåt. **L** och **T** är lika stora.
- (4) (D) Förutom tyngdkraften **T** verkar en kraft **K** som förflyttar bollen horisontellt åt höger och en kraft **L** som förflyttar bollen uppåt. **L** och **T** är lika stora.

5. Fallande kulan



En fågel flyger med jämn fart rakt fram som bilden visar. I näbben har den en kula, som den plötsligt tappar. Vilken bana följer kulan sedan den ramlar ur näbben?

- (1) Kulan följer bana A
- (2) Kulan följer bana B
- (3) Kulan följer bana C

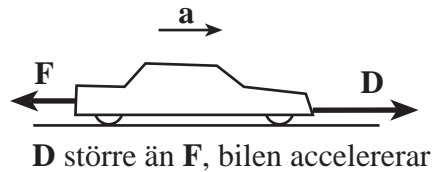
Kommentarer till fem övningsuppgifter om vila och rörelse

I det följande utgår vi från att du känner till vad vektorer är och hur dessa adderas. Vidare förutsätts att du vet att hastighet, acceleration och kraft är vektorstorheter. Ibland används ordet fart. Det betecknar hastighetens absoluta belopp, dvs. hastighetens storlek, men inte dess riktning.

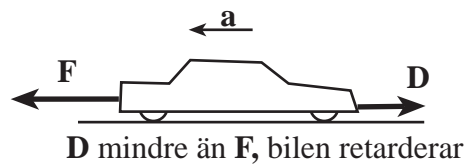
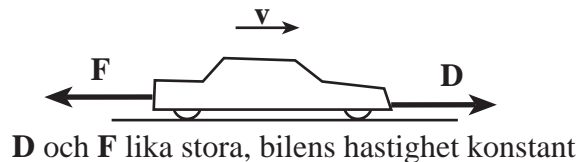
I olika sammanhang förekommer uttrycket 'nettokraften' på ett objekt. Den är helt enkelt vektorsumman av alla krafter som verkar på objektet.

1. Bilen

Konstant hastighet betyder att nettokraften är noll, dvs. **D** och **F** är lika stora.



Om det finns en nettokraft i färdriktningen så accelererar bilen enligt $\mathbf{K} = m\mathbf{a}$.



2. Lådan och luften

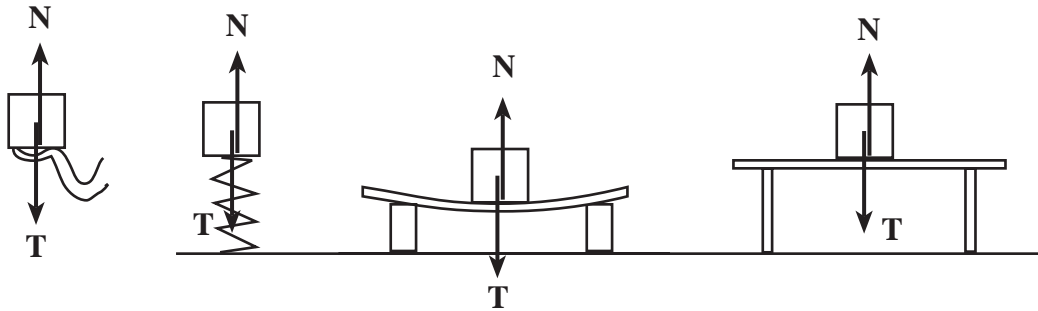
Ett inte ovanligt svar är att det är mycket luft ovanför lådan som tynger ner den. Detta är en vanlig vardagsföreställning. Folk tänker sig att det finns jättemycket luft ovanför ett föremål som tynger eller trycker ned detta mot underlaget, t. ex. marken. Men så är det inte.

Luften trycker på ett föremål från alla håll. Du kan övertyga dig om detta genom att ta en barometer och vrida och vända den åt alla håll. Utslaget ändrar sig inte. Lufttrycket påverkar alltså lådan ovanifrån, från sidorna och underifrån. Det är inte mycket utrymme under lådan, men tillräckligt för att luften skall komma in och utöva ett tryck. Om det var precis tätt mellan låda och bord skulle lådan sitta fast i bordet som en jättelik sugkopp.

Nu är det så att luftens tryck minskar ju högre upp man kommer. Det betyder att lufttrycket underifrån på lådan är lite större än trycket ovanifrån.

Nettoeffekten av detta är att lufttrycket utövar ett litet 'lyft' på lådan, men det är försumbart i förhållande till lådans tyngd. (På volymen 1 liter är lyftkraften cirka 10 Newton). Det tredje svarsalternativet är alltså det rätta i strikt mening. Men oftast bortser man från att luften har någon inverkan, och i så fall kan även alternativ (2) betraktas som rätt.

3. Lådan på bordet



Eftersom lådan är i vila är nettokraften på lådan noll enligt Newtons första lag. Det betyder att tyngdkraften T , som verkar nedåt, motverkas av en lika stor och motriktad kraft N som verkar uppåt. Denna kraft utövas av bordet på lådan. Om bara T verkade på lådan skulle den röra sig nedåt enligt Newtons andra lag.

Man kan tycka att det är konstigt att bordet, som verkar vara helt passivt, kan utöva en kraft på något. Kraft förknippas ju i vardagen med att man är aktiv och anstränger sig. Går det att förstå på något annat sätt än med det abstrakta resonemanget nyss att bordet utövar en kraft på lådan?

Tänk dig att du håller just en låda, som är ganska tung, i din utsträckta hand. Här känner du nog att du måste ta i med en kraft uppåt för att motverka lådans tyngd. Tänk dig sedan att lådan vilar på en hoptryckt fjäder. Här kan du kanske tänka dig att fjädern försöker räta ut sig, dvs. påverkar lådan med en kraft uppåt.

Så lägger vi lådan på en plankan som sviktar märkbart. Plankan böjs nedåt av lådans tyngd, men strävar samtidigt att sprätta uppåt, dvs. påverkar lådan med en kraft uppåt.

Härifrån är steget inte så långt till bordsskivan. Det finns en svikt i den också, men den märker man inte med blotta ögat! Bordsskivan böjs nedåt av lådans tyngd, men strävar samtidigt att sprätta uppåt, dvs. påverkar lådan med en kraft uppåt.

4. Kast med liten boll

Ett föremål F kan påverkas av krafter på två sätt. Det ena är påverkan av föremål som är i kontakt med F (växelverkan utan avstånd). När det gäller bollen så är den bara i kontakt med den omgivande luften. Men luftmotståndet är relativt svagt, och skall enligt uppgiftens formulering försummas.

Den andra typen av påverkan är växelverkan på avstånd. Sådan växelverkan kan vara gravitationell, elektrisk eller magnetisk. Beträffande bollen påverkas den av jordens dragningskraft. (Bollen påverkar själv jorden med en lika stor och motriktad kraft.) Denna dragningskraft avtar med kvadraten på avståndet mellan de två kroppar som växelverkar. Men avståndet mellan boll och jord ändrar sig så

lite under kastet att dragningskraften på bollen kan betraktas som konstant över allt i kastbanan.

Krafter på ett föremål utövas alltså av andra föremål. Ett föremål kan inte påverka sig själv med en kraft. Den enda kraft som verkar på bollen är alltså tyngdkraften.

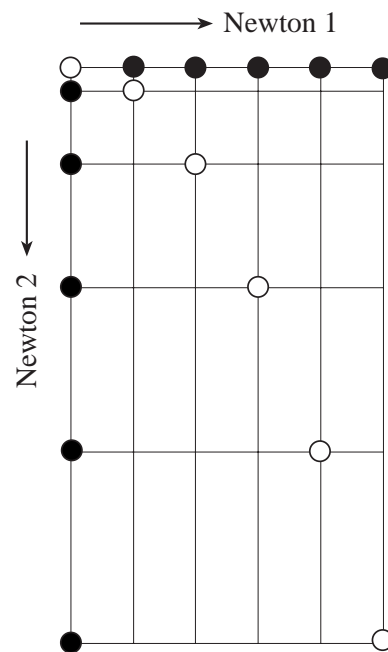
5. Fallande kulan

Först gäller det att reda ut vilka krafter som påverkar kulan. Om vi bortser från luftmotståndet så är det bara tyngdkraften som verkar. Några andra krafter kommer inte i fråga, eftersom inga föremål är i kontakt med kulan.

En annan viktig sak är att rörelse i två eller tre dimensioner kan analyseras en dimension i taget. I vårt fall väljer vi 'horisontell' som den ena dimensionen och 'vertikal' som den andra (dimensioner är vinkelräta mot varandra).

Vi börjar med rörelse längs den horisontella dimensionen. När kulan lämnat näbben verkar ingen horisontell kraft på den. Enligt Newtons första lag fortsätter då kulan i samma riktning och med samma fart som den hade just då den gled ur näbben. Kulan rör sig alltså i horisontell led med konstant hastighet tills den slår i marken.

I vertikal led verkar hela tiden den konstanta tyngdkraften på kulan. Enligt Newtons andra lag ($\mathbf{K}=\mathbf{ma}$) betyder det att kulan har en konstant acceleration, dvs. den ökar hela tiden sin hastighet.



Om man sätter samman den horisontella rörelsen (konstant hastighet) och den vertikala (ökande hastighet) så får man bana C.

BILAGA 2
TIO TESTUPPGIFTER OM KRAFTER OCH RÖRELSE

1. Fallskärmshopparen, del I

En fallskärmshoppare faller med konstant hastighet rakt ner. Vilka krafter verkar på hopparen?

- (A) Tyngdkraften **T** och kraften **K** från fallskärmen.
T är större än **K**
- (B) Tyngdkraften **T** och kraften **K** från fallskärmen.
T är lika stor som **K**
- (C) Tyngdkraften **T** och kraften **K** från fallskärmen.
T är mindre än **K**
- (D) Bara kraften **K** från fallskärmen verkar på hopparen.

**2. Fallskärmshopparen, del II**

Vilka av följande alternativ förklarar bäst ditt svar på uppgift 1?

- (A) Eftersom hopparen är tyngdlös under själva fallet verkar inte tyngdkraften **T**.
- (B) För att hopparen skall komma nedåt måste **T** vara större än **K**. Om **T** blir lika stor som **K** så skulle hopparen stanna i luften.
- (C) Om hopparen rör sig med konstant hastighet så måste **T** och **K** vara lika stora.
- (D) På grund av att fallskärmen är så pass stor blir kraften **K** större än **T**.

3. Hockeypucken, del I



En hockeypuck glider på isen. Puckens hastighet minskar hela tiden, och till slut stannar pucken. Vad gäller om de horisontella krafter som verkar på pucken under tiden som den rör sig?

- (A) Bara friktionskraften \mathbf{F} som utövas av isen verkar på pucken.
- (B) Friktionskraften \mathbf{F} och en kraft \mathbf{K} i rörelseriktningen verkar på pucken. \mathbf{K} är lika stor som \mathbf{F} .
- (C) Friktionskraften \mathbf{F} och en kraft \mathbf{K} i rörelseriktningen verkar på pucken. \mathbf{K} är större än \mathbf{F} .
- (D) Bara en kraft \mathbf{K} i rörelseriktningen verkar på pucken. Denna kraft minskar hela tiden för att till slut bli noll. Då stannar pucken
- (E) Friktionskraften \mathbf{F} och en kraft \mathbf{K} i rörelseriktningen verkar på pucken. \mathbf{K} är mindre än \mathbf{F} .

4. Hockeypucken, del II

Vilka av följande alternativ förklarar bäst ditt svar på uppgift 3?

- (A) Eftersom pucken rör sig måste den påverkas med en kraft i rörelseriktningen. Men denna kraft blir mindre och mindre, eftersom pucken saktar in. Friktion på is är försumbar.
- (B) Om ett föremål rör sig längs en rät linje, så är nettokraften på föremålet noll.
- (C) Eftersom pucken saktar in måste den påverkas av en nettokraft som är motsatt rörelsens riktning
- (D) Eftersom pucken rör sig måste kraften i rörelsens riktning vara större än friktionskraften

5. Klossen och de fyra krafterna

Klossen på bilden påverkas av

Kraften **F1**, utövad av en hand

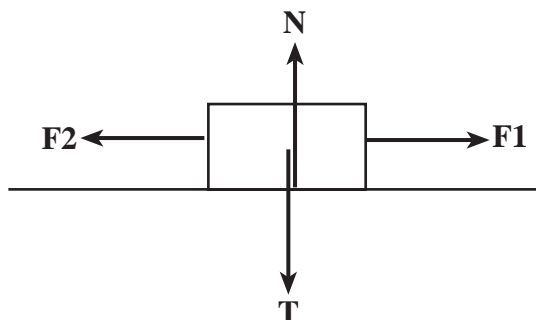
Kraften **F2**, utövad av ett snöre

Kraften **T**, utövad av jorden

Kraften **N**, utövad av underlaget.

F1 och **F2** är lika stora

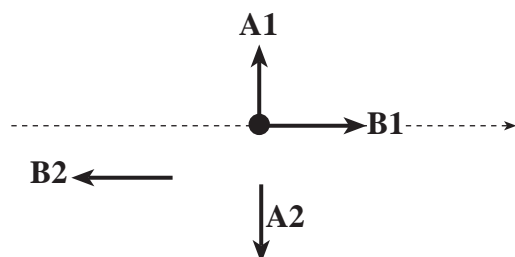
T och **N** är lika stora



Vilket av följande påståenden är korrekt?

- (A) Med den kraftpåverkan som är given är enda möjligheten att klossen är i vila
- (B) Med den kraftpåverkan som är given är enda möjligheten att klossen är i rörelse med konstant hastighet
- (C) Med den kraftpåverkan som är given är klossen antingen i vila eller i rörelse med konstant hastighet

6. Vilka andra krafter verkar på föremålet?



Ett föremål rör sig längs den streckade linjen från vänster till höger med konstant hastighet. Föremålet påverkas av krafterna **A1** och **B1**. Överväg följande andra krafter (se figur)

A2 som är lika stor som **A1**

B2 som är lika stor som **B1**

Vilken eller vilka av dessa krafter verkar också på föremålet?

- (A) Bara **A2** (B) Bara **B2**
- (C) Både **A2** och **B2**

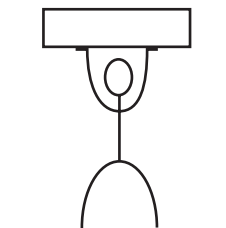
7. Lådlyftaren

En person håller en stor låda stadigt så som figuren visar. Överväg följande krafter som eventuellt verkar på lådan:

Tyngdkraften **T** utövad av jorden

En kraft **K** utövad av personen

En kraft **L** utövad av luften ovanför lådan

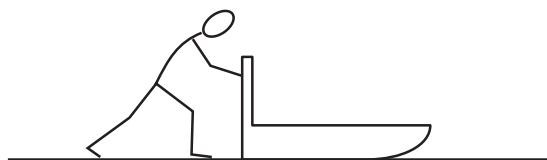


Vad gäller om dessa krafter?

- (A) **T** är den enda kraft som verkar på lådan. Personen håller bara uppe lådan.
- (B) **K** och **L** är de enda krafterna på lådan. **K** och **L** är lika stora.
- (C) Alla tre krafterna verkar på lådan. **T** och **L** är tillsammans lika stora som **K**.
- (D) **T** och **K** är de enda krafterna som verkar på lådan. **T** är lika stor som **K**.
- (E) **T** och **K** är de enda krafterna på lådan. **T** är större än **K**.

8. Kälken

En person med broddar på sina skor skjuter en kälke med massan m över isen. Han tar i med kraften **K**, vilket ger accelerationen **a**. Vad gäller om kälkens massa ökar till $4m$?

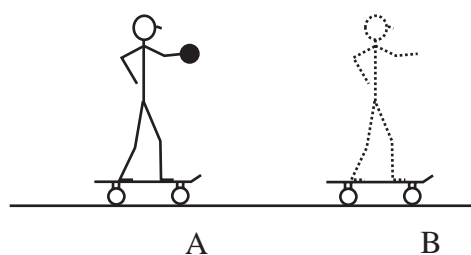


Kälkens friktion mot isen samt luftmotstånd försummas.

- (A) För att få samma acceleration (dvs. **a**) måste han ta i med en kraft som är större än $4\mathbf{K}$
- (B) Eftersom friktion och luftmotstånd försummas ger kraften **K** även nu accelerationen **a**.
- (C) Om han tar i med kraften **K** blir accelerationen en fjärdedel av **a**.
- (D) Om han tar i med kraften **K** kommer kälken i rörelse, men nu med konstant hastighet

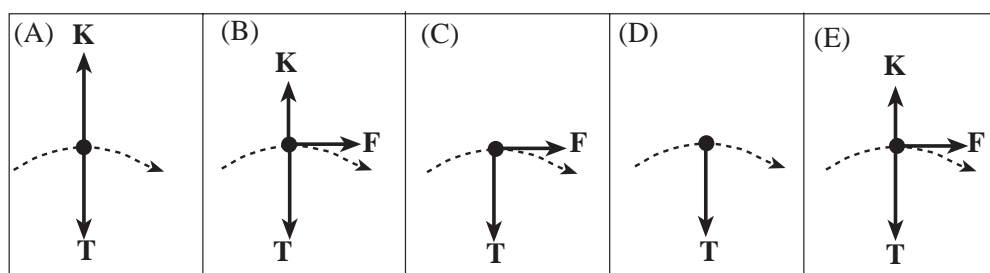
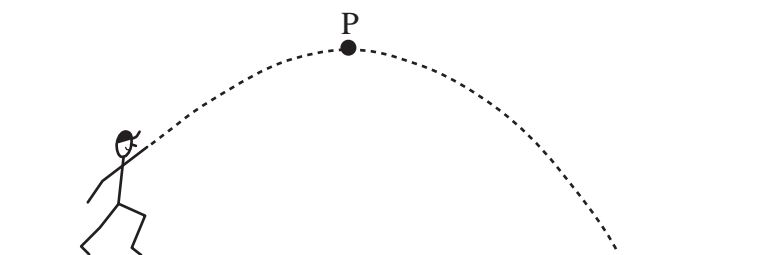
9. Bollfärden

En person åker på ett skateboard rakt fram med god konstant fart. Hon håller en boll i sin utsträckta hand. Då bollen befinner sig över punkten A på marken släpper hon den. (Handen utför ingen kaströrelse åt något håll, hon bara släpper bollen.) Då bollen träffar marken har personen hunnit fram till punkten B. Var slår bollen i marken? Luftmotståndet är försumbart.



- (A) En bit till vänster om A (D) Vid B
 (B) Vid A (E) En bit till höger om B
 (C) Mellan A och B

10. Stenkastet



En person kastar en sten. Vilken eller vilka krafter verkar på stenen när den är i sin högsta punkt P?

T är tyngdkraften, **K** en kraft riktad uppåt och **F** en kraft riktad åt samma håll som stenens rörelse i punkten P.

- (A) (B) (C) (D) (E)

WORKSHOP 5

MEKANIK 2 –
NEWTONS TREDJE LAG

MEKANIK 2

NEWTONS TREDJE LAG

Om man drämmer till en hasselnöt med en hammare, så påverkas nöten med en kraft från hammaren. Men påverkar också nöten hammaren med en kraft och hur stor är den i så fall? Frågor som i likhet med nöten och hammaren gäller krafter vid växelverkan mellan föremål behandlas i denna workshop. Först diskuteras vad Newtons tredje lag har att säga om detta, och sedan ges exempel på hur krafter vid växelverkan kan te sig för den vardaglige betraktaren. Vi ger förslag till problem som diagnostiserar, prövar och utmanar vardagstänkandet. Ett internetbaserat 'prov för lärande' hör till workshopen. Det innehåller en övningsdel, vid vilken de studerande får kommentarer till de svarsalternativ de valt på en fråga. Sedan vidtar själva provet. Då eleverna skickat in sina svar till en databas får de omedelbart reda på sitt resultat. Övningsdelen fokuserar Newtons tredje lag, under det att provet också inkluderar Newtons första och andra lag.

NEWTONS TREDJE LAG¹

I en tidigare workshop har Newtons första och andra lag behandlats. Dessa två lagar lyder:

NEWTONS FÖRSTA LAG

Varje kropp förblir i vila eller rörelse med konstant fart längs en rät linje om den inte genom inverkan av krafter tvingas ändra sitt rörelsetillstånd.

NEWTONS ANDRA LAG

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

F betecknar kraft, **m** massa och **a** acceleration. (Kraft och acceleration är vektorstorheter, dvs. storheter som har både storlek och riktning. De kan betecknas med fet stil.)

Den första lagen beskriver föremåls rörelse, när de befinner sig i jämviktstillstånd, d.v.s. när den resulterande kraften, som verkar på föremålen, är noll. Den andra lagen talar om, hur deras rörelse ändras när kraftresultanten inte är noll. Ingen av dessa lagar antyder kraftens ursprung.

Tänk på en sprinter som övergår från vila till sin topphastighet på mycket kort tid. Med hjälp av en höghastighetskamera kan hans acceleration beräknas. Vi kan

också mäta hans massa. Då massan och accelerationen är kända, kan vi tillämpa $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ för att bestämma den kraft, som verkar på löparen. Men var kommer kraften ifrån? Det måste ha någonting att göra med löparen själv, men kan han påverka sig själv med en kraft? Kan Du lyfta Dig själv i håret?

Newtons tredje lag hjälper oss att förklara just sådana förbryllande situationer. Lagen lyder så här med Newtons egna ord:

Till varje aktion finns det alltid en motsatt och lika stor reaktion. Eller, två kroppars ömsesidiga verkningar på varandra är alltid lika stora och riktade mot motsatta delar.

Detta är en ganska bokstavig översättning. Det är allmänt vedertaget att ordet kraft kan ersätta de båda orden aktion och reaktion i Newtons utsaga.

Den mest uppseendeväckande tanken i denna utsaga är att krafter alltid förekommer parvis. På denna punkt skrev Newton:

Vad som än drar eller pressar på ett föremål, dras eller pressas lika mycket av detta. Om man pressar en sten med fingrarna, så pressas också fingrarna av stenen.

Detta tyder på att krafter alltid uppträder som ett resultat av växelverkan mellan föremål: föremål A skjuter på eller drar i B medan samtidigt föremål B skjuter på eller drar i A precis lika mycket. Dessa parvisa dragningar eller påskjutningar är alltid lika stora men motsatta till riktningen.

Den ordning i vilken termerna aktion och reaktion nämns är godtycklig. Aktionerna orsakar inte reaktionen. De två existerar samtidigt. Och de verkar inte på samma föremål.

Vi kan beskriva situationen där A påverkar B med en kraft, samtidigt som B påverkar A med en lika stor men motsatt riktad kraft, med ett förkortat algebraiskt skrivsätt:

$$\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$$

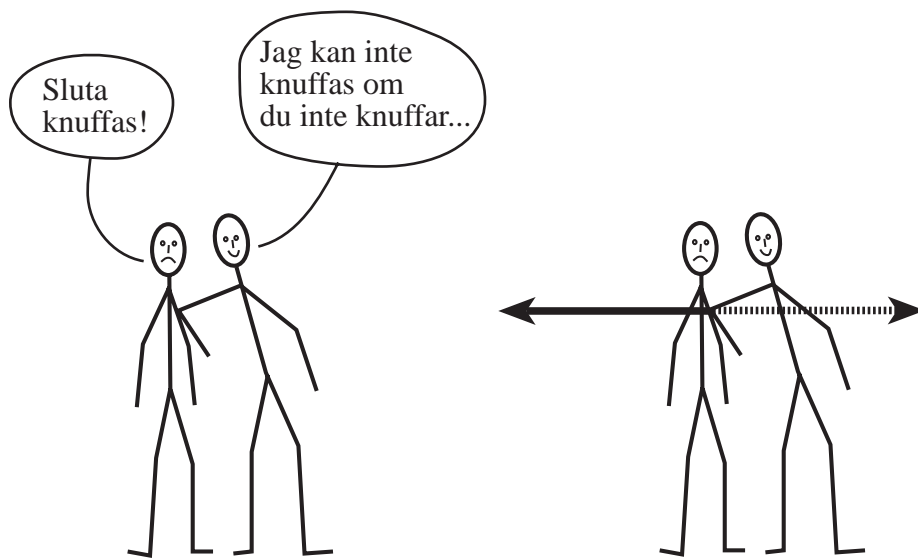
Detta är ett sätt att uttrycka NEWTONS TREDJE LAG. Med ord kan man säga såhär:

När två kroppar växelverkar är de krafter som kropparna påverkar varandra med lika stora och motsatt riktade.

Lägg nu märke till vad den tredje lagen inte säger. Den talar inte om hur den påskjutande eller dragande kraften är anbringad, om det är genom kontakt, eller genom magnetisk eller elektrisk verkan. Lagen kräver ej heller att kraften är antingen en attraktions- eller en repulsionskraft. Den tredje lagen beror faktiskt inte av någon speciell sorts kraft. Det som i själva verket gör den tredje lagen så värdefull är dess universella natur.

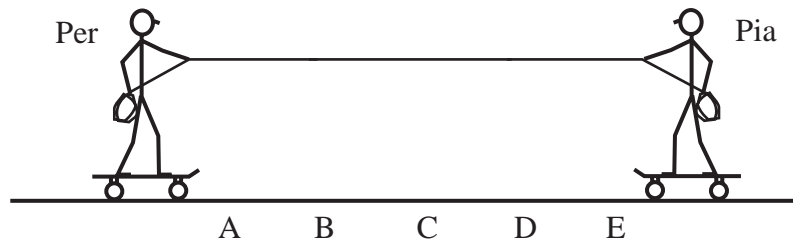
UPPGIFT 1

Inledningsvis nämndes en sprinterlöpare. Förklara hur den kraft som accelererar honom eller henne uppstår!

UPPGIFT 2

Diskutera situationen på bilden ur vardaglig och vetenskaplig synpunkt!

UPPGIFT 3



Per och Pia, som väger ungefär lika mycket, står på var sin skateboardbräda. De har ett rep mellan sig som bilden visar. Per sätter igång och drar i repet. Ungefär var möts Per och Pia?

A B C D E

Om det i stället är Pia som sätter igång och drar i repet, var ungefär möts de?

A B C D E

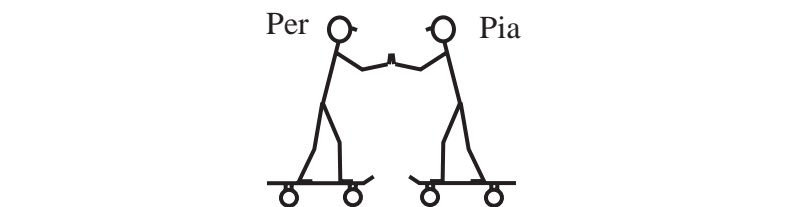
Om både Per och Pia börjar dra samtidigt och anstränger sig lika mycket, var ungefär möts de?

A B C D E

Vad blir svaren på uppgifterna om Per väger dubbelt så mycket som Pia?

Hur resonerade du då du svarade på frågorna?

UPPGIFT 4



Per och Pia, som väger ungefär lika mycket, står på var sin skateboardbräda som bilden visar. Per försöker skjuta iväg Pia. Vad händer?

- A. Pia rör sig åt höger, Per är kvar på sin plats.
- B. Per rör sig åt vänster, Pia är kvar på sin plats.
- C. Pia rör sig åt höger, Per åt vänster.

Samma fråga, men nu är det Pia som försöker skjuta iväg Per.

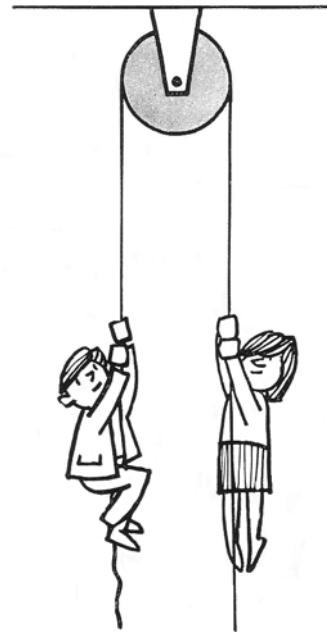
Blir det någon skillnad om Per väger dubbelt så mycket som Pia? I så fall vilken?

Hur resonerade du då du försökte svara på frågorna?

UPPGIFT 5²

En pojke och en flicka hänger stilla i var sitt rep som löper över ett hjul. Hjulet snurrar så gott som utan friktion. Om flickan börjar klättra uppför repet, vem kommer först upp till hjulet?

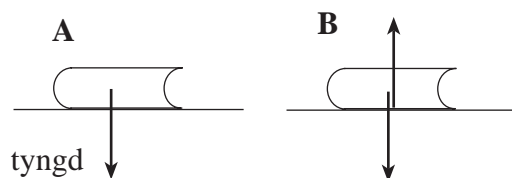
Förklara hur du resonerade!



VARDAGSFÖRESTÄLLNINGAR OM KRAFTER VID VÄXELVERKAN MELLAN FÖREMÅL

En nödvändig förutsättning för att identifiera vilka krafter som hör ihop parvis enligt Newtons tredje lag är att kunna identifiera olika krafter som sådana. Detta är inte alltid så lätt. Det känns främmande för vardagstänkandet att ett gem som dras till en stor magnet påverkar denna med en kraft, eller att golvet som en person står på påverkar honom eller henne uppåt med en kraft som är lika stor som jordens dragningskraft på personen.

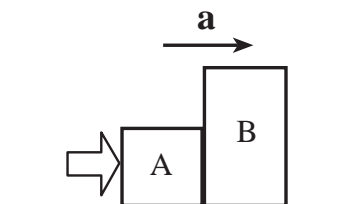
I en amerikansk undersökning redovisas t. ex. hur fysikstuderande på gymnasienivå³ förklarar hur det kan komma sig att en bok ligger stilla på ett bord. I en hel del svar uttrycker eleverna att tyngden drar boken nedåt och att bordet 'är i vägen', men inte utövar någon uppåtriktad kraft på boken (A i figur 1). Det rätta svaret (B) är mindre vanligt. Ett skäl härtill kan vara en intuitiv föreställning om att boken borde sväva om tyngden helt upphävs av en lika stor och motriktad kraft.



Figur 1. Varför ligger boken stilla? Två förklaringar.

Ett undervisningsförslag i detta sammanhang är att använda sig av överbyggande analogier för att göra troligt att bordet utövar en kraft på boken⁴. Man börjar med att diskutera vilka krafter som verkar på en tung bok då den vilar i en utsträckt handflata. Här är det inte så svårt att föreställa sig att handen utövar en lyftkraft på boken. I nästa situation ersätts handen av en fjäder, som boken vilar på och som den trycker ihop. Härifrån tas steget till att boken ligger på en tunn bräda, som hålls uppe av två stöd. Boken gör att brädan böjs. Också i dessa två situationer kan eleverna kanske föreställa sig att såväl fjäder som bräda skjuter uppåt och därefter ta steget till tanken att bordet också gör så, även om man inte med ögonen kan observera att bordsskivan böjs något nedåt.

I en annan studie undersöktes systematiskt hur elever uppfattar de krafter som verkar mellan två klossar, A och B, under olika betingelser⁵. Ett exempel är klossarna i figur 2. De skjuts åt höger så att de accelererar. De studerande skall svara på frågan: 'Vad gäller om den kraft som A utövar på B i förhållande till den kraft som B utövar på A?' Tre svarsalternativ gavs: 'A utövar en större kraft', 'Krafterna är lika', 'B utövar en större kraft'.



Figur 2. Två klossar som accelererar

Bland annat ingick följande betingelser i undersökningen:

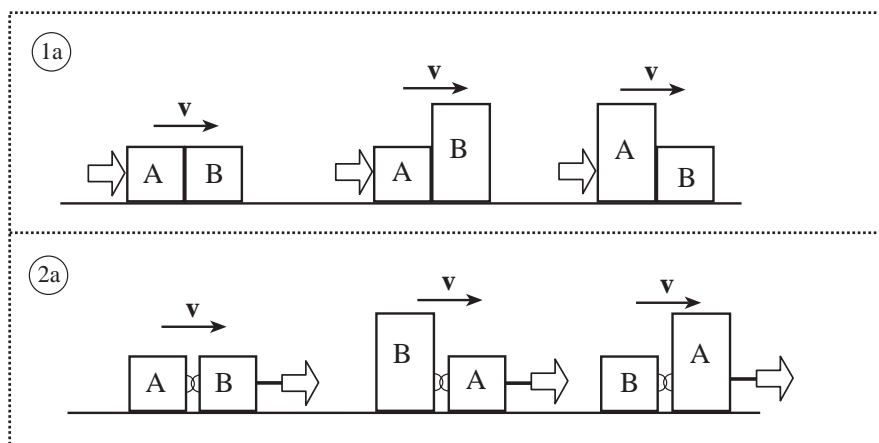
1. KLOSSARNA SKJUTS

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| a) Hastigheten är konstant | b) Hastigheten är ökande |
| A och B har samma massa | A och B har samma massa |
| A skjuter på B; A har minst massa | A skjuter på B; A har minst massa |
| A skjuter på B; A har störst massa | A skjuter på B; A har störst massa |

2. KLOSSARNA DRAS

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| a) Hastigheten är konstant | b) Hastigheten är ökande |
| A och B har samma massa | A och B har samma massa |
| A drar B; A har minst massa | A drar B; A har minst massa |
| A drar B; A har störst massa | A drar B; A har störst massa |

Betingelserna 1a och 2a illustreras i figur 3.



Figur 3. Olika betingelser för växelverkan mellan två klossar.

Drygt 100 studerande på collegenivå deltog i undersökningen. De allra flesta hade studerat fysik på high-school och cirka hälften också på college. Det var mycket ovanligt att de studerande svarade rätt på alla frågor, dvs. i samtliga fall svarade att den kraft som A utövar på B är lika stor som den kraft som B utövar på A, dvs. tillämpade Newtons tredje lag. Drygt hälften av de studerande kunde fördelas på ett av följande fyra svarsmönster, som användes konsekvent:

- Massan är det enda avgörande. Den större massan utövar en större kraft både vid konstant hastighet och acceleration.
- Vid konstant hastighet är krafterna lika, men för accelererade system utövar den större massan en större kraft.
- I rörelse med konstant hastighet såväl som vid acceleration är det 'orsaksklossen' som utövar den större kraften (dvs. den kloss som skjuter på, respektive drar, den andra klossen).
- Vid konstant hastighet är krafterna lika, men för accelererade system är det 'orsaksklossen' som utövar den större kraften

UPPGIFT 6

De situationer som beskrivs i figur 3 kan ses som prototyper för olika verkliga händelser. Exempelvis skulle klossparet längst till höger i ruta 1a kunna illustreras med en stor båt som skjuter en liten låda framför sig i vattnet. Ge exempel från vardagen på de olika situationer som beskrivs i figur 3!

PROV FÖR LÄRANDE – ETT EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING AV INTERNET

Vi har, med hjälp av den teknik som databasdrivna internet-applikationer erbjuder, skapat ett 'Prov för lärande'. Så här lyder den introduktion till provet som eleverna möter:

Det här är ett prov i mekanik som troligen är annorlunda än många andra prov som används i skolan. Provet går inte bara ut på att pröva dina kunskaper. Det vill framför allt ge dig möjligheter att lära, särskilt att förstå sådant som du kanske inte tidigare varit helt på det klara med.

Först påminner vi om några nyckelidéer som du skall använda då du löser uppgifterna i provet. Därefter kommer fyra övningsuppgifter. Du skickar i tur och ordning in svar på dessa till vår databas, och beroende på hur du svarat får du förklaringar innan du tar itu med nästa uppgift.

Sedan följer själva provet. Du skickar nu in alla dina svar på en gång till vår databas, och får på några sekunder reda på hur du lyckats.

UPPGIFT 7

Gå till <http://na-serv.did.gu.se/mek3/mek3.html>

Försätt dig i rollen som elev och gör provet för lärande från början till slut. Undersök också vad som händer om du skickar in olika svar på de inledande övningsuppgifterna. Diskutera för- och nackdelar med detta prov för lärande.

Anmärkning: De inledande övningsuppgifterna samt en tillhörande kommentar finns också i form av bilaga 1.

UPPGIFT 8

Det är ett välkänt faktum att elever, när ett prov lämnas tillbaka, tenderar att vara mer intresserade av sitt betyg och sin rangordning än av att förbättra sina kunskaper där det finns brister. Kan vårt förslag till prov för lärande i mekanik öka intresset för lärande?

Vilka möjligheter ser du att tona ner intresset för betyg och rangordning och att stimulera intresset för lärande med förståelse?

UPPGIFTER FÖR DIAGNOS, PROV ELLER UTVÄRDERING

I vårt internetbaserade prov för lärande består själva provet av tio uppgifter, som alla är tillämpningar av Newtons tre lagar. Vi tillhandahåller dessa uppgifter separat i form av bilaga 2: 'Tio testuppgifter om krafter och rörelse'. Uppgifterna kan användas:

1. Som diagnos av vad elever kan och förstår före, eller under pågående, undervisning.
2. Som ett prov eller läxförhör.
3. Som oförberedd utvärdering för att ta reda på långsiktig behållning.

UPPGIFT 9

Genomför det prov vi kallar 'Tio testuppgifter om krafter och rörelse' med elever på åtminstone ett av följande sätt:

1. Som diagnos av vad elever kan och förstår före, eller under pågående, undervisning.
2. Som ett prov eller läxförhör.
3. Som oförberedd utvärdering för att ta reda på långsiktig behållning.
4. Som ett prov för lärande enligt den internetversion som finns på <http://na-serv.did.gu.se/mek3/mek3.html>

Diskutera vunna resultat med kollegor/kurskamrater

NOTER

1. Framställningen i detta avsnitt ansluter nära till en text utgiven av Harvard Project Physics (1968).
2. Denna uppgift är hämtad från Jardine (1964).
3. Minstrell, 1982.
4. Clement, 1993.
5. Maloney, 1984.

REFERENSER

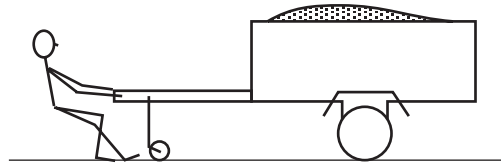
- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257.
- Harvard Project Physics. (1968). *Concepts of Motion*. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.
- Jardine, J. (1964). *Physics is fun. Book one*. London: Heineman Educational Books Ltd.
- Maloney, D. P. (1984). Rule-governed approaches to physics - Newton's third law. *Physics Education* 19, 37-42.
- Minstrell, J. (1982). Explaining the "at rest" condition of an object. *The Physics Teacher* 20, 10-14.

BILAGA 1

FYRA ÖVNINGSUPPGIFTER OM VÄXELVERKAN MELLAN FÖREMÅL

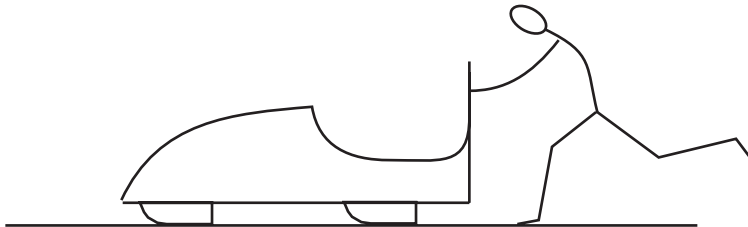
1. Kärran

Sven drar hårt i handtaget på en släpkärra lastad med sand. Kärran rör sig sakta med konstant hastighet. Vad gäller om den dragkraft D som Sven utövar på kärran, jämfört med den kraft K som kärran eventuellt utövar på Sven?



- (a) Kärran utövar ingen kraft på Sven. Den gör bara motstånd
- (b) D är större än K
- (c) D och K är lika stora
- (d) D är mindre än K

2. Bobåkaren



En bobåkare tar fart och accelererar sin bob. Hon påverkar då boben med kraften S . Vad gäller om denna kraft jämfört med den kraft K varmed boben eventuellt påverkar åkaren?

- (a) Boben utövar ingen kraft på åkaren. Den gör bara ett visst motstånd
- (b) S är större än K
- (c) S och K är lika stora
- (d) S är mindre än K

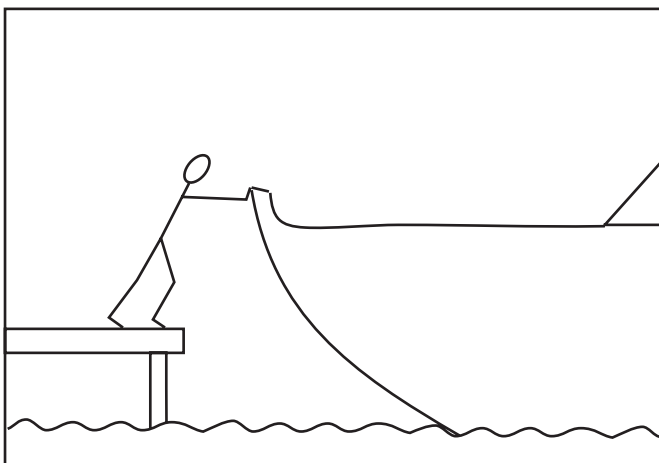
3. Gemet och magneten



Ett gem dras till en stavmagnet med kraften **D**. Vilket av följande alternativ är riktigt?

- (a) Gemet påverkar inte stavmagneten med någon kraft.
- (b) Gemet påverkar stavmagneten med en kraft **K** som är mycket mindre än **D** och motriktad **D**.
- (c) Gemet påverkar stavmagneten med en kraft **K** som är lika stor som **D** och motriktad **D**.

4. Båten

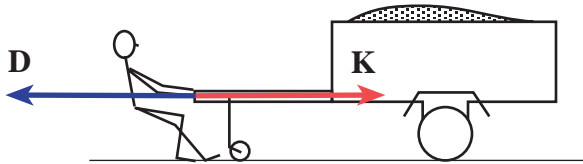


Jan försöker sakta in en båt som glider in mot en brygga. Den kraft som Jan utövar på båten är

- (a) större än (b) lika stor som (c) mindre än
- den kraft som båten utövar på honom?

*Kommentarer till fyra övningsuppgifter om
växelverkan mellan föremål*

1. Kärran

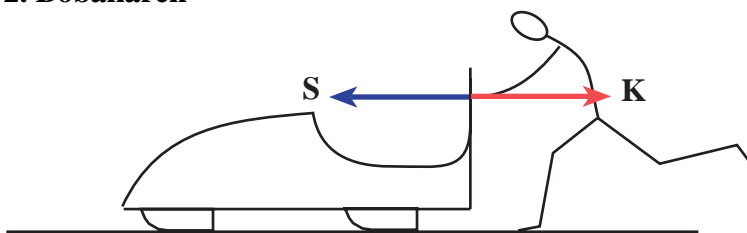


Om man ser denna uppgift med 'vardagsögon' kan det kännas främmande att tänka sig att kärran utövar en kraft på Sven. Man tycker att kärran gör ett stort motstånd, inte att den drar i Sven.

Hur blir det då om man ser på situationen med Newtons ögon? Sven påverkar kärran med en viss dragkraft \mathbf{D} . Till denna finns enligt Newtons tredje lag en reaktionskraft \mathbf{K} som är lika stor och motriktad. Båda krafterna uppstår vid kontakten mellan händer och kärrans dragstång. \mathbf{D} verkar på kärran och \mathbf{K} på Sven.

Kan man förstå att det verkar en kraft \mathbf{K} på Sven utan att använda sig av Newtons tredje lag? Kanske kan man resonera så här: Om inte en kraft \mathbf{K} drog i Svens händer så skulle han ramla baklänges. Detta skulle hända om Sven tappade greppet om handtaget. Då försvinner kraften \mathbf{K} på honom och han trillar alltså bakåt.

2. Bobåkaren



Det kan kännas främmande att tänka sig att boben utövar en kraft på åkaren. Det är ju åkaren som är den aktiva. Hon tar i för fullt och detta gör att boben accelererar.

Men om man ser på situationen med Newtons ögon blir resonemanget annorlunda. Åkaren skjuter på boben med en viss kraft \mathbf{S} . Till denna finns enligt Newtons tredje lag en reaktionskraft \mathbf{K} som är lika stor och motriktad. Båda krafterna uppstår vid kontakten mellan händer och bobens handtag. \mathbf{S} verkar på boben och \mathbf{K} på åkaren.

Kan man förstå att det verkar en kraft \mathbf{K} på åkaren utan att använda sig av Newtons tredje lag? Kanske kan man resonera så här: Om inte en kraft \mathbf{K} tryckte mot åkarens händer så skulle han falla framåt. Detta skulle hända om åkaren tappade greppet om handtaget. Då försvinner kraften \mathbf{K} på honom och han ramlar i backen.

Om man vill förstå varför boben accelererar, så skall man inte jämföra krafterna \mathbf{S} och \mathbf{K} , eftersom bara den ena av dessa (\mathbf{S}) påverkar boben. Man betraktar bara boben och de krafter som verkar på den. Dessa är påskjutningskraften \mathbf{S} och friktionen F som isen utövar på boben och som bromsar den. Om $\mathbf{S} > F$ accelererar boben ($\mathbf{S} - F = \mathbf{a}m$), om $\mathbf{S} = F$ är hastigheten konstant och om $\mathbf{S} < F$ retarderar boben.

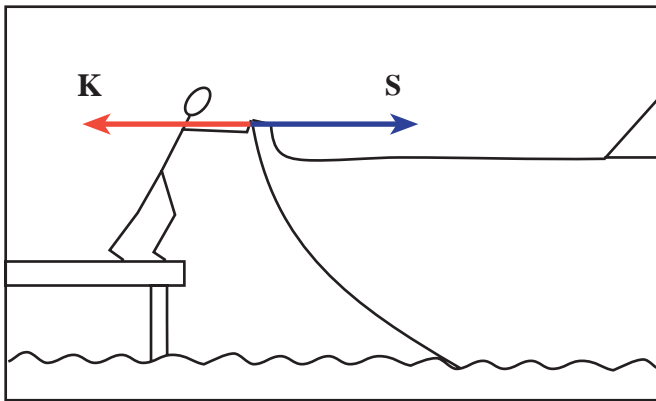
3. Gemet och magneten



I det här exemplet är nog den första tanken hos många att det lilla gemet inte kan ha någon inverkan på den stora magneten. Men om man t. ex. låter stavmagneten ligga på ett par runda stavar, håller gemet i ett stadigt grepp och närmar det sakta till magneten så börjar den att rulla mot gemet. Detta är helt i enlighet med Newtons tredje lag. Reaktionskraften till \mathbf{D} är en motriktad kraft \mathbf{K} , som verkar på stavmagneten. \mathbf{D} och \mathbf{K} är lika stora. Man säger att gemet och magnet växelverkar på avstånd.

Newtons tredje lag säger alltså att \mathbf{K} och \mathbf{D} är lika stora. Om vi tänker oss att friktionen mot underlaget är liten så kan Newtons andra lag ($\mathbf{F} = \mathbf{ma}$) hjälpa oss att förstå hur de båda föremålen rör sig. Kraften är som sagt lika stor på båda. Men eftersom magneten har betydligt större massa än gemet så accelererar den betydligt långsammare än gemet.

4. Båten



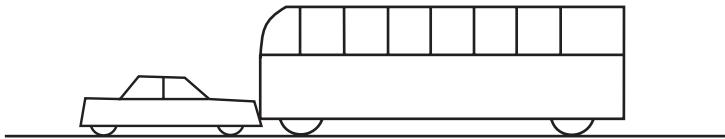
I det här exemplet kan man t. ex. tycka att den kraft som Jan utövar på båten är mindre än den kraft som båten utövar på honom. Båten är ju stor och tung och svår att stoppa. En analys med hjälp av Newtons tredje lag ger ett annat resultat. De båda krafterna uppstår vid kontakten mellan händerna och fören på båten. Dessa är enligt tredje lagen lika stora och motriktade.

BILAGA 2
TIO TESTUPPGIFTER OM KRAFTER OCH RÖRELSE

1. Fallande kulan

Vad gäller om en kula som släpps från andra våningen på ett bostadshus?

- (A) Den når sin maxfart nästan omedelbart efter att den har släppts och faller sedan med konstant fart.
- (B) Den ökar sin fart under fallet eftersom en så gott som konstant tyngdkraft verkar på kulan.
- (C) Den faller eftersom det är en naturlig egenskap hos alla föremål att komma i vila på jordens yta.
- (D) Den faller både på grund av att tyngdkraften drar den neråt och lufttrycket trycker den neråt.

2. Krocken

En stor buss kolliderar front mot front med en liten personbil. Vad gäller under kollisionen?

- (A) Bussen utövar en större kraft på bilen än vad bilen utövar på bussen.
- (B) Bilen utövar en större kraft på bussen än vad bussen utövar på bilen.
- (C) Ingen utövar en kraft på den andre, bilen blir hopknycklad därför att den kom i vägen för bussen.
- (D) Bussen utövar en kraft på bilen, men bilen utövar ingen kraft på bussen.
- (E) Bussen utövar en kraft på bilen som är lika stor som den bilen utövar på bussen.

3. Bollen i luften

En boll kastas rakt upp i luften. Vilken eller vilka krafter verkar på bollen då den är i sitt högsta läge?

- (A) Bara en nedåtriktad kraft verkar på bollen.
- (B) En uppåtriktad och en nedåtriktad kraft verkar på bollen. Båda är lika stora.
- (C) En uppåtriktad och en nedåtriktad kraft verkar på bollen. Den uppåtriktade är störst.
- (D) En uppåtriktad och en nedåtriktad kraft verkar på bollen. Den nedåtriktade är störst.

4. Månen och jorden

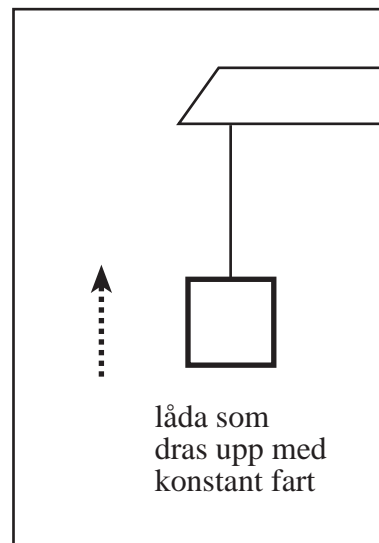
Månen går i en bana runt jorden. Vilken av följande utsagor är korrekt?

- (A) Jorden och månen påverkar inte varandra med krafter eftersom det är vakuum mellan dem.
- (B) Månen påverkar jorden med en kraft som är mindre än den kraft varmed jorden påverkar månen.
- (C) Månen påverkar jorden med en kraft som är lika stor som den kraft varmed jorden påverkar månen.
- (D) Månen påverkar jorden med en kraft som är större än den kraft varmed jorden påverkar månen.

5. Lyftet

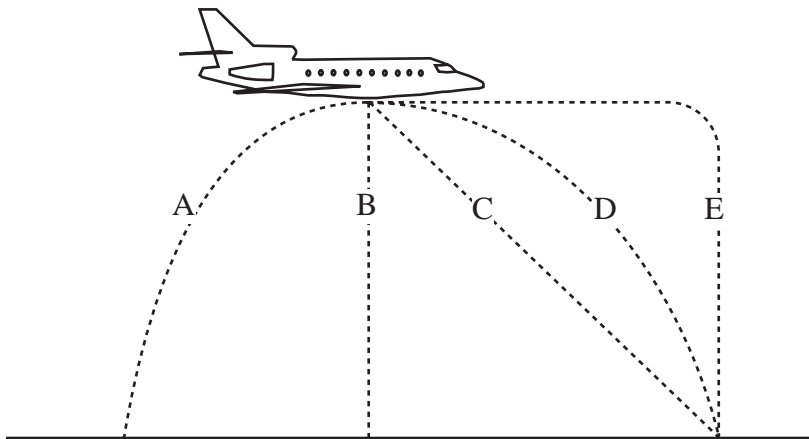
En låda dras upp med konstant fart av en lyftkran som figuren visar. I detta fall gäller om krafterna på lådan att

- (A) kraften uppåt utövad av draglinan är större än den nedåtriktade tyngdkraften.
- (B) kraften uppåt utövad av draglinan är lika stor som den nedåtriktade tyngdkraften.
- (C) kraften uppåt utövad av draglinan är mindre än den nedåtriktade tyngdkraften.
- (D) kraften uppåt utövad av draglinan är större än summan av den nedåtriktade tyngdkraften och den nedåtriktade kraft som orsakas av luften.



Vilket av svarsalternativen ovan är korrekt?

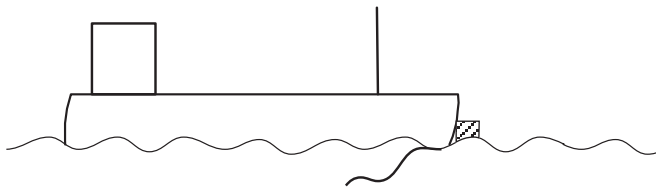
6. Föremålet från flygplanet



Ett litet föremål lossnar av misstag från ett flygplan när detta flyger vågrätt och rakt fram. Vilken av de fem banorna i figuren motsvarar närmast den väg som föremålet tar i förhållande till marken?

- (A) (B) (C) (D) (E)

7. Pråmen och lådan



En pråm stöter på en liten låda och skjuter den framför sig genom vattnet. Vad gäller?

- (A) Lådan påverkar inte pråmen med någon kraft.
 (B) Pråmen skjuter på lådan med en kraft som är lika stor som den kraft som lådan utövar tillbaka på pråmen.
 (C) Pråmen skjuter på lådan med en kraft som är mindre än den som lådan utövar tillbaka på pråmen.
 (D) Pråmen skjuter på lådan med en kraft som är större än den som lådan utövar tillbaka på pråmen.

8. Tennisbollen

Trots en mycket stark motvind lyckas en tennisspelare träffa en tennisboll med racketen så att den passerar över nätet och landar på motspelarens sida.

Tänk på följande krafter:

1. En nedåtriktad tyngdkraft.
2. En kraft från 'träffen'.
3. En kraft utövad av luften

Vilka (vilken) av ovanstående krafter verkar på tennisbollen efter det att den inte längre är i kontakt med racketen men före det att den landar på marken:

- (A) endast 1 (B) 1 och 2. (C) 1 och 3. (D) 2 och 3. (E) 1, 2 och 3.

9. Astronauten i kapseln

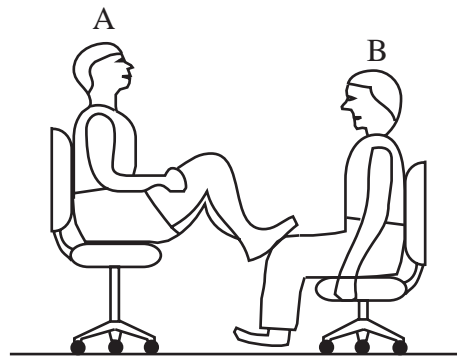
En astronaut i en rymdkapsel kretsar utanför atmosfären i en bana runt jorden. Vilken av följande utsagor är korrekt?

- (A) Jorden utövar en viss dragningskraft på astronauten, men astronauten utövar ingen dragningskraft på jorden.
 (B) Jorden utövar ingen dragningskraft alls på astronauten eftersom det är vakuum utanför atmosfären
 (C) Jorden utövar en viss dragningskraft på astronauten, och astronauten utövar lika stor dragningskraft på jorden.

10. Kontorsstolarna

A väger 80 kg och B 65 kg. De sitter i likadana kontorsstolar vända mot varandra.

A placerar sina bara fötter på B:s knän så som visas i figuren. Plötsligt skjuter A ifrån kraftigt, vilket medför att båda stolarna börjar röra sig.



Under det att A skjuter fram sina fötter och de båda personerna fortfarande berör varandra gäller att

- (A) ingen utövar en kraft på den andre.
 (B) A utövar en kraft på B, men B utövar ingen kraft på A.
 (C) båda utövar en kraft på den andre, men B utövar en större kraft.
 (D) båda utövar en kraft på den andre, och krafterna är lika stora.
 (E) båda utövar en kraft på den andre, men A utövar en större kraft.

WORKSHOP 6

TEMPERATUR OCH VÄRME

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 kunnande 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 fäktar 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:

-Äääähhh, 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 tungrotten. 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 utjämnning 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?

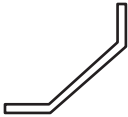
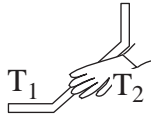
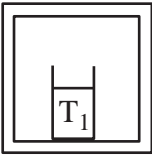
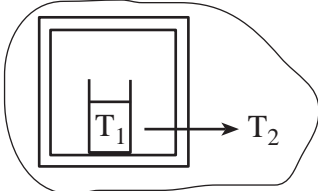
Vilka svar anser du är acceptabla, respektive icke acceptabla, ur skolfysikens synvinkel? Motivera dina bedömningar!

EN MODELL FÖR ATT TÄNKA OM VÄRMEÖVERFÖRING

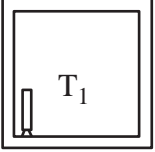
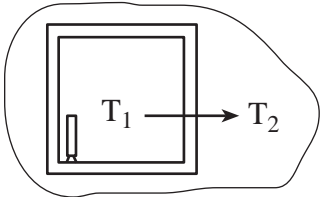
Inneboende egenskaper kontra växelverkande delsystem⁶

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 temperaturutjämnning, t.ex.:

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

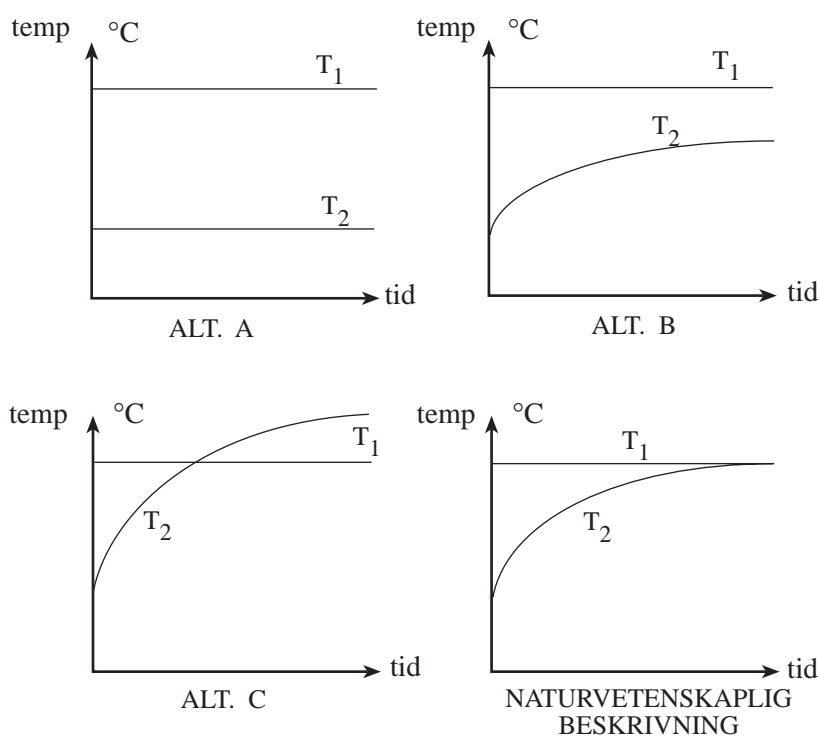
Tabell 4B. Temperaturen på mjöl, stålsked och vantar i en ugn, där det är +60 °C hela tiden. Procentuell fördelning på olika alternativ. (n=676)

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.

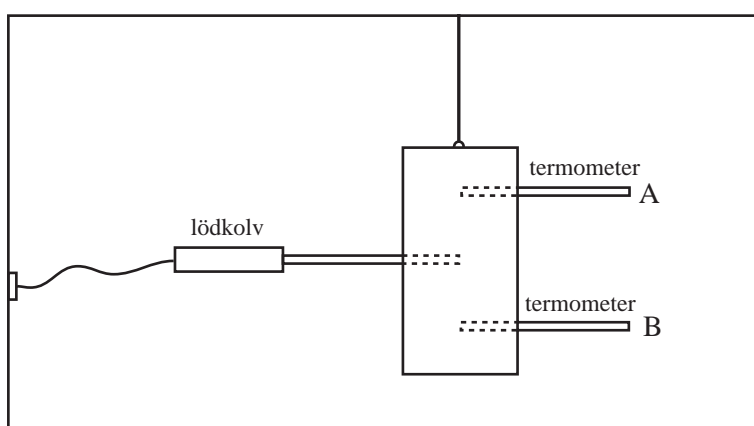
I den nationella utvärderingen 1995 tillfrågades exempelvis svenska 16-åringar (n=675) om vilken temperatur vattnet skulle få om 1 liter vatten, +10 °C, blandades med 1 liter vatten, +40 °C. 18 % svarade +50 °C.¹⁷ Troligen ser de uppgiften som ett räkneproblem och adderar gradtalen. Men det kan också 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 spekulatio n 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.

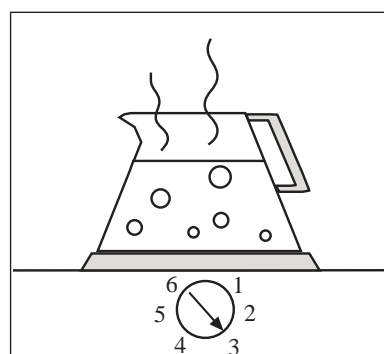
Fasövergångar

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 | <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"/> | | |

Motivera ditt svar!

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"/> | | |

Motivera ditt svar!

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"/> | | |

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?

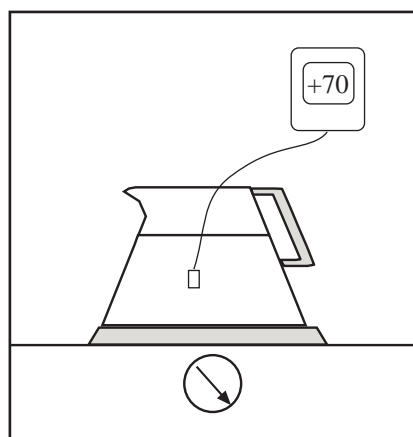
- Den kommer att gå ner under -25 °C (ännu fler minusgrader)
- Den kommer att hålla sig kvar på -25 °C
- Den kommer att gå upp, men inte så långt som till -18 °C
- Den kommer att gå upp till -18 °C
- Den kommer gå upp ändå mer än till -18 °C

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 $+20\text{ °C}$. Förklara varför temperaturen inte stiger!

5. Folien i ugnen

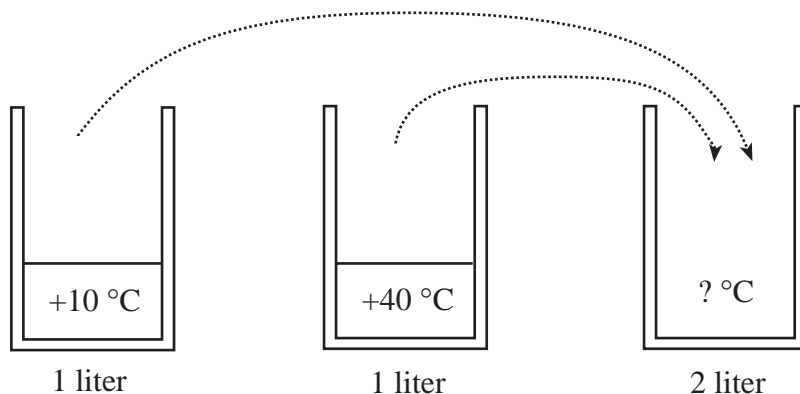
Olle bakar en fisk i ugnen. Han har lagt in den i ett paket av aluminiumfolie. Efter en timma tar han ut den igen. Han märker då att han kan ta i aluminiumfolien utan att bränna sig. Konstigt, tänker han. Det har ju varit $+200\text{ °C}$ i ugnen hela tiden. Och om jag tar tag direkt med fingrarna i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

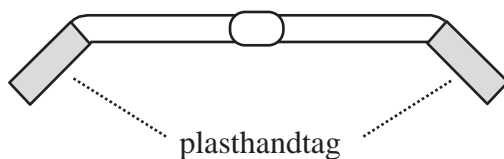


A, B och C är tre välisolerade behållare. I A finns 1 liter vatten med temperaturen $+10\text{ °C}$. I B finns 1 liter vatten med temperaturen $+40\text{ °C}$. Allt vatten i A och B hålls över i behållare C.

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?

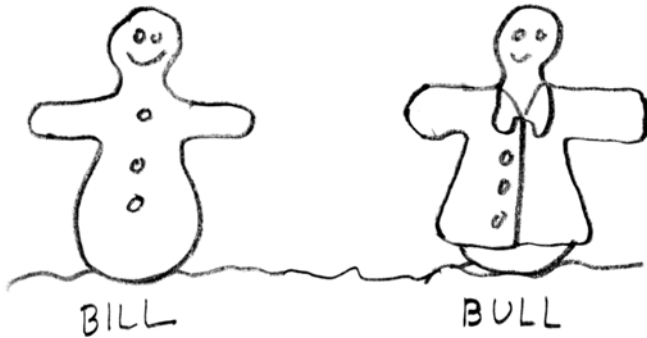
Försök att besvara Fredriks fråga!

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

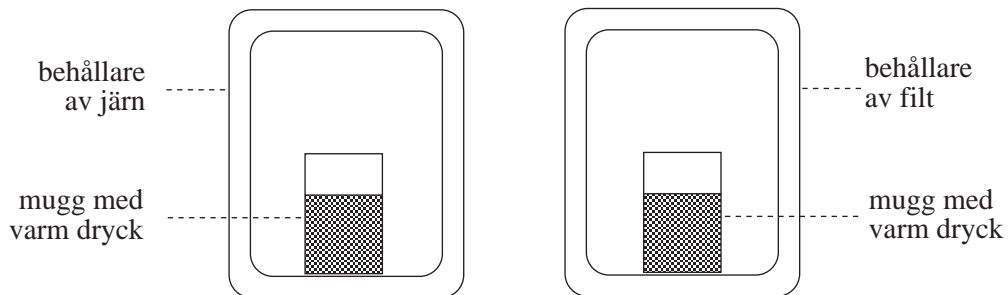


Snögubbarna Bill och Bull står bredvid varandra. Det är vår och varmt ute, men det är mulet. Bull har fått en gammal täckjacka på sig. Vad händer?

- 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.

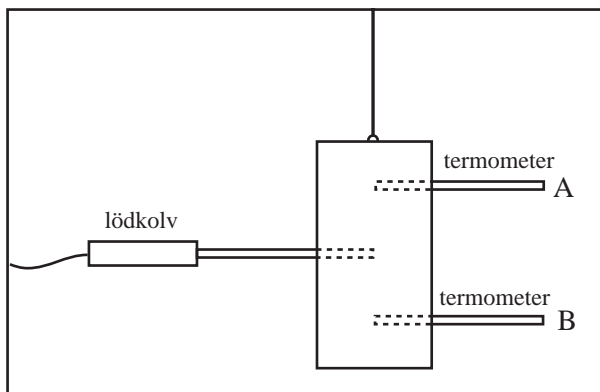
I järnbehållaren

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!

KOMMENTARER TILL VISSA UPPGIFTER I WORKSHOP 1 -6

1 JORDEN SOM PLANET I RYMDEN

Bilaga 1. Elevenkät om jorden

Fråga 1. Varför är jorden platt i bild 1 och rund i bild 2?

Det ur naturvetenskaplig synpunkt bästa svaret här är D, dvs. att jorden är rund som en boll, men ser platt ut för vi ser bara en liten del av bollen. Svarar eleven med detta alternativ är det ett tecken på att han/hon förstått vad skillnaden i perspektiv har för effekt i det aktuella fallet. Vi går omkring på en 'boll' som är så stor att vi ser den som platt. Men när vi talar om jorden som en boll ser vi ju den som om vi vore långt ute i rymden. Att själv vara kvar på jorden men i sin tanke förflytta sig långt utanför är en stor svårighet för många barn. Ytterligare en komplikation finns: ser vi jorden långt utifrån ser den faktiskt ut som en skiva. Ett klot och en cirkelplatta som är vinkelrät mot synlinjen ser likadana ut.

Angående svar A finns en möjlighet att 'olika jordar' av eleven tolkas som olika bilder av jorden.

Fråga 2. Åt vilket håll ska man titta för att se Nya Zeeland?

Rätt svar är D, dvs. nedåt. Detta kan man visa om man har en jordglob av plast och en laserpenna som man lyser med från Sverige, rakt igenom jordgloben.

Fråga 3. Vad händer med de tappade stenarna?

Eftersom jordens dragningskraft är riktad mot jordens centrum kommer stenarna att falla mot detta centrum var på jorden man än tappar dem. Men de stoppas av jordytan.

Fråga 4. Hur faller stenen?

Då man släpper stenen rör den sig mot jordens centrum eftersom den påverkas av gravitationskraften. Denna kraft minskar hela tiden under färden mot jordens centrum (varför?), och är noll just i centrum. Men eftersom stenen har hög fart stannar den inte i centrum utan fortsätter längs tunneln. Men nu verkar gravitationskraften bromsande (varför?), och den blir större och större ju närmare jordytan stenen kommer (varför?). Stenen stannar i andra änden av tunneln och vänder så nedåt igen. Och så håller det på, hur länge som helst, om det inte finns någon friktion. Stenen rör sig alltså som en jojo fram och tillbaka i tunneln från öppning till öppning.

2

VARFÖR HAR VI ÅRSTIDER?

Uppgifterna i denna workshop är redan utförligt kommenterade i texten. Även till frågorna på de olika webb-sidorna som hänvisas till finns svar. Ett undantag är en fråga i kommentarerna till bildserien med ansikte och ljusmätare som befinner sig i olika vinkel mot solljuset

(se <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/astro/sunburn.html>)

Varför visar inte ljusmätaren noll när den är parallell med ljusflödet? Det beror på att reflekterat ljus från omgivningen träffar ljusmätaren.

3

*MÅNEN, PLANETSYSTEMET OCH UNIVERSUM***Uppslag för undervisningen – tre problem***Problem 1*

1 – D
2 – F
3 – H
4 – G
5 – E
6 – C
7 – A
8 – B

Problem 2

1 – E
2 – C
3 – A
4 – B
5 – D
6 – F
7 – H
8 – G

Problem 3

1 – D
2 – B
3 – A
4 – C
5 – E
6 – G
7 – H
8 – F

4

*MEKANIK 1**NEWTONS FÖRSTA OCH ANDRA LAG***Uppgift 2**

I båda exemplen har de studerande med en kraftpil i rörelseriktningen. De tycks mena att rörelse rakt fram inte kan finnas utan en kraft i den riktningen. Det är vanligt att man föreställer sig att det behövs en kraft för att upprätthålla en rörelse rakt fram, men enligt Newtons första lag behövs det endast en kraft för att *ändra* linjär rörelse med konstant fart. Elevernas 'kraftekvation' tycks vara: $K = m \cdot v$.

Uppgift 3

Dessa svar tyder också på att eleverna tänker sig en kraft i rörelseriktningen, också om hastigheten i denna riktning är konstant.

Uppgift 4

Olika uppfattningar som kan urskiljas är: bordet skjuter uppåt, tyngden verkar nedåt, bordet bara finns där (men utövar inte någon kraft), lufttryck påverkar

boken från alla håll men mindre underifrån, lufttryck är samma sak som tyngd. Det verkar vara mycket svårare för eleverna att tänka sig den uppåtriktade kraften från bordet än den nedåtriktade tyngdkraften.

Bilaga 2. Tio testuppgifter om krafter och rörelse

UPPGIFT	ACCEPTABELT SVAR
1. Fallskärmschopparen A	B
2. Fallskärmschopparen B	C
3. Hockeypucken A	A
4. Hockeypucken B	C
5. Klossen och de fyra krafterna	C
6. Vilka andra krafter verkar på föremålet?	C
7. Lådlyftaren	D
8. Kälken	C
9. Bollfärden	D
10. Stenkastet	D

5

MEKANIK 2

NEWTONS TREDJE LAG

Uppgift 1

Då fot och startblock växelverkar påverkas blocket av en kraft från foten och, enligt Newtons 3:e lag, foten av en lika stor och motriktad kraft. Det är denna som accelererar löparen.

Uppgift 2

Kalla vänstra gubben A och högra B. I vardagssituationen är det B som bestämmer sig att knuffa till A, och gör detta. A retar sig på denna avsikt och uppmanar B att sluta. Men fysikaliskt gäller, enligt Newtons 3:e lag, att om B knuffar till A med en viss kraft, så knuffar också A till B med en lika stor och motriktad kraft.

Uppgift 3

Om Per och Pia väger lika mycket, så möts de i alla tre fallen på mitten. Det spelar ingen roll vem som böjar dra. Om t.ex. Per börjar, så påverkar han Pia med en kraft S (som är densamma som snörspänningen). Men då påverkas han, enligt Newtons 3:e lag, av en lika stor och motriktad kraft. Eftersom de båda påverkas av samma kraft och har samma massa, så blir deras rörelse samma (om man bortser från att rörelserna är motriktade), dvs. de möts på mitten. Om Per väger

dubbelt så mycket som Pia, så accelererar han (enligt Newtons 2:a lag) långsammare än Pia och de möts ungefär i B, oavsett vem som börjar att dra.

Uppgift 4

Då Pers och Pias händer växelverkar enligt figuren, så uppstår enligt Newtons 3:e lag ett kraftpar där händerna är i kontakt. Pia påverkas därför av en kraft åt höger, och Per av en lika stor och motriktad kraft åt vänster. Krafterna accelererar båda personerna lika mycket om de har samma massa. Det spelar ingen roll vem som börjar skjuta på. Om Per väger dubbelt så mycket som Pia, så accelererar han (enligt Newtons 2:a lag) långsammare än Pia (halva accelerationen, jämfört med Pias).

Uppgift 5

Det pågår en debatt i vår projektgrupp om man skall ha 'facit' till uppgifter eller ej. Majoriteten är för facit med motiveringen att det är ett önskemål från läsarna. Ett argument mot facit är att folk tenderar att glutta i detta utan att ha tänkt efter ordentligt, dvs. det finns en risk att facit motverkar tankeutveckling. För att stimulera dig att fundera över denna problematik ger vi inget svar till uppgift 5.

Uppgift 6

Det finns en hel del exempel på vardagssituationer i bilaga 1 och 2.

Uppgift 7

Uppgifterna kommenteras utförligt i bilaga 1

Uppgift 8

Vi tycker inte att vi har något 'rätt svar' till denna uppgift.

Uppgift 9 och bilaga 2: Tio testuppgifter om krafter och rörelse

UPPGIFT	ACCEPTABELT SVAR
1. Fallande kulan	B
2. Krocken	E
3. Bollen i luften	A
4. Månen och jorden	C
5. Lyftet	B
6. Föremålet från flygplanet	D
7. Pråmen och lådan	B
8. Tennisbollen	C
9. Astronauten i kapseln	C
10. Kontorsstolarna	D

6 TEMPERATUR OCH VÄRME

Bilaga. Elevuppgifter

1A. Föremålen i rummet

Vi antar att föremålen har funnits i rummet ett bra tag. Då befinner de sig i termisk jämvikt med luften i rummet, vilket betyder att mjölet, stålskeden och yllevantarna alla har temperaturen $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1B. Från rummet och in i ugnen

Eftersom tre timmar har gått och ugnens temperatur är konstant kan vi anta att föremålen befinner sig i termisk jämvikt med luften i ugnen, dvs. mjölet, stålskeden och yllevantarna har alla temperaturen $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Isen i frysen

Eftersom is och frys har olika temperatur råder från början inte termisk jämvikt. Det betyder att energi som värme överförs från delsystemet med högre till det med lägre temperatur, dvs. från frysen, som har temperaturen $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, till isen, som har temperaturen $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Eftersom luften i frysen hela tiden är $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ kommer isen så småningom att anta denna temperatur.

3. Vattnet som bara blir $70\text{ }^{\circ}\text{C}$

Vi väljer ut systemet 'platta-vatten-luft' för att svara på frågan. Energi som värme överförs från platta till vatten, och efterhand som detta får högre temperatur också alltmer från vatten till luft. Efter ett tag överförs det lika mycket energi som värme per tidsenhet från platta till vatten som från vatten till luft. Då slutar vattnets temperatur att stiga. Man säger att det råder ett stationärt tillstånd. Detta inträffar i det aktuella fallet då vattnets temperatur är $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4. Varför stiger inte rumstemperaturen?

Också i detta exempel råder ett stationärt tillstånd. Lika mycket energi som värme per tidsenhet överförs från element till rum, som från rum till dess omgivning. Därför är rummets temperatur konstant.

5. Folien i ugnen

Energi som värme överförs från folie till hand. Men folien, som har liten massa, rymmer lite energi (inre energin är liten). Den ger upphov till en temperaturökning i fingertopparna som inte är skadlig. Ugnspannan däremot har större massa och större inre energi. Då en del av denna energi överförs till handen blir dess temperatur så stor att det uppstår brännskador.

6. Den heta chokladen

Resonemanget här blir helt analogt till det som fördes om aluminiumfolien och ugnspannan.

7. Blandningen

Eftersom de båda vattenmängderna är lika stora och behållarna välisolerade kommer blandningstemperaturen att ligga mitt emellan $+10\text{ °C}$ och $+40\text{ °C}$, dvs. den blir $+25\text{ °C}$.

8. Cykelstyret

Här refererar vi till avsnittet 'Skolans naturvetenskap: förklaring på makroskopisk nivå'

9. Järnstaketet

Järn är, jämfört med trä, en mycket bra värmeledare. Se tabell 1! Det betyder att energi som värme snabbt leds från tunga till staket. Temperaturen på tungans yta sjunker då snabbt under salivens fryspunkt och tungan fryser fast.

10. Fluffiga fågeln

Då fågeln borrar upp sina fjädrar fylls mellanrummen mellan dessa av luft. Fågeln omger sig på så sätt med ett stillastående luftlager. Eftersom luft är en dålig värmeledare (se tabell 1) överförs energi som värme långsammare från fågeln till dess omgivning än om fågeln inte borrar upp sig. Fågeln behöver då inte generera så mycket energi själv genom förbränning, vilket är en fördel. Fågen 'håller sig varm' lättare.

11. Påklädda snögubben

Båda snögubbarna håller på att smälta, dvs. deras temperatur är 0 °C . Men temperaturen i luften är högre. Det betyder att energi som värme överförs från luft till snögubbe. Eftersom en täckjacka är en dålig värmeledare (på grund av all inestängd luft i dess material) hejdas energiöverföringen av denna, jämfört med om gubben är utan jacka. Bill smälter därför fortare än Bull, som har täckjackan på sig.

12. Varma drycken

Eftersom muggen med varm dryck har högre temperatur än luften utanför behållaren överförs energi som värme från dryck till luft. Filt, som är en dålig värmeledare, bromsar denna överföring bättre än järn, dvs. muggen med varm dryck håller sig varm längst tid i filtbehållaren.

13. Lödkolven

Värmeledning påverkas inte av jordens gravitation. Temperaturen på A och B börjar stiga samtidigt.