Skolverket

Kunskaper om naturvetenskapens begrepp och förklaringsmodeller

I inledningstexten i kursplanerna för de naturvetenskapliga ämnena anges ett antal syften för undervisningen. Dessa sammanfattas i tre långsiktiga mål. I den här modulen ska ni arbeta med att utveckla undervisningen i årskurs 7–9 i följande mål:

Undervisningen i ämnet ska ge eleverna förutsättningar att utveckla - kunskaper om begrepp och förklaringsmodeller för att beskriva och förklara samband i

- naturen och människokroppen (biologi)
- naturen och samhället (fysik)
- naturen, i samhället och i människokroppen (kemi).

I centralt innehåll i biologi, fysik och kemi anges vilket innehåll som ska behandlas. I betygskriterierna anges hur elevernas kunskaper om begrepp och förklaringsmodeller samt deras förmåga att använda dessa i beskrivningar och förklaringar ska bedömas.

Modulens olika delar behandlar de aspekter som beskrivs i det långsiktiga målet. I modulens första del förklaras dessa aspekter övergripande. I texten tas relevanta svenska och internationella forskningsresultat upp om arbete med begrepp och modeller. I de följande delarna fokuseras mer ingående på olika aspekter. I dessa delar föreslås strategier som kan användas i undervisningen för att eleverna ska utveckla kunskaper och förmåga att använda dessa. Dessa strategier möter de svårigheter som beskrivs i forskningslitteraturen. I modulens sista del behandlas progression och arbetet med delarna sammanfattas.

Upplägget i modulen gör att några didaktiska aspekter belyses. Det visar på möjligheter att differentiera undervisningen så att eleverna kan arbeta utifrån sina förutsättningar. Det finns många exempel på hur man kan initiera olika samtal och diskussioner och därmed arbeta med ett språk- och kunskapsutvecklande arbetssätt. Stor vikt har lagts vid att hitta exempel som motiverar eleverna att använda naturvetenskapliga kunskaper för att beskriva och förklara företeelser i sin omvärld. I strategidokumenten ges ofta förslag på hur man kan organisera undervisning och hur man kan stötta elevernas arbete med frågor. Syftet är att ge stöd i ledarskap och interaktion i klassrummet. Slutligen finns arbete med digitala verktyg som ett naturligt inslag i alla delar. I del 6 behandlas särskilt digitala representationer.

Ni planerar tillsammans aktiviteter för att utveckla undervisningen. Genom att reflektera över utfallet när det gäller elevers lärande och engagemang, diskutera med kolleger och fundera på eventuella förändringar i undervisningen bygger modulen på ett formativt förhållningssätt.

Även om delarna har olika fokus är det inte meningen att undervisningen ska splittras upp i smådelar. Ni prövar något nytt i den del av processen som ni läst om. Det betyder att ni i gruppen kan arbeta med olika innehåll och pröva en strategi som ingår i det dokument ni läst gemensamt.

Modulen består av följande delar:

1. Naturvetenskapens begrepp och förklaringsmodeller
2. Begrepp
3. Förklaringsmodeller
4. Beskriva och förklara samband
5. Representationer
6. Digitala representationer
7. Motivation och engagemang
8. Sammanfattning och reflektion

Modulen är framtagen av Malmö universitet.

Del 3. Förklaringsmodeller

Förklaringsmodeller är ett vitt begrepp och innefattar olika slags modeller och teorier.

Syftet med denna del är att ni ska arbeta med att utveckla och pröva strategier, så att eleverna får möjlighet att utveckla kunskaper om naturvetenskapliga förklaringsmodeller. De ska lära sig vad det är, hur de kan användas och vilka begränsningar de har.

Del 3: Moment A – individuell förberedelse

Ta del av materialet och för kontinuerligt anteckningar medan du läser, tittar och lyssnar. Anteckna sådant du tycker är särskilt intressant, viktigt eller förvånande. Reflektera över din egen undervisning och hur du diskuterar modeller och teorier med eleverna. Titta gärna i en lärobok och se vilka modeller och teorier som tas upp, hur de förklaras. Vilka använder du och i vilket syfte? Har du exempel som fungerat bra? Mindre bra? Fundera också på hur du kan utveckla din undervisning. Anteckningarna bildar underlag för de diskussioner du ska föra med dina kollegor i moment B.

Läs

Läs ”Strategier för att utveckla elevernas kunskaper om förklaringsmodeller ”. I dokumentet beskrivs och diskuteras olika slags modeller och teorier som förklaras och exemplifieras. Det finns också förslag på olika sätt att arbeta med elever så att de kan utveckla kunskaper om dessa. Det finns dessutom några konkreta exempel, i biologi, fysik och kemi, på situationer där eleverna arbetar med modeller och teorier. Exemplen är ett sätt att konkretisera de strategier som tagits upp. De är tänkta att inspirera till reflektion över hur du kan utveckla din egen undervisning.

Läs ”Analogier och metaforer”.

Läs sidorna 11–17 i ”Att arbeta med naturvetenskapens karaktär i NO-undervisningen”. Artikeln har publicerats i LMNT nytt nr 2, 2014 (Föreningen för lärarna i matematik, naturvetenskap och teknik). Det är flera korta artiklar med konkreta exempel på arbete med modeller i NO.

Se film

Se filmen "Ström i elektriska kretsar – Pass 2 Strömstyrka, spänning och resistans i en partikelmodell".

Material

Skolverket

Strategier för att utveckla elevernas kunskaper om förklaringsmodeller
Margareta Ekborg, Myrtel Johansson, Britt Lindahl, Karin Nilsson, Kristina Svensson, Annette Zeidler

Analogier och metaforer
Jesper Haglund

Att arbeta med naturvetenskapens karaktär (LMNT nytt 2014:2)
Filformatet kan inte skrivas ut.

Ström i elektriska kretsar - Pass 2 Strömstyrka, spänning och resistans i en partikelmodell
Filformatet kan inte skrivas ut.

Naturvetenskap – Grundskola åk 7–9
Modul: Kunskaper om naturvetenskapens begrepp och förklaringsmodeller, åk 7–9
Del 3: Förklaringsmodeller

Strategier för att utveckla elevernas kunskaper om förklaringsmodeller

Margareta Ekborg, Myrtel Johansson, Britt Lindahl, Karin Nilsson, Kristina Svensson, Annette Zeidler, Malmö universitet

I syftesbeskrivningen för biologi, fysik respektive kemi står det att eleverna ska utveckla kunskaper om och kunna använda förklaringsmodeller. Det finns som vi skriver i del 1 i den här modulen ingen entydig definition av förklaringsmodell. Begreppet kan innefatta olika modeller såväl som teorier. Modell används också på många olika sätt i olika sammanhäng.

I texten ”Naturvetenskapens begrepp och förklaringsmodeller” i del 1 i den här modulen, förklaras olika betydelser av beteckningen modell. Här ska vi titta närmare på några olika modeller som används i de naturvetenskapliga ämnena och hur man kan arbeta med eleverna så att de i sin tur kan förstå vad en modell är och hur den kan användas i olika sammanhang. Slutligen behandlas grundläggande teorier inom naturvetenskap och hur eleverna kan använda dessa. Analogier och metaforer behandlas i texten av Jesper Haglund. Texten ligger i moment A i denna del.

Naturvetenskapens karaktär

Att arbeta med modeller och teorier är också ett sätt att arbeta med naturvetenskapens karaktär. Eleverna lär sig inte bara naturvetenskapliga begrepp, processer och samband utan kan också skaffa sig kunskaper om hur kunskap utvecklas över tid. Här följer några exempel på vad som karaktäriserar naturvetenskap. Se också del 1 i denna modul. Där finns en text av Lena Hansson, Lotta Leden och Ann-Marie Pendrill i moment A.

Modeller

Ordet modell används som sagt på många olika sätt och med olika innebörd såväl i vardagsspråk som i ämnesspråk. I vardagligt språk kan modell till exempel vara något föredömligt. I olika ämnesdiscipliner används också modell på olika sätt. Ekonomer talar om modeller för utveckling och som lärare använder vi didaktiska modeller när vi diskuterar undervisning.

Även inom undervisning i de naturvetenskapliga ämnena används modeller på olika sätt i biologi, fysik och kemi, men också inom dessa ämnen. I den här texten ligger fokus på modeller som har relevans för NO-ämnena.

Ofta används beteckningen modell när olika naturvetenskapliga fenomen illustreras i tredimensionella konstruktioner. Egentligen är det då inte modeller i strikt bemärkelse utan representationer (visualiseringar) av naturvetenskapliga begrepp, modeller eller teorier. En del sådana modeller används för att visa till exempel växter, djur och mänskliga organ på in- och utsida. Då är det realistiska och skalenliga avbildningar av de verkliga objekten. I många skolor finns också tredimensionella modeller av vattnets kretslopp. Avsikten är då att demonstrera mer abstrakta begrepp som avdunstning och kondensation.

Det går också till exempel att göra en modell av ett ekosystem i en damejeanne eller stor glasburk med tätsittande lock. Då lägger man i lite lätt fuktad jord och växter. Sedan sätter man på locket och observerar burken en längre tid. Det blir en modell av ett ekosystem.

Niklas Gericke (2017) skriver att modeller kan vara olika sätt att förklara naturvetenskapliga fenomen. Han kallar detta förklaringsmodeller och i varje modell används olika begrepp för att förklara det aktuella fenomenet, till exempel nedärvning.

Elever kan få göra egna fysiska modeller över olika naturvetenskapliga begrepp och samband inom till exempel ekologi. Det kan vara begrepp som näringskedja, näringsväv, kretslopp och ekosystem. Eleverna kan också bygga modeller av kroppsdelar och organ. Då illustrerar eleverna sina tankemodeller genom att visualisera begreppen.

I bedömningsmaterialet DiNO i Skolverkets bedömningsportal finns ett exempel där elever diskuterar bästa sättet att snabbt torka en blöt handduk. Eleverna får i uppgift att planera en undersökning där de prövar olika metoder på ett systematiskt sätt med små tyglappar som får representera handdukarna. Detta är ett exempel på ett modellexperiment.

En helt annan slags modeller har utvecklats och används inom naturvetenskaplig forskning. Då är det modeller som konstrueras för att beskriva sådant som inte är känt och som inte går att direkt undersöka. Sådana modeller kan kallas vetenskapliga modeller. De konstrueras utifrån observationer och experiment. Modellen är inte verkligheten, utan forskarens förenklade bild av denna och viktigare – “svaren” som modellen ger är inte bättre än ingångsförutsättningarna och ingångsdata (KVA, 2011). Forskarnas modeller visualiseras som till exempel tredimensionella konstruktioner, ritningar i dator eller på papper och kan vara en geometrisk figur eller en matematisk formel. Vetenskapliga modeller görs också för att visualisera kommande händelseförlopp - framtidsscenarier. Forskare gör till exempel modeller över hur temperaturen kommer att stiga om inte utsläpp av växthusgaser minskas. Modellerna är i sådana fall ofta simuleringar som bygger på mätdata som bearbetas i datorprogram.

Vetenskapliga modeller utvecklas alltså över tid beroende på att ny kunskap tas fram genom att nya observationer och experiment görs från vilka slutsatser dras. Genom vetenskapshistorien har olika modeller tagits fram. En del av dessa har förkastats när ny kunskap visat att de inte håller. Ett sådant exempel är den geocentriska modellen för vårt solsystem. Den ersattes av den heliocentriska. I andra fall kan en tidig modell vara användbar för att förklara vissa fenomen även om den ur vetenskaplig synvinkel är ofullständig och i vissa delar felaktig.

En vetenskaplig modell kan, som nämnts ovan, uttryckas eller visualiseras som en representation. En sådan kan till exempel vara en bild, animering, simulering eller formel. Samma vetenskapliga modell kan representeras på olika sätt. Alla representationer behöver dock inte vara modeller. Om vi avbildar en katt är det just en bild – representation - av en katt, men inte en modell av en katt. Däremot kan en gipsfigur föreställande en katt kallas en modell. I del 5 och 6 diskuteras representationer och visualiseringar.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att begreppet modell inte används på ett entydigt sätt. Det hela är alltså lite förvirrande och ett konsekvent språkbruk är näst intill omöjligt. Den insikten är viktig i arbetet med elever och modeller. Av de modeller som tagits upp här.

används många för att illustrera naturvetenskapliga fenomen. När man arbetar med vetenskapliga modeller på olika sätt är syftet snarare att eleverna också ska utveckla kunskaper om naturvetenskapens karaktär.

Här följer några exempel på naturvetenskapliga modeller som används i biologi, fysik och kemi och framför allt i undervisningen i dessa ämnen i grundskolan. En del exempel är kanske snarare representationer, men i det här materialet används ordet modeller och i texterna i läromedel står det ofta också modeller.

Biologi

Tredimensionella avbildningar är vanliga i biologi. Torson är ett exempel på en sådan, där människans organ i bröst- och bukhåla visas. Organen är lika stora som i verkligheten men färger har förstärkts och ibland lagts till. Strukturer visas på olika sätt, men självklart kan man inte se och känna blodet som rinner i kärlen eller lungornas svampaktiga struktur. I andra fall är modeller skalenliga avbildningar av organismer eller delar av sådana. Ibland är de förstorade som till exempel modeller av en blomma med ståndare och pistiller, enskilda mänskliga kroppsdelar som hudsnitt, tand, öga och genomskärning av ett öra.

Inom vissa grenar av biologisk forskning används levande organismer som modeller. Bananflugan är en organism som odlas och korsas för att utveckla kunskaper om

ärftlighet. Inom genteknik är backtraven en modellorganism. Andra exempel på modellorganismer är möss, råttor och E. Coli- bakterier.

Vetenskapliga modeller inom biologi hittar man till exempel inom genetik, molekylärbiologi och populationsbiologi. Sådana modeller är ofta komplexa och avancerade och används sällan i grundskolan. Ett exempel som dock kan användas i skolan är Linnés sexualsystem.

För att beskriva framtidsscenarier av exempelvis populationsförändringar används simuleringar för att tydliggöra vad som kan hända under olika förutsättningar.

Simuleringarna bygger på befintliga mätdata. På så sätt kan till exempel simuleringar göras av hur fiskebestånden i Östersjön utvecklas under olika förutsättningar. Också historiska förlopp kan illustreras i simuleringar. Till exempel görs simuleringar av hur människans utveckling kan ha skett.

Fysik

Historiskt har man gjort vetenskapliga modeller över solsystemet för att försöka förstå hur sol, måne och planeter rör sig i förhållande till varandra. Med de här modellerna kunde man förklara årstider och dygn med mera. Dessa modeller gjordes innan noggranna instrument och mätmetoder fanns och innan man skickat ut kameror och andra instrument i rymden. Idag är man överens om vårt solsystems uppbyggnad och behovet av en vetenskaplig modell av detta för att förstå dess byggnad har därför inte längre någon aktualitet. Däremot används ofta så kallade planetarier för att illustrera solsystemets uppbyggnad.

Det finns tre olika modeller för ljus. De används för att förklara olika fysikaliska fenomen. Det visar tydligt att en modell inte ger en fullständig beskrivning. En modell, som används i grundskolans läromedel, är strålmodellen. Då betraktas ljus som strålar som går rätlinjigt från ljuskällan. De kan ändra riktning till exempel då de möter en spegel eller en lins. Med denna modell kan till exempel reflektion i speglar och brytning i linser beskrivas. I den andra modellen beskrivs ljuset som en vågrörelse och vi människor kan enbart uppfatta ljus inom ett visst våglängdsområde. I den tredje modellen beskrivs ljuset som fotoner, ett slag energipaket. Varje foton som träffar till exempelvis en solcell tillför energi.

Atommodellen är ett exempel på hur vetenskapen utvecklats och är viktig inom både fysik och kemi. Här beskrivs hur modellen utvecklats från Demokritos till idag. I början av 1900- talet insåg man att det verkligen fanns atomer som greken Demokritos ca 450 f.Kr hade haft tankar om. Dalton beskrev i början på 1800-talet atomer som små kulor. Vid denna tidpunkt trodde man att atomen var ett grundämnes minsta beståndsdel. Rutherford kunde med ett experiment visa att atomens positiva laddning och dess största

del av massan var lokaliserad i en mycket liten atomkärna. Elektronerna skulle då röra sig runt kärnan som planeterna i ett solsystem. Dansken Niels Bohr kunde 1913 utveckla Rutherfords idéer vidare och gav elektronen både partikel- och vågegenskaper. Schrödinger använde vågegenskaperna som grund och kunde då förklara var det är störst sannolikhet att hitta en elektron i atomer med fler än en elektron. Grunden i kvantmekaniken är att elektroner både har partikel- och vågegenskaper.

Simuleringar används också inom fysiken. Man kan till exempel göra simuleringar för olika scenarier över hur klimatet ändras om vi genomför olika förändringar av till exempel användningen av fossila bränslen.

Kemi

I kemi används kulmodellen för att visualisera hur ämnen är uppbyggda. Då representerar en kula en atom och olika färger representerar olika ämnen. Kulorna kan kombineras på olika, men bestämda sätt med hjälp av små pinnar eller fästanordningar, som representerar kemiska bindningar. Kulorna är ett bra sätt att visa hur atomer kan bindas till varandra i kemiska föreningar och vilken tredimensionell struktur som ämnen har. För tredimensionella bilder se del 6 – Digitala representationer i denna modul.

För att bygga kulmodeller eller skriva strukturformler måste man ha kunskap om hur ämnena är uppbyggda. Sådan kunskap har i många fall tagits fram genom olika experiment. Genom att undersöka hur ämnen ser ut i olika situationer, hur de uppträder i olika temperaturer, hur de löser sig och reagerar eller inte reagerar med andra ämnen kan man göra modeller över hur de är byggda. Sedan görs nya experiment och modellerna justeras och utvecklas. Som exempel tittar vi närmare på DNA-molekylens struktur.

Den bild som visas i läroböcker av DNA-molekylen med olikfärgade kulor som representerar olika atomer är en molekylmodell och alltså en modell och inte en avbildning. Det är en fysisk modell och ett sätt att visualisera molekylens byggnad. Idag vet man hur DNA-molekylen är uppbyggd. Men innan detta var känt gjordes experiment med bland annat röntgendiffraktion. Watson och Crick konstruerade vetenskapliga modeller baserade på mätdata som Rosalind Franklin tagit fram. De visualiserade dessa genom att bygga stora fysiska modeller. Nya experiment genomfördes och modellen justerades. Resultaten gav information om hur molekylen kunde vara uppbyggd. Så småningom kom Watson och Crick fram till att DNA är en spiralvriden molekyl som är uppbyggd av två långa kedjor av nukleotider. James Watson berättar om arbetet med DNA i boken ”Den dubbla spiralen” (1958). Idag vet man alltså hur molekylen är uppbyggd och man kan i mikroskop se den spiralvridna formen, om man extraherat DNA från celler. Exemplet visar att olika modeller används för olika syften. När vi idag använder DNA-modellen är det för att illustrera en molekyls uppbyggnad. Watson och

Crick arbetade med vetenskapliga modeller, som de visualiserade i fysiska modeller, för att utveckla ny kunskap om DNA:s byggnad.

Andra exempel på modeller inom kemin är kretslopp. I bilder (representationer) beskrivs kolatomens, syreatomens, vattnets och andra ämnens kretslopp.

Hur elever kan utveckla förståelse av modeller

I följande text ges först några exempel på hur man kan arbeta med modeller med eleverna. Som framgår av ovanstående text används modell på olika sätt i biologi, fysik och kemi. En första fråga att ställa sig, är vilka av dessa modeller som är relevanta för undervisningen i årskurs 7–9. Frågan kan besvaras med vad som är innehållsligt relevant såväl som pedagogiskt relevant i den aktuella situationen. Är syftet att eleverna lär sig en speciell modell med dess ingående begrepp eller är syftet att de ska förstå naturvetenskapens karaktär? Sedan behöver beteckningen modell och vad den står för diskuteras med eleverna. Varje gång man som lärare använder beteckningen modell är det bra att förklara eller diskutera vilken innebörd den har, vilken sorts modell som avses och vad den ska användas till. När vi gör en modell av ett ekosystem eller bygger en atommodell kan vi fundera över om modell är samma sak i dessa två fall. Det är också intressant att själv gå igenom läroboken för att se vilka modeller som används och hur de beskrivs. Det kan vara bra att jämföra böcker i biologi, fysik och kemi. När används begreppet modell? Hur förklaras det? Sedan kan man föra liknande resonemang med eleverna. Forskning visar att läromedel använder flera olika modeller i genetik utan att ange när och hur de kan användas (Gericke, 2011). Drechsler (2012) menar att det kan underlätta för elever att identifiera sina tidigare uppfattningar av begrepp och acceptera nya vetenskapliga förklaringar, om de får använda flera modeller för samma sak. Det motverkar att eleverna tror att modeller är direkta avbildningar av verkligheten.

Om man använder legobitar som modell för förbränning, fasövergångar och massans bevarande förstår eleverna att det är en modell för skeendet på mikronivå, och då de ofta varit bekanta med lego en lång tid tror de inte att de är direkta avbildningar av verkligheten. Man har även chansen att ta diskussionen med eleverna om för- och nackdelar med legobitsmodellen respektive kulmodellen genom att jämföra dem för att fördjupa elevernas tänkande kring modeller.

Se på följande filmklipp och diskutera hur burken kan se ut inuti.

Burken

Burken är en ingång till att fundera på vad en vetenskaplig modell är. Det är något oväntat som kan förklaras med en konstruktion inne i burken och som inte är synlig utifrån.

Eleverna får resonera om hur konstruktionen kan se ut. I nästa steg får eleverna bygga en modell som fungerar på samma sätt. Det är inte säkert att den ser precis likadan ut som förebilden, men den ska fungera på samma sätt. Eleverna får pröva och justera. Det är ett sätt att efterlikna processen då en vetenskaplig modell utvecklas.

De kan arbeta med andra föremål som från utsidan ser ut som till exempel en burk med vatten, en låda eller något liknande. Inuti finns något som eleverna inte kan se. När eleven till exempel drar i ett snöre händer något oväntat. Det är ett sätt att ge eleverna insikt om hur de kan ta reda på något som inte är uppenbart och synligt.

Syftet med att eleverna försöker efterlikna till exempel burken är alltså inte att de ska lära sig göra konstruktioner utan de ska förstå mer om vetenskapliga modeller. I artikeln från LMNT, som ligger i moment A finns fler exempel. På Illinois Institute of Technology finns också flera exempel beskrivna. Se fördjupning i denna del. Eleverna kan också hitta på egna ”modeller”, bygga dem, prova varandras och resonera om hur de kan se ut inuti.

De finns en pedagogisk utmaning i att få eleverna att utveckla förståelse av relationen mellan modell, förenklad avbildning (representation) och verklighet. Samtidigt som modeller kan underlätta förståelse kan de också i viss mån förvränga vår uppfattning verkligheten.

Oavsett om eleverna själva konstruerar olika fysiska modeller eller om de studerar färdiga modeller, föremål och bilder med mera kan följande frågor ställas:

- Vad föreställer modellen?
- Vad kan förklaras med modellen? Vad är bra med modellen?
- Vad saknas i modellen?
- Hur skiljer den sig från ”verkligheten”?
- Är det något som inte kan förklaras med denna modell? (inom den aktuella frågan)
- Finns det andra modeller för samma sak?

Teorier i biologi, fysik och kemi

Skillnaden mellan en modell och en teori är inte knivskarp. Vanligtvis skrivs evolutionsteorin just som en teori, men ibland skrivs den också som en modell. I

Nationalencyklopedin beskrivs teori som ”en grupp antaganden eller påståenden som förklarar företeelser av något slag och systematiserar vår kunskap om dem” (NE, 2017). Det stämmer väl med hur Wickman och Persson (2008) skriver att en teori kan betraktas som ett system av antagande och lagar som används för att beskriva naturen och den

materiella världen. Areskoug med flera (2020) skriver att en teori är generell och kan tillämpas för att beskriva eller förutsäga en mängd mer eller mindre likartade fenomen. Viktigt är att en teori är ett sätt att förklara något och bygger på vetenskaplig grund. Det är alltså inte synonymt med en hypotes eller rent av gissning, vilket är hur begreppet används i vardagssammanhang (Wickman & Persson, 2008). Många elever uttrycker också att teorier finns ”där ute” och då och då upptäcker forskare dem (Andersson, 2012). Men teorier är mänskliga konstruktioner som bygger på teoretiska förklaringar. De teoretiska förklaringarna bygger i sin tur ofta på empiriska undersökningar. Teorier har utvecklats över tid och det finns exempel på när ny kunskap gjort att teorier har förkastats, till exempel flogistonteorin. Upptäckten av syre gjorde att den gamla teorin saknar förklaringsvärde.

Exempel på naturvetenskapliga teorier är

- Evolutionsteorin - om livets utveckling
- Big bang – om universums uppkomst
- Den allmänna relativitetsteorin – om gravitation
- Kvantteorin – som beskriver den mikroskopiska världen

Hur elever kan utveckla förståelse om teorier

På samma sätt, som med modeller, behöver elever lära sig att teorier är mänskliga konstruktioner och inte något som finns i naturen i väntan på att upptäckas. De behöver också förstå vad en teori är och att den bygger på den kunskap som finns om fenomenet och att den kan förändras och utvecklas över tid. Också när det gäller teorier är det bra att som lärare gå igenom läromedel och se vilka teorier som lyfts fram och hur de används och förklaras. Vilka teorier tas upp i biologi, fysik respektive kemi? Vad menar författarna med teori?

Naturvetenskapliga teorier kan skilja sig från andra sätt att förklara. Ett klassiskt exempel är evolutionsteorin som inte stämmer med religiösa förklaringar av livets utveckling. Det är viktigt att understryka att religiösa förklaringar inte är alternativ till de naturvetenskapliga. I många religiösa kretsar är de inget problem att acceptera evolutionsteorin och samtidigt ha en gudstro. Men det finns grupper som inte accepterar evolutionsteorin. Elever ska i skolan lära sig den naturvetenskapliga förklaringen.

Samtidigt är det viktigt att diskutera med eleverna vad vetenskapen faktiskt uttalar sig om eftersom det finns elever som tillskriver vetenskapen uppfattningar den inte har. Hansson och Lindahl (2010) lät elever ta ställning till ett antal påståenden av vetenskaplig, religiös (traditionell och scientistisk) samt naturalistisk karaktär. Exempel på ett påstående från de olika kategorierna är ”De naturvetenskapliga lagarna som gäller

här, gäller också på alla andra platser i universum”, ”En gud eller högre makt existerar”, ”Det logiska tänkandet låter oss inte komma i kontakt med livets djupare hemligheter” och ”Allting har eller kommer att få en naturvetenskaplig förklaring”. Först fick de tala om ifall vetenskapen stödde ett påstående, tog avstånd från det, saknade uppfattning om det eller att de helt enkelt inte vet. Därefter fick eleven ta ställning till samma påstående utifrån sin egen

uppfattning. Om en elev till exempel stöder påståendet ”En gud eller högre makt existerar” men anser att vetenskapen inte gör det (fast den inte uttalar sig om detta) bedömdes påståendet ge upphov till en konflikt hos eleven. Om eleven däremot svarar att vetenskapen stöder, saknar uppfattning eller att de inte vet bedöms inte har någon konflikt med egen uppfattning. De elever som hade många konflikter var mer kritiska till undervisningen i naturvetenskap och valde i högre grad bort ämnena i fortsatta studier.

Vid möte med teorier behöver eleverna lära sig vad en teori är och vad som kan förklaras och vad som inte kan förklaras. De ska få veta vilka begrepp som beskriver teorin och vilka empiriska data som använts för att formulera teorin. De behöver diskutera hur de uppfattar betydelsen av en specifik teori och hur teorin skiljer sig från förklaringar som inte är naturvetenskapliga.

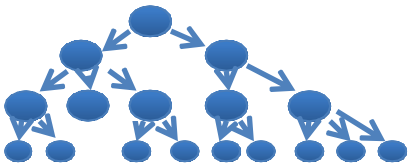
Exempel på konkreta klassrumssituationer

Här följer några beskrivningar av klassrumssituationer där lärare och elever arbetar med några av de strategier som beskrivs i texten. De är tänkta som konkretisering och inspiration till egna idéer och därför inte fullständigt beskrivna. De är indelade i biologi, fysik och kemi, men innehållet kan naturligtvis varieras och de beskrivna metoderna kan användas inom alla tre ämnena.

Exempel biologi

Eleverna arbetar med evolutionsteorin. För att göra en modell över vad urval innebär använder de 100 gröna och 100 röda tandpetare. De går ut på en gräsmatta i anslutning till skolgården. De mäter ut en yta på ca 15 x 15 m med hjälp av ett rep. Sex av eleverna i klassen får föreställa fåglar som ska äta gröna och röda insekter. De har trettio sekunder på sig att plocka så många "insekter" som möjligt. Efteråt räknar de hur många "insekter" varje individ fått. De upprepar samma aktivitet men på olika underlag och diskuterar följande: Vilken fördel har de gröna insekterna på gräsmattan? De diskuterar också begränsningar i modellen kopplat till verkligheten.

Klassen ska arbeta med Linnés indelning av växter och djur och för att få eleverna att förstå att det är modeller som är konstruerade av människor och att det finns olika sorteringsnycklar får de göra egna bladnycklar. Varje grupp får 10 stycken olika blad från träd eller buskar. De ska sedan i grupp skapa egna bladnycklar som bygger på bladens egenskaper där varje blad i slutet av sorteringsnyckeln är ensamt kvar. Elevgruppen gör en skiss med namn på egenskaperna över sin sortering och lägger sedan tillbaka alla sina blad i en hög. En av nycklarna såg ut så här i strukturen.



Elevgrupperna testar sedan någon annan grupps bladnyckel och jämför sedan hur lätta eller svåra de var att följa. Efteråt diskuterar de Linnés sexualsystem och jämför med aktuella DNA-undersökningar kring släktskap mellan arter för att belysa hur olika modeller revideras över tid.

Klassen arbetar med ekologiska samband samt hur populationer förändras över tid. För att eleverna ska förstå hur populationen förändras beroende av omvärldsfaktorer som tillgång på mat, vatten och skydd iscensätter läraren en "ekologisk lek", som hon har hittat på nätet. Leken går under namnet "älgleken”. Läraren gör om övningen till att gälla för vildsvin eftersom den är aktuell i trakten där skolan ligger. Eleverna ska gestalta hur populationen av vildsvin förändras beroende på tillgången på föda, vatten och skydd. Hälften av eleverna får vara vildsvin och hälften sådant som vildsvinen behöver för att leva – mat, vatten och skydd. Vildsvinen tar det de behöver. När en elev som är en omvärldsfaktor blir tagen kan den inte bli tagen igen utan får gå åt sidan. När maten är slut dör vildsvinet. Ett vildsvin som får vad det behöver reproducerar sig och blir två. Elever som gått åt sidan kan då komma in i en ny roll som vildsvin. De vildsvin som dör omvandlas till omvärldsfaktorer. Under lekens gång varierar tillgången på naturresurser och antalet vildsvin. Efter aktiviteten diskuterar eleverna populationsförändringar och gör tillsammans ett diagram över hur populationen ändrats. De diskuterar vad andra faktorer som jakt, predatorer, sjukdomar och förändringar i naturen kan betyda. De diskuterar vilka förenklingar de gjort för att illustrera en populationsmodell.

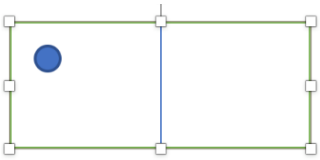
Exempel fysik

Läraren vill att eleverna ska få en ökad förståelse för naturvetenskapens karaktär och att man inom fysikämnet kan föra logiska resonemang utifrån modeller. Läraren beskriver förutsättningarna för eleverna:

- Föreställ er ett från början helt tomt rum. Mitt i rummet finns en lös mellanvägg som enkelt flyttas till höger eller till vänster då något stöter till väggen (ritas på tavlan).
- Vi kommer att släppa in några små snabba partiklar i rummet. Dessa partiklar rör sig planlöst.

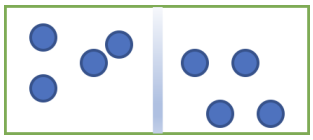
Därefter beskriver läraren några olika utgångslägen som eleverna diskuterar och resonerar kring. Efter ett tag enas man om hur väggen kommer att påverkas i de olika fallen.

Läraren ritar en modell av rummet (bild 1) och frågar vad som händer om vi stänger in en av partiklarna på vänster sidan om den rörliga mellanväggen.

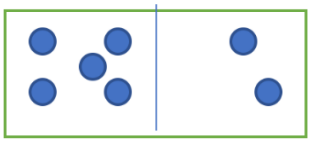


Eleverna tror att mellanväggen kommer att knuffas åt höger varje gång partikeln stöter i den.

Läraren frågar vad som händer om vi har lika många partiklar på båda sidor om mellanväggen. Eleverna tror att mellanväggen kommer att flyttas lite till vänster och lite till höger beroende på vilka partiklar som träffar den och klassen ritar tillsammans en modell över vad som sker (bild 2).



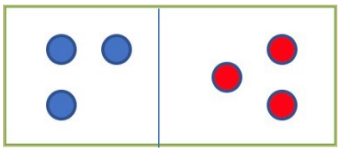
Läraren frågar vad som händer om vi har fler partiklar på vänstra sidan (bild 3).



Eleverna tänker sig att mellanväggen först kommer att knuffas åt höger en sträcka vilket leder till att det blir större plats på vänster sida men där finns också fler partiklar.

Partiklarna på vänster sida och partiklarna på höger sida kommer därefter att stöta i mellanväggen lika mycket.

Läraren frågar vad som händer om vi har lika många partiklar på båda sidor om mellanväggen men att partiklarna på höger sida rör sig snabbare (bild 4, röda partiklar har högre fart).



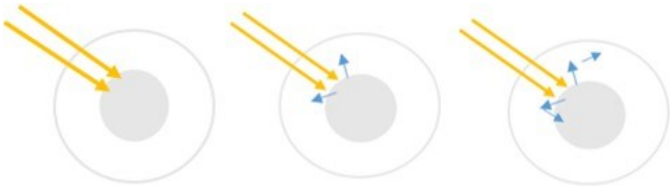
Eleverna tror att mellanväggen då knuffas åt vänster en sträcka.

Inspiration till detta exempel är hämtad från Michaels, Stouse & Schweingruber, (2007).

Klassen arbetar med klimatpåverkan och eleverna har sedan tidigare kännedom om att ljus med kortare våglängder kan passera genom atmosfären men att ljus med längre våglängder absorberas. Läraren vill att eleverna ska lära sig att använda begrepp som är viktiga för att förstå den globala strålningsbalansen. Läraren vill också att eleverna ska förstå att olika tankemodeller kan visualiseras i bilder och användas för att åskådliggöra olika saker.

Läraren ritar upp en förenklad modell av växthuseffekten i tre steg och eleverna arbetar parvis med att diskutera och ge förslag på bildtexter som beskriver och förklarar vad som sker i de olika stegen. På tavlan finns ett antal ord och begrepp som ska ingå i elevernas beskrivningar: atmosfär, växthusgaser, absorberas, kort våglängd, lång våglängd, UV- strålning, synligt ljus och IR-strålning.

Innan aktiviteten startar berättar läraren att den inre grå cirkeln representerar jorden och den stora cirkeln atmosfären. Läraren uppmärksammar även eleverna om att atmosfärens tjocklek är extremt överdriven i denna modell.



Efter ett tag jämförs elevernas olika förslag och eventuella missuppfattningar reds ut. Eleverna delas därefter in i grupper och läraren ger varje grupp olika frågor att diskutera.

- Hur skulle modellen se ut om atmosfären och jorden var i samma skala? Diskutera fördelar och nackdelar med denna modell.
- Hur kan man rita en modell av växthuseffekten där ljusets olika våglängder synliggörs? Diskutera fördelar och nackdelar med denna modell.
- Hur skulle modellen se ut om jorden helt saknar växthusgaser? Diskutera hur detta skulle ha påverkat livet på jorden.

- Hur skulle modellen se ut om även ljus som reflekteras tas med i beskrivningen? Diskutera hur reflekterat ljus påverkar jordens medeltemperatur.

Grupperna redovisar sina förslag på lösningar och förklarar hur de har resonerat. Avslutningsvis diskuterar klassen och läraren gemensamt vilka gaser som bidrar till växthuseffekten, hur människan påverkar växthuseffekten och olika framtidsscenarier som kan uppstå.

Exempel kemi

Klassen undersöker hur vattendropparna ser ut och beter sig på olika tyger och kommer fram till att det bildas olika stora droppar beroende på tygets kvalitet. Begreppet ytspänning diskuteras. För att demonstrera en tankemodell av ytspänning använder läraren en fallskärm där de nedåtriktade trådarna symboliserar bindningarna mellan vattenmolekylerna.

Fallskärmens buktade yta symboliserar droppens yta. Ju mer man drar i trådarna, det vill säga ju starkare bindning mellan molekylerna i förhållande till omgivning är, desto mer buktar fallskärmen.

Förståelsen av hur en teori blir till och förkastas kan utveckla förståelsen för teoriers roll i vetenskapen. I en klass exemplifierar läraren detta med att berätta om flogistonteorin. Först tar denne upp att människor tidigt observerade att ved som brinner minskar i vikt. Eleverna får ge förslag på vad det kan bero på och läraren frågar hur de vet och hur de kan undersöka det. Läraren berättar sedan att på 1600-talet och inpå 1700-talet förklarade man det med att veden innehöll ämnet flogiston som lämnade veden vid förbränning. Teorin generaliserades till att gälla all förbränning. På 1700-talet upptäckte man att järn tvärtom ökar i vikt vid förbränning. Eleverna får förklara vad det kan bero på och diskutera vad denna upptäckt betyder för flogistonteorin. De kan även diskutera varför det dröjde så lång tid innan flogistonteorin förkastades (upptäckten av noggrannare vågar). Läraren hjälper dem med att berätta om möjligheten att väga noggrant. Slutligen diskuteras flogistonteorin i förhållande till nuvarande förklaringar av förbränning.

Referenser

Andersson, B. (2012). *Teorier i det naturvetenskapliga klassrummet.* Malmö: Gleerups.

Areskoug, M., Ekborg, M., Lindahl, B. & Rosberg, M. (2020). *Naturvetenskapens bärande idéer*. Malmö: Gleerups.

Drechler, M (2012). Syror och baser i gymnasieskolan I: H. Strömdahl & L Tibell (red) *Skola och naturvetenskap - politik, praktik, problematik i ett ämnesdidaktiskt forskningsperspektiv*.Lund: Studentlitteratur

Gericke, N. (2011). Science versus School-science. Multiple models in genetics - The depiction of gene function in upper secondary textbooks and its influence on students' understanding. *NorDiNa 7*(1).

Gericke, G. (2017). *Multipla modeller och begreppsvariation*. I modulen Modeller och representationer, del 3. Skolverkets lärportal.

Hansson, L., Leden, L: & Pendrill, A-M. (2014). Att arbeta med naturvetenskapens karaktär i NO-undervisningen. *LMNT nytt nr*Hansson, L., & Lindahl, B. (2010). I have chosen another way of thinking. Students' relations to science with focus on worldview. *Science & Education, 16,* 461 - 478.

Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present and Future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (eds.). *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-879.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Association, Publishers.

LMNT-nytt 2014:2.

Michaels, S., Stouse, A-W., & Schweingruber, H.A. (2007*).* Ready, Set, SCIENCE! Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms. Washington, DC: *The National Academies Press.* ss. 79 – 83.

Watson, J. (1958). *Den dubbla spiralen.* Stockholm: Norstedts.

Wickman, P-O & Persson, H. (2008). *Naturvetenskap och naturorienterande ämnen i grundskolan – en ämnesdidaktisk vägledning* Stockholm: Liber.

Naturvetenskap – Grundskola åk 7–9
Modul: Kunskaper om naturvetenskapliga begrepp och förklaringsmodeller, åk 7–9
Del 3: Förklaringsmodeller

Analogier och metaforer

Jesper Haglund, Karlstad universitet

Som vi har sett används modeller i naturvetenskapen för att vi ska kunna närma oss många naturfenomen som vi inte kan komma åt direkt med våra sinnen. Visualiseringar, till exempel i form av statiska bilder i en lärobok eller dynamiska simuleringar i en datormiljö, utgör ett möjligt sätt att representera sådana modeller, men det finns också andra tänkbara representationsformer att ha i åtanke. I den här artikeln tittar vi närmare på hur två nära relaterade fenomen – metaforer och analogier – kan utnyttjas i undervisningen, men uppmärksammar även några potentiella fallgropar (Jeppsson & Haglund, 2013).

Analogier

En *analogi* innebär att man jämför någonting – typiskt något abstrakt och obekant – med något annat mer konkret och välkänt. Inom kognitiv psykologi ses analogiskt tänkande som en central mekanism för att vi ska kunna närma oss det okända, med andra ord att lära nytt.

Enligt psykologen Dedre Gentners (1983) tolkning kännetecknas analogier vidare av att de fokuserar på strukturella likheter mellan de så kallade domänerna som jämförs, och inte på eventuella ytlikheter. För att ta ett exempel från naturvetenskapen och dess undervisning bygger Bohrs atommodell på en analogi mellan atomens struktur och ett solsystem.

Solsystemet utgör den förmodat mer bekanta *källdomänen*, och atomens struktur den mer okända, abstrakta *måldomänen*, det vi som lärare vill att eleverna ska lära sig mer om.

Strukturella likheter mellan domänerna inkluderar att ett relativt stort objekt i mitten (solen, respektive atomkärnan) omges av mindre objekt i omloppsbana (planeterna, respektive elektroner). Det finns även formella, matematiska likheter i att kraften mellan objekten avtar med kvadraten av avståndet emellan dem. Vi vill dock inte att eleverna ska fokusera på ytlikheter, som att solen är varm och gul.

Analogier har visat sig kraftfulla i forskningen och undervisningen, i och med att de hjälper oss att skapa en bild av nya domäner som vi utforskar eller blir introducerade till. Vid sidan av Bohrs atommodell kan kinetiska gaslärans jämförelse mellan

mikroskopiska partiklar och kolliderande biljardbollar eller Darwins utgångspunkt i uppfödarens urval av avelsdjur som parallell för att förstå naturligt urval nämnas som framgångsrika analogier i naturvetenskapen. Inte sällan ligger sådana analogier till grund för visualiseringar som vi tar fram för att beskriva och förklara fenomen.

Vid användning av analogier i undervisningen finns dock flera inneboende utmaningar. För det första utgår vi ifrån att eleverna är bekanta med måldomänen. Vi räknar till exempel med att eleverna känner till strukturen för ett solsystem, då vi använder Bohrs atommodell. För det andra utgår vi ifrån att eleverna fokuserar enbart på de önskvärda likheterna (och inte drar slutsatsen att atomkärnan är varm och gul, eller att de negativt laddade elektronerna attraherar varandra i likhet med planeter, etc.).

Naturvetenskapsdidaktikern Shawn Glynn (1989) har dragit slutsatsen att analogier på detta sätt är ”ett tveeggat svärd” i undervisningen. Deras suggestiva kraft kan leda till god förståelse, men även stärka missuppfattningar. I sin modell ”Teaching With Analogies” betonar Glynn att vi som lärare inte kan nöja oss med att nämna att det finns likheter mellan domäner, utan vi behöver explicit peka ut vad som motsvarar vad i domänerna. Vi behöver dessutom ta upp var analogin bryter samman; i likhet med alla andra typer av modeller och representationer är en analogi en ofullständig återgivning, och elever behöver uppmärksammas på dess begränsningar. Glynn föreslår att vi bör utgå ifrån följande process då vi introducerar analogier i vår undervisning:

1. *Introducera måldomänen.* Se till att eleverna är införstådda med vad det är tänkt att de ska lära sig.
2. *Introducera källdomänen.* Presentera källdomänen ingående.
3. *Uppmärksamma likheten mellan domänerna.* För fram idén att domänerna är lika i något avseende.
4. *Kartlägg gemensamma detaljer explicit.* Det är viktigt att inte bara kasta fram idén att det nya lärostoffet på något sätt relaterar till något annat som eleverna förväntas känna till. Lärare och elever behöver tillsammans gå igenom i detalj vad som motsvarar vad i de olika domänerna.
5. *Dra slutsatser.* Givet vår kännedom om källdomänen, vilka slutsatser kan vi dra om måldomänen?
6. *Identifiera var analogin bryter samman.* Hur långt bär analogin? Vilka aspekter i källdomänen saknar motsvarighet i måldomänen och vice versa? Vilka felaktiga slutledningar kan vi frestas att dra och bör undvika?

Som exempel från naturvetenskaplig undervisning studerade Gentner och Gentner (1983) elevers olika analogier för elektriska kretsar: Elektrisk ström som strömmande vatten, alternativt som partiklar i rörelse eller en myllrande folkmassa. De fann att elever

som spontant tolkar strömmen som rörelse hos individuella partiklar lättare löser problem med parallellkoppling av resistorer, men att vattenflöde fungerar bättre för att tolka parallellkoppling av batterier. På motsvarande sätt föreslår Spiro, Feltovitch, Coulson & Anderson (1989) att en uppsättning av olika, så kallade *multipla analogier* kan användas för att förstå mekanismen för sammandragning av muskelfibrer. Varje enskild analogi, till exempel att jämföra med årornas rörelser hos ett lag av roddare, belyser några aspekter, men är missvisande i andra och behöver kompletteras med ytterligare analogier, till exempel en vantskruv, som används för att spänna vajrar eller linor.

En annan möjlig taktik för att komma runt utmaningar med analogier i undervisningen är *självgenererade analogier*, att be elever att själva skapa sina egna analogier för fenomen de introduceras till. På så sätt kommer de att endast ta upp källdomäner som de själva är bekanta med och ser som fruktbara för jämförelser i det givna sammanhanget. Vi har till exempel bett lärarstudenter med inriktning mot matematik och fysik att komma på egna analogier för termodynamiska processer, där de har jämfört interagerande partiklar med kolliderande arga bin eller minglande människor på en fest (Haglund, 2013).

För den som vill få fler konkreta undervisningstips presenterar Harrison och Coll (2008) ett antal analogier inom många olika områden inom naturvetenskapen som har tagits fram för undervisning av elever i olika åldrar.

Metaforer

Medan analogier och analogiskt tänkande är begrepp som används inom den kognitiva psykologin används *metafor* som begrepp inom områden som språk- och litteraturvetenskap. Både analogier och metaforer bygger på att göra jämförelser med det kända och konkreta för att tala om det mer okända och abstrakta, och i många sammanhang kan vi slå samman dem till ett kollektivt ’analogier och metaforer’. Naturvetenskapsdidaktikern Reinders Duit (1991) pekar dock på att något som skiljer dem är att en analogi bygger på en explicit jämförelse mellan domäner, där motsvarigheter uttryckligen pekas ut, medan metaforen är mer implicit, där det är upp till lyssnaren eller läsaren att skapa sin egen mening.

Den implicita karaktären hos metaforer återfinns även bland de klassiska stilfigurerna, där de till skillnad från *liknelser* inte bygger på uttryckliga jämförelser. Det bildliga språket i liknelsen ”Akilles är som ett lejon” blir till en metafor i uttrycket ”Akilles är ett lejon”.

Gentner (1983) ger även utrymme för mer ytliga likheter mellan domäner som grund för metaforer, medan analogier alltså kräver strukturella likheter. När vi säger att Akilles är

ett lejon vill vi tillskriva den klassiske hjälten några av lejonets egenskaper, såsom hjältemod och styrka.

Traditionellt har man sett ganska styvmoderligt på metaforer, till exempel i språkfilosofin. Metaforer har betraktats som språkliga ornament som vi kan ta till för en estetisk eller retorisk effekt, men utan egentlig betydelsemässig mening. Det finns också ett dilemma med metaforernas outtalade karaktär från ett undervisningsperspektiv. Duit (1991) menar att en kraftfull, slående metafor typiskt vilar på en överraskande effekt vid jämförelse mellan i övrigt orelaterade domäner. Om vi då som lärare följer Glynns (1989) steg för ”Teaching With Analogies” och analyserar i vilken bemärkelse metaforens domäner är lika varandra och hur de skiljer sig åt förloras kanske något av metaforens slagkraft.

’Entropi’ är ett ord som elever som specialiserar sig inom naturvetenskap förmodligen stöter på för första gången i fysik- eller kemiundervisningen på gymnasiet. Till skillnad från många andra ord inom värmeläran – som ”tryck” eller ”värme” – saknas entropi i elevernas vardagsspråk. Entropi är även ett abstrakt begrepp då det härleds indirekt genom matematisk formalism från andra fysikaliska storheter. Den här typen av okända, abstrakta ord lämpar sig bra för introduktion med metaforer och analogier; jämförelser med mer hemtama domäner. För entropi är det vanligt att använda metaforen ”entropi är oordning” i undervisningen (Jeppsson et al., 2011). Om den utvecklas till en uttalad analogi, genom att beskriva en källdomän och hur den relaterar till måldomänen värmelära, sker det ofta genom att använda det stökiga tonårsrummet som utgångspunkt. Didaktiska forskare (t.ex. Lambert, 2001) har argumenterat för att det är en olycklig metafor, inte minst eftersom den fokuserar på rumslig konfiguration, snarare än fördelningen eller spridningen av energi i ett system, och att det stökiga rummet endast ger en ögonblicksbild och inte en känsla för alla tänkbara stökiga rum. I vår forskning kring hur kemistudenter på universitetet tolkar entropi har vi dock funnit att entropi som oordning tycks vara en bra startpunkt för dem. Metaforen ger någon typ av förståelse för vad entropi är, innan de är redo för en mer formell, matematisk behandling. Studenterna är medvetna om att oordning inte är ett vetenskapligt begrepp, men upplever ändå metaforen som användbar för att förstå vad entropi är. Till exempel ökar entropin då ett system gradvis övergår från fast fas via vätska till gasfas (Haglund, et al., 2016). Liksom för andra ickespråkliga representationer kan även en ofullständig metafor vara meningsfull för lärande, och därigenom en resurs som vi kan dra nytta av i undervisningen.

Språkvetaren George Lakoff och filosofen Mark Johnson (1980) menar att en viss typ av implicita metaforer, så kallade *begreppsliga metaforer*, i själva verket ligger till grund för en stor del av vårt tänkande och vårt vardagsspråk; någonting som vi inte klarar oss utan. Ta till exempel meningen ”Harry är i köket”. Harry ses bokstavligen som ett objekt

som befinner sig inuti ett avgränsat område, i köket, en typ av situation vi har stor kroppslig erfarenhet av. Tänk nu istället på meningen ”Harry är i knipa”. Här framställs Harrys obehagliga abstrakta mentala tillstånd som om han vore i en trång och obekväm behållare. Även om meningen framstår som helt naturlig och vardaglig bygger den på en underliggande begreppslig metafor där mentala tillstånd beskrivs i termer av fysiska platser. Vi kan utnyttja metaforen för att ytterligare beskriva situationen: ”Harry håller på att hamna i knipa” eller ”han får äntligen hjälp att ta sig ur knipan”.

Som vi såg i fallet med entropi ovan är många begrepp som vi använder oss av i naturvetenskapen abstrakta och i likhet med abstrakta mentala tillstånd möjliga att närma oss med metaforiskt språk. ’Energi’ är ett annat exempel på en fysikalisk storhet, en matematisk konstruktion som har egenskapen att den förblir densamma för ett system och dess omgivning, oavsett vilka förändringar de genomgår. Detta är en mycket abstrakt tanke. När vi talar om energi – i undervisningen såväl som i rent vetenskapliga sammanhang – kan vi dock inte undgå att ta hjälp av metaforiskt språk. Energi kan ses som en ägodel till ett föremål i rörelse: ”bollen har mycket rörelseenergi”, något substanslikande i föremålet: ”energi överförs från fjädern till bollen”, eller ett läge utefter en vertikal skala: ”atomen är i ett högenergitillstånd”.

Som ett exempel på hur metaforen energi som något substansliknande kan användas i undervisningen på ett genomtänkt sätt kan vi titta på ”Energy Theater” som har utvecklats vid Seattle Pacific University (Daane, Wells, & Scherr, 2014). I Energy Theater spelar deltagare upp scenarier av olika fysiska fenomen, till exempel en degklump som faller mot marken, och varje deltagare utgör en enhet energi. Föremålet som energin befinner sig i markeras som en ring av rep på golvet där deltagaren står, och olika energiformer representeras med olika gester. Då deltagarna iscensätter den fallande degen står de i ringen som representerar degen, och byter gest en efter en från potentiell energi (t.ex. en hand som markerar en viss höjd) till kinetisk energi (t.ex. att gå på stället). När degen slår i marken omvandlas energin till termisk energi (visat t.ex. genom att gnugga handflatorna), och en del av den överförs till golvet och luften, vilket spelas upp genom att några av deltagarna förflyttar sig till ringarna som motsvarar just golvet och luften medan de fortsätter att visa tecknet för termisk energi. Egenskapen att energin bevaras är inbyggd i spelets regler; deltagarna kan inte plötsligt dyka upp eller försvinna. Fokus sätts på att energi kan överföras och omvandlas, men det är svårare att inse att energi tenderar att spridas ut eller minska i energikvalitet. Andra representationsformer behöver ta vid för att belysa de aspekterna.

Vi är typiskt omedvetna om att vi drar nytta av begreppsliga metaforer i vardagsspråket, i vetenskapen eller i vår undervisning. Det finns även andra typer av metaforer som vi kan dra nytta av på ett mer medvetet sätt. Ofta har greppet att se någonting i ljuset av något annat utgjort en kreativ kraft som har stimulerat till nya vetenskapliga rön och

tekniska uppfinningar. Den kognitiva psykologin och kognitiva perspektiv på lärande bygger till stor del – på gott och ont – på idén om vårt psyke som en dator, där man söker finna motsvarigheter mellan minneskapacitet, processorer, etc., och betraktar kunskap som avgränsade föremål i vår hjärna. Bröderna Wright gjorde genombrott vid utvecklingen av flygplan genom att dra paralleller till cykling, där kontroll av rörelse i sidled är viktigare än stabilitet. Filosofen Donald Schön (1993) beskriver hur produktutvecklingen av en målarpensel fick sitt genombrott först då man kom att tänka på penseln som en pump av färg längs med håren, något han kallar en *generativ metafor*. På motsvarande sätt kan vi sträva efter att bli lyhörda för elevers spontana användning av metaforiskt språk och tankeändningar i vår undervisning.

Referenser

Daane, A. R., Wells, L., & Scherr, R. E. (2014). Energy Theater. *The Physics Teacher, 52*(5), 291-294.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning sciences. *Science Education, 75*(6), 649-672.

Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science, 7*(2), 155-170.

Gentner, D., & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: mental models of electricity. I D. Gentner, & A. L. Stevens (Red.), *Mental models* (s. 99-129). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Glynn, S. M. (1989). The teaching with analogies model. I K. D. Muth (Red.), *Children's comprehension of text: Research into practice* (s. 185-204). Newark, DE: International Reading Association. Hämtad från http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED304672.pdf#page=195.

Haglund, J. (2013). Självgenererade analogier stöder lärande. I F. Jeppsson & J. Haglund (Red.), *Modeller, analogier och metaforer i naturvetenskapsundervisning* (s. 185-199). Lund: Studentlitteratur.

Haglund, J., Andersson, S., & Elmgren, M. (2016). Language aspects of engineering students' view of entropy. *Chemistry Education Research and Practice, 17*(3), 489-508.

Harrison, A. G., & Coll, R. K. (Red.). (2008). *Using analogies in middle and secondary science classrooms: the FAR guide - an interesting way to teach with analogies.* Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Jeppsson, F., & Haglund, J. (Red.). (2013). *Modeller, analogier och metaforer i naturvetenskapsundervisning.* Lund: Studentlitteratur.

Jeppsson, F., Haglund, J., & Strömdahl, H. (2011). Exploiting language in teaching of entropy. *Journal of Baltic Science Education, 10*(1), 27-35.

Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by.* Chicago, IL: The University of Chicago Press.

Lambert, F. L. (2002). Disorder – A cracked crutch for supporting entropy discussions.

Journal of Chemical Education, 79(2), 187-192.

Schön, D. A. (1993). Generative metaphor: A perspective on problem-setting in social policy. I A. Ortony (Red.), *Metaphor and thought* (2. uppl., s. 137-163). New York, NY: Cambridge University Press.

Spiro, R. J., Feltovitch, P. J., Coulson, R. L., & Anderson, D. K. (1989). Multiple analogies for complex concepts: Antidotes for analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition. I S. Vosniadou, & A. Ortony (Red.), *Similarity and analogical reasoning* (s. 498-531). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Del 3: Moment B – kollegialt arbete

Diskutera

Utgå från era reflektioner och det ni antecknat när ni tagit del av materialet i moment A. Ha materialet tillgängligt om ni vill läsa något i texten eller se filmen igen. Använd några av nedanstående punkter eller andra som ni tycker är angelägna.

- Hur vill ni förklara vad en modell är? Teori? Stämmer skrivningar i texten ” Strategier för att utveckla elevernas kunskaper om förklaringsmodeller” med hur ni tolkar innebörden i modeller och teorier? Hur tror ni att era elever tolkar modeller och teorier? Hur ser relationen mellan modell och representation ut?
- Vad har ni prövat i undervisningen för att eleverna ska utveckla kunskaper om hur en modell kan användas?
- Hur diskuterar ni frågan om naturvetenskapliga teorier kontra andra uppfattningar era elever kan ha? Hur hanterar ni till exempel religiösa förklaringar av livets utveckling?
- I texten ”Strategier för att utveckla elevernas kunskaper om förklaringsmodeller beskrivs ett antal konkreta undervisningssituationer. Diskutera några av dem med avseende på val av innehåll och relevans. Hur används modeller och teorier?
- Hur ser ni på skillnaden mellan modeller, analogier och metaforer? Vad kan användas i vilket syfte? Vilka risker finns det med att använda analogier och metaforer?
- Hur tror ni att den rullande burken ser ut inuti?
- Vilka förklaringsmodeller tas upp i de läromedel ni använder? Hur beskrivs dem?
- Hur tolkar ni skrivningarna i betygskriterierna? Utgå från några förklaringsmodeller som ni undervisar om och fundera på vad ni förväntar er att eleverna ska förstå respektive använda.

Planera och förbered

Diskutera hur ni ska arbeta med förklaringsmodeller i era klasser tills ni träffas nästa gång. Välj ut en eller två strategier som ni prövar med era elever. Bestäm i vilken eller vilka klasser ni tänker genomföra aktiviteten och vilket ämnesområde eleverna ska arbeta med. Ni kan arbeta enskilt eller i grupp men var medvetna om vad de andra planerar att göra. Fundera på om ni kan besöka varandras klasser och observera eleverna under arbetet. Kanske kan någon eller några filma eleverna.

Del 3: Moment C – aktivitet

Genomför den undervisningsaktivitet som ni planerade tillsammans i moment B. För anteckningar, antingen under lektionen eller direkt efteråt. Notera vad som

fungerade, vad som inte fungerade och vad du fick syn på när det gäller elevernas lärande och din undervisning. Ta med anteckningarna och eventuella filmer som underlag för diskussioner med kollegor i moment D.

Del 3: Moment D – gemensam uppföljning

Diskutera

Utgå från era reflektioner och anteckningar från moment C. Om någon av er har filmat, se filmen och reflektera över det ni ser.

- Vilka strategier prövade ni? Berätta om era erfarenheter.
- Vilket innehåll valde ni? Varför valde ni det?
- Hur introducerades frågan?
- Vad gjorde eleverna? Vilka lösningar hade de?
- Vad fungerade bra och vad fungerade mindre bra? Hur vet ni det?
- Hur fortsätter ni?

Reflektera

Avsätt de sista tio minuterna för att reflektera över:

- Vad lärde jag mig?
- Vilka utvecklingsbehov har vi?
- Hur går vi vidare?

Sammanfatta tillsammans arbetet med denna del i några punkter. Anteckna också de idéer ni vill använda i kommande arbete och tänk på att spara alla era anteckningar eftersom ni kommer att använda dem i del 8.

Fördjupning

Del 3: Fördjupning

Läs artikeln ”Kärt barn har många namn – Modeller, representationer och visualiseringar” som finns i modulen Modeller och representationer.

Läs artikeln ”Från missförstånd till klarhet: hur kan undervisningen organiseras för att stötta elevers förståelse för växthuseffekten?” från Forskning om undervisning och lärande. I artikeln redovisas en studie om hur undervisningen kan möta svårigheterna att förstå naturvetenskapliga modeller och atmosfärens uppbyggnad.

Läs texterna ”Kreationistisk kraschlandning i skolvärlden” och ”Tro’t om du vill” som finns i ” Två texter hämtade från Ulf Danielssons blogg”. I texterna diskuterar Ulf Danielsson, professor i teoretisk fysik vid Uppsala universitet, bland annat kreationism.

Material

Skolverket

Material

Två texter hämtade från Ulf Danielssons blogg

Kärt barn har många namn – modeller, representationer och visualiseringar
Filformatet kan inte skrivas ut.

Från missförstånd till klarhet: hur kan undervisningen organiseras för att stötta elevers förståelse för växthuseffekten? (ForskUL:s webbplats)
Filformatet kan inte skrivas ut.

Naturvetenskap – Grundskola åk 7-9
Modul: Förmåga att använda begrepp, modeller och teorier, årskurs 7-9
Del 3: Modeller och teorier

Två texter hämtade från Ulf Danielssons blogg

Ulf Danielsson är professor i teoretisk fysik vid Uppsala universitet.

Kreationistisk kraschlandning i skolvärlden

Härom dagen deltog jag som föreläsare på en inspirationsdag för lärare med temat naturvetenskapen och livets mening. Föredragen var intressanta, paneldebatten mellan oss föreläsare livlig och de avslutande frågorna från publiken berikande. Och så, precis före slutet, kraschlandade alltihop.

I samband med en fråga om hur man bemöter barn och ungdomar som uppfostrats i kreationistisk anda fanns det lärare som menade att det var helt oproblematiskt. Den vetenskapliga synen kan ställas bredvid den religiösa och man behöver som lärare inte försöka övertyga eleverna om vad som är rätt. Det vore till och med direkt fel att göra det och i strid med en god lärargärning. Dessutom är det ju ett välkänt faktum, menade man, att vetenskapen inte representerar någon absolut sanning. Ungefär så gick resonemanget. Panelen var i chock och hann knappast återhämta sig innan evenemanget var slut och det blev bråttom till tåget.

I USA har kreationismen gjort framstötar i skolan med just samma argumentation. Där handlar det om hur religiösa rörelser listigt gör bruk av sanningsrelativism för att smyga in kreationismen i skolan. I Sverige förhåller det sig nog annorlunda. Här handlar det snarare om en relativistisk kunskapssyn som fått fotfäste i skolvärlden och som lämnar skoleleverna helt skyddslösa.

Jag har full förståelse för att det finns en problematik i hur man skall möta barn och ungdomar från familjer och kulturer där kreationism och liknande föreställningar spelar en viktig roll. Här måste det finnas en lyhördhet för de problem som kan uppstå. Men lösningen kan inte vara en fullständig kapitulation där skolans svar blir: ”ja, så kan man ju också tycka”.

Man har rätt att tycka vad man vill men man har inte rätt att stå oemotsagd. Respekt för en avvikande åsikt innebär inte att man håller tyst, utan att man lyssnar och kommer med motargument. Det handlar om att försöka övertyga, och i ljuset av goda argument låta sig övertygas. Det finns kunskap, vilken skolan har ansvar att förmedla, som är absolut i varje rimlig mening. En lärare måste ha modet, och övertygelsen, att säga: ”nej, du har faktiskt fel, det är så här det ligger till.” Skall det verkligen behöva vara så svårt?

Länk till texten: https://ulfdanielsson.com/kreationistisk-kraschlandning-i-skolvarlden/

Tro't om du vill

I förra veckan deltog jag i ett seminarium om kunskapsrelativism och pseudovetenskap på Kungliga Vetenskapsakademin. Seminariet kan ses som en uppföljning på den debatt som följde efter förra årets omtalade debattartikel i DN av mig, Christina Moberg, Christer Sturmark och Åsa Wikforss. (Se också detta blogginlägg.)

Den fråga som står i centrum handlar om huruvida skolan skall nöja sig med att förmedla fakta utan att ha någon ambition att eleverna faktiskt skall tro på vad man säger. Att den lite märkliga frågan hamnat i hetluften har att göra med de känsliga situationer som uppkommer när naturvetenskapliga fakta kommer i konflikt med en elevs världsåskådning. En lösning som förespråkas är att skolan helt enkelt skall nöja sig med att eleven har förmågan att reproducera argumenten men läraren skall därutöver inte göra något försök att övertyga om att det faktiskt är sant. Det kan tex handla om att eleven kan redogöra för vad begreppet evolution innebär men inte alls tror på den. Lena Hansson, Högskolan i Krisitanstad, formulerade det som att man skall göra skillnad mellan kunskap och tro. Man kan alltså ha kunskap utan att tro på den.

Jag menar att detta är ett misstag, men innan jag går vidare vill jag klara ut ett missförstånd. Skolan har ingen möjlighet att kräva att eleverna skall tro på kunskapens innehåll. Man kan heller inte koppla betygsättning till grad av övertygelse. Det är inte det frågan handlar om. Däremot menar jag att skolan har en skyldighet att inte nöja sig med tomt refererande utan göra allvarliga försök att komma längre.

Om man underlåter detta uppmuntrar man till dubbel bokföring och lägger grunden för just den faktaresistens som Trumpetas ut och drabbar världen i vår tid. Kunskap och tro kan inte sepereras på detta sätt utan är istället intimt sammankopplade. För att låna en formulering från Christer Sturmark på sagda seminarum: ”Kunskap handlar om att tro något med goda belägg”.

Man är alltså inte färdig med eleven när denne säger sig förstå argumenten. Man har rätt att tro vad man vill men man har ingen rätt att stå oemotsagd. Det finns förstås en punkt då en lärare inte kan komma vidare, och det är ingen lätt balans när en elevs hela världsbild kommer i gungning.

Jag menar ändå att det är ett svek att överge eleven med ett slappt ”du får tro vad du vill”. Kanske finns det möjlighet till samtal i andra grupperingar kring hur man kan kombinera den personliga livsåskådningen med en respekt för naturvetenskapliga realiteter? Kanske det finns andra som kan dela med sig av sina erfarenheter? Kanske det trots allt inte är jordens ålder som är det mest betydelsefulla för den personliga världsbilden? Kanske det går att hitta en kompromiss där naturvetenskapliga sanningar inte behöver vika undan?

Kunskap har också en känslomässig sida. När man tagit till sig argumenten och beläggen och insikten om hur det faktiskt ligger till infinner sig, drabbar den känsla av tillfredsställelse som leder vidare till ett fortsatt nyfiket upptäckande av världen. Kunskap

— det man tror på med goda belägg — påverkar världsbilden och får konsekvenser i praktisk handling.

För att citera Lisa Ekdahl (som också sjungit Vem vet, inte du, Vem vet, inte jag, Vi vet ingenting nu, Vi vet inget idag, som väl även det har viss relevans i sammanhanget):

För att kunna lära måste du känna annars blir din kunskap grå och platt.

Länk till texten: https://ulfdanielsson.com/trot-om-du-vill/