

Fysikk i ungdomsskolen

- et arbeid mellom polariteter
av Godi Keller

Tidsskriftet Steinerskolen, Oslo, nr. 3/2006

Jeg vil ta dere med inn i en fysikkperiode i en 10. klasse. Det kan illustrere hvordan læreren ved å ta i bruk polariteter, kan nærme seg et fenomen. Emnet er varme. Som alle andre fenomener i fysikken kjenner vi ikke til hva dette egentlig er for noe. Derfor må vi spørre. Å stille et spørsmål til naturen kan skje i form av et eksperiment. Og et av mine absolutte yndlingseksperimenter i varmelæren er det å koke vann. Ja, du leste riktig: koke vann. Det er nettopp det tilsynelatende banale som fascinerer meg; det at vi tror vi vet alt om dette, at vi på forhånd vet hva som kommer til å skje.

Eksperimentet

Før timen er følgende gjort i stand: En trefot (en metallgjenstand med tre føtter som man kan sette et kar oppå og en brenner under), en brenner under, et stort, ildfast målebeger oppå med omtrent en liter vann i, et termometer, et stativ til å holde termometeret med, og en fyrstikk som kan sette det hele i gang. Elevene noterer forsøksoppsettet nøye. Så må klassen organiseres. Eksperimentet krever bemanning til følgende forskerstillinger:

- en som leser av termometeret og melder temperaturen etter forespørsel fra
- en som passer klokken og sier i fra hver gang det har gått ett minutt
- en som skriver resultatene på tavla hvert minutt
- en som fremstiller de samme resultatene grafisk på et koordinatnett på tavla
- en som ser og kommenterer det som skjer rent optisk i og utenfor målebegeret og til slutt
- en som lytter og kommenterer det som skjer akustisk under forsøket.

Så mange spesialister trenger vi, og da har jeg ikke engang tatt med meg selv som setter det hele i gang med en fyrstikk.

Vi noterer utgangspunktet: 0 minutter: 18 grader.

Med det samme vi er i gang danner det seg et lite vannbelegg, kondens, på utsiden av glasset. Ett minutt: 24 grader. Kondensen er borte, det meldes videre at bitte små bobler har begynt å danne seg på bunnen. To minutter: 30 grader. Tre minutter: 36 grader. Grafisk fremstilt ser vi at de fire punktene ligger på samme linje. Det betyr at temperaturøkningen er jevn. Dette opplever de fleste

som ganske logisk, ettersom varmetilførselen fra flammen er jevn. Fire minutter: 42 grader, fem minutter: 48 grader, seks minutter, 54 grader....

De mest oppvakte har alt begynt å regne ut når forsøket er ferdig. Noen kjeder seg, som regel de som har hodet fullt av ferdige svar, men de våkner når nye rapporter ropes ut. For eksempel: *Boblene i bunnen begynner å bli større. Jeg spør: Hva er det for noe i disse boblene?* Noen svarer: *Luft*. Andre igjen: *Vet ikke, hvor skulle all denne luften komme fra?*

Gåten blir stående i rommet.

10 minutter: 78 grader. I begeret har det oppstått en larm vi ikke finner ut av. Boblene som nå også har kommet på sidene, har blitt mye større, og de beveger seg på en merkverdig måte, de liksom skjelver og det ser ut som om det kommer stadig nye som straks blir borte igjen. Høyere oppe i vannet er det mikroskopiske små perler. Flere gåter vi foreløpig ikke kan svare på. Overflaten er fremdeles like rolig.

11 minutter: 84 grader. Bevegelse i overflaten. 12 minutter: 90 grader. Nå sitter de fleste lent fremover, snart er vi oppe i hundre.

Det er pussig: alle vet at vann koker ved hundre grader. Men nå skal vi altså se det med egne øyne. Ingen kan fornekte i hvert fall et snev av nysgjerrighet: Stemmer det? Læreren ser dette og minnes seg selv som nittenåring. Han foretok sin første reise i Skandinavia, og i København kunne han ikke dy seg. Han gikk langs Kattegat og bare måtte smake på vannet. Var det virkelig sant? Var havvann salt? En ting er å vite, en annen ting er å leve.

Sviktende termometer?

Så skjer det som de fleste, all teori til tross, ikke vil fatte. Termometeret synes å svikte. For i det vi nærmer oss kokepunktet (er det nå egentlig et punkt?) vil ikke temperaturen stige noe særlig. Det ropes: *14 minutter: 97 grader. "Nei, ikke nå igjen!" – Jo det står 97 grader..." 15 minutter: 98 grader. – Herregud!* Per går frem for å sjekke, tre til følger ham. Men det stemmer.

Så kommer kravet, det har ligget uttalt i rommet, men nå kommer noen med det som et kamprop:

MER ILD!

Læreren har forutsett dette. Han er straks tilbake med fire supplerende brennere. Og nå står de rundt pulten, en gjeng med flammekastere som i et desperat forsøk på i det minste å redde teorien. Men: Termometeret vil ikke stige mer. 98 grader, 100 grader, nå spiller det ingen rolle. For spørsmålet er et annet når man arbeider helt praktisk med fenomenet. Det lyder: *Hvordan er det mulig å fortsette den jevne varmetilførselen uten at det automatisk fører til en temperaturøkning? Eller: Hvor blir det av varmen?*

Sannelig, livet er noe annet enn den tørre teorien. Men med spørsmål som kommer fra elevene selv, ikke de retoriske som læreren stiller, har det kommet en ny dynamikk inn i arbeidet. Nå er det om å gjøre å finne ut mer.

Den latente varme

Jeg introduserer noen eksperimenter i andre enden av Celsiusskalaen, ved frysepunktet. Vi tar noe is inn i klasserommet og måler smeltevannets temperatur. Den holder seg rundt null grader så lenge isen smelter, først da stiger den. Vi ser parallelliteten til kokeforsøket. Det finnes altså situasjoner der varmetilførselen ikke fører til temperaturøkning. Det skjer alltid i overgangene, enten fra flytende til gass eller fra fast til flytende. Det er som om varmen forsvinner inn i det vi varmer opp. Ingen dun tanke, dette. Men hvordan kan vi finne ut mer om det? Jeg foreslår flere eksperimenter (du finner disse beskrevet i egne emnehefter jeg har skrevet), og endelig står vi foran en underlig erkjennelse, nemlig at en løsere tilstand, altså flytende vann i forhold til is eller vanddamp i forhold til flytende vann, alltid kjennetegnes av at den så å si inneholder varme i en skjult form. Fysikerne kaller det *latent varme*. Ser vi på overgangene den motsatte veien, fra gass til flytende og fra flytende til fast, da frigjøres denne latente varmen igjen. Du har kanskje erfart dette når det en kald vinterdag plutselig begynner å snø. Krystalliseringen frigjør varme og luften kjennes merkbart mildere.

Varme er altså forbundet med tilstanden noe befinner seg i. Det har ungdommene nå opparbeidet som en erkjennelse som langt på vei bygger på egne erfaringer, ikke på tekster hentet ut av en bok.

Polariteter

Så retter jeg oppmerksomheten mot polaritetene fast og gassformet. Hva slags kvaliteter har det faste fremfor det gassformede og omvendt? Samtalen går. Elevene sier at gassen er fri og ubundet, den kan bevege seg i alle treninger, mens det faste ikke kan bevege seg i det hele tatt, og virker livløst. Det er det gassformede som appellerer mest til unge mennesker i denne alderen. Det er ikke like lett for dem å si noe positivt om det faste. Men det kommer når jeg spør. Det faste har struktur og en skikkelig form. Det er pålitelig og solid. Og det er åpenbart mennesker med større sympati for det faste som i sin tid ga det motsatte navnet gass; det kommer nemlig fra ordet kaos (Van Helmont).

Vi setter opp en polaritet. Øverst på tavla tegner jeg noe som ligner på en sky, uten faste konturer og svakt lyseblått. (Det er ikke lett å tegne gass!) Nederst: en bergkrystall og en snøkrystall. I midten en skål med vann. To piler antyder på hver side bevegelsen fra fast til gass og omvendt. Ut fra en samtale kommenterer hver elev selv hva som skjer den ene veien og den andre.

På vei opp: Økt bevegelse, større frihet, mindre stabilitet osv.

På vei ned: Økt stabilitet, større stabilitet, mindre frihet osv.

Så tar vi med det vi åpnet rekken av forsøk med:

På vei opp: Varme går inn i tilstanden,

På vei ned: Varme går ut av tilstanden.

I midten: Både og, muligheten til å kunne utvikle seg i begge retninger, og – plutselig kunne jeg lese i et elevhefte: livets vann. For det er et livsbilde vi ser. Jeg behøver ikke skjære det ut i papp for elevene. Her gjør jeg det for de voksne:

Varme – Et bilde

Tenk deg at du reiser med en noe ustyrlig ungeflokk på besøk til en bestemor som lever i et meget borgerlig miljø. Ungene kommer brasende inn i hennes velstelte hjem, sparker av seg skoene og løper som elefanter videre inn i porselensbutikken. Du som er voksen og som kjenner både bestemor og barna pinlig godt, aner straks uråd, plukker opp skoene og legger dem der bestemor har bestemt at de skal stå. For du vet hvor krystallin din gamle mor har blitt med årene og hvor dårlig det går sammen med barnas kaotiske og gasslignende oppførsel. Men du klarer ikke å forhindre det som skjer. Bestemor ser selvfølgelig med stor misnøye hva som foregår. For å synliggjøre sin forargelse kommer hun etter deg og viser deg det du allerede visste, nemlig at skoene skal stå ordnet etter størrelse, de minste til venstre, de største til høyre. Og mens hun foretar de nødvendige rettelser i skorekken, mumler hun ett eller annet forbitret om tidens forfall.

Ja, så står du der da, du som vet at dere skal være i samme hus i hvert fall noen dager til. Du som så inderlig ønsker fred på jorden og litt ferie i hjertet.

Men du vet råd. Ennå har du litt sjarme som ikke er uten virkning på gamlemor. Du legger armen rundt henne og spørker litt om hvor meget bedre alt var før i tiden, om en eller annen av hennes ungdomssynder som hun i lettere tider var uforsiktig å fortelle om, eller om kolonner av skosoldater som skal stå marsjklare ved utbrudd av neste verdenskrig. Og langsomt klarer du å lokke frem smilet om ikke latteren.

Det kommer bevegelse inn i noe tilstivnet, bare du tilfører nok varme.

Deretter er det barnas tur. Her blir tonen en annen. Du tar dem til siden i en ubevoktet krok. Bare synet av din stramme maske får dem til å fryse litt. Så sier du en rekke med uskjønne ord, alt etter temperament i et forandret toneleie. Ungene krymper litt under din skjennepreken. Det er langt fra sikkert at de har forstått betydningen av sin forbrytelse, men du er heller ikke ute etter forståelse. Du er ute etter struktur så lenge man befinner seg i et rike der strukturen er det herskende prinsipp. Og det skjønner de. De opplever at noe av den lyse ferievarmen har forsvunnet. Det har blitt litt kjøligere. *Men varmen er nå erstattet av en smule mer form.* Den agerende parten i dette spillet mellom varme og form er du. Det er din personlighet, det vi kaller Jeget, som har den formidlene, styrende og regulerende muligheten.

Det indre potensialet i dette bildet er hentet fra fysikken. 10. klassingen er på vei ut av puberteten. Det betyr at det svart-hvite og enten-eller, begynner å erstattes av en voksende mulighet til å kunne se nyanser, til å kunne gjøre vurderinger på selvstendig grunnlag. Vi ser konturene av et gryende Jeg, hvis frigjøring er et hovedmål med hele pubertetskrisen.