

Frá uppgötvunarnámi til félagslegrar hugsmíðahyggju

Í minningu Rosalind Driver og Phil Scott

Árið 1983 kom út bók sem líklega hefur haft meiri áhrif á hugmyndir manna um náttúrufræðimenntun á seinni hluta 20. aldar en nokkur önnur bók og er þá bók Bruners, *The Process of Education*, sem kom út árið 1963 í kjölfar Woods Hole ráðstefnunnar, ekki undanskilin. Þetta var bókin *The Pupil as Scientist?* Höfundurinn, Rosalind Driver, varð fljótlega einn virtasti fræðimaður á þessu sviði.

Bókin er uppgjör við fortíðina en setur um leið línur fyrir framtíðina. Segja má að Driver skjóti föstum skotum í ýmsar áttir og þetta kemur skýrt fram í fyrsta kafla bókarinnar sem ber yfirskriftina “The Fallacy of Induction¹ in Science Teaching” eða “Aðleiðsluvillan í náttúrufræðikennslu”. Með þessari yfirskrift er Driver að gagnrýna hve sterkan sess aðleiðsla hafði fengið í verklegum æfingum í náttúrufræðum, einkum og sér í lagi upp úr 1960. Aðleiðsla (e. induction) merkir að leiða almennar reglur eða lögmál út frá einstökum dæmum eða staðreyndum og tengist (rang?) hugmyndinni um “hina vísindalegu aðferð” sem felur í sér að vísindamaður gerir athuganir og tilraunir, safnar niðurstöðum með skipulegum hætti og setur síðan fram almenna reglu eða kenningu. Fullyrða má að þessi sýn á vísindin, sem Francis Bacon setti fram fyrir 400 árum, hafi orðið ríkjandi sýn á náttúruvísindi (XXXX) Samkvæmt henni eru náttúruvísindin reynsluvísindi (e. empirical science) og aðeins sú þekking sönn og áreiðanleg sem byggir á reynslu og skipulegum tilraunum. Gegn þessari útbreiddu sýn ræðst Driver. Hún bendir á (og styðst m.a. við heimspekingana Karl Popper og Thomas Kuhn) að athugun sé aldrei hlutlaus. Vísindamaður sem athugar hlut eða fyrirbæri er ekki hlutlaus skoðandi. Hann sér ekki hlutinn eða fyrirbærið eins og þau eru í sjálfu sér heldur eins og hann (vísindamaðurinn) er innréttaður, þ.e. í ljósi þeirra kenninga sem hann trúir á og þeirra hugtaka sem hann hefur tileinkað sér. Með öðrum orðum, athugun hans er alltaf “kenninga-hlaðin” (e. theory laden). Driver vitnar hér (bls. 5) í Karl Popper sem lét þau orð falla við værum “fangar okkur eigin kenninga og fræða”². Og þetta á auðvitað líka við um skólavísindi og skólabörn:

This, too, has implications for school science, for children, too, can be imprisoned in this way by their preconceptions, observing the world through their own particular “conceptual spectacles”. (Bls. 5)

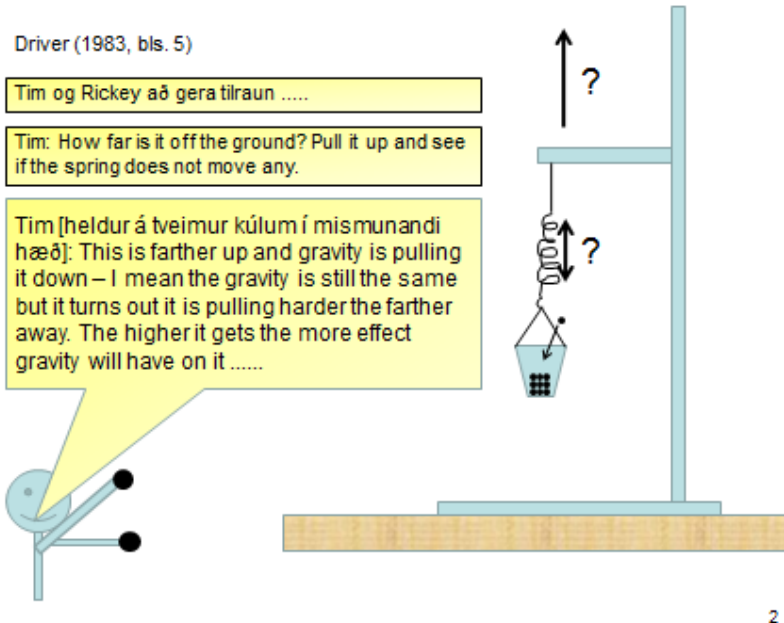
Segja má að þessi setning sýni í hnotskurn hvað felst í hugsmíðahyggju: Barnið er fangi sinna forhugmynda, sér heiminn og túlkar hann gegnum sín eigin sérstöku hugtakagleraugu. Getur ekki annað. Þetta felur í sér að þegar barnið skoðar hlut eða fyrirbæri í verklegri æfingu í skólanum þá sér það ekki endilega það sama og kennarinn. Börn eru ekki upptökutæki. Þau eru mannverur og mannverur mótafst af umhverfi sínu, af reynslu sinni og samskiptum við annað fólk. Að sjá eitthvað felur ekki bara í sér að taka við boðum “að utan” heldur líka boðum “að innan” og þessi boð að innan eiga sér rætur í reynslu og mótafst af þeim hversdagslegu hugtökum sem barnið hefur þróað með sér í samvinnu við pabba og mömmu og marga aðra. “Sínum augum lítur hver á silfrið”, segir máltækið og má til sanns vegar færa.

Fallist maður á það sem hér er sagt hlýtur maður að verða tortrygginn á uppgötvunarnám af því tagi sem varð svo vinsælt upp úr 1960 og þá sérstaklega í náttúrufræðikennslu. Því uppgötvunarnám byggir á aðleiðslu-hugmyndinni og þá um leið á þeirri hugmynd að athugun sé eða geti verið hlutlaus (e.

1 Induction = aðleiðsla; sú aðferð að leiða almennar reglur af einstökum dæmum eða staðreyndum (Ensk-ísl. orðabók)

2 K. Popper, Normal science and its dangers, I. Lakatos and A. Musgrave (ritstj.), í *Criticism and the Growth of Knowledge*.

objective). Driver ræðst gegn þeirri hugmynd. Segir frá því í 1. kafla bókarinnar þegar hún fylgdist tveimur 11 ára strákum, Tim og Rickey, að gera tilraun með gorm sem festur er í statíf en heldur sjálfur uppi plastfötu sem strákarnir bæta í stálkúlum og mæla svo hve mikið gormurinn lengist við hverja nýja stálkúlu sem sett er í fötuna (mynd 1).



Mynd 1

Fyrir mig sem kennara er málið einfalt: Gormurinn hlýtur að lengjast í réttu hlutfalli við massaaukninguna. “Hooks lögmál!” segi ég og læt í veðri vaka að ég viti mínu viti. En strákarnir eru miklir þælarar og allt í einu fær Tim hugmynd:

Hve langt er hún [sláin] frá gólfinu? Færðu hana [slána] ofar og sjáðu hvort gorminn hreyfist.

Eftir á, þegar Driver spyr Tim hvers vegna hann hafi gert þetta, útskýrir hann athæfi sitt á ítarlegan og skynsamlegan hátt svo unun er að lesa (sjá bls. 6). Í stuttu máli datt Tim í hug að ef hann færði slána sem hélt uppi fötunni með stálkúlunum *lengra upp á statífinu* myndi fatan með kúlunum þyngjast. Rök Tim eru á þá leið að hlutir sem falla úr mikilli hæð hafi meiri áhrif en hlutir sem falla úr lítilli hæð. Þetta veit Tim og skyndilega verður þessi vitneskja hans honum að leiðarljósi í athugun sinni. Hann fer að horfa sínum augum á fyrirbærið (gorminn með körfunni) og þessi augu er lituð af hans eigin reynslu. Hvað gerðist svo með Tim vitum við ekki. Augljóslega (frá okkar bæjardyrum séð!) lengdist gormurinn ekki þegar sláin var færð ofar (samkvæmt lögmáli Hooks er lengd (l) gormsins aðeins háð massanum (m) sem hangir í honum: $l \sim m$). Því má ætla að Tim (og Ricky) hafi orðið fyrir nokkrum vonbrigðum. Hugmyndin var svo flott! Hugsanlegt er að það hafi greiðst úr málunum og strákarnir áttað á sig á því að stöðuorka hefur ekki áhrif á lengd gorms sem heldur uppi massa. Líklegra finnst mér þó að strákarnir hafi farið heim þennan dag og verið litlu nær. Heimur eðlisfræðinnar er nefnilega mjög sérstakur og allt öðruvísi innréttadur en sá daglegi veruleiki sem Tim og Ricky lifa í flestum stundum. Driver er meðvituð um þetta. Undir lok kaflans sem hér er til umfjöllunar segir hún:

Through the eyes of those initiated in the currently accepted theories of science, common school

demonstrations, such as trolleys and ticker tapes, experiments with batteries and bulbs, or work with ray boxes, mirrors and prisms, appear to offer **self-sufficient** support for the underlying principles they are designed to demonstrate, whether it is Newton's Laws of Motion or the Laws of Reflection of Light. If children fail to abstract and understand these principles from their experiments, it may be seen as the children's error either for not observing accurately or not thinking logically about the pattern in the results. (Bls. 9; mínar áherslur)

Bætir svo við:

The **constructivist view of science**, on the other hand, indicates a fallacy here. If we wish children to develop an understanding of the conventional concepts of science and principles of science, more is required than simply providing practical experiences. The theoretical models and scientific conventions will not be “discovered” by children through their practical work. They need to be presented. Guidance is then needed to help children assimilate their practical experiences into what is possibly a new way of thinking about them. (Bls. 9; mínar áherslur)

Í framhaldinu gagnrýnir Driver slagorðið “Í geri og ég skil”. Þetta slagorð er, útskýrir hún, oft notað til að réttlæta verklega þáttinn í náttúrufræðikennslu. Hennar eigin rannsóknir renna stoðum undir þá skoðun að slagorðið sé bábilja. Oftar en ekki er það svo að skólabörn gera athuganir og tilraunir í belg og biðu en skilja lítið sem ekkert hvað þau eru að gera eða hver tilgangurinn sé með slíkum athöfunum. “In many classrooms, I suspect, “I do and I am even more confused” (bls. 9).

Og:

This process of “making sense” takes on even greater significance when considering children's alternative frameworks. Not only do children have to comprehend the new model or principle being presented to them, but they **have to make the intellectual leap of possibly abandoning an alternative framework which until that time had worked well for them**. (Bls. 9; mínar áherslur)

Ég feitletra nokkur orð þarna vegna þess að þau endurspegla vel nýja sýn á nám í náttúrufræðum sem þarna í mótun í fræðasamfélaginu á þessum tíma (í 9. áratugnum). Driver bendir á að ekki einasta sé verið að krefjast þess af nemendum að þeir uppgötvi reglur og lögmál náttúruvísindanna gegnum tilraunir heldur líka að þau *hverfi frá* forhugmyndum (alternative framework) sem þeir hafa gert sér krafti eigin reynslu og sem hafa nýst þeim ágætlega í daglegu lífi. Með þessu dregur hún fram hugmyndina um “conceptual change” sem varð mikið til umræðu meðal fræðimanna á sviði náttúrufræðimenntunar næstu árin, þá hugmynd að það það að læra náttúrufræði feli í sér *hafa skipti á hversdaglegum hugtökum og vísindalegum hugmyndum*. Hlutverk náttúrufræðikennara sem aðhylltist þessa sýn væri þá fyrst og fremst í því fólgið að hjálpa nemendum að skipta út hversdagslegum hugtökum (forhugmyndum eða ranghugmyndum) fyrir vísindalegar hugmyndir, þ.e. ef þær fyrirnefndu gengju í berhögg við þær síðarnefndu – sem oft er tilfellið. Raunhæft? Æskilegt? Skoðum málið aðeins nánar.

Forhugmyndir og hugtakaskipti

Sú hugmynd að barnið mæti til leiks í skóla með fullt af hugmyndum sem það hefur mótað sér út frá eigin reynslu greip rannsakendur á þessu sviði nánast heljartökum á níunda áratugnum. Út um allar trissur spretta upp rannsakendur sem snúa sér að börnum í návígi við hluti og fyrirbæri og fara nú að rannsaka hvernig börn skynja þessa hluti og fyrirbæri. Og þeir uppgötva hver á fætur öðrum að börn gera sér iðulega öðruvísi hugmyndir (forhugmyndir, e. preconceptions; alternative ideas) um hluti og fyrirbæri en náttúruvísindin kenna, til dæmis um lífverur (hvað merki að vera “lífandi”), næringu, erfðir, þróun, hreyfingar hluta, massa, þyngd, kertaloga og svo mætti lengi telja. Eðlilega spyrja nú fræðimenn: Hvernig tökum við á þessu? Ekki getum við látið þessar forhugmyndir nemenda

afskiptalausar? Er ekki “góð” náttúrufræðikennsla einmitt fólgin í því að *leiðrétta* svona hugmyndir? Náttúrufræðikennarar hafa það hlutverk að kenna náttúrufræði. Þýðir það ekki að koma hinum vísindalega skilningi inn í kollinn á börnunum? Sé það nú rétt sem rannsóknir segja okkur að börn sé uppfull af alls kyns heimagerðum hugmyndum um hluti og fyrirbæri náttúrunnar sem *ekki stemma* við viðteknar hugmyndir náttúruvísindanna er þá ekki hið eina rétta að “uppræta” slíkar hugmyndir og leiða börnin inn á veg sannleikans?

Þegar við horfum nú tilbaka mörgum árum seinna sjáum við að margir fræðimenn svörðu þessum spurningum játandi og sumir sneru sér jafnvel að því að finna út aðferðir til að leiða börn af villu síns vegar. “Hugtakaskipti” (e. conceptual change) varð lykilorð í framrás hugsmíðasinna. Það að læra náttúrufræði, sögðu þeir, felur í sér hugtakaskipti. Driver sjálf kemst svo að orði í lokakafla bókarinnar *The Pupil as Scientist?* :

Underlying this recognition that children's ideas as well as their experiences need to be taken into account in planning courses is **a view of the learning process as taking place by conceptual change**. The task for educators is to **give pupils the experiences which encourage such change to take place**. (Bls. 77; mínar áherslur)

Efasemdir um hugtakaskipti

Óhætt er að fullyrða að rannsóknir á náttúrufræðimenntun á níunda og jafnvel tíunda áratug síðustu aldar hafi markast af athugunum á forhugmyndum barna og tilraunum til finna leiðir (kennsluadferðir) til að breyta þeim eða hreyfa við þeim. En þessar tilraunir reyndust þrautinni þyngri. Börn hneigjast nefnilega til að halda í forhugmyndir sínar, jafnvel ríghalda í þær. Kannski ekki nema von því þessar hugmyndir eru sprotnar úr þeirra eigin ranni og eru oft skynsamlegar í *þeirra augum* og virðast duga þeim prýðilega í daglegu lífi. Eins og William Cobern³ hefur bent á er ólíklegt að nemendur hafni hugmyndum sem þeir hafa sjálfir gert sér og sem hafa einhverja *merkingu fyrir þeim* og tileinki sér í staðinn hugmyndir sem hafa ekki eða síður merkingu fyrir þeim.

Undir lok níunda áratugsins voru margir farnir að efast um að “conceptual change” væri góð hugmynd, meðal þeirra Joan Solomon⁴. Árið 1994 birtist grein eftir hana í *Studies in Science Education*⁵ sem ber yfyrskriftina “The Rise and Fall of Constructivism”. Í greininni bendir hún á að náttúrufræðinám þurfi ekki að beinast að því að breyta hugmyndum sem börn hafa þróað með sér og duga þeim í daglegu lífi. Vísindalegar og hversdagslegar hugmyndir geti vel lifað *hlið við hlið*. Svo virðist sem þessi hugmynd hafi gripið fleiri, m.a. Driver og hennar samstarfsfólk. Sama ár (1994) birtist grein eftir þau í hinu virta fræðiriti *Educational Researcher*⁶ þar tekið er í svipaðan streng; þau gagnrýna nú hugmyndina um náttúrufræðinám sem hugtakaskipti en setja fram í staðinn þá hugmynd að einstaklingar geti þróað með sér mismunandi *hugsanahætti* (ways of thinking) sem koma að notum við mismunandi aðstæður:

Furthermore, in viewing learning as involving the replacement of old knowledge schemes with new, the perspective **ignores the possibility of individuals having plural conceptual schemes, each appropriate to specific contexts** (Solomon, 1983). Bachelard's (1940/1968) notion of “conceptual profile” can be drawn on usefully here. Instead of constructing a unique and powerful idea, **individuals are portrayed as having different ways of thinking, that is a conceptual profile, within specific**

3 Cobern, W.A. (1996). Worldview theory and conceptual change in education. *Science Education*, 80(5), 579 - 610.

4 Joan Solomon kom hingað til lands á tíunda áratug síðustu aldar og hjálpaði m.a. til við gerð aðalnámskrár.

5 Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.

6 Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5 - 12.

domains. (Bls. 7; áherslur mínar)

Sú áhersla sem þarna kemur fram er í takti við aðra breytingu sem hjá Driver. Hún er nú farin að leggja áherslu á að náttúrufræðinám beri ekki að skoða sem einbera einstaklingsiðju helfur líka sem *félagslega* (e. social) og *menningarlega* (e. cultural) iðju. *Félagsleg hugsmíðahyggja* (e. social constructivism) er komin á dagskrá hjá Driver og hennar fólki:

Whereas the individual construction of knowledge perspective places primacy on **physical experiences** and their role in learning science, a social constructivist perspective recognizes that learning involves being introduced to a **symbolic world**. (Bls. 7; áherslur mínar)

Að læra náttúrufræði felur þá í sér (samkvæmt þessari nýju sýn; félagslegri hugsmíðahyggju) að *eignast aðild að táknum og talsháttum fræðanna*. Eigi þetta að nást verða börn að fá tækifæri til að *ræða* um upplifanir sínar, bæði sín á milli og við kennarann. Samræðan verður lykilatriði. Í góðri samræðu verða nemendur meðvitaðir um eigin hugmyndir en líka hugmyndir vísindanna. Með öðrum orðum, þeir fara að átta sig á því að náttúruvísindin eru sérstakir heimar þar sem fólk (vísindamenn) hefur lært að tala um og hugsa um efnisheiminn á annan hátt en gengur og gerist í öðrum kimum samfélagsins.

Hvert er þá hlutverk kennarans í þessari nýju mynd? - kynni nú einhver að spyrja. Þessu svara Driver og félagar í lok greinarinnar með svofelldum orðum:

The role of the authority figure has two important components. The first is to **introduce new ideas** or cultural tools where necessary and to provide the support or guidance for students to make sense of these for themselves. The other is to **listen and diagnose** the ways in which the instructional activities are being interpreted to inform further action. Teaching from this perspective is thus also **a learning process for the teacher**. Learning science in the classroom involves children entering a new community of discourse, a new culture; the teacher is the often hard-pressed tour guide mediating between children's everyday world and the world of science. (Bls. 11)

Megininntakið er þetta: Hlutverk náttúrufræðikennarans er tvíþætt. Annars vegar þarf hann að kynna nemendum hugmyndir vísindanna og hjálpa þeim til skilnings á þeim. Hins vegar þarf hann að fylgjast grannt með því hvernig nemendur túlka það er kennt og það sem þeir upplifa í kennslustundum. Kennsla frá þessum sjónarhóli er ekki bara "kennsla" í hefðbundnum skilningi heldur líka *nám*. Kennarinn gerir sér far um að læra af nemendum sínum, kynnast hugmyndum þeirra, taka þær til skoðunar og bera þær saman við hugmyndir vísindanna. Þannig hjálpar hann nemendum sínum að átta sig á því að það eru til mismunandi orðræður (e. discourses) um efnisheiminn og náttúruna.

Driver dó 30. nóvember 1997, aðeins 56 ára gömul. En samstarfsmenn hennar héldu áfram að spinna þráðinn, þróa hlutina; meðal þeirra var Phil Scott sem kom til Íslands í júní 2008, í boði okkar sem skipulögðum 9. norrænu ráðstefnuna um náttúrufræðimenntun. Var þá með upphafserindi ráðstefnunnar: *Inquiry good...traditional bad?: Approaches to teaching scientific conceptual knowledge*. Í kynningartexta sem Scott birti fyrir erindi sitt kemst hann svo að orði:

In this presentation I will explore what is involved in teaching and learning scientific conceptual knowledge, by drawing on a sociocultural perspective on learning and presenting an analysis of the practice of an expert science teacher. This analysis will focus upon the ways in which the teacher develops the scientific content over a short sequence of lessons, through different teaching activities and related communicative approaches, thereby engaging the students both intellectually and affectively.

I shall argue that the current 'dash to inquiry approaches' needs to be tempered with careful thinking about the teaching and learning purposes of such a pedagogy. My view is that the teaching of scientific conceptual knowledge, through 'traditional approaches' is too often viewed as being

necessarily transmissive in nature and therefore de-motivating for students. This certainly need not be the case, as will be demonstrated by the analysis of the expert teacher lessons. Furthermore there is a current tendency for the position of scientific conceptual knowledge to be down- played in contemporary curricula with heavy emphasis being placed on issues such as ‘inquiry’, ‘argumentation’ and ‘how science works’. My view is that these are legitimate areas for science education to focus upon but that they are being addressed whilst the challenges of teaching and learning scientific conceptual knowledge remain largely unsolved.

Eins og sjá má af þessu skrifi (sjá líka Scott, 2005) varar Phil við þeirri áherslu sem ýmsir fræðimenn leggja á sjálfstæðar rannsóknir nemenda (“inquiry methods”) sem og við þeirri tilhneigingu margra fræðimanna að finna svokölluðum “hefðbundnum aðferðum” allt til foráttu. Í fyrirlestrinum sem hann flutti sýndi hann myndbandsupptöku af eðlisfræðikennara sem kenndi, að því virtist, á frekar hefðbundinn hátt (upp við töflu að útskýra ef ég man rétt). En maður sá líka hvað hann var *í nánun sambandi* við nemendur, hvað hann lagði mikið upp úr því að ræða við nemendur og hlusta á það sem þeir höfðu fram að færa. Gæti þetta verið lykillinn að góðri náttúrufræðikennslu, góðar útskýringar í bland við góðar umræður og athuganir?

Lokaorð

Phil Scott lést 15. júlí síðast liðinn. Í mínum huga var Phil frábær fræðimaður og einlægur áhugamaður um skólastarf og náttúrufræðimenntun. Hans er sárt saknað. Fyrir þá sem vilja kynna sér störf hans og framlag vísa ég á heimasíðu hans við Háskólann í Leeds, <http://www.education.leeds.ac.uk/people/staff.php?staff=6>

Heimildir

- Driver, R. (1983). The Pupil as Scientist? Open University Press.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5 - 12.
- Cobern, W. (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. *Science Education*, 80(5), 579 - 610.
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- Scott, P. (2005). Planning science instruction: from insights to pedagogical practices. Paper presented at the VII Congreso Internacional de Investigación en la Enseñanza de las Ciencias (International Science Education Research Congress), Granada, Spain, September 2005.