

Haþpór Guðjónsson (1993):

Hugtakanám og hugtakakennsla í efnafræði

Þegar bók mín Almenn efnafræði - efnin og umhverfið - urðu sumir dulítið hissa: Hvar eru mólreikningarnir?

Ég hef yfirleitt svarað þessu í þá veru að við verðum að byrja á grunninum. Nemendur sem til okkar koma úr grunnskóla vantar efnafræðilegan grunn. Þess vegna verður við að hjálpa þeim að byggja hann áður en lengra er haldið.

Grunnurinn sem ég er að tala um eru hugtök efnafræðinnar, einkum lykilhugtök á borð við atóm, sameind, frumefni, efnasamband og efnablanda.

Almenn efnafræði - efnin og umhverfið snýst fyrst og fremst um lykilhugtök efnafræðinnar. Þess vegna er eðlilegt að kennari sem notar bókina leggi áherslu á að nemendur tileinki sér hugtökin.

Hvernig? Hvernig kennir maður hugtök? Eru hugtök virkilega svona nauðsynleg? Hvað er hugtak? Hvað er hugtakanám?

Eftirfarandi pistill tekur á þessum spurningum. Auk þess velti ég því fyrir mér hvað efnafræði sé og til hvers við kennum hana. Líta má á þælingar mínar sem viðleitni til að átta mig betur á þessum hlutum, tilraun til að þokast eilítið áfram í skilningi mínum á efnafræðikennslu. Ég býð þér, lesandi góður, að taka þátt í þessum vangaveltum með mér og legg áherslu á að ég er ekki að bjóða þér neinn sannleik eða patentlausnir á kennslufræðilegum málum.

Hugtök eru verkfæri hugsunarinnar

Þegar við hugsum um eitthvað þá hugsum við um það með þeim hugtökum sem við höfum tiltæk hverju sinni. Þegar við skoðum hlut skynjum við hann í ljósi þeirra hugtaka sem við búum yfir. Þegar ég horfi á málum leysast í sýru túlka ég eða skynja fyrirbærið í ljósi þeirra efnafræðihugtaka sem ég hef tiltæk: málmur, sýra, róteindaflutningur, efnahvarf, gas o.s.frv.

Hugtök verða til af reynslu okkar og samskiptum við annað fólk. Leikir barnsins og samtöl þess við fullorðna eru í eðli sínu hugtakanám. Af reynslu sinni af skrítnum hlutum sem rúlla, skoppa, koma til baka býr barnið til hugtakið „bolti“, jafnvel áður en það lærir að segja orðið sjálft. Þetta hugtak tengist svo öðrum hugtökum: sparka, henda, grípa, sleppa.... Hið sama gerist með aðra hluti, fyrirbæri og athafnir. Smám sama verður til í hugarheimi barnsins heillegt hugtakakerfi sem það notar til að túlka hin ólíku áreiti sem berast því gegnum skynfærin.

Raunvísindi eru afsprengi mannlegrar hugsunar, viðammikill hugmyndabanki lögmála til að lýsa efnisheiminum, kenninga til að skýra hann og aðferða til að safna upplýsingum um hann. Bæði lögmálin og kenningarnar eru afmörkuð hugtakakerfi. Lögmálið um varðveislu massans byggir á massahugtakinu. Atómkenningin byggir á hugtökunum atóm, sameind og efnahvarf. Aðferðinar mótast líka af vísindalegum hugtökum: Sýru-basa títrun byggir á hugtökum eins sýra, basi, efnahvarf og litvísir.

Að kenna efnafræði felur m.a. í sér að fá nemendur til að skoða hlutina og fyrirbærin með „gleraugum“ efnafræðinnar, hinum sérstöku hugtökum hennar. Von okkar er þá væntanlega sú að þetta gefi fólki eitthvað, að það eigi auðveldara með að átta sig á umheiminum og sjálfu sér, skilja það sem fyrir augun ber í blöðum, tímaritum, bókum og á sjónvarpsskermnum, taka ábyrga afstöðu til umhverfismála, rökstyðja skoðanir sínar o.s.frv.

Atómkenningin

Líkt og aðrar raungreinar fæst efnafræðin við efnisheiminn, hinn ytri heim og hún spyr hvernig hann sé samsettur og hvernig megi skýra hin margvíslegustu fyrirbæri. Í þessu skyni hefur efnafræðin komið sér upp hugmyndabanka, sem hefur verið að þróast gegnum tíðina. Mikilvægasti innistæðan í þessum hugmyndabanka er atómkenningin. Með henni er unnt að útskýra flesta hluti og fyrirbæri í efnisheiminum. Nóbelsverðlaunahafinn Richard Feynman spyr í upphafi einnar bókar sinnar:

„Hugsum okkur að öll náttúruvísindi ættu að hverfa í eins konar syndaflóði og að aðeins ein hugmynd fengi að berast til næstu kynslóðar. Hvaða hugmynd gæfi henni mest?

Hans eigið svar er á þessa leið:

„Ég held að atómkenningin yrði fyrir valinu, þessi hugmynd að allt sé samsett úr atómum, örlitlum ögnum í stöðugri hreyfingu, sem dragast hver að annarri í lítilli fjarlægð og hrinda hver annarri frá sér ef þeim er þrýst saman. Í þessari hugmynd felst ótrúleg gnægð upplýsinga um heiminn ef við bara gefum ímyndunaraflinu lausan tauminn.“

Ég geri þessi orð Feynmans hiklaust að mínum og segi umbúðalaust: Það er atómkenningin sem skiptir meginmáli í efnafræðikennslu á framhaldsskólastiginu.

Atómkenningin byggir hugtakinu atóm: Stöðug kúlulaga ögn sem varðveitist þó veður séu válynd og hitinn óbærilegur. Hún getur sameinast öðrum atómum, verið þeim samferða um stund en síðan skilið við þau og tengst öðrum atómum eða þotið um rýmið ein síns liðs. Hvað sem annars gerist þá er það víst að þau geta hvorki orðið til úr engu eða horfið sporlaust. Atóm halda áfram að vera til. Atóm eru nokkurs konar grunnþáttur tilverunnar, eitthvað sem varðveitist þó „allt sé í heiminum hverfult.“

Ef efnafræðin á einhvern boðskap til almennings þá er atómkenningin megininntak þess boðskaps. Sá sem skilur atómkenninguna í einhverri dýpt gerir sér grein fyrir því að sorpeyðing er ekki eyðing í eiginlegum skilningi heldur ummyndun efna. Hann áttar sig líka á því að loft og gös eru líka efni. Hann á auðveldara með að gera sér grein fyrir því hvað mengun er. Hann skilur að afgang frá bíl er safn sameinda sem orðið hafa til við víxlverkun bensíns og súrefnis. Víxlverkun er líka dæmi um lykilhugtak í efnafræðinni. Það sem við sjáum gerast er alltaf spurning um gagnkvæm áhrif efna: Þegar magníum brennur verkar magníum á súrefnið og súrefnið á magníumið. Bæði efnin taka breytingum, atómin verða rafhlaðin og renna saman í nýtt efni, magníumoxíð. Rannsóknir sýna að börn og unglingar eiga oft í erfiðleikum með að skilja efnabreytingar vegna þess að víxlverkunarhugtakið vantar. Þau eigna einum hlut allt sem gerist í stað þess að skoða fyrirbærið sem víxlverkun. Þegar járn ryðgar er það vegna innri breytinga í járninu sjálfu.

Fyrir daga Lavoasiers var sú hugmynd alls ráðandi að allt efni væri samfelld, hvergi glufur eða tómarúm. Andrúmsloft var ein órofa heild, eitt efni, frumefni. Með rannsóknum Lavoasiers á seinni hluta 17. aldar og atómkenningu Daltons í upphafi 18. aldar gerbreyttist heimsmynd efnafræðinnar. Nú var andrúmsloftið orðið að blöndu mismunandi sameinda á ferð og flugi um tómarúmið. Hluti þessara sameinda, það sem við köllum súrefnissameindir, voru virkari en aðrar, megnugar að taka þátt í hinum aðskiljanlegustu efnahvörfum, jafnt í hinni lifandi og dauðu náttúru. Það sem áður var dularfullt varð skiljanlegt og skýranlegt.

Sagan um andrúmsloft og bruna gefur örlítið sýnishorn af því hvernig efnafræðileg hugtök hafa breyst með tímanum og hve mikil áhrif slíkar breytingar hafa haft á hugsun manna. Á svipaðan hátt verður tíðum bylting í hugsun ungs fólks um efnafræðileg viðfangsefni þegar það hefur náð hugtökunum.

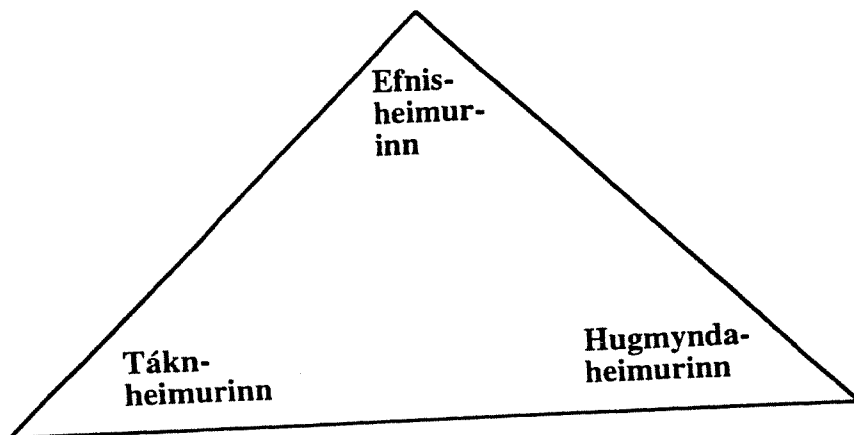
Þríhyrningurinn

Efnafræði er fyrst og fremst hugtakakerfi, safn hugtaka sem tengjast saman á ákveðinn hátt, stundum í lögmál og kenningar. Mikilvægur hluti þessa hugtakakerfis eru líkön af ýmsu tagi, sbr. atómlíkan Bohrs og sameindalíkön af ýmsu tagi.

En efnafræðin hefur augljóslega fleiri hliðar. Ein þeirra er *táknin*. Út á við eru það formúlurnar og efnajöfnurnar sem stinga í augun. Þetta er *táknheimur* efnafræðinnar, tjáningarform hennar, tækið til að tjá hugsunina og hugtökin.

Í þriðja lagi má svo ekki gleyma sjálfu viðfangsefni efnafræðinnar, sjálfum veruleikanum eða *efnisheiminum*.

Þessa þriggja-heima-sýn á efnafræðina má draga saman í einfalda mynd, þríhyrning:



Sú þrískipting sem hér er dregin fram er að mínu viti afar mikilvæg í efnafræðikennslu því nemendum hættir mjög til að villast á þessum heimum. Stundum er engu líkara en að táknheimurinn nái algerum yfirtökum. Táknin *verða* hlutirnir eða efnin, t.d. „vatn er H_2O “, í stað þess að vera tákn fyrir þá. Hugmyndir um hluti og fyrirbæri fá sess heilagra sanninda eða staðreynda í stað þess að vera það sem þeim ber, hugmyndir, líkön. Þetta er hættulegt villuráf því þegar svona er komið birtist efnafræðin sem safn staðreynda, eitthvað sem er klappað og klárt og ekkert að gera við nema að gleypa og muna. Öll spennan er horfin, fagið dautt. Það sem einkennir efnafræðina og gerir hana að spennandi vísindagrein eru átökin milli efnisheimsins og hugmyndaheimsins: Ég set fram tilgátu (í mínum hugmyndaheimi) og prófa hana á efnisheiminum. Efnisheimurinn er stöðugur, hann er í grundvallaratriðum sá sami í dag og hann var á dögum Demókrítosar. Hugmyndaheimurinn er óstöðugur, nýjar hugmyndir sækja fram og ryðja gömlum hugmyndum úr vegi. Einu sinni voru átömin tómar kúlur, síðar komu öreindir og hvolf, í dag höfum við skammtafræði og kvarka. Hugtökin, hugmyndirnar og líkönin verða æ fullkomnari en við erum alltaf á leiðinni. Vísindin eru ferð án enda, ævintýraferð fullt af fyrirheitum og óvæntum upþákomum.

Líkega eiga námsbækur drjúgan hluta af sökinni á því að nemendur upplifa efnafræði (og aðrar raungreinar) sem staðreyndasafn, tilbúinn rétt sem búið er laga í eitt skipti fyrir öll. Í þeim birtast vísindin sjaldan sem átök hugsunar og veruleika. „Þetta er svona“, segir námbókin og skilaboðin til lesandans: „Lærðu þetta“. Fræðin birtast sem hrein og endanleg sannindi. Nafnlaus sannindi, sögulaus sannindi, óspennandi sannindi. Hin þrotlausa glíma mannsandans við eðli tilverunnar, sagan um hugmyndirnar sem urðu til og dóu, aðferðirnar - allt hverfur í skuggann af „svona er þetta“.

Mínar bækur bera líka keim af „svona er þetta“ - viðhorfinu. Ég er sjálfur afurð skólakerfis og kennsluhátta sem setti hlutina fram á þennan hátt. Hins vegar hef ég reynt að flétta sögunni inn í textann, rétt sisona til að lagfæra myndina eilítið og gefa textanum meiri dýpt. Hvort þetta skilar árangri veit ég ekki með vissu. Hins vegar hef ég oft heyrt nemendur tala um að bækur mínar væru læsilegar. Það gefur mér von.

Ég hef í þessum kafla reynt að gefa lesandanum mynd af því hvaða augum ég lít á efnafræðina. Með þessa mynd í huga skulum við snúa okkur að næstu spurningu:

Til hvers kennum við efnafræði?

Það fyrsta sem kemur mér í hug er þetta: Efnafræðin er nauðsynleg undirstaða fyrir nám í ýmsum öðrum raungreinum, t.d. líffræði og jarðfræði. Þetta er örugglega rétt og við verðum líklega að trúa því að efnafræðinám í framhaldsskóla komi þeim að einhverjum gagni sem fara í raungreinar í háskóla.

En hvað með alla hina? Meirihluti nemenda kemur ekki nálægt efnafræði þegar framhaldsskóla lýkur. Er æskilegt að allir læri einhverja efnafræði? Hvers konar efnafræði?

Hin hefðbundna sýn á efnafræðikennslu er nátengd þeirri „svona er það“ mynd sem ég dró upp í kaflanum hér á undan: Efnafræðin er búnni af þekkingu sem nemendur innbyrða slatta af. Svo er bara að sjá hvort þeir muna eitthvað af þessu til prófs og kannski eitthvað lengur. Áherslan í kennslunni er fyrst og fremst á þekkingarmagn. Því meiri þekking, því betra. Yfirferðin skiptir öllu máli og í lok annar er oft sett í þriðja gír til að komast yfir efnið.

Ég er ósáttur við þetta. Ég vil breyta. Gera betur. Ég sætti mig ekki við þennan barning. Ég vil auka gæði námsins þannig að nemendur verði sáttari við efnafræðina og finnist hún gefandi, að þeir geti sagt í lokin: „Þetta var þess virði.“

Efnafræði er hluti af menningararfinum, hluti af heimsmynd okkar tíma. Og það er eitt af meginhlutverkum skólans að koma þessum menningararfi árfam til uppvaxandi kynslóðar. Það út af fyrir sig gefur tilefni til að álykta að rétt sé að allir nemendur fái einhverja innsýn í efnafræði. En málið er ekki hægt að afgreiða á þennan hátt. Markmiðið hlýtur að vera að nemendur öðlist bitastæða og varanlega þekkingu sem nýtist þeim á einhvern hátt, heima, á vinnustað, í frítíma og/eða í hugleiðingum þeirra um tilveruna. Því miður lítur helst út fyrir að efnafræðikennsla skili litlu til alls þorra fólks. Þegar prófinu sleppir hættir fólk að hugsa um efnafræði, gleymir. Og ekki talar fólk um efnafræðileg málefni. Það gerði borgarastéttin á endurreisnartímabilinu. Þá sótti fólk samkomur þar sem boðið var upp á sýnitilraunir og ræddi málin af áhuga. Í dag virðist fólk flest láta efnafræði lönd og leið þegar skólagöngu sleppir. Hið sama á við um aðrar raungreinar. Í bókabúðum hér á landi finnur þú varla almenningsbækur um raunvísindi. Hins vegar morar af bókum um hvers kyns gervivísindi og kukl. Þetta gerist á sama tíma og þjóðfélagið einkennist af æ meir af tækni og vísindum. Ný hugtök flæða yfir okkur: tölvuvírusar, óson, þörungablómi. MS-DOS, bæti, geislun matvæla, bekverel, hvatar, lífræn ræktun, kólesteról, glasaftrýgun. Og efnamegun lands og sjávar ógnar tilveru okkar. Fiskistofnar eru í hættu. Umhverfismál verða sífellt stærri þáttur í stjórnmálum og kosningabaráttu. Á hinn bóginn verður almennt læsi og vísindalæsi sérstaklega æ meira vandamál. Raungreinakennarar verða að skynja ábyrgð sína í þessu samhengi. Raungreinakennslu verður að bæta þannig að almenningur eigi auðveldara með að rata í heimi tækni og vísinda og taka ábyrga afstöðu til málefna.

Hingað til höfum við einkum sinnt því hlutverki að búa fólk undir frekara nám á háskólastigi. Efnafræðikennslan hefur verið sniðin að þörfum þeirra sem ætla sér að nema raungreinar í háskóla. Nú er kominn tími til að huga alvarlega að þörfum allra. Við þurfum að bæta kennsluna þannig að allir fái nokkurt það vegarnesti sem gagnist þeim í framtíðinni, þekkingu sem ekki molnar niður á nokkrum vikum heldur verður snar þáttur í vitsmunalífi fólks í lífi og starfi.

Hvað á að kenna?

Mér segir svo hugur um að efnafræðikennarar hafi lítið velt þessari spurningu fyrir sér. Málið virðist svo einfalt: Fara yfir bókina, taka þetta, sleppa þessu

Í nýlegri endurskoðun á bresku námsskránni fyrir secondary schools (11 - 16 ára nemendur) er innihald raungreinamenntunar á þessu stigi skilgreint þannig:

- * staðreyndir (facts; t.d. heiti og formúlur, fastar og einingar)
- * hugtök (concepts; t.d. orka, osmósa, hvarfhraði, tími)
- * kenningar (theories; t.d. atómkenningin) og lögmál (laws; t.d. um varðveislu massa og orku)
- * færni (skills; t.d. talnameðhöndlun, lesa úr línuritum, hlusta og taka þátt í umræðum)

* ferli (processes; á tveimur stigum - annars vegar náttúrleg ferli eða umbreytingar eins og ljóstillífun og öndun, hins vegar vísindaleg vinnuferli eða aðferðir eins og athugun, framsetning tilgátna og ályktanir.

* viðhorf (attitudes; t.d. forvitni og umhyggja fyrir umhverfinu)

Bretarnir kjósa m.ö.o. að nota orðið innihald (content) þannig að það nái til allra þeirra þátta sem koma við sögu eða gætu komið við sögu í raungreinanámi. Þeir undirstrika að „school science is not science“, að það sem gerist í skóla eigi lítið sammerkt með því sem gerist á rannsóknarstofum og að „the content - what fills up the lessons - should not be simply the facts and principles of science, but needs other components as well.“

Í undirbúningsvinnu að námsskránni var fjöldi félaga og kennara spurður álits á hvað skipti mestu máli í raungreinakennslu. Í svörunum voru þrjú atriði mest áberandi:

- 1 lágmarks vísindalæsi (scientific literacy) fyrir öll börn og unglinga
- 2 undirbúningur fyrir ferkara raungreinánám
- 3 fá fleiri stúlkur í vísinda- og tækninám

Þessi áhersluatriði endurspeglast raunar í bresku námsskránni fyrir „secondary schools“ þegar kemur að meginmarkmiðum (aims) raungreinakennslu:

- 1 að læra lykilhugtök og reglur (principles) vísindanna og þá um leið hvaða augum þau líta á efnisheiminn
- 2 að læra um þá hluti sem eru nauðsynlegir til skilnings á manni sjálfum sem lífveru
- 3 að læra um þau svið vísinda og tækni sem tengjast atvinnulífi og frítíma þannig að maður verði færari um að taka þátt í lýðræðislegu samfélagi
- 4 að læra lykilhugtök sem eru nauðsynleg til að átta sig á þætti vísinda og tækni í nútíma tæknipjóðfélagi
- 5 að ræða um og meta eigin skilning á lykilhugtökum og kenningum
- 6 að kynnast viðfangsefnum sem sýna fram á að raunvísindin hafi sín takmörk og nægja ekki ein sér til að útskýra mannlífið (human condition).

Bretarnir undirstrika að leiðir að þessum markmiðum séu fjölmargar. Þeir leggja líka áherslu á að ýmis lykilhugtök raunvísindanna séu mjög erfið viðureignar, rannsóknir sýni að nemendur eigi í mesta basli með hugtök eins og orku, kraft, mól og rafmagn. Við stöndum því, að mati Bretanna, frammi fyrir eftirfarandi vali:

* Sleppa erfiðustu (lykil)hugtökunum.

* Gefa lykilhugtökunum meiri tíma þannig að nemendur nái betri tökum á þeim.

* Takmarka kennsluna við þau svið raungreina sem flestir (allir) nemendur hafa möguleika til að grípa.

Hvað við veljum ræðst svo væntanlega af því hvaða áherslu við leggjum á lykilhugtökin, segja skýrsluhöfundar.

Eins fram kom í upphafi þessa spjalls legg ég áherslu á hugtök. Ég er þeirrar skoðunar að það hugtakaskilningur sé lykilatriði í efnafræðinámi. Því betri skilning sem nemendur ná á hugtökum og innbyrðis tengslum þeirra, þeim mun betra og varanlegra nám. Námið gangi þá ekki út á það að læra eitthvert hrafl til prófs heldur að þróa sinn hugtakaskilning. Slík þekking getur orðið varanleg eign þess sem nemur. Af þessi grunnviðhorfi leiðir að ég hallast að þeim valkosti að gefa lykilhugtökum meiri gaum og meir tíma.

S.l. námsár gáfum við í MS út námsáætlun fyrir 1.bekk með öðru sniði en venjulega. Við skiptum námsáætluninni í fjóra hluta, A, B, C og D og tilgreindum grunnhugtök og áherslur fyrir hvern hluta eins og eftirfarandi sýnishorn gefur hugmynd um:

Hluti A	Grunnhugtök/áherslur (Skáletruð orð er að finna í Orðaskýringum bls. 221)	Verkefni
<p>* Kaflar 1 - 5 * Kastljós A,B og C * Tímabil: 5. sept. til 30. sept</p> <div>Hlutapróf A í lok tímabils.</div>	<p><i>hreint efni,efnablanda frumefni, efnasamband, heiti efna, efnatákn, ástandsbreyting, efnahvarf, efnajafna atómkenning Daltons, atóm, sameind, sameindaefni jón,jónefni stilling efnajafna andrúmsloft mengun andrúmslofts vatn leysing, leysni</i></p>	<p>Námsbók: 1.1 - 1.8 2.2 - 2.5, 2.11 - 2.21 2.27 - 2.32 3.1 - 3.4, 3.7 - 3.11 4.1 - 4.13 5.1 - 5.5, 5.7 - 5.14</p> <p>Námsvísir: Þjálfunarverkefni A (bls. 7 til 11), öll nema verkefni 11.</p>

Fullyrða má að þetta fyrirkomulag féll í góðan jarðveg. Bæði kennurum og nemendum varð betur ljóst hvaða hugtök ætti að leggja áherslu á. Listinn yfir grunnhugtök og áherslur felur í sér val: Við ákváðum að sleppa vissum hlutum (t.d. einingum, eðlismassa og kaflanum um rafmagn) en nota þann tíma sem þá sparaðist til að huga betur að vissum grunnhugtökum efnafræðinnar: hreint efni, efnablanda, frumefni,efnasamband,efnahvarf, efnajafna, atóm, sameind, jón. Jafnframt ákváðum við að gefa okkur meiri tíma í hluti sem tengdust daglegu lífi fólks, t.d. loftmengun. Loks má nefna að listinn gegndi samræmingarhlutverki með tilliti til lokaprófsins: Það skyldi þannig úr garði gert að nemandi sem næði góðum tökum á grunnhugtökunum ætti að fá góða einkunn. Þetta sögðum við nemendum.

Að mínu mati höfum við í MS tekið fyrstu sporin í áttina að skipulagðri hugtakakennslu. Við erum orðin meðvitaðri um hvaða hugtök við viljum leggja áherslu. Það á sér stað hjá okkur viss þróun í kennslunni sem einkenna mætti með hugtökunum fræðsla og menntun. Við höfum verið mjög upptekin af því að fræða nemendur, koma sem allra mestum upplýsingum til þeirra. Hin síðari ár hefur athygli okkar hins vegar í auknum mæli beinst að nemendum: Við spyrjum okkur hvað henti nemendum, hvernig þeir læri, hverju þeir hafi áhuga á og við viljum gjarnan koma þeim til nokkurs þroska. Að þroskast er að menntast.

Hugtakanám og hugtakakennsla

Fullyrða má að stór hluti af okkar kennslu gangi út á það að kenna hugtök, sbr. atóm, sameind, jón, frumefni, málmar, málmlleysingar, efnatengi, efnahvarf, lífrænt efni. Á hinn bóginn tel ég að við gerum þetta ekki mjög markvisst eða meðvitað. Orð eins og hugtakanám (concept learning) og hugtakakennsla eru lítið inni í umræðunni hjá okkur.

Hér að framan hef ég fullyrt að efnafræðin sé fyrst og fremst hugtakakerfi. Ef þessi hugmynd er rétt hlýtur það að læra efnafræði fyrst og fremst að vera fólgið í því að tileinka sér eða skilja efnafræðileg hugtök og innbyrðis tengsl þeirra. Ætla má að ef við vissum hvernig þetta gerist, þ.e. hvernig hugtakanám á sér stað, ætti það að auðvelda okkur kennsluna. Hitt blasir við að mannsheilinn er flókin og langt frá því að þekking okkar á starfsemi hans sé traust. Engu að síður hafa rannsóknir á hugsun, námi og minni fært okkur líkön sem hægt er að nota. Allir kannast t.d. við hugmyndir um skynminni, skammtímaminni og langtímaminni og hvernig þetta vinnur saman. Úr efnafræðinni þekkjum við vel hvað líkön eru hentug, jafvel þó þau séu ófullominn, sbr. atómlíkan Bohrs. Er ekki líklegt að líkön námssálarfræðinnar geti komið að gagni í kennslu þó þau séu ófullkominn? Þurfum við ekki einmitt einhver námslíkön til að vinna út frá í okkar kennslu?

Þegar fjallað er um hugtakanám er eðlilegt að byrja á því að spyrja: Hvað er hugtak?

Samkvæmt Orðabók Menningarsjóðs er hugtak „almenn hugmynd, sem vísar til helstu sameiginda einstakra (tegunda) hluta eða fyrirbæra“.

Hugtak er *almenn* hugmynd. Hugtakið bíll er ekki einhver ákveðinn bíll, heldur uppsöfnuð skynreynsla af mörgum bílum, tryggilega geymd í hugskoti (langtímaminni) okkar. Ef þú ert spurð(ur) hvað bíll er, kemur einhver skilgreining sem inniheldur hluti sem einkenna alla bíla, *sameigindirnar*: Farartæki á hjólum, með stýri, sæti,..... o.s.frv. Nákvæm skilgreining vefst fyrir okkur eins og títt er með hugtök (sbr. hugtakið stóll!).

Sérhvert hugtak hefur einhvern merkimiða eða tákn. Við höfum orðið bíll og hugtakið bíll. Orðið bíll er tákn, hugtakið bíll er innihald þessa tákns, sú *merking* sem gefin er táknuinu eða orðinu bíll.

Þegar merking orðs vefst fyrir okkur sláum við gjarnan upp í orðabók eða alfræðiriti. Orðabókarskýringin er samþjöppuð opinber skilgreining á hugtakinu, sá hluti af merkingu orðsins sem fræðimenn eru almennt sammála um að sé kjarni hennar.

Hitt er hins vegar alveg ljóst að sínum augum lítur hver á silfrið: Mitt hugtak bíll er ekki endilega eins og þitt hugtak bíll. Þó að ég skilji hvað þú átt við þegar þú segir bíll er ekki víst og raunar ósennilegt að mín merking sé eins og þín. Í daglegum samskiptum fólks um slíka hversdagslega hluti skiptir merkingarmunur af þessu tagi yfirleitt litlu máli. Þó hugtök okkar um hversdagslega hluti séu eitthvað mismunandi þó tryggir sameiginleg reynsla okkar af hlutunum og tal okkar um þá að hugtökin verða keimlík, skarast svo mjög að misskilningur verður ósennilegur.

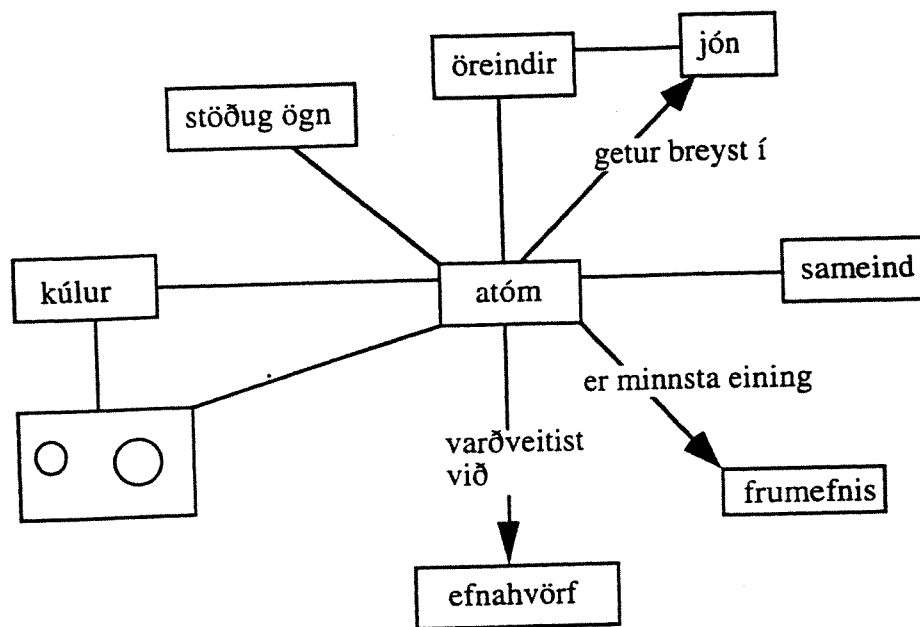
Í skólastarfi er þessu öfugt farið. Þar er verulegur merkingarmunur orða í hæsta máta eðlilegt fyrirbæri. Ef svo væri ekki þyrftum við ekki skóla. Ef nemendur mínir hefðu efnafræðihugtökin kvitt og klár í upphafi hefði ég lítið að gera. Ég veit hins vegar að þó að þeir hafi einhverjar hugmyndir um efnafræðileg hluti þá er skilningur þeirra oftast mjög takmarkaður, hugtökin óljós og ófullkomin.

Áður en lengra er haldið er vert að huga enn betur að því hvað felst í því að segja að einhver hafi hugtak um eitthvað eða skilji hugtak. Hvað meina ég þegar ég segist hafa hugtakið málme eða skilja hugtakið málme?

Þegar ég dvel stundarkorn við *orðið* atóm, koma upp í stundarminnið röð setninga eða yrðinga:

- * atóm er örlítill kúla
- * atóm er minnsta eining frumefnis
- * atóm er stöðug ögn
- * atóm er gert úr öreindum
- * atóm varðveitast við efnahvörf
- * atóm eru misstór

Ef ég yfirfæri þessar setningar í myndrænan búning kemur fram nokkurs konar hugtakanet:



Strikin milli boxanna eru yrðingarnar sem tengja hina ýmsu hugtök saman eins og örvarnar með áletrununum sýna dæmi um.

Samkvæmt mínum skilningi er þetta hluti af *mínu atómhugtaki*. Ég gef orðinu atóm merkingu með því að tengja það öðrum hugtökum (með ýmsum yrðingum). Ég smíða eða byggji upp hugtakanet. Einstök hugtök í netinu tengjast enn öðrum hugtökum: Frumefni tengist t.d. hugtökunum efnasamband og efnablanda, öreind tengist róteind, nifteind og rafeind og hugtakið efnahvarf varðveislu massans o.s.frv. Þannig greinist þetta áfram rétt eins og taugafrumurnar í heilanum. Mitt atómhugtak er því hluti af enn stærra neti, nokkrir möskvar í mínu efnafræði-neti, heildarskilningi mínum á efnafræði.

Til að byrja með, í upphafi náms, eru hugtakanetin annaðhvort ekki fyrir hendi eða ófullkominn: „atóm eru litlar kúlur“. Smám saman byggist netin út og hugtök sem áður voru óskyld tengjast saman, t.d. „atóm eru litlar kúlur sem varðveitast við efnahvörf“ eða „atóm eru litlar kúlur, sem eru gerðar úr enn minni ögnum, róteindum, nifteindum og rafeindum“.

Það er ekki bara orðið atóm sem vekur upp röð yrðinga í vitund minni. Reynsla mín kennir mér að sama gerist með önnur orð úr efnafræðisafni mínu. Ég nefni orðið, loka kannski augunum og einbeiti mér um stund. Fyrr en varir streyma inn í vitund mína orð, setningar, myndir og jafnvel atburðir.

Ástralski fræðimaðurinn *Richard T. White* sem mikið hefur unnið að rannsóknum á raungreinánámi hefur sett fram athyglisvert líkan til að skýra hvernig við geymum þekkingu okkar í langtímaminninu. Samkvæmt þessu líkani geymist þekkingin í sjö mismunandi formum sem White kallar einu nafni minniseindir:

Minniseind	Skilgreining	Dæmi
Runa (string)	Fastmótuð röð orða eða tákna.	„Til sérhvers krafts svarar jafn og andstæður kraftur“
Yrðing (proposition)	Lýsing á hugtaki eða tengslum hugtaka.	Gersveppur er einfrumungur
Mynd (image)	Hugræn táknmynd af skynjun.	Mynd af bikarglasi; mynd af dýri; lykt af klórgasi

Atburður (episode)	Minning um atburð sem maður tók þátt í eða varð vitni að.	Sýnitilraun: uppsetning smásjár, krufning
Sérleikni (intellectual skill)	Hæfnin til að vinna með sérstök verkefni á afmörkuðu sviði: vita hvernig; sundurgreina, flokka, fylgja reglum	Stilla efnajöfnur; reikna mól; flokka skordýr; fylgja vinnulýsingum í verklegu
Hreyfifærni (motor skill)	Hæfnin til að framkvæma verklega hluti.	Mæla rúmmál vökva með mæliglasi; útbúa smásjárýni.
Vitsmunaleg stjórnunarlist (cognitive strategy)	Almenn færni í því að vaka yfir og stýra hugsuninni og takast á við verkefni; finna tengsl milli minniseinda.	Túlka; ákvarða markmið; meta líkur á árangri.

Þessar minniseindir tengjast svo saman á ýmsa vegu, mynda net eða strúktúr sem ræður skilningi okkar á hugtökum og færni okkar við að leysa vandamál, framkvæma hluti, gera áætlanir o.s.frv.

Hugtak er, samkvæmt líkani Whites, safn minniseinda sem tengjast ákveðnu orði eða merkimiða (label) og innbyrðis tengsl minniseindanna. White tekur eðlismassa sem dæmi:

„What does it mean to say that someone has the „concept of density“? Can we say that this person has the concept and that person does not? In my model concept is the collection of memory elements that are associated with the label (density in this example) and the pattern of their links. Conceiving of concept in this way allows for two people to have any degree of similarity or difference between the meanings they have for a concept.“¹

Það að hafa eða skilja hugtakið eðlismassa felur í sér að geyma og tengja saman í langtíamaminninu minniseindir sem tengjast orðinu eðlismassi, t.d.

- * eðlismassi er massi á rúmmálseiningu efnis
- * $E = m/V$
- * blý er mjög þungt í sér
- * eðlismassi vatns er 1 g/cm³
- * ís er eðlisléttari en vatn
- * fastir hlutir fljóta á vökva ef þeir eru eðlisléttari en vökvinn
- * ís flýtur á vatni
- * gastegundir hafa lágan eðlismassa
- * vetni er gas
- * vetni hefur lægstan eðlismassa allra efna

Til viðbótar þessum yrðingum geta svo komið myndir og atburðir sem tengjast orðinu:

- * korktappi flýtur á vatni í bikarglasi
- * bensín flýtur ofan á vatni í tilraunaglassi
- * kvikasilfursflaskan var rosalega þung

¹ White, R.T. ; *Learning Science*, Basil Blackwell Ltd, 1988 (bls. 46)

Viðkomandi gæti líka hafa öðlast vissa reynslu með eðlismassadæmi og mælingar á eðlismassa. Sérleikni á þessum sviðum bætist við í minniseindasafnið:

* ef tvær af stærðunum massi, rúmmál og eðlismassa eru gefnar get ég reiknað gildi þeirrar þriðju

* maður getur reiknað eðlismassa óreglulegs hlutar með því að vega hann og finna rúmmál hans með því að sökkva honum í vatn

Mikilvægi líkana á borð við minniseindalíkan Whites felst ef til vill fyrst og fremst í því að þau gefa okkur nýtt sjónarhorn á nám og kennslu. Maður getur skoðað sína eigin kennslu í nýju ljósi og væntanlega komið auga á nýjar leiðir og bætt kennsluna.

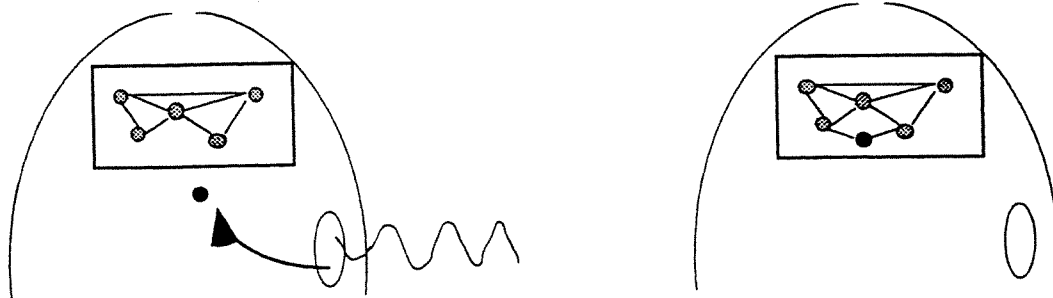
Ef ég vil að nemendur mínir nái góðum tókum á hugtakinu eðlismassa þá reyni ég að haga kennslu þannig að nemendur fái tækifæri til að byggja upp fjölbætt net minniseinda sem tengjast orðinu eðlismassi. Ég er ekki sáttur við það að nemendur geti bara sagt: „Eðlismassi er massi deilt með rúmmáli“. Mér nægir ekki að nemendur geti velt formúlunni $E = m/V$ fram og tilbaka. Ég vil að þeir öðlist bæði dýpri og víðari skilning á hugtakinu. Það get ég t.d. gert með leyfa nemendum að handfjatla létta og þunga hluti, sýna þeim vökva sem flýtur á öðrum vökva, láta þá gera mælingar og tilraunir o.s.frv. White undirstrikar að atburðir geti verið mjög hjálplegir í uppbyggingu hugtaka: „Atburðir geta haft einkar mikla þýðingu þar sem þeir gera þekkinguna trúverðugri og áreiðanlegri. Það er eitt að læra yrðinguna að málmar þenjast út við hitun, annað að sjá þetta gerast.“

Að skilja hugtak

Gjarnan er litið svo á að annaðhvort skilji maður hugtak eða ekki, nokkurs konar 0/1 viðhorf. Samkvæmt líkani Whites stenst þetta ekki. Það að skilja hugtak merkir það sama og að hafa hugtakið, m.ö.o. að vera fær um að gefa tilteknu orði merkingu. Ef nemendi getur sagt „atóm eru litlar kúlur“ þá hefur hann sannarlega eitthvert hugtak fyrir þetta orð og þar með skilning á því. Ef þessum sama nemenda tekst í náminu að tengja orðið atóm fleiri minniseindum þá hefur skilningur hans á hugtakinu atóm vaxið.

Merkingarbært nám

Bandaríski námssálarfræðingurinn *David Ausubel* notar hugtakið merkingarbært nám (meaningful learning) til aðgreiningar frá þulunámi eða utanbókarnámi (rote learning). Líkt og White lítur Ausubel svo á að þekking okkar sé heilleg og samtengd, net eða strúktúr. Merkingarbært er þá námið þegar nýjar upplýsingar tengjast því neti eða þeim strúktúr sem fyrir er:



Nemandinn les t.a.m. setninguna: „Bróm er halógen“. Ef nemandinn hefur hugtakið halógen (veit t.d. halógenatóm hefur 7 gildisrafeindir, að það bætir við sig einni rafeind, o.s.frv.) getur hann felld setninguna inn í sitt hugtakanet og þannig gefið henni merkingu.

Utanbókarlærdómur er lærdómur án skilnings: Nýjar upplýsingar tengjast ekki neinu hugtakaneti og gleymist því yfirleitt fljótt.

Ef nám á að verða merkingarbært verður hið nýja að tengjast því sem fyrir er. Þetta felur í sér að kennslan verður tæpast árangursrík nema kennarinn hafi einhverja vitneskju um stöðu nemenda. *Upphafsstaða* nemenda er lykilatriði: Hvað vita þeir? Hvernig skilja þeir hugtökin? Vandinn verður enn meiri við það að langlíklegast er upphafsstaðan mjög mismunandi. Reynslan kennir okkur þetta!

Hvað á kennarinn að gera til að tryggja að það sem hann segir og skrifar á töfluna nái einhverri festu í hugum nemenda?

Að mínu mati er útilokað fyrir okkur kennara að fá nákvæma mynd af upphafsstöðu nemenda. Slík útheimtir tímafrekar rannsóknir. Hins vegar hlýtur reyndur kennari að búa yfir talsverðri almennri þekkingu á nemendum. Hann hefur t.a.m. hugboð um hvað veitist þeim flestum erfitt. Ef kennari vill komast nær nemendum sínum er einfaldast að tala við þá, varpa fram spurningum og leiða umræðu sem væntanlega gefur einhverjar upplýsingar, einkum ef umræðan á sér stað í góðum anda, að nemendur séu ekki hræddir við að tjá hug sinn. Til viðbótar má svo leggja fyrir skriflegar könnunarspurningar.

Umræður eru vandasamar, þ.e. ef tilgangurinn er að ná einhverjum árangri, fá nemendur til að opna og skoða hug sinn. Rannsókn sem gerð var í Bandaríkjunum (Rowe²) bendir til að kennarar gefi nemendum allt of skamman tíma til að hugsa sig um. Ef svarið var ekki komið eftir 1 - 3 sekúndur svaraði kennarinn sjálfur spurningunni. Lenging biðtíma (eftir svari) upp í 5 til 10 sekúndur hafði merkileg áhrif:

- * Svör nemenda urðu lengri - orðum fjölgaði að meðaltali úr 3 upp í 28.
- * Viðeigandi svörum frá nemendum fjölgaði úr 2 í 37 á tímaeiningu (ekki gefin).
- * Aukið hugmyndaflæði.
- * Nemendur fóru að hlusta meir hver á annan og tala saman innbyrðis í stað þess að einblína á kennarann.
- * Nemendur komu með betur undirbyggðar ályktanir.
- * Spurningum nemenda fjölgaði og þeir stungu upp á fleiri tilraunum.
- * Fyrrum þögulir og hægfara nemendur tóku meiri þátt í umræðum.

² Rowe, M.B. (1988) Wait-time and rewards as instructional variables, their influence on language, logic, and fate of control: Part one – wait -time. *Journal of Research in Science Teaching*, 11, 81 -94.

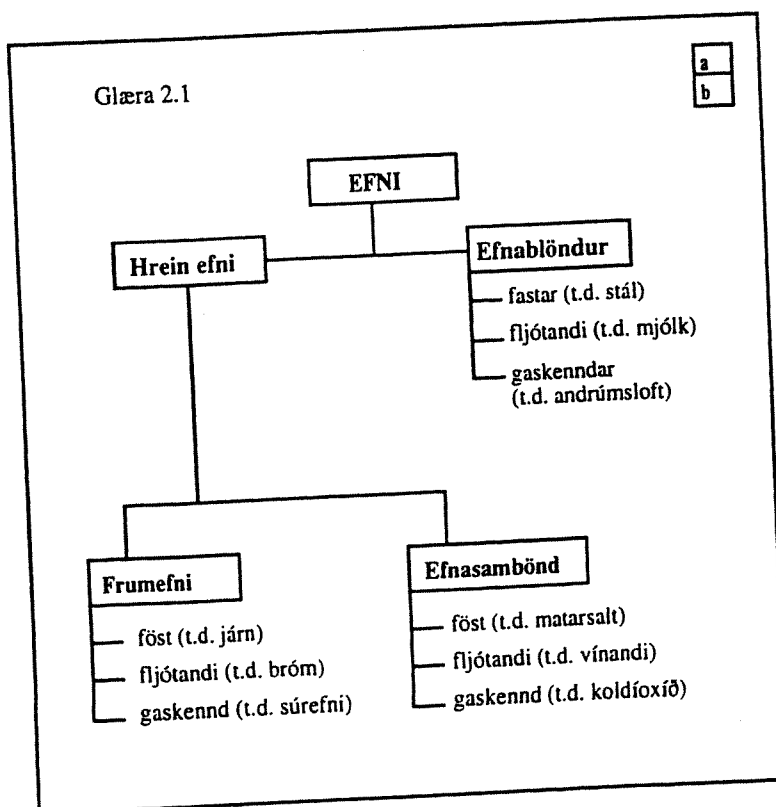
- * Spurningum frá kennara fækkaði.
- * Kennarinn spurði á fjölbreyttari hátt.
- * Afstaða kennarans til þöglu og hægbara nemendanna varð jákvæðari.

Hugbrú

Ausubel hefur ákveðnar hugmyndir um hvernig eigi að kenna til að námið verði merkingarbært. Lykilhugtakið í hugmynd hans er það sem hann kallar „advance organizer“ og þýtt hefur verið með orðinu **hugbrú**. Meginhlutverk hugbrúnnar er að aðstoða nemendur við að byggja þekkingu sína upp á skipulegan hátt og tengja nýjar upplýsingar fyrri reynslu og forþekkingu.

Hugbrúin getur verið í ýmsum myndum, t.d. myndbandsbútur, sýnitilraun, umræða, stutt innlegg frá kennara, teikning á töflu eða glærumynd.

Í glærusafni því sem fylgir bók 1, eru nokkrar myndir sem vel geta þjónað sem hugbrýr. Sem dæmi má nefna glæru 2.1:



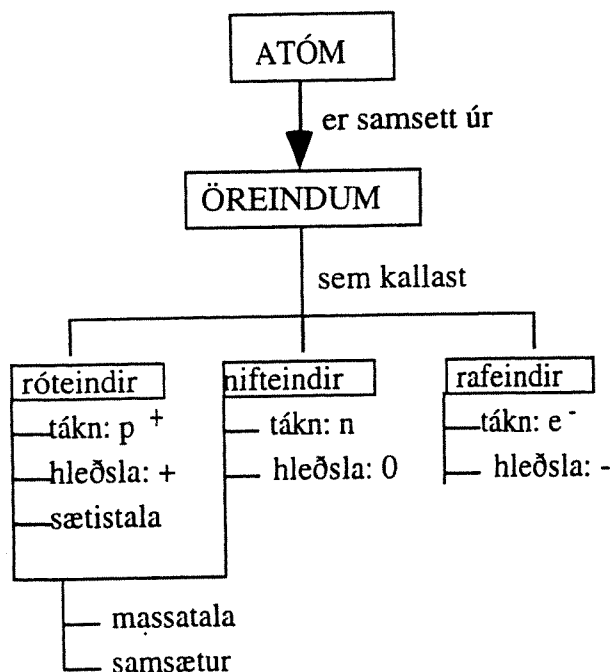
Glæran er flettiglæra. Fyrri hlutinn (a) er grindin án dæma, seinni hlutinn (b) gefur dæmi sem flestir nemendur ættu að kannast við. Svolítil umræða þar sem nemendur eru beðnir að tilfæra fleiri dæmi getur styrkt hugbrúna enn frekar. Grindin gefur yfirlit, tengir við fyrri reynslu og hjálpar nemendum að byggja upp þekkingu sína, getur virkað sem nokkurs konar snagi fyrir ný þekkingaratriði á þessu sviði.

Glósur

Algengt er að kennarar láti nemendur skrifa niður eftir sér, bæði það sem sagt er og skrifað á töflu. Oft er sú krafa gerð til nemenda að þeir hlusti vel og skrifi hjá sér aðalatriðin. Þannig er þetta gert í háskóla, segja menn og eins gott að venja nemendur við. Mikilvægt að þeir læri glósutækni.

Að mínu mati fara menn tíðum offari í þessu. Kröfurnar eru óraunhæfar. Sérstaklega á þetta við þegar um nýtt fag og framandi námsefni er að ræða. Nemendur eru óöruggir, þeir hafa ekki vald á hugtökunum og geta því ekki greint á milli aðalatriða og aukaatriða. Glósurnar verða samhengislaust pár.

Þegar ég læt nemendur mína taka glósur stjórna ég glósugerð þeirra. Ég sé til þess að það sem þeir festa á blað sé heillegt og nothæft. Ef við lítum svo á að kennsla felist í því að hjálpa fólki (nemendum) til að byggja upp sína eigin þekkingu og sinn eigin skilning getur skipuleg glósugerð (og töflunotkun) gengt þýðingarmiklu hlutverki. Þetta á sérstaklega við þegar verið er að kynna ný hugtök og innbyrðis tengsl þeirra. Þá geta kassar, örvar og gaflar komið að góðum notum:



Teikning (með skýringum) getur auðvitað gert sama gagn.

Annað praktískt atriði sem ég vil nefna er *hugtakalisti*. Ég er að byrja á kafla 6 og bý nemendur undir að taka glósur. Það fyrsta sem ég geri er að skrifa á töfluna (í vinstra hornið!) þau hugtök sem ég ætla að taka fyrir í tímanum:

Kafla 6: Inn í atómið.

Hugtök:

- * atóm
- * rafeind
- * róteind
- * nifteind
- * sætistala
- * massatala
- * samsætur

- * Nemendum er nú ljóst hvaða hugtök þeir eiga að læra og ég bendi þeim á að þessi sömu orð sé að finna á námsáætlun þeirra, í listanum yfir helstu hugtök/áhersluatriði.

- * Ég tek nú fyrir hvert hugtak og gæti þess að láta listann standa í töfluhorninu allan tímann. Hann er mér og nemendum nokkurs konar tékklisti og þegar tímanum vindur fram sjá nemendur hvernig hugtökin tengjast.
- * Þegar 5 mínútur eru eftir af tímanum er ég búinn að útskýra og tengja saman öll hugtökin nema massatala og sætistala. Ég ákveð að láta samsætuna bíða.

Var þetta góður tími?

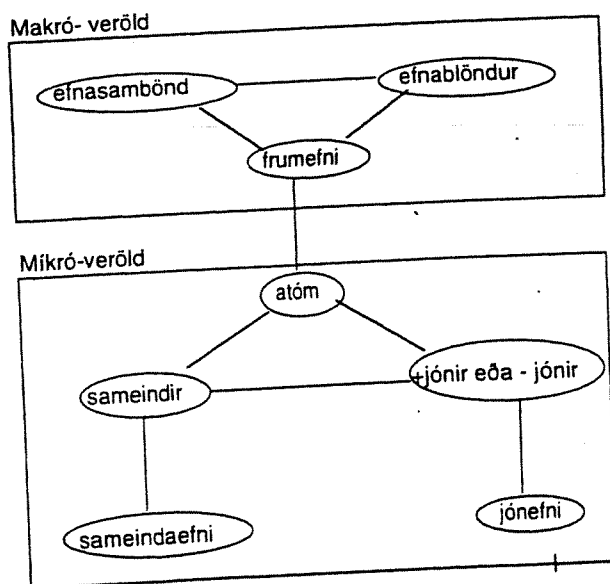
Veit ekki. Hvað er góður tími? Er það ekki upplifun nemenda sem skiptir höfuðmáli? Í tímanum fór ég yfir mikið efni, afgreiddi ein sex þungviktahugtök! Var rétt að fara svo geyst? Hefði ekki verið betra að fara svolítið hægar í sakirnar og dreifa innlögnum á tvo bóklega tíma? Þetta er álitamál. Mín hugsun var sú að nemendur fengju í þessum eina tíma þokkalega heildarmynd (hugbrú) til að styðjast við í framhaldinu. Við heimanámið og við verkefnavinnu í næsta tíma gætu þeir haft heildarmyndina sér til halds og trausts.

Það er nánast regla hjá mér að byrja á nýju efni með því að gefa nemendum yfirlit eða heildarmynd. Mér sýnist nemendur taka þessu vel, einkum ef myndin er ekki of flókin og tímafrek. Ég ræði líka við þá um ástæðuna fyrir þessu, bendi þeim á hve mikilvægt sé að skipuleggja þekkinguna vel inn í langtímaminnið þannig að auðvelt sé að ná til hennar aftur og nota hana í verkefnavinnu.

Hugtakakort

Ef kennari leggur áherslu á hugtök og tengsl þeirra getur hann haft mikið gagn af því að búa til hugtakakort (concept maps), kortleggja skilning sinn á hugtökum og innbyrðis tengslum þeirra. Hann slær þá tvær flugur í einu höggi: áttar sig betur á sínum eigin skilningi og leggur drög að skipulegri kennslu.

Dæmi: Ég var að fara að kenna kafla 3: Atóm, jónir og sameindir. Áður höfðu komið fyrir hugtökin frumefni, efnasambönd og efnablöndur. Við mér blasti það verkefni að hjálpa nemendum að tengja saman öll þessi hugtök. Allt eru þetta lykilhugtök í efnafræði og því afar brýnt að nemendum takist að byggja upp skipulega mynd af þessum hlutum í langtímaminninu. Ég byrjaði á orðinu ATÓM og síðan varð til eftirfarandi mynd:



Kannski bætti ég ýmsu inn í þessa mynd seinna. En þetta var ágætis byrjun. Þarna eru lykilhugtökin og nokkur tengsl þeirra. Auk þess dreg ég fram þá staðreynd að sumt sjáum við (makróveröld), annað er okkur hulið

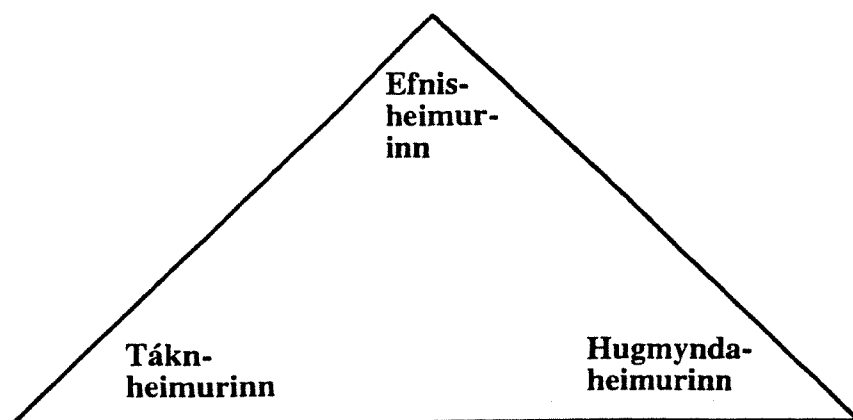
(míkróveröld). Í efnafræðikennslu er afar brýnt að vera á varðbergi gagnvart því hvernig nemendur tengja þessa heima saman.³

Líkön

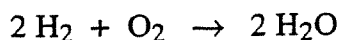
Ég hef áður lagt á það áherslu að efnafræðin er safn hugmynda um hinn efnislega heim. Hugmyndirnar taka á sig ýmis form: hugtök, lögmál, kenningar og líkön.

Við kynnumst líkönum strax í barnæsku: bílar, dúkkur, o.s.frv. Og börn elska legókubba, smíða líkön af ýmsum hlutum. Það sama gerum við í efnafræðinni. Við notum plastkúlur í ýmsum litum og stærðum til að tákna atóm og búum til sameindir með því að tengja þær saman. Ég nota slík líkön mikið í minni kennslu, ekki einasta til að búa til sameindir heldur líka til að útskýra fyrirbæri á borð við ástandsbreyingar og efnahvörf.

Áður hef ég fjallað um hina þrjá heima efnafræðinnar:



Líkön eru hugmyndir og eiga því heima í hugmyndaheiminum. Þau eru eftirlíkingar af efnisheiminum, ófullkomnar en samt gagnlegar, einkum í grein eins og efnafræði sem snýst að mestu leyti um ósýnilega, óáþreifanlega og abstrakt hluti. Líkönin bæta úr þessu, gera hugmyndirnar skýrari og auðvelda fólki að hugsa um hlutina, einkum nemendum sem er að taka sín fyrstu skref inn í fræðin. Það auðveldar skilning á efnajöfnu



þegar hún er sett fram sem líkan:



Formúlur og efnajöfnur eru handhæg tákni þeim sem mikið hefur unnið með efnafræði. Fyrir byrjendum er þetta hins vegar framandi heimur sem erfitt er að nálgast. Líkönin eru auðveldari viðfangs og geta hjálpað nemendum að venjast táknum.

Í glærusafninu eru nokkrar flettlærur í þremur hlutum, sem endurspeglar heimana þrjá. Fyrsti hlutinn (a) er fyrirbærið eins og það birtist okkur, annar hlutinn (b) líkan og sá þriðji (c) formúlur og efnajöfnur.

³ Björn Andersson leggur áherslu á þetta atriði víða í skrifum sínum. Rannsóknir sýna að nemendur yfirfæra gjarnan makróeiginleika efna inn í míkróveröldina. Brennisteinn er gulur. Af því leiðir að brennisteinsatóm er gult. Loftbólur springa þegar þær koma upp á yfirborðið í sjóðandi vatni. Vatnssameindir springa líka.

Áherslur í kennslu

Góð hugtakakennsla er vandasöm. Eftirfarandi þættir skipa að mínu mati miklu máli:

- * að *velja hugtök* og gefa völdum hugtökum *tíma*, gefa nemendum nóg tækifæri til að nota/þjálfa/styrkja nýfengna þekkingu
- * *upprifjun*, t.d. með því að byrja tíma með því að draga fram (t.d. í formi glæru) þau hugtök sem voru á dagsskrá í síðasta tíma
- * gefa *heildarmynd* strax í upphafi námsþáttar og fella ný þekkingaratriði að þeirri mynd (hugbrú); verðandi þekking er brothætt!
- * tengja við *daglegt líf* og reynsluheim nemenda og höfða þannig til hugsanlegra forhugmynda þeirra
- * *umræður*, þar sem leitað er eftir skilningi nemenda og þeir þjálfaðir í að tjá sig með verðandi hugtökum
- * vera óspar á *myndir, líkön og sýnitilraunir*
- * huga vel að sínum eigin hugtökum og tengslum þeirra (hugtakakort): Hvernig er mínum skilningi háttað?

Námsmat

Í skólastarfi er auðvitað þýðingarmikið að hafa einhverja mælikvarða á það hvor kennslan hafi skilað árangri. Hvort hugtakakennsla hefur tekist birtist að mínu mati í ýmsum myndum:

* Nemandinn getur gefið orðum *merkingu*: hann getur sagt (við sjálfan sig eða aðra) með *eigin orðum* hvað orðin þýða; hann er ekki bundinn af orðalagi kennarans/námsbókarinnar.

* Nemandinn getur *notað* efnafræðileg hugtök á ýmsa vegu:

- > til að lýsa hlutum og fyrirbærum
- > til að útskýra það sem hann skynjar
- > til að flokka hluti og fyrirbæri
- > til að kanna fyrirbæri/hanna tilraunir
- > til að leysa verkefni og vandamál

Ef til vill er hæfileiki nemenda til að leysa *óþekkt verkefni* besti mælikvarðinn á það hvort nemendur hafi náð valdi á hugtökunum. Þá á ég við verkefni sem eru örðuvísi, ekki týpísk námsbókarverkefni. Til dæmis gæti verið um að ræða eitthvert fyrirbæri úr daglega lífinu sem ekki hefur verið fjallað um í kennslunni en nemendur ættu samt að ráða við með þeim hugtökum sem þeir hafa (væntanlega) öðlast.

Það háir okkur dálítið í námsmati og hve við erum bundin af takmörkuðum spurningargerðum. Próf einkennast mjög af verkefnum sem byrja á „Teldu upp....“, „Nefndu þrjú atriði“, „Skilgreindu“ O.s.frv. Spurningar sem beinast að utanbókarlærdómi. Kúnnstinn er að spyrja á þann hátt sem afhjúpar skilning nemenda. Til að bæta ögn úr þessu fylgir þessum kennsluleiðbeiningum safn spurningategunda (sjá Viðauka 4).

Lokaorð

Í þessu spjalli hef ég einkum fjallað um hugakanám og hugtakakennslu í efnafræði. Ég geri þetta vegna þess að ég er sannfærður um að það eru hugtökin sem skipta meginmáli. Við skynjum heiminn í ljósi þeirra hugaka sem við höfum og góður hugtakastrúktúr hjálpar fólki til að útskýra fyrirbæri og leysa viðfangsefni/vandamál. Ef okkur tekst að hjálpa nemendum okkar við að koma sér upp öflugum hugtakanetum er ekki ólíklegt að þeir muni njóta góðs af þeim í framtíðinni, að þekkingin verði varanleg og brúleg.

Nám er ekki bara spurning um vitsmuni. Aðrir þættir í sálarlífinu koma líka við sögu. Í líkani Ausubels sem minnst var á hér að framan er t.d. lögð rík áhersla á áhuga og viljann til að læra. Þó kennarinn geti gengt stóru hlutverki í því að búa til góðar námsaðstæður þá

er það nemandinn sem endanlega ákveður hvort hann vill læra. Hitt ætti þó að vera ljóst að kennari getur haft áhrif á vilja og áhuga nemenda. Í viðamikilli könnun sem gerð var í Noregi⁴ í grunn- og framhaldsskólum voru nemendur spurðir álits á því hvernig kennari veki áhuga á faginu. Þrjú atriði komu sterkt fram. Í fyrsta lagi að kennarinn sýndi umhyggju (omsorg) fyrir nemendum, í öðru lagi að hann einskorðaði ekki kennsluna við orð og námsbók heldur sýndi nemendum hluti og fyrirbæri og loks að hann væri skipulagður, hefði góða verkstjórn. Hugtakakennsla felur í sér að maður beinir athygli sinni að nemendum, aðstoðar þá að byggja upp þekkingu sína, ber umhyggju fyrir þeim. Hugtakakennsla felur líka í sér að nota nota áþreifanlega hluti, sýna hluti og fyrirbæri með það fyrir augum að útvíkka hugtökin og sýna tengsl þeirra. Og hugtakakennsla getur að sjálfsöfðu aldrei orðið árangursrík sem kennslan sé vel undirbúin og skipulögð. Forsendan fyrir þessu öllu er að mínu mati viss fræðilegur grunnur í líkingu við þann sem hér hefur verið settur á blað.

Þær hugmyndir sem hér hafa verið tíundaðar falla allar innan ákveðinnar stefnu í raungreinakennslu sem ég hef kosið að kalla *hugsmíðahyggju* en heitir á ensku *constructivism*. Hiklaust má fullyrða að hugsmíðahyggja sé ráðandi stefna í rannsóknum á raungreinanámi og helsti bakhjarl nýjungaviðleytni í raungreinakennslu um allar álfur. Hugsmíðahyggja er að grunni til þekkingafræðilegt viðhorf: Þekking er skoðuð sem persónulegt fyrirbæri, hugsmíð þess sem nemur. Þetta viðhorf stangast á við hefðbundin viðhorf til þekkingar. Við erum vön því að líta svo á að þekking sé eitthvað sem býr í textum, bókum, náttúrunni og tilraunum. Málið sé bara að innbyrða hana, annaðhvort með því að skoða hlutina og gera tilraunir með þá (uppgötvunarnám) eða fá hana beint í æð frá kennara (ítroðslukennsla). Hugsmíðastefnan lítur hins vegar svo á að þekking verði til í mannshuganum: Frá blautu barnsbeini erum við að búa til okkar innri veröld úr öllu því sem flæðir inn í hugann gegnum hin ytri skynfæri. Það sem við nemum eru ljós- og hljóðbylgjur, þrýstingur (snertiskyn) og sameindir (lykt og bragð). Barnið í vöggunni skynjar lítið annað en hljóð og birtu. Með tímanum, af margfaldri reynslu og samskiptum við annað fólk lærist barninu að gefa þessu flæði áreita merkingu: Hugtök verða til. Með hugtökunum nær barnið smátt og smátt að búa til sitt eigið líkan eða kort af heiminum og ná þannig áttum. Þegar barnið byrjar sína skólagöngu hefur það komið sér upp býsna margslunginni innri hugtakaveröld og það túlkar það sem það heyrir og sér í skólanum með þessum hugtökum. Getur ekki annað. Hlutverk skólans er að hjálpa barninu við áframhaldandi uppbyggingarstarf, víkka og dýpka þau hugtök sem þegar hafa orðið til og bæta nýjum í safnið. Hugtakapróun er lykilatriði í raungreinanámi og ætti að mínu mati að vera leiðarljós og samvinnuverkefni allra raungreinakennara á öllum skólastigum.

⁴ Vidar Horsfjord og Per Dalin; *Læreren og naturfagundervisningen*, Universitetsforlaget 1988.