



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Opiskelijakirjaston verkkojulkaisu 2008

Tutkiva opiskelu fysiikassa ja kemiassa

Kalle Juuti

Dimensio

Helsinki: Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto

66(2002): 5

s. 34-37

Tämä aineisto on julkaistu verkossa oikeudenhaltijoiden luvalla. Aineistoa ei saa kopioida, levittää tai saattaa muuten yleisön saataviin ilman oikeudenhaltijoiden lupaa. Aineiston verkko-osoitteeseen saa viitata vapaasti. Aineistoa saa opiskelua, opettamista ja tutkimusta varten tulostaa omaan käyttöön muutamia kappaleita.

www.opiskelijakirjasto.lib.helsinki.fi
opiskelijakirjasto-info@helsinki.fi



Tutkiva opiskelu fysiikassa ja kemiassa

KALLE JUUTI, matemaattisten aineiden didaktiikan assistentti, Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos

Tutkivan oppimisen mallissa (Hakkarainen, Lonka ja Lipponen, 1999) perusajatuksena on, että oppilaat pyrkivät löytämään heitä aidosti kiinnostavia ongelmia, joihin he koettavat muotoilla selityksen. Oppilaat koetetaan saada tarkastelemaan ilmiöitä, jotka he haluavat ymmärtää paremmin - selittää.

Oppilaita kannustetaan koettelemaan ja arvioimaan näitä muotoutuvia selityksiä, hankkimaan syventävää tietoa ja sitä kautta löytämään parempia selityksiä ongelman kohteena olevalle ilmiölle. Näin oppilaat rakentelevat tietoa, joka pohjautuu toisaalta heidän aikaisempiin käsityksiinsä ja toisaalta erilaisista lähteistä hankittuun oppilaille ennen tuntemattomaan informaatioon.

Tutkiva oppiminen (progressive inquiry) on opetuksen lähestymistapa, jossa tieteellinen toiminta ja opiskelu nähdään analogisina. (Hakkarainen, Lonka & Lipponen, 1999; Bereiter, 1998) Fysiikan ja kemian opiskelussa kokeiden tekeminen on ollut oleellinen osa opetus - opiskelu - oppiminen-prosessia. Luonnontieteellisten koulukokeiden tekeminen on kuitenkin nähty jopa antavan virheellisen kuvan luonnontieteistä. Kokeet ovat liian reseptinomaisia, liian idealisoituja, eivätkä oppilaat oikein ymmärrä, miksi näitä kokeita ylipäätään tehdään. (Linn 1996) Tutkivan oppimisen lähestymistavan tai mallin kehittämisessä on lähdetty liikkeelle tieteen luon-

teen analysoinnista sekä kognitiivisen oppimispsykologian tutkimustuloksista. Näin pyritään muodostamaan opetus - opiskelu - oppimis-prosessista kokonaisuus, jossa oppilaat opiskelevat yhdessä aktiivisesti opettajan ohjauksessa ja ovat kokoajan tietoisia työskentelynsä tavoitteista.

Fysiikassa ja kemiassa on tärkeää, että opettaja on mukana tutkimusongelmien asettelussa. Oppilaiden on vaikea keksiä ongelmia, joihin voidaan saada mielekäs selitys. On kuitenkin tärkeää, että esitetään haastavia miksi-kysymyksiä aluksi, koska lapset ja nuoret esittävät niitä luonnostaan. Opettajan ammattitaitoa tarvitaan ohjaamaan oppilaita löytämään reittejä miten-kysymysten kautta miksi-kysymyksiin vastamiseen.

Tutkivan oppimisen mallin suunnassa etenemisessä on rajoi-

tuksensa. Opetuksen tutkijat esittävät, että erilaisten tavoitteiden saavuttamiseksi on käytettävä erilaisia opetuksellisia lähestymistapoja. Tutkivan oppimisen malli soveltuu hyvin monimutkaisten systeemien tai prosessin pinnalliseen haltuunottoon. Esimerkiksi kysymykset: miten televisio toimii, miksi järvet rehevöityvät, miksi teollisuuden edustajat ajavat uutta ydinvoimalaa ja ympäristöaktivistit vastustavat?

Fysiikassa ja kemiassa, esimerkiksi nopeuden, lämpötilan, moottorin, jaksonajan tai sähkövirran-käsitteet ovat mahdollista ymmärtää myös syvällisesti, mutta tämä vaatii usein toisenlaista lähestymistapaa (esim. kokeellinen lähestymistapa opettajaohjoisine demonstraatioineen yms.) tai ainakin opettajan johtavaa asemaa työskentelyssä, kuten painovoimaesimerkissä.

Oppilaat voivat esittää kysymyksen, miksi esineet putoavat maahan? Tähän voisi selityksenä olla, että koska painovoima vetää niitä maahan. Tämä selitys on ongelmallinen, koska tässä otetaan mukaan mahdollisesti perusteetta uusi tekijä, painovoima. Opettaja voisi haastaa oppilaita miettimään kysymystä esimerkiksi Aristoteleen selityksen kautta, jossa painavat esineet pyrkivät kohti maanpintaa ja kevyet esineet pyrkivät kohti taivasta. Millaisia ilmiöitä Aristoteellinen selitys ei selitä? Opettaja voi yrittää johdatella oppilaita miettimään, miten kappaleet putoavat, onko muita vastaavanlaisia liikkeitä, entä törmäykset, miten putoamista ja törmäystä voisi tutkia. Näiden tutkimusten kautta voisi olla mahdollista päästä näkemykseen, että törmäyksissä molempien kappaleiden liiketilat muuttuvat ja muutoksen syynä on törmäys. Opettajan apua tarvitaan selittävän mallin vuorovaikutuksen - huomaamiseen. Liiketilän muuttumiseksi tarvitaan vuorovaikutus eli voima ja näin on perusteltua analogiaan no jaten ottaa käyttöön putoamisliikkeen yhteydessä vuorovaikutuksen muoto, painovoimavuorovaikutus, painovoima.

Tutkivan oppimisen malli

Tässä luvussa käydään läpi Hakkaraisen ym. (1999) tutkivan oppimisen mallin mukaiset vaiheet tarkasteltuna fysiikan ja kemian opettamisen - opiskelun - oppimisen näkökulmasta.

Ensimmäisenä vaiheena tutkivan oppimisen mallissa on kontekstin luominen. Tämä ei ole fysiikan ja kemian opettajille mikään uusi asia, koska opettavat asiat on perinteisesti sidottu oppilaiden maailmaan. On näytetty mielenkiintoa ja uteliaisuutta herättäviä demonstraatioita tai oppilailta on kysytty opettavaan aiheeseen liittyviä kysymyksiä. Tutkivan oppimisen mallissa kontekstin luominen on voimakkaasti sosiaalista. Kontekstin on myös oltava haastava, jotta se tarjoaisi paljon erilaisia näkökulmia tarttua aiheeseen. Tämän määrää oppilaiden taso. Kontekstin luonnin vaiheessa ryhmä jakaa aikaisempia tietojaan ilmiöstä ja vähitellen huomataan ilmiöstä seikkoja, joita ei ymmärretä tyydyttävällä tavalla. Kontekstin luonti määrää sen millaisia kysymyksiä tai ongelmia ilmiössä nähdään. Näin päästään vähitellen seuraavaan vaiheeseen eli ongelmien asettamiseen.

Peruskoulussa opettavana aihekokonaisuutena on lämmön johtuminen. Opettaja pyytää oppilaita kuvailemaan tilanteita, missä he ovat joutuneet tekemisiin kylmien tai kuumien esineiden kanssa. Opettajalla on tavoitteena saada oppilaat huomaamaan, että kuumaa tai kylmää käsiteltäessä on käytössä tietynlaisia aineita ja saada oppilaat esittämään kysymyksiä: Miksi paistinlastassa on puinen pää? Miksi saunassa lauteen naulat ovat kuumempia kuin lauteet? Mitä se lämpö on?

Ongelmien asettaminen

Kontekstin luonnin yhteydessä nousseita ongelmia ja kysymyksiä aletaan vähitellen tarkentaa. Alussa esiintyy runsaasti miksi-kysymyksiä. Näitä voi pitää hyvänä päämääränä. On kuitenkin tärkeää, että miksi-kysymyksiin ei anneta suoraan selitystä (vertaa kانونiset puolitotuudet, Kurki - Suonio & Kurki-Suonio, 1994) vaan opettaja ohjaa oppilaita muotoilemaan kuinka- ja miten-kysymyksiä, jotka toimivat reittinä miksi-kysymykseen. Luonnontieteissä voidaan kysymyksiin saada aitoja syvällisiä vastauksia kulttuurilähteiden lisäksi myös luonnosta, siksi on tärkeää käyttää hyväksi luonnontutkimisen mahdollisuus.

Ongelmien asettamisessa on keskeistä, että ongelma, johon pyritään kulttuurilähteitä tai luontoa tutkimalla vastaamaan, on oppilaiden muotoilema ja aidosti selitystä vaativa. Oppilaat työskentelevät yhdessä ja pohtivat erilaisia ongelmia, joihin pyritään saamaan vastaus. Tutkivassa oppimisessa ajatellaan analogia tieteellisen toiminnan ja opiskelun välillä. Tämä tarkoittaa ongelmien asettamisen yhteydessä sitä, että oppilaat keskenään, opettajan avustuksella, määrittävät, millaiset ongelmat ovat tutkimisen arvoisia eli mitä itse asiassa opiskellaan. Kaikki eivät siis opiskele täysin samalla tavalla. Opettaja on fysiikan asiantuntija ja valvoo, että kaikki opiskelevat jollain tavalla keskeiset sisällöt.

Kysymykseen "mitä se lämpö oikein on?" voi opettaja esittää vastakysymyksen: "miten lämpöä voidaan tutkia?" Yhteisen keskustelun jälkeen sovitaan, että yksi ryhmä selvittää materiaalin vaikutusta kappaleen lämpötilaan.

Työskentelyteorian luominen

Kolmantena vaiheena on työskentelyteorian luominen. Tässä vaiheessa muotoillaan eksplisiittisesti esille oppilaiden aikaisemmat tiedot ja ennakkokäsitykset käsiteltävästä aiheesta. Kirjataan ensimmäinen selitys ilmiölle. Tässä vaiheessa on opettajalla aito mahdollisuus seurata, miten oppilaat ovat oppineet. Opettajalle työskentelyteorioiden luomisen vaihe voi näyttäytyä kuin perinteinen formatiivinen testi. Tässä vain pyritään saamaan oppilaat yhdessä muotoilemaan käsityksiään. Esimerkiksi ensin jokainen kirjoittaa paperille oman selityksensä, sitten ongelmaan paneutuva ryhmä keskustelelee selityksistä ja muodostaa yhteisen. Tämän vaiheen avulla oppilaat saavat myös kuvan siitä, mitä he aiheesta itse asiassa tietävät, heillä on mahdollisuus nähdä ero aikaisempien tietojensa ja uuden informaation välillä. Tämä työskentelyteorian luomisen vaihe johtaa saumattomasti selitysten kriittisen arvioinnin vaiheeseen.

Ryhmä, joka päätyi tarkastelemaan materiaalin vaikutusta lämpötilaan voisi muotoilla selityksen: "metallit lämpenevät kuumemmiksi kuin puu, koska ne ovat painavampia".

Kriittinen arviointi

Tämä on ehkä oppilaille kaikkein haastavin vaihe. Ihmisellä on taipumus oikeuttaa uskomuksiaan. Ihminen siis näkee helpommin uskomustaan tukevia todisteita kuin uskomusta kumoavia todisteita. Sama pätee myös luonnontieteellisessä kokeessa. Kun opettaja tietää joidenkin suureiden olevan suoraan verrannollisia, niin hän "näkee" mittaustulosten kuvaajassa suoran. Oppilas, joka ei tiedä tätä riippuvuutta ei näe suoraa. Tutki-

van oppimisen mallissa nojataan Karl Popperin (1905) tieteenfilosofiseen näkemykseen, jossa kaikki teoriat (tässä siis työhypoteesit tai selitykset) alistetaan kriittisen arvioinnin kohteeksi. Itse asiassa hyväksyttävä selitys on sellainen, joka on periaatteessa kumottavissa.

Kriittiseen arviointiin kuuluu toisaalta argumentaatioanalyysi ja toisaalta selityksen periaatteellisen kumoamisen mahdollistavan koejärjestelyn suunnittelu. Tällä perusteella esimerkiksi psykoanalyysin unitulkinnat eivät ole kelvollisia selityksiä, koska niihin ei ole mahdollista muotoilla koejärjestelyä, jolla testataan kumoutumista. Popperin mallin mukaan se, että kumoamisyritys epäonnistuu ei tarkoita sitä, että selitys olisi tosi. Se tarkoittaa vain sitä, että toistaiseksi selitystä voidaan käyttää. On vain yritettävä löytää parempia kumoamisyrityksiä.

Kriittinen arviointi tarkoittaa myös, että selityksestä arvioidaan sitä, miten hyvin se selittää ilmiötä. Onko ilmiössä joitain osia, joita ei osata selittää tai mitä ilmiön osaa ei tunneta hyvin. Näin muotoillaan kysymyksiä syventävän tiedon hankkimiselle. Tiedetään mil-laisiin asioihin keskitytään.

Oppilaiden työhypoteesi, että metalli kuumenee kuumemmaksi, koska se on painavampi kuin puu osoittaa heti, että oppilaat eivät ole ymmärtäneet lämpöopin nollatta pääsääntöä. Opettajan tulee auttaa oppilaita ensin huomaamaan tämä virhe jollain koejärjestelyllä ja painottaa, että tarkastelkaa kappaleiden lämpenemistä ensin. Oppilaiden selitys selittää monet ilmiöt, joissa metallisineet tuntuvat kuumemmilta (tai kylmemmilä) kuin puuesineet. Mutta kriittisen tarkastelun jälkeen huomataan, että selityksessä on ongelmia.

Syventävän tiedon hankkiminen

Kriittisessä arvioinnissa tarkasteltiin työhypoteeseja, etsittiin niiden heikkouksia ja pohdittiin, millaista tietoa täytyy olla, jotta työhypoteeseja voitaisiin kehittää. Syventävän tiedon hankkimisen vaihe on oppimisen kannalta oleellinen. Tämä on juuri se vaihe, missä oppilailla on mahdollisuus aidosti oppia uutta eikä vain vahvistaa tai arvioida vanhoja käsityksiään. He laajentavat tietojaan käsiteltävästä ilmiöstä. Syventävän tiedon hankintaan käytetään monipuolisia tietolähteitä. Näitä lähteitä voivat olla esimerkiksi oppikirja, tietosanakirjat, tieteelliset julkaisut, internet-tietokannat, opettajan tai muiden asiantuntijoiden haastattelut. Fysiikassa ja kemiassa oleellisen tärkeänä syventävän tiedon lähteenä luonnontieteellinen koe eli luonto.

Oppilaat suunnittelevat opettajan avustuksella koejärjestelyn, jolla voi tutkia miten kappaleet lämpenevät. Oppilaat huomaavat, että puu ja metallisineet lämpenevätkin samaan lämpötilaan. Tämä aiheuttaa ongelmia edelliseen työhypoteesiin ja tulokset on tulkittava.

Uusi kierros

Tutkivan oppimisen mallin mukainen toiminta ei pääty kun syventävää tietoa on hankittu. Silloin prosessi vasta oikeastaan käynnistyy. Syventävän tiedon hankkiminen johtaa siihen, että asetettua ongelmaa voidaan tarkentaa. Kun ilmiöstä tiedetään enemmän, saadaan siis selville, mitä oikeastaan halutaan tietää. Tutkimusongelmat voivat muuttua ongelman tarkentamisen myötä paljon, siten voidaan päästä käsiteltävässä on-

gelmassa lähemmäksi olennaista selitystä. Syventävän tiedon hankinta ja tarkentuvan ongelman asettaminen johdattavat myös uuden työskentelyteoria eli ilmiön selityksen muotoilemiseen, selityksen kriittiseen arviointiin, syventävän tiedon hankkimiseen jne.

Opettaja auttaa oppilaita tulkitsemaan luonnontieteellisen kokeensa tulokset lämpöopin nollannen pääsäännön avulla. Nyt kun on huomattu, että lämpötilat ovat esimerkiksi saunan lauteilla ja lauteiden nauiloilla samat, nousee kysymys, että miksi sitten ne tuntuvat kuumemmilta. Selitys voisi liittyä jotenkin ihmisen tuntoaistiin. Tätä lähdetään selvittämään tarkemmin perehtymällä kirjallisuuteen ihmisen aisteista.

Tätä prosessia, missä yhdessä asetetaan ongelmia, muotoillaan selityksiä, arvioidaan niitä ja hankitaan syventävää tietoa, kutsutaan tiedon rakenteluksi. Tutkivan oppimisen mallissa tieto (selitys, teoria, käsitteelliset artefaktit) nähdään tuotteena, jota ryhmä pyrkii kehittämään entistä paremmaksi ja paremmaksi, samoin kuin tieteellisessä toiminnassa jotain ilmiötä tutkitaan ja ilmiön selitys pyritään saamaan niin hyväksi kuin mahdollista.

Ilmeisenä esimerkkinä voi käyttää vaikkapa liikkeen selittämistä, joka on ollut ihmiskunnan historian ajan selityspyrkimyksen kohteena (Aristoteleen telos-, Galilein matemaattinen välttämättömyys-, Newtonin vuorovaikutus- ja Einsteinin avaruuden kaareutuminen -selitykset). Oleellista siis on, että oppilaat oppivat asettamaan aitoja, heitä itseään kiinnostavia ongelmia, muotoilemaan selityksiä ilmiöille, arvioimaan omia käsityksiään kriittisesti, hankkimaan tietoa monipuolisista lähteistä (ar-

vioimaan myös lähteitä kriittisesti) sekä tarkentamaan ongelmia ja muotoilemaan uusia selityksiä ja siten luomaan monimutkaistuvia käsitteellisiä artefakteja ja luopumaan tarvittaessa omista aikaisemmista käsityksistään.

Riittääkö aika?

Ensivilkaisulla näyttää siltä, kuin tutkivan oppimisen/opiskelun mukainen opetus veisi kohtuuttoman paljon aikaa. Toisaalta oppilaatkaan eivät ehkä jaksa miettiä kaikenlaisia kysymyksiä. Ehkä aihealueessa ei ole oppilaiden (tai jopa opettajan) mielestä mitään mielenkiintoista.

Tutkivan oppimisen suunnassa eteneminen vaatiikin opettajalta rohkeutta heittäytyä fysiikan ja kemian vietäväksi oppikirjan sijasta. Opettajan tulee siis selvittää itselleen, mikä aihealueessa on keskeistä. Esimerkiksi mekaniikassa on kolme peruslakia, joiden avulla voidaan selittää liikeilmiöt. Lämpöopin ilmiöitä selitetään pääsääntöjen avulla.

Helsingin yliopiston Opettajan-koulutuslaitoksen matemaattisten aineiden opetuksen tutkimuskeskuksen koordinoimassa Fysiikan ja kemian virtuaalikouluhankkeessa on kehitetty ja kokeiltu erilaisia sovelluksia tutkivan oppimisen mallista. Keväällä 2002 käynnistyneessä ESR-rahoitteisessa GISEL -hankkeessa (Gender Issue and Science Education and Learning) tavoitteena on kehittää tyttöjä motivoivia fysiikan ja kemian työtapoja. Tutkivan oppimisen mallin suunnassa etenevä opiskelu on yksi opetuksellinen lähestymistapa, jonka sukupuolisidonnaisuutta on tarkoitus selvittää ja kehittää sukupuolet huomioonottavampaan suuntaan.

Ilmiöitä tarkasteltaessa, työhy-poteeseja arvioitaessa, syventävää

tietoa hankkiessa ja yhdessä toimiessa opitaan monenlaisia asioita, eikä opettaja oikein koskaan voi olla varma mihin tutkivan oppimisen prosessi johtaa. Tämä tekeekin opettamisesta ja opiskelusta haastavaa ja mielenkiintoista.

Lähteet ja kirjallisuutta

- Bereiter, C. 1998. Education and Mind in The Knowledge Age. Käsikirjoitus luettavissa: <http://csile.oise.utoronto.ca/edmind/main.html>
- Hakkarainen, K., Lonka, K & Lipponen, L. 1999. Tutkiva oppiminen: älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen. Helsinki: WSOY.
- Linn, M. 1999. From Separation to Partnership in Science Education: Students, Laboratories, and the Curriculum. In R. F. Tinker (ed.) Microcomputer-Based Labs: Educational Research and Standards. Berlin: Springer.
- Popper, K. 1995 Arvauksia ja kumoamisia: Tieteellisen tiedon kasvu. Alkuteos:

Conjectures and Refutation (1963) suomentanut Eero Eerola. Helsinki: Gaudeamus.

Niiniluoto, I. & Haaparanta, L. 1986. Johdatus tieteelliseen ajatteluun. Filosofian laitoksen julkaisuja 3. Helsinki: Helsingin yliopisto.

Aristoteles. Fysiikka / Aristoteles; suomentaneet Tuija Jatakari, Kati Näätsaari; selitykset laatinut Simo Knuutila. Helsinki: Gaudeamus, 1992.

Siegel, H. 1988. Educating Reason: Reality, Rationality, Critical Thinking and Education. New York: Routledge.

Niiniluoto, I. 1980. Johdatus tieteenfilosofiaan. Helsinki: Otava.

Meisalo, V., Aksela, M. Lavonen, J & Juuti, K. 2001. Chemistry Education in a Finnish Virtual School. Paper accepted in 6th European Conference on Research in Chemical Education, 4. - 8. 9. Aveiro, Portugal.

Hodson, D. 1998. Is This Really What Scientists Do? - Seeking a More Authentic Science in and Beyond the School Laboratory. In J. Wellington (Ed.) Practical Work in School Science - Which Way Now? London: Routledge