

Fysiikka vieraana kielenä?

1. Johdanto

Aloitin opetuksen Kuopion Lyseon lukiossa vuonna 1994 valmistuttuani opettajan ammattiin. Heti samana syksynä Lyseossa aloitettiin International Baccalaureate – ohjelmaan (IB) johtava ns. pre-IB opetus englanninkielellä. Olin opiskeluaikoina osallistunut kansainväliseen fysiikan opiskelijatoimintaan, joten minulla oli hieman kokemusta englannin kielen käytöstä luonnontieteen kontekstissa. Kävin myös lyhyen puhutun englannin kurssin kansalaisopistolla ennen lukuvuoden alkua. Ensimmäisenä vuonna englannin kielen suullinen ilmaisuni ei ollut erityisen sujuvaa, mutta opetus kuitenkin lähti käyntiin: oppilaani ymmärsivät minua ja minä ymmärsin oppilaita. Luonnollisesti valmistelin myös kaiken kirjallisen opetusmateriaalin englannin kielellä. IB-opetuksen käynnistäminen oli runsaasti aikaa ja voimia vaativaa.

Aluksi opetin IB-ohjelmassa kaksi vuotta kemiaa, jonka jälkeen aloitin fysiikan opetuksen. Siinä vaiheessa ei enää tarvinnut juurikaan kiinnittää huomiota opetuskieleen, pääpaino oli oppiaineen sisällössä. Laadin mielestäni hyvät luentomuistiinpanot, demonstraatiot ja harjoitustehtävät. Selitin asiat mahdollisimman selkeästi painottaen käsitteiden merkityksiä. Innokkaimmat opiskelijat osallistuivat aktiivisesti opetuskeskusteluun, mutta heitä oli aina vain pieni osa luokan koko opiskelijamäärästä. Ajattelin silti kaiken olevan kunnossa, koska muu luokka näytti tarkoin seuraavan opetusta.

Teetin suurin odotuksin valmistavalla IB-ryhmällä mekaniikan peruskäsitteiden ymmärtämistä testaavan monivalintatestin (Force Concept Inventory), joka oli tullut hyvin suosituksi Yhdysvalloissa. Testin tulos oli minulle suuri pettymys: huolimatta käsitteellistä ymmärtämistä painottavasta luennoista, demonstraatioista ja opetuskeskusteluista suurin osa oppilaista oli saavuttanut vain vaatimattoman ymmärtämisen tason. Syynä heikkoon menestykseen ei ollut käytetty opetuskieli; opiskelijat vakuuttivat, että heillä ei ollut vaikeuksia seurata opetusta. Tätä johtopäätöstä tuki myös se, että käytetyn käsitteiden tulokset olivat perinteisen opetuksen jälkeen vaatimattomia myös Yhdysvalloissa.

Tulos pakotti opetustani kriittiseen arviointiin. Aikaisemmin tähän ei ollut syntynyt tarvetta, koska opiskelijani olivat menestyneet varsin hyvin perinteisissä fysiikan laskennallista hallintaa mittaavissa testeissä. Oivalsin, että todennäköinen syy heikkoon käsitteiden hallintaan oli siinä, että vain harvat todella osallistuivat aktiivisesti opetuskeskusteluun eli puhuivat fysiikkaa. Niinpä aloin etsimään vaihtoehtoa perinteiselle opetuskeskustelulle.

2. Peer Instruction: fysiikan opetusta Harvardin malliin

Tutustuin moniin vaihtoehtoisiiin opetusmenetelmiin, mutta eivät vaikuttaneet sopivilta. Sitten löysin Harvardin yliopiston professori Mazurin (1997) kehittämän Peer Instruction -menetelmän. Sen tavoitteena on merkittävästi lisätä opiskelijoiden osallistumista luennoilla ja kiinnittää huomio perustavaa laatua oleviin käsitteisiin. Luennot koostuvat

avainkohtien esityksistä, joita seuraa lyhyt käsitetesti (ConcepTest). Käsitetestin teettäminen koostuu seuraavista vaiheista:

- 1) Esitetään kysymys (esim. kalvolla)
- 2) Opiskelijoille annetaan aikaa ajatella vastausta.
- 3) Opiskelijat koettavat vakuuttaa vieruskaveriaan (peer) vastauksestaan.
- 4) Opettaja selvittää oikein vastanneiden lukumäärän.
- 5) Opettaja selittää oikean vastauksen.

Tämä prosessi kestää muutamia minuutteja. Opettaja saa näin välittömän palautteen opiskelijoiden osaamisesta, ja pystyy tarvittaessa jatkamaan saman asian opettamista. Mazurin käyttämien monivalintatehtävien sijasta olen käyttänyt avoimia selitystehtäviä, jotka liittyvät esimerkiksi pieneen demonstraatioon tai oppikirjan kuvioon. Käsitteellisten tehtävien tarkoituksena on aktivoida opiskelijat puhumaan fysiikkaa. Ajatuksena on, että sosiaalisen vuorovaikutuksen kautta opiskelija eksplikoi omaa ajatteluaan, saa muilta reflektion aineksia ja tulee tietoisiksi omista käsityksistään.

Opetustilanteisiin liittyvien tehtävien lisäksi olen käyttänyt myös fysiikan opetuksen tutkimuksen tuottamaa materiaalia, jota on runsaasti saatavilla englanninkielellä. Olen käyttänyt tällaisia englanninkielisiä tehtäviä sekä IB-ryhmissä että suomalaisen opetussuunnitelman mukaisissa ryhmissä. Suomalaisenkin ohjelman mukaan opiskelevien valmius käyttää englanninkielistä materiaalia on ollut erittäin hyvä. Tarvittaessa olen kääntänyt tehtäviä suomenkielelle.

Peer Instruction on tuottanut loistavia tuloksia Harvardin yliopistossa. Myös omien opiskelijoideni käsitteellisen ymmärtämisen taso parani merkittävästi. Mekaniikan peruskäsitteiden ymmärtämistä mittaavien testien tulokset ovat olleet hyvin rohkaisevia; olen dokumentoinut niitä kansainvälisissä julkaisuissa. Luonnollisesti olen arvioinut käsitteellistä ymmärtämistä ja sen kehittymistä monella eri mittarilla: erilaisilla kirjallisilla tehtävillä ja haastatteluilla.

Tarkastelen seuraavassa, mitä fysiikan käsitteellinen ymmärtäminen – fysiikan kielen hallinta – pitää sisällään.

3. Fysiikan kieli

Fysiikassa kuten monella muullakin tiedon alueella käytetään erilaisia representaatioita, esitysmuotoja, tiedon esittämiseen ja välittämiseen. Lemke (1990) on kiinnittänyt huomiota siihen, että tieteen ymmärtäminen edellyttää ”tieteen puhumista” (talking science). Asiaa havainnollistaa esimerkki vieraan kielen oppimisesta: opiskelija voisi opiskella runsaan valikoiman fraaseja erilaisiin tilanteisiin. Jos joku puhuttelee häntä tietyllä fraasilla, hän osaa vastata sopivalla tavalla. Osaaminen voi olla kuitenkin hyvin pinnallista: jos keskustelukumppani esittääkin asiansa jollakin muulla tavalla kuin opetellulla fraasilla, keskustelusta ei tule mitään. Opiskelijan kielitaito on siten voimakkaasti kontekstista riippuvaa. Vaikka fraasit sinänsä ovat hyödyllisiä, opiskelija ei kykene soveltamaan oppimaansa mihinkään, joka poikkeaa opitusta. Näin voi olla myös fysiikassa: opiskelijalla saattaa olla laajakin varasto erilaisia reseptejä ja ulkoa opittuja ongelman ratkaisun

malleja, mutta niihin ei liity merkityksiä eivätkä ne muodosta käyttökelpoista tietorakennetta.

Fysiikan 'puhuminen' edellyttää sanallisen esittämisen lisäksi useiden esitysmuotojen sujuvaa hallintaa: kuvaajia, erilaisia diagrammeja, vektoriesityksiä ja matemaattisen esitysmuotoa. Vasta näiden joustavasta käytöstä, siirtymisestä esitysmuodosta toiseen, syntyy ekspertin kaltainen käsitteellinen ja myös laskennallinen fysiikan hallinta. Olen kutsunut tätä esitysmuotojen koherenssiksi (representational coherence) (Savinainen ja Viiri 2003). Tämä tarkoittaa, että opiskelija kykenee käyttämään saman ilmiön tai tehtävän analysointiin useita esitysmuotoja ja siirtymään tarvittaessa esitysmuotojen välillä. Esitysmuotojen koherenssi ei synny itsestään, varsinkin eri esitysmuotojen väliset siirtymät ovat ainakin aluksi vaativia tehtäviä. Tämä täytyy ottaa opetuksessa huomioon: opiskelijalle pitää tarjota runsaasti tilaisuuksia harjoitella eri esitysmuotojen soveltamista erilaisten fysikaalisten tilanteiden analysoinnissa. Tähän soveltuu Peer Instruction erinomaisesti.

Fysiikan kielen hallintaan kuuluu oleellisena osana fysiikan käsitteellinen koherenssi (conceptual framework coherence). Se edellyttää sitä, että samaan aihepiiriin liittyvät käsitteet ovat erottuneet (differentiation) toisistaan ja toisaalta niiden väliset yhteydet (integration) ovat hyvin muodostuneet. Esimerkiksi opiskelijoilla on usein vaikeuksia erottaa toisistaan nopeuden ja kiihtyvyyden käsitteitä. Kiihtyvyys mittaa sitä, kuinka nopeasti nopeuden suuruus ja/tai suunta muuttuvat ajan suhteen. Kiihtyvyydellä on yhteys nopeuden muutokseen, mutta ei nopeuden hetkelliseen arvoon. Tämä saattaa kuulostaa helpolta, mutta tutkimus on osoittanut, että kiihtyvyyden käsite on vaativa. Eräässä tutkimuksessa haastateltiin viittä fysiikan professoria, jotka olivat opettaneet yliopistofysiikan peruskurssin. Vain yksi professori osoitti täydellistä kiihtyvyyden käsitteen hallintaa; muilla oli fysiikan 'kielitaidossa' runsaasti parantamisen varaa!

4. Fysiikka vieraana kielenä ja fysiikan opettamisesta vieraalla kielellä

Kuten esityksestäni käy ilmi, fysiikkaa voi todella pitää vieraana kielenä riippumatta siitä, millä luonnollisella kielellä sitä opiskellaan (katso myös Saari 2000 ja Roth 1993). Hankaluutena on usein se, että monet fysiikan käsitteet ovat käytössä myös arkikielessä, jossa niiden merkitys voi huomattavasti poiketa fysiikan tarkoin määritellystä merkityksestä. Esimerkkinä voisi ottaa voiman käsitteen. Arkiajattelussa voima kuvaa henkilön tai kappaleen ominaisuutta ("nopeasti liikkuvalla kappaleella on paljon voimaa"). Fysiikassa voima on kahden kappaleen välisen vuorovaikutuksen voimakkuuden mitta, ei kappaleen ominaisuus. On luonnollista, että opiskelija tuo aikaisemmat käsityksensä mukaan oppitunneille. Toisinaan niistä on hyötyä fysiikan käsitteen muodostuksessa, toisinaan ne saattavat olla esteenä.

Opiskelijat eivät voi itse keksiä fysiikan käsitteitä (kylläkin sopivalla ohjauksella fysiikan lakeja). Tässä auttaa hyvä oppikirja, jota opiskelijat kykenevät itsenäisestikin lukemaan. Uuteen asiaan etukäteen tutustuminen lukemalla onkin yksi Peer Instruction – menetelmään kuuluvia piirteitä. Siten opiskelijat saavat esimerkkejä fysiikan kielen käytöstä oppikirjaa lukemalla, opettajaa kuuntelemalla ja toisten opiskelijoiden kanssa keskustelemalla. Fysiikan käsitteet saavat merkityksensä empiirisistä havainnoista ja sosiaalisesta vuorovaikutuksesta. Voidaankin sanoa, että luonnollinen kieli, jolla fysiikkaa opiskellaan ei sinänsä ole ratkaisevaa. Esimerkiksi opiskelija rakentaa IB-ohjelmassa

merkityksiä ilmaisulle 'acceleration' ja suomenkielisessä ohjelmassa ilmaisulle 'kiihtyvyys'. Fysikaalinen sisältö on kummassakin tapauksessa sama.

Mitä vieraalla kielellä opettaminen vaatii opettajalta? On selvää, että opettajan kielitaidon on oltava riittävällä tasolla, jotta opetusta ylipäättäen voi vieraalla kielellä antaa. Tämän lisäksi opettajalla on oltava ainekohtainen sanasto hyvin hallinnassa. Oma kouluni on tukenut kielitaidon kehittymistä IB-ohjelman alusta alkaen Suomessa ja Englannissa järjestetyillä kielikursseilla. Opettajia on kannustettu myös tavoitteelliseen, kielitutkintoon tähtäävään opiskeluun. Tämä on ollut omalla kohdallani apuna vieraskielisen opetuksen toteuttamisessa. On silti hyvä huomata, että sopivalla opetusmenetelmän valinnalla opettajan ei tarvitse puhua koko ajan. Saattaa jopa olla niin, että opiskelijat oppivat fysiikkaa paremmin, jos he saavat riittävästi tilaisuuksia harjoitella fysiikan kielen käyttöä.

Lähteet

Lemke, J. (1990). *Talking Science*, (Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation).

Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*, (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall).

Roth, W.M. (1993). Construction Sites: Science Labs and Classrooms. In K. Tobin (Ed.): *The Practice of Constructivism in Science Education*. (New Jersey: Erlbaum), 145-170.

Saari, H. (2000). Excuse me, do you speak physics?, *Dimensio* 1, 48-49. Online at <<http://norssi.joensuu.fi/hankkeet/luma/Heikki4.pdf>>.

Savinainen, A. and Viiri, J. (2003). Using the Force Concept Inventory to Characterise Students' Conceptual Coherence. In Haapasalo, L. and Sormunen, K. (Eds.): *Towards Meaningful Mathematics and Science Education*, Proceeding on the IXX Symposium of Finnish Mathematics and Science Education Research Association. Bulletin of Faculty of Education, No:86, University of Joensuu. Online at <<http://kotisivu.mtv3.fi/physics/>> (click "Downloads").