

GRAAFINEN ESITYS PERUSKOULUN FYSIIKAN OPETUKSESSA ¹

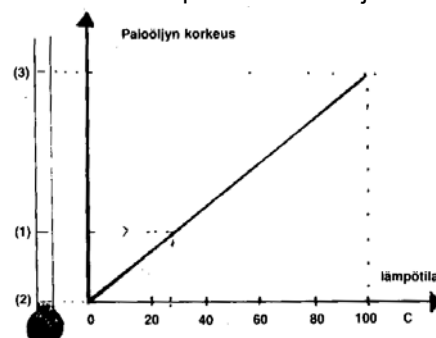
Pirkko Kurittu, Martinlaakson yläaste, Vantaa
Maija Ahtee, Opettajankoulutuslaitos, Helsingin yliopisto
Kaarle Kurki-Suonio, Fysiikan laitos, Helsingin yliopisto

■ Tämä kirjoitus pohjautuu Helsingin yliopiston fysiikan laitoksella tehtyyn pro gradu -tutkielmaan, jonka tavoitteena oli selvittää graafisen esityksen merkitystä ja käyttömahdollisuuksia peruskoulun fysiikan opetuksessa. Sitä varten tutkimuksen tekijä suunnitteli ja toteutti joukon opetusjaksoja, jotka nojautuvat oppilaiden omaan kokeelliseen työskentelyyn, tulosten graafisen esityksen laatimiseen ja tulkintaan.

Jaksoja kokeiltiin peruskoulun yläasteella. Tulokset olivat hyvin positiivisia. Oppilaat työskentelivät ajoittain innostuneesti, eriyttäminen onnistui hyvin ja heikoimmatkin pysyivät mukana. Testit osoittivat, että jaksosten opetustavoitteet saavutettiin erinomaisesti. Työt sinänsä ovat yksinkertaisia. Olennaista niiden suunnittelussa ja toteutuksessa on niihin liittyvä, oppilaiden omiin havaintoihin nojautuva lainalaisuuksien hahmottaminen, jota itse laaditut graafiset esitykset tukevat. Jaksojen aiheina olivat: Celsiuslämpömittari, jousivoiman laki, aineen tiheys, kitkavoima, Ohmin laki ja heilurin heilahdusaika, joista ensimmäinen ja kolmas esitellään tässä lyhyesti esimerkkeinä.

Lämpötila-asteikko

Tehtävänä on lämpömittarin valmistaminen ja luokkahuoneen lämpötilan mittaaminen sillä. Tämä on tuttu peruskoulun seitsemännen luokan oppilastyö. Oppilaille annetaan valmis lämpömittarin malli, paloöljyä sisältävä säiliö, johon liittyy lasi putki. Putkeen merkitään tussilla öljyn korkeus (1.) työtä aloitettaessa. (2.) kun säiliö on vesi-jää-seoksessa ja (3.) kun säiliö on kiehuvässä vedessä. Lämpötila-asteikko voidaan nyt laatia graafisena esityksenä vihkoon. Vaaka-akseliksi piirretään ruutuja hyväksi käyttäen lämpötila-asteikko nolasta sataan asteeseen. Pystyasteikko saadaan asettamalla putki ruudukolle siten, että vesi-jää-seoksen viiva on vaaka-asteikon kohdalla. Pystyakselille merkitään kiehuvan veden ja alkutilanteen merkien paikat. Tämän jälkeen piirretään huolellisesti viivaimella suora peruspisteiden (0 DC, merkin 2. korkeus) ja (100 DC, merkin 3. korkeus) kautta. Luokkahuoneen lämpötila luetaan lopuksi suoralta merkin 1. kohdalta.



Kuva. Lämpötila-asteikon laatiminen

Työ on hyvä esimerkki siitä, kuinka graafista esitystä voidaan käyttää hyväksi turvautumatta lainkaan laskemiseen. Oppilaat voivat lukea lämpötilat suoraan ruudukosta ilman, että heidän tarvitsisi laskea asteikonvälin pituutta verrannon kautta. Näin saadaan myös heikoimmat oppilaat, joille kaikenlainen laskeminen on työlästä, pysymään mukana lämpötila-asteikon laatimisessa. Tarmoa ja halua jää vielä lämpömittarin ominaisuuksien pohtimiseen: Millaisissa tilanteissa tätä lämpömittaria voitaisiin käyttää? Voitaisiinko sillä mitata oman kehon lämpötila? Miten sillä voitaisiin mitata lämpötiloja, jotka ovat alle 0 DC tai yli 100 DC? Kuinka korkeisiin ja mataliin lämpötiloihin sillä voidaan päästä? Miten tarkka se on?

Tiheys

Aineen tiheys on ensimmäisiä fysiikan osuudessa opetettavia asioita seitsemännellä luokalla. Sitä lähestytään kvalitatiivisesti tarkastelemalla saman kokoisten ja erikokoisten eri aineista valmistettujen kappaleiden punnittuja massoja. Graafinen esitys sopii tähän yhteyteen erinomaisen hyvin. Punnitaan joukko samaa ainetta olevia kappaleita ja määritetään niiden tilavuudet upottamalla ne vettä sisältävään mittalasiin. Esimerkiksi muovailuvahasta saadaan helposti erikokoisia ja -muotoisia kappaleita. Myös nesteitä on helppo tutkia. Olennaista on, että käytetään eri aineita. Yhden on hyödyllistä olla vesi. Kukin ryhmä voi tutkia yhtä ainetta. Opettajan kanssa sovitaan asteikot tilavuus-massakoordinaatistolle, johon mittaustulokset kirjataan. Eri ryhmien tulosten vertaamiseksi kaikkien pitäisi käyttää sa-

¹ Dimensio 52, 7/1988, 44–45.

manlaista asteikkoa. Todetaan, että mittauspisteet osuvat, kenellä tarkemmin kenellä vähemmän tarkasti, origon kautta kulkevalle suoralle, ja piirretään tämä suora näkyviin. Suoralta voidaan nyt lukea samaa ainetta olevan kappaleen tilavuus, kun sen massa tunnetaan, tai päinvastoin. Erityisesti luetaan 1 cm^3 :n suuruisen kappaleen massa.

Eri ryhmien tuloksia verrattaessa nähdään, että eri ainetta vastaavilla suorilla on erilaiset jyrkkyydet. Jyrkkyyden ymmärretään olevan aineelle ominainen ja sen oivalletaan kuvastavan aineen tiheyttä. Voidaan myös huomata, että aineet, joiden suora on jyrkempi kuin veden, uppoavat veteen, ne, joiden suora on loivempi, kelluvat. Ei ole mitään syytä matematisoida tarkastelua puhumalla suoran fysikaalisesta kulmakertoimesta ja algebrallistaa sen avulla tiheyden käsitettä. Pohja tällaiselle myöhemmälle käsitteen muodostukselle on kuitenkin jo syntynyt, ja monilla oppilailla tämä abstraktio tapahtuu jo tässä yhteydessä omana oivalluksena.

Tulosten vertailu johtaa keskustelussa automaattisesti myös tulosten, välineiden, mittaus- ja työtapojen tarkkuuteen. Kiirettä tulee välttää. Jos tuntuu, että näin käytetään aivan liikaa aikaa tiheyden opettamiseen, on hyvä huomata, että tässä opitaan tiheyden varjolla monia tärkeitä asioita, mittausmenetelmiä, mittaamista, mittaustulosten käsittelyä, esittämistä ja arviointia. Ennen kaikkea tällainen työskentely kasvattaa oman kokemuksen kautta aitoon kokeelliseen työskentelyyn, jolle luonnontieteellinen tieto perustuu ja antaa pohjaa fysikaaliselle käsitteenmuodostukselle ja ajattelutavalle. On merkille pantavaa, että monia oppilaita erityisesti innosti työhön liittyvä tieteellisyyden tuntu.

Graafisen esityksen merkitys

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös graafisen esityksen asemaa kouluopetuksessa opetussuunnitelmien ja oppikirjojen valossa. Graafisen esityksen perusteisiin liittyvää opetusta on varsinaisesti vain matematiikan yhteydessä. Muissa aineissa sitä käytetään, joskus runsaastikin, mutta hajanaisesti ja epäsystemaattisesti tavalla, joka kuvastaa likimain sokeaa luottamusta siihen, että oppilaat ymmärtävät sen automaattisesti. Kokemukset fysiikan opetuksen ylempiltä asteilta, aina yliopistoa myöten, osoittavat kuitenkin aivan hämmästyttäviä puutteita graafisen esityksen käyttötaidoissa ja ymmärtämisessä. Lähempi tarkastelu osoittaa, että graafisen esityksen opetuksessa ja käytössä vallitsee aivan ylivoimaisesti teoreettinen lähestymistapa. Näyttää siltä, että se opitaan vain abstraktin algebrallisen esityksen konkretisointina. Muuten oppilas kohtaa sen valmiina esityksissä, joita hänen pitää tulkita. Tämä on aina teoriasta havaintoon suuntautuva ongelman asettelu. Tulkintavaatimukset vaihtelevat yksittäisten lukuarvojen lukemisesta kvalitatiivisiin esitetyn funktion tai riippuvuuden luonnetta koskeviin tarkasteluihin. Lukion fysiikassa graafisen esityksen käyttötarve monipuolistuu. Kuvaajan tangentin fysikaalista kulmakerrointa käytetään esittämään suureen muuttumisnopeutta (graafinen derivointi). Samoin suureen "kertymä" opitaan lukemaan sen "kertymisnopeuden" kuvaajan rajaamana fysikaalisena pinta-alana (graafinen integrointi). Näin saadaan esimerkiksi kappaleen kulkema matka, kun nopeus on esitetty ajan funktiona, ja voiman tekemä työ, kun kappaleeseen vaikuttava voima on esitetty matkan funktiona.

Graafisen esityksen merkitys luonnollisen, havaintojen hahmottamiseen perustuvan, käsitteenmuodostuksen perusvaiheena ja keskeisenä välineenä ei juuri käy ilmi kouluopetuksessa. Kun lähtökohtana on suureiden määrittely algebrallisina lausekkeina ja fysiikan lakien esitys algebrallisina yhtälöinä, graafinen esitys jää vain havainnollistukseksi. Fysiikan opetuksessa on selvästi nähty, että kaavojen opettaminen on väärä lähtökohta. Se edustaa teoreettista lähestymistapaa, jossa koko tarkastelu jää abstraktiksi ja todellisesta luonnosta irralliseksi eikä anna pohjaa fysiikan ymmärtämiselle. Lukiossakin oppilailla on vaikeuksia liittää tehtävän graafinen esitys todelliseen tapahtumaan. Tämä tuli selvästi ilmi analysoitaessa kevään 1984 reaalikokeen fysiikan tehtävää, missä piti annettujen paikka-aika kuvaajien avulla määrittää ajan hetki, jolloin eri radoilla liikkuvilla kappaleilla oli sama nopeus. Yli 40 % vastaajista väitti, että kappaleilla on sama nopeus käyrien leikkauspisteessä. Teoreettinen, abstraktista konkreettiseen suuntautuva, lähestymistapa aiheuttaa, että itse esityksen oppiminen jää pinnalliseksi. Pahempi on kuitenkin sen asenteellinen vaikutus. Abstraktinen koetaan vaikeaksi, konkreettinen havainnollistus alempiarvoiseksi. Tämä näkyy hyvin selvästi yliopiston fysiikan opiskelijoissa ja monissa assistenteissa. Graafista käsittelyä vieroksutaan ja vähän häpeillään. Se pyritään järjestelmällisesti korvaamaan arvokkaammalla, mutta usein lähes "läpinäkymättömällä", algebrallisella esityksellä. Tämän perusteella on aihetta uumoilla, että sama alitajuinen asennoituminen vaikuttaa myös fysiikan opettajiin ja jarruttaa graafisen esityksen opetusta ja sen hyväksikäyttöä koulussa.

Luonnontieteissä ilmiöistä tehdään havaintoja ja mittauksia ja niiden avulla kehitetään kokeellisia lakeja, joita testataan uusilla mittauksilla. Mittaus on siis luonnontieteellisen tiedon perusta. Kokeellisen lain matemaattiset ja graafiset esitysmuodot ovat ilmiön malleja. Graafinen esitys on selkeä ja havainnollinen, se on algebrallisen esityksen esiaste.

Graafisen esityksen tärkein merkitys fysiikassa tulee esille, kun kuvaajan avulla löydetään suureiden välisistä riippuvuuksista kokeellisia lakeja ja uusia suureita. Tämän harjoittelu kuuluu var-

sinaisesti lukioon, mutta jo peruskoulun tasolla on selvästi nähtävissä, että graafista esitystä käytettäessä uudet käsitteet alkavat vähitellen hahmottua ja samalla käsitys kuvaajien merkityksestä fysiikaalisten lakien esityksinä alkaa muotoutua. Oppilaat ymmärsivät, että massaa tilavuuden funktiona esittävän suoran jyrkkyys kuvasti aineen tiivyyttä ja kun sitä verrattiin vastaavaan veden kuvaajaan, voitiin päätellä, kelluiko vai upposiko aineesta tehty kappale vedessä.

Kokeellisen lähestymistavan mukaisessa opetuksessa graafinen esitys laaditaan itse omien mittausten esitykseksi. Tällöin se kuvaa omia kvantitatiivisia havaintoja todellisesta ilmiöstä, ja sen merkitys eletään aivan toisella tavalla. Kuvaajan lukeminen ja tulkitseminen ei tämän jälkeen ole enää ongelma. Opettajan pitää toki erikseen kiinnittää huomiota käytännön seikkoihin kuten asteikon valintaan ja graafiseen tasoitukseen, mutta lähes itsestään selvästi syntyy kuva, että laeilla on äärellinen esitystarkkuus ja pätevyysalue. Samalla päästään alusta alkaen irti matemaattisuuden ylikorostuksesta ja kaavojen ehdottomuus häviää.

Tässä työssä suoritettu tutkimus osoittaa, että graafinen esitys kokeelliseen lähestymistapaan liitettyinä tarjoaa mahdollisuuden fysiikan käsitteiden ja ajattelutavan oppimiselle jo peruskoulussa. Uusia suureita ei tällöin määritellä algebrallisina lausekkeina eikä lakeja tarvitse esittää yhtälöinä, vaikka jotkut oppilaat oivaltavatkin nämä mahdollisuudet itsenäisesti jo tässä yhteydessä. Näin lakien merkitys säännönmukaisuuksien esityksinä syvenee. Samalla luodaan valmiuksia algebrallisen esityksen oppimiselle myöhemmin. □

Lähdeviitteet:

Kurittu, P. 1988. *Graafinen esitys peruskoulun fysiikan opetuksessa.*

Pro gradu. Fysiikan laitos. Helsingin yliopisto.

Kurki-Suonio, K. & R. 1988. *Kokeellisen ja teoreettisen lähestymistavan tuntomerkit fysiikan opetuksessa.*

Dimensio 1/88.

Kurki-Suonio, K. 1980. *Kaavatauti - oireet, hoito ja ehkäisy.* MAA 3/80.

Ahtee, M., Ahtee, A. & Forsblom, K.I.C. 1985. *Nopeuskäsitteen ymmärtäminen. Kevään 1984 reaalikokeen fysiikan tehtävän analysointi.* MAA 2/85.