

Didaktisen fysiikan kokeellisuus

Periaatteet

Hahmottava lähestymistapa

Didaktisen fysiikan kokeellisuus I ja II -kursseilla käsitellään fysiikan käsite rakenteita ja kokeellisuutta fysiikan opetuksessa **hahmottavan lähestymistavan** mukaisesti. Se esitellään kirjassa *Kurki-Suonio, K&R: Fysiikan merkitykset ja rakenteet. Limes 1994*. Hahmottava lähestymistapa painottaa käsitteiden empiiristä taustaa: **jokaisen uuden käsitteen käyttöönotto perustuu empiriaan, siis kokeisiin tai havaintoihin**. Käsitehierarkiaa korostetaan: uudet käsitteet rakentuvat jo tunnettujen käsitteiden pohjalle. Hahmottava lähestymistapa tarjoaa selkeän mallin käsitteenmuodostuksen etenemiselle, jonka avulla kunkin aihealueen kaikenlaatuinen kokeellisuus tulee käydyksi läpi.

Rajoitusten sivuuttaminen

Kouluopetuksessa kokeellisuuden toteuttamista saattavat hankaloittaa monet käytännön rajoitteet, kuten välineistön puutteet, epätarkoituksenmukaiset opetustilat, sekä ajankäyttöön ja oppilaiden motivaatioon liittyvät ongelmat. Kaikki nämä jätetään huomiotta kurssin aiheita laadittaessa. Näin kurssilaiset voivat todeta rajoituksista vapaan kokeellisuuden mahdollisuudet, ja käytännön opetustyössään toivottavasti ryhtyvät toimiin rajoitusten poistamiseksi.

Aihekokonaisuudet ja aiheittävät kootaan itse käsite rakenteen, ei luokkatason eikä opetussuunnitelman perusteiden ehdoilla

Kurssin aihekokonaisuuksia ei ole sidottu tietylle luokkatasolle. Kokonaisuuden käsittely alkaa aina perushahmottavista kokeista, usein alakoulussa käsiteltäväksi sopivalta tasolta. Tästä edetään vaativampiin kvantitatiivisiin kokeisiin, ja päädytään lukiofysiikan tasolle tai jossain tapauksissa hieman sen yli. Näin kurssilaisille muodostuu yhtenäinen kuva aihealueesta, käytännön opetustyössä siitä valitaan opetettavalle tasolle sopiva osuus.

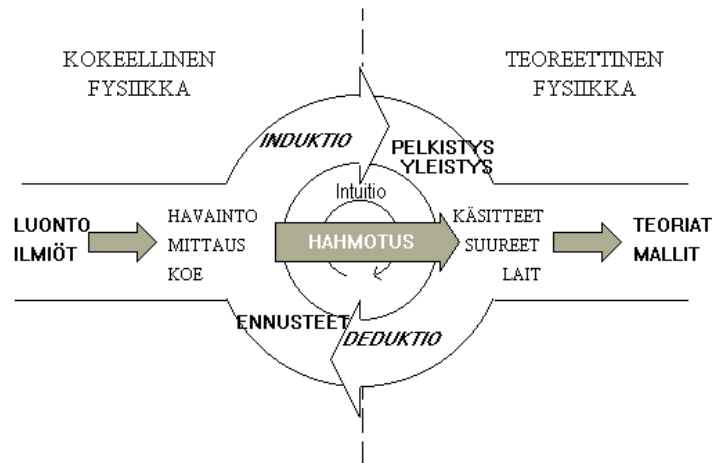
Kouluopetus ei voi edetä kurssin mallin mukaan ankan hierarkkisesti, yhtenä syynä se että peruskoulun ja lukion opetussuunnitelmien perusteiden muodostama kokonaisuus fysiikasta ei käytännön syistä voi olla täysin hierarkkinen. Jo peruskoulun päättävillä oppilailla edellytetään olevan jonkinlainen kuva sangen korkealla käsitehierarkiassa olevista kvantitatiivisista ja abstrakteista käsitteistä. Siksi asioita käsitellään monella luokkatasolla, useaan kertaan, vähitellen ymmärrystä syventäen. Erityisesti joitakin suureita, kuten voima, aletaan käyttää ennen niiden formaalia kvantifiointia. Tämä ei ole ongelma, suure voidaan ottaa käyttöön mittarikvantifiointin kautta (kts alla), kunhan pidetään huoli siitä että **jokaisesta suureesta ymmärretään, minkä olion tai ilmiön mitä ominaisuutta suure kuvaa**. Toisaalta täytyy varoa opettamasta jotain sellaista, mistä pitää oppia myöhemmin pois, kun käsityksiä myöhemmissä opinnoissa syvennetään. On hyvä muistaa Einsteinin ohje: **asiat pitää esittää niin yksinkertaisesti kuin mahdollista, mutta ei sen yksinkertaisemmin**.

Käsitteenmuodostus luonnontieteissä

Yksi hahmottavan lähestymistavan perusajatuksia on, että uuden tiedon syntyprosessi on pohjimmiltaan samanlainen, oli kyseessä yksilön oppimisprosessi tai koko ihmiskunnalle uuden tieteellisen tiedon luominen.

Kaavio esittää luonnontieteellisen käsitteenmuodostuksen mallia. Sen oleelliset piirteet ovat:

- Käsitteenmuodostuksen pääsuunta on luonnosta ja havainnoista kohti teoriaa.
- Havaintojen ja koetulosten perusteella muodostetaan ilmiöön liittyvät käsitteet sekä induktiopäätelyä käyttäen laki, jonka ajatellaan kuvaavan ilmiötä yleisesti. Myös suureet syntyvät määrittelylakien kautta.
- Lain pohjalta tehdään deduktiopäätelyllä ennuste siitä miten luonto käyttäytyy. Ennuste testataan kokeellisesti.
- Jos ennuste pitää paikkansa, lain pätevyys saa vahvistuksen. Jos ennuste ei pidä paikkansa, ilmiöstä on löydetty uusia piirteitä joiden pohjalta on löydettävissä uutta tietoa luonnosta. Tehdään uusia kokeita, muodostetaan tarkennettu laki, tehdään uusi ennuste jne.
- Löydettyjen lakien pohjalta muodostuu laajempia teorioita ja malleja, jotka selittävät miksi lait ovat sellaisia kuin ovat.
- Käsitteenmuodostusprosessin tekee mahdolliseksi ihmismielelle ominainen kyky hahmottaa säännönmukaisuuksia ja syy-seuraus -suhteita, sekä erottaa oleellinen epäoleellisesta.



On huomattava että vaikka yksilön oppimisprosessissa on yhtäläisyyksiä tieteellisen tiedon syntyyn, käytännössä koulufysiikan opiskelu ei voi kokonaisuutena edetä kuten tieteellinen tutkimustyö. Koululaisia ei voi yksilöinä eikä ryhmänä vaatia toistamaan työtä ja löytämään itse tuloksia, jotka ovat aikanaan vaatineet lukuisten ihmiskunnan suurimpien nerojen elämäntyön. Hahmotusprosessia pitää virtaviivaistaa ja oppilasta pitää ohjata oikeaan suuntaan. Kuitenkin perusidea pitää säilyttää: kaikilla käsitteillä, aivan erityisesti suureilla ja laeilla on empiirinen pohja. Opiskelua ei pidä aloittaa valmiista teoriasta, vaan pitää saavuttaa ymmärrys miten teoriaan on päädytty.

Fysiikan käsitteenmuodostuksen tasot

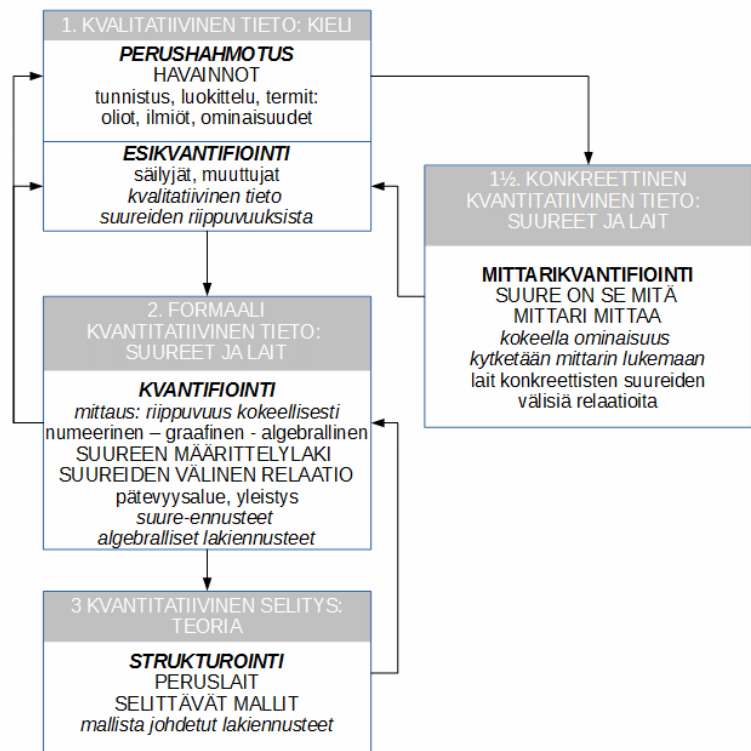
Aihealueen käsitteenmuodostus alkaa havaintoihin pohjaavalla **perushahmotuksella**: tunnistetaan ja nimetään luonnosta oliota ja ilmiöitä, ja niihin liittyviä ominaisuuksia. Havaitaan myös ominaisuuksien välisiä riippuvuuksia: kun yksi ominaisuus voimistuu, toinen voimistuu tai heikkenee, ja kolmas mahdollisesti pysyy vakiona. Näin rakentuu kvalitatiivista tietoa joka voidaan esittää puhutun kielen avulla, ilman matematiikkaa. Kvalitatiivisen tason tieto on konkreettista, se kytkeytyy suoraan havaittaviin asioihin.

Fysiikalle on ominaista, että löydettyjä ominaisuuksia pyritään kuvaamaan mitattavilla suureilla. Ominaisuuksien välisille riippuvuuksille pyritään löytämään vastaavat suureiden relaatiot, jotka esitetään matemaattisessa muodossa. Tällöin siirrytään kvantitatiivisen tiedon tasolle. Prosessia, jossa uuden suureen määrittelylaki tai uusi suureiden välinen laki kokeellisesti löydetään, kutsutaan **kvantifioinniksi**. Siihen tutustutaan kurssilla lukuisten esimerkkien kautta. Kvantifiointia edeltää **esikvantifioinniksi** kutsuttu prosessi, jolla perustellaan miksi itse kvantifioiva koe toteutetaan tietyllä tavalla.

Eräissä tapauksissa on mahdollista muodostaa myös ennusteita uusiksi suureiksi ja laeiksi ilman uusia kokeita,

jo olemassa olevien tulosten pohjalta. Ennusteet pitää kuitenkin testata kokeellisesti, jolloin todetaan lain pätevän tai suureen olevan mielekäs.

Käsitteenmuodostuksen ylin taso johtaa kvantitatiivisesta tiedosta kvantitatiiviseen selitykseen. Tällöin suureiden välisistä laeista muodostetaan laajempi kokonaisuus, selittävä malli, joka perustelee miksi yksittäiset lait ovat sellaisia kuin ovat. Prosessia kutsutaan **strukturoidinniksi**. Esimerkiksi yleinen energiakäsite on selittävä malli, ja yleinen energian säilyminen on peruslaki. Mallista voidaan johtaa lakiennusteita, joita on mahdollista testata.



Käsiteluokat

Kuten edellä olevasta ilmenee, fysiikan käsitteet voidaan jakaa *käsiteluokkiin*.

Kvalitatiiviset käsitteet:

- **Oliot.** Maailmasta erottuvat objektit. Voivat olla aineellisia kuten kappaleet, tai ei-aineellisia kuten projisoitu kuva.
- **Ilmiöt.** Maailmassa esiintyvät tapahtumat.
Joidenkin käsitteiden osalta voi olla hankala päättää, onko kyseessä olio vai ilmiö. Esimerkiksi *aalto* ja *kenttä* ovat tällaisia käsitteitä. Niitä voidaan näkökulmasta riippuen pitää joko objekteina tai tapahtumina, eikä tästä aiheudu ongelmaa, koska sekä oliot että ilmiöt ovat ominaisuuksien kantajia.
- **Ominaisuudet.** Liittyvät olioihin tai ilmiöihin. Tällä kurssilla ominaisuudella tarkoitetaan piirrettä, jolla voi olla aste-eroja. Ominaisuus voi siis olla suurempi tai pienempi, heikompi tai voimakkaampi. Fysiikan kannalta mielenkiintoisimpia ovat ominaisuudet, jotka voidaan kvantifioida suureiksi.

Kvantitatiiviset käsitteet:

- **Suureet.** Mitattavia ominaisuuksia. Jokainen suure kuvaa tietyn olion tai ilmiön tiettyä ominaisuutta.
- **Lait.** Suureiden välisiä riippuvuuksia kuvaavia matemaattisia relaatioita. Jokaisella suureella

on määrittelylaki, joka kertoo miten suureen arvo voidaan määrittää, siis mitata.

- **Peruslait ja selittävät mallit.** Laajan ilmiöalueen kattavia käsiterakenteita, jotka selittävät miksi ilmiöihin liittyvät lait ovat sellaisia kuin ovat.

Hyvin usein ominaisuudelle ja sitä vastaavalle suurelle käytetään samaa nimeä (esim. nopeus). Jossain tapauksessa sekä ilmiötä, sen tiettyä ominaisuutta ja tätä ominaisuutta kuvaavaa suuretta kutsutaan samalla nimellä (esim. voima). Tällöin pitää olla tarkkana, missä merkityksessä termiä käytetään. Suureilla on SI-standardin mukaiset nimet, joita pitää opetuksessakin käyttää. Puhutaan siis esim. sähkövirrasta, eikä virrasta.

Käsiteluokkia ei saa sekoittaa. Ei pidä puhua massan hitaudesta, eikä ripustaa massaa jouseen. Massa on suure, ei sillä ole hitautta eikä sitä saa mihinkään roikkumaan. Hitaus on kappaleen ominaisuus, ja jouseen ripustetaan myös jokin kappale, useimmiten punnus.

Käsiterakenteen suhde kognitiivisten kykyjen kehittymiseen

Formaalin kvantifioinnin ymmärtäminen vaatii [formaalisten operaatioiden tasolle](#) kehittyneitä ajattelukykyä, joka [fysiikan käsitteiden osalta kehittyy vasta suunnilleen yläkoulun 8.-9. luokalla](#). On kuitenkin mahdollista [ottaa käyttöön suureita myös konkreettisten operaatioiden tasolla](#), mittarikvantifioinnin avulla. Kokeella osoitetaan miten ominaisuus (esimerkiksi tuntemus lämpötilasta) ja mittarin lukema riippuvat toisistaan. Näin suure liitetään vastaavaan ominaisuuteen, mutta suuretta ei formaalisti määritellä. Konkreettisten operaatioiden tasolla matemaattisesti ilmaistavien lakien tarkastelu on mahdollista vain hyvin rajoitetusti. Täytyy pitäytyä vain sellaisiin lakeihin, joissa jokainen suure ja niiden välinen relaatio on helposti liitettävissä havaittaviin ominaisuuksiin ja ilmiöön (esim. jousivoiman laki: venymä, voima, jousen jäykkyys).

Käsitteenmuodostuksen tasoihin liittyvä kokeellisuus

