

Opettajien fysiikan opetuksen suuntaviivat Helsingin yliopistossa

Kaarle ja Riitta Kurki-Suonio

Fysiikan laitos

PL 9, 00014 Helsingin yliopisto

Teoksessa Jorma Enkenberg ja Kari Sormunen (toim.) Uudet menetelmät ja mahdollisuudet matemaattis-luonnontieteellisten aineiden oppimisessa. Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimuspäivät 22.-24.9.1994. Päivien esitykset. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunta. 1994, ss. 27-31.

Opettajien fysiikan opetuksen suuntaviivat Helsingin yliopistossa

Kaarle ja Riitta Kurki-Suonio

Fysiikan laitos

PL 9, 00014 Helsingin yliopisto

Tiivistelmä

Fysiikan opettajan suuntautumisvaihtoehdon syventäviin opintoihin kuuluu kolme opettajille suunniteltua 5 ov:n kurssia, (1) *Fysiikan perusteet*, (2) *Opettajien syventävä laboriokurssi* ja (3) *Fysiikan historia*, (4) 5 ov:n valinnaiset fysiikan opinnot sekä (5) 20 ov:n *pro gradu* -tutkielma.

Kursseilla (3) ja (2) on juurensa perinteisissä fysiikan historian ja demonstraatiokursseissa. Kurssin (1) pääteemaksi on muodostunut empiirisen käsitteenmuodostuksen periaatteiden soveltaminen, ts. sellaisen fysiikan opetuksen kehittäminen, joka ohjaisi oppilaita nojaamaan ajattelunsa havaintoihin ja oppimaan käsitteet, suureet, lait ja teorit empiirisesti hahmottuvien merkityksensä esityksinä. Opetuksen tällaisille periaatteille muotoutui työnimi *hahmottava lähestymistapa* (Kurki-Suonio, K. ja R., 1994c).

Kurssilla kehitettyjä ajatuksia on sovellettu fysiikan opetukseen eri tasoilla, mm. oppikirjojen laadintaan, demonstraatio-ohjelmien ja laboratoriotöiden suunnitteluun, ja ne ovat tarjonneet aiheita ja viittekehysten monille opin- näytetutkimuksille. Tämän hetken keskeisenä projektina on laboratoriorurssin kehittäminen *hahmottavan empirian* suunnittelukurssiksi.

Puitteet

Fysiikan opettajan suuntautumisvaihtoehdon opetuksen perustan voidaan katsoa lasketun jo 1970-luvun alussa, jolloin Helsingin yliopistoon perustettiin professorin virka *opettajien fysiikan opetusta* varten. Työ tällä opetuslalla painottui fysiikan perusopetuksen kehittämiseen fysiikan opettajan aineenhallinnan tarpeita vastaavaksi, tarkoituksenmukaisen laudaturopetuksen suunnitteluun ja järjestämiseen. Vuonna 1975 mukaan tuli valtakunnallinen kurssimuotoisen lukion suunnittelutyö, joka lisäsi opettajien täydennyskoulutuksen osuutta ja toi mukaan myös oppikirjojen tutkimuksen ja laadinnan.

Yliopiston nk. tutkinnonuudistus ei sinänsä muuttanut tätä tehtävänkuvaa, mutta konkretisoi vastuualueen erilliseksi opettajan suuntautumisvaihtoehdoksi, johon jo vakiintuneet demonstraatiokurssi ja fysiikan historian kurssi voitiin suoraan liittää.

Näiden lisäksi kokeiltiin v. 1981 ensimmäisen kerran uudentyypistä seminaarityypiseen työskentelyyn painottuvaa

opetusta, jossa opetuksen problematiikkaa tutkittiin yhdessä fysiikan käsitteellisen ja metodisen rakenteen näkökulmasta. Kurssilla ei ole tietoisia aikaisempia esikuvia, vaan se on rakennettu aineksista, jotka täydennyskoulutuksessa oli nähty opettajan työn kannalta tärkeiksi (Kurki-Suonio, K. ja R., 1994d).

Myönteinen palaute rohkaisi jatkamaan kokeilua. Kurssi pidettiin aluksi joka toinen vuosi. Osanottajamäärän lisääntyä se on vakiinnutettu vuodesta 1993 alkaen jokavuotiseksi. Se on säilyttänyt alkuperäisen, ei kovin osuvan, työ-nimensä *Fysiikan perusteet*, ja siitä on tullut aineenopettajan opintojen keskipiste ja fysiikan opetuksen kehittämisen ideariihi. Se on tarjonnut runsaasti ideoita opin- näytetöiden ja -tutkimusten aiheiksi. Erityisesti demonstraatio- kurssia on sen pohjalta pyritty kehittämään *hahmottavan empirian kokonaisvaltaisen suunnittelun* kurssiksi. Toinen kokeilukerta on alkamassa.

Opiskelu kurssilla on jakautunut perinteiseen tapaan "luentoihin" ja "harjoituksiin". Eräinä vuosina kurssiin on liittynyt yksi tai kaksi koko päivän työseminariaa. Osanottajat on jaettu pysyviin pienryhmiin. Harjoitustehtävät ovat olleet ryhmäkohtaisia, ja työskentely on perustunut suurelta osin ryhmien raportteihin ja ryhmien välisiin keskusteluihin, jotka toisinaan on organisoitu valittujen vastakkaisten näkökantojen väliseksi väittelyiksi. Ryhmät ovat toimineet myös luennoilla esimerkiksi valmistuen keskustelun pohjaksi tiivistelmiä annetuista aiheista. Työmuotona on käytetty myös *pikamietiskelyjä*, annetuista kysymyksistä laadittuja nopeita (n. 5 min./kysymys) spontaaneja kirjallisia tuotoksia. Nämä on joko luettu heti keskustelun pohjaksi tai kerätty ja pohdittu myöhemmin yhdes- sä kurssin vetäjien laatiman koonnin pohjalta.

Kolmella ensimmäisellä kerralla (1981, 1983, 1985) osanottajat pitivät seminaariesitelmän. Tästä oli valitettavasti luovuttava kurssin muutenkin suuren työmäärän vuoksi. Tämän asemesta on syksystä 1992 alkaen järjestetty *koulufysiikan ongelmien seminaari*, jossa on käsitelty vaihtelevia aiheita osanottajien kiinnostuksen mukaan ja esiteltä valmisteilla olevia oppinäytetöitä. Tänä vuonna se jatkuu opettajien laudaturseminaarin nimellä ja se on painottumassa yhä selvemmin graduseminaariksi. Suuntautumisvaihtoehdon

opetuksessa on ollut ratkaisevaa, että mukana on jatkuvasti ollut opintojaan täydentäviä tai muuten harrastuneita opettajia, jolloin on syntynyt hedelmällinen vuorovaikutus heidän ja nuorempien opiskelijoiden välillä.

Kaikki toiminta on tapahtunut tiiviissä yhteistyössä opettajankoulutuslaitoksen kanssa siitä alkaen, kun kasvatustieteellisessä tiedekunnassa on ollut matemaattisten aineiden didaktiikan apulaisprofessori. Joulukuussa 1993 tälle yhteistyölle luotiin kiinteämmät puitteet sopimalla didaktisen fysiikan ja fysiikan didaktiikan opetuksen ja tutkimuksen yhteistyöstä nk. DFFD-työryhmän puitteissa (Kurki-Suonio ja Meisalo, 1994).

Fysiikka oppiaineena

Opettajien fysiikan opetuksen kehittäminen on lähtenyt liikkeelle ongelmista, jotka liittyvät nk. teoreettisuuteen: kaikessa fysiikan opetuksesta saadussa palautteessa on voimakkaana yhteinen negatiivinen piirre. Fysiikka on koettu merkityksettömiksi kaavoiksi, ja sitä nimenomaan tällä perusteella pidetään hyödyttömänä oppiaineena. Tämä on niin vallitsevaa, että sitä on pidettävä todistusvoimaisena indikaationa koulun fysiikan opetuksen luonteesta. Myös opiskelijoiden koevastauksista paljastuu hämmäntävän selvästi, ettei heidän oppimallaan fysiikalla ole mitään yhteyttä ympäröivään luonnon todellisuuteen (vrt. esim. (Kurki-Suonio, K., 1980; 1984; Eskola ym., 1992). Sama kokemus välittyy vahvana myös keskusteluista opiskelijoiden kanssa. Opetuksen uudistamisen suunnittelusiakirjoissa ei turhaan ole vaadittu kokeellisuuden lisäämistä.

Fysiikan aineenopettajien opetuksen ensimmäiseksi tehtäväksi on nähty opiskelijoiden vakuuttaminen ongelman luonteesta. Vaikeutena on lähtökohdan negatiivisuus, joka helposti koetaan luotaantyöntäväksi. Tässä on hyödynnetty kurssimuotoisen lukion suunnittelutyön kokemuksia, joiden pohjalta on viritetty keskustelu koulun kasvatustavoitteista, fysiikan mahdollisuuksista toteuttaa niitä ja opetuksen käytäntöjen arvioinnista ja suunnittelusta tavoitteiden pohjalta (Kurki-Suonio, K., 1982).

Harjaannuttaminen toisenlaiseen lähestymistapaan on alettu *fysiikka ympäristössä* -harjoituksilla. Ryhmille on annettu lähtökohdaksi jokapäiväisen elämän tilanteita, sanomalehden uutissivu tai esimerkiksi ala-asteen tyypillisiä aiheita, kuten turvallinen koulutie, eläinlajeja, vuodenaajat luonnossa, ja annettu tehtäväksi niihin liittyvän fysiikan analysoiminen.

Suhdetta muihin oppiaineisiin on käsitelty eri tavoin. Siihen kytkeytyvänä ryhmätehtävänä on ollut jonkin muun oppiaineen opettajan tai opetusharjoittelijan haastattelu - nk. matemaattiset aineet pois suljettuina - hänen aineensa ja fysiikan merkitykset toisilleen ja yhteistyön mahdollisuudet.

Tämä on osoittautunut kerta toisensa jälkeen shokkihoidoksi, mutta juuri sellaisena se on epäilemättä hyvää henkistä valmistautumista tulevaan työympäristöön, joka jatkuvasti ky-

seenalaistaa fysiikan opettajan työn merkityksen. Tämä toisaalta motivoi keskustelut fysiikan yhteiskunnallisesta ja maailmanhistoriallisesta jne. merkityksestä, sen välttämättömyydestä yksityisen ja julkisen päätöksenteon pohjana. Shokkihoidon vastapainoksi fysiikan opettaja on varustettava välinein, joilla hän voi tarvittaessa rakentaa itsetuntoaan ja osoittaa työnsä tarpeelliseksi koulun kokonaistehtävän kannalta.

Lähestymistavan ongelma

Opetuksen pääteemaksi on kuitenkin muodostunut fysiikan empiirinen käsitteenmuodostus, joka on tieteen ja oppimisen yhteinen ydin. Se merkitsee havaintojen (kokeellisuuden) ja mielikuvien (teorian) erottamatonta yhteistyötä, ja siihen perustuvan opetuksen perusideoille on annettu työnimi *hahmottava lähestymistapa*.

Toiminnan utopistinen tavoite on kaikki koulutuksen asteet kattavan hahmottavan lähestymistavan strategian kehittäminen ja metodisen välineistön luominen sen toteuttamiseksi. Käytännössä tämä merkitsee sellaisten fysiikan opetuksen menetelmien ja lähestymistapojen suunnittelua, käyttöönottoa ja kehittämistä, jotka ohjaavat oppilaita nojautumaan havaintoihin, kokeellisiin tutkimuksiin ja itsenäiseen ajatteluun ja oppimaan fysiikan käsitteet, lait ja teorat näin hahmottuvien *empiiristen merkitystensä* esityksinä (Kurki-Suonio, K., 1994).

Luennot ja harjoitukset ovat olleet suureksi osaksi harjaannuttamista empiirisen käsitteenmuodostuksen prosessuaalisten elementtien (Kurki-Suonio, K., 1991) ja niiden eriasteisten kehitysvaiheiden tiedostamiseen fysiikan käsitteistön rakentumisessa sekä niiden tietoiseen soveltamiseen fysiikan opetuksen eri toiminnoissa.

Alun *fysiikka ympäristössä* -harjoituksetkin nähdään tässä taannehtivasti prosessin perushahmotusvaiheen ympäristöä jäsentävän tunnistavan ja luokittelevan havainnoimisen harjoitteluksi. *Kielelliset luokitteluharjoitukset* (Kurki-Suonio, R. ja K., 1989) projisioivat oppikirjojen käyttämän käsitteistön ihmisen luonnollisen hahmottamisen peruskategorioiden olioihin, ilmiöihin ja ominaisuuksiin ja harjaannuttavat erottamaan nämä kvalitatiivisen tason merkitykset kvantitatiivisen tason suureista, jotka ovat niiden abstrakteja esityksiä.

Suureharjoituksissa tutkitaan ensin suureiden kiinnityksiä sen oppimiseksi, että jokainen suure otetaan käyttöön esittämään joidenkin olioiden tai ilmiöiden tiettyä ominaisuutta (Kurki-Suonio, K. ja R., 1994b). Sitten käydään läpi valittujen esimerkkien avulla suureen merkityksen rakentumisprosessia vaiheittain, kvantifioivan kokeen kautta perusmääritelmään ja eriasteisiin yleistyksiin. Jokaisen suureen kautta avautuu ikkuna koko fysiikkaan.

Jäsentelyharjoituksissa käydään läpi prosessin vaiheita analysoimalla annettua ilmiöaluetta *ymmärtämisen portaiksi* nimetyn peruskaavion mukaisesti: 1. Ilmiöt, 2. Suureet, 3. Lait, 4. Teoriat, 5. Sovellukset, 6. Yleistykset ja 7. Jättiläisen hartiat.

Samalla opitaan jäsenellään ja ymmärrettävän esityksen periaatteet, joita voi soveltaa yhtä hyvin opetuksen ja esitysten valmisteluun kuin niiden perusteluun kritiikkiin.

Opetukseen kuuluu välttämättä myös suurelaskentaa ja laskennallisia harjoitustehtäviä käsittelevä jakso. Monestakin syystä on ilmeistä, kokeellisuuden voimakkaasta korostuksesta huolimatta, että fysiikan opetuksen painopiste pysyy vielä pitkään laskennallisten tehtävien käsittelyssä. Sen tähden on sitäkin tärkeämpää, että opettajat oppivat näkemään tehtävien kytkeytymisen havaittavaan todellisuuteen ja tämän kytkeytymisen välttämättömyyden. Tutkitaan ja harjoitellaan tehtävien suunnittelua, laadintaa, fysikaalista käsittelyä ja "ratkaisujen" arvostelua. Tehtävien kytkeytymistä empiriaan jäsenellään mm. niiden loogisten tyyppien ja fysikaalisuuden eri aspektien mukaisesti.

Luennoilla näitä lähestymistapaharjoituksia tuetaan tutkimalla opetuksen perinteisiä lähestymistapoja eri yhteyksissä, harjoittelemalla tunnistamaan teoreettisen lähestymisen peruspiirteitä ja etsimään keinoja sen välttämiseksi (Kurki-Suonio, K. ja R., 1989). Opetellaan erottamaan makro-, mikro- ja atomitason käsitteet, ja tutkitaan miten empirinen käsitteenmuodostus etenee tässä ketjussa. Keskustellaan *kanonisten puolittouksien* ongelmasta jne.

Sovelluksia ja kehitystyötä

Opettajan suuntautumisvaihtoehdon opetus on toiminut opetuksen suunnittelun ja kehittämisen ideapankkina. Onnellisinta on ollut palaute, jonka mukaan osanottajat ovat välittömästi soveltaneet kurssin ideoita työhönsä ja nähneet niiden toimivan.

Opetus on ollut alusta alkaen vuorovaikutuksessa valtakunnallisen opetussuunnittelun, oppikirjojen laadinnan sekä demonstraatioiden ja opetuslaboratorioiden kehitystyön kanssa. Valtakunnallinen opetussuunnitelmatyö on antanut sille tärkeitä impulsseja. Toisaalta sen yhteydessä kehitetyt ideat ovat olleet vaikuttamassa uusiin suunnitelmiin.

Oppikirjasarjan suunnittelulla kurssimuotoista lukiota varten oli ratkaiseva vaikutus lähestymistavan perusideoiden syntymiseen. Sarja oli ensimmäinen yritys niiden tietoiseen soveltamiseen (Kurki-Suonio, K. ym., 1982-85). Ne ovat olleet lähtökohdina yliopiston peruskurssien oppikirjoissa (Kurki-Suonio, K. ja R., 1992; 1993; 1994a) ja niiden demonstraatioiden ja laboratoriotöiden kehitystyössä (Andersson ym., 1989; Hautala ym., 1989). Niiden mukaista kokeellisuutta on kehitetty koulukäyttöä varten ja harjoitettu fysiikan opettajien täydennyskoulutuksessa (Lavonen, 1991; 1993). Lähestymistavan perusteiden pohjalta on suunniteltu ja toteutettu fysiikan opetusta myös luokanopettajien koulutuksessa.

Vaikka empirialla on ratkaiseva asema hahmottavassa lähestymistavassa, opettajan suuntautumisvaihtoehdon opetuksessa on pitkään keskitytty vain ajattelutavan

harjaannuttamiseen luennoilla ja harjoituksissa. Lukuvuonna 1993-94 uskaltauduttiin ensimmäisen kerran kokeiluun, jossa opettajien laboratorioskursseista pyritään kehittämään sen mukaisen empirian suunnittelukurssi (Kurki-Suonio, R. ja K., 1994). Tämä työ on tiiviissä vuorovaikutuksessa uuden, kokeellisuuteen nojautuvan, lukion oppikirjasarjan kirjoitustyön kanssa (Lavonen ym., 1994).

Opinnäytteet ja tutkimus

Hahmottavan lähestymistavan pohjalta avautuu laaja kehitys- ja tutkimustyön kenttä, jota tässä esitelty työ on ehtinyt vain vähän raapaista. Sen ongelmia ovat mm.

- empirisen käsitteenmuodostuksen periaatteet sekä niiden toteutuminen, toteutettavuus ja toimivuus fysiikan opetuksessa
- fysiikan opetuksen kokeellisuuden merkitys empirisen käsitteenmuodostuksen perusteiden valossa - hahmottavan lähestymistavan mukaisten opetusstrategioiden ja kurssisuunnitelmien kehittäminen ja tutkiminen opetuksen eri asteille, fysiikan eri aihepiirejä, erilaisia kohderyhmiä, harastuspiirejä, ammattialueita jne. varten
- hahmottavan lähestymistavan vaatimusten huomioon ottaminen eri opetusmuodoissa, kuten demonstroinnissa, laboratoriotöissä, teollisuusvierailuissa, tietokonepohjaisessa opetuksessa ja laskuharjoituksissa
- käsitteanalyttiset aiheet, kuten tietyn suureen syntyhistorian tutkimus tai fysikaalinen kielenkäyttö ja sen kehittyminen ja
- oppikirjojen ja harjoitustehtäväkokoelmien esitys-tapojen tutkimus.

Vuoden 1985 jälkeen tämäntyyppisistä aiheista on tehty opettajan suuntautumisvaihtoehdossa 32 *pro gradu* -tutkimusta ja parhaillaan on vireillä 19 muuta. Ne tarjoavat lähtökohdita myös pitemmälle johtaviin tutkimuksiin didaktisen fysiikan alueella. Tähän mennessä on tehty 2 lisensiaatintutkimusta, joiden molempien aihepiiri on ollut empirisessä tietokonepohjaisessa fysiikan opetuksessa. Vireillä on 4 lisensiaatintutkimusta ja 3 väitöskirjaa.

Kiinnostusta lisensiaatin ja tohtorin tutkintoihin on ilmennyt enemmänkin, mutta käytännön vaikeudet ovat jarruttaneet sitä. Riittävän pitkäjänteiseen työskentelyyn oman opetustyön ohella on vain harvoilla mahdollisuus.

Lähteet

Andersson, S., Hämäläinen, A. ja Kurki-Suonio, K. (1989). Demonstrations supporting physical concept formation - the inertial mass. In J. Laurén (ed.) *Science education research in Finland. Yearbook 1987-1988*. University of Jyväskylä. Institute for Educational Research. Publication series B. Theory into Practice, 36:27-40.

Eskola, S., Fant, B. Kurki-Suonio, K. ja Stenman, F. (1992). Fysiikan valintakoe Helsingin yliopistossa v. 1991.

Dimensio, 56:51-59.

Hautala, M. ja Kurki-Suonio, K. (1989). The reform of laboratory exercises included in the basic physics courses at the University of Helsinki. In J. Laurén (ed.) Science education research in Finland. Yearbook 1987-1988. University of Jyväskylä. Institute for Educational Research. Publication series B. Theory into Practice, 36:41-50.

Kurki-Suonio, K. (1980). Opitaanko yliopistossa fysiikkaa? *Arkhimedes*, 32:232-238.

Kurki-Suonio, K. (1982). Fysiikan uusien oppimääräsuunnitelmien lukuohje. *Matemaattisten Aineiden Aikakauskirja*, 46:65-71.

Kurki-Suonio, K. (1984). Formula disease, or how to avoid understanding physics. Nordisk forskersymposium "Fysik i skolen, problemer og perspektiver". Rapport, Aarhus universitet, pp. 82-86. Kurki-Suonio, K. (1991). Tutkimuksen ja oppimisen perusprosessit. *Dimensio*, 55:18-24.

Kurki-Suonio, K. (1994). Perceptual Approach in Physics Education. Teoksessa Ahtee M., Lavonen J. ja Meisalo V. (Eds.) Proceedings of the Finnish-Russian symposium on Information Technology in Modern Physics Classroom. Department of Teacher Education. Research report 123. University of Helsinki.

Kurki-Suonio, K., Kervinen, M ja Korpela, R. (1982-85). *KVANTTI* 1, 2, 3a, 3b. Fysiikan laaja oppimäärä. *WEILIN+GÖÖS*, Espoo.

Kurki-Suonio, K. ja Kurki-Suonio, R. (1989). The characteristics of the experimental and the theoretical approach in the teaching of physics. In J. Laurén (ed.) Science education research in Finland. Yearbook 1987-1988. University of Jyväskylä. Institute for Educational Research. Publication series B. Theory into Practice 36:13-26.

Kurki-Suonio, K. ja Kurki-Suonio, R. (1992). Vuorovaikuttavat kappaleet - mekaniikan perusteet. 3. painos. Limes ry., Helsinki.

Kurki-Suonio, K. ja Kurki-Suonio, R. (1993). Vuorovaikutuksista kenttiin - sähkömagnetismin perusteet. Kolmas, korjattu painos. Limes ry., Helsinki.

Kurki-Suonio, K. ja Kurki-Suonio, R. (1994a). Aaltoliikkeestä dualismiin. 2. korjattu painos. Limes ry., Helsinki.

Kurki-Suonio, K. ja Kurki-Suonio, R. (1994b). The Concept of Force in the Perceptual Approach. In H. Silfverberg and K.

Seinelä (ed.) Ainedidaktiikan teorian ja käytännön kohtaaminen. Reports from the Department of Teacher Education in Tampere. A18/1994:321-334. University of Tampere.

Kurki-Suonio, K. ja Kurki-Suonio, R. (1994c). Fysiikan merkitykset ja rakenteet. Helsinki: Limes ry.

Kurki-Suonio, K. ja Kurki-Suonio, R. (1994d). Fysiikan merkitykset ja rakenteet. Teoksessa Seppo Tella (toim.) Näytön paikka. Opetuksen kulttuurin arviointi. Ainedidaktiikan symposiumi Helsingissä 4.2.1994. Osa 2. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia, 130:129-136.

Kurki-Suonio, R. ja Kurki-Suonio, K. (1989). Linguistic analysis and exercises in the education of physics teachers. In J. Laurén (ed.) Science education research in Finland. Yearbook 1987- 1988. University of Jyväskylä. Institute for Educational Research. Publication series B. Theory into Practice, 36:51-61.

Kurki-Suonio, R. ja Kurki-Suonio, K. (1994). Hahmottava empiria opettajankoulutuksessa. *Toi-saalla tässä julkaisussa*.

Kurki-Suonio, K. ja Meisalo, V. (1994). DFFD-Yhteistyöstä. *Yliopisto* 4/1994:39-40.

Lavonen, J. (1991). Kokeellinen mekaniikka. Kemi-an Keskusliitto, Opetushallitus, Taloudellinen Tiedotustoimisto, FINISTE.

Lavonen, J. (1993). Kokeellista sähköoppia. Ke-mianteollisuus ry, Opetushallitus, Taloudellinen Tiedotustoimisto, FINISTE.

Lavonen, J., Kurki-Suonio, K. ja Hakulinen, H. (1994). Galilei 1. Fysiikka luonnontieteenä. *Weilin+Göös*. Espoo.