

Sari Harmoinen

Opettajan ohjauksen ja
vuorovaikutuksen antaman tuen
merkitys oppilaiden rakentaessa
mallia magnetismista



Sari Harmoinen

Opettajan ohjauksen ja
vuorovaikutuksen antaman tuen
merkitys oppilaiden rakentaessa mallia
magnetismista

Esitetään Jyväskylän yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan suostumuksella
julkisesti tarkastettavaksi yliopiston vanhassa juhlasalissa S212
elokuun 16. päivänä 2013 kello 12.



UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

JYVÄSKYLÄ 2013

Opettajan ohjauksen ja
vuorovaikutuksen antaman tuen
merkitys oppilaiden rakentaessa mallia
magnetismista

Sari Harmoinen

Opettajan ohjauksen ja
vuorovaikutuksen antaman tuen
merkitys oppilaiden rakentaessa mallia
magnetismista



UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

JYVÄSKYLÄ 2013

Editors

Timo Saloviita

Department of Education, University of Jyväskylä

Pekka Olsbo, Harri Hirvi

Publishing Unit, University Library of Jyväskylä

Cover picture by Sari Harmoinen

URN:ISBN:978-951-39-5296-9

ISBN 978-951-39-5296-9 (PDF)

ISBN 9978-951-39-5295-2 (nid.)

ISSN 0075-4625

Copyright © 2013, by University of Jyväskylä

Jyväskylä University Printing House, Jyväskylä 2013

“Magnetes Geheimnis, erkläre mir das!

Kein größer Geheimnis als Lieb' und Hass.”

Johan Wolfgang von Goethe (Gott, Gemüt und Welt)

ABSTRACT

Harmoinen, Sari

The effect of teacher scaffolding and classroom interactions on students' model of magnetism

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2013, 221 p.

(Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research

ISSN 0075-4625; 476)

ISBN 978-951-39-5295-2 (nid.)

ISBN 978-951-39-5296-9 (PDF)

Models play a distinctive and irreplaceable role in scientific investigation and teaching. Because models are tools in understanding and learning about the physical world, it is important to give students an opportunity to create, reflect upon, and revise their own mental models. The purpose of this study was to determine how teachers scaffold students' learning and how this scaffolding affects the students' ability to construct model of magnetism. In this study, the models of magnetism created by ninth grade students (47 students, average age 15 years, three teaching groups), were the indicators for learning supported by scaffolding. The research questions were: (1) What kind of changes can we see in the models students create? (2) How can the teacher use scaffolding to encourage the process of mental model building? (3) What kind of relationship can be seen between the models that the students create and the scaffolding that the teacher uses? The data were collected during a two-week learning session, designed at the University of Purdue (Sederberg, 2010). The teaching sequence contained six lessons, each of which was 45 minutes long. There were also pre- and posttests for students. During the lessons the students worked in groups of two or four. The students completed worksheets for each lesson. The models that the students presented in these worksheets were organized into six categories that were used to model a five-step category showing the students' understanding of the phenomenon. Each lesson was video-recorded. Videos were analysed based on the system developed by Seidel (2006). The findings show that the intervention has a positive effect on the understanding of magnetism. The models that the students use to describe magnetism were not stable during the learning process. Students needed scaffolding. Therefore, if a teacher uses several different types of scaffolding the students' modeling process will be more successful. The teachers' awareness of and sensitivity to the critical actions in ZPD help the students reach a more sophisticated model of the concepts of magnetism. It has been shown that it is difficult for students to conceive the details of different models without any help. Students need the teachers' scaffolding and feedback to support their self-confidence. When the teacher provides knowledge in small quantities at a critical moment of learning, students benefit from this information in the most effective way. On the other hand, a lack of scaffolding affects the students' modeling process negatively. Therefore, it is important that teachers have enough time to pay attention to the most important elements of their students' modeling.

Keywords: magnetism, models, scaffolding

Author's address Sari Harmoinen
Department of Teacher Education
PL 35
40014 Jyväskylän yliopisto
harmoinensari@gmail.com

Supervisors Professor Jouni Viiri
Department of Teacher Education
University of Jyväskylä

Doctor of Philosophy Anssi Lindell
Department of Teacher Education
University of Jyväskylä

Reviewers Adjunct Professor Kari Sormunen
Department of Teaching and Research
University of Eastern Finland

Adjunct Professor Kalle Juuti
Department of Teacher Education
University of Helsinki

Opponent Adjunct Professor Kari Sormunen
Department of Teaching and Research
University of Eastern Finland

ESIPUHE

Nuorena opiskelijana heräsi ensimmäisen kerran ajatus tutkimuksen tekemiseen. Opetustyö ja sen mukanaan tuoma sosiaalinen vuorovaikutus tuntuivat silloin kuitenkin mielenkiintoisemmalta. Vuosien varrella huomasin kuitenkin olevani mukana monissa kehitysprojekteissa sekä opetuksen kehittämiseen liittyvissä koulutuksissa. Niinpä otin yhteyttä Jyväskylän yliopiston kasvatustieteelliseen tiedekuntaan ja siitä alkoi tieni jatko-opiskelijana ja tutkijana.

Tutkimuksen tekeminen pääsääntöisesti työn ohessa on ollut hyvin antoisaa, mutta välillä myös rankkaa. Väitöskirjan tekemiseen liittyvä tunteiden kirjo on ollut monivivahteinen ja laaja. Välillä on ollut valtaisia riemuntunteita ja välillä epätoivon hetkiä. Näitä tunteita on ollut onnekseni jakamassa monet ihmiset. Väitöskirjan tekemisen myötä minulle on tarjoutunut lukuisia tilaisuuksia mielenkiintoisille keskusteluille ja ajatusten vaihdoille. Mutta väitöskirjan työstäminen on ollut myös tärkeä matka minuun itseäni, omien rajojen ja voimavarojen testaamiseen ja löytämiseen.

Väitöskirjan tekeminen yli 300 kilometrin päässä on ollut usein yksinäistä ja ilman teidän tukea se ei olisi ollut mahdollista. Suuren kiitoksen ansaitsee työni pääohjaaja professori Jouni Viiri. Ilman hänen ymmärtävää ja kärsivällistä ohjaustaan en olisi kirjoittamassa tätä esipuhetta. Häneltä saamansa palaute on auttanut minua viemään työtäni eteenpäin. Ymmärrys ja halu kommentoida työtäni ovat auttaneet vaikeissa tilanteissa. Kiitän myös työni toista ohjaajaa FT Anssi Lindelliä erityisesti hänen kommentistaan tekstiini liittyen.

Kiitän myös työni esitarkastajia dosentti Kari Sormusta ja dosentti Kalle Juutia huolellisesta paneutumisesta työhöni sekä rakentavasta palautteesta ja parannusehdotuksista. Heidän kommenttinsa auttoivat työni viimeistelyssä. Dosentti Kari Sormusta kiitän myös siitä, että hän suostui vastaväittäjäkseni.

Kiitän myös kaikkia niitä jatko-opiskelijoita ja yliopistotutkijoita, jotka ovat jaksaneet kuunnella työhöni liittyviä esityksiä ja antaa rakentavia kommentteja. Teidän kanssanne käydyt keskustelut ja yhteiset kokemukset tutkimuksen tekemisen riemusta ja haasteista ovat olleet mieleenpainuvia. Pitkästä välimatkasta huolimatta palasin tapaamisista kotiin aina virkistyneenä ja uutta intoa puhkuen. Erityiset kiitokset lausun Pasi Niemiselle erilaisten representatioiden käyttöön liittyvistä keskusteluista, Niina Nurkalle ja Sami Lehesvuorelle vertaisluokittelusta, Josephine Moatelle saamastani käännösavusta ja kannustuksesta ja Anna-Leena Kähköselle kärsivällisyydestä kuunnella ja pohtia kanssani monia erilaisia ongelmia. Missä olisinkaan ilman teitä.

Erityiskiitoksen ansaitsette te kaksi rohkeaa opettajaa, jotka uskaltauduite heittäytyä opetusjaksoon kanssani. Vaatii valtaisia rohkeutta ja oman arvon tuntoa toimia ennakkoluulottomasti. Yhteiset keskustelut auttoivat myös näkemään monia asioita uudella tavalla. Kiitän myös kaikkia niitä yhdeksännen luokan oppilaita, jotka jaksoivat kärsivällisesti tehdä annetut tehtävät ja siten auttoivat kokoamaan tutkimusaineistoni. Toivottavasti te olette saaneet tutkimuksesta apuportaita opintoihinne ja tapaan havainnoida ympäröivää maailmaa. Kiitän myös Oulun kaupungin Oppiksen sitä henkilökuntaa, jotka järjesti-

vät välineistön oppituntien videoimiseen. Kielen tarkastuksesta kiitän FM Sanna Järvistä, englanninkielisen abstraktin kielentarkastuksesta kiitän FT Tuija Anttilaa ja tieteellisestä tarkastuksesta kiitän professori Timo Saloviitaa.

Kiitän Oulun kaupungin Pohjankartanon koulun mahdollistamista palkattomista virkavapauksista kirjoitustyöhöni. Jyväskylän yliopistoa kiitän jaksoista, jolloin olen ollut tohtorikoulutettavana ja saanut keskittyä aineiston keräämiseen, analysointiin ja työni viimeistelyyn. Ilman Jyväskylän yliopistolta saamaani tukea en olisi voinut käydä esittelemässä työtäni ESERAn konferenssissa Lyonissa vuonna 2011 ja kesäkoulussa Bad Honnefissa vuonna 2012.

Lämpimät kiitokset kaikille teille tutkimusprosessini etenemistä eri tavoin tukeneet ystävät ja sukulaiset. Olen tarvittaessa saanut yösijan ja kuuntelijan. Erityisen kiitoksen ansaitsevat vanhempani, jotka ovat opettaneet minulle sinnikkyyttä ja päämäärätietoisuutta. Te jaksoitte koko ajan uskoa minuun ja onnistumiseeni. Opetitte, ettei kukaan ei kysy kuinka kauan tekemiseen on mennyt aikaa, vaan vain sitä kuka työn on tehnyt.

Rakkaimmat kiitokset osoitan perheelleni, miehelleni Raulille ja pojilleni Aleksille, Eelikselle ja Antille. Kiitos kun jaksoitte olla ymmärtäväisiä, tarvittaessa kuunnella ja antaa tukea. Tutkimuksen tekeminen on vienyt yhteistä aikaamme, ja olen toisinaan ollut myös henkisesti poissa, vaikka fyysisesti olenkin ollut läsnä. Kiitos Rauli, että olet uskonut minuun ja ottanut tarvittaessa vastuun perheen käytännön asioista. Aleks, Eelis ja Antti, olette ihanalla tavalla huolehtineet siitä, että en unohda mitä arki ja todellisuus ovat. Teidän ansiosta rakkaat olen saanut nauttia elämän pienistä asioista. Te olette auttaneet minua jaksamaan hyvinä ja huonoina päivinä sekä muistuttaneet siitä mikä elämässä on tärkeintä.

Oulussa äitienpäivänä 2013

Sari Harmoinen

KUVIOT

KUVIO 1	Sosiokonstruktivistinen opetus-oppimistapahtuma.....	21
KUVIO 2	Oppikirjojen opetusmalleja magnetismille. Vasemman puoleinen kuva on Fysiikan oppikirjasta oppilaitosten yläluokkia varten (K.F. Lindman, 1915). Oikeanpuoleinen kuva on oppikirjasta Ilmiö Fysiikan oppikirja 7 - 9, (Lehto, Salonen & Huttu, 2009, 262).	25
KUVIO 3	Oppilaan tekemän havainnon, hänen esittämän ilmaistun mallin ja mentaalimallin välinen yhteys.....	26
KUVIO 4	Opettajan tarjoamien apuportaina toimivien kriittisten toimintojen merkitys oppilaan oppimisen etenemiselle.	32
KUVIO 5	Oppilaan mallin rakentuminen vuorovaikutuksen ja opettajan ohjauksen tukemana.....	36
KUVIO 6	Videokameroiden sijoittelu ja niiden kuvauskentät	48
KUVIO 7	Tutkimuksessa oppilaiden mallien tulkinnassa huomioidut elementit	51
KUVIO 8	Magnetismin mallin rakentumisen vaiheet. 1: dipolisuus, 2: magneettikenttä, 3: sisäinen järjestys, 4: sisäisen järjestyksen dipolisuus.....	52
KUVIO 9	Mallinnuksen portaat, jotka kuvaavat mallien suhdetta toisiin malleihin.	56
KUVIO 10	Elinan oppitunnilla T4 olevaa kaksoiskoodausta luokkahuonevuorovaikutustilanteissa.	60
KUVIO 11	Opettajan toimet oppilaan mallin muodostumisen ohjaamiseksi.....	69
KUVIO 12	Alku- ja lopputestin tehtävän numero 4 oppilaiden kokonaispisteiden jakautumisen frekvenssit.....	72
KUVIO 13	Oppilaiden mallien frekvenssit malliluokittain alku- ja lopputestissä sekä niissä havaitut muutokset.....	83
KUVIO 14	Hilman oppilaiden (n = 15) mallien jakauma	86
KUVIO 15	Annelin oppilaiden (n = 15) mallien jakauma	87
KUVIO 16	Elinan oppilaiden (n = 17) mallien jakauma	88
KUVIO 17	Hilman oppitunnin T3 koodattu puheen asiasisältöä.	91
KUVIO 18	Hilman oppitunnin T5 magnetismin liittyvien keskeisten aiheiden esiintyminen oppitunnin puheissa.....	96
KUVIO 19	Hilman ryhmän oppilaiden mallinnuksen portaat kriittisten toimintojen tukemana. Portaille on asetettu Hilma oppilaiden tuottamat mallit alku- ja lopputestissä.	97
KUVIO 22	Annelin B - ryhmän puheen asiasisällöt koodattuna oppitunnilta T3B.	100
KUVIO 23	Annelin oppitunnin T5 puheen sisällöt koodattuna.....	101
KUVIO 24	Annelin oppitunnilla T6 puheen sisällöt koodattuna.....	104

KUVIO 25	Annelin ryhmän oppilaiden mallinnuksen portaat kriittisten toimintojen tukemana. Portaille on asetettu Annelin oppilaiden tuottamat mallit alkuperä- ja lopputestissä.	105
KUVIO 26	Elinan oppitunnin T3 asiasisällöt koodattuina. Aika-akseli rajautuu 28:48 minuuttiin, koska sen jälkeen ei ole mitään koodattavaa.....	106
KUVIO 27	Elinan oppitunnin T3 luokkahuonevuorovaikutukset koodattuna.	107
KUVIO 28	Elinan oppitunnin T5 puheen asiasisällöt koodattuna.....	108
KUVIO 29	Elinan oppitunnin T6 asiasisällöt koodattuna	109
KUVIO 30	Elinan ryhmän oppilaiden mallinnuksen portaat kriittisten toimintojen tukemana.	111
KUVIO 31	Hilman oppitunnin T3 vuorovaikutukset kategorisoituna	116
KUVIO 32	Elinan oppitunnin T1 vuorovaikutukset kategorisoituna	121
KUVIO 33	Hilman oppitunnin T2 vuorovaikutuksista ympyröity sitaatti, jossa ohjataan oppilaita työskentelyyn.	123
KUVIO 34	Annelin oppitunnin T3B vuorovaikutukset kategorisoituna	127
KUVIO 35	Hilman, Annelin ja Elinan ohjauksen profiilit.	137
KUVIO 36	Opettajan merkitys oppilaiden konstruktiossessissa.	154

TAULUKOT

TAULUKKO 1	Kolmen lukiolaisen mallit magneetin sisäisestä rakenteesta ja magneettikentästä	14
TAULUKKO 2	Opetusjaksoon osallistuneiden oppilaiden fysiikan arvosanojen jakaumat opetusryhmittäin.	42
TAULUKKO 3	Tutkimuksen etenemisaikataulu	43
TAULUKKO 4	Opetusjakson oppituntien aiheet, keskeiset käsitteet ja oppitunneille asetetut tavoitteet.....	44
TAULUKKO 5	Kerätty aineisto ja niistä saatava tieto	46
TAULUKKO 6	Magneettisuuden opetusmallin osa, johon oppilastöissä kiinnitetään huomiota.....	53
TAULUKKO 7	Oppilaiden tuottamien mallien luokittelun perusteet ja malliin sisältyvät käsitteet.	55
TAULUKKO 8	Luokkahuonevuorovaikutuksien luokittelun kategorioiden kuvaukset.....	59
TAULUKKO 9	Oppituntien asiasisältöjen koodit ja niiden kuvaukset ja esimerkki tilanteesta, jossa koodia on käytetty.....	61
TAULUKKO 10	Kriittiset toiminnot ja niiden opetukselliset tavoitteet.....	67
TAULUKKO 11	Opetustutkimuksen kriittiset toiminnot ja oppitunti, jolla toiminto tulisi viimeistään olla.	68
TAULUKKO 12	Alku- ja lopputestissä olleen tehtävän numero 4 oikeiden vastausten lukumäärän keskiarvo ja keskihajonta.	73
TAULUKKO 13	Alku- ja lopputestin tehtävä numero 4, johon on lisätty väitteen asiasisältö.....	74
TAULUKKO 14	Oikeiden vastausten lukumäärät ja prosenttiosuudet tehtävän 4 väittämissä, joissa on määritettävä kompassin ja magneetin välistä vuorovaikutusta.	75
TAULUKKO 15	Oikeiden vastausten lukumäärät ja prosenttiosuudet tehtävän 4 väittämissä, jotka liittyvät magnetointiin ja magnetoitumiseen.	76
TAULUKKO 16	Oikeiden vastauksien lukumäärät ja prosenttiosuudet tehtävän 4 väittämissä, jotka liittyvät pilkkomiseen.	77
TAULUKKO 17	Hilman ryhmän oppilaiden oikeiden vastausten lukumäärät ja prosenttiosuudet alku- ja lopputestin tehtävässä 4.....	78
TAULUKKO 18	Annelin ryhmän oppilaiden oikeiden vastausten lukumäärät ja prosenttiosuudet tehtävässä 4.....	78
TAULUKKO 19	Elinan ryhmän oppilaiden oikeiden vastausten lukumäärät ja prosenttiosuudet tehtävässä 4.....	79
TAULUKKO 20	Oppilaiden oikeiden vastausten osuus alku- ja lopputestin tehtävässä numero 4. Tarkastelu on tehty opetusryhmittäin.	80
TAULUKKO 21	Oppilasvastausten mallit luokiteltuna alku- ja lopputestissä sekä oppituntien T1, T2 ja T5 jälkeen.	81

TAULUKKO 22	Opetusjakson oppituntien kestot opettajittain	114
TAULUKKO 23	Opetusjakson opettajien opetuskeskustelujen (taulukossa 4-7 määritelmä) kestot oppitunneittain.	115
TAULUKKO 24	Hilma, Annelin ja Elinan oppitunneilla esiintyvät oppimista ohjaavat toiminnot.....	134
TAULUKKO 25	Tutkimuksessa tarkasteltujen oppimista ohjaavien toimien määrät	135
TAULUKKO 26	Miles ja Hubermaniin (1994) pohjautuen tutkimuksen luotettavuus ja uskottavuus.....	139

SISÄLLYS

ABSTRACT
ESIPUHE
KUVIOT JA TAULUKOT
SISÄLLYS

1	TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET.....	13
1.1	Johdanto	13
1.2	Opetussuunnitelma ohjaa opetusta	16
1.3	Tutkimuksen aiheen valinta.....	18
2	TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN VIITEKEHYS.....	20
2.1	Sosiokonstruktivistinen oppimisprosessi	20
2.2	Mallit osana oppimista.....	23
2.2.1	Erlaisia malleja.....	24
2.2.2	Mallit oppimisen jäsentäjänä	26
2.2.3	Oppilaiden mallit muuttuvat	28
2.3	Oppilaan oppimista edistäviä tekijöitä.....	30
2.3.1	Kriittiset toiminnot laajentavat oppilaan ajattelua.....	30
2.3.2	Opetuskeskustelu luo tilaisuuden ilmaista ja kuulla erilaisia käsityksiä opiskeltavasta asiasta	33
2.3.3	Oppilaan oppimisen oikea-aikaisen ohjauksen tarpeellisuus ..	34
2.4	Yhteenvedo	36
3	TUTKIMUSKYSYMYKSET	38
4	MAGNETISMIN OPETUSJAKSON TOTEUTUMINEN, AINEISTON KOKOAMINEN JA ANALYSOINTI.....	40
4.1	Tutkimuksen toteuttaminen.....	40
4.1.1	Opetusjakson toteutuksen taustatietoa	40
4.1.2	Tutkimukseen osallistuneet opettajat ja oppilaat	41
4.1.3	Opetusjakson oppituntien etenemisaikataulu ja sisällöt.....	42
4.2	Opetusjaksolla kerätty tutkimusaineisto.....	45
4.2.1	Oppilaiden vastauslomakkeet tutkimusaineistona.....	46
4.2.2	Videot tutkimusaineistona.....	47
4.3	Tutkimusaineiston analysointi	49
4.3.1	Oppilaiden vastauslomakkeiden analysointi.....	49
4.3.2	Luokahuonevuorovaikutusten koodaus videoilta.....	57
4.3.3	Magnetismin oppimista ohjaavien kriittisten toimintojen valinta ja sisällöt	63
4.3.4	Oppilaiden ajattelun ohjaaminen.....	68
5	TUTKIMUSTULOKSET	71

5.1	Magnetismi oppilaiden malleissa.....	71
5.1.1	Oppilaiden mallit magnetismille alku- ja lopputestissä.....	72
5.1.2	Oppilaiden mallit opetusjakson oppilaslomakkeissa	80
5.2	Oppilaiden ilmaistujen mallien tarkastelu opetusryhmittäin.....	85
5.3	Kriittisten toimintojen esiintyminen opetusryhmissä.....	90
5.3.1	Miten tulkitaan kriittisten toimintojen tarkastelua	90
5.3.2	Kriittisten toimintojen esiintyminen Hilman oppitunneilla	91
5.3.3	Kriittisten toimintojen esiintyminen Annelin oppitunneilla	98
5.3.4	Kriittisten toimintojen esiintyminen Elinan oppitunneilla	105
5.3.5	Yhteenveto opettajien kriittisten toimintojen vaikutuksesta oppilaiden ilmaistuihin malleihin	112
5.4	Luokahuonevuorovaikutuksen muodot, joilla ohjataan oppilaiden ilmaistujen mallin kehittymistä.....	113
5.4.1	Opetuskeskustelut, opettajan ja oppilaan välistä vuoropuhelua.....	114
5.4.2	Opettaja sitoo ilmiön opetusmalliin	117
5.4.3	Opettaja ohjaa oppilaiden työskentelyä.....	123
5.4.4	Opettaja sitoo oppilastöiden tulokset oppilaiden ajatteluun..	129
5.4.5	Yhteenveto toiminnoista, joilla opettajat ohjaavat oppilaiden ajattelua opetusjakson oppitunneilla.....	133
6	TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN JA USKOTTAVUUDEN TARKASTELUA	138
6.1	Aineiston vahvistettavuus.....	139
6.2	Tarkastelun kestävyys.....	141
6.3	Tutkimuksen vastaavuus.....	143
6.4	Tutkimuksen siirrettävyys	145
6.5	Tutkimuksen hyödynnettävyys.....	145
7	TUTKIMUSTULOSTEN TARKASTELUA JA POHDINTAA TUTKIMUKSESTA.....	146
7.1	Minkälaisia muutoksia oppilaiden magnetismin ilmaistuissa malleissa on nähtävissä opetusjakson aikana?.....	146
7.2	Minkälaisilla luokahuonevuorovaikutuksilla opetusryhmissä ohjataan oppilaiden mallinnusta?	149
7.3	Minkälaisella luokahuonevuorovaikutuksella on merkitystä oppilaiden ilmaistujen mallien muodostumiseen?.....	151
7.4	Tutkimuksen merkitys ja hyödynnettävyys	156
7.5	Jatkotutkimusta.....	159
	SUMMARY	161
	LÄHTEET	166
	LIITTEET.....	176

1 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

1.1 Johdanto



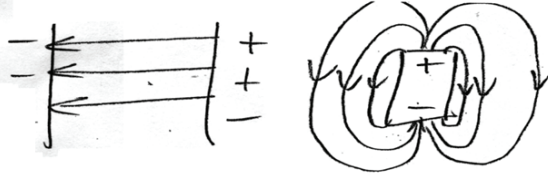
Tutkimuksen teoreettinen näkökulma on konstruktivismissa, jota tukee sosiaalinen vuorovaikutus. Tutkimuksen lähtökohtana oli halu selvittää, minkälaisilla opettajan toiminnoilla fysiikan oppitunneilla voidaan parhaiten edistää oppilaiden mallin rakentumista magnetismista ja minkälaiset opettajan tarjoamat ohjauksen muodot auttavat oppilaita saavuttamaan ne tavoitteet, joka on kirjattu opetussuunnitelman perusteisiin (Opetushallitus, 2004).

Fysiikan opiskelu koetaan usein hyvin hankalaksi. Keskusteltaessa koulunkäyntiin liittyvistä muistoista ja siitä mikä siellä oli helppoa ja mikä hankalaa, ei fysiikka useinkaan ole se oppiaine, joka on koettu helpoksi. Fysiikka on kokeellinen luonnontiede, ja oppitunneilla tulisi opetussuunnitelman mukaan olla kokeellinen lähestymistapa ja oppilaan ymmärrystä tulisi lisätä tutki- en ohjatusti luonnossa esiintyviä ilmiöitä (Opetushallitus, 2004). Kokeellisuuden voisi kuvitella lisäävän innostusta ja olisi ymmärtämistä helpottavaa ja mielenkiintoista. Mutta koska oppilaiden tuntemukset eivät ole sellaisia, täytyy jossakin olla syy tälle ristiriidalle. Näistä syistä heräsi kiinnostus selvittää, miten oppilaan fysiikan oppimista voitaisiin edistää. Olisiko mahdollista selvittää, miten oppimista voisi edistää ja tehdä fysiikan oppimista ymmärrettäväksi. Opettajana ja tutkijana mielenkiinnon kohteena oli luonnollisesti se, miten opettaja voisi toimia paremmin ja mihin opettajaa tarvitaan.

Opetustutkimusta luokkahuonevuorovaikutuksista on tehty hyvin paljon. Usein niissä on tarkasteltu erilaisia puheen muotoja ja miten ne ja niiden vaihtelu vaikuttavat oppituntitoimintaa (esimerkiksi Scott, Mortimer & Aguiar, 2006; Alexander, 2008). Tuolloin huomio on kiinnittynyt esimerkiksi opettajan ja oppilaan vuoropuheen etenemiseen, onko vuorovaikutus autoritaarista vai dialogista tai miten kysymys- vastaus-vuoropuhelu etenee. Puheen vaikutusta oppilaan oppimiseen ja luokassa olevan opettajan ohjaavien toimien vaikutusta oppilaan oppimiseen ei ole tutkittu kovin paljon siitä näkökulmasta, että sen vai-

kutusta olisi mitattu oppilaiden tuottamien mallien avulla. Fysiikan oppimisen liittyvää tutkimusta on tehty puheen muotoja tarkastelemalla tai oppilaiden tuottamien mallien avulla muun muassa voimiin, vuorovesi-ilmiöön, aineen rakenteeseen ja olomuodonmuutoksiin sekä sähköoppiin liittyen (Nurkka, 2006; Viiri, 2000; Sormunen, 2004; Kallunki, 2012). Magnetismiin liittyen vastaavaa tutkimusta on tehty hyvin vähän (esimerkiksi Guisalo, Almudí, Zubimendi, 2004; Maloney, O’Kuma, Hieggelke ja Heuvelen, 2000; Borges & Gilbert, 1998). Useimmissa tutkimuksissa on keskitytty sähkömagnetismiin ja magneettisten ilmiöiden ymmärtämiseen. Niissä oli huomattu oppilaiden ymmärryksessä olevan virheitä, mutta syitä niihin ei ole selvitetty. Tutkimuksissa ei ole juurikaan selvitetty, miten oppilaat konstruoivat magnetismin malleja ja kuinka he kykenevät muuttamaan mallejaan todellisuutta vastaavaksi. Vuonna 2005 lukiolaisilla tehty tutkimus (Harmoinen, 2006) osoitti, että peruskoulun jälkeen opiskelijoiden käsitykset olivat monelta osin virheellisiä ja puutteellisia. Taulukossa 1 on muutamia esimerkkejä oppilaiden vastauksiin siitä, mitä magneettikenttä on. Ne kuvaavat oppilailla olevia ennakkokäsityksiä ja niiden perusteella heidän muodostamia malleja magneettikentälle. Malleissa esiintyvät puutteet ja heikkoudet kertovat asioita tai aiheita, joihin opetuksessa tulisi kiinnittää huomiota.

TAULUKKO 1 Kolmen lukiolaisen mallit magneetin sisäisestä rakenteesta ja magneettikentästä

Oppilaan malli	Mallin heikkoudet tai puutteet
<p>"Magneetin" ympärille syntynyt voima</p> 	<p>Magneetille ei ole merkity sisäistä rakennetta. Magneettikentällä ei ole suuntaa ja sitä kuvataan sulkeutuvilla ympyrän muotoisilla kenttäviivoilla.</p>
<p>magneetti sisältä on magneettisia voimia liikettä</p> 	<p>Magneetin sisällä on sähkövarauksia ja ne ovat jakautuneet puolikkaalle magneeteille. Magneettikenttää kuvataan sulkeutuvilla ympyröillä, joilla ei ole suuntaa.</p>
	<p>Magneetin napaisuus aiheutuu erimerkkisistä varauksista. Kuvassa rinnastetaan homogeeninen sähkökenttä ja magneettikenttä toisiinsa. Syyt rinnastukseen eivät käy selville.</p>

Tutkimusta, jossa selvitetään miten ohjataan oppilaita muodostamaan malli magnetismista omia havaintojaan vastaavaksi, on tehty vähän. Oppikirjojen perusteella oppilaalle ei anneta perusopetuksessa perusteluita magneettisille ilmiöille, vaan ne esitetään heille valmiiksi omaksuttavina esityksinä (Harmoinen & Viiri, 2009; Happonen, Heinonen, Muilu & Nyrhinen, 2006; Aspholm, Hirvonen, Hongisto, Lavonen, Penttilä, Saari & Viiri, 2005). Lisäksi oppimistuloksissa ei saavuteta opetus suunnitelmaan pohjautuvaa, oppikirjoissa esitettyä mallia (Harmoinen, 2006; Harmoinen, Lindell, Sederberg & Viiri, 2011). Tällä tutkimuksella on haluttu selvittää, miten oppitunneilla voitaisiin auttaa oppilasta parantamaan ymmärrystä.

Opettajalle tarjoutuu oppitunnin aikana monissa eri yhteyksissä useita erilaisia tapoja ohjata oppilasta ja hänen mentaalimallin muodostamistaan. Tässä tutkimuksessa on kiinnitetty huomiota opettajan ja oppilaan välisen opetuskeskustelun lisäksi siihen, miten opettaja ohjaa ja auttaa oppilaita mentaalimallin muodostuksessa (Laurillard, 2012). Luokkahuoneessa oppilaan oppiminen on konstruktion ja sosiaalisen vuorovaikutuksen vuoropuhelua (Pollard, Anderson, Maddock, Swaffield, Warin & Warwick, 2008; Putney, Green, Dixon, Duràn & Yeager, 2000). Oppilaat eivät useinkaan selviydy konstruktiosta yksin ilman tukea (Larkin, 2001; Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Oppilaan oppimisen ja opiskelun tueksi tarvitaan opettajaa muun muassa käytettyjen symbolien merkityksien antamiseen, fyysikaalisten kokemusten tarjoamiseen sekä havainnoinnin rohkaisemiseen (esimerkiksi Alexander, 2008; Berk & Winsler, 2002; Mortimer & Scott, 2003). Opettaja kokeneempiana tieteellisen tiedon prosessorina voi ohjata oppilaiden ajattelun ja tietorakenteiden kehittymistä muun muassa muodostamalla yhteyksiä oppilaan ajattelun ja tieteellisen tiedon välille (Vygotsky, 1979; Bliss, Askew & Macrae, 1996; McIntyre, 2007). Opettaja auttaa oppilaita tiedostamaan omaa oppimistaan ohjaamalla heitä keskustelemaan havainnoistaan, ilmaisemaan omia mielipiteitään ja kuulemaan toisten ilmaismia mielipiteitä (Vosniadou, 1994). Lisäksi opettaja ohjaa ja kannustaa oppilaita kehittämään tiedonhankkimis- ja soveltamistaitoja, antaa neuvoja ja vihjeitä esimerkiksi ohjaamalla oppilaan ajattelun etenemistä askel kerrallaan (Bliss, Askew & Macrae, 1996). Opettajan huomioidessa luokassa olevat sosiaaliset voimavarat ja hyödyntäessä sosiaalisen vuorovaikutuksen antaman tuen oppilaan oppimiseen, esimerkiksi esittämällä kysymyksiä oppilaille, hän selvittää oppilaiden ajattelua ja heidän mentaalimalliaan oppilaiden antamien vastauksien avulla ja pystyy näin tarvittaessa ohjaamaan oppilaiden ajattelun kehittymistä (Mercer & Littleton, 2007; Scott, Mortimer & Ametller, 2011; Mortimer & Scott, 2011). Opetuksen tulisi olla sellaista, että edellä esitetyt tavoitteet oppilaan tukemiseksi ja auttamiseksi hänen harjoitellessaan tiedonhankkimistaitojaan ja kehittäessään tietorakenteitaan tulevat huomioiduksi.

Tutkimusaineisto kerättiin opetusjaksolta, jossa käytettiin Purduen yliopistossa laadittua (Sederberg, 2010) ja Jyväskylän yliopistolla suomennettua kuuden oppitunnin opetuspakettia (liitteet 1 - 7). Lomakkeiden ulkoasu ja yksityiskohdat olivat alkuperäisten lomakkeiden mukaiset. Tutkimusaineisto koostui oppilaiden kirjallisista tuotoksista ja oppituntien videotallenteista. Tutki-

muksen tavoitteena on kuvata niitä opettajan toimia, joilla voidaan ohjata oppilaan konstruktioprosessia. Ohjauksen onnistumisen indikaattoreina toimivat opetusjakson eri vaiheissa oppilaiden tuottamat mallit.

1.2 Opetussuunnitelma ohjaa opetusta

Tutkimukseni kohteena on peruskoulun 9. luokkalaisten tuottamat mallit magnetismille ja minkäläisillä luokkahuonevuorovaikutuksilla niiden muodostumiseen voidaan vaikuttaa. Magnetismi on fysiikan osa-alue, joka yleensä on yläasteen oppikirjoissa yhdistetty osaksi sähköoppia (Aspholm, Hirvonen, Hongisto, Lavonen, Penttilä, Saari & Viiri, 2005; Lehto, Salonen & Huttu, 2009). Ensimmäisen kerran magneettisiin ilmiöihin tutustutaan koulussa jo alaluokilla, mutta siellä ilmiön tarkastelu keskittyy yleisesti tunnettuun magneetin ominaisuuteen, magneettiseen vetovoimaan.

Opetussuunnitelman valtakunnallisissa perusteissa (Opetushallitus, 2004) 9. vuosiluokan keskeisiin asiasisältöihin on kirjattu, että oppilaan tulee ymmärtää kappaleiden väliset sähköiset ja magneettiset voimat sekä sähkömagneettinen induktio ja sen käyttö energian siirrossa ja kotona. Alempien vuosiluokkien valtakunnallisen opetussuunnitelman sisältöjä sähköisten ja magneettisten ilmiöiden osalta tarkasteltaessa huomataan, että vuosiluokilla 1 - 4 tutustutaan sähköisiin ja magneettisiin ilmiöihin. Sen sijaan 5. - 6. vuosiluokkien opetussuunnitelmassa ei ole erikseen mainintaa magnetismista, mutta sinne on kirjattu sähköön tuottaminen ja erilaiset vuorovaikutukset.

Magneettiset ilmiöt oletetaan ilmeisesti olevan niin itsestään selviä, että niitä ei tarvitse erikseen käydä läpi ja niitä osataan soveltaa ilman kouluopetusta. Opetussuunnitelman valtakunnallisissa perusteissa (Opetushallitus, 2004, 164) mainitaan sähköopin osalta vuosiluokkien 1 - 4 kohdalla seuraavaa:

...osaa rakentaa yksinkertaisen virtapiirin pariston, lampun ja johtimien avulla sekä tuntee kodissa käytettäviä sähkölaitteita; hän ymmärtää, että sähköön käyttöön liittyy vaaroja ja osaa käyttää sähkölaitteita turvallisesti...

Sähköopille asetetaan hyvin vaativat tavoitteet rakentaa mm. virtapiirejä jo hyvin varhaisessa vaiheessa, mutta magneettiset ilmiöt jätetään tarkentamatta. Näitä virtapiirien rakenteita ja rakentamisia oppilaat eivät joudu arjessa kohtaamaan, elleivät ole erityisesti kiinnostuneet harrastamaan ja rakentelemaan sähköisiä virtapiirejä. Magneetteja sen sijaan oppilaat ja kaikki muutkin kohtaavat päivittäin monissa eri yhteyksissä. Onkin hyvin erikoinen tilanne, ettei opetussuunnitelma ohjaa tutkimaan tuttuja magneettisia ilmiöitä, mutta sen sijaan ohjeistaa virtapiirien rakentamiseen.

Opetussuunnitelman valtakunnallisissa perusteissa (Opetushallitus, 2004, 161) on oppilaan toiminnalle ympäristö- ja luonnontieteiden opiskelulle asetettu seuraavat tavoitteet 1. - 4. vuosiluokilla:

... lähtökohtana ovat oppilaan ympäristöön ja oppilaaseen itseensä liittyvät asiat, ilmiöt ja tapahtumat sekä oppilaan aikaisemmat tiedot, taidot ja kokemukset...

Vastaavasti vuosiluokkien 5. – 6. valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa fysiikan opiskelulle (Opetushallitus, 2004, 179) on asetettu seuraavat tavoitteet:

...**tekemään johtopäätöksiä** havainnoistaan ja mittauksistaan sekä tunnistamaan luonnonilmiöihin ja kappaleiden ominaisuuksiin liittyviä **syy-seuraussuhteita**...

Yläluokkien 7. – 9. (Opetushallitus, 2004, 181) osalta fysiikan opiskelun tavoitteet ovat seuraavat:

...ydintehtävänä on laajentaa oppilaan tietämystä fysiikasta ja käsitystä fysikaalisen tiedon luonteesta sekä vahvistaa kokeellisen tiedonhankinnan taitoja. Fysiikan opetuksen lähtökohtana ovat **oppilaan aikaisemmat tiedot, taidot ja kokemukset sekä ympäristön kappaleista, aineista ja ilmiöistä tehdyt havainnot ja tutkimukset**, joista edetään kohti fysiikan peruskäsitteitä ja lakeja. **Kokeellisuuden** tehtävänä on auttaa oppilasta hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta ja omaksumaan uusia luonnontieteellisiä käsitteitä, periaatteita ja malleja sekä kehittää kokeellisen työskentelyn ja yhteistyön taitoja ja **innostaa** oppilasta fysiikan opiskeluun.

...kyky tehdä havaintoja, syy-seuraussuhteiden havainnointi... ja **muodostamaan yksinkertaisia malleja ja käyttämään niitä ilmiöiden selittämisessä** sekä tekemään yleistyksiä ja arvioimaan tutkimusprosessin ja tulosten luotettavuutta...

Perusopetuksen valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa on opetukselle esitetty yleiset, oppiaineesta riippumattomat, työskentelyn tavoitteet (Opetushallitus, 2004, 15). Niistä on seuraavaksi listattu tutkijan mielestä fysiikan opiskeluun kannalta keskeiset ja tärkeimmät tavoitteet. Niitä ovat muun muassa seuraavat:

Opettaja valitsee työtavat. Hänen tehtävänä on opettaa ja ohjata sekä yksittäisen oppilaan että koko ryhmän oppimista ja työskentelyä. Työtapojen valinnan perusteita ovat, että ne muun muassa

- **virittävät** halun oppia
- **aktivoivat** työskentelemään tavoitteellisesti
- **edistävät** jäsentyneen tietorakenteen muodostumista sekä taitojen oppimista ja niissä harjaantumista
- **kehittävät** tiedon hankkimisen, soveltamisen ja arvioimisen taitoja sekä oppilaan oppimisstrategioita ja taitoja soveltaa niitä uusissa tilanteissa
- **tukevat** oppilaiden keskinäisessä vuorovaikutuksessa tapahtuvaa oppimista
- **auttavat** oppilasta tiedostamaan omaa oppimistaan sekä mahdollisuuksia vaikuttaa siihen.

Opetussuunnitelman perusteissa on asetettu laajat tavoitteet ja avoimet työtavat sekä oppilaalle että opettajalle. Tehtyjen tutkimuksien (mm. Guth & Pegg, 1994; Borges & Gilbert, 1998; Harmoinen, 2006) mukaan oppilaat eivät ole aina saavuttaneet asetettuja tavoitteita mm. mallintamisen ja magneettisten ilmiöiden ymmärtämisen osalta.

1.3 Tutkimuksen aiheen valinta

Tutkimusaiheen valintaan vaikutti moni tekijä. Eräs syistä oli se, että magnetismi tarjoaa hyvän asiayhteyden tutkia, miten oppilaat kykenevät luomaan mallin asiasta, jota he eivät pysty suoraan näkemään. Magneetti on kuin musta laatikko, jonka rakenteellisia osia tai niitä osia, jotka aikaansaavat magnetismin ominaisuudet, ei voida suoraan katsoa. Magneetin ympärillä tapahtuu asioita, magneetti vaikuttaa ympäristöön ja ympäristö vaikuttaa siihen. Kuitenkin oppilailta usein edellytetään sitä, että he selittävät opetuksessa käytetyllä tavalla oikein tekemiään havaintoja tai että he tekevät havaintojensa perusteella erilaisia johtopäätöksiä. Ilmiöt ovat tuttuja ja siten usein myös itsestään selviä. Toisaalta magnetismi ei ole vain fysiikan oppisisältöihin kuuluva kokonaisuus. Sitä käsitellään myös esimerkiksi maantieteessä Maan magneettikentän yhteydessä ja liikuntatunneilla hyödynnetään kompassin ja Maan magneettikentän välistä vuorovaikutusta suunnistuksessa. Magneetteja käytetään esimerkiksi leluissa ja koriste-esineissä kuten jääkaappimagneeteissa. Magneetin vuorovaikutus rautakappaleiden kanssa on varmastikin kaikille tuttua, jopa niin, että monen mielestä myös sen perusteella tietää magneeteista kaiken. Tutkijan kokemuksen mukaan oppilaille ei kuitenkaan välttämättä avaudu ilmiön opetusmalli ilman opettajan ohjausta ja vahvaa oppilaan ajattelun etenemisen tukemista.

Koska magneettisten ominaisuuksien aiheuttajaa ei ole nähtävissä, magnetismin opetusmalli on muodostunut usean tieteellisesti hyväksytyyn tutkimustuloksen ja tiedemiehen yhteisistä mentaalimalleista synteessä (Wolf, 1968; Gilbert, Boulter & Elmer, 2000; Binnie, 2001). Oppilaalle monet magneettiset ilmiöt ovat tuttuja, mutta niiden perusteella tieteellisesti hyväksytyjen syiden oppiminen, ymmärtäminen ja mentaalimallin muodostaminen ei ole helppoa (Gilbert ym., 2000; Curpuz & Rebello, 2011). Koska opetusmallin yhteys magneetin havaittaviin ominaisuuksiin on oppilaiden vaikea huomata, opettajalla ja hänen toimillaan on oppilaiden oppimisen tukemiseksi suuri merkitys (Campoy, 2005). Magnetismi oli luonteva mallinnustutkimuksen aihe, koska siinä erityisesti korostuu mallien merkitys ja hyödyllisyys. Magnetismiin liittyvien asioiden hahmottaminen ilman malleja on hyvin vaikeaa, jollei jopa mahdotonta. Magneetin ominaisuudet ja ilmiöitä aikaan saavat ominaisuudet ovat niiden sisällä, hyvin pienissä rakennneosissa, joita ei voi erottaa tai irrottaa magneeteista (Gooding, 1989; Guimarães, 2005). Magneettien opetusmallin selitykset ovat oppilaille uskomuksia, joille ei voi tehdä konkreettista havaintoa yksityiskohtiin. Oppilaille tulisikin pystyä esittämään uskottavia, perusteltuja selityksiä, joilla he rakentavat mielikuvan magneeteille.

Magnetismin ilmiöiden syyt ja opetusmallit ovat mikroskooppisella tasolla, mutta mallinnuksessa käytettävät havainnot tehdään makroskooppisella tasolla (Verschuur, 1993). Mielenkiintoista on selvittää ensinnäkin, kuinka oppilaat onnistuvat soveltamaan tietoa tasolta toiselle sekä toisaalta, miten opetuksella voidaan tukea oppilaita tässä prosessissa (Besson & Viennot, 2004). Oppilailta

oleva ennakkokäsityksiin pohjautuva mentaalimalli toimii pohjana, jolle he lisäävät tietoa tai rakentavat sen tilalle kokonaan uuden mentaalimallin.

Opettajat ovat arjen työssään usein kiireisiä ja siten uusien opetusmenetelmien ja työtapojen kokeilu luokkatilanteessa jää usein tekemättä. Tutkimuksen opetusjaksolla on uusi lähestymistapa ja monia oppilastehtäviä, joilla voidaan avata oppilaille magnetismin ominaisuuksia. Olisikin tärkeää, että magnetismin malli olisi sellainen, että se loisi riittävän perustellun ja kattavan tuen ymmärtää ja oppia magnetismia kaikissa koulupolun vaiheissa (Harlow, 2009). Magnetismin syiden mikrorakenne ei mahdollista sen suoraa havainnointia. Siksi on hyvin tärkeää, että siinä apuna käytetyt mallit tukevat havaintoja ja kattavat perustellusti keskeisimmät ilmiön osat.

Peruskoulun opetussuunnitelman valtakunnalliset perusteet 2004 (Opetushallitus, 2004) ei määritä peruskoulun oppisisällössä magnetismiin liittyviä keskeisiä käsitteitä. Perusasteen oppikirjoissa magnetismia ei ole painotettu paljon, sillä magnetismin käsittelyyn on varattu usein yksi tai kaksi kappaletta. Tämän lisäksi on kirjoissa yleensä yksi kappale sähkömagnetismista. Useimmissa peruskoulun fysiikan oppikirjoissa magnetismista käydään läpi magneetituminen, magneettinen vuorovaikutus ja magneettikenttä (muun muassa Happonen, Heinonen, Muilu & Nyrhinen, 2006; Aspholm, Hirvonen, Hongisto, Lavonen, Penttilä, Saari & Viiri, 2005).

2 TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN VIITEKEHYS

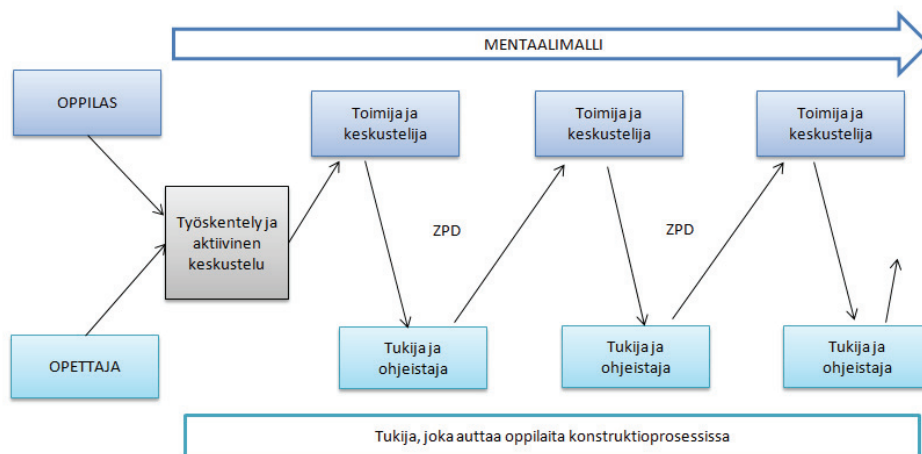
Cobb ja Bowersin (1999) mukaan oppiminen on samanaikaisesti yksilön konstruointiprosessi ja sosiaalisen vuorovaikutuksen kautta tapahtuva sosiaalistumisprosessi. Oppimisen kannalta on tärkeää, että opitaan ilmaisemaan omia ajatuksia muille. Erilaisia näkökantoja kuulemalla oppilaan omat mielikuvat ja ajatukset voivat kehittyä ja varmistua (Vygotsky, 1979). Vaikka opiskelu tapahtuu ryhmissä, jokainen tekee omat päätelmänsä ja rakentaa havainnoista oman näkemyksensä omista lähtökohdista käsin (Campoy, 2005). Sosiaalinen vuorovaikutuksen avulla voidaan ohjata oppimista (Mercer, 2008). Oppilas ei voi kopioida opettajan tai kenenkään muunkaan ajatuksia. Hänen on itse prosessoitava tekemänsä havainnot ja saamansa tieto omaksi mentaalimallikseen. Siten hänestä tulee oman tietonsa omistaja.

2.1 Sosiokonstruktivistinen oppimisprosessi

Sosiokulttuurinen ja konstruktivistinen oppimisnäkemys tulkitsevat oppimista erilaisista lähtökohdista käsin. Sosiokulttuurisen näkemyksen mukaan kulttuuriin ja ympäristöön kuuluvia ajattelumalleja ja käytännön toimenpiteitä omakсутaan sosiaalisen vuorovaikutuksen kautta (Vygotsky, 1979; Wertsch, 1991). Oppiminen nähdään sosiaalisena ilmiönä, joka edellyttää yksilön ja yhteisön välistä vuorovaikutusta (Pollard & Triggs, 1997; Säljö, 2004). Oppimista auttaa toimii tuolloin sosiaalisen vuorovaikutuksen mukanaan tuoma yhteisön tuki. Yksilön tulkinta ja käsitys ovat yleensä yhteneviä yhteisön tulkinnan kanssa. Konstruktivistisen näkemyksen mukaan oppilas rakentaa aktiivisesti ja itsenäisesti oman ajattelunsa ja luo oman ymmärryksensä (Dori & Belcher, 2005; Barnes, 2008). Oppilaan oppiminen on hänen henkilökohtainen konstruktionsa opiskeltavasta asiasta (Seidel & Prenzel, 2000; Uusikylä & Atjonen, 2007). Tietoa ei voida konstruktivistisen näkemyksen mukaan siirtää suoraa oppilalle, vaan oppilaan on aktiivisesti muodostettava omat tietorakenteensa ja omat tulkin-

tansa (Muijs & Reynolds, 2011). Konstruktivistinen näkemys korostaa oppilaan omiin havaintoihin perustuvaa, oman ajattelun kehittymistä.

Kuviossa 1 on esitetty Pollard, Anderson, Maddock, Swaffield, Warin ja Warwickin (2008) sekä Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott (1994) oppimistapahtumaa kuvaavia malleja mukaillen opetus-oppimistapahtuma. Siinä oppiminen esitetään sosiokulttuurisessa toimintaympäristössä tapahtuvana oppilaan konstruktioprosessina.



KUVIO 1 Sosiokonstruktivistinen opetus-oppimistapahtuma

Kuviossa 1 esitetystä sosiokonstruktivistista opetus-oppimistapahtumaa kuvaavassa mallissa sekä oppilaalla että opettajalla on osallistuva rooli. Oppilaan oppiminen ymmärretään hänen omalla konstruktionaan sosiaalisen vuorovaikutuksen tukeksena prosessia (Wertsch & Tulviste, 1996; Putney, Green, Dixon, Duràn & Yeager, 2000). Kuviossa 1 mentaalimallilla kuvataan yksilön oppimista ja kykyä ymmärtää opiskeltavaa asiaa ja se on hänen itsensä rakentama ajattelumalli. Pollard, Anderson, Maddock, Swaffield, Warin ja Warwickin (2008) mukaan sosiaalinen vuorovaikutus ohjaa ja vie eteenpäin yksilön konstruktioprosessia. Opettaja toimii oppimista tukevana ja ohjeistavana kokeneempaan asiantuntijana ja oppilas aktiivisena tutkijana ja keskusteluun osallistujana (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994; Säljö, 2004). Opettaja kartoittaa oppilaan tarpeet ja jo olemassa olevat tiedot sekä järjestää opetuksen niin, että se vastaa oppilaalla esiin tulleita tarpeita (Berk & Winsler, 2002). Sosiaalisen vuorovaikutuksen kautta oppilas voi tarkastella omia käsityksiään suhteessa muiden käsityksiin ja opettaja voi kartoittaa oppilaan oppimisen etenemistä ja ohjata oppilaan oppimista (Driver, 1983; Scardamalia & Bereiter, 2006).

Vygotskyn (1978, 1979) esittämällä lähikehityksen vyöhyke -mallilla (ZPD eli zone of proximal development) kuvataan oppilaalla olevaa oppimisherkyyttä. ZPD:tä voidaan nimittää myös oppimispotentiaaliksi, jolla Vygotskyn (1979) mukaan kuvataan sitä kuinka paljon oppimistavoitteiden vaatimustasoa voidaan lisätä ennen kuin tehtävät muuttuvat oppilaille liian haasteellisiksi.

Oppimisen etenemismahdollisuudet paranevat, jos annetut tehtävät sijoittuvat tälle alueelle (Emerson, 1996). He tarvitsevat tukea ja ohjausta tehtäviä tai ongelman, jonka ratkaisemiseen hänellä itsellään ei ole riittävästi valmiuksia. Opettajan antama ohjaus aktivoi oppilaan konstruktiota ja siten auttaa oppilasta sisäistämään uutta tietoa (Berk & Winsler 2002). Opettajan on Vygotskyn (1978, 1979) mukaan pyrittävä ymmärtämään minkälaisista tehtävistä oppilas kykenee suoriutumaan itsenäisesti ja minkälaisista tehtävistä muiden avustamana. Liian haasteelliset tehtävät voivat estää oppilaan suoriutumista ja hän ei pysty opetuksessa mukana. Oppilaan lähikehitysvyöhykkeen mukainen oppimisherkkyys (ZPD) toimii sosiokonstruktivistisen oppimisprosessin ohjaajana.

Oppilaan konstruktio etenee yksilöllisiä reittejä pitkin (Seidel & Prenzel, 2006). Konstruktioprosessin onnistumista auttaa, jos opettaja luo oppilaan opiskeluolosuhteet sellaisiksi, että oppilas tulee tietoisiksi omista käsityksistään (Tuminaro & Redish, 2007). Erilaiset vuorovaikutustilanteet luovat oppilaalle mahdollisuuden analysoida omia käsityksiä (Kirschner, Sweller & Clark, 2006; Mercer, 2008). Tarjoamalla opiskeltaviin asioihin erilaisia näkökantoja ja ajattelutapoja, tulee oppilaalle monipuolisesti tietoa ja taitoa käsitellä opiskeltavia asioita (Wertsch, 2010; Säljö, 2010). Oppimisen tulokseen vaikuttaa se, että oppilaalla on mahdollisuus kuullaan muiden samaa asiaa havainnoineen tulkinnat asiasta (Kallunki, 2012). Tällöin oppilas voi saavuttaa omien kykyjensä mukaiset tai jopa korkeammatkin oppimistavoitteet, mutta se voi edellyttää sitä, että hän kyseenalaistaa ja uudistaa omat käsityksensä (Vosniadoun, 1994).

Uusi tieto tulisi esittää niin, että se on sovitettavissa oppilailla olemassa olevaan tietoon (Dewey, 1930; Vosniadou, 1994). Liian haastavat tehtävät tai ongelmat eivät ratkea opettajan avustuksesta huolimatta. Uuden tiedon omaksumista auttaa, jos opetuksen suunnittelussa huomioidaan oppilaan aiempi tieto ja kokemus (Säljö, 2004; Mercer, 2008). Yksittäisen oppilaan ajattelua voidaan tukea luokkahuoneessa käydyllä keskustelulla, vaikka oppilas ei siihen aktiivisesti osallistuisikaan (Myhill & Warren, 2005; Seidel & Prenzel, 2006). Oppilaan tulee kuitenkin ymmärtää luokassa käytävää keskustelua, jonka sisältämän tiedon hän rakentaa uudelleen eli konstruoi omaan ajatteluunsa sopivaksi (Scott, 1998). Tämän seurauksena ulkoinen puhe eli luokassa käyty keskustelu voi muuttua vähitellen oppilaan sisäiseksi puheeksi eli ajatteluksi.

Mercerin (2008) mukaan opetuskeskustelun tekee haastavaksi se, ettei asiasta välttämättä muodostu kuulijalle ymmärrettävää kokonaisuutta. Opetuskeskustelu luo kuitenkin mahdollisuuden kuulla muiden ajatuksia ja laajentaa omaa näkökulmaa ja saada vastinetta omille ajatuksilleen ja pohdinnoilleen. Oppilas voi peilata omia ajatuksiaan suhteessa muiden ajatuksiin samasta asiasta (Mercer & Littleton, 2007). Opettajan tehtävänä on tarjota oppilaille tilanteita, joissa he voivat harjaannuttaa omaa ajatteluaan eli tarjota mahdollisuuksia käyttää kieltä. Bakhtinin mukaan jokaisella sosiaalisella ryhmällä ja tieteellisellä yhteisöllä on oma luonteenomainen tapa kommunikoida. Oppilaan ja opettajan välinen puhe tarvitsee yhtenäisen merkkijärjestelmän (Vygotsky, 1979). Välineiden ja kielen kautta oppilas luo yhteyden ympäristön ja oman toiminnon välille. Oppilaat oppivat säännöt, joiden avulla he toimivat oppitunneilla. Oppi-

laat kysyvät ” Miten saan oikean vastauksen?” tai ”Onko tämä se, mitä minun tulee havaita?” (Driver, 1983). Näiden kysymysten kautta oppilaat suuntaavat omaa ajatteluaan ja toimintaansa. Vygotskyn mukaan oppilas (1979) jäsentää kysymyksien avulla hänelle asetetut tavoitteet. Driver, Asoko, Leach, Mortimer ja Scott (1994) ovat esittäneet, että fysiikan opiskelussa luokkahuonevuorovai-
kutuksen tarjotaan fysiikan tietoa, työtapoja ja käsitteistöä. Niiden avulla oppilas voi heidän mukaansa tehdä oikeita ja järkeviä selitysmalleja tekemilleen ha-
vainnoille.

Ongelmaratkaisutilanteissa haetaan oikeita välineitä oman ajattelun ja tut-
kitun ongelman välille. Kieltä käytetään symboloimaan asioita, joille haetaan
merkitystä. Konstruktioprosessissa ongelmaratkaisutaidot sekä kyky tehdä pää-
töksiä kehittyvät (Campoy, 2005; Tumarino & Redish, 2007). Päätöksentekoky-
vyn kehittyminen on seurausta oppimisesta ja sosiaalisen ympäristön aikaan
saamista muutoksista (Vygotsky, 1979). Kehittyneen kyvyn ja uuden tiedon
avulla oppilas selviää ongelmatilanteista. Ongelmaratkaisutilanteissa opettaja
voi ohjata oppilasta huomaamaan oppimisen kannalta oleellisia yksityiskohtia.
Oppilaille tulisi olla aikaa keskustella omista ajatuksistaan muiden oppilaiden
ja opettajan kanssa (Scott, Mortimer & Aguiar, 2005). Oppimista edistää opetta-
jan luoma positiivinen, kannustava ja innostava ilmapiiri, jossa huomioidaan
oppilaille olevat aiemmat tiedot, voidaan oppimista edistää.

Seuraavaksi tarkastellaan sosiokonstruktivistisen opetus-oppimisproses-
sin eri tekijöitä.

2.2 Mallit osana oppimista

Malleja ja oppilaiden mentaalimalleja on tutkittu kohtuullisen paljon (esimer-
kiksi Vosniadou, 1994; Gilbert & Boulter, 2000; Viiri 2000; Justi & Gilbert, 2002;
Sormunen, 2004; Corpuz & Rebello, 2011; Oh & Oh, 2011; Gadgil, Nokes-
Malach & Chi, 2012). Malli on kuvaus tai esitys ilmiöstä tai esineestä. Mallin
avulla pyritään kuvaamaan mallinnuksen kohteesta käyttötarkoituksen sopivia,
keskeisimpiä ominaisuuksia. Mentaalimalli on henkilökohtainen ajatusmalli,
jonka avulla esimerkiksi oppilas ajattelee ja tekee päätelmiä. Malleilla on mon-
nenlaisia merkityksiä ja käyttötarkoituksia. Malleilla pyritään kuvaamaan ja
havainnollistamaan erilaisia ilmiöitä, ja ne on tehty tiettyä tarkoitusta varten
(Gilbert, Boulter & Elmer, 2000). Esimerkiksi kohteen monimutkainen rakenne
voi vaikuttaa siihen, että siitä esitettyjä malleja on monenlaisia. Malleilla pyri-
tään yksinkertaistamaan ilmiöitä ja selittämään havaintoja. Ne pyrkivät selkeyt-
tämään ilmiöön liittyviä kokonaisuuksia ja yksityiskohtia. Sen vuoksi mallit
ovat yleensä tiettyyn ilmiöön ja asiaan liittyvä selityksiä, joilla pyritään autta-
maan ihmisiä ymmärtämään ilmiötä. Malli on usein useamman eri havainnon
tai tapahtuman perusteella tehty kokooma (Tiberghienin, 1994).

2.2.1 Erilaisia malleja

Malleja voidaan luokitella monella eri tavalla. Yksi tapa luokitella malleja on sen mukaan mitä ne kuvaavat. Toinen tapa luokitella malleja on sellainen, jossa huomioidaan mallin käyttötarkoitus (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000). Tuolloin malleja voidaan luokitella muun muassa seuraavalla tavalla:

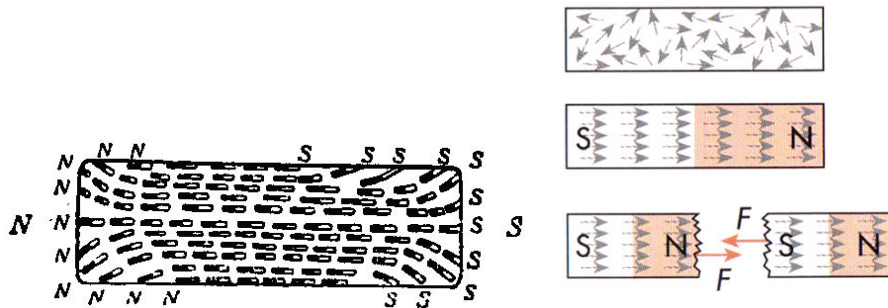
- mentaalimalli, joka on yksilön oma henkilökohtainen käsitys asiasta ja jonka avulla hän ajattelee ja käsittelee asiaa
- ilmaistu malli on malli, jonka yksilö esittää julkisesti,
- tieteellinen malli, joka on tieteellisesti tutkimusten kautta hyväksytty, usean tiedemiehen kokeellisten tutkimusten kautta muodostettu malli ja joka on julkisesti hyväksytetty
- historiallinen malli, joka on tietyssä historiallisessa asiayhteydessä
- opetusmalli on opetuksessa käytetty selitysmalli asialle
- hybridimalli on malli, joka yhdistää edellä esitettyjä malleja, ja jota käytetään usein opetuksessa

Oppilaat luovat itselleen oman sisäisen ajattelun eli mentaalimallin opiskeltavista asioista. Mentaalimalli on henkilökohtainen käsitys ja sen pohjalta luotu mielikuvaa (Judson, 2011). Mentaalimalli on mekanismi, jolla ihmiset voivat tuottaa asioille ja ilmiöille kuvauksen tai ennustaa ja jäsentää havaintojaan (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000; Corpuz & Rebello, 2011). Mentaalimalli voi olla hyvinkin tarkka kopio todellisuudesta tai siinä voi olla vain hiukan täsmälleen samoja elementtejä todellisuuden kanssa (Johnson-Laird, 1983). Mentaalimallilla on Johnson-Lairdin (1983) mukaan kuitenkin aina rakenteellinen yhtäläisyys todellisuuden kanssa. Mentaalimalleja ei voida suoraan havaita missään (Franco & Colinvaux, 2000).

Mentaalimallit ovat sidoksissa ihmisten tietoon ja tietämykseen ympäröivästä maailmasta ja siihen miten maailma toimii (Johnson-Laird, 1983). Mentaalimallien pohjalta tehtyjen päätelmien perusteella niihin vaikuttaa myös yleisesti esitetyt uskomukset asiasta (Franco & Colinvaux, 2000). Yksittäinen mentaalimalli liittyy usein tiettyyn ongelmanratkaisutilanteeseen ja asiasisältöön, mutta voi olla käyttökelpoinen toisessakin asiayhteydessä (Vosniadou, 1994; Trumper, 2004). Mentaalimallien avulla oppilaat yrittävät selittää itselleen muun muassa erilaisia fysiikan ilmiöitä (Greca & Moreira, 2002).

Jokaisella oppilaalla on oma näkemyksensä, mentaalimallinsa, joka näkyy ulospäin ilmaistuna mallina. Se pohjautuu mentaalimalliin. Ilmaistu malli syntyy sosiaalisen vuorovaikutuksen kautta oman mentaalimallin pohjalta (Säljö, 2004). Esitystapoja voi olla useita erilaisia (esimerkiksi puhe, piirros, kaavio ja teksti).

Suomalaisissa fysiikan oppikirjoissa käytetty magnetismin opetusmalli on esitetty kuviossa 2. Mallissa, joka toimii opetuksen pohjana, on käytetty alkeismagneetteja ja nuolia kuvaamaan magneetin sisäistä, suuntautunutta rakennetta. Molemmissa oppikirjoissa rakenneosalle on annettu nimitys alkeismagneetti.



KUVIO 2 Oppikirjojen opetusmalleja magnetismille. Vasemman puoleinen kuva on Fysiikan oppikirjasta oppilaitosten yläluokkia varten (K.F. Lindman, 1915). Oikeanpuoleinen kuva on oppikirjasta Ilmiö Fysiikan oppikirja 7 - 9, (Lehto, Salonen & Huttu, 2009, 262).

Opetusmalli muuttuu usein oppilaan opintojen edetessä. Aluksi opetusmalli on usein yksinkertainen, mutta myöhemmin samalle asialle voidaan esittää tarkempi ja monia edellä esitettyjä mallityyppejä sisältävä hybridimalli. Oppimisessa on usein riittävää, että oppilas omaksuu kulloinkin käytetyn opetusmallin elementit. Oppimisen edetessä elementtien määrä ja tapa ilmaista erilaisia ominaisuuksia muuttuvat.

Malleja voidaan luokitella myös sen mukaan, mitä malli ilmaisee ja miten se kuvaa todellisuutta. Tuolloin mallit voivat Gilbert, Boulter ja Elmerin (2000) mukaan olla seuraavanlaisia:

- konkreettinen malli on todellisuudessa olevasta esineestä muodostettu malli, joka on usein tehty samasta materiaalista alkuperäisen esineen kanssa
- selittävä eli verbaalinen malli voi olla vertauskuva tai analogia esimerkiksi opettajan puheessa tai oppikirjoissa oleva verbaalinen esitysmuoto
- matemaattinen malli, jossa on matemaattisia esitystapoja, esimerkiksi yhtälö
- visuaalinen malli, joka voi olla graafinen esitys tai diagrammi
- symbolinen malli, joka voi olla kuva, sanallinen esitys tai matemaattinen esitysmuoto
- liikemalli, jolla kuvataan toimintaa esimerkiksi liikkumalla.

Malleja tarvitaan muun muassa opiskeltavan asian sisällön jäsentämiseen ja asian konstruointiin (Justi, 2002; Corpuz & Rebello, 2011). Oppilaan on helppo jäsentää itselleen asiaan liittyvien osien muodostama kokonaisuus mallin avulla varsinkin, kun mallissa on visuaalisesti havaittava ja ymmärrettävä analogia tehdyn havainnon kanssa (Vosniadou, 1994; Dori & Belcher, 2005; Tuminaro & Redish, 2007). Näin oppilaalla jo olevasta tiedosta ja hänen kykynsä mukaan suhteutetusta omaksuttavissa olevan tiedosta (ZPD) on helpompi muodostaa ymmärrettävä kokonaisuus. Esimerkiksi fysiikan ilmiötä kuvaava matemaattinen malli ei välttämättä yksin riitä kuvaamaan ilmiötä (Greca & Moreira, 2002).

2.2.2 Mallit oppimisen jäsentäjänä

Oppiminen tuo kykyä ja taitoa pohtia opiskeltavia asioita. Oppimisessa uudesta tiedosta ja havainnosta sekä jo olemassa olevasta mentaalimallista muodostetaan sen hetkiseen tietämykseen sopiva ajattelumalli (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Hewson & Thorleyn, 1989; Oh & Oh, 2011). Jokainen ilmiötä havainnoiva muodostaa ilmiöstä itselleen oman mentaalimallin. Greca ja Moreira (2002) mukaan mallinnus on prosessi, joka helpottaa pätevän mentaalimallin muodostamista. Heidän mukaansa mentaalimalli auttaa oppilasta ymmärtämään käytettyjä opetusmalleja.

Kuviossa 3 on oppilaan mentaalimallin, ilmaistun mallin sekä tehdyn havainnon välinen yhteys muotoiltu muun muassa Tiberghien (2000), Buckley ja Boulterin (2000), Mèheut ja Psillosin (2004) sekä Falkin (2011) esittämien tulkin-
tojen pohjalta.



KUVIO 3 Oppilaan tekemän havainnon, hänen esittämän ilmaistun mallin ja mentaalimallin välinen yhteys

Tehtyään havainnon eli kiinnittäessään huomiota tarkasteltavaan ilmiöön oppilas vertaa siinä olevia yksityiskohtia, ominaisuuksia ja ilmiötä hänellä jo olemassa olevaan mentaalimalliin (Johnson-Laird, 1983; Driver, 1995). Oppilaat muuttavat mentaalimalliaan, jos he pystyvät parantamaan siten asian ymmärrettävyyttä. Muuttunut mentaalimalli muovautuu vastaamaan mahdollisimman hyvin tehtyä havaintoa (Vosniadou, 2002; Gadgil, Nokes-Malach & Chi, 2012). Mentaalimallit voivat muuttua kahdella tavalla. Rikastamisessa uusi tieto ja havainto täydentävät oppilailla olemassa olevaan mentaalimalliin (Greca &

Moreira, 2002; Franco & Colinvau, 2000). Uudelleen muovaamisessa syntyvässä synteessimallissa elävät rinnan mallintajan aiempi mentaalimalli ja uusi tieto (Vosniadou, 1994; Gilbert, Boulter & Elmer, 2000; Ivarsson, Schoultz & Säljö, 2002). Uudelleen muovaaminen on vaikeampi muutoksen muoto, koska silloin oppilaan tulee sovittaa hänen aiemmat käsityksensä uuteen informaatioon.

Havainnosta muille esille tuodut osat on ilmaistu malli, joka ei sisällä kaikkia mentaalimallin osia, vaan on vain osa siitä (Greca & Moreira, 2001; Gilbert, Boulter & Elmer, 2000). Ilmaistu malli on valikoitu näkökulma ilmiöstä ja sen pohjalta syntyneestä mentaalimallista (Corpuz & Rebello, 2011). Oppilaiden mentaalimalleja ei voida havainnoida, mutta siinä olevia osia voidaan selvittää ilmaistun mallin avulla. Ilmaistu malli on se, jonka oppilaat tuovat esille julkisesti esimerkiksi puheessa tai paperille tuotettuna (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000). Oppitunneilla oppilaat keskustelevat omaan mentaalimalliinsa pohjautuvan ilmaistun mallin avulla.

Pelkkien havaintojen tekeminen ei välttämättä johda mallin muuttumiseen ja oppimiseen (Justi & Gilbert, 2002). Oppilaiden mentaalimalleilla on paremmat mahdollisuudet kehittyä, jos oppilaat saavat lisää tietoa tulkittavasta asiasta (Johnson-Lairdin, 1983; Gilbert, Boulter & Rutherford, 2000). Oppilaiden tulee saada selitystä ja palautetta tekemilleen havainnoille sekä ohjausta ja varmistusta tekemilleen tulkinnoille (Tiberghien, 2000; Justi & Gilbert, 2002; Corpuz & Rebello, 2011). Havaintojen tueksi täytyy mallintajalla olla tieteellisesti perusteltua tietoa havaittujen ilmiöiden syille. Oppitunneilla tieteellistä tietoa esitetään opetusmallien avulla.

Mentaalimallin muuttumiseen voi vaikuttaa myös se, että oppilaat saavat tulkita valmiiksi annettuja malleja (Waltner, Heran-Doerr, Rachel & Wiesnern, 2011). Opettajat voivat muunnella ja käyttää malleja oman tietämyksensä, käsityksensä ja tietonsa mukaisesti (Gupta, Hammer & Redish, 2010). Samasta ilmiöstä on usein monia erilaisia malleja, joiden avulla yritetään kuvata ja selittää ilmiötä mahdollisimman monipuolisesti, mutta kuitenkin yksinkertaisesti. Jotta oppilaat kykenisivät hyödyntämään heille esitettyä erilaisia malleja (symbolinen malli, matemaattinen malli, visuaalinen malli,...), opettajan tulee ohjata heitä mallien käytössä, tulkinnassa ja miten ne liittyvät havainnoitavaan asiaan (Justi & Gilbert, 2002; Tumionaro & Redish, 2007).

Opettajan tulee tarjota tarkoituksen mukaisen mallin lisäksi riittävästi teoreettista viitekehystä, jonka varaan oppilaat kykenevät rakentamaan havaintoja vastaavan mentaalimallin (Tiberghien, 1994; Justi & Gilbert, 2002). Vygotskyn (1979) mukaan oppilaille opetuksessa esitetyt merkinnät ja symbolit sekä mallit eivät välttämättä avaudu oikealla tavalla. He voivat tehdä tulkintoja, jotka eivät vastaa todellisuutta. Oppilaat voivat tunnistaa merkinnän, mutta eivät kykene itse tuottamaan sitä. Oppilaat voivat hyväksyä uuden mallin, mutta silti toimia aiemman mentaalimallin pohjalta (Tynjälä, 2002). Syynä tähän voi olla liian suuri ero oppilaalla aiemmin olleen mentaalimallin ja uudistuneen mallin välillä. Opettajien pitäisi tulla tietoisiksi siitä, millä malleilla ja millä tavoin malleja käyttämällä he voivat parhaiten tukea ja edistää oppilaiden oppimista. Opetta-

jien tiedostaessa mallien merkityksen ja mahdollisuuden opetuksessa, voidaan opetuksessa saavuttaa parempia oppimistuloksia.

Opetusmallien avulla voidaan selittää tai simuloida asioita, joita ei voida suoraan havainnoida, esimerkiksi ilmiön kokoluokan vuoksi (Johnson-Laird, 1983). Varsinkin fysiikan ilmiöitä hahmottavien mentaalimallien muodostamisessa oppilaat tarvitsevat sosiaalista vuorovaikutusta, keskustelua ja tiedon siirtoa (Oh & Oh, 2011; Justi & Gilbert, 2003). Johnson-Lairdin (1983) sekä Greca ja Moreiran (2002) mukaan oppilaiden mentaalimallin kehittymiselle on tärkeää, että he opiskelevat ilmiöön liittyvää tietoa ohjatusti, opettajan antaessa riittävän ohjauksen. Fysiikassa käytetäänkin malleja monella tavoin edistämään oppilaiden oppimista. Mallien dynaamisuutta käytetään varsinkin ratkottaessa ongelmia, hahmotettaessa ei-suoraan havaittavia asioita (esimerkiksi kokoluokan vuoksi) tai sovellettaessa olemassa olevaa tietoa toiseen tilanteeseen (Johnson-Laird, 1983; Gentner & Gentner, 1983; Corpuz & Rebello, 2011).

2.2.3 Oppilaiden mallit muuttuvat

Seuraavaksi tarkastellaan joitakin tilanteita, joissa oppilaalle tulee tarve muuttaa mentaalimalliaan. Tarve muutokselle syntyy yleensä silloin, jos oppilas ei oman käsityksensä eli mentaalimallinsa avulla kykene tulkitsemaan ilmiötä tieteellisesti pätevällä tavalla. Tilanne voi aiheuttaa oppilaassa kognitiivisen konfliktin ja halun korjata mentaalimallia, joiden seurauksena voi tapahtua oppilaan käsitteellinen muutos. Muutoksen eteenpäin vieminen vaatii usein oikeanlaista ohjausta, joka on sovitettu vastaamaan oppilaan lähikehityksen vyöhykettä (ZPD). Seuraavaksi tarkastellaan kognitiivista konfliktia ja käsitteellistä muutosta tarkemmin.

Kognitiivinen konflikti

Kognitiivinen konflikti on poikkeama, ristiriita mentaalimallin mukaisen odotuksen ja havainnon välillä (Kuhn, 1972; Sela & Zaslavsky, 2007). Oppilaan tiedostama poikkeavuus voi olla myös hänen mentaalimallinsa ja opetusmallin välillä (Zohar & Aharon-Kravetsky, 2005; Besnard & Baxter, 2006; Rolka, Rösken & Liljendahl, 2007). Oleellista on, että oppilas tiedostaa, ettei hän nykyisen mentaalimallinsa avulla voi selittää havaittuja ilmiöitä. Syynä voi olla puutteellinen tai virheellinen mentaalimalli. Tämä voi aiheuttaa hämmennystä oppilaassa, mutta opetuksellisesti se voidaan nähdä haasteena ja mahdollisuutena muodostaa uusi, rekonstruoitu mentaalimalli (Rauste-von Wright, 1998; Rauste-von Wright, von Wright & Soini, 2003).

Oppilaan pitää tiedosta se, että hänen täytyy muuttaa jotakin omassa ajattelussaan ja lisäksi hänen tulee myös olla halukas muutokseen (Vosniadou & Brewer, 1994; Vosniadou, 1994). Koulussa oppilaiden muutosprosessissa opettaja voi toimia oppilaan tukena konstruoinnissa ja samalla olla uusien ajatusten esille tuojana. Opettaja voi ohjata oppilaiden mentaalimallin muodostamista ja vahvistaa oikeita tulkintoja sekä korjata virheellisiä päätelmiä ja tulkintoja. Oppilaiden on usein vaikeaa muuttaa virheellistä mentaalimalliaan ilman ulko-

puolista tukea ja ohjausta (Vygotsky, 1979). Oppilas voi tiedostaa ristiriidan, mutta ei välttämättä kykene itsenäisesti näkemään uuden tiedon yhteyttä aiempaan.

Vanha mentaalimalli voi olla hyvinkin pysyvä, ja se voi jopa estää oppimista, jos se poikkeaa merkittävästi opetusmallista (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985). Mallia pidetään kelvollisena ja luotettava niin kauan aikaa, kunnes tulee tilanne, jota ei voida selittää mallin avulla. Muutoksessa on tärkeää, että virheellinen tai puutteellinen osa korvautuu uudella tiedolla, joka on riittävän hyvin perusteltua ja sopii oppilaan tekemiin havaintoihin. Uudistettu mentaalimalli muodostuu vanhan mentaalimallin ja tehdyn havainnon synteessä.

Käsitteellinen muutos

Käsitteellinen muutos on yksi kognitiivisen konfliktin selviytymisstrategia (Limón, 2001). Se on prosessi, jossa oppilaan ymmärrys asialle tai ilmiölle muuttuu. Käsitteellinen muutos mentaalimallissa vaatii sen, että oppilas havaitsee ja tiedostaa, etteivät hänen tekemänsä havainnot ole selitettävissä asiasta olevan mentaalimallin avulla (Gadgil, Nokes-Malach & Chi, 2012). Käsitteellisestä muutoksesta on tehty monia tutkimuksia (esimerkiksi Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Schnotz, Vosniadou & Carretero, 1999; Mayer, 2002). Kaikkia käsitteenvaihtumisprosesseja ei tulkita käsitteellisiksi muutosprosesseiksi. Mentaalimallin muutosta havaintoja ja opetusmallia vastaavaksi voidaan nimittää myös korjausprosessiksi, jos käsitteen sisältöä tarkennetaan (Lee & Law, 2001; Taasoobshirazi & Sinatra, 2011). Duit (1999) on esittänyt, että Hewson ja Hewsonin mukaan käsitteellisessä muutoksessa tapahtuu käsitteen sisällöllisen tason ja aseman nouseminen korkeammaksi eli käsitteen merkitys sen haltijalle muuttuu tärkeämmäksi. Käsitteellistä muutosprosessia on kuvattu siksi myös virhekäsitysten korjausprosessiksi (Hewson & Thorley, 1989; Duit, 2009; Gilbert, Bulte & Pilot, 2011).

Käsitteellistä muutosta on tulkittu oppilaan omana, henkilökohtaisena tiedon uudelleen muotoiluna, jota ohjaa oppilaan mentaalimalli (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Vosniadou & Brewer, 1994; Sinatra, 2002). Käsitteellisen muutoksen seurauksena oppilas oppii ymmärtämään asioiden välisiä yhteyksiä uudella tavalla. Ymmärryksen muuttuminen auttaa mentaalimallien muodostamisessa ja uudistamisessa sekä johtopäätösten tekemisessä (Mayer, 2002; Limón 2002; Ivarsson, Schoultz & Säljö, 2002). Vosniadoun mukaan käsitteellinen muutos on prosessi, jossa uusi tieto muodostaa yhdessä aiemman tiedon kanssa selityksen tutkitulle asialle (Vosniadou, 1994, 2002). Fysiikan opiskelun yhteydessä oppilaiden virhekäsityksiin kiinnittivät ensimmäisinä huomiota muun muassa Viennot (1979) ja Novak (1977).

Posner, Strike, Hewson ja Gertzogin (1982) mukaan käsitteellisen muutoksen onnistuminen vaatii seuraavia seikkoja. Jotta uusi käsite hyväksyttäisiin ja omaksuttaisiin, tulee Posner ynnä muiden (1982) mukaan oppilaalla olla tyytymättömyys hänellä jo olemassa olevaan käsitteen sisältöön ja siihen, miten sen avulla voidaan selittää asiaan liittyviä tapahtumia ja ilmiöitä. Heidän mukaansa uuden käsitteen tulee olla järkevä ja ymmärrettävä, uuden käsitteen täy-

tyy olla uskottava, ja sillä pitää pystyä selittämään esiin tulleita ongelmia. Lisäksi Posner ynnä muiden (1982) mukaan uuden käsitteen tulee olla sellainen, että sen avulla voidaan selittää myös uusia myöhemmin tehtäviä havaintoja ja huomioita. Osittaisessa käsitteellisessä muutoksessa oppilas huomioi ristiriitaisen käsityksen, mutta ei omaksu sitä itselleen. Tuolloin hän tyytyy omaan epätäydelliseen mentaalimalliinsa.

Käsitteet eivät kuvaa vain yksilön omia, sisäisiä käsityksiä. Ne ovat osa yhteistä, sosiaalista kieltä, jossa merkityksiä siirretään yhteisössä keskustelun kautta (Ivarsson ym., 2002). Käsitteellisen muutoksen alkuun paneva tekijä koulussa on sosiaalinen vuorovaikutus, koska se luo yksilölle mahdollisuuden havaita puutteita ja virheellisyyksiä omissa käsityksissään, ja siten se aiheuttaa tarpeen muuttaa omaa käsitystään (Vosniadou, 2002).

Käsitteellinen muutos voi olla vaikeaa, koska oppilaat eivät välttämättä tiedosta omaa virheellistä käsitystään tai heillä ei ole tunnistamalleen, virheelliselle käsitteelleen korvaavaa käsitettä (Chi & Roscoe, 2002). Muutoksessa auttaa se, että oppilas ymmärtää asioiden ja ilmiöiden välisen yhteyden. Jotkut käsitteet liittyvät niin kiinteästi toisiinsa, että niiden ymmärtämättömyys tai ymmärrys vaikuttaa toisenkin käsitteen ymmärtämiseen (Özdemir & Clark, 2007). Opettajan antama ohjaus auttaa oppilaita huomaamaan omat virheelliset tulokset ja toisaalta myös korjaamaan niitä (Laurillard, 2012).

2.3 Oppilaan oppimista edistäviä tekijöitä

Opettajan rooli oppilaan ajattelua ohjaajana tulee erityisen merkittäväksi tilanteissa, joissa oppilas opiskelee hänelle uutta asiaa tai asiaa, johon hän ei kykene omatoimisesti saamaan vastausta nykyisellä tietämyksellään (McNeill, Lizotte & Krajcik, 2004; Engin, 2012). Opettajan tehtävänä on luoda oppilaille riittävän hyvät puitteet oppimiselle sekä auttaa oppilasta hänen konstruktioprosessissaan.

Sosiaalinen vuorovaikutus ja ulkopuolinen apu auttavat oppilasta ymmärtämään ja muovaamaan omaa konstruktioaan uuden tiedon pohjalta (Mercer, 2008). Luokassa käytävä opetuskeskustelu antaa mahdollisuuden oppilaille uusien näkökantojen kuulemiseen ja esiintuomiseen. Luokkahuonevuorovaikutuksen muodoista erityisesti opetuskeskustelulla on oleellinen merkitys oppilaan ajattelun tukemisessa (Mercer, 2008). Tutkimuksissa on havaittu miten oppilaan oppiminen ja tiedonmuodostus on hankalaa, ellei lähes mahdotonta, ilman sosiaalista vuorovaikutusta (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Seuraavassa tarkastellaan oppilaan oppimisen edistävästä toimista kriittisiä toimintoja, opetuskeskustelua ja oikea-aikaista ohjaamista.

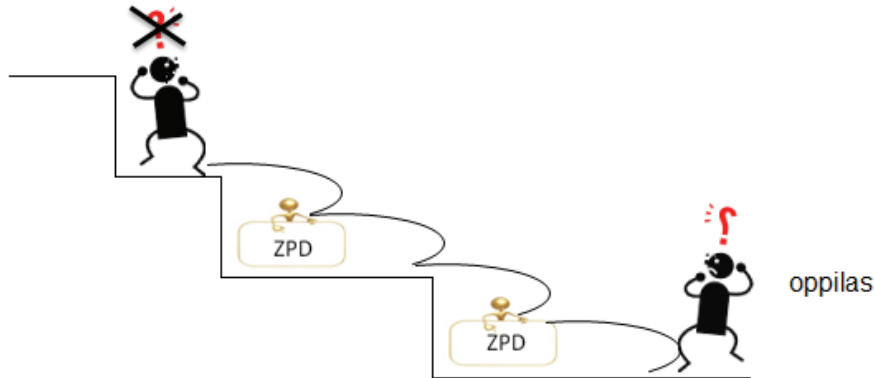
2.3.1 Kriittiset toiminnot laajentavat oppilaan ajattelua

Oppimisen kannalta kriittisiä ovat sellaiset tapahtumat, joiden avulla saadaan aikaan oppilaan ajattelussa merkittävä tai selvästi poikkeava muutos (Powell,

Francisco & Mahel, 2003). Jos käsiteltävälle asialle ei anneta merkitystä tai oppitunnilla tehdyille kokeelliselle työskentelylle ei anneta perusteita, opiskelussa esiin tulevat asiat eivät välttämättä sisäisty oppilaille (Viennot, Chauvet, Colin & Rebman, 2005). Oppilas voi suorittaa mekaanisesti annetun tehtävän, mutta hän ei välttämättä tiedä, mitä ja minkälaisia johtopäätöksiä hänen niiden perusteella tulisi tehdä (Laurillard, 2012). Oppilas ei välttämättä ymmärrä sitä, mitä tehty havainto merkitsee, jollei sitä hänelle selitetä (Rudduck & Flutter, 2008; Laurillard, 2012). Siksi opettajan tulisi ohjata oppilaita kiinnittämään huomiota tarkasteltavan asian oleellisiin kohtiin (Myhill & Warren, 2005). Oppitunnin osia, joissa tapahtuu oppilaan huomion suuntaamista kokonaisuuden kannalta keskeisiin asioihin, ja jotka ohjaavat oppilaita yhdistämään aiemman tiedon ja tarkasteltavan asian toisiinsa, nimetään kriittisiksi toiminnoiksi.

Oppilas tekee havaintoja kokeellisesta työskentelystä, mutta niiden yhteys opetusmalliin ja omaan ajatteluun ei välttämättä avaudu oppilaille ilman tukea (Campoy, 2005). Mitä enemmän yhteyksiä opettaja pystyy luomaan uuden ja oppilailla jo olemassa olevan tiedon välille, sitä helpommin ymmärrettäväksi uusi tieto oppilaille tulee (Rudduck & Flutter, 2008). Opettaja toimiikin tuolloin oppilaan ulkoisena prosessorina, joka avaa tutkimuksessa esiin tulevan tiedon niin, että oppilas saa siihen kiinnukohtia aiemman tiedon kanssa. Oppilaalla on myös aktiivinen rooli, koska hän prosessoi, konstruoi asiaa ja siten sisäistää opiskeltavan asian omaksi, sisäiseksi tiedoksensa (Barnes, 2008). Oppilaan ajattelu on sisäinen prosessi, jota ei voi nähdä ulospäin (Säljö, 2004). Näiden kahden prosessin väliin muodostetulla yhteydellä voidaan luoda tarkoituksen mukainen oppiminen (Ausubel & Robinson, 1969). Tärkeimpien yhteyksien luomista ajattelun ja aiemmin opitun välille sanotaan pedagogiseksi asioiden yhdistämiseksi (pedagogical link-making) ja se lisää oppilaan kykyä ymmärtää opiskeltavaa asiaa (Scott, Mortimer & Ametller, 2011; Mortimer & Scott, 2011).

Kriittinen toiminto on opettajan oppilaille suuntaamaa ohjausta, joka auttaa oppilasta laajentamaan omaa ajattelua ja tietämystä. Kriittisen toiminnon toteutus ei ole ennalta suunniteltua ja ohjattua eikä toiminnon tule olla ennalta määrättyllä tavalla toteutettu. Kriittiseksi toiminto tulee siksi, että siinä oppilaille tarjottu asiasisältö auttaa ja ohjaa oppilasta saavuttamaan sisältörikkaamman mentaalimallin. Kriittinen toiminto toimii eräänlaisena apuportaana oppilaan ajattelussa. Kuviossa 4 kuvataan opettajien tarjoamien apuportaiden merkitystä oppilaan oppimisessa.



KUVIO 4 Opettajan tarjoamien apuportaina toimivien kriittisten toimintojen merkitys oppilaan oppimisen etenemiselle.

Kuviossa 4 olevat apuportaat, jotka sijaitsevat ZPD:llä, opettajan tulee asettaa niin, että niiden avulla oppilas voi saavuttaa uutta tietoa. Apuportaita voidaan kutsua kriittisiksi toiminnoiksi, koska ilman niiden antamaa tukea oppilaan eteneminen on haasteellista. Kriittiset toiminnot poikkeavat muiden tutkijoiden (muun muassa Viennot, Chauvet, Colin & Rebman, 2005; Powell, Francisco & Mahelin, 2003; Myhill & Warrenin, 2005) esittämistä kriittisyyksistä siten, että kriittisessä toiminnossa on oleellista se, että opettaja huomioi oppilaan lähikehityksen vyöhykkeen (ZPD). Kriittisyyttä ei toiminnossa ole siinä olevan vuoro-vaikutuksen luonne, vaan ainoastaan sen oikeanlainen asiasisältö, sovitettuna opiskelun etenemisen kannalta oleelliseen sisältöön. Siksi kriittiselle toiminnolle ei voida osoittaa ennalta ajallisesti tarkkaan määrättyä paikkaa.

Viennot (Viennot ym., 2005 ja 2006) tarkastelee tutkimuksissaan kriittisiä yksityiskohtia (critical details). Ne ovat opetuksessa olevia pieniä yksittäisiä oppituntitapahtumia, jotka ovat oppilaiden oppimisen kannalta keskeiset ja ymmärrystä edistäviä (Viennot, Chauvet, Colin & Rebmann, 2005; Viennot & Kaminski, 2006). Ne voivat sijaita opetuskokonaisuuden alussa tai lopussa. Kriittisyyttä on se, että opettajat tunnistavat opetuksesta sen mitä tulee kertoa, mikä on oleellista oppilaan oppimisen kannalta.

Powell, Francisco ja Mahel (2003) käyttämä termi kriittinen tapahtuma (critical event) on käsitettävissä yleisemmin. Se ei ole ennalta määrätty toiminto tai tapahtuma. Se voi olla mikä tahansa oppitunnin aikainen tapahtuma, joka johtaa muutokseen oppilaan ajattelussa opiskeltavasta asiasta. Tapahtuma yhdistää oppimisen kannalta merkittäviä opetuksellisia osia. Nämä opetuksen osat saavat aikaan muutoksen aiemmasta käsityksestä. Muutos voi olla kohti oikeampaa tai virheellisempää käsitystä ja siksi niitä nimitetään kriittisiksi. Kriittiset tapahtumat voivat olla sidoksissa joko aiemmin tapahtuneeseen oppituntitapahtumaan tai myöhemmin esiintyvään oppituntitapahtumaan. Kriittisyys on tutkittujen oppimistavoitteiden saavuttamisen kannalta.

Myhill ja Warren (2005) esittämät kriittiset hetket (critical moments) ovat niitä hetkiä luokkahuonevuorovaikutuksessa, jossa oppilaan tai opettajan sanominen luo mahdollisuuden opettajalle tukea tai estää oppilaan ymmärtämisen kehittymistä. Kriittinen hetki voi olla se, kun opettaja ei huomioi oppilaan vastausta, jos vastaus ei ole sellainen, jota opettaja odottaa esittämäänsä kysymykseen. Kriittinen hetki voi olla myös sellainen tilanne, jossa opettaja mahdollistaa oppilaiden välisen keskustelun.

2.3.2 Opetuskeskustelu luo tilaisuuden ilmaista ja kuulla erilaisia käsityksiä opiskeltavasta asiasta

Seuraavaksi tarkastellaan luokkahuonevuorovaikutuksen erilaisia ilmenemismuotoja, koska sosiokonstruktivistisesta näkökulmasta oppiminen ja oppilaiden tiedonmuodostus ovat sosiaalisia ilmiöitä (Leach & Scott, 2002; Säljö, 2004; Lehesvuori, 2013). Koska luokkahuonekeskustelulla on suuri merkitys oppilaan oppimisprosessissa, tarkastellaan sen eri ilmenemismuotoja.

Opetuskeskustelu on sosiaalinen vuorovaikutustilanne, jossa opettaja ja oppilaat voivat ilmaista omia käsityksiään ja kuulla muiden näkemyksiä asiasta (Mortimer & Scott, 2000; Dawes, 2004). Luokkahuonevuorovaikutusta koskeissa tutkimuksissa on tullut toistuvasti esille, että oppilaan oppimisprosessiin vaikuttaa luokassa tapahtuva keskustelu (muun muassa Mercer, Wegerif & Dawes, 1999; Leach & Scott, 2002; Barnes, 2008; Aguiar, Mortimer & Scott, 2010). Aiemmin tutkimuksissa on tarkasteltu muun muassa siinä esiintyviä puheenmuotoja ja niiden esiintymistä opettajan ja oppilaan puheessa (Mortimer & Scott, 2000, 2003). Toisaalta tutkimuksissa on selvitetty oppitunneilla esiintyviä kysymyksiä ja niihin annettujen vastausten vaihtelua (von Zee, Iwasyk, Kurose, Simpson & Wild, 2001; Erdogan & Campbell, 2008). Yhteistä tutkimuksien tuloksissa on, että keskustelulle tulisi antaa tilaa luokassa. Driver, Asoko, Leach, Mortimer ja Scottin (1994) mukaan vain yhteistyössä ja yhdessä puhuen voidaan varmistaa oppimista ja esitellä oppilaille tieteenalalle ominaisia ajattelu- ja toimintamalleja.

Opettajan tehtävänä on olla aloitteen tekijä käydyissä keskusteluissa (Be-reiter, 2002). Opettajan tulee rohkaista oppilaita esittämään omia näkemyksiään, jolloin tarkasteltavasta asiasta tulee esille mahdollisimman monenlaisia näkemyksiä (Mercer, 1995, 2008; Seidel & Prezel, 2006; Chin, 2007). Keskusteluista saatu tieto auttaa opettaja suunnittelemaan oppitunnin etenemistä niin, että hän voi mahdollisimman hyvin auttaa oppilasta kehittämään ajatteluaan (Bliss, Askew & Macrae, 1996; Dillon & Maguire, 2007). Toisaalta oppilaat kuulevat muiden ajatuksia asiasta ja siten saavat mahdollisuuden tarkastella oman ajattelun paikkansapitävyyttä (Scott, Mortimer & Ametller, 2011).

Oppilaiden puhuessa ja opettajan antaessa palautetta oppilaan puheelle, oppilas voi varmistaa ja rakentaa omia näkemyksiään ja tehdä niissä tarpeellisia korjauksia (Entwistle, 1982; Seidel & Prenzel, 2006; Kallunki, 2012). Yleensä opettaja pyrkii siihen, ettei oppilas vain kopioi heidän esittämiään asioita (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Scott, 1998). Opettajan antama palaute ohjaa oppilaan ajattelua (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994; Bliss, Askew

& Macrae, 1996; Kallunki, 2012). Jimenez-Aleixandre, Rodriguez ja Duschlin (2000) mukaan muun muassa oppilaan kyky esittää kysymyksiä ja verrata annettuja vastauksia omaan ajatteluun ja tekemiinsä havaintoihin paranevat, jos oppilaalle annetaan tilaisuus ilmaista omia ajatuksia. Heidän mukaan keskustelu parantaa myös oppilaiden taitoa analysoida tehtyjä havaintoja ja ymmärtää esille tulleita selitysmalleja.

Oppituntien sosiaalisissa vuorovaikutustarkasteluissa on yhtä tärkeää kiinnittää huomiota sekä olemassa oleviin vuorovaikutuksiin että siihen, mitkä vuorovaikutustilanteet jäävät vaille opettajan huomiota (Myhill & Warren, 2005). Jos oppilas kokee, ettei hänen mielipiteillään tai ajatuksillaan ole merkitystä tai niitä ei huomioida, se voi saada aikaan oppilaissa turhaumaa ja haluttomuutta opiskella esillä olevaa asiaa (Berk & Winsler, 2002; Myhill & Warren, 2005). Tästä voi seurata oppilaan turhautumisen purkautuminen esimerkiksi muuhun toimintoon. Oppilaiden tekemiä aloitteita, olivatpa ne kysymyksiä tai toteamuksia, ei tulisi jättää huomiotta (Dillon, 1988; Jimenez-Aleixandre, Rodriguez & Duschl, 2000). Luokkahuonevuorovaikutusta tutkineet ovat huomanneet, että luokassa, jossa sosiaalinen vuorovaikutus on vähäistä tai sitä ei esiinny juuri lainkaan, oppimistulokset ovat myös usein heikot (Driver ym., 1994). Tieteellisesti validi vuoropuhelu fysiikan tunneilla tuo esille käsitteitä ja niiden merkityksiä (Zimmermann & Stage, 2008). Vaikka oppilas ei osallistuisi keskusteluun aktiivisesti, hänen passiivinen osallistumisensa kuuntelijana mahdollistaa hänen mentaalimallinsa pätevyuden arvioinnin. Oppimistilanteen kannalta olisi tärkeää, että opettaja tiedostaisi luokkahuonevuorovaikutuksen merkityksen oppilaille ja hänelle itselleen (Oh & Oh, 2011).

Tässä tutkimuksessa ei kiinnitetä huomiota erilaisiin puheen muotoihin. Tarkoituksena on selvittää kuinka paljon oppituntien aikana on opetuskeskustelua ja mitä tarkoitusta varten keskustelua käydään. Opettajan ja oppilaan välisessä keskustelussa voi olla kyse esimerkiksi tiedon siirrosta, kannustuksesta, palautteen antamisesta, ohjaamisesta, rohkaisusta tai oppimisen eteenpäin viemisestä (Mercer & Littleton, 2007). Oppilaiden osallistuessa keskusteluun he voivat esittää kysymyksiä ja etsiä siten ratkaisua ongelmiinsa (Berk & Winsler, 2002). Ilmaistessaan muille omat käsityksensä, oppilaat asettavat oman mentaalimallinsa julkisen tarkastelun kohteeksi ja siten oppilaille tarjoutuu mahdollisuus vertailla ja keskustella omista näkemyksistään (Justi & Gilbert, 2003). Opetuskeskustelun avulla pyritään varmistamaan, että oppilaiden oppiminen eteni mahdollisimman hyvin (Myhill & Warren, 2005; Driver ym., 1994).

2.3.3 Oppilaan oppimisen oikea-aikaisen ohjauksen tarpeellisuus

Oppilaan oikea-aikainen ohjaaminen eli scaffolding on yksi oppilasta eteenpäin vievä luokkahuonevuorovaikutuksen muoto (Maloch, 2002; Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007; Engin 2012; Ruiz-Primo, 2011). Ensimmäisenä termin ottivat käyttöön opetuksen yhteydessä Wood, Bruner ja Ross vuonna 1976. Termi scaffolding tarkoittaa tukirakennelmaa tai rakennustelinettä. Brunerin (1978) mukaan opettaja on rakennustelineiden pystyttäjä ja purkaja. Opetuksen yhteydessä sillä tarkoitetaan oppilaan saamaa ohjausta ja tukea ongelmaratkai-

sussa, tehtävien tekemisessä tai tavoitteiden saavuttamisessa. Ohjaamisen tarkoituksena on, että oppilas saa rohkeutta ja riittävästi tietoa suoriutua tehtävistä (Berk & Winsler, 2002). Sitä kautta oppilaan varmuus ottamaan enemmän vastuuta omista ajatuksistaan lisääntyy (McNeill, Lizotte & Krajcik, 2004; Ruiz-Primo, 2011). Oppilaan ohjaaminen voi tapahtua yhteisesti koko ryhmän kanssa tai suuntaamalla se yksittäiselle oppilaalle. Koska sanalle ei ole lyhyttä suomennusta, käytän scaffolding sanasta suomennusta ohjaaminen.

Oppilaan oppimisen ja sen etenemisen kannalta on hyvin tärkeää, että hän saa oman oppimisvaiheen mukaista ohjausta (Ruiz-Primo, 2011). Oppilasta ohjataan huomaamaan ne toiminnan osat, joista on apua hänen oppimisprosessissaan (McNeill, Lizotte & Krajcik, 2004, Engin, 2012). Tavoitteena on, että myöhemmin kohdatessaan uudelleen vastaavan tilanteen oppilas kykenee itsenäisesti selviytymään siitä (Rauste-von Wright, von Wright & Soini, 2003; Mercer & Littleton, 2007; Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007).

Oppilaiden on usein vaikea ymmärtää tehtävien ja töiden merkityksiä, jollei niitä avata heille (Bliss, Askew & Macrae, 1996). Oppilaita tulisi ohjata työn alkuun ohjeistamalla heitä siinä, mihin asioihin heidän tulisi tutkimuksessa kiinnittää huomiota (Viennot ym., 2005). Tärkeää on myös se, että oppilas tulkitsee tekemänsä havainnon oikein (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Muodostuneissa merkityksissä voi asioiden välinen yhteys olla virheellinen ja siten antaa oppilaille väärän kokonaiskuvan tai loppupäätelmän (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Oppilaan oma käsitys siitä, mikä tieto on oikeaa ja miten tiedon palaset liittyvät toisiinsa, vahvistuu, kun hän saa ohjausta ja tukea ajattelulleen (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Yleensä ongelmana ei ole se, etteivät oppilaat näe, mitä oppilastyössä tapahtuu, vaan se, että oppilaat eivät tiedä mikä havainto on tärkeä tutkittavan ilmiön kannalta, tai oppilaat eivät ymmärrä mitä opettajan kehoitus ”ottakaa selvää mitä tapahtuu” tarkoittaa (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007; Säljö, 2004). Ongelmana voi olla se, etteivät oppilaat tiedä, miten heidän tulisi tulkita tekemiään havaintoja.

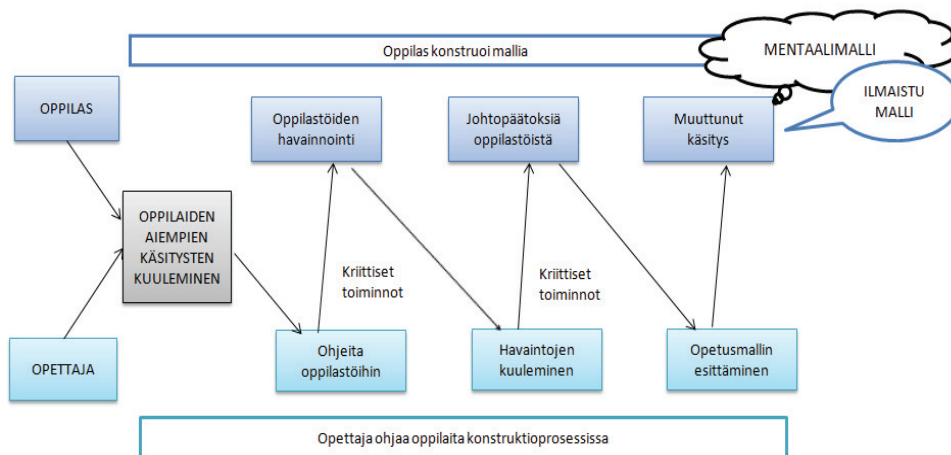
Oppilas voi osoittaa turhautumista tai olla yhteistyöhaluton, jos hän kokee, että tutkittava asia on liian haasteellinen hänelle. Kun ohjaaminen suunnataan oikein, oppilas oppii selviytymään haastavista tehtävistä ja siten hänen kykynsä kehittyvät ja taitonsa vahvistuvat. Opettajalla on vastuu seurata ja tarkistaa oppilaan oppimisen etenemistä. (Berk & Winsler, 2002; Mercer & Littleton, 2007). Ohjaamisessa on tärkeää, että opettaja huomioi oppilaan esittämän ongelman ja ohjaa oppilaan selviytymään siitä. Opettajan antamat neuvot ja ohjeet auttavat oppilasta huomaamaan uusia toimintatapoja (Scott ym., 2011). Liian vähäinen ohjaus ei tue oppilaan kognitiivista prosessia oppimisen aikana (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Kirschner ym. (2006) mukaan oppimisen kannalta parasta ja oppimista tehokkaasti tukevaa on se, että oppija saa erityisesti tilanteeseen suunniteltua ja siten tehokasta ohjausta.

2.4 Yhteenveto

Sosiokonstruktivistisesta näkökulmasta tarkasteltuna opettajan toimilla ja luokassa olevilla erilaisilla vuorovaikutuksilla on tärkeä merkitys oppilaan oppimisessa. Oppilaan oppimisprosessi on monimutkainen tapahtuma, jossa oleellisena osana on hänen konstruktioprosessinsa, joka muokkaa hänen mentaalimalliaan (Seidel & Prenzel, 2006; Muijs & Reynolds, 2011). Mentaalimalli on ajattelun tukena toimiva työkalupakki, jonka avulla oppilas voi hahmottaa maailmaa ja tulkitsee siellä olevia ilmiöitä sekä tuottaa muille esitettäviä ilmaistuja malleja (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000; Greca & Moreira, 2002). Malliin sisällytetään ne käsitteet, joilla kuvataan riittävästi kyseistä asiaa (Vosniadou & Brewer, 1994; Coll & Treagust, 2003). Siksi oppilaan kyky yhdistää uutta tietoa aiempaan vaikuttaa siihen, miten hän kykenee omaksumaan uuden tiedon (Özdemir & Clark, 2007).

Opettaja on merkittävässä roolissa, jotta oppilas kykenee tulkitsemaan tekemiään havaintojaan oikein ja liittämään niitä opetusmalliin (Mercer, 2005). On kuitenkin muistettava, että antamalla tarkkoja toimintaohjeita tai antamalla välittömästi tarkka, suora vastaus oppilaan kysymykseen, estetään oppilaan itsenäisen ajattelun ja oppimisen kehittyminen (Berk & Winsler, 2002). Oppilaan pitää pystyä ilmaisemaan ja koettelemaan omia tulkintojaan eli esittämään oma ilmaistu mallinsa tutkitusta asiasta.

Kuviossa 5 on esitetty tämän tutkimuksen yksilölliseen konstruktiioon eli mentaalimallin muodostumiseen vaikuttavat luokan vuorovaikutustilanteet.



KUVIO 5 Oppilaan mallin rakentuminen vuorovaikutuksen ja opettajan ohjauksen tukemana

Oppilaat voivat muokata ja kehittää omaa mentaalimalliaan luokahuoneen tarjoamassa sosiaalisessa ympäristössä (Kirscher, Sweller & Clark, 2006). Luokahuone on hyvä paikka harjoitella ja harjaantua käyttämään oikeita käsitteitä,

joita esitetään ilmaistuissa malleissa (Vosniadou, 2002). Omaa mentaalimallia peilataan olemassa oleviin ja muiden esittämiin tulkintoihin (Wertsch 1991). Harjoittelun aikana käsitteiden sisällöt muovautuvat ja muuttuvat (Driver ym., 1994). Opettajan oikeanlaisella ja oikea-aikaisella tuella oppilas oppii korjaamaan ja vahvistamaan oman ajattelunsa oikeita elementtejä (Rudduck & Flutter, 2008). Opettaja voi ohjata oppilaita kiinnittämään huomiota tiettyihin yksittäisiin kohtiin tai asiasisältöihin (kriittiset toiminnot) (Scott, Mortimer & Ametller, 2011). Opettaja voi muodostaa yhteyden oppilaiden ajattelun ja havaintojen välille niin, että niistä muodostuu suurempi kokonaisuus (Justi & Gilbert, 2002). Havainnot sisältävät yleensä ilmiöitä tai sen osia, joihin oppilaat eivät osaa kiinnittää huomiota tai jota he eivät osaa tulkita ilman kokeneemman ohjausta (työskentelyyn ohjaus) (McNeill, Lizotte & Krajcik, 2004). Tämän ohjauksen opettaja voi tehdä antaessaan työskentelyyn toimintaohjeita (Berk & Winsler, 2002). Osittain myös toiset oppilaat voivat antaa apua tulkintojen tekemiseen (Putney ym., 2000). Keskustelussa oppilas voi esittää omia näkemyksiään ja siten koetella omia käsityksiään ja niiden paikkansa pitävyyttä (ilmaistuja ajatuksia havainnoista) (Seidel & Prenzel, 2006). Ilman sosiaalista vuorovaikutusta oppilas ei tule tietoiseksi omien tietojensa ja käsitystensä oikeellisuudesta (opetusmalli) (Scott, Mortimer & Ametller, 2011). Oppilaan mentaalimalli muovautuu sosiaalisen vuorovaikutuksen tukemana.

3 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten pysyviä perusopetuksen 9. vuosiluokan oppilaiden ilmaistut mallit magnetismista ovat ja vaikuttaako niiden muodostumiseen opettajan ohjaus ja luokahuonevuorovaikutus. Vastauksia tutkimuskysymyksiin haettiin kuuden oppitunnin mittaisen, Purduen yliopistossa suunnitellun opetusmateriaalipaketin avulla (Sederberg, 2010; liitteet 1 - 8). Opetusmateriaalin mukaisia oppitunteja pidettiin kolmessa eri opetusryhmässä. Jokaisessa ryhmässä opettaja vastasi oppituntien toteutuksesta ja siten opettajien antamaa ohjausta ja ryhmissä olevien vuorovaikutusten vaikutusta oppilaiden ilmaistuihin malleihin voitiin tarkastella.

Tutkimuskohdetta lähestyttiin seuraavien tutkimuskysymysten ja niitä tarkentavien kysymysten avulla:

1. Minkälaisia muutoksia oppilaiden magnetismin ilmaistuissa malleissa on nähtävissä opetusjakson aikana?
 - 1.1. Kuinka oppilaiden ilmaistut mallit muuttuvat opetusjakson aikana?
 - 1.2. Miten eri opetusryhmien oppilaiden ilmaistujen mallien muutokset eroavat toisistaan?

2. Minkälaisilla luokahuonevuorovaikutuksilla opetusryhmissä ohjataan oppilaiden ilmaistujen mallien muodostumiseen?
 - 2.1. Miten kriittisten toimintojen esiintyminen ohjaa oppilaiden magnetismin mallinnusta?
 - 2.2. Miten opettajat ohjaavat oppilaita hyödyntämään oppilastöitä mallinnuksessa?

3. Minkälaisella luokahuonevuorovaikutuksella on merkitystä oppilaiden ilmaistujen mallien muodostumiseen?

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä määritetään, minkälaisia oppilaiden ilmaistut mallit olivat ja mitä magnetismin ominaisuuksia niistä oli havaittavissa. Oppitunneittain vaihtuvien oppilastöiden tarkoituksena oli tuoda esille

magneettien erilaisia ominaisuuksia, joita olivat magneettinen vuorovaikutus, magneettikenttä, dipolisuus ja sisäinen järjestäytynyt rakenne. Oppilaiden oli tarkoitus tuottaa havaintoihinsa pohjautuvia malleja magnetismille piirtämällä. Tutkimuskysymyksiin haetaan vastauksia tarkastelemalla malleja eri opetusjakson vaiheissa ja selvittämällä tapahtuuko niissä opetusjakson aikana muututtomia. Oppilaiden tuottamia malleja on tarkoitus tarkastella myös opetusryhmittäin ja verrataan eri ryhmissä tuotettuja malleja toisiinsa.

Toisessa tutkimuskysymyksessä selvitetään minkälaista opettajan antamaa ohjausta sekä luokassa olevia vuorovaikutuksia oppituntivideoilta on havaittavissa oppilaan oppimisen ohjaamiseksi. Ensiksi pyritään selvittämään oppitunneilla esiintyviä kriittisiä toimintoja. Niiden avulla opettaja ohjaa oppilaita huomaamaan miten kokeissa tehdyt havainnot liittyvät tarkasteltavaan magneetin ominaisuuteen. Kriittisessä toiminnossa esitetty tieto esitetään huomioiden oppilaiden lähikehityksen vyöhyke (ZPD). Toiseksi tarkastellaan minkälaista kokeellisen työskentelyn ohjausta opettajat antavat oppilaille. Samoin selvitetään miten opettajat ohjaavat oppilaita ymmärtämään opetusmallin ja havainnon välisen yhteyden. Erityisesti huomioidaan miten opetusryhmissä hyödynnetään oppilaiden tekemiä havaintoja ja kuinka opettaja huomioi oppilaiden tekemiä päätelmiä havainnoista.

Kolmanneksi on tarkoitus pohtia, onko annetulla ohjauksella vaikutusta siihen miten oppilaat omaksuvat magnetismiin liittyvät, kokeellisesti tutkitut ominaisuudet ja tuottavat oppimansa pohjalta ilmaistun mallin. Opettajan ohjaus toimii tässä tutkimuksessa ainoana oppilaiden ajatusten ulkopuolisena ohjaajana ja heidän ajatustensa oikeellisuuden tarkistajana. Oppilaiden tehtävänä on tutkia ja tehdä päätelmiä, ja lopuksi tuottaa niiden pohjalta ilmaus magnetismin ominaisuuksista.

4 MAGNETISMIN OPETUSJAKSON TOTEUTUMINEN, AINEISTON KOKOAMINEN JA ANALYSOINTI

Tutkimuksessa käytetään pääasiassa kvalitatiivista lähestymistapaa. Tutkimusta voidaan pitää tapaustutkimuksena, koska tutkimus kohdistui yhteen tapaukseen, kohteena oli 9. vuosiluokan oppilaista koostuva ryhmä (Yin, 2003). Vaikka tutkimus toteutetaan kolmessa eri luokkatilassa, on tutkimusryhmillä yhteinen tutkimuskohde ja kohdetta lähestytään sekä yksilön että ryhmän näkökulmasta. Tutkimus on toteutettu sen luonnollisessa ympäristössä eli fysiikan oppitunneilla. Lisäksi aineistoa on kerätty usealla eri metodilla. Tapaustutkimus soveltuu hyvin opetuksen tutkimiseen, koska silloin tutkimustarkastelu tehdään käytännön tilanteissa opetuksessa syntyneiden tuotosten ja toiminnan ymmärtämiseksi (Yin, 2003).

Tutkimuksessa käytetyt kolme luokkahuonetta olivat suomalaisten koulujen luonnontieteen luokkia ja käytetyt välineet identtisiä, eivätkä ne muuttuneet tutkimuksen aikana. Siksi oppimisympäristön fyysisiin olosuhteisiin ei ole kiinnitetty huomiota (Uusikylä, 1980). Ainoat mahdolliset eroavuudet opetustilanteissa olivat opetusryhmien väliset erot ja eroavuudet opetuksellisissa ja sosiaalisen vuorovaikutuksen keinoissa. Tässä tutkimuksessa ei ole kiinnitetty huomiota opettajien persoonallisuuseroihin. Tutkimuksessa on tarkoitettu vain opettajien toimintaan opetusjakson oppitunneilla sekä havaittujen toimintojen ja oppilaiden ilmaistuja mallien muodostumisen välisen yhteyden tarkasteluun.

4.1 Tutkimuksen toteuttaminen

4.1.1 Opetusjakson toteutuksen taustatietoa

Tutkimusaineisto kerättiin lukujärjestykseen merkityillä fysiikan tunneilla. Rehtori antoi virallisen tutkimusluvan syksyllä 2010 ja opetusjakso, jolloin tutki-

musaineisto kerättiin, toteutettiin joulukuussa 2010. Tutkimukseen osallistuneilta opettajilta sekä oppilaiden huoltajilta ja oppilailta itseltään pyydettiin kirjallinen tutkimuslupa. Siinä tulivat esille tutkimuksen tavoite, aineiston keräysmenetelmät ja kerätyn aineiston käyttötarkoitus. Tutkimuspyynnössä korostettiin oppilaiden tunnistamattomuutta sekä sitä etteivät tutkimuksessa saadut tulokset vaikuta oppilaiden arviointiin. Lupaa haettiin aineiston keräämiseen ja oppituntien videoimiseen. Neljän oppilaan vanhemmat eivät antaneet videointilupaa, jonka vuoksi heidät sijoitettiin kameran kuvakentän ulottumattomiin.

Opettajan materiaalin (liite 8) tutkija käänsi suomen kielelle syksyllä 2010. Opetusjaksolla käytetyn materiaali sisältö oli laajempi kuin yleisesti käytettyjen oppikirjojen vastaava sisältökokonaisuus (vrt. Aspholm ym., 2005; Happonen ym., 2006 ja Lehto ym., 2009). Opettajat saivat itselleen tutkimuksessa käytettävän aineiston (liitteet 1-8) muutamaa viikkoa ennen opetusjakson alkua. Opettajan materiaalissa oli viitteellisiä ohjeita, kuten johdattelevia kysymyksiä ja pieniä neuvoja opetuskeskustelun tueksi (liite 8). Tunnin toteutuksen, aikataulutuksen, käsittelyjärjestyksen ja päätöksen mahdollisesta lisämateriaalin käytöstä teki kukin opettaja itsenäisesti. Ainoa rajoite oli, etteivät he saaneet selittää oppilaille oppikirjojen mukaista mallia (kuvio 2), joissa magneetit koostuvat pienistä kestonagneettien kaltaisista alkeismagneeteista. Malli on pysynyt suomalaisissa oppikirjoissa (kuvio 2) samanlaisena vuosikymmenien ajan (vrt. Lindman, 1915; Aspholm ym., 2005; Happonen ym., 2006 ja Lehto ym., 2009).

Oppilaiden tarvitseman kirjallisen materiaalin (liitteet 1-7), kysely/tehtävälomakkeet sekä oppilastoissa tarvittavat välineet jokainen ryhmä sai valmiiksi koottuna ennen oppituntin alkua. Tutkija hankki myös tarvittavan välineistön ja tutkimusmateriaalin sekä suoritti kuvauksiin liittyvät järjestelyt. Käytetyissä kestonagneeteissa oli sekä yksivärisiä punaisia että kaksivärisiä punavalkoisia ja puna-vihreitä magneetteja. Käytetyt kestonagneetit eivät olleet tasakokoisia, mutta kaikkien muoto oli suorakulmainen särmiö. Tutkimuksissa käytettiin jonkin verran tavanomaisista oppilaiden käyttämistä oppilastyövälineistä poikkeavaa materiaalia (esimerkiksi ferroneste), jonka tutkija hankki oppilaille.

4.1.2 Tutkimukseen osallistuneet opettajat ja oppilaat

Opetusjakso toteutettiin yhdellä oululaisella yläkoululla. Tutkimukseen osallistui kolme opettajaa. Tapaustutkimuksen luonteen mukaista on, etteivät siinä esiintyvät henkilöt ole tunnistettavissa (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Tutkimustulosten luettavuuden helpottamiseksi opettajista kuitenkin käytetään nimitystä Hilma, Anneli (tutkija) ja Elina. Hilman ja Elinan pääaineopinnot ovat matematiikasta ja Annelin pääaineopinnot ovat fysiikasta. Kaikilla opettajilla on opettajakokemusta vähintään 10 vuotta. Nimiksi on valittu naisten nimet, koska opettajan sukupuolen vaikutusta ei ole tutkittu.

Oppilaat ($N = 47$) jakautuivat kolmeen ryhmään ($N_1 = 15$, $N_2 = 15$ ja $N_3 = 17$). Oppilaista oli tyttöjä 37 ja poikia 10. Annelin ryhmässä oli vain tyttöjä. Hilman ja Elinan ryhmissä oli kummassakin 5 poikaa. Opettajat olivat opettaneet

ryhmäänsä elokuusta 2010 lähtien, ja oppilasryhmien kokoonpanot olivat olleet samat elokuusta 2008 lähtien. Ryhmät pysyivät yhtä poikkeusta lukuun ottamatta tutkimuksen ajan samoina ja heillä oli koko ajan sama opettaja. Poikkeuksena on 10.12. pidetty oppitunti. Silloin Elinan ryhmästä siirtyi kolme oppilasta Annelin ryhmään ja ryhmistä tuli tasakokoiset (10 oppilasta molemmissa). Oppilaat eivät myöskään esiinny omilla nimillään. Koska tutkimustulosten tarkastelussa on kohtia, joissa oppilaat on erotettava toisista, on heille annettu tutkimuksessa käytetty nimi. Sama nimi viittaa joka kerta samaan henkilöön

TAULUKKO 2 Opetusjaksoon osallistuneiden oppilaiden fysiikan arvosanojen jakaumat opetusryhmittäin.

Arvosana	Hilman ryhmän oppilaiden f	Annelin ryhmän oppilaiden f	Elinan ryhmän oppilaiden f
5	-	2	-
6	3	-	2
7	3	3	3
8	1	5	6
9	7	5	5
10	1	-	1
Keskiarvo	8,00	7,73	8,00

Oppilaiden fysiikan arvosanat 8. luokalla on esitetty taulukossa 2 opetusryhmittäin. Arvosana on edelliseltä vuosiluokalta, koska se on viimeisin todistuksessa ollut fysiikan arvosana ja ne on poimittu oppilasrekisteristä. Kaikkien oppilaiden arvosanojen keskiarvo oli 7,9. Oppilasryhmien välillä ei ole merkittävää eroa fysiikan arvosanojen keskiarvoissa.

4.1.3 Opetusjakson oppituntien etenemisaikataulu ja sisällöt

Opetusjakso toteutettiin samanaikaisesti kolmessa eri opetusryhmässä. Ennen opetusjakson oppituntien alkamista pidettiin oppilaille alkutesti, jossa kartoitettiin heillä olevia mentaalimallejaan ja ennakkokäsityksiään magnetismista. Opetusjakso jakautui kuuteen oppituntiin. Jatkossa viitattaessa tiettyyn oppituntiin, käytetään merkintää, jossa on T ja se kuinka mones oppitunti on kyseessä. Esimerkiksi T3 tarkoittaa kolmatta oppituntia. Taulukossa 3 on esitetty oppituntien etenemisaikataulu. Annelin ryhmässä jouduttiin pitämään kaksi kertaa oppitunnit T2 (taulukossa 3 R2A, R2B) ja T3 (taulukossa 3 R3A, R3B). Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska puolet Annelin alkuperäisen ryhmän oppilaista olisi ollut 8.12. olevat oppitunnit poissa. Tämä muutos ei ollut tiedossa opetusjakson alkaessa, vaan ilmeni vasta aineiston keräämisen aikana. Oppituntien poisjäänti olisi vaikuttanut kolmen viimeisen oppituntin opiskeluun ja vaikuttanut merkittävästi oppilaiden tuloksiin. Ratkaisuna ongelmaan oli oppituntien sijoitta-

minen uudelleen niin, että ne ehdittiin pitää ennen kaikille ryhmille pidettävää oppituntia T4. Myös Elinan ryhmälle pidettiin oppitunnit T2 ja T3 lukujärjestyksestä poiketen 10.12. ja näin saatiin kaikille ryhmille varmistettua se, että kaikki ehtivät käydä koko opetuskokonaisuuden läpi ja edetä samanaikaisesti.

TAULUKKO 3 Tutkimuksen etenemisaikataulu

Oppitunti ajankohta	1.12. (2x45 min)	8.12. (2x45 min)	10.12. (2x45 min)	13.12. (45 min)	15.12. (2x45 min)	16.12. (45 min)	17.12.
Oppitunti	alkutesti ja T1	T2 ja T3	T2 ja T3	T4	T5 ja T6	lopputesti ja oppilaiden palauttekeskustelut	opettajien palauttekeskustelu
Ryhmät, jotka mukana	R1, R2, R3	R1, R2A	R2B, R3	R1, R2, R3	R1, R2, R3	R1, R2, R3	

Tutkimusaineiston kerääminen suoritettiin peräkkäisten fysiikan oppituntien aikana. Opetusjaksot jakautuivat kuuteen 45 minuutin mittaisiin oppitunteihin. Jokaisella oppitunnilla oli oma aiheensa (liitteet 1-6). Aiheet etenivät siten, että magneettien ominaisuuksien tutkiminen lähti yleisistä magnetismin lajien luokitteluperusteista edeten havaittavista ominaisuuksista (vuorovaikutus, magneettikenttä ja dipolisuus) magneetin sisäisen rakenteen tutkimiseen. Taulukossa 4 on esitetty kaikkien oppituntien teemat, keskeiset käsitteet sekä tavoitteet.

TAULUKKO 4 Opetusjakson oppituntien aiheet, keskeiset käsitteet ja oppitunneille asetut tavoitteet

Oppitunti	Oppitunnin aihe	Oppitunnin keskeiset käsitteet	Oppitunnin keskeiset tavoitteet
T1	Magnetismin lajit	Ferromagneetti Paramagneetti Diamagneetti	Oppilaat tunnistavat eri magnetismlajit niiden erilaisten vuorovaikutusten avulla.
T2	Sähköisesti varattu kappale ja magnetoitu kappale	Vuorovaikutus	Oppilaat huomaavat, että samat aineet ja esineet eivät vuorovaikutuksessa sähköisesti varatun kappaleen ja magnetoidun kappaleen kanssa.
T3	Magneettikenttä	Magneettikenttä	Oppilaat huomaavat magneetin vaikuttavan kompassineulan suuntaan. Suunta muuttuu, kun kompassia liikutellaan magneetin ympärillä.
T4	Pillimagneetti	Magnetointi Vuorovaikutus	Magnetoinnilla saadaan aikaan toinen magneetti. Magnetoinnissa ei siirretä ja järjestetä ainetta.
T5	Magneetin palasia	Magneetin dipolisuus Vuorovaikutus Magneetilla on sisäistä rakennetta	Magneetilla ja magnetoidulla kappaleella säilyy dipolisuus, vaikka se katkaistaan. Dipolia ei voi katkaista keskeltä. Magneetilla on jonkinlainen sisäinen rakenne. Magneetin koon pienetessä magneettisen vuorovaikutuksen voima heikkenee.
T6	Yllättävä nanokokoluokka	Nanokokoluokka vuorovaikutus ja raudan rakenne-koko	Oppilaat huomaavat, että magneettista vuorovaikutusta on pienikokoisissa, nanomittakaavan hiukkasissa. Magneettisen vuorovaikutuksen luonne muuttuu mit-takaavan pienetessä.

Ensimmäisellä oppitunnilla oppilaat työskentelivät neljän hengen ryhmissä ja muilla oppitunneilla pareittain. Jos opetusryhmässä ei ollut oppitunnilla parilista määrää oppilaita, yksi opetusryhmässä oli kolmen hengen työskentelyryhmä. Näin kaikilla oppilailta oli työpari ja se mahdollisti yhteisen pohdinnan tutkimuksen aikana.

Oppitunnilla T1 (liite 1) oppilaat tutkivat miten magneetit vuorovaikuttavat eri esineiden kanssa. Oppitunnin tärkein asia oli se, että oppilaat huomasivat magneettien voivan kohdistaa esineisiin ennakkokäsitysten mukaisen veto-voiman lisäksi hylkimisvoimaa, tai että voimaa ei esiinny lainkaan. Tämä loi pohjan sille, että magneetilla on vuorovaikutusta, ja se on yksi magnetismin

perusominaisuus. Tämän tunnin tutkimuksilla ohjattiin oppilasta huomaamaan magneettinen vuorovaikutus ja sen olemassaolo.

Oppitunnilla T2 (liite 2) tutkimuksissa verrattiin sähköisiä ja magneettisia vuorovaikutuksia. Tarkoitus oli huomata, että sähkövaraus ja magneetti vuorovaikuttavat eri esineiden kanssa. Oppitunti T2 oli erittäin merkittävä oppilaiden mentaalimallin kannalta ja sillä oppitunnilla oli ensimmäinen merkittävä oppilastyö, jolla oli vaikutusta oppilaiden mentaalimalleihin.

Oppitunnilla T3 (liite 3) haettiin magneetin ja kompassin välisen vuorovaikutuksen avulla magneettikenttää. Oppilastyön tekemistä varten oppilaiden tuli ymmärtää kompassin periaate. Kompassin avulla tuli huomata, että magneetin vuorovaikutus kompassin eli toisen kestopagneetin kanssa oli erilaista eri päissä. Tämän perusteella voitiin ajatella, että magneetin päät ovat erilaiset. Samalla huomattiin magneetin ympärillä olevan magneettikenttää.

Oppitunnin T4 (liite 4) aikana tehtiin tutkimuksia pillimagneetilla. Mehupilli ja sen sisällä oleva rautajauhe olivat eräs malli magnetismille. Mehupillin sisällä olevan rautajauheen avulla mallinnettiin magnetismia mikroskooppisena ilmiönä. Magnetoinnin aikaansaama järjestys on rautajauheen rakenneosissa. Aikaansaatua järjestystä tutkittiin jälleen kompassilla. Magneettisuus poistettiin pillimagneetista ravistamalla. Koska tutkimusta tehtiin jälleen kompassilla, auttoi se oppilaita ymmärtämään, että tässä tarkastelussa on yhtäläisyys edellisen tunnin asian.

Oppitunnin T5 (liite 5) työssä magnetoitiin rautalanka. Sen jälkeen se katkottiin lyhemmiksi paloiksi. Oppilaiden oli tarkoitus havaita, että langan katkaisukohtan eri puolilla oli erilaiset navat. Katkaisu tehdään siis magneettisuuden aiheuttajien välistä, ei niiden keskeltä, ja silloin magneettisuutta ja siten myös magneettisuuden aiheuttajia täytyy olla magnetoidun langan sisälläkin, ei vain päissä. Aiemmillä oppitunneilla oli kiinnitetty huomiota vain päissä olevaan ominaisuuteen.

Oppitunnilla T6 (liite 6) koottiin kaikki aiemmin käytyt asiat yhteen. Oppitunneilla tutkittiin kahden huomattavan erilaisen kokoluokan rautahiukkasia. Oppitunnin T6 oppilastyöt poikkesivat tavanomaisista oppitunneista. Siinä käytettiin ferronestettä, jossa on pieniä nanometrien suuruusluokkaa olevia magnetiittihiukkasia liuottimessa. Tämä oppilaille uudenlaisen materiaalin tarkoitus oli osoittaa oppilaille, että aineen magnetoituessa syntyy aina sen sisälle ulkoisen magneetin magneettikentän määräämä suuntautunut järjestys. Magneettinen ominaisuus saadaan myös hyvin pieneen hiukkaseen. Nanokoon rautahiukkasella on edelleen magneettista vuorovaikutusta.

4.2 Opetusjaksolla kerätty tutkimusaineisto

Tässä tutkimuksessa kerättiin tutkimusaineistoa kahdella eri tavalla. Purduen yliopiston (Sederberg, 2010) laatimassa opetusmateriaalissa olleet oppilaslomakkeet (liitteet 1-7) toimivat kirjallisena materiaalina oppilaiden tuottamien mallien tutkimisessa ja oppituntien videotallenteiden avulla pyrittiin kerää-

mään tietoa oppitunneilla esiintyvistä erilaisista vuorovaikutustilanteista. Taulukossa 5 on esitetty kerätty aineisto, ja minkäläistä tietoa niistä toivottiin saatavan.

TAULUKKO 5 Kerätty aineisto ja niistä saatava tieto

Kerätty aineisto	Kysymys, johon aineistolla haetaan vastausta	Perustelu
Oppilaiden vastauslomakkeet	Miten oppilaiden mallit kehittyvät? Milloin muutoksia tapahtuu oppilaiden malleissa? Miten oppitunneilla esitetyt asia on siirtynyt oppilaiden ilmaistuihin malleihin?	Oppilaiden piirroksia magnetismin ilmiöistä on esitetty kuvin ja/tai sanoin oppituntien 2 ja 5 lomakkeissa sekä alku- ja lopputesteissä.
Oppituntien videot	Minkäläistä luokkahuonevuorovaikutusta oppitunneilla on? Miten opetus ja opetuksellinen vuorovaikutus vaikuttavat oppilaiden oppimiseen?	Luokkahuonevuorovaikutuksen määrällä ja tavalla on tutkitusti merkitystä oppilaiden oppimiseen ja kykyyn tehdä oikeita päätelmiä tehdyistä havainnoista.

4.2.1 Oppilaiden vastauslomakkeet tutkimusaineistona

Tämän tutkimuksen opetusjakson alussa oppilaat tekivät alkutestin (liite 7). Jokainen oppilas sai jokaisella oppitunnilla oman vastauslomakkeen (liitteet 1-6). Oppilaat kirjasiivat tutkimustulokset ja vastaukset tehtäviin oppituntin aikana. Oppilailla oli kaksi kertaa (oppituntien T5 ja T6 lopussa) erillinen tehtävämoniste, joissa oli kertaavia tehtäviä oppituntiin liittyen. Opetusjakson jälkeen oppilaat tekivät lopputestin (liite 7). Alkutestinä ja lopputestinä oli sama testi.

Oppilaiden lomakkeissa oli kysymyksiä, joissa heidän piti tulkita tekemiään havaintoja ja tehdä oletuksia siitä miten jokin vastaava asia käyttäytyisi. Oppituntien T1, T2 ja T5 jälkeen sekä alku- että lopputestissä oppilaita pyydettiin piirtämään valmiiseen magneettia tai magnetoitua naulaa kuvaavaan kuvaan se, minkälaiselta magneetin tai magnetoidun naulan sisällä näyttä olevan.

Alku- ja lopputestistä tutkittiin oppilaiden piirtämien mallien lisäksi sitä, miten he vastasivat magnetismista esitettyihin väitteisiin ja niiden todenperäisyyteen. Tehtävän numero 4 väitteiden avulla voitiin tarkastella sitä, kykenevätkö oppilaat ymmärtämään väitteen paikkansa pitävyyden. Jos he osaavat vastata kysymykseen oikein, voidaan olettaa, että heillä on myös tietoa, jota soveltaa väitteen mukaisessa tilanteessa. Näin heidän mentaalimallinsa sisältää tämän tiedon. Mentaalimallissa voi olla sellaista tietoa, joka ei näy heidän ilmaistussa mallissaan, mutta joka heillä on käytettävissä.

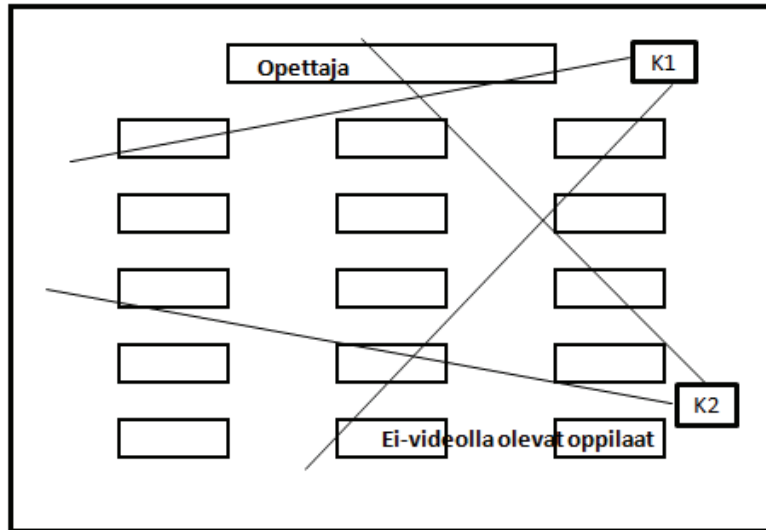
4.2.2 Videot tutkimusaineistona

Tässä tutkimuksessa videoaineiston keräämisellä haluttiin saada tarkempaa tietoa oppilaiden työskentelystä, työskentelyn aikaisesta keskustelusta sekä luokkahuonevuorovaikutuksista. Koska oppilaiden vastauslomakkeissa näkyy vain lopputulos, videotallenteilta on mahdollista nähdä oppilaiden keskustelut, pohdinnat, ongelmakohdat ja lopputuloksen ideointi. Kaikki oppitunnit jokaisessa ryhmässä videoitiin kahdella videokameralla. Videotallenteilta näkyy opettajien ja oppilaiden toiminta ja videokuvan avulla pyrittiin saamaan tietoa siitä, miten opettajat rytmittävät opetuksen ja minkälaisia oppituntien rakenteet ovat.

Kuvausjärjestelyissä otettiin huomioon Seidel, Dalehefte ja Myerin (2005) ohjeistusta siitä, kuinka saadaan hyvä, luotettava ja mahdollisimman kattava nauhoitus luokkahuoneen tapahtumista. Heidän ohjeissaan tuli kiinnittää huomiota mm. seuraaviin seikkoihin.

- Kaikkien oppilaiden tuli näkyä videolla. Siksi luokkaan oli hyvä sijoittaa kaksi kameraa, jotka kuvasivat luokkaa eri suunnista.
- Toinen kameroista (K1) tulisi sijoittaa niin, että se kuvaisi oppilaita silloin, kun he suuntaavat huomionsa opettajan opetukseen ja taululla oleviin esityksiin. tuolloin kamera on suunnattu luokan edestä oppilaisiin päin.
- Toisella kameralla, joka tuli sijoittaa luokkahuoneen sivulle (K2), voitaisiin kuvata opettajan ja oppilaiden välisiä sosiaalisista vuorovaikutustilanteita ja oppilaiden työskentelyä. Ohjeessa sanottiin, että kamera olisi hyvä sijoittaa 1/3 luokan pituuden etäisyydelle luokan etuosasta käsin. Kamera tulisi suunnata niin, että siinä näkyisi opettajan työskentely luokan edessä sekä hänen taulutyöskentelynsä.
- Opettaja tuli sijoittaa kuvaan joko oikeaan tai vasempaan reunaan, ei keskelle. Näin katsojan huomio kiinnittyy muuhunkin kuin opettajan toimintoihin.
- Kuvauksen aikana ei muuteta kameroiden sijoittelua, kuvakulmaa ja sen laajuutta.
- Ennen kuvauksia on syytä tarkistaa äänen kuuluvuus ja kuvakulman riittävyys.

Edellä esitettyjen ohjeiden pohjalta päädyttiin siihen, että yksi kamera sijoitettiin kuvaamaan luokkahuonetta edestäpäin (K1). Sijoittelussa tuli huomioida se, että kahdessa ryhmässä oli molemmissa kaksi oppilasta, jotka eivät saaneet esiintyä videonauhalla. Toisen kameras (K2) sijoitin luokkahuoneen oikealle sivulle taakse, jolloin sain nauhoitettua opettajan toimintaa sekä luokan oikean reunan oppilaiden toimintaa. Kuviossa 6 on esitetty kameroiden sijoittelu.



KUVIO 6 Videokameroiden sijoittelu ja niiden kuvauskentät

Kamerat käynnistettiin oppitunnin alussa ja ne olivat päällä koko oppitunnin ajan. Kaksoistuntien välissä oli välitunti, jolloin molemmat oppitunnit voitiin nauhoittaa erillisille kaseteille. Kasetit olivat riittävän pitkiä, ja koko oppitunti mahtui yhdelle kasetille. Oppituntien aikana kameroihin ei koskettu, koska kamerat olivat kiinteillä jalustoilla, eikä oppitunneille ollut varattu ketään muuttamaan kameran sijoittelua, kuvakulman laajuutta tai kuvauksen kohdetta. Kamerat jouduttiin purkamaan eri päivien välillä, mutta ne pyrittiin sijoittamaan lähes samoille paikoille jokaisella oppitunnilla. Oppituntia pitävä opettaja huolehti kameroiden päälle laittamisen oppitunnin alussa ja kameroiden sulkemisen oppitunnin lopussa.

Videoinnilla oli tarkoitus kerätä mahdollisimman luonnollista aineistoa. Olisi väärin olettaa, että kameroiden läsnäolo ei vaikuttaisi opettajiin ja oppilaisiin millään tavalla. Monet tutkimukset kuitenkin osoittavat, että videoinnin aiheuttama vaikutus on yleensä vähäistä tottumisvaiheen jälkeen (muun muassa Knoblauch, Schnettler, Raab & Soener, 2006). Tässä tutkimuksessa kuvatuissa videoissa on havaittavissa myös samankaltaisuutta. Alussa oppilaissa oli havaittavissa kameroiden mukanaan tuomaa pientä jännittyneisyyttä. Oppilaat eivät rohjenneet lähteä heti mukaan opetuksen. Tämä kuitenkin näyttää häviävän hyvin pian, ja näin ollen kameroiden vaikutusta oppimistuloksiin ei voida pitää merkittävänä. Oppilaat hakivat huomiota opettajalta osittain jopa yliaktiivisesti. Oppituntien edetessä oppilaiden työskentelyssä ei ollut enää havaittavissa merkkejä siitä, että videointi olisi vaikuttanut heidän toimintaansa. Opetusjakson jälkeen opettajien palautekeskustelussa tuli myös esille, että sekä opettajat että oppilaat tottuivat videokameroihin.

4.3 Tutkimusaineiston analysointi

Tässä luvussa tarkastellaan opetusjakson aikana kerätyn tutkimusaineiston analysointia sekä perustellaan aineiston analysoinnin aikana tehtyjä valintoja. Opetusjaksolta kerätty aineisto on laaja, joka on tehnyt analysoinnista mielenkiintoisen ja haastavan. Aineistosta löytyi monia mielenkiintoisia asioita, joita ei etukäteen osannut ajatella. Aineistosta tehtävien tulkintojen ja aineiston analysoinnin välille ei ole aina ollut helppoa tehdä eroa (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Analyysivaiheessa on ollutkin tarpeen tehdä tulkintoja, jotka ovat ohjanneet analyysiä (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Analyysi on tehty pääosin kvalitatiivisesti. Oppilaiden tuottamaan kirjalliseen materiaaliin on käytetty luokittelua ja oppituntivideoihin koodaamista. Ennen varsinaista analysointivaihetta tutkija perehtyi opetusjakson tutkimusaineistoon mahdollisimman perusteellisesti. Näin pyrittiin saamaan mahdollisimman selkeä kuva tutkimusaineistosta.

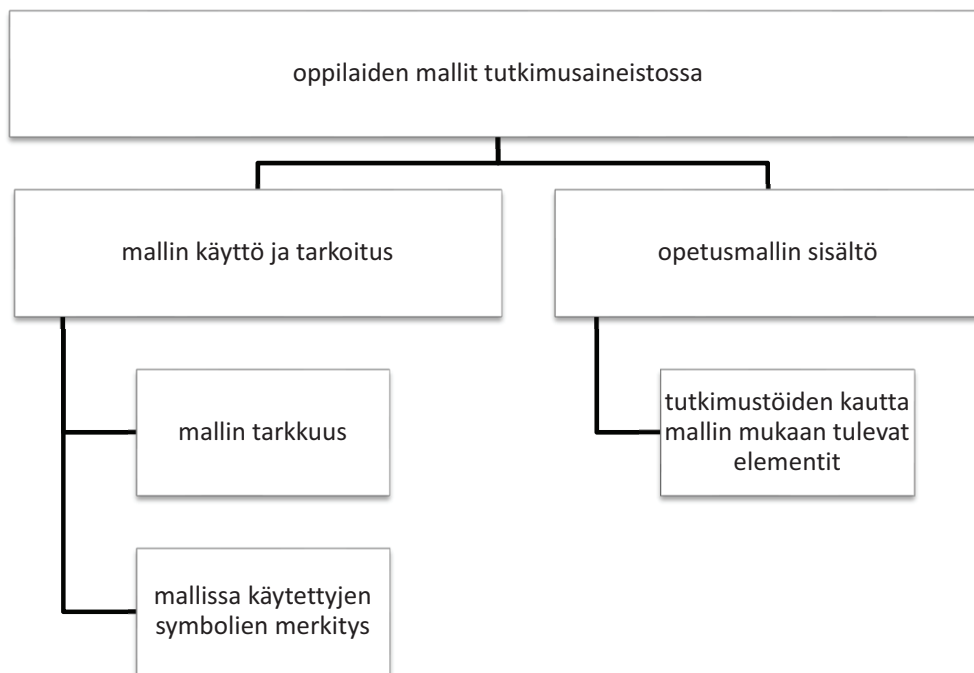
4.3.1 Oppilaiden vastauslomakkeiden analysointi

Tässä tutkimuksessa määritettiin aluksi oppilaiden tuottamat mallit opetustutkimuksen aikana. Opetusjakson aikana oppilaat saivat jokaisella oppitunnilla sille tunnille suunnitellun tehtävämonisteen (liitteet 1-7). Niissä oli työohjeiden lisäksi kysymyksiä, joihin oppilaiden tuli vastata oppitunnin aikana. Oppilaiden vastauslomakkeet käytiin läpi useita kertoja tarkasti, miettien kaikkien oppilaslomakkeissa olevien tehtävien tietoarvoa tuloksien kannalta. Tämän jälkeen päädyttiin siihen, että oppilaslomakkeissa keskitytään tarkastelemaan ilmaistujen magnetismin mallien ominaisuuksia, joissa oppilaiden tuli tuottaa piirtämällä malleja. Koska puhtaita mentaalimalleja ei voida mitenkään mitata tai määrittää, tässä tutkimuksessa on oppilaiden ilmaistua mallia pidetty oppilaiden mentaalimallia vastaavana. Oppilaiden ilmaistut mallit ovat myös aiempien tutkimusten valossa verrattavissa heidän mentaalimalleihin (mm. Gilbert & Boulter, 1998, 2000). Oppilaiden malleja voidaan testata myös tehtävillä, joissa heidän ei tarvitse itse tuottaa mallia. Tutkimuksessa alku- ja lopputestissä (liite 7) oli tehtävä (numero 4), jossa oppilaat vastasivat oliko väite oikein vai väärin. Tämän tehtävän avulla pyrittiin selvittämään oppilaan ilmaistuissa mallissa olevia elementtejä, jotka eivät vielä olleet prosessoituneet oppilaalla niin, että hän olisi kyennyt niitä itse tuottamaan osaksi mallia. Väitteen oikeellisuuden perusteella pystyi suuntaa antavasti määrittämään, mitä asioita mentaalimallissa saattoi olla ja mitä ei. Oleellista oli verrata alku- ja lopputestien (liite 7) tuloksia toisiinsa.

Mallien luokittelun suunnittelua varten on selvitetty aluksi, minkälaisia ominaisuuksia oppituntitehtävillä halutaan magneeteissa tuoda oppilaille esille. Tarkastelussa on sovellettu mm. Justi ja Gilbertin (2003), Oh ja Ohin (2011), Greca ja Moreiranin (2002) sekä Coll ja Treagustin (2003) esittämiä mallien tutkimuksessa esiin tulleita huomiota siitä, mihin oppilaiden tuottamissa malleissa olisi hyvä kiinnittää huomiota. Greca ja Moreira (2002) on muun muassa esittänyt, että fysiikassa käytetyt mallit ovat ongelmallisia, koska niissä on vaikea

yhdistää toisiinsa havainto ja siitä muodostettu opetusmalli. Siksi mallin esitystavan tulisi olla mahdollisimman selkeä ja yksinkertainen. Oh ja Ohin (2011) mukaan mallissa voi esiintyä sellaisiakin asioita, joita ei voida suoraan havaita. Riittää, että tapahtuman seuraukset havaitaan ja prosessien lainalaisuudet on tuotu esille huomioiden fysiikan lainalaisuudet. Oh ja Ohin (2011) mukaan tapahtuman yksityiskohdat on selvitettävissä hyvän mallin avulla. Unall ja Zollman (1999) ovat tutkineet oppilaiden esittämiä atomimalleja ja ovat luokitelleet ne kuuteen perusluokkaan. Luokat on muodostettu sen mukaan, minkälaisen vastauksen ne ovat antaneet kysymykseen ”Kuvaile atomi”. Kolme luokista on yleisesti muissakin tutkimuksissa käytettyjä: en osaa vastata, kysymykseen ei annettu mitään vastausta ja esitys ei vastaa olemassa olevaa ilmiötä. Loput kolme luokkaa ovat seuraavat: atomi on aineen rakennusosa, atomin rakenteen osien kuvaaminen (esimerkiksi elektroni, protoni ja neutroni) ja atomin hienorakenteen esittämien niin, että ytimessä sijaitsevat protonit ja neutroni ja niitä kiertävät elektronit. Tätä ideaa on käytetty myös tässä tutkimuksessa oppilaiden esittämien mallien esityksien luokittelun suunnitteluun.

Tässä tutkimuksessa mallien tarkoitusta mietittäessä on kiinnitetty huomiota esitettyssä mallissa siihen, mitä mallilla on haluttu ilmaista ja mihin mallia voidaan käyttää. Samoin on mietitty, millä tarkkuudella oppilaiden toivotaan mallia esittävän ja millä tarkkuudella oppilaat voivat tehtyjen havaintojen perusteella muodostaa oman mallinsa. Lisäksi on selvitetty oppilailla käytössä olevien symbolien merkityksiä, minkälaisiin symboleihin he ovat tottuneet ja missä yhteydessä he ovat nähneet symboleja käytettävän. Lisäksi selvitin, mikä tuttujen symbolien tiedollinen merkitys on. Samalla näitä asioita on peilattu olemassa olevaan tieteelliseen malliin ja mietitty, miten opetusjakson tutkimuksilla voidaan liittää oppilaiden mentaalimalliin tieteellisesti todennettuja mallin elementtejä. Näistä näkökulmista lähtien on kuvioon 7 koottu ne mallien tarkastelun näkökannat, joihin tässä tutkimuksessa on kiinnitetty huomiota.

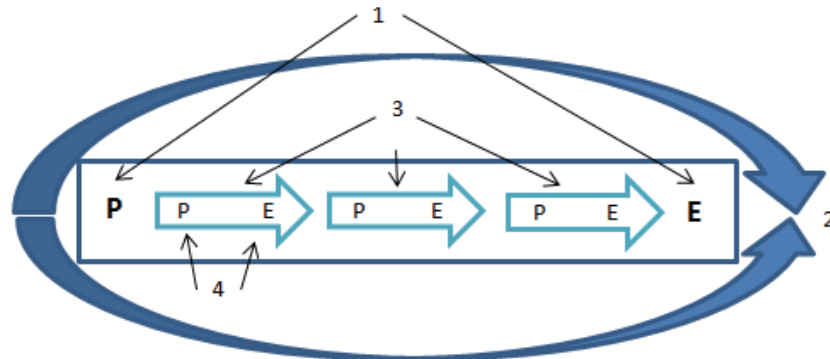


KUVIO 7 Tutkimuksessa oppilaiden mallien tulkinnassa huomioidut elementit

Kuviossa 7 on pyritty esittämään miten oppilaiden ilmaistujen mallien analysoinnissa on pyritty huomioimaan kaikkia opetusjakson aikana tulevaa tietoa ja esitys magnetismin malleista. Oppilaiden ilmaistuja malleja tarkasteltaessa on syytä kiinnittää huomiota mallien tarkkuuden ja siinä olevien symbolien merkityksen lisäksi siihen, mitä opetusmallien elementtejä opetusjakson oppitunneilla voitu havaita.

Oppilaslomakkeissa oli alkutestissä, oppituntien T1, T2 ja T5 tehtävämönisteessä sekä lopputestissä yhtenä tehtävänä esittää malli siitä, minkälaisia ominaisuuksia magneetilla tai magnetoidulla naulalla on tai miltä magneetin tai magnetoidun naulan sisällä näyttää. Tehtävässä oppilaiden tuli piirtää vastaus tyhjään naulan tai sauvamagneetin kuvaan, josta kysymyspaperiin oli piirretty vain ääriviivat. Vastauksesta tulkittiin pyydetty piirros ja mahdollisesti sitä tukevaa tekstiä, koska kuvan ympärille oli jätetty tyhjää tilaa.

Kuviossa 8 oleva magnetismin malli rakentuu opetuskokeilun oppitunneilla järjestyksessä ulkoa päin sisälle. Ensin kiinnitetään huomiota magneetin päihin (1), sitten ulkoiseen magneettikenttään (2) ja lopuksi magneetin sisäisen rakenteen järjestäytyneisyyteen (3) ja rakenteen dipolisuuteen (4).



KUVIO 8 Magnetismin mallin rakentumisen vaiheet. 1: dipolisuus, 2: magneettikenttä, 3: sisäinen järjestys, 4: sisäisen järjestyksen dipolisuus

Kuviossa 8 olevien osien rakentumisen vaiheet ovat oppimateriaalin oppimispolun mukaisessa järjestyksessä. Järjestys huomioi myös sen, että oppilastyöt liittyvät edelliseen ja ohjaavat oppilaita huomioimaan edellisiin liittyvän hiukan yksityiskohtaisemman ominaisuuden. Ensiksi oppilaan havainnoissa kiinnitetään huomiota siihen, että kestopagneetilla on erilaiset päät ja etävuorovaikutusta. Tämä havainto perustuu kestopagneetin ja kompassineulan väliseen vuorovaikutukseen (T1 lähtien). Vuorovaikutuksessa on kyse kahden kestopagneetin välisestä magneettisesta vuorovaikutuksesta. Seuraavaksi oppilasta kiinnitetään huomioimaan se, että kestopagneetin ympärillä on vaikutusalue, jossa kestopagneetilla on vuorovaikutusta esimerkiksi kompassin kanssa. Alueelle annetaan nimi, magneettikenttä ja sitä osoitetaan nuolin, joiden suunta saadaan piirrettyä kompassin avulla (T3). Oppitunnilla T4 pillimagneetin sisällä olevaan rautajauheeseen saadaan aikaiseksi magneettisuus liikuttelematta rautajauheetta. Seuraavaksi oppilaiden huomio kiinnitetään siihen, että magneetin sisällä on päiden kaltainen ominaisuus. Tähän havaintoon päädytään tutkimuksessa, jossa pilkkomisen jälkeen saaduilla pienemmällä magnetoiduilla langoilla on alkuperäisen magnetoidun langan mukaiset navat (T5). Oppilaiden tuli vielä havaita, että magneetilla on myös sisällä järjestäytynyt rakenne. Se on johtopäätös kaikista edellä olevista asioista, jolle tärkein oppilastutkimuksellinen peruste tulee oppitunneilla T4 ja T5. Oppitunnin T6 tarkastellaan kokoluokan vaikutusta magneettisiin vuorovaikutuksiin, jolloin magneetin sisäisen rakenteen mallin pitäisi vielä vahvistua ja tarkentua oppilaille.

Magnetismin opetusmallissa (kuvio 2) ja kuviossa 8 olevassa magnetismin rakentumista kuvaavassa mallissa on neljä rakenteellisesti erottuvaa osaa, joiden omaksumisessa on havainnollisuuden kannalta mielekäs ja looginen etenemisjärjestys. Näihin eri osiin voidaan liittää myös tietyt käsitteet. Havaittujen ominaisuuksien avulla aikaan saatu malli huomioi erityisesti seuraavat ominaisuudet: vuorovaikutus, dipolisuus, magneettikenttä, dipolisuus magneetin sisällä ja magneetin sisäisen rakenteen järjestys. Taulukossa 6 on esitetty nämä





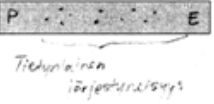
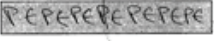
opetusmallin ominaisuudet, niiden tarkoitus, käytetyt symbolit ja symbolien merkitykset. Taulukossa olevat numerot viittaavat kuvion 8 numeroihin.

TAULUKKO 6 Magneettisuuden opetusmallin osa, johon oppilastöissä kiinnitetään huomiota.

Mallin osa	Mallin tarkoitus ja käytetyt symbolit sekä inspiroivat havainnot
Vuorovaikutus	Magneetilla on veto- tai poistovoimia. Magneetin tai magneettisen suorakulmion muotoisen kappaleen päällä on erilaiset vuorovaikutusominaisuudet.
Dipolisuus (1)	Dipolisuutta voidaan esittää kahdella vastakkaisuutta kuvaavalla symbolilla, jotka sijoitetaan magneetin eri päihin. Symbolit voivat olla +/- , S/N tai E/P. Dipolisuus voidaan havaita siten, että magneettien päiden välillä on erilaiset vuorovaikutusominaisuudet.
Magneetikenttä (2)	Magneetikenttä on magneetin ulkopuolella oleva vuorovaikutusalue. Magneetikenttää kuvataan nuolilla, jotka ovat suuntautuneet pohjoiskohtiosta etelään. Magneetikenttä esiintyy magneetin ulkopuolella. Magneettisten osien välinen vuorovaikutus kappaleen keskellä kumoaa niiden vaikutuksen, ja kompassineula ei suuntaudu kappaleen keskelle. Magneetikentän tutkimuksessa käytetään kompassia, koska sen neula asettuu magneetikentän suuntaisesti.
Dipolisuus myös magneetin sisällä (3)	Katkaistaessa magneettiin jää aina katkaisupintaan erilaiset navat. Katkaistun magneettisen kappaleen palat käyttäytyvät laadullisesti samalla tavalla kuin alkuperäinen magneettinen kappale.
Magneetilla ja magneetoidulla kappaleella on sisäinen, järjestäytynyt hienorakenne (4)	Magnetointi saa aikaan järjestyksen, joka magneettisella kappaleella on. Järjestäytyminen saa aikaan kappaleen magneettiset ominaisuudet. Järjestys on koko kappaleessa, mutta sen olemassa olo on havaittavissa selvimmin magneettisen kappaleen päissä. Järjestys selittää magnetoitumisen ja demagnetoitumisen sekä sen miksi pilkkomisen jälkeen osilla on edelleen erilaiset päät. Magneettia ei voida pilkkoa niin pieneksi kappaleeksi, että siihen jäisi vain toinen napa. Magnetoitumisen pysyvyys heikkenee, kun magnetoitavan kappaleen koko pienenee.

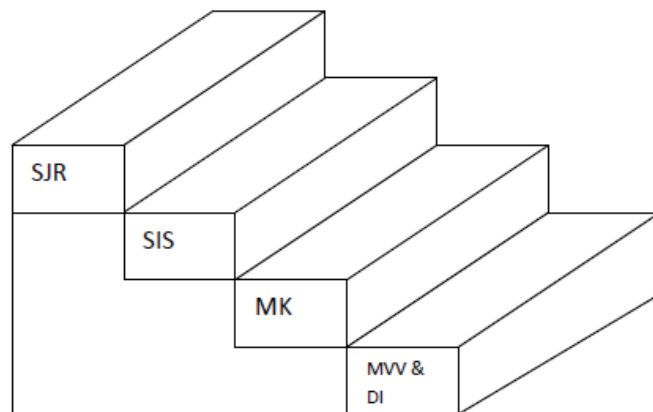
Oppilaiden malleista tutkittiin mallin elementtien muuttumista sekä sitä, kuinka he kykenivät siirtämään malliinsa oppitunneilla käsitellyt ja tutkitut magneettien ominaisuudet. Jokaisella oppitunnilla ei ollut mallin syventymisen kannalta uutta edistävää asiaa. Mallin seuraava luokka pitää sisällään edellisen luokan. Tuolloin voidaan ajatella, että mitä enemmän tietoa mallissa on, sitä sisältörikkaampi ja tarkentuneempi malli on. Mallien hierarkkisuuksi voidaan kuvata portaikolla.

Seuraavaksi tarkasteltiin oppilaiden ilmaistuja malleja ja kerättiin niissä esiintyviä erilaisia merkintöjä ja niiden tarkoituksia. Merkintöjä verrattiin opetusjakson oppituntien esille tuomiin mallien ominaisuuksiin (kuvio 8) sekä opetusmallin (kuvio2) ja opetusmallissa käytettyjä symboleja sekä niiden tarkoittamaa merkitystä (taulukko 6). Näiden pohjalta laadittiin malliluokitus, jossa oli 11 tarkoilla kriteereillä kuvattua luokkaan. Esimerkiksi dipolisuuden erilaisille symboleille oli erilaiset luokat. Koska tutkimusaineistossa on 47 oppilasta, ei yhteen luokkaan mahdollisesti olisi tullut kuin muutama oppilas. Siksi oli mieltävä luokkien yhdistämistä. Luokittelun yksiselitteisyyden helpottamiseksi testattiin ensimmäistä luokittelutapaa muilla tutkimukseen osallistuneilla opettajilla. He sijoittivat 32 eri tutkimuksen vaiheista valittua oppilaiden piirrosta käytettävissä oleviin luokkiin. Luokitteluohjeissa oli annettu tarkat kuvaukset luokkaan kuuluville malleille ja niissä esiintyville ominaisuuksille. Yhtenevyys luokittelussa oli 98 %. Eroavuudet tulivat siinä miten tarkka merkinnän tulee olla. Ongelmana olivat lähinnä onko merkintä tarkasti oikeassa kohdassa tai voidaanko +/- ja p/e - merkinnät tulkita samaa tarkoittaviksi ja mihin luokkaan malli kuuluu, jos ilmaisussa on molemmat merkinnät sekä +/- että p/e samassa kuvassa. Eroavuuksista keskusteltiin, ja niissä olleet näkemyserot eivät olleet merkittäviä. Toisten opettajien oli helppo ymmärtää luokittelussa tulleita eroja. Tämän jälkeen luokittelua tiivistettiin niin, että luokittelu perustui samaa tarkoittavan ominaisuuden mukaan. Lopullisessa luokittelussa päädyttiin 6 luokkaa. Aineistosta valittuja oppilaiden piirroksia annettiin uudelleen luokiteltavaksi tutkimuksen opettajilla. Tässä luokittelussa päästiin 100 % yhteisymmärrykseen. Luokat perusteluineen on esitetty taulukossa 7.

Mallin koodi ja numero	Mallin kuvaus	Mallin käyttö ja siinä esiintyvät symbolit sekä käytetyn mallin tarkkuus	Oppilaan mallissa olevat teollisen mallin elementit	Esimerkki oppilaan vastauksesta
NO (0)	Ei ilmaistua mallia tai ilmaistu malli on virheellinen.	Ei ole ilmaistua mallia tai malli ei sisällä magnetismin rakenteeseen liittyviä ominaisuuksia.	Oppilaalla ei ole piirrosta tai esitetty piirros on täysin virheellinen.	
MVV (1)	Magneetille on osoitettu vain vetovoimaominaisuus.	<ul style="list-style-type: none"> • magneettinen veto- ja poistovoima • vuorovaikutus 	Oppilaan piirroksessa osoitetaan magnetoidulla naulalla olevan voimia.	
DI (2)	Magneetilla on erilaiset päät.	Magneetin päissä on jokin erilaisuutta osoittava merkintä, esim. <ul style="list-style-type: none"> • plus ja miinus • N ja S tai P ja E • värein osoitettu erilaisuus 	Oppilas on piirtänyt magneetille päät tai puolikkaat. Oppilas on jollakin tavoin osoittanut päiden olevan erilaiset.	
MK (3)	Magneetin ympärillä on magneettikenttä	Edellisten lisäksi <ul style="list-style-type: none"> • magneettikenttä • magneetin ympärille magneetin päiden välille • kaareutuvia kenttäviivoja. 	Oppilas on piirtänyt magneetilla olevan erilaisten päiden lisäksi magneettikenttä ympärillä, jota hän kuvaa päistä lähtevillä kenttäviivoilla.	
SIS (4)	Magneetilla on sisäistä rakennetta.	Edellisten lisäksi <ul style="list-style-type: none"> • jollakin symbolilla osoitettu sisäinen rakenne 	Oppilas on edellisten lisäksi piirtänyt magneetille jonkinlaisia sisäistä, ei-yksityiskohtaista rakennetta.	
SJR (5)	Magneetin sisäisellä rakenteella on järjestäytyneisyys; vuorottelevat, erilaiset, päiden kaltaiset ominaisuudet.	Edellisten lisäksi <ul style="list-style-type: none"> • sisäisessä rakenteessa on samanlaiset merkinnät kuin magneetin päissä • päiden merkinnät vuorottelevat 	Oppilas on edellisten lisäksi piirtänyt magneetilla sisäisen ranteen, jossa samanlaiset, vuorottelevat osat kuin naulan päissäkin.	

TAULUKKO 7 Oppilaiden tuottamien mallien luokittelun perusteet ja malliin sisältyvät käsitteet.

Taulukossa 7 olevien oppilaiden ilmaistujen mallien luokittelu perustuu magneetin rakenteellisiin osiin. Luokkien kuvaukset pohjautuvat siihen, miten opittunneilla oppilaan ajatellaan etenevän magnetismin mallin hahmottamisessa. Oppilaan vastauksen luokka tulkittiin sen mukaan, millä tarkkuudella siinä oli esitetty rakenteellisia yksityiskohtia. Taulukossa 7 on esitetty ne käsitteet tai käsitteelliset sisällöt, jotka tulee ko. mallissa esiintyä, jotta oppilaan vastaus voidaan tulkita kuuluvaksi siihen malliluokkaan. Kuviossa 9 esitetty mallinnuksen portaat kertovat mallien suhteet toisiin magnetismin malleihin.



KUVIO 9 Mallinnuksen portaat, jotka kuvaavat mallien suhdetta toisiin malleihin.

Kuviossa 9 olevalla alimmalla portaalla on kahden alimman luokan mallit yhdistetty, koska niiden sisältö on hyvin samantyyppinen. Luokkina ne ovat kuitenkin erilaiset, koska on haluttu erotella erilaiset päät eli dipolisuus (DI) ja magneetin erilaiset magneettiset vuorovaikutukset. Sisältörikkein malli on SJR, jossa on kaikkien muiden malliluokkien sisältöjen lisäksi vielä oma ominaisuus, jota ei muissa luokissa ole. Alimmalla tasolla, josta portaat lähtevät, on luokka, jossa ei ole ilmaistua mallia. Mitä korkeammalla portaalla malli on sitä sisältörikkaampi se on. Portaan reunassa olevien kirjainlyhenteiden selitykset ovat taulukossa 7: MVV = magneettinen vuorovaikutus, DI = dipolisuus, MK = magneettikenttä, SIS = sisäinen rakenne ja SJR = sisäinen järjestys.

Muutama yleinen huomio siitä, miten oppilaiden malleja on tulkittu

Jos oppilaan mallissa oli virheitä, tulkittiin malliluokkaa siinä olevien oikeiden tietojen ja mallin osien perusteella. Magneettisen vuorovaikutuksen osoittamiseen riitti nuolet, nuolen kärjet tai muu vastaavaa tarkoittava merkintä, josta näki, että magneetin toinen pää vetää puoleensa ja toinen hylkii (taulukko 7).

Symbolien käytössä: jos merkintä eri päässä oli tulkittavissa toisiinsa nähden erilaisiksi, ominaisuuksiltaan vastakkaisiksi, oli malli DI luokasta. Sillä ei ollut merkitystä, oliko magneetissa merkitty jako kahteen puolikkaaseen vai ei.

Virheellisiksi tulkittiin kuitenkin se, jos jako oli tehty pituussuunnassa kahteen osaan, magneetti oli jaettu moneen erilaiseen osaan tai käytettyjen symbolien välille ei voitu tehdä eroa (taulukko 7).

Magneetikenttä tuli olla piirrettynä päästä toiseen, kenttäviivojen symmetrisyys ei ollut oleellista (taulukko 7). Jos kenttäviivat lähtivät muualta kuin päistä, esimerkiksi keskeltä, oli piirros virheellinen.

Sisäisen rakenteen tai järjestäytyneen sisäisen rakenteen merkintöihin käytetyillä symboleilla ei ollut muita vaatimuksia kuin muissakaan luokissa. Oleellista oli, että ne voitiin tulkita kahdeksi toisiinsa nähden erilaiseksi merkinnäksi.

4.3.2 Luokahuonevuorovaikutusten koodaus videoilta

Videoiden analyysiä on lähestytty Powell ym. (2003) esittämällä analyysimallin avulla. Mallissa on seitsemän osaa, joita ei tarvitse toteuttaa lineaarisesti. Tässä tutkimuksessa on käytetty mukailleen kyseistä lähestymistapaa. Analyysissä on ollut tutkimuksen mukaisista vaiheista seuraavat:

1. Katsotaan videot tarkkaavaisesti läpi.
2. Kuvaillaan videoilla oleva data.
3. Tarkennetaan ja yksilöidään kriittiset tapahtumat.
4. Kirjataan havainnot.
5. Koodataan havainnot.

Aluksi kaikki videonauhat katsottiin läpi ja määritettiin jokaisen ryhmän kaikkien oppituntien kestot. Seuraavaksi katsottiin kaikkien opettajien saman oppituntin videot, jotka oli kuvattu kameralla K2. Näin saatiin kokonaiskuvan pidentyistä oppitunneista. Sen jälkeen katsottiin saman opettajan yhden oppituntin molempien kameroiden kuvaukset. Jokaisen oppituntin analysoitava video on valittu sen mukaan, että videolla kuuluva ääni on riittävän selkeä, ja oppilaiden ja opettajan toiminnot näkyvät riittävän hyvin. Valitulla videolla näkyy yleensä koko opetusryhmä mahdollisimman laajasti. Valittu video voi olla kuvattu joko kameralla K1 tai K2.

Videoiden muodostaman kokonaiskuvan jälkeen mietittiin, mitkä ovat oppituntien keskeiset ja kriittiset kohdat ja aihekokonaisuudet. Kriittisiksi kohdiksi valittiin oppituntivideotallenteiden ja oppilaiden vastauslomakkeiden perusteella oppitunnit T1, T2, T3 ja T5. Niillä oppitunneilla oppilaat esittävät magneetin sisäistä rakennetta tai magnetoidun kappaleen ja ei-magnetoidun kappaleen välistä eroavuutta. Sen jälkeen keskityttiin vain näiden oppituntien tallenteisiin.

Oppituntien analysoinnissa käytettiin apuna Atlas.ti 6 -ohjelmaa. Ohjelmalla voitiin määrittää oppituntien kokonaispituudet, tiettyjen oppituntien jaksojen pituudet sekä merkitä, koodata ja määrittää tutkimuksen kannalta tärkeitä kohtia oppitunneista. Koodatut kohdat voitiin myöhemmin löytää sujuvasti ja nopeasti. Ohjelmalla voitiin myös koota tietyn tyyppiset koodatut kohdat yhteen ja tarkastella niitä omana kokonaisuutenaan.

Videoiden koodaamisessa on käytetty pohjana Seidelin (2005) esittämää luokitusta oppituntien sosiaalisen vuorovaikutusten havainnointiin. Siinä esitetty koodaussysteemi perustuu siihen, että lyhin koodattavan jakson pituus on 10 sekuntia. Näin Seidelin (2005) mukaan saadaan havainnoitua pienet, hetkelisetkin muutokset sosiaalisen vuorovaikutuksen luonteessa. Näin muodostuu tarkempi kokonaiskuva oppitunnin kulusta.

Seidelin (2005) esittämää koodausta on muokattu vain hiukan tähän tutkimukseen paremmin sopivaksi. Muokattujen koodien yksiselitteisyyttä ja videotallenteilta oikean tulkinnan tekemistä kategorioille ja koodeille on vertaisarvioitu kahden videoanalyysin avulla oppituntien vuorovaikutustutkimusta tehneen tutkijan kanssa. Näin saadun vertaisarvioin yhteensopivuus oli yli 95 %. Poikkeamat olivat siinä miten koodataan tilanteet, joissa on monenlaista toimintaa. Esimerkiksi, jos oppilaat tekevät oppilastyötä ja samalla opettaja esittää teoriaa tai antaa ohjeita. Näistä koodauksen haasteista keskusteltiin ja siten päädyttiin käyttämään kaksoiskoodausta. Samoin joidenkin koodien 9 - 15 kuvauksia tarkennettiin niin, että niistä tuli yksiselitteisemmät. Tämän jälkeen tehtyjen sitaattien uudelleen tarkastelun jälkeen kategorioinnille ja koodaukselle saatiin täysin yhteneväinen tulos.

Seidelin (2005) esittämässään luokahuonevuorovaikutuksien luokittelussa kategorioita on yhdeksän. Ne ovat seuraavat:

1. ei vuorovaikutusta
2. opettajan pitämä luento
3. kirjaaminen
4. luokka keskustele
5. hiljaista tai yksilötyöskentelyä
6. parityöskentelyä
7. ryhmätyöskentelyä (vähintään 3 henkilöä ryhmässä)
8. siirtymä
9. muuta

Tässä tutkimuksessa ei ole erotellut parityöskentelyä (6) ja ryhmätyöskentelyä (7), vaan niistä on tehty yksi kategoria, koska ryhmäkoot oli ennalta kiinnitetty oppitunneille, eikä niissä tehty tutkimuksen aikana poikkeamaa. Taulukossa 8 on esitetty tässä tutkimuksessa käytetyt kategoriat, niiden koodimerkintä sekä kuvaus eli sääntö tilanteesta, jolla kyseisellä kategoriolla on koodattu oppitunnin osaa. Pohjana on ollut Seidelin (2005) esittämä koodausjärjestelmä.

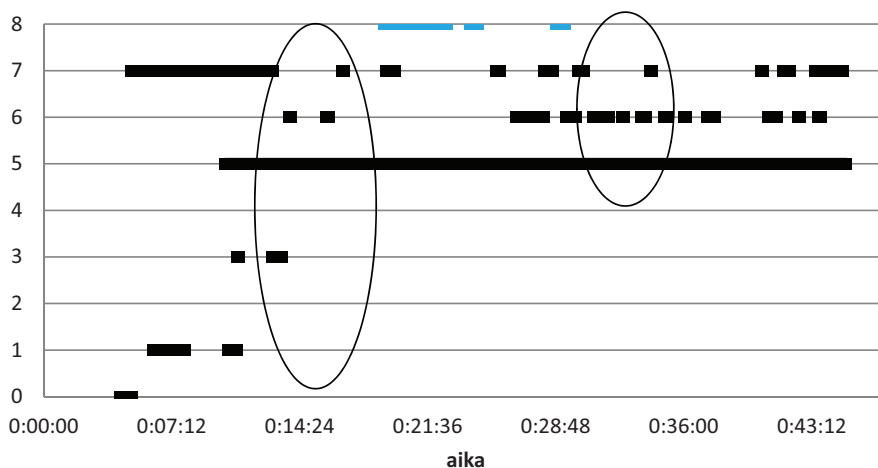
TAULUKKO 8 Luokkahuonevuorovaikutuksien luokittelun kategorioiden kuvaukset

Kategoriat luokkahuonevuorovaikutuksessa	Koodi	Kuvaus tai esimerkki tilanteesta, jossa koodia on käytetty
Ei muodollista opetussellista vuorovaikutusta	0	Ei muodollista opetuksellista vuorovaikutusta, tunnin alussa ja lopussa olevaa toimintaa ennen ja jälkeen opiskelun.
Opettajan pitämä luento eli monologi	1	Opettaja puhuu ainakin 2 x 10 sekuntia yhtäjaksoisesti yksin. Opettaja seisoo luokan edessä ja jakaa tietoa, teoriaa. Opettajan tarkoitus on siirtää tietoa ja ohjata/suunnata oppilaiden ajattelua tiettyyn suuntaan. Pienet oppilaiden huomautukset, jotka eivät ole vastauksia opettajan esittämiin kysymyksiin jätetään huomiotta. Jos puhelu on alle 10 sekuntia, koodataan se kategoriaan 3.
Diktatooninen eli kirjaus tai oppilaat esittelevät tuloksia	2	Opettaja kehottaa oppilaita tekemään yhteisiä muistiinpanoja vihkoihinsa, ja oppilaat kirjaavat niitä. Muistiinpanot ovat teorian kirjaamista taululta tai dokumenttikameralta. Oppilaat esittävät muille omia tutkimustuloksiaan esimerkiksi dokumenttikameran avulla. Jos opettaja kehottaa oppilaita täyttämään lomaketta, ei sitä koodata tänne.
Opetuskeskustelu eli opettaja ja oppilaat keskustelevat oppitunnin asioista	3	Opettajan ja oppilaiden välinen sosiaalinen vuorovaikutustilanne, joka voi olla keskustelu tai kysymys-vastaus-dialogi. Opettaja puhuu selvästi niin, että puhe on suunnattu koko luokalle. Puheen aloitteen tekijänä voi olla opettaja tai oppilas. Keskustelun tarkoituksena on jakaa tietoa. <i>Opettaja voi aloittaa puheen "Tänään aiheemme on..."; "Hei, nyt me voitais aloittaa käymään läpi mitä te olette saaneet aikaiseksi..."</i> Tilanteessa voi olla taukoja, jolloin opettaja odottaa oppilaiden vastausta, ja siinä voi olla tilanteita, jolloin opettaja kehottaa oppilaita osallistumaan ja jaksamaan vielä tehdä jotain.
Hiljainen työskentely, jolloin oppilaat kirjaavat tuloksia	4	Oppilaat kirjaavat/keräävät esimerkiksi tuloksia paperille opettajan kehotuksesta, tai se on yksi työn vaihe. Yleensä ei ole mitään sosiaalista vuorovaikutusta tai vuorovaikutus on vähäistä.
Ryhmätyöskentely pareittain tai isompana ryhmänä	5	Oppilaat työskentelevät 2-4 hengen ryhmissä. Opettaja voi antaa pieniä, lyhyitä neuvoja (alle 10 s) opiskeltavaan asiaan, työskentelyn aikana. Neuvot eivät katkaise oppilaiden työskentelyä. Neuvot liittyvät työn mekaaniseen suorittamiseen. Luokassa päätoiminta on oppilaiden työskentely.

Opettaja neuvoo oppilasryhmää	6	Opettaja keskustelee jonkin ryhmän kanssa työhön liittyvästä asiasta. Opettajan ja oppilaan välinen luokkahuonevuorovaikutus on oppituntiin liittyvistä asioista. Opettaja puhuu teoriaa koko luokalle, ja oppilaat tekevät samalla työtä.
Siirtymä, jolloin opettaja antaa yleisiä ohjeita tai oppilaat hakevat tarvittavia välineitä	7	Opettaja ohjeistaa miten oppilastöitä tehdään, mitä tehdään, koodia ei yleensä katkaista vitsin tms. ajaksi. Jos vitsi kestää yli 10 sekuntia, koodataan se kategori- aan muu (8). Oppilaat keräävät tutkimuksissa tarvittavia välineitä, palauttavat papereita ja välineitä. Opettaja jakaa papereita tai välineitä. Opettaja antaa toimintaohjeita (tarkentaa työn suoritusta, kertoo yleisesti tarvittavista välineistä).
Muu toiminta, joka ei kuulu mihinkään edellä olevaan luokkaan	8	24:39"Mitä tänään on ruokana?" Ennen opetusjakson alkua olevaa kerrontaa kokonaistavoitteista, ja mitä tullaan myöhemmin oppitunnin aikana tekemään, kokonaisuuden etenemiseen liittyvää selitystä. Asiasisältö ei liity kyseiseen oppituntiin. Oppitunnin lopetus.

Oppituntien luokkahuonevuorovaikutuksien koodaamisessa opetusjakson oppitunneilla on käytetty niin sanottua kaksoiskoodaamista. Siihen päädyttiin sen vuoksi, että oppituntien aikana oli hyvin usein tilanteita, joissa tapahtui useampaa erilaista asiaa samanaikaisesti. Esimerkiksi Elinan oppitunnilla T4 on kuviossa 10 osoitettu isolla ja pienellä ympyrällä tilannetta, jossa on kyse niin sanotusta kaksoiskoodauksesta.

Elina T4



KUVIO 10 Elinan oppitunnilla T4 olevaa kaksoiskoodausta luokkahuonevuorovaikutustilanteissa.

Kuviossa 10 kaksoiskoodauksesta on ympyröity kaksi esimerkkiä. Numerot kuvaajan pystyriveillä tarkoittavat kategoriala, johon luokahuonevuorovaikutus kuuluu (taulukko 8). Niissä havaitaan ison ympyrän kohdalla olevan oppitunneilla opettajan luento (1), opetuskeskustelu (3), oppilaiden neuvomista työskentelyssä (6), tutkimuksessa tarvittavien tavaroiden hakemista tunnin alussa ja tunnin lopussa niiden palauttamista takaisin (7) samanaikaisesti oppilaiden työskennellessä (5). Kuviossa 11 oleva muu toiminto (8) on sitä, kun luokassa käy toinen opettaja (Anneli) keskustelemassa oppilaiden kanssa kokeesta ja sen tekemisestä. Yleensä oppitunnilla on vain yksi opettaja. Siksi sitä ei ole koodattu omaksi koodiksi. Koska se ei ole kuitenkaan toimintoa, joka tapahtuisi opetusryhmän varsinaisen opettajan kanssa, sitä ei ole laitettu kategorioihin 1 – 7 kuuluvaksi vuorovaikutukseksi (taulukko 8).

Videoiden luokahuonevuorovaikutusten jälkeen koodauksessa kiinnitettiin huomiota siihen, miten magnetismin keskeisiksi käsitteiksi valittuja aiheita käsiteltiin oppitunneilla. Asian tarkastelussa on kiinnitetty huomiota niihin tekijöihin, joiden avulla taulukossa 6 olevat ominaisuudet voidaan tutkimuksissa havaita. Kategorioiden rinnalle luotiin koodijärjestelmä, joka on tutkijan laatima. Taulukossa 9 on esitetty kuvaukset videoissa esiintyvälle asiasisällöille ja niiden esittämisessä käytetyille koodeille. Taulukossa on lisäksi esimerkki tilanteesta ja puheesta, joka täyttää koodin kriteerin. Sitaatissa oleva numero viittaa Atlas.ti – ohjelmalla koodattuun kohtaan. Esimerkiksi sitaatti 28:19[12:58-13:08] tarkoittaa, että siinä on kyseessä Atlas.tilla koodattu oppitunti numero 28 ja sieltä sitaatti numero 19. Hakasuluissa on Atlas.tista luetut sitaatin alkamis- ja loppumisajat. Aika on mitattu oppitunnin alusta lähtien.

TAULUKKO 9 Oppituntien asiasisältöjen koodit ja niiden kuvaukset ja esimerkki tilanteesta, jossa koodia on käytetty.

Koodin asiasisältö	Koodi	Kuvaus	Esimerkkisitaatteja
Magneettinen vuorovaikutus	9 (VV OPE)	<p>Opettaja muistuttaa, kertoo tai käy keskustelua koko luokan kanssa jollakin tapaa</p> <ul style="list-style-type: none"> • magneetin ja toisen esineen vaikutuksesta toisiinsa (esimerkiksi kompassineula kääntyy magneetin läheisyydessä) • siitä, mistä tunnistaa, että kappale on magneetti/magneettinen • magneetin voimasta • magneetin kyvystä siirtää toista kappaletta läheisyydessään • kompassin käytöstä magneetin/magnetoitumisen tutkimisessa 	<p>2:27 "Magneetit teräslangan. Tuleeko langasta magneetti? Nyt teillä on siellä tutkittavana sitä teräslankaa. Kuinka voit testata onko olettamukseksi oikeassa?" "Kompassilla." "Hyvä" 22:18 "Onko se silloin magnetoitunut, kun se kompassi silleen...?" "Joo. Kun sitä siirtelee sitä kompassia siellä langan ympärillä, niin sen kompassineulan kärjen suunta muuttuu." 22:56 " magneettisuus pie-</p>

		<ul style="list-style-type: none"> kompassin reagoimisesta magneetin läheisyydessä 	<p>nenee koko ajan, sen voima heikkenee...”</p> <p>”Mitä pienempi pätkä sen heikommin se reagoi kompassiin”</p>
Magnetoituminen	11 (Mag OPE)	<p>Opettaja muistuttaa, kertoo tai käy keskustelua koko luokan kanssa</p> <ul style="list-style-type: none"> magnetoitumisesta tai demagnetoitumisesta. <p>Puheessa tulee esille käsitteitä kuten</p> <ul style="list-style-type: none"> magnetoitunut demagnetoitunut magnetoidaan (mekaaninen tekeminen) demagnetoidaan (mekaaninen tekeminen) 	<p>24:5”Magnetoidaan sauva-magneetilla... muistatte, että ollaan, juuri näin niin kuin siellä jo hienosti tehdäänkin... yhden suuntaisia sivelyjä. Sitten ei saanut tiputtaa, koska silloinhan se häviää se magneettisuus sieltä”</p> <p>2:27 ”Magnetoiit teräslangan. Tuleeko langasta magneetti?”</p>
Dipolisuus	13 (DI OPE)	<p>Opettaja muistuttaa, kertoo tai käy keskustelua koko luokan kanssa magneeteista tai magnetoiduista kappaleista. Hän käyttää joitakin käsitteistä</p> <ul style="list-style-type: none"> dipolisuus magneetin kohtiot/päät/navat kohtioiden/päiden/napojen erilaisuus kohtioiden/päiden/napojen ominaisuudet magneetin pilkkominen ja mitä siitä seuraa (koko, pituus muuttuu), magneetin/magnetoidun kappaleen koko magneetikenttä ja sen suunta, voidaan puhua magneetin ympäristöstä tai ympärillä olevasta alueesta 	<p>22:50 ”Voitte sitten samalla miettiä myös sitä, kun se muuttuu se [<i>magnetoidun</i>] rautalangan koko, se pituus ja sitä ei magnetoida uudelleen siinä välissä, onko sillä vaikutusta mihinkään siinä magneettisissa ominaisuuksissa?”</p> <p>27:14 ”Tutkitte kompassin avulla sitä magneetin ympäristöä.”</p> <p>22:56 ” magneettisuus pienenee koko ajan, sen voima heikkenee...” ”Mitä pienempi pätkä sen heikommin se reagoi kompassiin”</p>
Oppilas aloittaa keskustelun magneettisesta vuorovaikutuksesta	10 (VV OPP)	<p>Oppilas aloittaa keskustelun magneettisesta vuorovaikutuksesta kysymyksellä tai toteamuksella. Sen jälkeen asiasta keskustellaan työparin ja opettajan kanssa. Oppilaan aloite voi toimia myös alkuna yhteiselle keskustelulle asiasta, mutta sen jälkeen keskustelu on koko luokan kanssa.</p>	<p>29:95 ”Miks tää osottaa erisuuntiin?” (kompassi magneetin eri päissä)</p>

Oppilas aloittaa keskustelun magneetoimisesta	12 (Mag OPP)	Oppilas aloittaa keskustelun kysymyksellä, väitteellä tai toteamuksella. Sen jälkeen asiasta keskustellaan opettajan ja työparin kanssa. Oppilaan aloite voi toimia myös alkuna yhteiselle keskustelulle asiasta, mutta sen jälkeen keskustelu on koko luokan kanssa.	24:22 "Tämä ei demagnetoidu? [Ellen]" "Eikö demagnetoidu? [opettaja]" "Ei, vaikka me kuinka sitä taitellaan.[Ellen]"
Oppilas aloittaa keskustelun dipolisuudesta	14 (DI OPP)	Oppilas esittää kysymyksen tai toteamuksen, joka liittyy homogeenisuuteen, magneetin dipolisuuteen. Sen jälkeen asiasta keskustellaan opettajan ja työparin kanssa. Oppilaan aloite voi toimia myös alkuna yhteiselle keskustelulle asiasta, mutta sen jälkeen keskustelu on koko luokan kanssa.	24:97 "voitsä kertoo kumpi kohtio on pohjonen ja kumpi etelä?"
Oppilaat keskustelvat	15 (OPP KESK.)	Oppilaat keskustelevat asiasta, ja opettaja ei ota osaa keskusteluun. Keskustelu voi alkaa yhden oppilaan toiselle suunnatulla kysymyksellä tai yleisesti esitetyllä kysymyksellä. Vastauksen antajana toimii toinen oppilas.	28:85 "mistä tietää kumpi on pohjonen ja kumpi etelä?[Lotta]" "north ja south [Veera]", "häntä on etelä ja terä on pohjonen [Ville]"

Keskusteluissa on haluttu erotella opettajan ja oppilaan aloittama keskustelu. Näin voidaan tarkastella sitä, reagoiko opettaja oppilaan aloittamaan keskusteluun. Usein oppilas esittää opettajalle kysymyksen tai väitteen, koska hänen tekemänsä havainto tai tulkinta ei vastaa sitä käsitystä, mikä hänellä on aiemmin ollut asiasta. Tilanne voi olla sisäinen ristiriita tai kognitiivinen konflikti. Oppilaan tekemään aloitteeseen reagoimalla tuetaan oppilaan ajattelua. Kysymyksien ja niihin saamiensa vastausten avulla oppilas pystyy rajaamaan ja korjaamaan havaintojensa perusteella tekemiensä johtopäätöksiensä oikeellisuutta, laajuutta, todenmukaisuutta ja luotettavuutta.

4.3.3 Magnetismin oppimista ohjaavien kriittisten toimintojen valinta ja sisällöt

Kriittisten toimintojen valintaan ovat vaikuttaneet tämän tutkimuksen magnetismin opetusjakson oppituntien aiheet ja oppimiselle asetetut tavoitteet (taulukko 4) sekä opetussuunnitelmassa kirjatut tavoitteet (Opetushallitus, 2004). Lisäksi kriittisten toimintojen valinnassa on huomioitu opetusmallin yksityiskohtien muotoutumista ohjaavat opetuksen osat (kuviot 2 ja 7). Kriittiset toiminnot muodostavat tärkeän kokonaisuuden oppisisällön ymmärtämiselle, teollisen mallin ja oppilastöiden sekä mentaalimallin välille (Scott, Mortimer & Ametller, 2011). Ne muodostavat loogisesti etenevän kokonaisuuden.

Tässä tutkimuksessa kriittisyyttä tarkastellaan opettajan ohjaamina toimintoina, joiden tarkoituksena on laajentaa oppilaiden ajattelua magnetismin mallin uuteen ominaisuuteen ja suunnata oppilaiden ajattelua vastaamaan magnetismin opetusmallia. Kriittisien toimintojen valinnassa on kiinnitetty erityisesti huomiota siihen, miten opettaja sitoo magnetismin oppilastyön tutkimusvälineeseen, työn tarkoitukseen sekä havaintojen ja tuloksien tulkinnan. Opettajan rakentama yhteys havainnon ja oppilailta olevan tiedon välillä, antaa havainnolle merkityksen ja perustelun. Kriittisiksi nämä tulevat siksi, jos havainnon sisältö ei selkene oppilaalle, voi hänen olla vaikea antaa havainnolle merkitys ja siten muodostaa tehdyistä havainnoista tulkinta ja muodostaa siitä mallia (Campoy, 2005). Jokaisella oppitunnilla ei tullut uutta ominaisuutta, joten kriittisiä toimintoja ei ole samaa määrää kuin oppitunteja. Opetuksen arvioinnissa kriittisten toimintojen olemassa ololla voidaan myös määrittää opetuksen tuloksellisuutta. Kriittisten toimintojen esiintymisien ja oppilaiden mallin kehittymisen välistä yhteyttä voidaan tarkastella.

Koska tässä tutkimuksessa on suuri paino oppilaiden tekemillä oppilas-töillä, kriittisiksi toiminnoiksi on valittu neljä oppimisen ja oppilaiden tulkintojen tekemisen kannalta tärkeää kohtaa. Niitä ovat kompassineulan ja magneetin välinen vuorovaikutus ja se mitä tämän vuorovaikutuksen avulla voidaan tutkia, kappaleen magneetoinen aikaan saama järjestäytyminen, magneettien pilkkominen ja sen vaikutus magneetteihin sekä magnetoidun kappaleen sisäinen, järjestäytynyt rakenne. Seuraavaksi tarkastellaan tämän tutkimuksen kriittisiä toimintoja ja niiden valintaan vaikuttaneita perusteita tarkemmin.

Ensimmäinen kriittinen toiminto (KO)

Ensimmäiseksi kriittiseksi toiminnoksi (KO) valittiin kompassin käyttö ja sen käyttöön liittyvä toimintaperiaatteen selitys. Syy kompassin ottamiseksi kriittiseksi toiminnoksi oli se, että opetusjakson oppilastöissä magneetin tai magnetoidun kappaleen vuorovaikutusta tutkitaan kompassilla. Kompassi on oppilaille tuttu väline, jota he ovat käyttäneet muun muassa liikuntatunneilla suunnistuksessa. Kompassin toimintaperiaate ei ole kaikille oppilaille kuitenkaan ennestään tuttua. Siksi oli tärkeää, että oppilaille selitetään, mihin kompassin toiminta perustuu ja miksi siinä olevan neulan suunta muuttuu.

Toiminnon valintaan kriittiseksi toiminnoksi vaikutti myös se, että kompassia käytettiin magneettisuuden havainnointiin oppitunnista T2 alkaen kaikilla oppitunneilla (T2 – T6). Oppitunnilla T3 kompassi oli ainoa tutkimusväline magneettikentän havaitsemiseksi. Siksi se tulisi ottaa viimeistään oppitunnilla T3 käyttöön perustellen ne syyt, miksi kompassia voidaan käyttää tutkimuksessa. Jollei oppilaille selkeydy kompassin käyttö, eivätkä he tiedä syitä sille, miksi kompassia käytetään, jää oppimistavoitteista osa saavuttamatta. Kompassin käytön ja merkityksen ymmärtäminen auttaa oppilasta huomaamaan magnetismin avulla olevan ulkoisen vuorovaikutuksen ominaisuuden malli (VV) ja sen, että magneetti on dipoli (DI).

Toinen kriittinen toiminto (MG)

Toiseksi kriittiseksi toiminnoksi (MG) on valittu oppitunnin tilanteet, joissa käydään läpi, mitä magneeteissa tapahtuu magnetoitumisen yhteydessä. Oppilaille tulee kertoa, mitä magnetoinnissa tapahtuu magnetoituvan aineen sisäiselle rakenteelle. Magnetoituminen on yksi magnetismin keskeisistä ilmiöistä. Magnetoitumisen ymmärtämisessä on tärkeää tietää, että magneetilla on sisäinen rakenne, ja tässä sisäisessä rakenteessa aineelle tapahtuu joko hetkellisesti pysyviä tai kokonaan rakenteeseen jäävää rakenneosien järjestäytyminen. Järjestäytyminen on aiheutunut magneetin ja magnetoitavan esineen välisen vuorovaikutuksen seurauksena.

Magnetoitua tehtiin rautanaulalle (T2), pillimagneetille (T4) ja rautalangalle (T5). Magneetin aikaansaamaa magnetoitumista voitiin myös havainnoida oppitunnilla T6 rautajauheen ja öljyn seoksessa. Magnetoitumisen avulla autettiin oppilaita myös havaitsemaan, että magnetismin malliin kuuluu dipolisuuden lisäksi magneettikenttä. Siten oppilasta tuettiin magnetismin mallia MK muodostumisessa. Samoin sillä autettiin oppilaita huomaamaan, että magneetin sisällä on jotakin magneettisuuteen liittyvää, joka voi järjestäytyä tietyllä tavalla. Sisäistä järjestäytymistä ja sisäisen rakenteen (SIS) olemassa olon ymmärtämistä tuetaan tällä kriittisellä toiminnolla.

Kolmas ja neljäs kriittinen toiminto käsittelevät asioita, joita oppilaiden ei ole aikaisemmin tarvinnut fysiikan oppitunneilla tutkia tai joihin heidän ei ole tarvinnut tehdä tulkintaa.

Kolmas kriittinen toiminto (PI)

Kolmanneksi kriittiseksi toiminnoksi (PI) valittiin magnetoidun kappaleen pilkkominen pienemmäksi. Tässä toiminnossa selvitetään, että pilkkotussa lyhyemmässä langassa on navat yhdensuuntaiset alkuperäisen pidemmän langan kanssa. Tämän vuoksi leikkauskohdan molemmilla puolilla on erilaiset magneettiset navat. Tämä johtuu siitä, että magnetoidulla teräslangalla on magneettinen dipoli myös sisällä. Rakenne on hyvin pienissä rakenneyksiköissä. Katkaisua ei voida tehdä niin, että palaan jäisi vain yksi napa.

Pilkkominen ja sen vaikutus magneettisiin ominaisuuksiin oli myös yhden oppitunnin (T5) aiheena. Samoin pilkkominen tai oikeammin magneettisen kappaleen kokoluokan muuttuminen ja sen vaikutus magneettisiin ominaisuuksiin oli kahden oppitunnin aiheena (T4 ja T6). Oppilaiden mallien kehittymistä yksityiskohtaisemmaksi auttaa, jos ymmärtää mitä pilkkomisessa tapahtuu. Pilkkomisen ymmärtäminen auttaa oppilasta huomaamaan, että magneetin sisällä täytyy olla samanlaisia osia ja ominaisuuksia kuin päissä. Siksi pilkkomisen opettaminen auttaa oppilaita muodostaa yksityiskohtaisemman mallin magnetismista (SIS ja mahdollisesti myös jo SJR).

Neljäs kriittinen toiminto (JÄ)

Neljäs kriittinen toiminto (JÄ) on magneetin sisällä oleva magneettisuuden aikaan saavien partikkeleiden järjestäytyminen, joka syntyy magnetoinnissa. Viimeinen kriittinen toiminto toimii kolmen edellisen toiminnon yhdistäjänä. Siinä kootaan yhteen magnetismin keskeiset asiat. Kriittisyyden kannalta oleellista on se, miten sisäinen järjestäytyminen käydään oppitunneilla läpi. Sisäinen järjestäytyminen perustelee myös pilkkomisen jälkeen paloihin jäävän napaisuuden. Kompasoin avulla tutkitun magneettikentän (oppitunti T3) ja kompassin käyttäytymisen (KO) magneetin keskellä voi perustella magneetin sisäisen rakenteen avulla niin, että magneettiset rakenneosat asettuvat ulkoisen magneettikentän mukaiseen järjestykseen (magneettinen vuorovaikutus). Oppilas ei kykene itsenäisesti antamaan selitystä sille, että nanokokoluokan rautahipulla (oppitunti T6) on edelleen kyky olla vuorovaikutuksessa magneetin kanssa. Oppilaan tulee ymmärtää, että magneetissa on pienen pienissä (PI, oppitunti T5) rakenneosissa magneettinen ominaisuus, jolla magneetti on vuorovaikutuksessa toisen magneetin kanssa. Tämän lisäksi oppilaan tulee ymmärtää, että näiden rakenneosien tulee olla ulkoisen magneettikentän mukaisessa järjestyksessä.

Magneettisuuden syvällisempi ymmärrys edellyttää magneetin sisäisen järjestäytymisen ymmärtämistä. Siksi se on valittu kriittiseksi toiminnoksi. Tämän kriittisen toiminnon avulla ohjataan oppilaita huomaamaan ja ymmärtämään, mitä magneetin sisällä on. Opetuksen tulisi varsinkin lopuksi nivoa yhteen kaikki aiemmin opitut asiat ja terminologian. Yksittäiset asiat tai niihin sisältyvä tieto ei rakennu oppilaille kokonaiseksi tiedoksi, jollei heitä siinä ohjeisteta. Koska magneetin sisäinen rakenne ja siinä oleva rakennehiukkasten järjestäytyminen sekä sen opettaminen ja käsittely vaativat kaikkien kriittisten toimintojen käsittelyä samassa yhteydessä, on neljänneksi kriittiseksi toiminnoksi valittu sisäinen järjestys (JÄ). Magnetoituminen (MG) ja se mitä magnetoitumisessa tapahtuu, auttavat oppilaita tuottamaan magnetismille malleja, joissa on kuvaus magneetin sisäisestä rakenteesta (SIS) ja rakenteen sisäisestä järjestyksestä (SJR). Sisäisen järjestyksen kriittisellä toiminnolla vahvistetaan vielä tätä ymmärrystä.

Taulukossa 10 on yhteenveto kriittisten toimintojen sisällöille ja tavoitteille.

TAULUKKO 10 Kriittiset toiminnot ja niiden opetukselliset tavoitteet

Kriittisen toiminnon sisältö	Symboli	Toiminnon opetuksellinen tavoite
Kompassin käyttöönotto	KO	Selitetään mitä kompassineulan liikkeitä magneetin ympärillä tarkoittavat sekä minkälaisien asioiden havainnointiin kompassia voidaan käyttää. Kompassineulan suunnasta voidaan päätellä magneetin päiden erilaisuus sekä missä päät sijaitsevat. Oppilaiden pitäisi ymmärtää, että kompassi reagoi magneetteihin ja se, miten kompassia voidaan käyttää magneettien havainnointiin.
Magnetoituminen	MG	Selitetään, että magnetoitumisessa magnetoitavaan kappaleeseen syntyy järjestys. Oppilaiden tulisi ymmärtää, että magnetoituminen saa aikaan järjestystä.
Magnetoituneen kappaleen pilkkoinen pienemmäksi	PI	Selitetään, että magnetoidun teräslangan pilkkominen saa aikaan pienempiä magnetoituja lankoja. Pienemmällä langoilla on samanlaiset navat kuin alkuperäiselläkin langalla eli dipolisuus säilyy. Katkotuilla langoilla on heikompi magneettinen voima. Oppilaiden pitäisi ymmärtää, että pienemmällä magneettisella kappaleella on edelleen erilaiset päät, mutta sen magneettinen vuorovaikutusvoima on heikompi.
Magneetin tai magnetoidun kappaleen sisällä on järjestys	JÄ	Selitetään, että magnetointi (MG) saa aikaan koko kappaleeseen yhdensuuntaisen sisäisen järjestyksen. Se näkyy vain päissä, koska magneettisten osien välinen vuorovaikutus kumoaa niiden vaikutuksen kappaleen keskellä (PI). Järjestys selittää magnetoitumisen ja demagnetoitumisen sekä sen miksi pilkkomisen jälkeen osilla on edelleen erilaiset päät (KO). Oppilaiden pitäisi ymmärtää, että magneetilla on sisäinen järjestys, josta seuraa magneetin ominaisuudet.

Kriittiselle toiminnolle ei ole asetettu tarkkaa paikkaa oppitunnilla. Jokaisella toiminnolla on kuitenkin olemassa asiayhteys tai oppilastyön ohjauksen kohta, johon se voidaan helposti liittää. Kriittiset toiminnot ovat toisiinsa nähden eteneviä toimintoja. Oppituntien aiheiden ja asian etenemisjärjestyksen perusteella kriittisille toiminnoille asiayhteyden kannalta mielekkäät sijainnit on esitetty taulukossa 11.

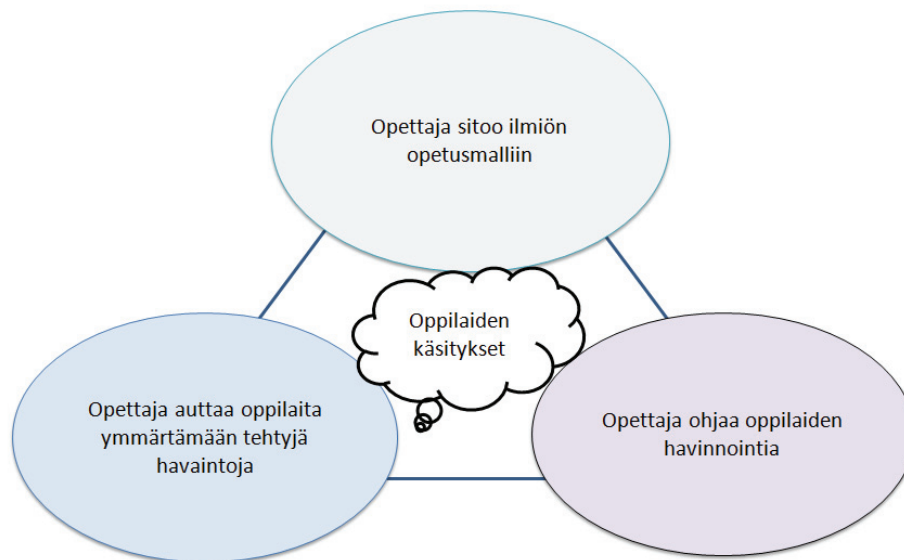
TAULUKKO 11 Opetustutkimuksen kriittiset toiminnot ja oppitunti, jolla toiminto tulisi viimeistään olla.

Kriittinen toiminto	Oppitunti, jolloin se tulisi viimeistään olla opettajan esityksessä
1. Kompassi	T3
2. Magnetointi	T4
3. Pilkkominen	T5
4. Sisäinen järjestäytyminen	T6

Toiminnot voivat esiintyä useita kertoja, mutta opetuksellisesti ja oppilaiden ajattelun ohjaamisen kannalta on taulukossa 11 ne opetustutkimuksen oppitunnit, jolloin kriittinen toiminto tulisi viimeistään olla. Kriittisillä toiminnoilla on toisiinsa nähden järjestys, joka määräytyy toiminnon sisällön ja opetustutkimuksen oppitunnin aiheisällön perusteella. Etenemisjärjestyksellä on yhteys myös oppilaiden tuottamien mallien kanssa. Etenemällä kriittisissä toiminnossa taulukon 11 mukaisessa järjestyksessä, voidaan oppilaiden mallinnusta ohjata parhaiten.

4.3.4 Oppilaiden ajattelun ohjaaminen

Oppilaan oppimista edistää hänen saamansa oikea-aikainen ohjaus. Tärkeää ohjaamisessa on, että oppilaan omia, oikeita ajatuksia tuetaan, ja hän saa ohjausta muun muassa oikeiden johtopäätösten tekemiseen (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Ohjausta annetaan siellä, missä hän sitä eniten tarvitsee (Larkin, 2001). Oikeiden tulkintojen tekeminen työskentelystä ohjaa myös oppilaiden mentaalimallin muodostumista (Säljö, 2004; Bliss, Askew & Macrae, 1996). Tuen ja ohjauksen muotoja on monenlaisia, mutta kaikkia niistä ei tarkastella tässä tutkimuksessa. Tämän tutkimuksen kannalta merkittävien ohjauksen muotojen valintaan on ohjannut opetusjakson keskeiset tavoitteet. Niitä ovat mallin muodostukseen vaikuttavan havainnon tekeminen, havainnosta tehdyn johtopäätöksen siirtäminen omaan ajatteluun sekä oppilastyön oikeanlainen toteuttaminen. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi, on tässä tutkimuksessa kiinnitetty huomiota, kuviossa 11 esitettyihin oppimisen ohjauksen muotoihin, joiden merkitystä oppilaiden mallin muodostuksessa tarkastellaan.



KUVIO 11 Opettajan toimet oppilaan mallin muodostumisen ohjaamiseksi

Opetuskeskustelu oli tärkeä osa oppituntia ja siksi sen määrää on selvitetty tämän tutkimuksen aineistoista. Opetuskeskustelussa oppilaat saavat ilmaista omia mielipiteitään ja koetella omia käsityksiään sekä kuulla erilaisia käsityksiä (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). Opettaja voi ohjata oppilaita itseilmaisussa opetuskeskustelun aikana. Opetuskeskustelujen sisällöt on analysoitu niissä esiintyvien oppilaan oppimista ohjaavina toimina: opettaja esittää opetusmallin sisältämän tiedon, opettaja ohjaa oppilaita tekemään havaintoja, sekä opettaja ohjaa oppilaita hyödyntämään tekemiään havaintoja heidän mallintaessaan magnetismia. Nämä elementit on esitetty kuviossa 11. Tutkimuksessa on tarkasteltu kokeellisessa työskentelyssä erityisesti merkityksellisiksi tulevia opettajan ohjaustoimia, jotka auttavat oppilaita mallin muodostamisessa.

Teorian ja magnetismin opetusmallin esiintuominen on tärkeää. Silloin oppilaat saavat tietoa oppimisessa tarvittavista käsityksistä ja opetusmallin esittämien asioiden havaitsemisesta. Samalla vahvistetaan oppilaan käsitystä oman mentaalimallin ominaisuuksista suhteessa tieteelliseen malliin. Aineistosta tutkitaan, miten opettajat tuovat aiheeseen liittyvän opetusmallin oppilaille.

Aineistosta selvitetään myös se, miten opettajat ohjasivat oppilaitaan työskentelyssä. Huomiota kiinnitetään siihen, minkälaisia keinoja opettajat käyttivät työskentelyyn ohjaamisessa. Toistivatko opettajat toimintaohjeita, ja kehuivatko he oppilaita heidän suorituksissaan, vai oliko ohjaaminen vain yksittäisille ryhmille suunnattua. Lopuksi tutkittiin vielä sitä, ottivatko opettajat huomioon oppilaiden aikaansaannoksia, eli kävivätkö he yhteisesti läpi oppilaiden tutkimustulokset (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Oppilaiden tuloksien läpikäyminen olisi tärkeää, koska silloin heidän tekemilleen havainnoille ja johtopäätöksille annettaisiin merkitys (Rudduck & Flutter, 2008). Samoin voitaisiin vielä selvittää, olivatko oppilaat osanneet kiinnittää huomiota

oikeisiin asioihin, ja olivatko he osanneet tehdä oikeita johtopäätöksiä. Opettajalla olisi vielä mahdollisuus tarkentaa oppilaiden ajatuksia. Oppilastöiden tulosten läpi käymisellä voitaisiin osoittaa oppilastöiden tärkeys ja tarpeellisuus, sekä opetusmallin paikkaansa pitävyys (Viennot ym., 2005; Laurillard, 2012) .

5 TUTKIMUSTULOKSET

Tässä luvussa esitetään magnetismin opetusjakson tutkimustulokset. Tarkastelussa edetään tutkimuskysymysten mukaisessa järjestyksessä. Aluksi tarkastellaan alku- ja lopputestin perusteella opetusjakson vaikuttavuutta oppilaiden ymmärrykseen magnetismista luvussa 5.1. Huomioita tehdään erityisesti erilaisiin magneetin ominaisuuden asiasisällön osaamiseen. Osaamista verrataan ennen opetusjaksoa tehdyn alkutestin ja opetusjakson jälkeen tehdyn lopputestin välillä. Sen jälkeen tarkastellaan oppilaiden tuottamia malleja magnetismille luvuissa 5.1 ja 5.2. Mallien jakautumista eri malliluokkiin tutkitaan koko oppilasjoukkona ja opetusryhmittäin. Opettajien kriittisiä toimintoja ja niiden yhteyttä oppilaiden tuottamiin magnetismin malleihin tarkastellaan luvussa 5.3. Lopuksi luvussa 5.4 tarkastellaan opetusryhmissä olevia luokkahuonevuorovaikutuksia ja miten eri opettajat käyttävät niitä oppitunneillaan.

5.1 Magnetismi oppilaiden malleissa

Sama testi toimi sekä alku- että lopputestinä (liite 7). Testeistä saatujen tulosten tarkemmassa analyysissä keskityttiin tehtävään numero 4, koska siinä olevissa väitteissä tulee esille opetuskokonaisuuden keskeisimmät asiat (kompassi, magneettinen vuorovaikutus, magnetoituminen, pilkkominen ja dipolisuus). Yksikään tehtävien väitteistä ei liittynyt magneettien ja magnetoitujen kappaleten sisäiseen rakenteeseen. Pilkkomisessa oleellisinta oli katkaisemisen vaikutus magneetin napaisuuteen. Lisäksi testien vastauksista on valittu tehtävä (numero 3), jossa oppilaat piirtävät malleja magnetismille. Samasta syystä opetusjakson oppitunneilta saaduista vastauslomakkeista on valittu tehtävät, joissa oppilaat piirtävät malleja. Tuloksia on analysoitu aluksi yksittäisten oppilaiden mallin muutosta alku- ja lopputestissä ja niiden välissä olevilla oppitunneilla T1, T2 ja T5.

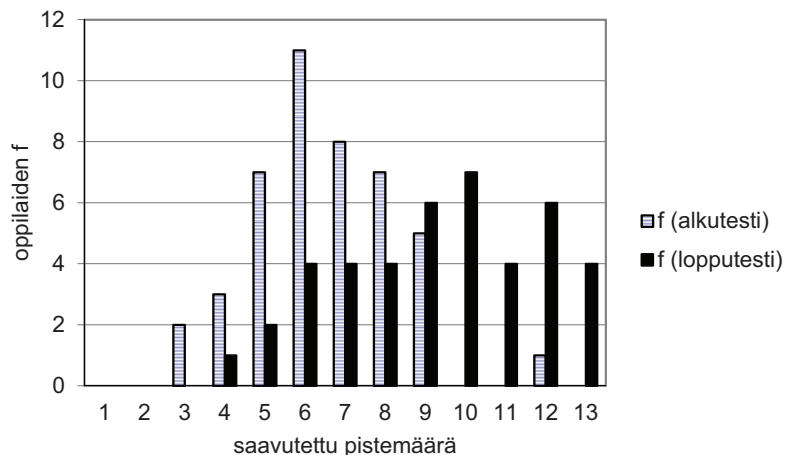
Mallien muutoksien tarkastelussa on kiinnitetty huomio siihen, kuinka moni oppilas on muuttanut malliaan ja minkä malliluokkien välillä muutos on

tapahtunut. Oppitunnit T2 ja T5 valikoituivat sen mukaan, että tuolloin oppilaiden vastauslomakkeissa pyydettiin piirtämään magnetoidun naulan tai magneetin sisällä olevia asioita. Opetusjakson oppituntien aikana ei ollut kertaakaan niin, että kaikki oppilaat olivat paikalla, vaan joka kerralla puuttui vähintään kaksi oppilasta. Sen vuoksi tarkastelussa on huomioitu yleensä läsnä olevat oppilaat. Ainoan poikkeuksen tässä tekee kohta, jossa tarkastellaan oppilaiden mentaalimallien muuttumista opetusryhmittäin alku- ja loppuputestien välillä luvussa 5.3.2 olevien mallinnuksen portaiden yhteydessä. Tuolloin tarkastellaan jokaisesta ryhmästä niitä oppilaita, jotka olivat sekä alku- että loppuputestissä. Jos tutkimuksesta olisi poistettu kokonaan ne oppilaat, jotka eivät olleet kaikilla tarkasteluun otetuilla oppitunneilla, tutkimuksessa mukana olevien oppilasjoukon lukumäärä olisi pienentynyt 15 oppilaalla. Ryhmä olisi pienentynyt yhden oppilasjoukon verran, ja siten sillä olisi ollut suurempi merkitys tuloksiin kuin sillä, että heidän tuloksensa huomioidaan niiltä osin kuin se on mahdollista. Tarkastelussa on käytetty myös oppilaiden määrää prosentteina, jotta tuloksien vertailu olisi helpompaa. Pyörityksiä tehtäessä on huolehdittu siitä, että prosentiosuuksien summa on 100 %.

5.1.1 Oppilaiden mallit magnetismille alku- ja loppuputestissä

Tässä tutkimuksessa oli vain alku- ja loppuputestien (liite 7) tehtävissä magnetismiin liittyviä väittämiä, joissa riitti määrittää väitteen totuusarvo. Se on tehtävä numero 4 (taulukossa 13). Tämän tehtävän tuloksia voidaan tarkastella tilastollisesti ja siten saada tietoa opetusjakson vaikutuksesta oppilaiden ajatteluun. Tehtävässä numero 4 oli 13 kohtaa.

Kuviossa 12 esitetään oppilaiden oikeiden vastausten määrän mukaiset jakaumat sekä alku- että loppuputestissä. Alkuteistissä oli 45 oppilasta ja loppuputestissä 42 oppilasta.



KUVIO 12 Alku- ja loppuputestien tehtävän numero 4 oppilaiden kokonaispisteiden jakaumisen frekvenssit

Tehtävästä 4 oikeiden vastausten yhteenlaskettu lukumäärä muuttui alku- ja lopputestin välillä. Opetusjaksolla voidaan olettaa olleen positiivinen vaikutus oppilaiden kykyyn vastata annettuihin väittämiin. Taulukossa 12 on alku- ja lopputestin tehtävän 4 keskiarvot ja keskihajonnat sille, kuinka moneen tehtävään oppilaat olivat osanneet vastata oikein. Tuloksissa on havaittavissa huomattavaa, tilastollisesti merkitsevää (t-testi, $p < 0.001$, $t(41) = 19,0291$) parantumista magnetismin ymmärtämisessä (liite 9). Sattumalla voi olla tuloksiin vaikutusta, mutta sen vaikutus voidaan ajatella olevan samanlainen molemmissa testeissä. Opetustutkimuksella on ollut merkittävä vaikutus oppilaiden oppimistuloksiin (Nummenmaa, 2006).

TAULUKKO 12 Alku- ja lopputestissä olleen tehtävän numero 4 oikeiden vastausten lukumäärän keskiarvo ja keskihajonta.

	Alkutesti (N=45)	Lopputesti (N=42)
keskiarvo	6,67	9,29
keskihajonta	1,97	2,47

Tehtävän väittämissä kysyttiin erilaisia magnetismiin liittyviä ominaisuuksia. Väittämien asiasisällöt on koottu taulukkoon 13. Väittämään kuuluvat asiasisällön (taulukko 6) perusteella joko yhteen tai useampaan ryhmistä magneettinen vuorovaikutus, dipolisuus, magneettikenttä, dipolisuus magneetin sisällä ja sisäisen dipolisuuden järjestys. Esimerkiksi c-kohdan väite *"Kun magneetti halkaistaan kahtia, molemmat puoliskot ovat kokonaisia magneetteja"* liittyy pilkkomiseen, koska väitteessä tarkastellaan pilkkomisen vaikutusta magneetin ominaisuuksiin. Tämän perusteella on havaittu väittämien asiasisältöjen olevan taulukossa 13 esitetyn kaltainen. Magnetointiin liittyi neljä kohtaa (a, d, g, h). Magneettiseen vuorovaikutukseen liittyi viisi kohtaa (b, i, j, l, m). Pilkkomiseen liittyi kolme kohtaa (c, e, k). Sisäiseen järjestäytyneisyyteen liittyvä yksi väite (f) vaati oppilailta huomattavaa asioiden soveltamiskykyä. Asiasisällöt eivät olleet oppilailla tiedossa, eikä niitä ollut tehtävälapussa.

Taulukossa 13 on kerrottu asiasisältö, joihin väite kuuluu. Paikkansa pitävä väite on vain kohdassa 4c (lihavoitu). Muitten kohtien väitteet ovat virheellisiä. Edellä esitetyt, väittämien perusteella esiin tulleet asiasisällöt olivat myös niitä magneettiin liittyviä ominaisuuksia, joita lähdettiin tarkemmin tarkastelemaan oppilaiden esittämissä malleissa (taulukko 7 ja kuvio 8). Nämä olivat myös ominaisuuksia, joita suomalaisissa oppikirjoissa on tuotu esille (kuvio 2) sekä kriittisten toimintojen asiasisältöjä (luku 4.3.3.).

TAULUKKO 13 Alku- ja lopputestin tehtävä numero 4, johon on lisätty väitteen asiasisältö.

Kohta	Väite	Väitteen asiasisältö
4a	Rautatanko voidaan magnetoida hieromalla sitä palalla turkista tai villaa.	magnetointi
4b	Kun kompassi tuodaan magneetin lähelle, neula osoittaa aina kohti magneettia.	magneettinen vuorovaikutus
4c	Kun magneetti halkaistaan kahtia, molemmat puoliskot ovat kokonaisia magneetteja.	pilkkominen
4d	Jos kosket magneetilla rautaputkea, magneetin magnetismista menetetään osa.	magnetointi
4e	Kun magneetti halkaistaan kahtia, yhdestä palasta tulee pelkästään magneetin pohjoisnapa ja toisesta pelkästään etelänapa.	pilkkominen
4f	Jos magneetti sulatetaan, saadaan nestettä, joka on magneettista.	sisäinen rakenne
4g	Kun esine magnetoidaan, siihen siirtyy tai siitä poistuu sähkövarausta.	magnetointi
4h	Jos ilmapalloa hieroo villapaitaan kuivalla ilmalla, sen saa kiinnittymään seinään. Ilmapallo on tällöin magneetti.	magnetointi
4i	Päiväntasaajan pohjoispuolella kompassi osoittaa pohjoisnapaa. Eteläpuolella se osoittaa etelänapaa, joka on lähempänä.	magneettinen vuorovaikutus
4j	Staattinen sähkövaraus ilmapallossa saa sen tarttumaan seinään. Silloin ilmapallo myös kääntää kompassin neulan.	(magneettinen) vuorovaikutus
4k	Kun magneetti halkaistaan kahtia, sen puoliskot alkavat hylkiä toisiaan.	pilkkominen
4l	Jos rautanaula laitetaan magneetin lähelle, naulasta tulee myös magneetti.	magneettinen vuorovaikutus
4m	Magneetit eivät toimi paikoissa, joissa ei ole ilmaa: esimerkiksi ulkoavaruudessa.	magneettinen vuorovaikutus

Seuraavaksi tarkastellaan oppilaiden tuloksia tehtävässä 4 asiasisällöittäin. Nii-
tä ovat kompassin ja magneettien välinen vuorovaikutus, magnetointi ja pilkkominen. Taulukossa 14 on oppilaiden oikeiden vastausten frekvenssit ja prosenttiosuus annetuista vastauksista kompassin ja magneettien väliseen vuorovaikutukseen.

TAULUKKO 14 Oikeiden vastausten lukumäärät ja prosenttiosuudet tehtävän 4 väittämissä, joissa on määritettävä kompassin ja magneetin välistä vuorovai-
kutusta.

Väite	Oikeiden vastausten f alkutestissä (n = 46)	%	Oikeiden vastausten f lopputestissä (n = 42)	%
4b. Kun kompassi tuodaan magneetin lähelle, neula osoittaa aina kohti magneettia.	10	22	28	67
4i. Päiväntasaajan pohjoispuolella kompassi osoittaa pohjoisnapaan. Eteläpuolella se osoittaa etelännapaan, joka on lähempänä.	27	59	26	62

Alkutestissä oli tehtävän 4b väittäjä, jossa määritettiin oppilaiden tietämystä kompassista. Oppilaista vain 22 % osasi vastata väittämään oikein. Tehtävän 4i väittämään magneetin käyttäytymisestä maapallolla oppilaat osasivat vasta paremmin, 27 % vastasi oikein. Alkutestissä oppilaat osasivat huonosti yhdistää kompassia magneetteihin ja niiden ominaisuuksien havainnointiin. Lopputestissä oppilaat osasivat kuitenkin vastata molempiin väittämiin paremmin. Molemmissa kohdissa tulos oli yli 60 %.

Tehtävään 4b osattiin vastata ennen opetusjakson alkua huonosti. Kompassin käyttäytyminen Maan läheisyydessä on oppilaille tutumpi ilmiö, koska yli puolet oppilaista osasi vastata sitä koskevaan väittämään oikein jo ennen opetusjakson alkua.

Taulukossa 15 on alku- ja lopputestin tulokset tehtävän 4 väitteet, jotka liittyivät magnetoitumiseen. Yksikään väitteistä ei suoraan liity siihen mitä kappaleelle tapahtuu, kun se magnetoidaan eli saadaan aikaan sisäinen järjestys. Väitteissä (a, d, g, h, l) tarkastellaan sitä, millä kappale saadaan magneettiseksi tai miten se magnetoituu tai milloin kappale on magneetti. Taulukossa 15 on oppilaiden oikeiden vastausten frekvenssit ja niiden prosenttiosuudet väitteisiin, jotka liittyvät magnetointiin ja magnetoitumiseen.

TAULUKKO 15 Oikeiden vastausten lukumäärät ja prosenttiosuudet tehtävän 4 väittämissä, jotka liittyvät magnetointiin ja magnetoitumiseen.

Väite	Oikeiden vastausten f alkutestissä (n = 46)	%	Oikeiden vastausten f lopputestissä (n = 42)	%
4a. Rautatanko voidaan magnetoida hieromalla sitä palalla turkista tai villaa.	26	56	32	76
4d. Jos kosket magneetilla rautaputkea, magneetin magnetismista menetetään osa.	38	83	36	86
4g. Kun esine magnetoidaan, siihen siirtyy tai siitä poistuu sähkövarausta.	7	15	29	69
4h. Jos ilmapalloa hieroo villapaitaan kuivalla ilmalla, sen saa kiinnittymään seinään. Ilmapallo on tällöin magneetti.	25	54	28	67
4l. Jos rautanaula laitetaan magneetin lähelle, naulasta tulee myös magneetti.	17	37	25	60

Oppilaiden tietämys magnetoinnista vaihteli alkutestin perusteella. Koska oikeiden vastausten osuus vaihteli 15 ja 83 % välillä, on ilmeistä se, ettei asia ole ollut oppilaille täysin selvä ennen opetusjaksoa. Lopputestissä tulokset olivat kaikissa väittämissä vähintään 60 % oikein eli oppilaat osasivat vastata väittämiin selvästi paremmin lopputestissä kuin alkutestissä.

Magnetointiin liittyvistä tehtävistä osattiin huonoimmin väite, jossa magnetoinnin väitettiin siirtävän sähkövarauksia. Tehtävä voidaan käsittää myös magneettisuuden aiheuttajan määrittämiseksi. Koska magneettisuuden aiheuttaja ja se, mitä magnetoinnissa tapahtuu, ovat asioina hyvin lähellä toisiaan, väite 4g mittaa hyvin oppilaiden osaamista magnetoinnista. Väitteeseen oppilaat osasivat vastata huomattavasti paremmin opetusjakson jälkeen kuin ennen sitä. Alkutestissä vain 15 % oppilaista osasi vastat oikein, mutta lopputestissä jo yli puolet (69 %). Kuitenkin edelleen 31 % ei osannut vastata tehtävään oikein. Magnetointia tutkitaan oppitunneilla T2, T4 ja T5. Magnetoinnin ymmärtämiseksi ei riitä, että kerrotaan miten magnetointi mekaanisena toimintona tehdään. Lisäksi on kerrottava se, mitä magnetoinnissa tapahtuu, ja mitä tapahtuu esimerkiksi oppitunnin T4 pillissä olevalle rautajauheelle, kun pilliä sivellään yhdensuuntaisin vedoin.

Taulukossa 16 on tehtävän 4 oikeiden vastausten lukumäärät ja prosenttiosuudet väitteisiin, jotka liittyvät magnetoitun kappaleen pilkkomiseen.

TAULUKKO 16 Oikeiden vastausten lukumäärät ja prosenttiosuudet tehtävän 4 väittämissä, jotka liittyvät pilkkomiseen.

Väite	Alkutestissä oikeiden vastausten f (N = 46)	%	Lopputestissä oikeiden vastausten f (N =42)	%
4c. Kun magneetti halkaistaan kahtia, molemmat puoliskot ovat kokonaisia magneetteja	18	39	37	88
4e. Kun magneetti halkaistaan kahtia, yhdestä palasta tulee pelkästään magneetin pohjoisnapa ja toisesta pelkästään etelänapa.	26	56	35	83
k. Kun magneetit halkaistaan kahtia, sen puoliskot alkavat hylkiä toisiaan.	15	33	33	79

Tehtävissä oppilaiden oli osattava päätellä miten pilkkominen vaikuttaa magneetin ominaisuuksiin. Alkutestissä väitteisiin osattiin vastata vain yhden väitteen osalta yli 50 % oikein. Asia oli oppitunnin T5 aiheena ja lopputestissä tulokset olivat selvästi paremmat. Kaikkien väittämien oikeiden vastausten osuus oli lopputestissä noin 80

Sisäiseen järjestykseen liittyviä väitteitä oli yksi, f-kohta. Sen asiasisältö oli vaativa. Alkutestissä 56 % osasi vastata kysymykseen oikein ja lopputestissä 43 %. Sisäisen pilkkomisen ymmärrys oli tämän perusteella huonontunut.

Kaikissa muissa väittämissä, paitsi f - kohdassa, oppilaat osasivat vastata väitteisiin paremmin lopputestissä kuin miten he olivat osanneet vastata niihin alkutestissä. Tuloksissa oli huomattavissa selvää parannusta. Suurin muutos oli 54 prosenttiyksikkö. Yksittäisen asiasisällön väittämien osaamisen välillä oli suuria eroja alkutestissä, mutta lopputestissä väittämien osaamisen välillä ei ollut enää niin suuria eroja. Lopputestissä yksittäiseen väittämään osasi vähintään 56 % oppilaista vastata oikein. Alkutestissä hajontaa oli 15 % ja 83 % välillä.

Alku- ja lopputestien tulokset opetusryhmittäin

Koska opetus toteutettiin kolmessa eri opetusryhmässä, tarkastellaan seuraavassa tehtävän 4 oikeiden vastausten määrää opetusryhmittäin. Tällä halutaan selvittää sitä, onko eri ryhmissä olevien oppilaiden tuloksissa eroja. Tarkastelussa tehtävän kohdat eivät ole aakkosjärjestyksessä, vaan ne on ryhmitelty asiasisällöittäin. Koska asiasisällöt ja kriittisten toimintojen sisällöt ovat yhtenevät, käytetään taulukossa kriittisten toimintojen lyhenteitä. Kohdat on järjestetty kriittisten toimintojen etenemisjärjestyksen mukaan.

Taulukossa 17 on esitetty Hilman oppilaiden oikeiden vastausten lukumäärät tehtävässä 4.

TAULUKKO 17 Hilman ryhmän oppilaiden oikeiden vastausten lukumäärät ja prosentiosuudet alku- ja lopputestin tehtävässä 4

Kriittinen toiminto	Väite	Alkutestin oikeiden tulosten		Lopputestin oikeiden tulosten	
		lukumäärä (n=15)	oikeiden vastausten %	lukumäärä (n = 14)	oikeiden vastausten %
KO	4b	5	33	11	79
	4i	8	53	10	71
MG	4a	8	33	12	86
	4d	10	67	10	71
	4g	3	20	9	64
	4h	11	73	9	64
	4l	11	73	9	64
PI	4c	7	47	12	86
	4e	10	67	12	86
	4k	5	33	12	86
JÄ	4f	7	47	5	36

Taulukosta 17 nähdään, että ne kohdat, joissa muutos oli suurin, liittyvät magnetointiin (MG) ja pilkkomiseen (PI), ja ne on lihavoitu. Kursivoinnilla on merkitty se kohta, jossa tulos heikkeni, ja se liittyy järjestäytymiseen (JÄ). Taulukosta 17 on havaittavissa, että kolmen kriittiseksi toiminnoksi (KO, MG, PI) valitun aihepiirin tehtävissä oppilaiden tulokset paranivat. Magnetointiin (MG) liittyvissä tehtävissä tapahtui sekä parannusta että huononemista. Sisäiseen järjestykseen (JÄ) liittyvässä väitteessä tapahtui huononemista. Alkutestissä jokaisessa tehtävässä vähintään 20 % osasi vastata tehtäviin oikein. Lopputestissä vähintään 36 % oppilaista osasi vastata yksittäiseen tehtävään oikein.

Taulukossa 18 on koottu Annelin ryhmän oppilaiden tulokset tehtävään 4. Taulukossa on oikeiden vastausten osuus kaikista ryhmässä annetuista vastauksista.

TAULUKKO 18 Annelin ryhmän oppilaiden oikeiden vastausten lukumäärät ja prosentiosuudet tehtävässä 4.

Kriittinen toiminto	Väite	Alkutestin oikeiden tulosten		Lopputestin oikeiden tulosten	
		lukumäärä (n = 14)	oikeiden vastausten %	lukumäärä (n = 13)	oikeiden vastausten %
KO	4b	3	21	9	69
	4i	7	50	7	54
MG	4a	8	57	10	77
	4d	14	100	13	100
	4g	2	15	11	85
	4h	7	50	9	69
	4l	8	57	7	54
PI	4c	9	64	12	92
	4e	8	57	11	85
	4k	5	35	10	77
JÄ	4f	6	43	6	46

Taulukosta 18 on nähtävissä, että suurin muutos oppilaiden osaamisessa oli magnetoitumisessa (MG). Lihavoituna on kohta, jossa tulos parani eniten ja kursiivilla on merkitty kohta, jossa tulos heikkeni eniten. Annelin oppilaiden oikeiden vastausten määrä oli suurempi lopputestissä kaikissa muissa kohdissa, paitsi väitteessä 4l. Se liittyy kriittiseen toimintoon magnetoituminen (MG). Siinä tapahtui 3 prosenttiyksikön vähennys. Magnetoitumiseen (MG) liittyvässä väitteessä 4d muutosta ei ollut, koska molemmissa testeissä oli kaikilla oppilaila oikea tulos. Muutokset parempaan oli kaikista kriittisiä toimintoja koskeissa väitetyypeissä. Alkuteistissä tehtäväkohtainen oikeiden vastausten osuus vaihteli 15 % ja 100 % välillä. Lopputestissä kaikissa tehtävissä oli oikeita vastauksia vähintään 43 %.

Taulukossa 19 on Elinan ryhmän oppilaiden oikeat tulokset tehtävässä 4. Taulukossa on oikeiden vastausten osuus kriittisten toimintojen mukaisesti järjestettynä.

TAULUKKO 19 Elinan ryhmän oppilaiden oikeiden vastausten lukumäärät ja prosentiosuudet tehtävässä 4.

Kriittinen toiminto	Väite	Alkuteistin oikeiden tulosten		Lopputestin oikeiden tulosten	
		lukumäärä (n = 17)	oikeiden vastausten %	lukumäärä (n = 15)	oikeiden vastausten %
KO	4b	2	12	8	67
	4i	12	71	9	60
MG	4a	10	59	10	60
	4d	14	82	13	87
	4g	2	12	9	60
	4h	7	41	10	59
	4l	5	29	9	60
PI	4c	2	12	13	87
	4e	8	47	12	80
	4k	5	29	11	73
JÄ	4f	13	76	7	47

Taulukosta 19 on havaittavissa suurin muutos pilkkomiseen (PI) liittyvässä väitteessä ja se on lihavoituna taulukossa. Kohta, jossa tulos heikkeni, on merkitty kursivoinnilla, ja se liittyi kompassin käyttöön (KO). Taulukosta 19 nähdään, että Elinan oppilailla tulokset paranivat kaikissa muissa kohdissa paitsi väittämässä 4i, joka liittyi kriittiseen toimintoon KO eli kompassin käyttö ja väittämässä 4f, joka liittyi järjestykseen (JÄ). Magnetoinnin (MG) väittämässä kahdessa viidestä parannus lopputestissä oli korkeintaan 5 prosenttiyksikköä.

Yhteenveto alku- ja lopputestin tuloksista

Taulukkoon 20 on koottu tehtävän 4 kriittisiin toimintoihin liittyvät tulokset. Kaikkien samaan kriittiseen toimintoon liittyvät kohdat on yhdistetty, esimerkiksi kompassin käyttöön (KO) liittyvät kohdat 4b ja 4i, ja laskettu niistä yhteistulos.

TAULUKKO 20 Oppilaiden oikeiden vastausten osuus alku- ja lopputestin tehtävässä numero 4. Tarkastelu on tehty opetusryhmittäin.

	Hilma		Anneli		Elina	
	alkutesti	lopputesti	alkutesti	lopputesti	alkutesti	lopputesti
KO	43 %	75 %	36 %	62 %	41 %	57 %
MG	57 %	70 %	56 %	77 %	45 %	68 %
PI	49 %	86 %	53 %	85 %	29 %	78 %
JÄ	47 %	36 %	43 %	46 %	76 %	47 %

Taulukossa 20 on määritetty opetusryhmittäin oikein vastanneiden oppilaiden osuus prosentteina koko ryhmän oppilaiden määrästä. Tulokset on laskettu prosentiosuuksina, koska oppilaiden määrät eivät olleet yhdessäkään ryhmässä samat sekä alku- että lopputestissä. Näin saatiin tuloksia, joita oli helpompi verrata toisiinsa. Luvut on laskettu yksityiskohtaisempien taulukoiden 17, 18 ja 19 luvuista. Kaikkien opettajien ryhmissä on havaittavissa positiivista muutosta oppilaiden ymmärryksessä. Kaikilla ryhmillä oli tehtävissä myös väittämiä, jossa oppilaat eivät osanneet vastata yhtä hyvin lopputestissä kuin alkutestiin. Kaikkien opettajien oppilaat osoittivat kuitenkin ymmärryksen eli mentaaliallin tarkentumista ja pystyivät sen avulla päättelemään paremmin, pitivätkö väitteet paikkansa.

Eniten paranemista tapahtui kaikissa ryhmissä pilkkomisessa (PI). Hilman ryhmässä 37 prosenttiyksikköä, Annelin ryhmässä 32 prosenttiyksikköä ja Elinan ryhmässä 49 prosenttiyksikköä. Vähiten muutosta tapahtui Hilman ryhmässä järjestyksessä (JÄ), 9 prosenttiyksikköä, Annelin ryhmässä myös järjestyksessä (JÄ) 3 prosenttiyksikköä. Elinan ryhmässä vähiten muutosta oli kompassin käytössä (KO) 16 prosenttiyksikköä. Eroa eri ryhmien välillä oli selvimmän JÄ eli järjestykseen liittyvässä väitteessä. Annelin ryhmässä tulos parani vähän, mutta muissa ryhmissä tapahtui selvää tulosten huononemista (Hilman ryhmässä 11 prosenttiyksikköä ja Elinan ryhmässä 29 prosenttiyksikköä).

Luvussa 5.3 tarkastelen kriittisten toimintojen esiintymistä opettajien oppitunneilla sekä niiden ja oppilaiden mallien muuttumisen välistä yhteyttä.

5.1.2 Oppilaiden mallit opetusjakson oppilaslomakkeissa

Oppilaiden piirroksia tulkittiin taulukossa 7 esitetyn luokituksen mukaisesti. Luokittelu tehtiin alku- ja lopputestissä sekä oppituntien T1, T2 ja T5 oppilaslomakkeissa olleiden tehtävien perusteella. Niissä oppilaiden tuli tuottaa magnetismille malli valmiiksi piirrettyyn magneettipohjaan. Oppitunneilla T2 ja T5 tutkittiin edellisiin oppitunteihin nähden uusia ja edeltäviä tarkempia ominaisuuksia. Jos malli olisi pyydetty piirtämään joka oppitunti, olisi se voinut aiheuttaa turhautumista oppilaissa. Nytkin jotkut oppilaat sanoivat:

”Taasko tämä piirretään! Vastahan sen piirsimme...”

Oppilaiden mallien luokittelussa on päädytty siihen, että oppilaiden käyttämiin napaisuuden merkintätapoihin ei kiinnitetä huomiota. Oleellista on ollut se, että suorakaiteeseen tai tasoon piirrettyyn suorakulmion muotoisen magneetin päissä on toisilleen vastakkaisiksi tulkittavissa olevat merkinnät eli magneetin osoitettiin olevan dipoli (DI). Seuraavana oleva sitaatti 27:45 [28:8 – 40:49] on Annelin oppitunnilta T3B, jossa on seitsemän oppilasta omasta ryhmästä ja kolme Elinan oppilasta (Teemu, Raija ja Hermann). Valitussa sitaatissa puhutaan siitä, miten magneetin päitä voidaan nimetä kompassin avulla (KO). Sitaatissa käy ilmi, että magneetin päiden nimeäminen ei ole helppoa, ja merkinnöillä ei ole sama symbolimerkitys opettajalle ja oppilaille. Siksi ei ole oleellista, onko päiden merkkeinä ollut plus/miinus, pohjoinen/etelä tai jokin vastaava. Koska sitaatti on pitkä, siitä on seuraavassa vain keskeisimmät osat.

- | | | |
|---|---------------|--|
| 1 | Anneli | Se kärki osottaa aina pohjoseen päin , kärki osottaa pohjoseen päin. (taukoa) Minkäslaiset nimet voitais antaa niille magneetin päille? |
| 2 | Raija | Plus ja miinus |
| 3 | Anneli | Edelleen plus ja miinus? |
| 4 | Raija | Niin. |
| 5 | Anneli | Ei se vaan oo. Eikö me jo viime tunnilla huomattu, ettei ne voi olla plus ja miinus. |
| 6 | Teemu | Pohjos ja eteläpä.
(Opettaja toistaa Teemun vastauksen.) |
| 7 | Tanja | Mutta ei plus miinus, koska niissä ei oo niitä varauksia. |
| 8 | Anneli | Niin. Silloin siellä ei voi olla niitä plus ja miinuksia, kun siellä ei oo niitä varauksia ...
mutta pohjois ja etelä voi olla... |

Taulukossa 21 on esitetty oppilaiden mallien sijoittuminen eri luokkiin. Luokittelussa on luokat vuorovaikutukselle (MVV), dipolisuudelle (DI), sisäiselle rakenteelle (SIS) ja sisäisen rakenteen järjestäytyneisyydelle (SJR). Oppilaiden vastauksia ja oppituntien tarkastelusta nousi esille myös magneettikenttä (MK) ja virheelliset vastaukset (NO). Luokat ovat mallinnuksen portaiden (kuvio 9) mukaisesti kumuloituvia. Vähiten yksityiskohtia on luokassa MVV ja DI ja eniten luokassa SJR. Yksityiskohtaisin malli sisältää kaikkien muiden luokkien ominaisuudet.

TAULUKKO 21 Oppilasvastausten mallit luokiteltuna alku- ja lopputestissä sekä oppituntien T1, T2 ja T5 jälkeen.

	NO	MVV	DI	MK	SIS	SJR	poissa
alkutesti	10	5	29	1	0	0	2
T1	24	9	12	0	0	0	2
T2	21	3	12	0	2	0	9
T5	7	0	23	7	2	3	5
lopputesti	3	0	24	10	2	3	5

Taulukossa 21 olevat lukuarvot kuvaavat oppilaiden lukumäärää, joiden ilmaistut mallit täyttivät kyseisen luokan mallin kriteerit (taulukko 7). Esimerkiksi taulukon oppitunnin T5 DI-malli tuotti 23 oppilasta. Yksittäinen oppilas on sijoitettu vain yhteen luokkaan jokaisella luokittelukerralla. Luokkien koodit ovat taulukon 7 mukaisesti: virheelliset vastaukset (NO), vuorovaikutus (MVV), diplisuus (DI), magneettikenttä (MK), sisäiselle rakenteelle (SIS) ja sisäisen rakenteen järjestäytyneisyys (SJR). Vaakariveittäin luetaan yksittäisen opetuksen mallien jakautuminen. Yhdellä pystyrivillä on yhden magnetismin mallin tuottaneiden oppilaiden lukumäärä. Lukemalla yhden pystyrivin tuloksia ylhäältä alas nähdään miten kyseisen malliluokan mukaisen mallin tuottaneiden oppilaiden lukumäärä muuttui opetusjakson aikana. Esimerkiksi sisäisen rakenteen mallin (SIS) tuottaneita oppilaita oli ensimmäisen kerran oppitunnin T2 jälkeen. Tuolloin heitä oli kaksi. Heidän lukumääränsä pysyi samana loppututkimuksen ajan.

Alkutestissä oppilaista suurin osa (29 eli 62 %) kuvasi magneetin omaavan erilaiset päät (DI). Joidenkin mielestä (5 eli 11 %) magneetilla oli vain vetovoimaa. Yksikään oppilas ei kuvannut magneetille sisäistä rakennetta. Mallit olivat melko yksinkertaisia tai sitä ei ollut lainkaan (21 %).

Oppitunnin T1 jälkeen oli suurin virheellisten vastausten lukumäärä, koska 10 (21 %) oppilasta ei palauttanut oppilaslomakkeen sitä osaa, jossa oli magneetin rakenteen piirrostettava. Heidän tuottamansa mallit on luokiteltu NO – vastauksiksi, koska kyseiset oppilaat olivat oppitunnilla ja palauttivat kaikki muut tehtäväpaperit. Koska muiden malliluokkien tuloksissa ei ole merkittävää eroa oppituntien T1 ja T2 välillä, on jatkossa tarkastelusta jätetty huomiotta oppitunnin T1 tuotokset. Näin pyritään eliminoimaan puuttuvien vastausten vaikutus tuloksiin.

Oppitunnin T2 oppilaiden vastauksista on havaittavissa, että heidän käsitykset magnetoidun naulan ominaisuuksista olivat muuttuneet. Oppilaista 21 (45 %) jätti vastaamatta tehtävään, jossa piti piirtää ja kertoa, mitä magneetin sisällä on. Oppilaat olivat sitä mieltä, että magneeteilla olevat erilaiset päät tarkoittivat erilaisia sähköisesti varattuja päitä. Kuitenkin heidän havaintonsa osoittivat, että sähköisesti varatulla ja magnetoidulla kappaleella on erilaiset ominaisuudet ja magneettisuus ei voi aiheutua sähkövarauksista. Oppitunnin T2B lopussa Anneli esittää kysymyksen, joka johtaa seuraavanlaiseen sitaatissa 18:57 [37:58 – 40:42] olevaan keskusteluun:

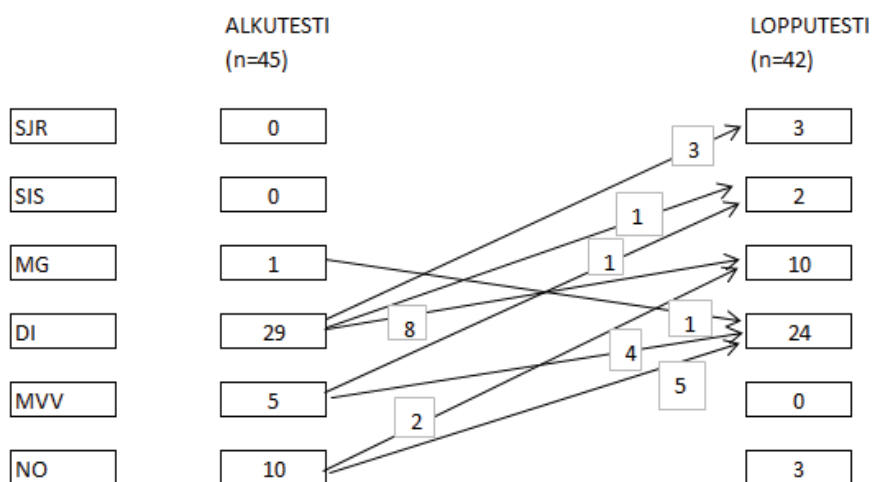
- | | | |
|---|---------------|---|
| 1 | Anneli | ”Voiko magneetin sisällä olla sähkövaraukset, jotka aikaan saavat magneettisuuden?” |
| 2 | Teemu | ”Ei todellakaan!” |
| 3 | Tanja | ”Siis siellä sisällä ei ole varauksia?!” |
| 4 | Raija | ”Ai jaa. Nyt tiedän.” |
| | | ... |
| 5 | Merja | ” ...kyllä minä tiedän ettei magneetissa ole sähkövarauksia, mutta miten muuten päiden erilaisia ominaisuuksia voidaan osoittaa...” |

Keskustelu osoittaa, että ainakin osalle oppilaille magneettisuuden aiheuttajana olivat sähköiset varaukset (rivi 3). Toisaalta oppilaiden puheesta käy myös esille se, että plus ja miinus ei heillä tarkoita samaa asiaa kuin sähkövaraus. Sitäaikaista on havaittavissa ristiriita, joka on voinut aiheuttaa niin suurta epäselvyyttä, että oppilaat eivät ole tuottaneet mallia (NO) lainkaan (45 % oppitunnin T2 malleista). Tilanne voidaan tulkita kognitiiviseksi konfliktiksi, koska heillä aiemmin ollut tieto (+/-) ei vastaa tehtyjä havaintoja. He eivät ole vielä saaneet riittävästi tietoa korjaamaan olemassa olevaa ristiriitaa (puheenvuoro 5).

Oppitunnin T5 lopussa oppilaille oli jo selkeästi kehittyneempi malli. Oppilaista 6 (13 %) (3 SIS ja 3 SJR) oli ymmärtänyt, että magneetilla ja magneetoidulla kappaleella on myös sisäinen rakenne. Edelleenkin suurin osa oppilaista (20 eli 43 %) hahmotti, että magneettiin kuuluu vain erilaiset päät (DI). Tänä oli ensimmäinen kerta, kun oppilaiden yksinkertaisimman luokan (MVV) mallit jäivät pois. Niitä ei ollut lopputestissäkään.

Opetusjakson jälkeen tehdyssä lopputestissä magneettiin yhdistettiin magneetin päiden erilaisuus (DI). Se oli 20 (49 %) oppilaan tuottamassa mallissa. Oppilaista 8 (20 %) hahmotti magneetin ympärille magneettikentän (MK) 8 (20 %) ja tuotti magneettikenttämallin (MK). Käsitystä magnetismista, joka sisälsi jonkinlaista ymmärtämisestä magneetin sisäisestä rakenteesta (SIS), osoitti vain 3 (6 %) tutkimukseen osallistuneista oppilaista.

Edellä ollut tarkastelu kertoo oppilaiden ilmaistujen mallien määrät eri opetusjakson vaiheissa. Oppilaiden tuottamiin malleihin on voinut vaikuttaa kyseisen tunnin tehtävän asettelu. Sen vaikutus voidaan minimoida käyttämällä mallien tarkastelussa vain alku- ja lopputestien tuloksia. Niissä tehtävämönisteenä oli molemmissa sama testi (liite 7). Kuviossa 13 on oppilaiden mallit ennen ja jälkeen opetusjakson. Koska oppilasmäärät ovat testeissä erisuuret, on ne merkitty kuvion yläreunaan.



KUVIO 13 Oppilaiden mallien frekvenssit malliluokittain alku- ja lopputestissä sekä niissä havaitut muutokset

Kuviossa 13 nähdään miten oppilaiden mallien luokat muuttuivat opetusjaksolla. Muutos on pystytty osoittamaan vain niille oppilaille, jotka osallistuivat molempiin testeihin. Muutoksen suuntaa on kuvattu nuolilla, joihin on lukuarvoin merkitty kuinka monen oppilaan malli muuttui kyseiseen luokkaan. Oppilaista 17 (40 %) tuotti saman mallin alku- ja lopputestissä. Heidän osuuttaan ei ole piirretty nuolilla asioiden esittämisen selkeyden vuoksi. Kuvion vasemman reunan malliluokkien koodit ovat taulukon 6 mukaiset. Oppilasmäärät eivät olleet samat alku- ja lopputestissä. Lopputestistä puuttuneiden oppilaiden mallit olivat alkutestissä seuraavanlaiset. Alkutestissä 3 oppilasta oli kuvannut magneetille DI-mallin ja he olivat poissa lopputestistä. Alkutestistä poissa ollut 1 oppilas tuotti lopputestissä DI-mallin. Yksi oppilas ei ollut alku- eikä lopputestissä.

Oppilaiden mallit muuttuivat yksityiskohtaisimmiksi opetusjakson aikana. Malleissa oli selvästi havaittavissa sisällön lisääntyminen, mutta mallien muutoksissa ei ollut havaittavissa mitään säännönmukaisuutta tai lainalaisuutta. Osalla oppilaista malli kehittyi koko ajan yksityiskohtaisemmalle tasolle. Vain yhdellä oppilaista malli oli alussa korkeammalla tasolla kuin lopussa. Lopputestissä ei ollut yhtään oppilaan tuottamaa mallia, jossa olisi ollut vain magneettista vuorovaikutusta (MVV). Eniten oppilaiden mallien määrä lisääntyi luokassa, jossa oli magneettiin liitetty magneettikenttä (MK).

Oppilaista, jotka eivät alkutestissä kyenneet tuottamaan magneetille oikeita asiasisältöjä magnetismin malliin (NO), kykenivät suurin osa omaksumaan malliin joitakin ominaisuuksia. Oppilaista 5 (50 %) tuotti lopputestissä mallin, jossa oli päiden erilaisuus (DI), oppilaista 2 (20 %) tuotti magneettikenttämallin (MK). Oppilaista 3 (7 %) ei kyennyt tuottamaan alku- ja lopputestissä mitään oikea magneetteihin liittyvää tietoa sisältävää mallia (NO).

Yhteenveto oppilaiden mallien muutoksista

Alkutestissä oppilaista 22 % ei kyennyt tuottamaan mallia tai heidän malleissaan oli vain virheellisiä ilmaisuja. Magneettikenttämalli oli 11 % oppilaista. Oppilaista 65 % tuotti mallin, jossa oli osoitettu magneetin olevan dipoli (DI), eli siinä oli erilaiset päät. Magneettikenttämalli oli 2 % oppilaista.

Oppitunnin T2 jälkeen tilanne oli lähes vastakkainen, eli 55 % oppilaista ei ilmaissut mallia tai niissä ei ollut oikeita elementtejä. 32 % oppilaista tuotti mallin, jossa oli erilaiset päät. Virheellisten vastausten määrä oli siis noin kaksinkertaistunut, ja dipolimallien (DI) lukumäärä puolittunut. Magneettisen vuorovaikutuksen osuus oli 8 %, eli likimain sama kuin edellisellä kerralla. Sisäisen rakenteen malli oli 5 % oppilaista.

Virheellisiä malleja tai vastauksia, joista malli puuttui oppilaiden tuotoksista oppitunnin T5 jälkeen, osuus oli 17 %, eli niiden määrä oli vähentynyt edellisestä. Magneettikenttää kuvaavia malleja ei enää ollut, eikä niitä enää tulutkaan. Oppilaat olivat siis oppineet, että magneetilla on muitakin ominaisuuksia kuin hylkimis-vetovoima-ominaisuus. Dipolimalli (DI) oli 54 % oppilaista, magneettikenttämalli oli 17 % oppilaista, sisäisen rakenteen malli (SIS) oli 5 % oppilaista ja järjestäytyneen sisäisen rakenteen malli (SJR) oli 7 % oppilaista.

Lopputestissä virheellisiä tai puuttuvia vastauksia oli 7 %. Dipolimalli oli 57 % oppilaista ja magneettikenttämalli oli 24 % oppilaista. Muutosta ei tapahtunut SIS ja SJR luokkien osuuksissa.

Oppilaiden virheiden tai sellaisten vastausten, joissa ei ollut mallia, määrä väheni T2 tunnin jälkeen merkittävästi. Oppitunnin T5 jälkeen DI mallien osuus pysyi suurin piirtein samana eli viimeisellä oppitunnilla ei ollut tullut tietoa, jonka avulla oppilaiden malleissa olisi tapahtunut sisällön rikastumista.

Oppilaiden mallit olivat selvästi sisältörikkaampia opetusjakson jälkeen kuin mitä ne olivat olleet ennen opetusjaksoa. Alkutestissä 32 % oppilaista, ja lopputestissä 7 % oppilaisista tuotti sisällöltään niukemman mallin kuin DI malli. Vastaavasti alkutestissä oli niiden oppilaiden 2 % osuus, joilla oli sisältörikkaampi malli kuin DI, ja lopputestissä heidän osuus oli 36 %.

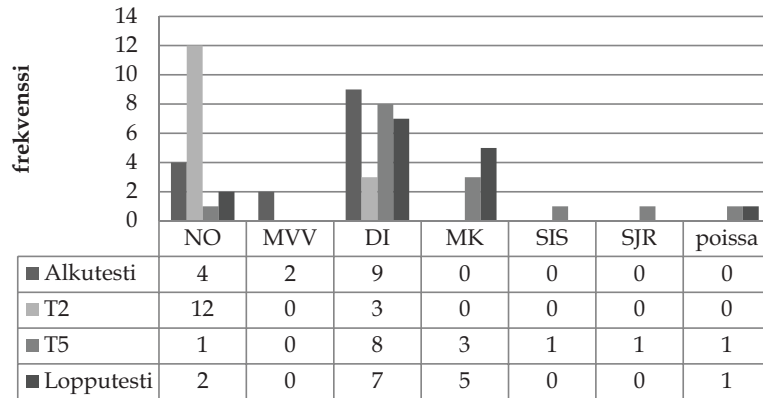
Seuraavaksi tarkastellaan olivatko oppilaiden mallien muutokset samantyyppisiä kaikissa opetusryhmissä.

5.2 Oppilaiden ilmaistujen mallien tarkastelu opetusryhmittäin

Yli puolella (60 %) oppilaista oli tapahtunut muutosta alku- ja lopputestien malleissa (kuviot 13). Seuraavaksi tarkastellaan oppilaiden tuottamia malleja opetusryhmittäin opetusjakson eri vaiheissa. Annelin ja Elinan ryhmissä oli molemmissa yksi oppilas, joka ei ollut oppitunneilla T2 ja T5.

Kuvioissa 14, 15 ja 16 on esitetty alku- ja lopputestien sekä oppituntien T2 ja T5 oppilaslomakkeista tutkittujen oppilaiden tuottamien magnetismin mallien jakautuminen eri luokkiin. Lukumäärät ovat niiden oppilaiden lukumäärä, joiden tuottamat mallit olivat yltäneet kyseiseen malliluokkaan (taulukko 6). Pylväiden alla olevat luvut kertovat kuvaajan korkeuden eli siinä opetusjakson kohdassa kyseisessä magnetismin mallin luokassa olleiden oppilaiden ilmaistujen mallien lukumäärän. Oppilaiden mallien frekvenssit ovat yhdellä vaakariivillä yhdeltä oppitunnilta. Pylväät muodostavat neljän pylvään ryhmiä. Niistä näkyy miten yksittäiseen malliluokkaan sijoittuneiden ilmaistujen mallien lukumäärät vaihtelivat.

Hilman oppilaat



KUVIO 14 Hilman oppilaiden (n = 15) mallien jakauma

Kuviossa 14 on Hilman oppilaiden mallien jakautuminen opetusjakson aikana. Alkutestissä ryhmän oppilaista suurin osa eli 73 % (11 oppilasta) pystyi tuottamaan jonkinlaisen mallin magnetismille. Oppilaista 2 ilmaisi vuorovaikutusmallin (MVV) ja 9 oppilasta dipolimallin (DI). Magneettista vuorovaikutusta (MVV) kuvaavaa mallia ei ollut enää tämän jälkeen. Hiukan yli puolet eli 60 % (9) oppilasta tuotti ennen opetusjaksoa mallin magnetismille, jossa oli magneetin päihin (DI) merkitty ominaisuus. Oppilaista 27 % (4) ei kyennyt liittämään magneettiin mitään ominaisuutta (NO). Hilman ryhmässä lähes kaikki oppilaat osallistuivat kaikille oppitunneille.

Oppitunnin T2 jälkeen oppilailla oli virheiden tai puutteellisuuksien (NO) määrä suurimmillaan. Niiden osuus oli 80 % (12 oppilasta).

Oppitunnin T5 jälkeen 2 oppilaalla oli ensimmäisen ja ainoan kerran sisäinen rakenne (SIS ja SJR luokkiin kuuluvat tuotokset). Jälleen kerran suurin malliluokka oli dipolimalli (53 %). Magneetikenttää kuvaavat mallit tulivat nyt osaksi magnetismin mallia 3 oppilaalle. Oppitunnilla T5 oli vähiten (vain yksi oppilas) niitä, jotka eivät tuottaneet mitään mallia (NO) magnetismille.

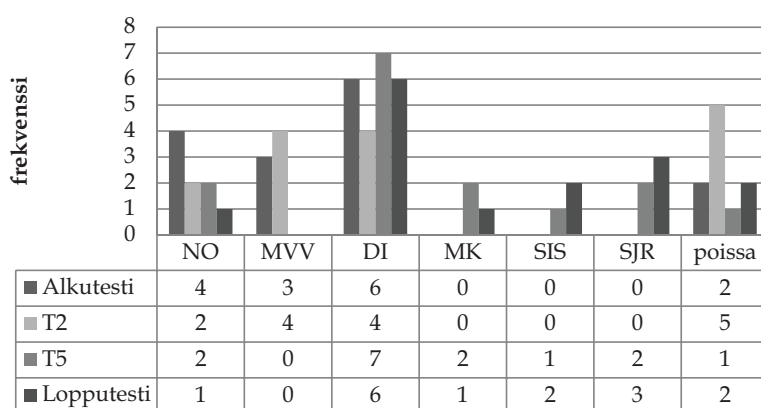
Lopputestissä 80 % (2 oppilasta) ilmaistuista malleista oli vähintään dipolimalli (DI ja MK luokkiin kuuluvat tuotokset). Heistä 5 oppilasta (33 %) oli osoittanut siinä olevan lisäksi magneetikenttää magneetin ympärillä (MK). Yksikään oppilaista ei tuottanut mallia, jossa olisi kuvattu magneetille sisäisiä ominaisuuksia (SIS ja SJR). Oppilaista 2 ei kyennyt tuottamaan minkäänlaista mallia (NO).

Hilman ryhmässä oli yksi oppilas, joka ei tuottanut missään tutkimuksen vaiheessa mallia magnetismille (NO). Yhdellä Hilman oppilaalla, jolla ei ollut ilmaista mallia (NO) alku- ja lopputesteissä eikä vielä oppitunnin T2 jälkeenkaan tuotti oppitunnin T5 jälkeen mallinsa luokasta SIS eli siinä oli piirretty magneetin sisälle rakennetta. Noin puolet Hilman oppilaista oli omaksunut tutkimuksen aikana lisää tietoa magnetismista niin, että pystyivät itse esittämään

sen mallissaan. Suurin muutos edeltävästä oli oppitunnin T5 lopussa tehdyissä malleissa. Hilman ryhmässä oli opetusjakson jokaisessa vaiheessa suurin ilmaistujen mallien luokka dipolimalli (DI). Oppitunnin T5 lopussa ja sen jälkeen enemmän tietoa sisältävän mallin tuotti 5 oppilasta (33 %).

Seuraavaksi tarkastellaan Annelin ryhmän oppilaiden mallien jakautumista kuviossa 15.

Annelin oppilaat



KUVIO 15 Annelin oppilaiden (n = 15) mallien jakauma

Kuviosta 15 nähdään, että alkutestissä 4 (27 %) oppilaalla ei ollut minkäänlaista mallia magnetismille (NO). Dipolimalleja (DI) oli eniten, 40 %. Lopuilla 3 oppilaalla (20 %) oli magneetille osoitettu olevan vuorovaikutusominaisuus (MVV). Oppilaista 13 % oli poissa alkutestistä.

Oppitunnin T2 ilmaistuissa malleissa oli virheellinen malli (NO) kahdella oppilaalla (13 %). Loput ilmaistut mallit jakautuivat tasan luokkiin magneettinen vuorovaikutus (MVV) ja dipoli (DI), jolloin molemmissa oli 27 % malleista. Oppitunnilla T2 oli suurin poissaoloprosentti, joka oli 33 % (5 oppilasta). Heistä kaksi oli poissa myös lopputestistä ja heistä toinen myös oppitunnilta T5.

Oppitunnin T5 lopussa oppilaiden ilmaistuissa malleissa ei enää ollut pelkästään vuorovaikutusta kuvaavaa mallia (MVV). Myöhemmissäkään vaiheissa sitä ei enää ollut. Eniten oli dipolimalleja (DI), joiden osuus oli 47 %. Tämän oppitunnin jälkeen oli ensimmäisen kerran malleja, joissa tuotiin esille se, että magneetilla on sisäinen rakenne. (SIS ja SJR). Näitä malleja oli 20 % tämän oppitunnin malleista. Heistä 2 oppilaalla (13 %) oli osoitettu magneetin sisäinen järjestys.

Lopputestissä oli enää yksi oppilas (7 %), joka ei kyennyt tuottamaan magnetismille mallia (NO). Hänellä ei ollut missään opetustutkimuksen vaiheessa magnetismille mallia (NO). Lopputestissä magneettikenttää (MK) tai sisäistä rakennetta (SIS ja SJR) kuvaavaa malleja oli yhteensä yhtä monta kuin dipolisuuteen (DI) pohjautuvan mallin tuottavia oppilaita eli 40 % (6 oppilaista). Sisäisen rakenteen mallien osuus oli 13 % ja sisäistä järjestäytyneitä rakennetta

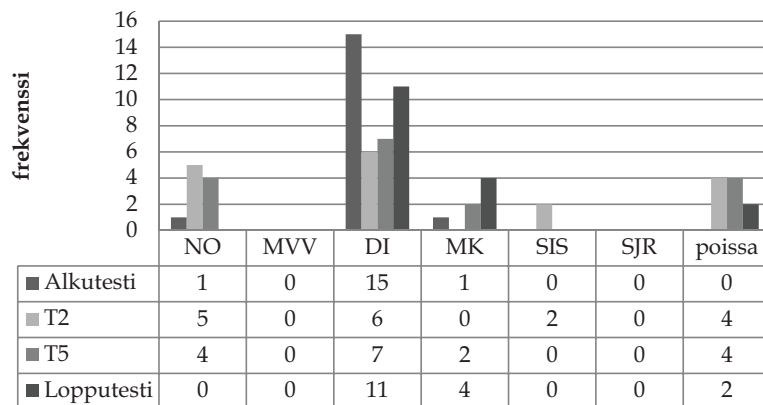
kuvaavia malleja 20 %. Yhteensä sisäistä rakennetta oli osoitettu 33 % ryhmän oppilaista.

Alkutestissä 8 oppilasta (53 %) tuotti yksinkertaisemman mallin kuin dipolimallin (DI) tai ei mallia (NO) ollenkaan, mutta lopputestissä tilanne oli toisin päin eli kuusi oppilasta tuotti magnetismille mallin, jossa oli enemmän yksityiskohtia kuin vain päihin sijoittuva (DI) ominaisuus. Yhdellä oppilaalla oli sekä alku- että lopputestissä dipolimalli (DI).

Joka kerta, kun tutkimuksessa pyydettiin oppilailta kuvausta magneetille ja sen rakenteelle, suurin osa Annelin ryhmän oppilaista tuotti mallin, jossa osoitettiin magneetin olevan rakenteeltaan dipoli (DI). Virheellisten tai puutteellisten (NO) vastausten määrä väheni koko ajan. Pelkkään vuorovaikutukseen (MVV) pohjautuvaa mallia esiintyi vain oppituntiin T2 saakka. Annelin oppilaista noin puolet oli kyennyt omaksumaan lisää tietoa magnetismista niin, että he kykenivät tuottamaan niitä myös omassa mallissaan. Annelin ryhmästä puuttui jokaisella tutkimuskerralla oppilaita.

Seuraavaksi on esitetty Elinan ryhmän oppilaiden mallien jakautuminen kuviossa 16.

Elinan oppilaat



KUVIO 16 Elinan oppilaiden (n = 17) mallien jakauma

Kuviosta 16 on havaittavissa, että lähes kaikilla ryhmän oppilailla (88 %) oli jo ennen opetusjakson alkua pidetyssä alkutestissä magnetismille malli, jossa oli ilmaistu magneetin olevan päistään erilainen (DI). Tämä oli myös koko opetusjakson ajan yleisin oppilaiden tuottama malli. Oppitunnin T2 lopussa DI-malli oli 38 % (5 oppilasta) ja oppitunnin T5 lopussa 31 % (4 oppilaista). Lopputestissä dipolimallin (DI) tuotti 65 % oppilaista. Ryhmän oppilailla ei esiintynyt missään vaiheessa opetusjaksoa magnetismille mallia, jossa olisi esitetty vain magneetin vuorovaikuttavan (MVV) ympäristönsä kanssa tai malli, joka kuvaisi magneetin sisällä olevan rakennehiukkasten järjestystä (SJR).

Yhdellä ryhmän oppilaalla (6 %) oli alkutestissä magneettikenttämalli (MK) ja vastaavasti yhdellä ei ollut lainkaan mallia (NO). Sisäistä rakennetta (SIS)

kuvaavaa mallin ilmaisi kaksi ryhmän oppilaista oppitunnin T2 oppilaslomakkeessa. He eivät olleet kuitenkaan niitä, jotka tuottivat oppitunnin T5 jälkeen magneettikenttämallin (MK). Ryhmän neljä oppilasta (31 %) pystyi tuottamaan lopputestissä magnetismille mallin, jossa oli magneettikentän (MK) kuvaus.

Elinan ryhmän oppilailla ei muuttunut malli magnetismista kuin viidellä oppilaalla (yksi NO, kolme DI ja yksi MK). Kaikki pystyivät tuottamaan magnetismille joko dipolimallin (DI, 11 oppilasta) tai magneettikenttämallin (MK, 4 oppilasta). Alkutestissä oppilas, joka ei tuottanut mallia (NO), omaksui opetus-tutkimuksen aikana magneettikenttämallin (MK). Elinan ryhmän oppilaita oli poissa kaikista muista tarkastelukerroista paitsi alkutestistä.

Yhteenveto eri ryhmissä tapahtuneista mallien muutoksista

Oppilaiden mallien muutokset eivät olleet kaikissa ryhmissä samanlaiset. Tarkasteltaessa oppilaiden malleja opetusryhmittäin havaittiin, että ryhmien välillä oli eroja. Hilman oppilaista 33 %, Annelin ryhmästä 53 % ja Elinan ryhmästä 24 % pystyi parantamaan malliaan. Kaikissa ryhmissä tyypillisin malli oli dipolimalli (DI). Annelin oppilaiden tuottamat mallit olivat jakautuneet laajemmin ja Elinan oppilaiden malleissa ei tapahtunut suurta vaihtelua. Kaikissa ryhmissä virheellisiä magnetismin ominaisuuksia (NO) malleissa oli eniten oppitunnin T2 jälkeen. Elinan ryhmässä oli aluksi vain yksi oppilas ja Hilman ja Annelin ryhmissä molemmissa 4 oppilasta, jotka eivät tuottaneet mallia (NO). Vain Annelin oppilailla (kaksi oppilasta SIS ja kolme oppilasta SJR) oli sisäistä rakennetta kuvaava malli lopputestissä.

Eri opetusryhmissä olevien oppilaiden välillä oli havaittavissa kuvioissa 17, 18 ja 19 näkyvää poikkeamaa siinä, miten oppilaat tuottivat malleja ja miten heidän esittämänsä mallit magnetismille muuttuivat. Oppilaiden mentaalimalleja selvitettiin myös alku- ja lopputestistä tehtävän 4 avulla, jossa oppilaiden ei pitänyt itse tuottaa mallia. Tehtävässä 4 testattiin oppilaiden ymmärrystä eli oppilailla olevaa tietoa, joka ei vielä välttämättä ollut niin omaksuttua, että sitä olisi voitu tuottaa omaan malliin (taulukot 14, 15 ja 16). Kompassin käyttöön ja magnetoitumiseen liittyvä osaaminen lisääntyi kaikissa ryhmissä tehtävän 4 perusteella. Tämä näkyi Hilman ja Annelin ryhmissä niin, että lopputestissä ei ollut enää pelkkään vuorovaikutuksen ilmaisua kuvaavia malleja, vaikka alkutestissä niiden osuus oli 11 %. Pilkkomisen liittyvien tehtävän 4 väitteiden osaaminen parani kaikissa ryhmissä huomattavasti, ja myös sisäistä rakennetta kuvaavia malleja tuotettiin oppitunnin T5 jälkeen. Järjestykseen liittyvien väitteiden osaaminen heikkeni Hilman ja Elinan ryhmissä, eikä heidän ryhmissään ollut sisäisen rakenteen malliakaan. Tehtävän 4 tulokset olivat kaikissa ryhmissä paremmat lopputestissä sekä oppilaiden ilmaistujen mallin sisältö lisääntyneen opetusjakson aikana.

Seuraavaksi tarkastellaan minkälaisia ohjauksellisia keinoja opettajat käyttivät oppilaiden oppimisen auttamiseksi ja minkälaista vuorovaikutusta oppitunneilla esiintyy. Ensimmäiseksi tarkastellaan uuden tiedon esittämisen eli oppilaan oppimispotentiaalin hyödyntämistä kriittisten toimintojen muodossa.

Tarkastelu tehdään opetusryhmittäin, koska edellä havaittiin ryhmien välillä eroja.

5.3 Kriittisten toimintojen esiintyminen opetusryhmissä

Kriittiset toiminnot ovat opetuksen osia, jotka ovat merkityksellisiä oppilaan oppimisen etenemiselle ja opetuksen tavoitteiden saavuttamiselle. Kriittiset toiminnot tuovat tässä tutkimuksessa esille magnetismin keskeiset ominaisuudet. Kriittisen toiminnon esiintyminen oppitunnilla auttaa oppilaita muodostamaan mallin, jossa on hyödynnetty oppitunneilla tehtyjen töiden mukaisia magneettien ominaisuuksia sekä opetusmallia. Jos kriittiseksi toiminnoksi tulkittavaa opettajan selitystä asialle ei oppitunneilla esiinny, on oppilaiden tehtävä itsenäisesti, ilman opettajan apua, johtopäätös havainnoilleen. Kriittisten toimintojen tarkoitus on tuoda oppilaille uusi magnetismin tieto siinä muodossa, että se on oppilaiden helpompi omaksua. Seuraavaksi tarkastellaan kriittisten toimintojen esiintymistä opettajien oppitunneilla. Lisäksi tarkastellaan niiden ja oppilaiden ilmaistujen mallien muuttumisen välistä yhteyttä. Tähän tarkoitukseen käytetään mallinnuksen portaita kuvion 9 mukaisesti.

Seuraavaksi tarkastellaan videoilta analysoituja kriittisten toimintojen esiintymistä opetusryhmittäin. Huomiota kiinnitetään myös siihen, ottavatko oppilaat kriittiseen toimintoon kuuluvia asioita esille. Jos oppilas ottaa asian esille, osoittaa se sen, ettei hän ole vielä asian tai toiminnon sisällöstä ja sen hallinnasta varma. Oleellista siinä tilanteessa on opettajan reaktio. Vastaako hän oppilaan tekemään aloitteeseen vai jättääkö opettaja sen huomioimatta. Jos opettaja jättää asian huomioimatta, ei oppilas saa asiaan varmistusta.

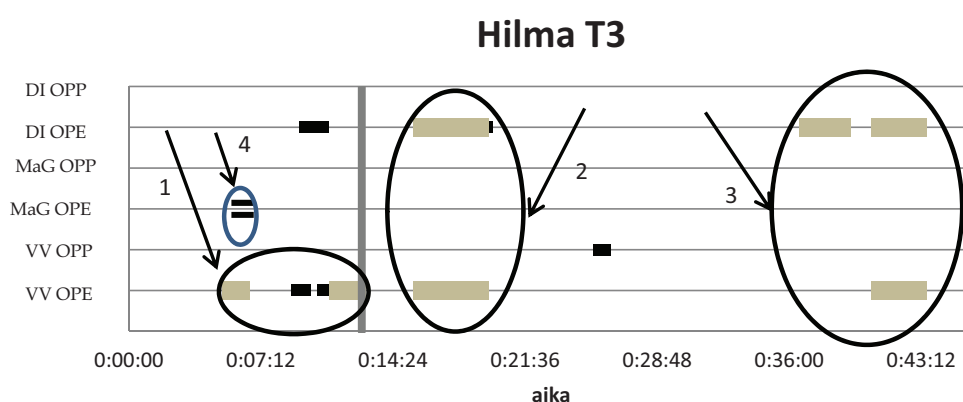
5.3.1 Miten tulkitaan kriittisten toimintojen tarkastelua

Puhetta kuvataan kaaviolla, jossa mainitaan se, kuka tekee aloitteen puheelle, mistä magnetismin aihepiiristä puhutaan (taulukko 9), ja mihin kriittiseen toimintoon se liittyy (taulukko 10). Sitaatin puheen luonnetta on merkitty eri tavalla, jos se liittyy kriittiseen toimintoon. Jos keskustelu on merkitty paksulla harmaalla, on silloin käsitelty kompassin käytön merkitystä (KO). Kaksoisviivalla on merkitty puhe magnetoitumisesta (MG), kolmoisviivalla on merkitty ne kohdat oppitunnista, joissa puhutaan pilkkomisesta (PI) ja paksulla vaalealla viivalla on merkitty puhe järjestäytymisestä (JÄ). Sen mille riville kriittinen toiminto sijoittuu, määrää toiminnon asiasisältöä. Esimerkiksi jos kompassista (KO) puhuttaessa kiinnitetään huomiota kompassin ja magneetin väliseen vuorovaikutukseen, tulee se joko riville VV OPE tai VV OPP, riippuen siitä kuka puheen aloittaa. Jos puheessa on tuotu esille, että kompassilla voidaan tutkia magneetin päiden olevan erilaiset, se on joko rivillä DI OPE tai DI OPP. Jos on kiinnitetty huomiota siihen, että kompassin neulan kärki osoittaa kohti toista magneetin päätä ja neulan tylppä pää osoittaa silloin kohti toista magneetin päätä, toiminto on tuolloin yhtä aikaa molemmilla VV ja DI riveillä.

Litteroiduissa otteissa on lihavoitu puhujan nimen lisäksi puheenvuoron oleellisin merkitys. Kolmella pisteellä tarkoitetaan sitä, että keskustellusta on poistettu osa, jonka sisällöllä ei ole merkitystä asian etenemiseen.

5.3.2 Kriittisten toimintojen esiintyminen Hilman oppitunneilla

Kriittisten toimintojen sisällöksi katsottua keskustelua esiintyi Hilmalla kahdella oppitunnilla, T3 ja T5. Niiden tarkemmat sijoittumiset oppituntiin on esitetty kuvioissa 17 ja 18. Hilma puhui kompassin käytöstä magneettisen vuorovaikutuksen havainnointiin ensimmäisen kerran kolmannen opetustapaamisen alussa.



KUVIO 17 Hilman oppitunnin T3 koodattu puheen asiasisältöä.

Kuviossa 20 olevat paksunnetut viivat osoittavat kohtia, joissa puhuttiin kompassin käytöstä tutkimusvälineenä (nuolet 1, 2, 3). Nuolilla osoitettujen kriittisten toimintojen puhetta on myös litteroitu. Nuolen 1 osoittaman ellipsin sisällä on oppitunnin T2 oppilastöiden lopettamiseen liittyvää keskustelua ja siinä puhuttiin kompassin käytöstä (KO) ensimmäisen kerran. Sitaatti on 26:62 [5:35 - 6:05] ja sen sisältö on ensimmäisessä litteroidussa tekstissä. Nuolen 2 osoittaman ellipsin sisällä on sitaatti 29:119 [16:00 - 19:07], joka on toinen litteroitu keskustelu. Nuolen 3 osoittamassa kohdassa on sitaatti 29:112 [37:05 - 38:53] ja se on kolmas litteroitu keskustelu. Nuolien 1, 2 ja 3 osoittamissa kohdissa puhuttiin siitä, että kompassilla (KO) voidaan tutkia magneettista vuorovaikutusta. Nuolen 4 osoittama kohta kuvaa kriittistä toimintoa magnetointi (MG) ja se on sitaatti 29:61 [6:05 - 6:19]. Kaikkiin kriittisiin toimintoihin tuli aloite opettajalta. Kriittisiksi toiminnot on nimetty siksi, että Hilma kiinnitti oppilaiden huomion siihen, miten kompassin käyttäytyminen ja kappaleen magneettiset ominaisuudet liittyvät toisiinsa. Kompassin käyttäytymisestä tai käyttäytymisen muutoksesta voitiin Hilman mukaan havaita, että kappale oli magneetti tai se oli magnetoitunut.

Oppitunnin T3 alussa Hilma puhui kompassin käytöstä, samalla kun hän kävi läpi oppitunnilla T2 havaittuja tuloksia. Hilma puhui kompassista niin, että sitä voidaan käyttää magneettisen vuorovaikutuksen havainnointiin (nuoli

1). Seuraavassa on ote keskustelusta, jossa tarkasteltiin magnetoidun naulan ja kompassin välistä vuorovaikutusta. Oppilas Marja huomioi kompassin käyttäytymisen muutoksen, ja Emma sitä, miten magneetti ja kompassi vuorovaikuttavat toisiinsa: Esimerkin keskustelu on sitaatista 29:62 [5:35 – 6:05]:

- | | | |
|---|--------------|--|
| 1 | Hilma | Minkälaisia vaikutuksia te saatte kompassiin, jos te ootte naulan magnetoinu? ... Mitä te näätte kompassista? |
| 2 | Marja | Se mennee mukana.
... |
| 3 | Emma | Magneetilla neula veti sitä (kompassin neulaa) puoleensa riip-puen siitä kummin päin se magneetti oli. |

Sen jälkeen Hilma keskusteli oppilaiden kanssa tuloksista ja havainnoista, joita oppilailla oli oppitunnin T2 oppilastoista. Siinä yhteydessä puhuttiin hetkellisesti siitä (nuoli 4), mitä magnetoinnissa tapahtuu ja kuinka magnetointi tehdään (MG). Oppilailla oli oppitunnin T2 oppilaslomakkeissa olevassa magnetismin mallissa virheellisiä tai täysin ilman minkäänlaista kuvausta olevia vastauksia 73 % kaikista malleissa. Oppilaat olivat vastanneet oppitunnin T2 tehtäviin ennen seuraavaksi esitettäviä keskusteluja kriittiseen toimintoon KO liittyen.

Siirryttyään (nuoli 2) oppitunnin T3 aiheeseen, magneetikentän havainnointi, opettaja puhui kompassista niin, että sillä on vuorovaikutusta magneetin kanssa. Sen vuoksi neulan suunta muuttuisi sen mukaan missä kohdassa magneettiin nähden kompassi oli ja tämän perusteella voitaisiin tehdä päätelmä magneetin dipolisuudesta (nuoli 2). Asiasta käyty keskustelu on sitaatissa 29:119 [16:00 – 19:07]. Keskusteluun osallistui vain kolme oppilasta Emma, Antti ja Kaija.

- | | | |
|---|---------------|--|
| 1 | Hilma | Kerro, mikä on kompassi ja miten se toimii? |
| 2 | Aleksi | Kompassi on sellainen, mikä näyttää, missä on pohjoinen. |
| 3 | Emma | Kompassin on neula, joka pyörii ...neulan kärki osoittaa kohti pohjoista. |
| 4 | Hilma | Miksi kompassin neula kääntyy niin, että nuolen kärki kääntyy toista magneetin päätä kohti ja toisessa päässä magneettia neula asettuu kärki pois päin magneetista? |
| 5 | Aleksi | Koska siinä on plus ja miinus napa. |
| 6 | Hilma | Mitä te vastaisitte? Mitä siellä tapahtuu? |
| 7 | Aleksi | Sähkövaraus.
... |

Opettaja yritti saada oppilaat huomaamaan, että kompassineulalla ja magneetin toisella päällä oli hylkimisvuorovaikutus (puheenvuoro 4). Oppilaat kiinnittivät vain huomiota napaisuuteen. Opettaja ohjasi keskustelua niin, että oppilaat kiinnittäisivät huomiota kompassineulan liikkeen syihin ja miettivät syitä neulan liikkeen muutoksiin (puheenvuoro 6). Keskustelu asiasta jatkui seuraavalla tavalla:

- 8 **Emma** Kummassakin on ne navat siis plus ja miinus napa. ... kun sen neulan pää on plus, niin ja kun me laitetaan siihen miinus napa vastakkain niin se **vetää sitä puoleensa**, mutta kun me laitetaan siihen plus napa vastakkain, niin sit se kääntyy toisinpäin ja sit se miinusnapa menee plusnavan kanssa yhteen.
- 9 **Hilma** Elikkä. Miksihän niitä kutsutaan niitä? Oletteko kuullu puhuttavan? Miksi niitä kutsutaan? **Mihin se aina osoittaa se kompassi?** Miksi niitä voisi kutsua niitä...
- 10 **Kaija** Magneettiselle pohjoisnavalle ja magneettiselle etelännavalle.
- 11 **Hilma** Joo.
- 12 **Hilma** ...Vielä jos vähän tarkennetaan. Minkälaiset päät on silloin, jos se **vetää** toisiaan ja jos se. Me on näitä teiän kans jo vähän käyty läpi.
Minkälaiset päät on siellä, jos se osoittaa se kärki sinne magneettiin päin?
Niin mitä te voitte sanoa silloin niitten,... minkälaiset ne kohtion on silloin?
- 13 **Hilma** ... Jos se magneetin, sen kompassin neula osoittaa sinne magneetin päin? ... Mitä se tekkee sille neulalle, kun se kerta osittaa sinne päin?
- 14 **Emma** Vetää puoleensa?
- 15 **Hilma** Vetää puoleensa ja toisessa päässä se...
- 16 **Emma** Hylkii
- 17 **Hilma** Niin

Puheenvuorossa 9 opettaja osoitti, että oli hyväksynyt oppilaan antaman vastauksen hylkimisestä ja puoleensa vetämisestä, mutta osoitti haluavansa toisen nimityksen magneetin päälle (DI OPE). Puheenvuorossa 13 opettaja haki vielä tarkennusta kompassineulan osoittaman suunnan ja napojen väliselle magneettiselle vuorovaikutukselle (VV OPE). Sitaatista käy ilmi, että opettaja halusi oppilaiden kiinnittävän huomiota siihen, että toisessa päässä magneettia kompassineula hylkisi magneettia ja toisessa vetäisi sitä puoleensa. Lisäksi opettaja liitti siihen magneetin dipolisuuden.

Oppitunnin T3 lopussa olevassa keskustelussa vielä tarkennettiin kohtioita antamalla niille nimet. Nimien mukaan mietittiin myös sitä, mitä kohtiota päin ja mistä kohtiosta pois päin kompassineula osoittaisi. Siten Hilma vielä kertasi kompassin käyttäytymisestä tehtävät tulkinnat vuorovaikutukseen ja dipolisuuteen (nuoli 3). Keskusteluun osallistui edellisten lisäksi seuraavat oppilaat Aleks, Marja ja Leena. Seuraavassa keskustelua sitaatista 29:112 [37:05 - 38:53] (nuoli 3).

- 1 **Hilma** Mikä se neulan (kompassineulan) pää on? ... **Miten se osoittaa se kärki siellä teidän magneetin pohjoiskärkeä?**
- 2 **Marja** Mikä on magneetin pohjoiskärki?
- 3 **Hilma** Kysyinkö minä huonosti? Vielä kysytään kerran, kumpi kompassineulan kärjistä on pohjoiskohtio?
- 4 **Aleks** Tuo paksumpi.

- 5 **Hilma** Eli se on silloin se... kato kumpi se on kärki vai se, mikä se nyt on. Se perä?
- 6 **Aleksi** Perä.
- 7 **Leena** Kärki.
- 8 **Hilma** **Pohjoiskohtio on se kärki.**
- 9 **Aleksi** Niin niin se kärki!
- 10 **Hilma** Miten se näyttää asettuvan se pohjoiskohtio ... te voitte sillon hakke sen ... miten päin se nuoli osoittaa sieltä teidän magneetista? ... mitä te voitte niitten nuolten avulla päätellä siitä magneetissa?
- 11 **Emma** Ne mennee sinne yhteen päähän. Se vetää aina sinne toiseen päähän

Keskustelun aikana opettaja yritti saada oppilaat huomaamaan, että kompassinneulassa on pohjoiskohtio neulan kärkiosassa, ja se hylkisi magneetin pohjoiskohtiota ja vetäisi puoleensa magneetin eteläkohtiota (puheenvuorot 1 ja 3). Koska oppilaiden havaintojen tulkinnat poikkesivat toisistaan (puheenvuorot 6 ja 7), opettaja ohjasi oikeaan tulkintaan (puheenvuoro 8). Näin saatiin yksiselitteinen tulkinta havainnoille.

Oppitunnin lopussa oppilaat saivat esittää dokumenttikameralla kompassin avulla tekemiään piirroksia magneetin magneettikentistä. Oppilas itse selitti oman piirroksensa yksityiskohdat. Sitaatissa 29:117 [41:00 – 43:02] olevaan keskusteluun osallistui edellisten oppilaiden lisäksi Teija ja Helga.

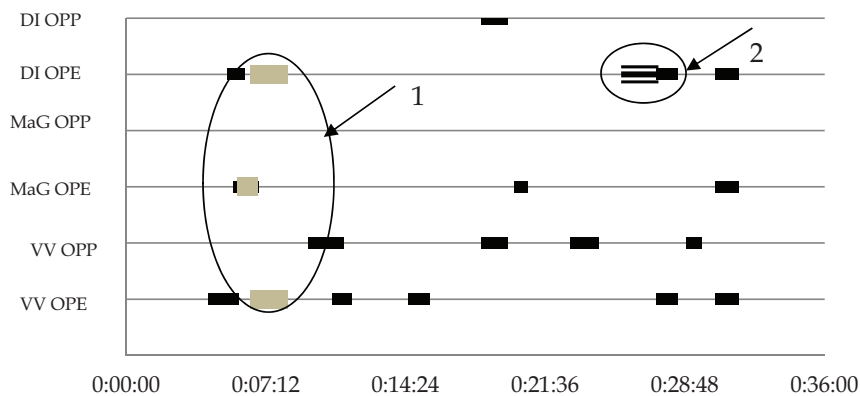
- 1 **Hilma** Ossaatteko te päätellä tämän kokkeen avulla? **Mitä kohtioita sillä magneetilla olikaan?**
- 2 **Aleksi** Plus ja miinus
- 3 **Aleksi** Pohjois ja etelä kohtio.
- 4 **Hilma** Joo, pohjois ja eteläkohtio. **Kummasta ne näyttäs lähtevän?**(opettaja tarkoittaa magneettikentän kenttäviivoja kuvaavia kompassillaa ja sen neulan avulla piirrettyjä nuolia) ... jos nuolen suunta on vielä piirretty...
- 5 **Aleksi** Pohjoisesta, ne lähtee pohjoisesta.
- 6 **Teija** Etelästä, eikä se lähe etelästä.
- 7 **Aleksi** Ei lähde, se lähtee pohjoisesta!
- 8 **Hilma** **Kumpis vetää puoleensa?**
- 9 **Aleksi** Se lähtee pohjoisesta
- 10 **Teija** Se häntä on pohjoiseen...
- 11 **Hilma** Mitäs te sanotte?
- 12 **Kaija** Pohjoiseen päin ja lähtee etelästä
- 13 **Aleksi** No niin mä olin oikeassa!
- 14 **Teija** Sää alotit pohjoisesta

Opettaja kysyi oppilailta, minkälaisia magneetin kohtiot olivat, eli Hilma halusi oppilaiden nimeävän magneetin kohtiot (puheenvuoro 1). Hilma pyrki myös siihen, että oppilaat huomaisivat kompassineulan kärjen osoittavan kohti magneetin eteläkohtiota (puheenvuoro 4). Oppilaat kävivät keskenään kiivastakin keskustelua siitä, mihin kompassineula osoittaisi (puheenvuorot 5 – 7 ja 9 & 10). Ongelma ei ollut se, minkä niminen olisi magneetin pää, vaan se kumman pään

Vaikka kriittinen toiminto oli kompassi, liittyi sen käsittely myös magneettiseen vuorovaikutukseen ja dipolisuuteen ja magneetin päiden nimeämiseen. Siksi kompassi kriittisenä toimintona ei ollut pelkästään kompassin mekaanisen toiminnon havainnointia. Siihen liittyivät myös magneetin mallin ensimmäiset ominaisuudet vuorovaikutus (MVV) ja dipolisuus (DI) (taulukko 6).

Kuviossa 18 on oppitunnin T5, Hilman luokassa, tapahtuivat keskustelut aiheisällöittään. Oppitunnin T5 oppilastyön ainoa tavoite oli, että oppilaat huomasivat pilkkomisen säilyttävän napaisuuden. Kaikkiin kriittisiin toimintoihin tuli aloite opettajalta. Aiheeseen liittyvään keskusteluun osallistuivat myös oppilaat. Hilma kävi koko luokan keskustelussa läpi vielä kerran kompassin käytön.

Hilma T5



KUVIO 18 Hilman oppitunnin T5 magnetismin liittyvien keskeisten aiheiden esiintyminen oppitunnin puheissa.

Kuviossa 18 on nuolilla osoitettu keskustelut, joiden sisältö vastasi kriittiselle toiminnolle asetettuja määreitä. Niissä opettaja puhui vielä kerran kompassista ja sen vuorovaikutuksesta magneetin kanssa sekä dipolisuuden havaitsemisesta kompassin (KO) avulla (nuoli 1). Lisäksi Hilma puhui vielä siitä, miten magneetin pilkkominen (PI) vaikuttaisi magneetin dipolisuuteen (nuoli 2). Oppitunnin T5 asiasisällön kannalta oli tärkeää, että puheessa tuli esille pilkkomisen vaikutus magneetin ominaisuuksiin. Hilma halusi kuitenkin vielä muistuttaa siitä, että kompassi toimisi vuorovaikutuksen ja dipolisuuden tutkimiseen.

Oppitunnin alussa oleva keskustelu on sitaatista 2:126 [06:10 – 06:18] ja se alkaa seuraavalla Hilman kysymyksellä ja vastauksella:

”Miten pystyy tarkistamaan onko rautanaula magnetoitunut? Kompassilla sen pystyi tarkistamaan.”

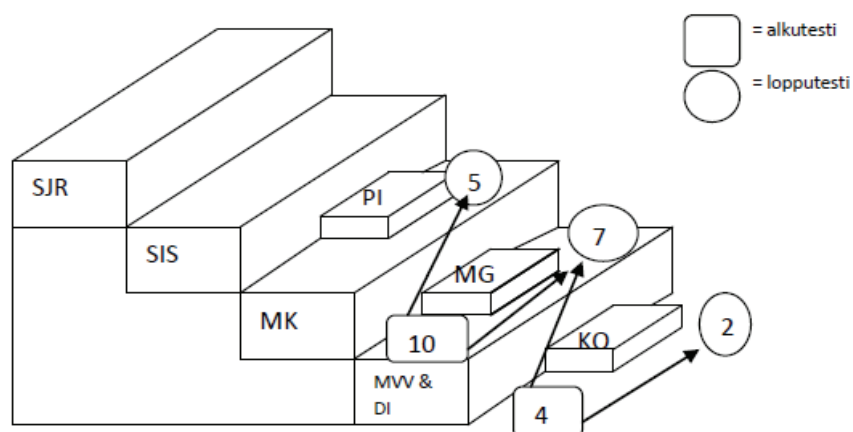
Tästä seuranneessa keskustelussa kävi selvästi ilmi, että oppilaat muistivat kompassin käytön työvälineenä ja miten sen avulla tehtiin johtopäätöksiä havainnoille. Oppitunnin T5 loppupuolella käytiin oppilastöissä tehtyjä havaintoja yhteisesti läpi. Opettaja puhui magnetoitumisesta (MG) ja pilkkomisen vaikutuksesta.

tuksesta magnetoitumiseen ja magneetin voimakkuuteen (PI). Hilman kysyi luokalta, miten havaitsite pilkkomisen vaikuttavan magneettisuuteen ja mitä lopulta saavutettaisiin, jos pilkkomista vain jatkettaisiin. Teija vastasi sitaatissa 2:142 [25:59 – 26:58] seuraavalla tavalla (kuvio 18 nuoli 2):

”...se kompassi ei enää reagoi niin voimakkaasti niihin pieneenpiin magneetteihin...”

Videolta on selvästi nähtävissä, että Teijan tekemä huomio perustui todelliseen havaintoon. Pilkotun magneettisen rautalangan pienentynyt pala sai aikaan heikomman magneettiset vuorovaikutuksen. Oppilaat olivat tehneet pilkkomisen huolella, mutta varmasti katkominen oli aiheuttanut pienen tärähdyksen. Tämä oli saattanut aiheuttaa magneettisuuden heikkenemistä, joka oli auttanut oppilasta päätyämään edellä olleeseen Teijan kaltaiseen huomioon. Hilma toi oppitunnilla T5 selvästi esille, että pilkkominen ei poistanut pienemmistäkään magneeteista dipolisuutta. Seuraavan kerran oppilaiden malleja tutkittaessa oppitunnin T5 jälkeen oli virheellisiä malleja (NO) enää 7 % vastauksista. Samoin oppilaiden malleihin tuli ensimmäisen kerran magneettikenttämalli (MG) ja sisäistä rakennetta osoittavat mallit (SIS ja SJR). Hilma ei käynyt millään oppitunnilla läpi magneetin sisäistä järjestystä ja magnetoinnin aikaan saamaa järjestäytyneisyyttä eli kriittistä toimintoa neljä (JÄ).

Kuviossa 19 on esitetty, mitä kriittisiä toimintoja Hilmallä esiintyi, ja minkälaisia malleja hänen ryhmänsä oppilailla oli magnetismille alkutestissä ja minkälainen näiden oppilaiden magnetismin mallit olivat lopputestissä. Mallien esiintyminen esitetään kuviossa 9 olevan mallinnuksen portaiden avulla. Kriittiset toiminnot olivat oppilaille annettuja apuportaita (kuvio 4), joiden avulla oppilaiden oli helpompi saavuttaa seuraava porras eli saada malliin lisää yksityiskohtia ja magneettisia ominaisuuksia. Alataso vastasi mallia, joka oli virheellinen tai tilannetta, jossa ei ollut ilmaistua mallia lainkaan.



KUVIO 19 Hilman ryhmän oppilaiden mallinnuksen portaat kriittisten toimintojen tukemana. Portaille on asetettu Hilma oppilaiden tuottamat mallit alku- ja lopputestissä.

Kuviosta 19 portaiden etureunassa olevassa laatikossa on oppilaiden lukumäärä malliluokassa alkutestin aikana ja pyöreässä on oppilaiden lukumäärä malliluokassa lopputestin aikana. Tarkastelussa olivat ne oppilaat, jotka osallistuivat sekä alku- että lopputestiin. Nuoli kuvaa miten muutokset ovat tapahtuneet. Näistä oppilaista seitsemällä (50 %) malleissa on havaittavissa muutosta kehityneempään. Kahdella oppilaalla ei ollut alku- eikä lopputestissä magnetismille oikeita elementtejä (NO). Oppilaiden malleista puuttuivat sisäistä rakennetta (SIS ja SJR) kuvaavat mallit. Viiden oppilaan malli pysyi DI-mallina.

Hilman opetuksessa oli havaittavissa kolme ensimmäistä kriittistä toimintoa. Viimeinen kriittinen toiminto järjestys (JÄ) puuttui. Oppilaiden malleilla ja kriittisillä toiminnoilla näyttää olevan yhteys toisiinsa.

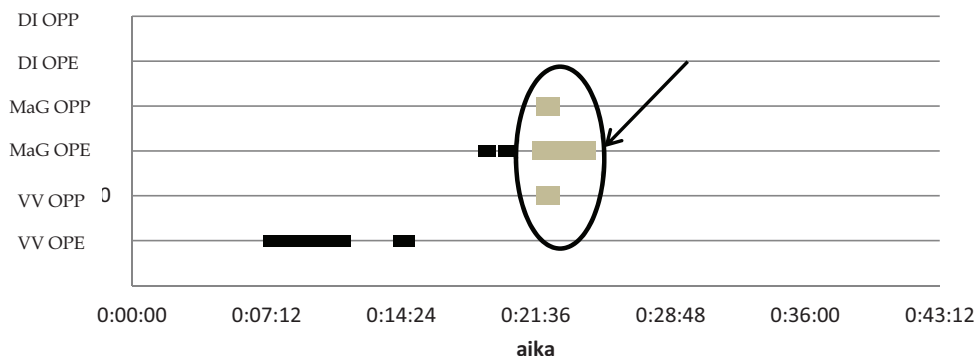
5.3.3 Kriittisten toimintojen esiintyminen Annelin oppitunneilla

Annelin oppitunneilla käydään kriittisiä toimintoja vastaavaa keskustelua oppitunneilla T2 (kuvio 20), T3 (kuvio 21 ja 22), T5 (kuvio 23) ja T6 (kuvio 24). Luvussa 5.3.1. on kuvattu kriittisten toimintojen esittämistapa. Litteroiduissa teksteissä on esimerkein tarkennettu keskustelua asiasta.

Ensimmäinen kriittinen toiminto oli kompassi ja sen käyttö (KO). Anneli puhui oppitunnilla T2 ja T3 kompassista ja siitä miten sitä käytetään tutkimusvälineenä. Opetusjärjestyksellisistä syistä johtuen opetusryhmän oppitunnit T2 ja T3 pidettiin kahteen kertaan (taulukko 3). Molemmille ryhmille tunnit muodostivat kaksoistunnin. Ryhmät on nimetty ryhmäksi A ja ryhmäksi B. Ryhmän B tunnilla oli Annelin omien oppilaiden lisäksi kolme oppilasta Elinan ryhmästä. Tällä järjestelyllä tasoitettiin opetusryhmien kokoja. Ryhmien kriittisiä toimintoja käsitellään tuntien toteutumisjärjestyksessä eli ensin A -ryhmä ja sitten B -ryhmä.

Anneli keskusteli ryhmän A oppilaiden kanssa kompassista ja sen käytöstä oppitunnin T2 aikana yhden kerran.

Anneli T2A

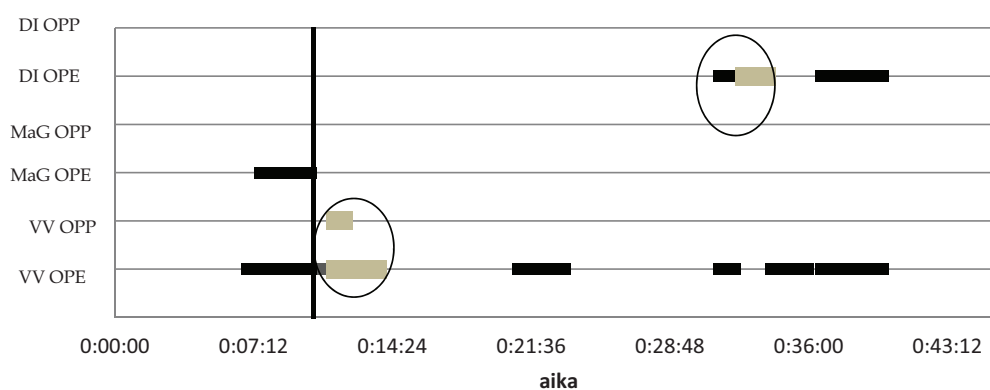


KUVIO 20 Annelin oppitunnin T2A puheen sisältöä koodattuna

Kuviossa 20 on ympyröity keskustelu, jossa puhuttiin kompassin käytöstä (KO) magnetoitumisen onnistumisen tutkimisessa. Keskustelussa käytiin läpi kompassin käyttämisestä magneettisen vuorovaikutuksen ja magnetoitumisen havainnointiin. Esille tuli magneetin ja kompassin välinen vuorovaikutus, magneetin dipolisuus sekä magneetin päiden ja kompassin välinen vuorovaikutus.

Kaksoistunnin toisella tunnilla käsiteltiin aluksi oppitunnin T2 tuloksia. Kuviossa 21 on ympyröity kohdat, joissa Anneli puhui kompassista. Ensimmäisessä hän kävi läpi oppitunnin T2 oppilaiden tekemiä havainnoita ja toisessa Anneli kävi läpi oppitunnin T3 oppilastöiden tuloksia.

Anneli T3A

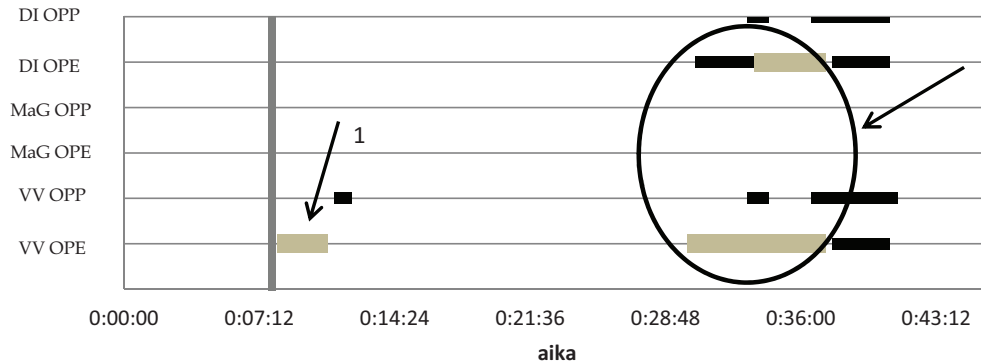


KUVIO 21 Annelin puheen sisällöt koodattuna oppitunnilta T3 ryhmälle A.

Kuviossa 21 ympyröidyistä kohdista ensimmäisessä Anneli toi esille, että kompassilla on vuorovaikutusta magneetin kanssa (VV OPE). Oppitunnin lopussa olevassa toisessa kohdassa hän toi esille toisen kompassin havaittavan ominaisuuden eli sen, että sillä voidaan tutkia magneetin päiden olevan erilaiset (DI OPE). Samassa yhteydessä Anneli auttoi oppilaita nimeämään kompassin päät pohjoiseksi ja eteläksi. Siinä yhteydessä hän keskusteli oppilaiden kanssa kompassista ja siitä, miten kompassi käyttäytyy magneetin läheisyydessä. Samoin Anneli puhui magneetin dipolisuudesta ja hän nimesi oppilaiden kanssa kompassin avulla magneetin päät.

Annelin B - ryhmä otti kompassin tarkempaan tarkasteluun vasta oppitunnin T3 loppupuolella. Tunnin alussa, ennen oppilastöiden aloitusta, Anneli vain ohjasi oppilaita siihen, että kompassilla on vuorovaikutusta (VV OPE) magneetin kanssa (nuoli 1). Toisessa päässä kompassineula osoittaa magneettia kohti ja toisessa poispäin magneetista. Oppitunnilla T3 haettiin magneetin magneettikenttää kompassin avulla. Oppilaat suorittivat työn, ja vasta sen jälkeen hakivat selitystä sille, miksi kompassilla (KO) voidaan määrittää magneetin magneettikenttä ja sen sijainti. Puheessa Anneli aloitti keskustelun kompassin käytöstä magneettisen vuorovaikutuksen havaitsemiseen (VV OPE) ja magneetin erilaisten päiden havainnointiin (DI OPE). Oppilaat osallistuivat keskusteluun, mutta oppilaat eivät tehneet aloitetta kriittisen toiminnon aiheista.

Anneli T3B



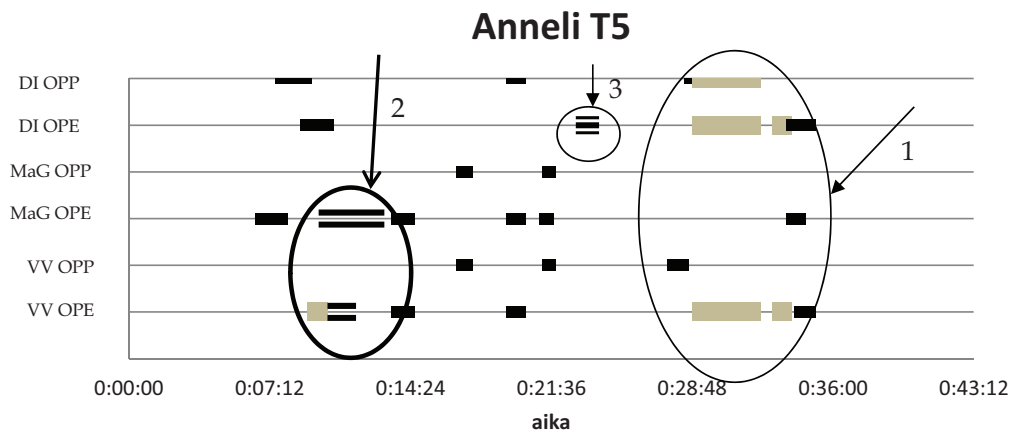
KUVIO 22 Annelin B - ryhmän puheen asiasisällöt koodattuna oppitunnilta T3B.

Seuraavassa on osa kuvioon 22 nuolella osoitetun isomman ympyröidyn kohdan, kriittiseen toimintoon KO liittyvää keskustelua. Siinä puhuttiin magneetin vuorovaikutuksesta kompassin kanssa (VV OPE) sekä magneetin erilaisista päistä (DI OPE). Keskustelu on sitaatista 27:55 [34:00 – 36:52].

- ...
- | | | |
|----|---------------|---|
| 1 | Anneli | Mulla on nuo nuolet tuossa. Noin. Kumpi pää on pohjoispää ja kumpi pää on eteläpää? |
| 2 | Merja | Tuo oikeanpuoleinen on pohjonen. |
| 3 | Anneli | Pohjoinen, millä perusteella? |
| 4 | Merja | Koska se vettää puoleensa? |
| 5 | Anneli | Mitä se vetää puoleensa? |
| 6 | Merja | Sitä magneettia. |
| 7 | Anneli | Sitä magneetin neulaa. Elikkä jos magneetin neulan päässä on pohjonen niin vetääkö magneetin pohjonen sitä puoleensa?
(<i>Moni oppilas vastaa yhtä aikaa: ei.</i>) |
| 8 | Anneli | Miksei Teemu? |
| 9 | Teemu | Koska se on pohjonen, sen pitäs olla etelä. |
| 10 | Anneli | Eli niitten pitäs olla erilaiset. |
| 11 | Teemu | Niin, erilaiset päät (<i>jää miettimään</i>). |
| 12 | Anneli | Jos kompassineulan se kärki on pohjonen , niin jos se magneetti vetää sitä kärkeä puoleensa |
| 13 | Tarja | Niin silloin se on erilainen. |
| 14 | Anneli | Se on erilainen eli se on se etelä. |
| 15 | Merja | Mutta jos magneetti osottaa aina pohjoseen, niin silloinhan magneetin neula onkin aina etelä, jos se vettää sitä pohjoseen. |
| 16 | Anneli | Ei, kun magneetin neulan kärki on aina pohjonen. |
| 17 | Merja | Mutta jos se osottaa aina pohjoseen, niin eikö sen pitäs osottaa sinne etelään päin... |

Opettaja ohjasi oppilaita huomaamaan, että magneetin ja kompassineulan välillä on vetovoimaa (puheenvuoro 4). Anneli kokosi oppilaiden ajatukset siitä, että kompassineulan ja magneetin tulee olla erilaiset, jos niiden välillä on magneettista vuorovaikutusta, joka on vetovoimaa erilaisten napojen välillä (puheenvuorot 10, 12 ja 14). Anneli kertoi neulan olevan pohjoinen ja sen perusteella ohjasi oppilaiden ajattelua magneetin napaisuuteen (puheenvuoro 16). Koska keskustelu oli samankaltainen A - ryhmän kanssa, ei siitä ole omaa litteroitua tekstiä.

Oppitunnilla T5 ryhmän oppilaat olivat jälleen yhdessä. Anneli puhui kompassin käytöstä, magnetoitumisesta ja pilkkomisen vaikutuksesta magnetoitumiseen. Kuviossa 23 on esitetty oppitunnin T5 puheen sisällöt koodattuna.



KUVIO 23 Annelin oppitunnin T5 puheen sisällöt koodattuna

Kuviosta 23 on havaittavissa, että Annelilla oli oppitunnin T5 aikana kolme ensimmäistä kriittistä toimintoa. Kuvioon 23 on merkitty paksulla kaksoisviivalla (nuolella 2 osoitettu ympyrä) kohta, jossa opettaja keskusteli luokan kanssa siitä, mitä kappaleessa tapahtuu magnetoitumisessa (kriittinen toiminto MG). Paksu viiva osoittaa kriittisen toiminnon kompassi (KO nuolella 1 osoitetussa ympyrässä) ja paksu kolmoisviiva kriittisen toiminnon pilkkominen (PI nuolella 3 osoitetussa ympyrässä). Erityisesti pilkkomisen esittäminen oli tärkeää, koska oppitunnin aihe liittyi pilkkomisen vaikutuksen tutkimiseen.

Annelin oppitunnin T5 asiiasältöjä kuvaavassa kaaviossa on havaittavissa pitkä keskustelu ensimmäisestä kriittisestä toiminnosta (KO) (kuvio 23 nuoli 1). Sen Anneli kävi yhden oppilasparin kanssa (DI OPE ja VV OPE). Oppilaspari toimi aloitteen tekijöinä (DI OPP) asian käsittelyssä, koska huomaavat, etteivät osaa tehdä oppilastyötä ohjeen mukaisesti. Tämän oppilasparin molemmat oppilaat olivat olleet pois edeltäviltä oppitunneilta, ja heille kompassin käyttö tutkimusvälineenä ei ole tuttu (KO).

Koko luokkaa koskevassa keskustelussa Anneli mainitsi tunnin alussa kompassin vuorovaikuttavan magneetin kanssa (KO). Kohta on kuviossa 23 nuolen 2 osoittamassa ympyrässä.

”...kompassissa on sitä magneettia ja se kääntyy tuonne pohjoista kohti...”

Sen jälkeen Anneli keskittyi siihen, mitä magnetoinnissa (MG) tapahtuu. Hän selitti miten magnetointi vaikuttaa kappaleeseen ja sen rakenteeseen. Annelin puheesta tuli esille, että magnetoitumisen voi havaita kompassin ja magnetoitidun langan välisestä magneettisesta vuorovaikutuksesta (VV OPE). Anneli käsitteli magnetoinnin (MaG OPE) kriittisen toiminnon mukaisesti (MG). Tämä oli tärkeää, koska oppitunnin alussa magnetoitiin rautalanka (nuoli 2). Kuviossa 23 olevassa ympyröidyssä keskustelussa (nuoli 2) käytiin läpi se, mitä magnetoinnissa saadaan rautalangassa aikaiseksi. Sitaatin 22:104 [10:10 - 12:36] keskustelussa tulee esille seuraavaa:

- | | | |
|---|---------------|--|
| 1 | Anneli | Yritetään saada rautalangalle ja magneetille sama ominaisuus, ..., eli magnetoidaan rautalanka ,..., yritetään tehdä magnetointi varovasti, ettei rautalanka tärähtäisi, ..., mitä se tärähdys saa aikaiseksi,... |
| 2 | Anneli | Magnetoinnissa, mitä tänne saadaan aikaiseksi (ja näyttää sama rautalankaa)? |
| 3 | Merja | Magneettinen varaus? |
| 4 | Anneli | Sinne syntyy magneettinen varaus tai mikä siinä täräyksessä muuttuu sitä mikä sinne syntyy magnetoinnissa? |
| 5 | Tarja | Siellä on varmaan jotakin niitä juttuja ja ne mennee silleen järjestykseen ja sittenkö ne tärähtää niin ne on taas sekaisin. |
| 6 | Anneli | Kyllä elikkä magnetoinnissa saadaan aikaan järjestäytyminen ja kun se ravistetaan niin se järjestäytyminen häviää ja sinne tulee epäjärjestys ja siksi siinä magnetoinnissakin on tosi tärkeä, ettei se kauheesti tärähtelis... |

Magnetoitu rautalanka oli magneettia mielekkäämpi pilkkoa ja siksi rautalangalle ja magneetille tuli saada samat ominaisuudet, ja se tapahtui magnetoimalla (puheenvuoro 1). Magnetoinnilla saatu ominaisuus oli rakennesosien järjestys (puheenvuorot 3 - 6). Keskustelussa tuli esille myös se, että magnetointi sai aikaan sisäisen järjestyksen (puheenvuoro 6). Tätä tietoa tarvittiin, vaikka oppitunnin T5 keskeisin oppilastyön kohde oli pilkkomisen vaikutus magneettisiin ominaisuuksiin. Anneli ohjasi oppilaita huolelliseen työskentelyyn, jotta magnetointi ja varsinainen tutkimus onnistuisivat.

Anneli toi kolmannen kriittisen toiminnon, pilkkominen (PI), sisältämän tiedon esille noin puolessa välissä oppilaiden työskentelyä. Näin hän ohjasi oppilaita loppuihin oppilastöihin ja tekemään niistä havaintoja. Samalla hän ohjasi oppilaita hyödyntämään aiempia tuloksia (nuolella 3 osoitettu ympyrä). Kriittisen toiminnon (PI) mukainen keskustelu on sitaatista 22:87 [32:03 - 34:19], josta seuraavaksi osa.

(Oppilaiden tuloksia käydään läpi tehtävään 5.

Opettaja kysyy oppilaiden havaintoja pilkkomisen vaikutuksesta magneettisuuteen ja magneetin voimakkuuteen.)

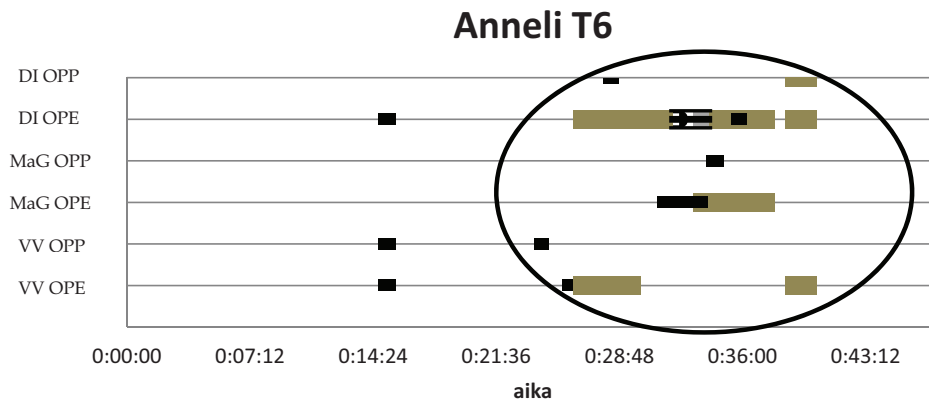
- | | | |
|---|---------------|--|
| 1 | Anneli | Mitä tapahtuu, kun magneettia pilkkotaan aina vain pienempiin ja |
|---|---------------|--|

- pienempiin palasiin?
- 2 **Tarja** Magneettisuus häviää kokonaan.
- 3 **Anneli** Voidaanko me pilkkoa niin pieniin palasiin, että siitä saadaan magneettisuus kokonaan hävitettyä?
- 4 **Tarja** En tiää.
- 5 **Elli** Magneettisuus pysyy edelleen yhtä vahvana, jos ei sitä kolauteta.
- 6 **Anneli** Eli magneettisuus säilyy ja magneettisuuden voimakkuus säilyy samana?
- 7 **Elli** Niin.
- 8 **Helena** Sinne jää lopuksi yksi magneetti
- 9 **Anneli** **Magneettisuus pienenee koko ajan, ja lopulta siellä on enää yks magneettisuuden yksikkö?...**
- 10 **Helena** Niin.
- 11 **Anneli** ...näin se varmaan menis (koska oppilaat ovat tutkimuksissa huomanneet, että magneettisuus heikkenee, kun katkotaan pienempiin paloihin) ...
magneettisuus säilyy magnetoiduissa kappaleissa, vaikka magneetti otetaan pois.

Keskustelussa Anneli kysyi oppilaiden havaintoja (puheenvuoro 1) ja heidän niistä tekemiään johtopäätöksiä (puheenvuorot 3 ja 6). Huomio oli pilkottuun kappaleeseen jäävässä magneetin koossa ja koon vaikutuksessa magneetin voimakkuuteen. Oppilaat eivät olleet vielä aivan varmoja siitä, mitä tapahtuisi, jos pilkkomista jatkettaisiin (puheenvuorot 4 – 8). Anneli kuitenkin toi lopuksi esille, että pilkkomisessa jäisi jäljelle pienimmillään vain yksi magneettisuuden yksikkö (puheenvuoro 9).

Oppitunnin T5 loppupuolella Anneli ohjeisti oppilaita miettimään, miten magneetin koko vaikuttaisi sen magneettisiin ominaisuuksiin (kuvio 26 nuoli 3). Tuolloin hän ohjasi oppilaita kiinnittämään huomiota magneettisen kappaleen pienenemisen ja magneettisen vuorovaikutuksen voimakkuuden välisen yhteyden havaitsemiseen. Anneli kehotti oppilaita tutkimaan kompassilla katkotujen lankojen päitä ja vertaamaan havaittuja vuorovaikutuksia toisiinsa.

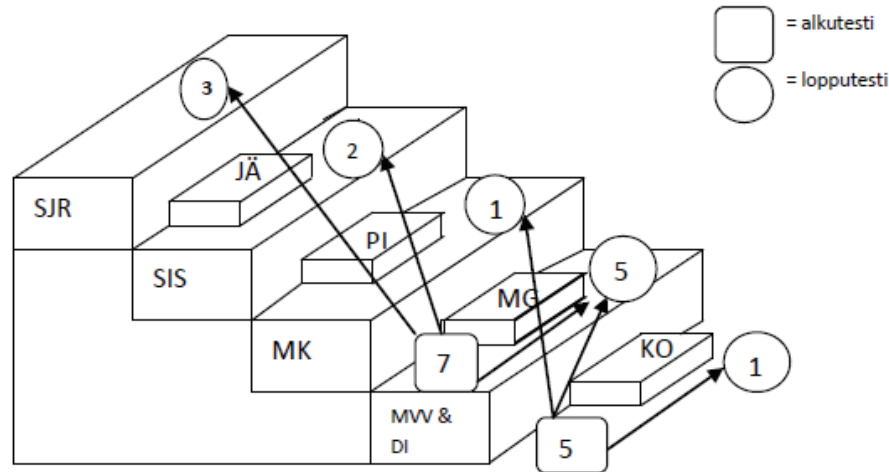
Viimeisellä oppitunnilla T6 Anneli käytti paljon aikaa siihen, että hän kävi oppilaiden kanssa läpi magnetoidun kappaleen (MaG OPE) sisäistä järjestäytymistä (JÄ), joka oli neljäs kriittinen toiminto (useissa sitaateissa aikavälillä 28:30 – 39:48). Järjestäytymisen yhteydessä hän puhui myös pilkkomisesta (esimerkiksi aikavälillä 32:19 – 33:36). Ympyrän sisällä olevat paksut viivat ovat niitä kohtia, jotka liittyvät magneettien sisäiseen järjestäytymiseen (JÄ).



KUVIO 24 Annelin oppitunnilla T6 puheen sisällöt koodattuna

Kuviosta 24 havaitaan, että Annelin oppitunnilla T6 asioiden käsittely eteni opettajan aloitteesta ja kerran myös oppilaiden tekemän aloitteen kautta. Annelin ryhmässä keskusteltiin järjestäytymisen (JÄ) yhteydessä magneetin vuorovaikutuksesta (VV OPE), dipolisuudesta (DI OPE) ja magnetoitumisesta MaG OPE). Tämä näkyy puheen kuviossa 24 osittain samanaikaisesti esiintyvissä viivoissa. Ne olivat myös niitä kohtia, jolloin opettaja kokosi kaiken opetusjakson oppitunneilla käsitellyn asian. Samassa keskustelussa oli myös osana pilkkominen (PI, jota merkitään kolmoisviivalla). Tuolloin Anneli kertoi, mitä pilkkomisessa tapahtuu rakenneosille ja miksi pilkkomisen seurauksena uusissa pienemmissä magneeteissa on edelleenkin erilaiset päät.

Kuviossa 25 on esitetty, mitä kriittisiä toimintoja Annelilla esiintyi, minkälaisia malleja hänen ryhmänsä oppilailla oli magnetismille alkutestissä ja minkälainen näiden oppilaiden magnetismin malli oli lopputestissä. Kriittiset toiminnot ovat oppilaille annettuja apuportaita, joiden avulla oppilaiden on helppompaa saavuttaa malliin lisää yksityiskohtia ja magneettisia ominaisuuksia. Isoilla porrasaskelmilla kuvataan oppilaiden malleja kuvion 9 mukaisesti. Mitä korkeammalle portaissa oppilaan malli eteni, sitä enemmän siinä oli yksityiskohtia. Alataso vastaa mallia, joka oli virheellinen tai tilannetta, jossa ei ollut ilmaistua mallia lainkaan.



KUVIO 25 Annelin ryhmän oppilaiden mallinnuksen portaat kriittisten toimintojen tukemana. Portaille on asetettu Annelin oppilaiden tuottamat mallit alku- ja lopputestissä.

Kuviossa 25 on esitetty Annelin ryhmän oppilaiden tuottamat mallit alkutestissä (laatikko etureunassa) sekä lopputestissä (ympyrä). Nuolet kuvaavat, miten muutokset ovat tapahtuneet. Tarkastelussa oli vain ne oppilaat, jotka olivat olleet sekä alku- että lopputestissä. Ryhmän oppilaiden mallien kehittämisessä oli havaittavissa tarkentumista. Annelin oppilaista yksi ei kyennyt tuottamaan kummallakaan kerralla magnetismille mallia (NO) eikä siten noussut mallinnuksen portaita. Kaksi oppilasta, joilla ei ollut tapahtunut kehittymistä, tuottivat DI -mallin. Yhteensä siis 25 % oppilaista ei kyennyt muuttamaan tuottamaansa mallia. Yksityiskohtaisimman mallin (SJR) tuotti kolme (25 %) oppilasta. Sisäistä rakennetta magnetismille osasi piirtää 42 % (5 vähintään SIS) oppilaista. Oppilailla esiintyi alkutestissä malleja kahdella tasolla ja lopputestissä malleja neljällä tasolla. Sekä alku- että lopputestin tehneistä oppilaista 75 % malli kehittyi.

Annelin opetuksessa oli kaikki kriittiset toiminnot, joiden avulla oppilaiden mallinnusta on voitu auttaa. Kriittisillä toiminnoilla ja oppilaiden tuottamalla malleilla oli yhteys toisiinsa.

5.3.4 Kriittisten toimintojen esiintyminen Elinan oppitunneilla

Elinan oppitunneilla T3 (kuvio 26 ja 27), T5 (kuvio 28) ja T6 (kuvio 29) esiintyi kriittisiä toimintoja. Esimerkeissä on kriittisten toimintojen tarkasteluun liittyviä keskusteluja litteroituna. Luvussa 5.3.1. on kuvattu kriittisten toimintojen esittämistä.

Elina ei tuonut oppituntien aikana esille sitä, mitä magnetoinnissa tapahtuu. Hän mainitsi kerran oppitunnilla T2, että magneetilla sivellään yhdensuuntaisin vedoin magnetoitavaa kappaletta, jolloin kappale magnetoituu. Elina näytti myös, mitä hän tarkoitti, liikuttamalla käsiä kuvitellun kappaleen luona.

Sitaatissa 16:23 [25:51 – 26:30] on esimerkki siitä miten Elina kertoi magnetoinnin mekaanisen toteutuksen:

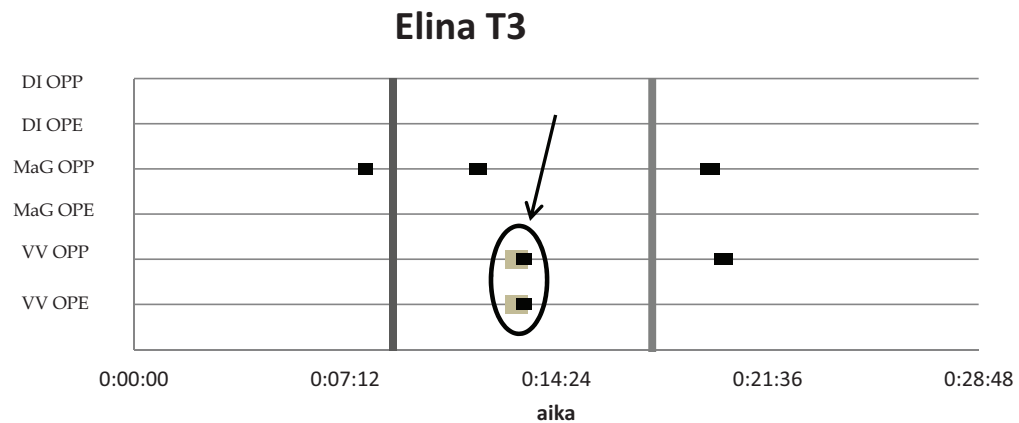
”Aina kun magnetoidaan, käytä samansuuntaisia, voidaan sanoa yhdensuuntaisia vektoria.”

Veera teki tähän huomion:

”Koska muuten ne menee silleen taaksepäin! ... Jotta ne varaukset jakautuu tasaisesti, eikös vaan?”

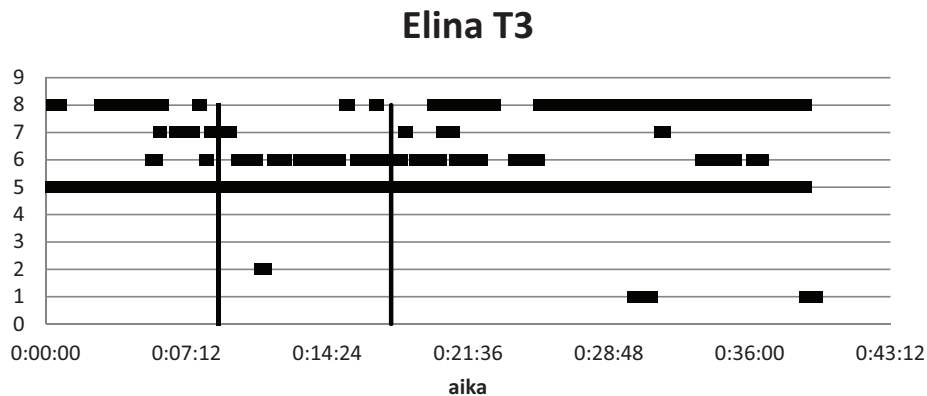
Opettaja ei kiinnittänyt tähän huomiota, ei hyväksynyt eikä hylännyt. Oppilas jäi ajatuksensa kanssa yksin, ilman varmistusta siitä, oliko se edes oikein. Oppilas ei saanut vahvistusta omille ajatuksilleen ja hänellä olevalle mentaalimallilleen asiasta.

Elinan ensimmäinen kriittinen toiminto oli kompassi (KO). Kuviossa 26 on esitetty kyseinen kriittinen toiminto KO.



KUVIO 26 Elinan oppitunnin T3 asiasisällöt koodattuina. Aika-akseli rajautuu 28:48 minuuttiin, koska sen jälkeen ei ole mitään koodattavaa.

Kuviossa 23 on ympyrän sisällä paksulla viivalla merkitty kohta, jossa puhuttiin kompassista (KO). Vasemman puoleinen pystysuora viiva osoittaa milloin oppitunti T2 muuttui oppitunniksi T3. Oikeanpuoleisen pystyviivan kohdalla ensimmäiset oppilaat palauttivat oppitunnin T3 oppilasmonisteet ja lopettivat työskentelyn. Kuviossa 27 on havaittavissa, että oppitunnin vuorovaikutuksista puuttuu 3. vaakarivin kohdalta sitaatit. Elinalla ei ollut koko luokan kanssa käytävää opetuskeskustelua kertaakaan oppitunnilla T3. Mustat palkit numeroidulla vaakarivillä vastaavat kyseisen vuorovaikutuksen (taulukko 8) sitaattia.



KUVIO 27 Elinan oppitunnin T3 luokkahuonevuorovaikutukset koodattuna.

Kuviossa 26 näkyvä kriittinen toiminto (KO) ei kohdistunut koko luokalle eli hänen oppitunneillaan ei esiintynyt ensimmäistä kriittistä toimintoa (KO) koko luokalle. Elinan ainoa koko luokkaa koskeva puheensa oli oppitunnin lopussa. Silloin hän ei puhunut mistään magnetismiin liittyvästä tiedosta, koska kuviossa 26 ei ole enää yhtään sitaattimerkintää 21 minuutin jälkeen.

Elinan oppitunnilla T3 esiintyvä kriittinen toiminto vastasi kompassin toimintaperiaatteeseen liittyvään kysymykseen yhdelle oppilasryhmälle. Siinä hän viittasi magneetin ja kompassin väliseen vuorovaikutukseen (VV OPE). Puheen sisältö ei täysin vastannut kriittisen toiminnon (KO) kriteerejä. Sitaatti on 28:19 [12:58 – 13:08]:

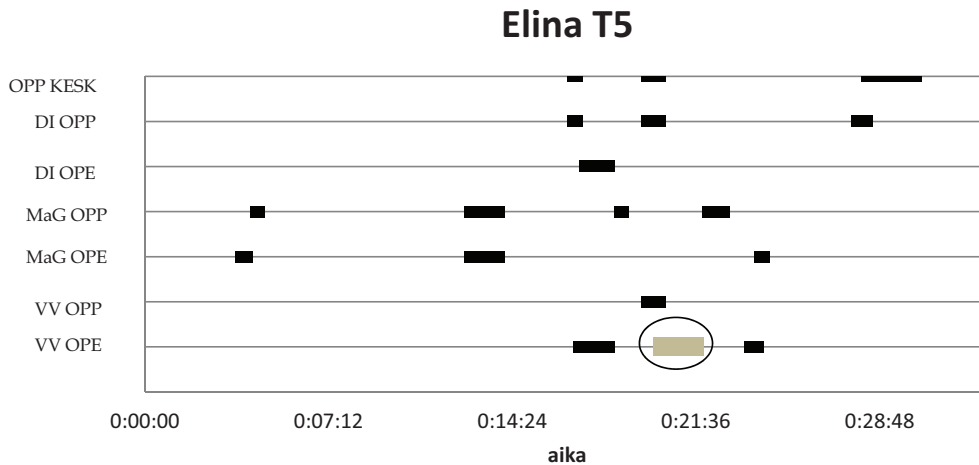
- | | | |
|---|--------------|--|
| 1 | Ellen | Missä on ihan oikeesti pohjone? Voiko tällä ihan oikeesti kattoo, missä on pohjone |
| 2 | Elina | Mikäli siinä ei ole mikään mikä häiritsee kompassia. |

Sitaattissa olevan Ellen – oppilaan kysymyksestä oli havaittavissa, ettei hänelle ollut vielä varmistunut se, miten kompassia käytetään magneettisen vuorovaikutuksen havainnointiin. Sitaatista on havaittavissa, ettei Elina antanut oppilaalle hänen esittämäänsä kysymykseen suoraa vastausta. Opettaja vastasi ympärilyyriä ja jätti tulkin oppilaan vastuulle. Tämä oli hyvin tyypillinen Elinan toimintatapa.

Koska oppitunnilla T3 olisi viimeistään ollut tärkeä tuoda ensimmäisen kriittisen toiminnon (KO) asia esille ja sitä ei Elinalla ollut, hänen oppitunnin T3 toimintoja on tarkasteltu seuraavaksi tarkemmin. Elina ei käynyt oppitunnilla T3 yhtään opetuskeskusteluja. Sen sijaan hän jakoi oppilaille aiemmin olleen kokeen. Osa Elinan ryhmän oppilaspareista oli lopettanut jo oppitunnin T3 oppilastöiden tekemisen (kuviossa 27 ensimmäinen pystyviiva) ennen kuin viimeisin ryhmä aloittaa (kuviossa 27 toinen pystyviiva) sen tekemisen. Samoin kolme oppilasta teki oppitunnilla T3 englannintehtäviä. Oppitunnin T3 pituus oli 40 minuuttia, mutta oppitunnin ajaksi on laskettu kameroiden kuvaama aika, jolloin oppilaat olivat luokassa, ja ainakin yksi oppilasryhmistä teki oppilastöitä

tai täytti oppilaslomakkeita. Siinä ei huomioitunut se, että Elina tuli oppitunnille T3 lähes 7 minuuttia myöhemmin kuin oppilaat, ja kamerat oli käynnistetty jo ennen sitä. Oppitunnit T2 ja T3 muodostivat välitunnillisen kaksoistunnin, jolloin osa oppilaista teki oppitunnin T3 alussa vielä oppitunnin T2 tehtäviä. Todellisuudessa oppitunnin T3 asiaan käytettyä aikaa oli mahdoton määrittää videolta, koska siltä ei ollut selvästi havaittavissa kohtaa tai ajanhetkeä, jolloin käsittelyssä siirryttiin T3 aiheeseen. Oppilaat siirtyivät T3 työhön omissa tahdissa ilman, että he saivat ohjausta sen aloittamiseen.

Oppitunnilla T5 Elina keskusteli yhden oppilasparin kanssa kompassista ja siitä, miten se toimii ja mihin sen toiminta perustuu (KO). Elina puhui pienellä äänellä, hyvin yksityisesti tarkoitetulla tavalla oppilasparille. Oppitunnilla T5 oleva kriittinen toiminto KO on ympyröity kuviossa 28.



KUVIO 28 Elinan oppitunnin T5 puheen asiasisällöt koodattuna

Kuviossa 28 ympyröity kriittisen toiminnon KO mukainen keskustelu on sitaatista 24:87 [20:18 – 21:33]. Opettaja tuli oppikirjan kanssa Veeran ja Villen luo ja kertoi magneettisten napojen sijainnin maapallolla. Opettaja puhui hyvin hiljaisella äänellä. Niin hiljaisella, ettei siitä saanut selvää kuin yksittäisiä sanoja, vaikka videonauhuri oli aivan ryhmän vieressä. Tämän vuoksi koko sitaatista ei ole voitu kirjata kokonaisia lauseita, vain yksittäisiä sanoja. Puheesta kuului esimerkiksi Elinan sanomana:

”pohjoisessa on magneettinen eteläkohti”

ennen seuraavaa keskustelua.

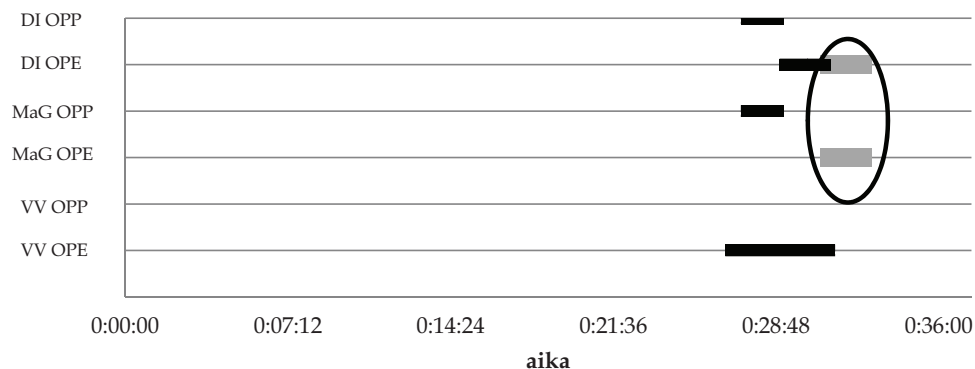
- | | | |
|---|--------------|---|
| 1 | Ville | Miksi (maapallon) pohjoisessa on magneettinen etelä? |
| 2 | Elina | Koska se vetää puoleensa. |
| 3 | Ville | Koska se vetää pohjonnappi puoleensa? (pyörittelee sanoja etelä, maapallon etelä jne. ja vähän naureskelee) |
| 4 | Elina | Kompassinuoli on kestopagneetti. |
| 5 | Veera | Miten se kestopagneetti? |

- (Opettaja sanoo jättävänsä kirjan luettavaksi.)
- 6 **Elina** Nyt jos sä ymmärrät, että kompassi on kestmagneetti, niin se on loogista.
- 7 **Ville** Niin, mutta en oikein ymmärtänyt ko sää sanoit, että tää on (tauko) no joo."

Keskustelun sisältö ei täysin nytkään vastannut kriittistä toimintoa KO. Kuitenkin siitä löytyi magneetin ja kompassin välinen vuorovaikutus (puheenvuoro 2 ja 3) ja samoin siinä tuli ilmi, että maapallon pohjoisessa on oltava magneettinen etelä, koska kompassineulan kärki ja siinä oleva pohjoiskohtio vetävät toisiaan puoleensa. Asia ei tullut kovin selkeästi esille, mutta sisällöllisesti nämä kuitenkin oli puheesta tulkittavissa.

Elina kävi koko luokan kanssa vain yhden kriittisen toiminnon mukaisen keskustelun. Se oli oppitunnin T6 lopussa oleva kriittinen toiminto järjestys eli JÄ. Kuviossa 32 on merkitty ympyrällä edellisen keskustelun sijoittuminen oppitunnilla T6.

Elina T6



KUVIO 29 Elinan oppitunnin T6 asiasisällöt koodattuna

Kuviossa 29 on oppitunnin T6 asiasisällöt koodattuna. Ympyröitynä on neljäs kriittinen toiminto, joka on sitaatista 39:43 [31:09 – 32:38]. Magneetin sisäisestä rakenteesta, Elina toi lähinnä esille sen, että magneetissa on erilaiset päät, ja päillä on erilainen vuorovaikutus magneetin kanssa. Esimerkkinä tällaisesta keskustelusta on litteroituna osa sitaatista 39:43.

- 1 **Elina** Kun magneetti ja rautalanka laitetaan kosketuksiin toistensa kanssa niin miksi magneetilla ei voi tehdä näin? (näyttää, että liikuttelee magneettia edestakaisin rautalangan läheisyydessä) te osaatte **magnetoida**, ..., mitä siinä tapahtuu...
- 2 **Viivi** **Plussat ja miinukset sekottuu**
- 3 **Ville** Ne ionit.
- ...
- 4 **Elina** Mitä ne voi olla?

5	Viivi	Sähkövaraukset!
6	Elina	Me sovittiin , ja sinä sanoit moneen kertaan ettei ne ole sähkövarauksia
7	Viivi	Mutta kun sinä et kerro mitä ne on, ... niin niin, mutta kun me ei tiietä mitä ne on!
8	Veera	Ne on niitä rakenneosia , mutta mitä se tarkoittaa?
9	Ville	Ne on niitä ioneja
10	Teemu	Atomivaraus
		...
11	Raija	Se saa magneettiset varaukset, jolloin se saa omat napansa. Ne navat jos ne sekottuu niin, ei sitten se mennee?...
12	Elina	Miten me voita niitä ilmaista tai piirtää, ...
13	Viivi	Plussilla ja miinuksilla
14	Raija	e ja p
15	Elina	Okei, näyttää siltä, että ne plussat ja miinukset sekoittuu niiden sähkövarausten kanssa
16	Viivi	Eikä sekoitu, koska tiään, että plussalla ja miinuksella merkitän siinä magneetissa pohjoneen ja etelä
17	Ville	Pitäiskö oppilaiden tässä oppia jotakin?
18	Viivi	Alkaa turhauttaa
		...
19	Viivi	Koska ne vetää ja eivät vedä
20	Elina	No voisko ajatella, että siniset eivät vedä ja punaiset vetää?
21	Viivi	No voi
22	Elina	Onko sillä plussalla ja miinuksella mitään merkitystä?
23	Viivi	El, ei oo, koska minä en tiä niille mittään muuta nimmeä kö plusat ja miinukset
24	Elina	Keksi sille jokin niin hyvä nimi, että...
		...
25	Viivi	Käyrät ja suorat

Keskustelussa tuli esille virheellinen tieto, että magnetoinnissa kappaleessa tapahtuu rakenneosien sekoittuminen (puheenvuorossa 2), jota Elina ei korjannut. Toisaalta keskustelussa esille tullut rakenneosien nimeäminen plussaksi ja miinukseksi vei koko keskustelun koskemaan napaisuuden nimiä. Samalla sivuttiin hiukan sitä, että magneettien päiden välillä oli vetovoimia, ja päillä oli erilaiset magneettiset vuorovaikutukset (puheenvuorot 19 ja 20). Oppilailla oli edelleen havaittavissa käsitys, että magneetissa on erilaisia sähkövarauksia (puheenvuoro 5). Elina sanoi, että he olivat sopineet, vaikka niin ei oltu tehty missään vaiheessa oppitunteja (puheenvuoro 6). Oppilaat eivät voineet tietää, että sähkövarauksien nimiä ei voi käyttää, koska magneetin päiden nimeämisestä ei aiemmin käyty keskustelua (puheenvuoro 7).

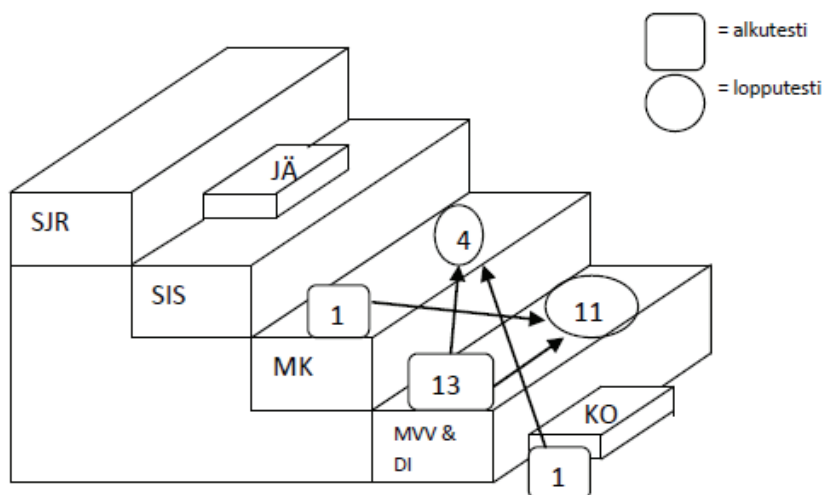
Sitaatin keskustelu oli kriittisen toiminnon, järjestys (JÄ), mukaista sillä perusteella, että siinä puhuttiin samassa yhteydessä magnetoinnista, magneetin napaisuudesta ja napojen välisestä magneettisesta vuorovaikutuksesta (puheenvuorot 1, 20 ja 22). Magneetin sisäisestä rakenteesta ei puhuttu, mutta muun puheen osalta puheen sisältöä voitiin tulkita neljänteen kriittiseen toi-

mintoon, järjestys (JÄ) kuuluvaksi, koska siinä tuli esille magneetin sisällä olevan joitakin asioita.

Elin antoi oppilaiden vapaasti keskustella omista näkemyksistä ja siitä, mitä magneetin sisällä on (puheenvuorot 2, 3, 5, 8 – 10, 13, 14 ja 25). Hän ei heti ohjannut oppilaiden ajattelua, eikä kumonnut oppilailta tulevia ehdotuksia magneetin magneettisuuden aikaan saaville osille (puheenvuorot 9, 10, 11, 13, 14). Tästä seurasi se, että useat oppilaat sanoivat, ettei heitä opeteta ja siksi he eivät opi eivätkä voi oppiakaan mitään (puheenvuorot 7, 17, 18). Oppilaat odottivat saavansa vastauksen ongelmiinsa ja heidän selkeästi esitettyihin kysymyksiin (puheenvuorot 7, 17).

Elinan oppitunneilla oli koko luokalle suunnatut asiasisällöistä keskustelu vasta oppitunnilla T6. Oppilas aloitti puheen kysymyksellä. Tämä johti opettaja ja koko oppilasryhmän kanssa käytyyn keskusteluun. Keskustelun alku oli selkeästi suunnattu yhdelle oppilasparille, mutta koska asia kiinnosti oppilaita, ja keskusteluun oli helppo lähteä mukaan, muuttui se koko luokan yleiseksi keskusteluksi. Lopulta siihen osallistui useat oppilaat sekä opettaja. Puheen sisältö ei liittynyt nanomagnetismiin, jota oppitunnilla oppilastöissä käytiin läpi. Puheessa käytiin keskustelua yleisesti magnetismista.

Kuviossa 30 on esitetty, mitä kriittisiä toimintoja Elinalla esiintyi, ja minäkalaisia malleja hänen ryhmänsä oppilailta oli magnetismille alkutestissä ja lopputestissä. Kriittiset toiminnot olivat oppilaille annettuja apuportaita, joiden avulla oppilaiden oli helpompi saavuttaa malliin lisää yksityiskohtia ja magneettisia ominaisuuksia. Isoilla porrasaskelmilla kuvataan kuvion 9 mukaista mallien hierarkiaa. Mitä korkeammalle portaissa oppilaan malli eteni, sitä enemmän siinä oli yksityiskohtia. Alataso vastaa mallia, joka oli virheellinen tai tilannetta, jossa ei ollut ilmaistua mallia lainkaan.



KUVIO 30 Elinan ryhmän oppilaiden mallinnuksen portaat kriittisten toimintojen tukena.

Kuviosta 30 on Elinan oppilaiden muodostamien mallien jakautuminen alkutestissä portaiden etureunassa olevassa laatikoissa ja lopputestissä ympyrässä. Nuolet kuvaavat, miten muutokset ovat tapahtuneet. Tarkasteluun on otettu ne oppilaat, jotka ovat osallistuneet alku- ja lopputestiin. Näistä Elinan oppilaista kaikki kykenivät tuottamaan jonkinlaisen mallin molemmissa testeissä. Alkutestin 13 oppilaasta 11 (73 %) jäi edelleen tasolle DI - malli. Korkein taso oppilaiden malleissa oli MK, jonka saavutti yksi oppilas. Hänellä oli alkutestissä NO - malli. Hänen mallinsa muutos oli Elinan ryhmän suurin. Yhden oppilaan malli taantui MK - luokasta DI - luokkaan. Kokonaisuutena ryhmän malleissa ei tapahtunut suuria muutoksia. Sekä alku- että lopputestin tehneistä Elinan oppilaista 27 % mallit kehittyivät.

Elinan opetuksessa oli niukasti kriittisiä toimintoja. Elinan opetuksessa oli havaittavissa jossakin muodossa ensimmäinen kriittinen toiminto (KO) ja viimeinen kriittinen toiminto (JÄ). Kuviossa 30 nähdään, että Elinalla oli apuporras, KO eli kriittinen toiminto kompassin käyttö. Apuporras oli kuitenkin pieni, koska oppitunneilla esiin tulevia asioita oli hyvin niukasti, ja ne esitettiin vain joillekin oppilaille. Vaikka KO tuli esille oppitunneilla T3 ja T5, olivat ne vain yhden oppilasryhmän kanssa käytyjä keskusteluja. Koko luokan kanssa käytiin vain yksi kriittinen toiminto, ja se oli oppitunnilla T6 oleva JÄ toiminto.

Elinan esittämien kriittisten toimintojen ja oppilaiden tuottamien mallien kehittymisen välillä on nähtävissä yhteys.

5.3.5 Yhteenveto opettajien kriittisten toimintojen vaikutuksesta oppilaiden ilmaistuihin malleihin

Kuvioista 19, 25 ja 30 nähdään, että opettajien kriittisten toimintojen esiintymisessä oli eroja. Merkittävin ero oli siinä, että kaikilla opettajilla ei ollut kaikkia kriittisiä toimintoja. Heidän oppilaiden tuottamia magnetismin mallejakaan ei ollut samalla tavalla eri luokista. Opettajien kriittisten toimien ja oppilaiden ilmaisemien mallien välillä näytti olevan yhteyttä.

Hilmalla oli kolme ensimmäistä (KO, MG ja PI) kriittistä toimintoa (kuvio 19). Hänellä ei ollut viimeistä (JÄ), edelliset yhteen sitovaa toimintoa, jossa olisi vielä tullut esille se, että magneeteilla on sisäinen, järjestäytynyt rakenne. Hänen oppilaillaan ei esiintynyt lopputestissä sisäistä rakennetta kuvaavia (SIS ja SJR) malleja. Yhdenkään oppilaan mallin sisällössä ei tapahtunut vähentymistä. 50 %:lla alku- ja lopputestin tehneitä oppilaista malli kehittyi.

Anneli toi esille omassa opetuksessaan kaikki kriittiset toiminnot (kuvio 14). Hänen ryhmänsä oppilailla tapahtui selvää positiivista muutosta oppilaiden malleissa (kuvio 25). Hänen oppilaillaan oli monipuolisimmin malleja ja niitä oli myös sisäisen rakenteen malliluokista SIS ja SJR. Yhdenkään oppilaan malli ei muuttunut vähemmän sisältörikkaaksi. 75 %:lla alku- ja lopputestiin osallistuneista oppilaista malli kehittyi.

Elinan oppitunneilla (kuvio 30) tuli esille kriittinen toiminto KO (kompassi) vain yksittäisille oppilasryhmille (kuviot 26 ja 28) sekä osia kriittisestä toiminnosta JÄ (järjestys) koko ryhmälle (kuvio 29). Muita kriittisiä toimintoja hänellä ei esiintynyt. Oppilaiden ilmaistuissa malleissa tapahtui muutos 25 % alku- ja

lopputestiin osallistuneista oppilaista. Elinan ryhmän yhden oppilaan malli on puutteellisempi opetusjakson jälkeen kuin ennen opetusjaksoa.

5.4 Luokahuonevuorovaikutuksen muodot, joilla ohjataan oppilaiden ilmaistujen mallin kehittymistä

Pollardin ym. (2008) mukaan opetus-oppimisprosessissa vuorottelevat oppilaan aktiivinen osallistuminen, esimerkiksi oppilaan tekemät oppilastyöt ja aktiivinen osallistuminen opetuskeskusteluun, sekä opettajan toimet, joilla tuetaan ja ohjataan onnistunutta oppimisen polkua (kuvio 5). Opettajan tulee kartoittaa oppilaiden tarpeet ja olemassa olevat tiedot, jakaa tietoa ja ohjeita opetuskeskustelujen ja oppilaiden yksilöllisten ohjaamisten kautta. Opetuskeskustelut kuuluvat oppilaankin aktiiviseen toimintaan, ja siten opetuskeskustelua voidaan pitää opettajan ja oppilaan välillä olevana tiedon siirtoväylänä molempiin suuntiin. Tiedonsiirtoväylän toimivuuteen vaikuttaa moni asia: Toisaalta oppilaan kyky vastaanottaa ja omaksua tietoa ja toisaalta opettajan aktiivisuus tiedon jakajana sekä myös vastuunottajana opetuksen etenemisestä.

Tässä osassa tutkitaan oppilaan konstruktiota ohjaavaa luokahuonevuorovaikutusta. Vuorovaikutustarkastelussa on analysoitu tarkemmin opettajan roolia, koska opettajan tulisi olla luokassa se, joka toimii ohjaajana, aloitteen tekijänä ja oppilaiden ajatusten suuntaajana. Oppilaiden toimien vertailu ei olisi ollut mielekästä, koska oppilaiden keskinäiset sosiaaliset suhteet tai ryhmän sisäiset toimintatavat eivät olleet tämän tutkimuksen varsinaisia kiinnostuksen kohteita. Keskeisimpiä huomioita oppilaiden toimista on tuotu esille niissä yhteyksissä, joissa niiden on katsottu vaikuttaneen oleellisesti koko ryhmän tai opettajan toimintaan.

Opettajan rooli vaihtelee oppitunneilla. Opettaja voi toimia esimerkiksi toimintojen suuntaajana ja tiedon jakajana. Näitä toimintoja nimitetään oppilaan oppimisen ohjaamiseksi, jotka ovat opetuksen erilaisia muotoja. Oppitunnin aihe ja asiasisältö vaikuttavat osittain siihen, minkälainen rooli opettajalla oli. Tutkimukseen liittyvillä opetusjakson oppitunneilla on tutkittu sitä, onko opettajalla oppitunnin alussa oppilastöihin liittyvää teoriaa, jolla opettaja kiinnittää oppilaiden havainnot opetusmalliin. Sen jälkeen on selvitetty kuinka opettaja ohjasi oppilaita tutkimuksen aikana. Opetusjakson oppitunneilla oppilaiden oli tarkoitus kokeellisen työskentelyn kautta tehdä havainnot ja niistä päätelmiä magneetteihin ja niiden ominaisuuksiin liittyen. Koska oppilaiden kokeelliset oppilastyöt olivat merkittävässä roolissa oppilaiden työskentelyssä, on videotallenteilta selvitetty myös sitä, hyödynsikö opettaja oppilaiden tekemiä havainnot ja heidän saamiaan tutkimustuloksia.

Litteroiduissa puheissa on lihavoitu puhujan lisäksi puheenvuoron oleellisin merkitys. Kolme pistettä tarkoitetaan sitä, että keskustelusta on poistettu osat, joilla ei ole merkitystä asian etenemiseen.

5.4.1 Opetuskeskustelut, opettajan ja oppilaan välistä vuoropuhelua

Tutkimuksessa olevien oppilasryhmien oppitunneilla oli vaihtelua opetuskeskustelun määrässä. Eroja oli opettajien välillä ja samalla opettajallakin eri oppituntien välillä. Opetuskeskustelu on oppituntien koodauksissa koodi 3 (taulukko 8). Ne ovat tilanteita, joissa opettaja käy keskustelua magnetismiin tutkimuksiin tai opetusmalliin liittyen. Taulukossa 22 on esitetty se, kuinka pitkiä eri oppitunnit olivat, jokaisen opettajan oppituntien kestot ovat omissa sarakkeissaan. Taulukossa 23 on samalla tavalla esitetty jokaisen opettajan jokaisella oppitunnilla opetuskeskusteluun käytetty kokonaisaika. Annelilla on laskettu ajat erikseen A- ja B – ryhmille sekä ryhmien keskiarvolle.

TAULUKKO 22 Opetusjakson oppituntien kestot opettajittain

Oppitunti	Hilma	Anneli	Elina
T1	50 min	43 min	37 min
T2	41 min	45 min (A) ja 38 min (E)	31 min
T3	45 min	43 min (A) ja 44 min (E)	40 min
T4	34 min	40 min	41 min
T5	34 min	38 min	31 min
T6	41 min	42 min	37 min
yhteensä	245 min	251 min (A) ja 245 min (B) ($t_k = 248$ min)	217 min

Taulukosta 22 nähdään, että lyhimmät oppitunnit olivat Elinalla sekä lähes yhtä pitkät oppitunnit Hilmallä ja Annelilla. Elina käytti opetukseen keskimäärin 13 % vähemmän aikaa kuin Hilma ja Anneli. Oppituntien kokonaiskesto oli Elinalla 28 minuuttia vähemmän kuin Hilmallä ja keskimäärin 31 minuuttia vähemmän kuin Annelilla. Hilman ja Annelin välillä vastaavasti eroa oli keskimäärin 3 minuuttia eli noin 1 %. Jos kaikki oppitunnit olisivat olleet 45 minuutin mittaisia, niiden yhteispituus olisi ollut 270 minuuttia (6x45 min). Kukaan opettajista ei videoiden perusteella käyttänyt tätä aikaa. Se vastaa myös koulutodellisuutta, koska oppitunnin kulkuun vaikuttaa monia asioita, eikä opetukseen yleensä ole mahdollista käyttää koko 45 minuuttia.

Opetuskeskustelussa oli opettajan ja oppilaan puheen vuorottelua. Näissä tilanteissa voitiin keskustella monipuolisesti oppitunnin asiasisällöstä, oppilastöiden suorittamisesta tai niistä saaduista tuloksista. Taulukossa 23 on esitetty opettajien oppitunneilla olleiden opetuskeskusteluiden ajat oppitunneittain ja niistä muodostunut yhteisaika.

TAULUKKO 23 Opetusjakson opettajien opetuskeskustelujen (taulukossa 4-7 määritelmä) kestot oppitunneittain.

Oppitunti	Hilma	Anneli	Elina
T1	5 min	7 min	2 min
T2	2 min	9 min (A) ja 14 min (E)	5 min
T3	11 min	14 min (A) ja 17 min (E)	0
T4	1 min	10 min	1 min
T5	5 min	7 min	1 min
T6	9 min	8 min	10 min
yhhteensä	33 min	55 min (A) ja 63 min (B)	19 min

Taulukosta 23 havaitaan, että opetuskeskustelun määrä muuttui yksittäisellä opettajalla oppitunnista toiseen ja myös opettajien opetuskeskusteluiden määrässä on havaittavissa eroja. Tämä saattoi johtua siitä, että oppitunneilla T1 ja T2 oppilaat osallistuivat keskusteluun hyvin vähän. Pääosa oppitunnin puheesta oli opettajan pitämää luennoksi kategorisoitua puhetta (koodi 1) tai opettaja antoi ohjeita oppitunnin sisältämien töiden tekemiseen (koodi 6). Näitä toimintoja ei määritetty (taulukko 8) opetuskeskusteluksi (koodi 3). Oppilaiden puhumattomuus johtui varmasti osittain tutkimuksen aiheuttamista järjestelyistä. Kamerat olivat luokassa selvästi esillä eivätkä oppilaat olleet tottuneet oppituntien videointiin. Tämä näkyi esimerkiksi oppilaiden kameralle poseeraamisena. Tilanne kuitenkin vapautui, ja oppilaat jopa selvästi unohtivat videokameroiden olemassaolon myöhemmillä oppitunneilla.

Opetuskeskustelun määrässä oli opettajilla ja opettajien välillä selvästi eroja. Hilman opetuskeskustelun määrä vaihteli oppitunneittain. Annelilla oli, oppituntia T3 lukuun ottamatta, opetuskeskusteluun käytetty aika hyvin samansuuruinen jokaisella oppitunnilla. Annelin oppitunneilla käytettiin myös selvästi eniten aikaa opetuskeskusteluihin. Yksittäiset opetuskeskustelut olivat usein pitkiä, ja siksi niihin käytetty kokonaisaika yhdellä oppitunnilla muotoutui pitkäksi. Elina käytti vähiten aikaa oppitunneista opetuskeskusteluun. Elina ei käynyt kaikilla oppitunneilla opetuskeskusteluja lainkaan ja joillakin vain hyvin vähän (1 minuutti). Oppitunneilla T1 - T5 opetuskeskusteluihin käytetty yhteisaika oli 9 minuuttia, joka oli vähemmän kuin Hilman tai Annelin yksittäisen oppitunnin opetuskeskustelun määrä noilla oppitunneilla. Oppitunnilla T6 Elinan opetuskeskustelun kokonaisaika oli 10 minuuttia ja siitä suurin osa menee kriittiseen toimintoon JÄ oppitunnin lopussa.

Taulukoista 22 ja 23 on määritetty jokaiselle opettajalle opetuskeskustelun osuus oppitunnin kokonaiskestosta. Hilman oppituntien yhteispituus oli 245 minuuttia ja siitä opetuskeskustelun osuus oli 33 minuuttia. Siten keskustelun prosentiosuus on Hilmallä 13 % (13 min/245 min). Annelin opetuskeskustelun osuus oli 22 % ryhmälle A ja 26 % ryhmälle B. Elinan opetuskeskustelun osuus oli 9 % oppituntien kokonaisajasta. Eroa ei voida selittää persoonallisuuseroilla, koska Elina puhui tunneilla, mutta se ei ollut läheskään aina opetuksellisesti merkittävää. Elinan oppitunneilla kului paljon aikaa esimerkiksi kuviossa 27 ja

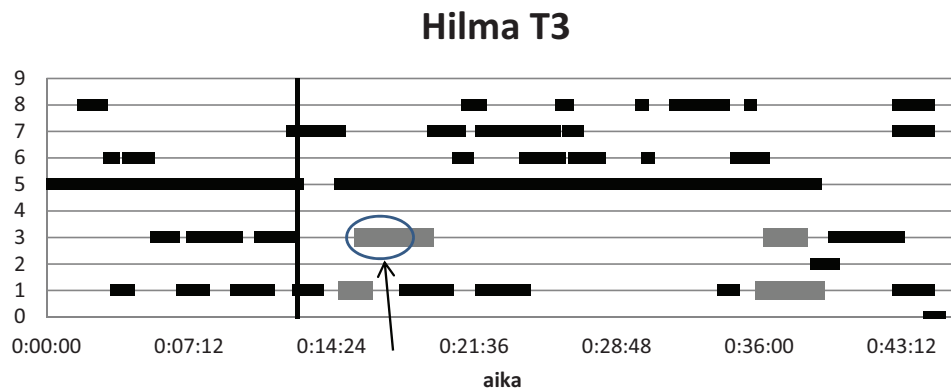
sen vaakariville 8 koodattuun muuhun toimintoon. Silloin keskusteltiin muun muassa koulun ruokalistasta.

Opettajien opetuskeskusteluiden tarkoitukset vaihtelevat. Eniten yhtäläisyyttä on havaittavissa Hilman ja Annelin välillä. Heidän keskusteluun käyttämä kokonaisaika ja puheen tarkoitus olivat hyvin samankaltaiset. Elinan toimintatapa poikkesi merkittävästi muiden opettajien toimintatavasta. Elina muun muassa tulkitsi opettajille annetun ohjeen niin, että hän ei saa kertoa oppilaille mitään muuta kuin vain sen, miten oppilastyöt mekaanisesti suoritetaan ja mitä välineitä tarvitaan. Opetuskeskustelussa oppilaiden kanssa Elina ilmoittaa, ettei voi kertoa. Opettajille esitettiin toive, etteivät he kertoisi magneetin opetusmallissa olevan magneetti koostuvan alkeismagneeteista. Seuraavassa on Elinan usein toistuva tapa toimia oppilaiden esittämissä kysymyksissä:

1	Elina	Magnetoidaan sauvamagneetilla. ...Ei saanut tiputtaa. Koska silloinhan se häviää se magneettisuus sieltä.
2	Viivi	Miks se häviää?
3	Elina	Mä en saa vastata sitä. Me tänään tutkitaan sitä.
4	Veera	Miksi meiltä pimitetään tietoa.
5	Elina	Ei, vaan katotaan myöhemmin.

Videoilta tulee muutamia kertoja esille vastaava Elina ilmoitus, ettei anna vastausta asiaan. Muiden opettajien puheesta ei ollut havaittavissa vastaavanlaista keskustelua, jossa oppilaat kysyvät opettajalta neuvoa, ja opettaja ei suostu sitä antamaan tai kertomaan tieteellistä mallia asiasta.

Opetuskeskustelun aiheet vaihtelivat. Kuviossa 31 on Hilma oppitunnin T3 luokkahuonevuorovaikutukset koodattuna taulukon 8 mukaisesti.



KUVIO 31 Hilman oppitunnin T3 vuorovaikutukset kategorisoituna

Kuviossa 31 on ympyröity sitaatti 29:77 [16:00 - 18:06]. Sitaatti on valittu Hilman oppitunnilta T3, koska sillä oppitunnilla Hilma käytti eniten aikaa opetuskeskusteluun, ja oppituntien T2 ja T5 välissä tapahtui selvä parannus oppilaiden ilmaistuissa malleissa. Tämän sitaatin aikana käydyn opetuskeskustelun keskeisimmät osat on litteroitu. Sisällön analyysin perusteella se kuuluu kriitti-

seen toimintoon KO. Tekstin viereen on merkitty, mikä tarkoitus puheenvuorolla on ollut.

			Puheen tarkoitus
1	Hilma	Nyt teidän on tarkoitus saada mallinnettua magneettikentän malli. Kerro mikä on kompassi ja miten se toimii?	Opettaja kertoo oppilastyön tarkoituksen ennen työskentelyn aloittamista. Kartoittaa oppilaiden aiempia käsitteitä. Oppilaan malli
	Aleksi	Okei, okei! Kompassi on se, joka näyttää missä on pohjoinen.	
2		...	
3	Emma	Kompassi on neula joka pyörii niin, että siinä on mahdollisimman vähän kitkaa, ja neulan kärki osoittaa kohti pohjoista.	Toisen oppilaan malli
4	Hilma	Joo. Miksi kompassineula kääntyy niin, että toisessa päässä kompassineulaa kääntyy kohti ja toisessa pois päin?	Opettaja tarkentaa kriittisen toiminnon sisältöä.
		...	
5	Emma	Magneetin päässä olevien plus- ja miinusnapojen takia.	Oppilas tarkentaa mallia
		...	
6	Hilma	Oletteko kuulleet, miksi niitä päitä kutsutaan?	Opettaja ohjaa oppilaiden ajattelua.
7	Kaija	Magneettinen pohjoisnapa ja magneettinen etelänapa...	

Keskustelusta käy ilmi, että opettaja selitti, miksi työskennellään (puheenvuoro 1), ja että oppilaat esittivät heillä olemassa olevan mallin (puheenvuorot 2 ja 3) sekä se, että opettaja ohjasi oppilaiden ajattelua ja auttoi oppilaita tarkentamaan malliaan (puheenvuorot 4 ja 6).

Opetuskeskusteluun käytetyn ajan perusteella ei voida tehdä päätelmiä opettajan oppilaille antamasta tuesta, vaan se vaatii opetuskeskustelun sisällön tarkastelua. Siksi seuraavassa selvitetään mitä tarkoitusta varten opetuskeskusteluja käytiin. Tarkasteltavia asiasisältöjä ja näkökulmia voisi olla monia, mutta tässä tutkimuksessa tarkastelu kohdennetaan opettajan toimiin, joilla hän auttaa oppilaan ilmaistun mallin muodostamisessa (kuvio 11). Niitä ovat opettajan opetusmallin esilletuomista, oppilaiden työhön ohjaamista ja oppilaiden kokeellisen työskentelyn tulosten hyödyntämisessä. Nämä tekijät muodostavat tämän tutkimuksen oppilaan ohjaamisen. Seuraavassa käsitellään jokainen ohjauksen muoto erikseen.

5.4.2 Opettaja sitoo ilmiön opetusmalliin

Opettajan tulee ohjata oppilaiden ajattelua opiskeltavan magnetismin rakennetta kuvaavaan opetusmalliin (kuvio 7). Tuolloin opettaja kertoo niistä mallin elementeistä, jotka oppilaiden tulee huomioida omassa ilmaistussa mallissaan

(kuvio 7). Opettajan hyödyntäessä oppilailta jo olevaa mallia on opettajan oppilaille antama ohjaus kohdistettu oikeaan aikaan, oikeanlaisen ja auttaa parhaiten oppilaita tavoittamaan ja sisäistämään uutta tietoa. Opetusmallissa on usein elementtejä, joita oppilaat eivät kykene itsenäisesti ilman ohjausta huomamaan tai omaksumaan. Ne voivat olla vaativampia, kuin mitä oppilas kykenee itse omaksumaan, mutta ne voidaan omaksua, jos hän saa niiden huomioimiseen ohjausta taitavammalta ja kokeneemmalta eli opettajalta.

Seuraavassa on esimerkit kaikkien opettajien oppitunnilta. Esimerkit valittiin niin, että ne kuvaavat kyseisen opettajan tyypillisintä tapaa tuoda esille magnetismin opetusmalli ja siihen liittyvää tietoa. Esimerkit eivät siksi ole samoilta oppitunneilta.

Hilman tapa liittää opetusmalli oppilaiden havaintoihin

Hilman tapa tuoda opetusmallia vaihteli oppitunneittain. Hän esitti opetusmallin oppitunnin T1 ja T2 loppupuolella sen jälkeen, kun oppilaiden tulokset oli käyty yhdessä läpi. Oppitunneilla T3 ja T5 Hilma toi esille opetusmallin sekä oppitunnin alussa että lopussa. Oppitunneilla T4 ja T6 Hilma ei tuonut esille opetusmallia lainkaan. Esimerkissä on Hilmalle tyypillinen tapa käydä opetusmallia tai sen osaa oppitunneilla. Sitaatti 29:115 [43:03 – 44:36] on oppitunnin T3 lopusta. Sitaatti on opetuskeskustelua, josta on poimittu vain opettajan puheenvuoroja.

”Sitten kun te taas piirrätte näitä teijän kenttäviivoja, niin se **teijän neula hylkii**, se menee sen **kenttäviivat** sillä tavalla, että ne **lähtee pohjoiskohtiosta ja suuntautuu sinne eteläkohtioon...**”

Opettaja kertoi opetusmallissa olevista magneettikentän kenttäviivoista ja niiden suunnasta. Hilma liitti siihen myös oppilaiden tekemät havainnot:

”...me on tehty nyt tämä vaan tasossa, nämä magneettikentät...”

”...Mitä luulette jos sitä ois pystytty tutkimaan muuallakin kuin tasossa? ...”

Hilma kertasi minkälaisissa olosuhteissa oppilaat olivat tehneet tutkimuksen. Opettaja kysyi oppilailta hypoteesia asialle, jota he eivät olleet itse tutkineet.

”...mulla on täällä rautajauhetta ... **Me saahaan esille.** (laittaa tankomagneetin rautajauhetta sisältävän säiliön sisälle) Mitä voijaan sanoo siitä magneettikentästä, onko se vaan tasossa?... Joo me piirrettiin se tasossa, mutta se menee joka puolelle.”

Opettaja laajensi tutkimustulosten tietoa tekemällä demonstraation, jolla saadaan vastaus edellä esitettyyn lisäkysymykseen. Näiden toimien tarkoituksena oli ohjata oppilaita laajentamaan omaa tietämystään. Hilma pyysi oppilaitakin selvittämään ilmiötä, jota he eivät olleet tutkineet, mutta joihin vastaus oli pääteltävissä tehtyjen oppilastöiden perusteella. Tämä auttoi oppilaita soveltamaan tehtyjä havaintoja. Hilma käytti lähes joka oppitunti opettajanmateriaalissa olevia lisäkysymyksiä. Niiden avulla oppilaiden ajattelua voitiin suunnata haluttuun tarkastelukohteeseen. Hilma kävi neljällä oppitunnilla magnetismiin liit-

tyvää tietoa eli teoriaa oppitunnin lopussa, jolloin hän samalla satoi oppilaiden mallia opetusmalliin.

Hilma kävi ”palastellen” teoriaa pieniin osiin ja siten rakensi oppilaiden kanssa keskustellen kokonaisuutta, jonka avulla oppilaiden oli helpompi omaksumaa opetusmallin osia. Joskus yhteiselle pohdinnalle jäi vähän aikaa ja tämä aiheutti Hilmassa turhautumista. Esimerkiksi edellä olleen sitaatin alkupuolella Hilma totesi, että

”...nämä työt on aivan liian pitkiä, ja meillä jää tämä yhteinen pohtiminen niin vähäiseksi...”

Tämän oppitunnin T3 jälkeen Hilma ei kuitenkaan ilmeisesti enää kokenut, tai ainakaan hän ei enää ilmaissut, että yhteiselle pohdinnalle ei olisi jäänyt riittävästä aikaa. ”Palastellen” Hilma varmisti, että oppilaat olivat ymmärtäneet asian, ja vasta sitten siirtyi teoriassa seuraavaan palaan.

Annelin tapa liittää opetusmalli oppilaiden havaintoihin

Anneli toi oppitunneilla opetusmallin teoriaa esille yleensä oppilaiden työskentelyn jälkeen tulosten tarkastelun yhteydessä. Oppitunnilla T4 Anneli ei käynyt teoriaa ollenkaan läpi. Oppitunnilla T5 Anneli kävi teorian sekä ennen oppilaiden työskentelyä että sen jälkeen oppitunnin lopussa tulosten tarkastelun yhteydessä. Seuraavassa esimerkissä on Annelin tyyppillinen tapa tuoda esille tieteellistä tietoa eli opetusmallia. Esimerkki on oppitunnin T1 lopussa olevasta sitaatista 11:43 [40:42 – 42:45]. Sitaaatti ei ole opetuskeskustelua, vaan se on opettajan luennoksi kategorioitua puhetta. Puheesta on alla ne osat, joissa käytiin opetusmallin osia läpi, ja niistäkin osista on poistettu ylimääräiset ilmaukset, esimerkiksi toistot. Annelin puheesta on lihavoitu ne osat, joissa käy ilmi, miten teoriaa tuodaan esille.

”Teillä kaikilla on aivan älyttömän hyvät havainnot. Itse asiassa näitä olis voitu neljään eri luokkaan laittaa. Yks on ihan selvä. Ne joihin ei oo vaikutusta. Siellähän oli ne muovi ja puu sekä 10 sentin kolikko. Sitten se suolakurkku, mandariini juttu oli vähän semmonen miten se nyt toimi. **Se ei pitäis periaatteessa kuulua sinne ei-vaikutusta olevaan luokkaan.** Mutta se on vähän huono. Sen vaikutus on niin heikko, että sen vaikutuksen löytäminen voi olla vähän hankalaa. No sitten ne kolme, joihin jotakin vaikutusta on. Niin ne pannaan ferromagneettisiin, diamagneettisiin ja paramagneettisiin aineisiin.”

Sitaatissa Anneli kertoi teoriaa. Hän viittasi oppilaiden tekemiin havaintoihin ja kertoi siellä olleista havaintojen tekemisen haasteista ja miksi oppilaiden tulokset eivät vastanneet opetusmallissa olevaa teoriaa. Anneli ei kertonut, millä perusteella luokkiin jakaminen tehdään.

”Ferromagneettiset aineet on varmaan ihan itestään selviä. Vois kuvitella. Onko? (joku vastaa varovasti ei). Ei. Ferro. Mitä on ferro? (rauta) Rauta. Eli ne on semmoset, joihin magneetti vaikuttaa tosi voimakkaasti. Siellä itse asiassa, jos te olisitte huolella katto-**nut niin, näissä dollareissa on** painomuste sellanen, että siihen käytetään metallia. Ja siihen vaikuttaa magneetti voimakkaasti. Tietysti se rautanaula, se on yksi. Ja tuota (tauko) klemmari ... (Säätää samalla listaa näkyville dokumenttikameralle.) Niin nää on sellasia ferromagneettisia.”

Anneli oletti alussa, että oppilaat tietäisivät asiasta ennestään enemmän. Anneli puheesta kävi ilmi, että ainakin oppilastöiden perusteella oppilaat olisivat voineet tehdä johtopäätöksen. Opettaja kertoi, mistä tunnistaa ferromagneettisen aineen, mitkä tutkituista aineista kuuluivat ferromagneettisten aineiden luokkaan ja miten olisi huomannut huomata heikoimminkin näkyvät tulokset. Opettaja kertoi myös toisen luokan nimen ja yhden siihen kuuluvan aineen.

”Diamagneettinen aine on semmonen missä on sitä hylkimistä. Kupari on. **Te hienosti huomaisitte sen, että kupari hylkii.**”

Opettaja kertoi teoriaa diamagneettisesta aineesta, ja mikä oppilastöissä oleva aine kuului ryhmään. Anneli myös kehui oppilaita oppilastyön ja tuloksen onnistuneesta yhdistämisestä.

”Mutta se suolakurkku ois myös kuulunu tähän. Mutta se suolakurkku, mandariini on huono. Siinä on sitä vettä ja se vaikuttaa siihen juttuun.”

Oppilaiden oppilastöistä tekemissä havainnoissa oli teorian kanssa ristiriitainen tulos. Anneli kertoi, missä poikkeava tulos oli ja miksi oppilaiden havainto ei vastannut opetusmallia.

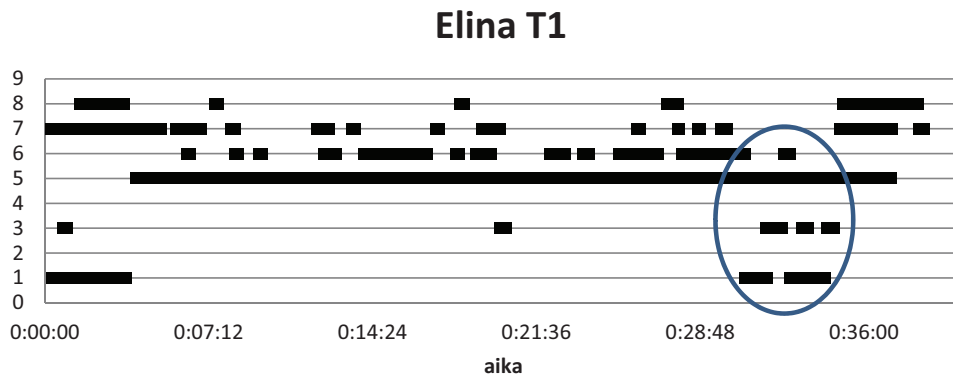
”Sitten on nää paramagneettiset aineet, jolla on heikkoa vetovoimaa, alumiini on se. Se on yksin tässä. **Magnesiumia jos ois ollu niin se ois ollu myös tässä.** Nää on tavallaan ne luokitteluryhmät.”

Lopuksi Anneli kertoi viimeisen luokan, paramagneettiset aineet, tunnusmerkit. Samalla hän kertoi mitkä tutkituista aineista kuuluivat paramagneettisten aineiden luokkaan. Anneli laajensi vielä oppilaiden tietämystä lisäesimerkillä.

Anneli hyödynsi opetusmallia läpikäydessään oppilaiden havaintoja. Toisaalta Anneli kertoi, minkälaisen havainnon oppilaat olisivat voineet tehdä ja minkälaiseen tulokseen oppilastyön avulla olisi pitänyt päätyä, jotta se vastaisi opetusmallia ja siten asiaan liittyvää teoriaa. Anneli kävi opetusmalliin liittyvän teorian yleensä kysellen oppilailta heidän käsityksiään ja ajatuksiaan asiasta. Sen jälkeen hän eteni asian käsittelyssä niin, että hän huomioi oppilaiden ajatuksista tulleen tiedon ja otti esille teoriaa, joka sitoutuu heidän esittämiin aiempiin ajatuksiin. Näin Anneli satoi oppilailla olevan mallin ja opetusmallin toisiinsa.

Elinan tapa liittää opetusmalli oppilaiden havaintoihin

Elina toi esille opetusmalliin liittyvää teoriaa vain kahdella oppitunnilla, T1 ja T6. Kuvioon 32 on ympyröity se kohta oppitunnista T1, josta esimerkkinä olevat sitaatit ja teorian tarkastelu ovat. Toinen teorian esittämiseen liittyvä keskustelu on esitelty kriittisten toimintojen yhteydessä (luku 5.3.4). Molemmilla oppitunneilla opetusmalli käytiin läpi oppilaiden kokeellisten tehtävien jälkeen, oppitunnin lopussa. Esimerkissä olevalla oppitunnilla T1 kaikki oppilaat eivät olleet vielä tuolloin lopettaneet työskentelyä. Osa heistä työskenteli myös opetusmallin sisältämän teorian läpikäymisen aikana.



KUVIO 32 Elinan oppitunnin T1 vuorovaikutukset kategorisoituna

Kuviossa 32 on esitetty Elinan oppitunnin T1 vuorovaikutukset kategorioituna taulukon 8 mukaisesti. Ympyrällä on merkitty esimerkissä T1 olevat sitaatit, joissa käydään oppitunnin teoriaa läpi. Vaakasuorien rivien vasemmassa reunassa olevat numerot viittaavat taulukossa 8 oleviin luokkahuonevuorovaikutuksen erilaisiin muotoihin.

Seuraavassa tarkastelussa Elinan oppitunnin T1 sitaatit on jaettu pienempiin osiin, koska kaikissa sitaateissa ei ole sama luokkahuonevuorovaikutuksen muoto. Ne on otettu kaikki mukaan sen vuoksi, että niistä muodostuu kokonaisuus Elinan oppitunnilla esittämästä opetusmallista.

Ensimmäisenä oli opettajan luennoksi (vaakarivi 1) kategorisoitu sitaatti 12:55 [30:46 – 31:43]:

”...Nyt ne tutkimustulokset eli ne teidän tutkittavat välineet. Eri magnetismitutkijat on kehittänyt tällaisen nelikenttäjaon tai **tommosen systeemin**. Mä olen kirjoittanut ne tänne tällä tavalla. Että on niin sanotut **ferromagneettiset, paramagneettiset, diamagneettiset ja ei magneettiset aineet**. Tätä käytetään eri puolilla maailmaa. Helpoin niistä on varmaan tuo ei-magneettiset aineet. **Ferromagneettiset tarkoittaa, että ne voi magnetoitua pysyvästi**. Teillä voi olla eri tuloksia. Se on ihan ymmärrettävää...”

Sitaatissa tulee esille jo valmiina oppilaiden paperilla olevat erilaisten magnetismin lajien nimet ja määritelmä yhdelle magnetismin lajille. Elina ei käynyt siinä läpi mitkä tutkittavat aineet kuuluvat mihinkin magnetismin lajiin. Elina ei antanut esimerkkiä minkään aineen sijoittumisesta näihin luokkiin.

Seuraavaksi on sitaatti 12:56 [31:43 – 32:24], joka tulee heti edellisen sitaatin jälkeen. Kyseessä oli Elinan, Veeran ja Villen välinen opetuskeskustelu (vaakarivi 3).

- | | | |
|---|--------------|---|
| 1 | Veera | Nyt ne ykkös tehtävässä esiintyvät sanat ovat samat. Mitä ne tarkoittaa? Mitä paramagneettinen tarkoittaa? |
| 2 | Elina | Se magnetoituu vain osittain. |
| 3 | Veera | Onko diamagneettinen sitten vaan hetkellisesti? |
| 4 | Ville | Vain toisesta päästä? |
| 5 | Elina | Nyt te voitte vastata sen saman (<i>ykköstehtävän</i>). Te voitte tehdä sen oman tutkimuksen mukaan. Sen ei tarvitse olla sama, kuin minkä minä tein täällä. |

Opetuskeskustelussa oppilaat halusivat saada selville, mitä erilaiset magneettiset aineet tarkoittavat. Opettaja ei kertonut sanojen merkitystä ja jätti myös oppilaat epä tietoisuuteen sanojen merkityksestä. Opettaja kehotti oppilaita luomaan jonkin muun tavan luokitella magneettisia aineita kuin mitä on yleisesti käytetty tapa. Seuraavassa sitaatissa 12:57 [32:30 – 32:46] on yhden oppilasryhmän ja Elinan välinen keskustelu, jossa opettaja neuvoi yhtä oppilasparia (vaakarivi 6).

- | | | |
|---|--------------|---|
| 1 | Veera | Oliko se magneetti juttu, mikä oli dia, osittain? ja (jää miettimään)? |
| 2 | Elina | Mää vielä tarkistan ne täältä (<i>näyttää kirjaa</i>). |
| 3 | Viivi | Miksi sä peitit sen? |
| 4 | Elina | Koska teiän ryhmällä voi olla erit. Mä etin vielä ne tarkat selitykset täältä kirjasta. |

Elina oli peittänyt aiemmin esittämänsä teorian ja yleisesti käytetyn tavan luokitella aineita. Peittäminen esti oppilaita näkemästä teoriaa, ja näin he eivät saaneet valmista opetusmallin mukaista, teoriaan pohjautuvaa luokittelua (puheenvuoro 3). Puheesta voi tehdä jopa tulkinnan, ettei Elina ollut varma esittämästään luokittelusta. Hän aikoi katsoa tarkat selitykset luokittelulle kirjasta (puheenvuorot 2 ja 4).

Seuraavaksi on sen jälkeen tuleva sitaatti 12:58 [32:46 – 33:17], joka oli opettajan luennoiksi kategorisoitua vuorovaikutusta (vaakarivi 1).

”...Täältä ne löyty. Ferromagneettinen tarkoittaa, että voi magnetoitua pysyvästi, diamagneettinen tarkoittaa, että voi ylipäättään magnetoitua ja paramagneetti, paramagneettinen on parempi sana, tarkoittaa, että se ei magnetoituu, mutta aikaan saa magneettisia vuorovaikutuksia.”

Elinan luki kirjasta, miten siellä määritellään eri magnetismin lajit. Omin sanoin hän ei kertonut asiaa, eikä hän huomioinut siinä oppilaiden saamia tuloksia. Viimeisessä sitaatissa 12:60 [33:36 – 34:18] oleva esimerkki oli myös Elinan luennoiksi kategorisoitu puhe (vaakarivi 1).

”Ferromagneettinen voi magnetoitua pysyvästi, paramagneettinen (tauko) ei magnetoituu, mutta aikaansaa magneettisen vuorovaikutuksen... Teillä ei missään nimessä pitänyt olla tietoa noista tutkimuksessa virallisesti käytettävistä sanoista. Joten älkää kokekokkaan, että en ole koskaan kuullutkaan noista ja en tiää mitään. Ette te voineetkaan tietää niitä...”

Elinan kertoi vielä kirjasta lukien mitä ferro- ja paramagnetismi tarkoittavat. Oppilaita hän lohdutti ja huomautti, ettei heidän ole pitänytkaan osata niitä ja heidän ei edes tarvinnut käyttää sitä omassa luokittelussaan.

Elina ei käyttänyt aikaa teorian ja opetusmallin esittämiseen. Edellä ollut keskustelu ja viimeisen oppitunnin T6 keskustelu kriittisen toiminnon JÄ puitteissa olivat ainoita kertoja, kun Elina toi opetusmallin teoriaa esille oppilaille. Silloinkaan Elina ei kertonut suoraan, minkälainen opetusmalli oli asialle. Oppilaat halusivat saada useita kertoja vastauksen heillä oleviin epäselviin kohtiin, mutta Elina ei niitä kertonut, kuten esimerkiksi sitaatin 12:56 puheenvuorossa 5

Kuviossa 33 ympyröidyn oppitunnin T2 sitaatin 6:84 [10:13 – 12:37] puheen sisältö ja se, mikä tarkoitus kyseisellä puheella oli. Sitaatti on opettajan luennoksi kategorisoitua puhetta (vaakarivi 1).

	Puheen tarkoitus
”Nyt teillä siellä se vastauslomake ja siellä on oikeestaan jo vähän ohjeistettukin eli magneetti ja sähkövaraus. (<i>Opettaja lukee suoraan oppilaiden lapusta tekstin</i>) ...	Opettaja lukee tehtävämönisteesta tehtävänannon.
Eli siinä (<i>viittaa monisteessa seuraavana olevaan välinelueteloon</i>) on annettu nyt ne tarvikkeet mitä teillä on nyt saatavilla ja teidän tehtävä ois nyt miettiä, minkälaisilla tutkimuksilla te voisitte saada selville miten nää käyttäytyy tämä sähköinen varaus ja sitten tuo magnetismi...	Opettaja selittää mitä tehtävänannonla tarkoitetaan.
Mulla on lisää kysymyksiä. Eli täältä näitten kysymysten avulla te voisitte nyt pareittain (laittaa kysymykset näkyville dokumenttikameralle) pohtia, minkälaisia tutkimuksia te nyt tekisitte niillä yllä olevilla välineillä ja nyt kun te käänätte sitten sitä vielä seuraavalle sivulle siellä, on taulukko, jonne te sitten kuvaillette, minkälaiset tutkimukset te sitten teette. Mutta nyt minä annan teille sen hetken , tutustukaa ja miettikää rauhassa, mitkä ois ne tutkimukset, mitä te ruppeette tekemään.”	Opettaja näyttää lisäkysymyksiä siitä, minkälaisia tutkimuksia voitaisiin tehdä. Kehottaa oppilaita tutustumaan ja miettimään oppilastyön aiheita.

Sitaatissa oleva luento-osuus on jaettu sisällön mukaisesti osiin, vaikka puhe on yhden sitaatin yhtenäinen esitys. Luettuaan oppilaiden tehtävämönisteesta ohjeen Hilma vielä selitti sitä, mitä teksti tarkoitti. Seuraavaksi opettaja lähestyi opiskeltavaa asiaa kysymyksillä, joita löytyi opettajien materiaalista. Lopuksi, opettaja vielä kehotti oppilaita itse tutustumaan ohjeisiin. Tämä esimerkki kuvaa Hilman tyypillistä tapaa ohjeistaa oppilaita kokeelliseen työskentelyyn. Yleensä Hilma ei kysynyt oppilaiden ajatuksia tai mallejakaan ohjeistaessaan oppilaita työskentelyyn.

Toinen esimerkki on oppitunnilla T4. Siinä Hilman ohjaus oppilaiden työskentelyn aloittamiseksi eteni seuraavalla tavalla. Heti oppitunnin alussa olevassa sitaatissa 36:3 [00:45 – 01:57] Hilma johdatteli tunnin aiheeseen opettajanmateriaalissa (liite 8) olevien kysymysten avulla. Hilma näytti ne dokumenttikameran avulla ja kehotti miettimään vastauksia kysymyksiin aiemmilla oppitunneilla käytyjen asioiden kautta. Tässä sitaatissa Hilma hyödyntää lisäkysymyksiä. Lisäkysymykset toimivat oppilailla olevien mallien selvittämiseen ja oppilaiden ajattelun suuntaamiseen. Seuraava oppilaiden työskentelyä ohjaavassa sitaatissa 36:5 [04:19 – 04:37] opettaja luki kysymykset uudelleen läpi, mutta ei edelleenkaan selitä mitä kysymyksillä tarkoitetaan. Sitaatissa 36:6 [04:39 – 05:13] Hilma luki oppilasmonisteen kysymykset vielä sanasta sanaan läpi ja kertoi mitä tutkimusvälineitä tarvitaan. Samalla Hilma näytti, minkälaisia tarvittavat välineet olivat. Tämän jälkeen hän pyysi vielä oppilaita kertomaan, miten oppitunnilla valmistettava pillimagneetti tehdään. Hilma tarkensi, että hän haluaa kuulla työn vaiheet. Oppilaista Emma kävi läpi toiminnan vaiheet, joka tulee esille sitaatissa 36:7 [05:12 – 05:36]. Tämän jälkeen Hilma vielä luki oppilasmonisteesta, mitä oppilaiden tuli tehdä (luki monisteen tekstin).

Hilma kertoi vielä kerran, miten valmistetaan pilli, ja huomautti, että pillejä on jo valmiiksi tehty. Mutta toisaalta Hilma kertoi, että oman pillin voi tehdä tunnin lopuksi, jos jää aikaa. Opettaja jatkoi oppilasmonisteen läpi lukemista, mutta ei näyttänyt miten pillejä tehdään. Tämä on sitaatissa 36:9 [05:36 – 07:41]. Hilma kertoi oppilasmonisteesta läpi lukemalla, mitä oppilastoissa piti tehdä. Seuraavaksi opettaja esitti kysymykseen, miten kompassi ja magneettikentän etsiminen magnetoitun kappaleen ympärillä liittyvät aiempaan. Emma vastasi kysymykseen seuraavalla tavalla, joka on sitaatissa 36:10 [07:41 – 08:01]:

- | | | |
|---|--------------|---|
| 1 | Emma | ...että kun meillä oli se sauvamagneetti, niin se (kompassineulan kärki) hakeutui aina tiettyyn päähän kohti, mutta tässä se ei varmaan ole niin. |
| 2 | Hilma | Samalla systeemillä... |

Oppilaiden työskennellessä Hilma vielä ohjasi oppilaita tiettyjen havaintojen tekemiseen esimerkiksi muistuttamalla seuraavalla tavalla:

”muista, että voit käyttää kompassia missä tutkimuksen vaiheessa tahansa”.

Näin Hilma halusi oppilaiden muistavan, miten ja millä tavalla havaintoja ja niiden johtopäätöksiä voidaan tehdä sekä minkä välineen avulla tutkimus on tehtävissä. Tämä oli tärkeää, koska ohjeessa ei tätä ohjetta ollut.

Hilman oppitunnin T5 sitaatin 2:97 [25:59 – 28:08] osassa on esimerkki siitä, että oppilaat tarvitsivat ohjausta. Oppilaat tarvitsivat esimerkiksi varmistusta sille, että tekevät oikeita johtopäätöksiä.

- | | | |
|---|--------------|---|
| 1 | Hilma | Ne vaikutti siihen kompassiin, ihan totta. Jos me mietitään vielä sitä kokoa, niin se oli aika hyvä havainto teijän ryhmällä se että se koko, miten vaikutti siihen magneettisuuteen (tauko) tai oikeesti siihen magneettisuuden voimakkuuteen? |
| 2 | Teija | Se voimakkuus pieneni |
| 3 | Merja | Onkse oikeesti silleen? |
| 4 | Hilma | Te ootte saanu sieltä hienoja tuloksia. |

Sitaatista käy ilmi, ettei Merja ei ollut varma niistä tulkinnoista, joita hän oli tehnyt havainnoista. Hilman piti erikseen huomauttaa, että kyllä Merja oli tulkinnut asian aivan oikein. Kannustus antaa luottamusta siihen, että oppilas osaa ja kykenee tekemään oikeita päätelmiä.

Hilman tapa ohjata oppilaita työskentelyyn oli sellainen, että hän luki oppilasmonisteen ohjeen läpi. Sen jälkeen hän pyysi oppilaita selittämään omin sanoin, miten oppilastyö toteutetaan. Oppilaiden työskennellessä Hilma vielä muistutti useita kertoja, miten tai mitä heidän tuli tehdä. Näin Hilma halusi varmistaa, että kaikki varmasti tiesivät, miten työ suoritetaan. Oppilaiden työskennellessä Hilma myös ohjasi yksittäisiä oppilaspareja aktiivisesti.

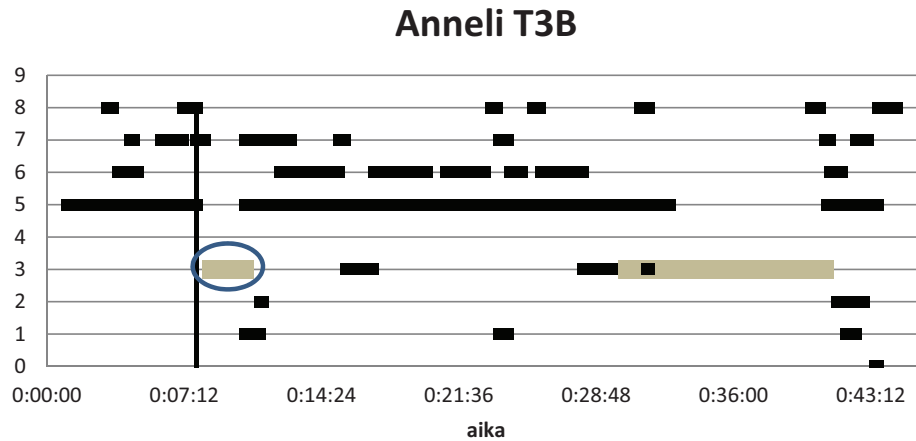
Anneli ohjaa oppilaiden työskentelyä

Anneli ohjasi oppilaita työskentelyn alkuun usein pohtimalla yhteisesti asiaa. Tähän hän ei käyttänyt opettajaohjeiden valmiita kysymyksiä vaan eteni esiin tulleiden asioiden kautta. Esimerkkinä on oppitunnin T2B sitaatti 27:23 [08:37 – 10:22]. Alla on opetuskeskustelu ja sen vieressä, mitä opettajan toiminnassa oli tavoitteena ja mitä oppilaan vastauksessa tulee esille. Sitatit on myös kriittistä toimintaa kompassin käytöstä.

			Puheen tarkoitus
1	Anneli	Otetaan tässä ihan aluksi kompassin rakenne. Mikä on kompassi? Älkää laittako vielä mitään merkintöjä. Eli kompassissa on tuossa semmonen neula. Tää on semmonen minimaalinen kompassi, sitä on helpompi käsitellä. Mihin kompassin toiminta perustuu?	Opettaja ohjaa oppilaiden ajattelua kiinnittämällä heidän huomionsa tiettyyn kohteeseen.
2	Merja	Maapallon napojen magneetteihin.	Oppilaan malli tulee esille ja se on poikkeava vastauksen antaneen oppilaan mallin kanssa.
3	Elli	No mä ajattelin just niihin magneetteihin, jotka vettää puoleensa ... ainakin kun sen laittaa napapaperille niin se ruppe sekkoamaan.	
4	Anneli	Joo... No, mutta idea on kuitenkin se, että tässä on pieni magneetti, ja se pieni magneetti on tuolla nuolen käressä. Osottaako se aina joka puolella maapalloa samalla tavalla?	Opettaja kertoo, mitä kompassineulassa on sellaista, joka vaikuttaa sen toimintaan.
5	Hermann	Eikä se eteläpuolella osota sinne (<i>näyttää etelänapaan päin</i>) ja pohjospuolella (<i>näyttää pohjoisnapaan päin</i>).	Jälleen erilainen oppilaan malli tulee esille.
6	Anneli	Elikä jos tämä sama kompassi viiään pohjoselle pallonpuoliskolle, niin se osottaa tuohon suuntaan (<i>osoittaa ylöspäin</i>) ja kun se viiään eteläiselle pallonpuoliskolle, niin se kääntyy ja osottaa tuohon suuntaa (<i>osoittaa alaspäin</i>). Ei pidä paikkansa. (<i>mutinaa oppilaiden keskuudessa</i>). Se osottaa aina pohjoseen. Elikä aina nuolen kärki osottaa pohjoseen. Siksi että tällä (<i>kompassissa</i>) on semmonen ominaisuus, että se aina osottaa aina pohjoseen.	Opettaja varmistaa, että oppilaat ovat ymmärtäneet asian oikein, ja kumoo virheellisen ajatuksen . Opettaja kertoo, miten asia on opetusmallissa.

Ohjeiden antamisen yhteydessä ei katsottu, mitä oppilaiden monisteessa tehtävän suorittamisesta kerrottiin. Ohjeiden antamisen yhteydessä Anneli jo usein hyödynsi oppilaiden olemassa olevia malleja. Yleensä Anneli ei korjannut mallien virheitä tai puutteita. Jos virheellisellä ajatuksella oli merkitystä työn suorittamisen kannalta, Anneli korjasi sen. Sitatit 27:23 [8:37 – 10:22] on esimerkki siitä, että hän kumosi virheellisen tiedon ja kertoi, miten asia on. Jos virhekesi-

tystä ei olisi kumottu, oppilaat olisivat voineet tehdä työssä vääriä tulkintoja. Anneli kertoi ja perusteli vastauksensa vielä opetusmallin avulla.



KUVIO 34 Annelin oppitunnin T3B vuorovaikutukset kategorisoituna

Kuviossa 34 olevat paksunnetut viivat ovat kriittisiä toimintoja kompassin käyttöön (KO). Tarkastelussa ollut sitaatti 27:23 on ympyröity. Pystyviivalla on merkitty se kohta, jolloin siirrytään oppitunnin T3 aihepiiriin. Anneli kävi työhön ohjaamisen hyvin usein opetuskeskusteluna, jossa mietittiin mitä oppilastyössä oli tarkoitus tehdä ja miksi niin tehtäisiin. Keskusteluissa käytiin yleensä läpi, minkälaista tietoa tutkimuksella saataisiin sekä miten ja mihin saatua tietoa voitaisiin käyttää. Tyypillistä Annelille oli se, että hän eteni työhön ohjaamisessa esittäen kysymyksiä. Kysymyksien avulla Anneli suuntasi oppilaiden ajattelua ja antoi oppilaiden kertoa omat näkemyksensä tutkimuksen kohteesta. Anneli ei käynyt oppilaiden ohjeita monisteesta läpi, vaan jätti sen oppilaiden tehtäväksi heidän aloittaessaan työskentelyn. Oppilaiden työskennellessä Anneli kiersi luokassa neuvomassa heitä ja samalla ohjasi oppilaiden työskentelyä. Annelin tapa ohjata oppilaiden työskentelyä oli sellainen, että hän keskustelun kautta selvitti oppilailla olevia malleja ja suuntasi oppilaita huomaamaan työn tarkoituksen.

Elina ohjaa oppilaiden työskentelyä

Elinan ohjeina oppilaiden työskentelyn ohjaamiseksi oli usein pelkästään se, että hän kehotti oppilaita lukemaan oppilasmonisteen ohjeet. Yleensä Elina kertoi mitä välineitä tarvitaan tai mistä välineet löytyvät. Sitä ei voida pitää ohjeiden antamisena, koska siinä ei ole neuvomista siihen, miten oppilastyötä tehdään. Seuraavassa on esimerkki Elinan oppitunnista T3. Sitiaatti 28:54 [07:21 – 07:34] on oppitunnin alusta ja se sisältää tunnin kulkuun liittyvän oppilaiden ohjeistamisen.

”...Kun saatte ykköslapun tehtyä kokonaan, niin täältä saatte sitten toisen lapun.”

Puheessa ei neuvottu oppilaita työskentelyssä vaan siihen missä on oppilaiden oppilasmonistheet. Se ei ollut työn ohjeistusta vaan pelkästään ohjeistusta siihen, mistä ohje- ja vastauslaput löytyivät. Seuraavassa on esimerkkinä otteita opettajan puheesta oppitunnilta T5. Se on ainut oppitunti, jolloin Elina antoi yksityiskohtaisempia ohjeita oppilaille. Ensimmäinen ote on sitaatista 24:67 [01:51 – 02:50], joka oli Elinan luennoksi kategorisoitavaa puhetta.

”...Okei, katsotaanpa mitä tänään tehdään Elikkä. Te käytätte suojalaseja, sen takia kun te leikkaatte teräslankaa, niin teille ei tule langanpaloja silmiin ... aika orjallisesti noudatetaan tätä järjestystä (näyttää oppilasmonistetta). Taas piirretään. Katsotaan, mitä olette saaneet aikaiseksi, ja sitten tehdään tunnin loppuksi tehtävä seitsemän. Joku kysyi mitä tarkoittaa, että demagnetoitu...”

Sitaatissa kehoitetaan oppilaita käyttämään suojalaseja ja piirtämään, mutta heille ei kerrota miten oppilastyö tehdään ja mitä siinä on tarkoitus saada selville. Seuraavissa sitaateissa Elina tarkentaa ohjeita. Sitaatti 24:105 [4:29 – 5:53] on jaettu osiin ja tarkasteltu, mitä sitaatissa olevilla puheilla tarkoitetaan. Sitaatti on opettajan luennoksi kategorisoitua puhetta.

	Puheen tarkoitus
<p>...”Sitten ku ollaan magnetoitu, niin otetaan taas kompassit ja katotaan jälleen, mitä on tapahtunut ja taas piirretään ja sitten kun lähdetään leikkaamaan pitää olla tarkkana, tätä leikataan muutamaa otteeseen,” ...</p>	<p>Aluksi Elina kertoi, mitä oppilaiden tulee tehdä. Lisäksi hän kertoi, mihin toimintaan olisi kiinnitettävä erityisesti huomiota.</p>
<p>”...kun leikkaatte taas täsmälleen keskeltä, niin kaveri, okei työpari pitää sitä kii ja toinen leikkaa ja sitten ku jatketaan, ei saa sekoittaa näitä päitä ja kun laskette pöydälle, niin ei saa sekoittaa (näyttää kääntelyn) käännellä näitä.”...</p>	<p>Elina kertoi, miten oppilaiden tulee työssä toimia ja jälleen kerran mihin erityisesti oppilaiden tulisi kiinnittää huomiota tekemisessä. Elina ei kerro, miksi niin tulee tehdä.</p>
<p>...”Vaan laskette samallaila maahan tai tuohon pöydälle. Ja kun mennään eteenpäin, niin taas se leikattu pätkä lasketaan varovasti pöydälle ja taas ei saa kääntää. Koska se vaikuttaa tutkimukseen, ihan täysin.”...</p>	<p>Elina muistuttaa vielä kerran oppilaita olemaan huolellisia tekemisessä, mutta ei edelleenkään kerro syytä, miksi näin on tehtävä.</p>

Tyypillisesti Elina ei kertonut, mitä ollaan tekemässä tai minkä vuoksi oppilastyötä tehdään. Oppilaiden työskentelyyn ohjaaminen oli Elinalla usein sitä, että hän kertoi, mitä välineitä tarvitaan ja mistä tutkimuksessa käytettävät välineet sai sekä mahdollisesti miten mekaanisesti toimitaan tietyssä tutkimuksen osassa. Elina usein pelkästään kehotti oppilaita lukemaan ohjeen ja tekemään tietyt tehtävät, eikä käynyt opetuskeskustelua ohjeidenannon yhteydessä. Työskentellessään oppilaat pyysivät apua, kysyivät opettajaa tulemaan luokseen auttamaan. Videolta oli nähtävissä useita kertoja, että Elina jätti nämä tilanteet ilman minkäänlaista huomiota. Hän ei vastannut millään tavalla oppilaiden pyyntöihin. Oppilaiden avunpyyntöön reagoimattomuus johti siihen, että oppilaat al-

koivat tehdä omia asioita. Toisaalta oppilaat keskustelivat keskenään asioiden merkityksistä ja tehtävistä huomioista sekä tulkinnoista. Tästä on esimerkkinä seuraava Elinan oppitunnilta T4 oleva kahden oppilaan käymä keskustelu sitaatista 38:67 [17:15 - 17:39].

- | | | |
|---|----------------|--|
| 1 | Veera | Mulla on vahva epäily, että tää kompassi on viallinen. |
| 2 | Hermann | Ei. Vaan pointti on siinä, että sillä ei oo magneettikenttää tuolla systeemillä. Miks niin vika? |
| 3 | Veera | Kyllä kait tällä pitäs olla. |
| 4 | Hermann | Rauta on vaan niin, ettei se magnetisoidu. Vai mitä Veera? |
| 5 | Veera | Luulen, että pitäs. |

Veera huomasi, että hänen käyttämänsä kompassin toiminta ei vastannut hänen ennakkokäsityksiään eli hänellä olevaa mentaalimallia (puheenvuoro1). Syyn hän oletti olevan mittalaitteena käytetyssä kompassissa. Hermann auttoi Veeraa selittämällä, että syy toimimattomuuteen olisi siinä, ettei heillä ollut mitään, minkä kanssa kompassi olisi vuorovaikutuksessa (puheenvuoro 2). Veera ei ollut täysin vakuuttunut selityksestä (puheenvuorot 3 ja 5). Seuraavaksi tarkastellaankin kuinka opettajat huomioivat oppilaiden kokeellisen työskentelyn huomioita ja havaintoja.

5.4.4 Opettaja sitoo oppilastöiden tulokset oppilaiden ajatteluun

Opettaja voi toimia oppilaan ajatusten peilinä. Silloin opettaja kuuntelee ja tulkitsee oppilaiden esittämiä ajatuksia ja näkemyksensä. Sen myötä oppilaat voivat ilmaista oman mallinsa opiskeltavasta asiasta. Seuraavaksi tarkastellaan sitä, miten opettajat huomioivat oppilaiden ajatuksia, eli hyödyntävätkö opettajat oppilaiden tekemiä havaintoja ja käyvätkö opettajat oppitunnin lopussa yhteisesti läpi, minkälaisia tuloksia tutkimuksista oli saatu ja minkälaisia johtopäätöksiä niistä voitaisiin tehdä.

Kuten edellisen luvun (5.4.3) lopussa olleesta sitaatista 38:67 on havaittavissa, eivät oppilaat välttämättä osaa tulkita tekemiään havaintoja oikein. Oppilaat kykenivät tekemään huomioita, mutta niistä tehtävät johtopäätökset vaativat usein apua. Oppilailla ei välttämättä ole riittävästi tietoa tulkitsemaan havaintoja. Koska opettajilla oli omat tapansa huomioida oppilailla ilmeneviä tulokinnan haasteita, seuraavassa on esitetty jokaiselle opettajalle ominainen tapa käydä oppilaiden tekemiä havaintoja läpi. Tarkastelussa ei ole kiinnitetty huomiota yksittäisen oppilaan tai oppilasparin ohjaamiseen. Tarkastelussa on huomioitu vain sellaiset vuorovaikutustilanteet, joissa yhteisesti opetuskeskusteluna käytiin tutkimuksessa tehdyt havainnot ja niihin perustuvat huomiot ja johtopäätökset.

Hilma sitoo oppilastöiden tulokset oppilaiden ajatteluun

Hilma kävi oppilaiden tekemät havainnot läpi kaikilla muilla oppitunneilla paitsi oppitunnilla T6. Yleensä hän pyysi vapaaehtoisia, jotka esittäisivät tuloksia. Oppilaat ilmaisivat ajatuksensa ilman viittausta, ja usein puhujana olivatkin samat oppilaat Emma ja Teija. Suurin osa oppilaista osallistui kuuntelemalla, ilmaisematta omaa mielipidettään. Poikkeuksina olivat oppitunnit T1 ja T2, jolloin Elina kävi kaikkien ryhmien tulokset vuoronperään läpi. Yleensä hän kuunteli oppilaiden selityksen eikä korjannut siinä olevia puutteita. Seuraavana on esimerkki Hilman oppitunnilta T5 sitaatti 2:97 [25:59 – 28:08].

- | | | |
|----|--------------|---|
| 1 | Hilma | Jos lankaa leikattaisin edelleen pienempiin ja pienempiin paloihin, niin saavutettaisiin lopulta? Minkälaisia tuloksia saitte? |
| 2 | Emma | Kyllä ne olihan samanlaisia magneetteja, kuin mitä oli ollu siinä isommassa koossa. Siinä tuli vaan sitten pieniä magneetteja. |
| 3 | Hilma | Joo, kuunnellaampa lissää. |
| 4 | Teija | ...niiden magneettisuus silleen pieneni, se voima silleen pieneni, mutta niillä oli silti kummallaki, kaikilla pohjois- ja eteläkohtio. |
| 5 | Hilma | Joo, huomasko joku muu tällaista samanlaista?
hiljaisuutta. |
| 6 | Hilma | No entäs sitten, millä tavalla teräslangan pätkät muistuttavat rautajauhetta pillimagneetin sisällä? (tauko) Mitä te voisitte sanoa? (Opettaja toistaa kysymyksen kun kukaan ei tunnu vastavan.) |
| 7 | Teija | Ne on kummatki magneettisia. |
| 8 | Hilma | Niin, ne magnetisoitu ja? |
| 9 | Teija | Ne vaikutti siihen kompassiin. |
| 10 | Hilma | Ne vaikutti siihen kompassiin , ihan totta. Jos me mietitään vielä sitä kokoa, niin se oli aika hyvä havainto teijän ryhmällä se, että se koko, miten vaikutti siihen magneettisuuteen (tauko) tai oikeesti siihen magneettisuuden voimakkuuteen? |
| 11 | Teija | Se voimakkuus pieneni. |
| 12 | Merja | Onkse oikeesti silleen? |
| 13 | Hilma | Te ootte saanu sieltä hienoja tuloksia. |

Sitaatista tulee ilmi, että opettaja kuunteli oppilasta ja kannusti häntä kertomaan lisää (puheenvuorot 3 ja 5) tai ohjasi oppilaiden huomiota tiettyyn ilmiöön tai tapahtumaan (puheenvuorot 6 ja 10). Näin Hilma ohjasi oppilaita tekemään oikeita päätelmiä havainnoista ja toisaalta myös siihen, mitä ja miten tuloksia oli tarpeellista tulkita (puheenvuorossa 10). Hilman kanssa tuloksien läpikäyntiin osallistui vain muutama oppilas.

Anneli sitoo oppilastöiden tulokset oppilaiden ajatteluun

Anneli selvitti myös oppilaiden tuloksia oppituntien lopussa. Hän kävi opetuskeskustelua niiden oppilaiden kanssa, jotka halusivat ilmaista mielipiteensä. Oppilaat osoittivat halunsa viittaamalla, ja opettaja antoi puheenvuoron heistä

jollekin. Opettaja saattoi ohjata oppilaiden ajattelua selvästi tietty ilmiöön suunnatuilla kysymyksillä. Kysymykset johdattelivat oppilaiden ajattelua siitä, mitä edellä oli esitetty. Tai se voi olla seuraavanlainen. Sitaatti on 18:57 [37:58 – 40:42] on Annelin oppitunnilta T2B. Tarkastelen sitä osissa.

- | | | |
|---|-----------------|--|
| 1 | Anneli | Reagoiko sähkösesti varattu kappale ja magnetoitu kappale samoihin esineisiin? |
| 2 | Oppilaat | Ei |
| 3 | Tarja | Ei me ainakaan saatu |
| 4 | Anneli | Ette saanu, se on ihan oikein. Eli ne ei vaikuta samanlaisiin esineisiin. |

Anneli kuunteli oppilaiden havaintoja ja antaa kannustavan palautteen oikeille tuloksille. Anneli huomioi oppilaiden oppilastöiden tuloksien käsittelyn yhteydessä tunnin alussa oppilailla olevia mentaalimalleja. Hän viittasi niihin esimerkiksi seuraavalla tavalla sitaatissa 18:57 [37:58 – 40:42]:

- | | | |
|---|---------------|---|
| 5 | Anneli | Pieni haaste teille. Se, mitä minä sain teidän vastauksia viime tunnilla, mikä on magnetisoitu kappale ja mikä on magnetisoimaton kappale, mistä te puhuitte viimeksi, niin on se, että magneetissa on sähkövaraukset. Toisessa päässä plusvarausta ja toisessa miinusvarausta. Mutta jos se sähkösesti varattu kappale ja magnetisoitu kappale ei reagoi samanlaisiin esineisiin, niillä ei ole samanlaisia ominaisuuksia, voiko magneetin sisällä olla sähkövaraukset, jotka aikaan saavat magneettisuuden? |
| 6 | Teemu | Ei todellakaan. |

Puheesta on lihavoitu se kohta, jossa Anneli viittaa oppitunnin alussa esille tulleisiin oppilailla oleviin mentaalimalleihin. Anneli hyödyntää aiemmin esille tulleita puutteita tai niissä olleita virheitä. Anneli osoittaa, mikä mallissa oli virheellistä, ja pyytää tarkastelemaan tilannetta uuden tiedon valossa. Nytkin hän viittaa oppilaiden napaisuuden ilmaisemiseen varauksilla. Oppilailta itseltään tulee ilmaisu, ettei se malli voi pitää paikkansa. Siispä heidän on korjattava malliaan, koska heillä on uutta tietoa. Keskustelu on oppitunnin T2B lopussa olevan sitaatin 18:57 [37:58 – 40:42] lopussa.

- | | | |
|---|---------------|---|
| 7 | Tanja | Ai että siellä sisällä ei oo sellasia varuksia? |
| 8 | Anneli | Ei oo. Siellä ei oo magneetin päissä varauksia, jotka saa magneetin ominaisuudet aikaiseksi. Jos se olisi niin, niin silloinhan näistä olisi tullut täysin yhteneväiset tulokset näistä kohdista. |
| 9 | Raija | Ai jaa, nyt mä tiän. |

Anneli huomioi oppilaiden ajatuksia ja tarvittaessa hän kumosi virheellisen vastauksen. Anneli korjasi oppilaiden virheitä ja täydensi oppilaiden tekemien havaintojen puutteita.

Elina sitoo oppilastöiden tulokset oppilaiden ajatteluun

Elina ei käynyt kertaakaan oppilaiden tuloksia läpi. Ainoa kerta, jolloin hän keskusteli oppitunnin lopussa tehdyistä tutkimuksista, oli oppitunnilla T1. Seuraavana oleva Elinan oppitunnin T1 lopusta oleva sitaatti kuvaa keskustelua. Aluksi siinä oli Elinan luento sitaatista 12:55 [30:46 – 31:43].

”Nyt ne tutkimustulokset eli ne teidän tutkittavat välineet. Eri magnetismintutkijat on kehittänyt tällaisen nelikenttäjaon tai **tommosen systeemin**. Mä olen kirjoittanut ne tänne tällä tavalla. Että on niin sanotut **ferromagneettiset, paramagneettiset, diamagneettiset ja ei magneettiset aineet**. Tätä käytetään eri puolilla maailmaa. Helpoin niistä on varmaan tuo ei-magneettiset aineet. **Ferromagneettiset tarkoittaa, että ne voi magnetoitua pysyvästi**. Teillä voi olla eri tuloksia. Se on ihan ymmärrettävää.”

Sitaatissa Elina kertoi, minkälaisia magneettisuuden lajeja oli olemassa. Yhdenlaiset magneettiset aineet olivat sellaiset, että oppilaat olivat tunnistaneet ne helposti. Se oli ei-magneettiset aineet eli aineet jotka eivät olleet lainkaan magneettisia. Toisaalta Elina ilmoitti, etteivät oppilaiden havainnot tarvitse vastata hänen esittämänsä mallia. Oppilaat voivat Elinan ilmoituksen mukaan tehdä sellaisia johtopäätöksiä mitä itse halusivat, esitetystä mallista huolimatta. Elina ei kertonut, minkälaisia olivat eri magnetismin lajien tunnusomaiset piirteet. Tulokset saivat olla oppilailla erilaiset. Tämän jälkeen Elina jatkoi asian läpi käymistä opetuskeskustelulla, josta on seuraava sitaatti 12:56 [31:43 – 32:24]:

- | | | |
|---|--------------|--|
| 1 | Elina | Nyt ne ykkös tehtävässä esiintyvät sanat ovat samat. |
| 2 | Veera | Mitä ne tarkoittaa? Mitä paramagneettinen tarkoittaa? |
| 3 | Elina | Se magnetoituu vain osittain. |
| 4 | Veera | Onko diamagneettien sitten vaan hetkellisesti? |
| 5 | Ville | Vain toisesta päästä? |
| 6 | Elina | Nyt te voitte vastata sen saman (<i>ykköstehtävän</i>). Te voitte tehdä sen oman tutkimuksen mukaan. Sen ei tarvitse olla sama, kuin minä minä tein täällä. |

Sitaatti osoittaa, että Elina kiinnitti oppilaiden huomion sanoihin, mutta ei siihen, mitä sanat tarkoittavat tai miten oppilaat olisivat voineet havaita magnetismin lajien erot. Puheenvuorossa 5 Ville osoitti sen, etteivät sanat saaneet merkitystä, kun niitä ei sidottu mihinkään. Oppilailla ei ollut mitään, mihin he olisivat kiinnittäneet sanan merkityksen. Lopuksi Elina vielä totesi, että oppilaiden luokittelu sai olla aivan erilainen, eikä sen tarvinnut vastata hänen esittämänsä opetuksessa käytettävää tapaa. Samat aineet saivat oppilaiden tulkinnoissa kuulua mihin luokkaan tahansa. Tämä ohjeistus ei vastannut opettajan materiaalissa olevaa ohjeistusta. Missään vaiheessa Elina ei kuunnellut mitä mieltä oppilaat olivat asiasta ja miten he olivat luokitelleet tutkittavat aineet..

Tämä oli ainoa kerta, jolloin Elina ylipäänsä kävi mitään oppilastöiden tuloksiin liittyvää läpi. Muutaman kerran hän lupasi palata tunnin lopussa oppilaiden havaintoihin, mutta ei tehnyt sitä. Näin käy esimerkiksi oppitunnin T5 sitaatissa 24:67 [00:01 – 01:27]:

”... Mitä täällä tänään me tehdään? Me aikalailta orjallisesti noudatetaan tätä järjestystä (näyttää oppilaiden vastauslomaketta) ja taas piirrellään, kun on langoilla ja magneeteilla on tehty. Idea oli se, että tähän kutostehtävän loppuun ja **katotaan ensin**, mitä ootte saanu aikaseksi ja sitten seiska tehtävä...”

Elina lupasi käydä oppilaiden tuloksen sen jälkeen, kun he olivat tehneet osan tehtävistä, ja vasta sen jälkeen oppilaat tekisivät loput tehtävät. Näin ei kuitenkaan käynyt. Tehtävien tuloksia ei käyty läpi ollenkaan. Samoin Elina ei ohjaa oppilaita havaintojen tekemiseenkään, vaan sanoo esimerkiksi oppitunnilta T3 olevassa sitaatissa 28:65 [11:38 – 11:50] esitetyllä tavalla:

”...jos te huomaatte niin, sitten te kirjaatte niin...”

Kyseisessä tilanteessa oppilaat itse hämmästelivät, että voiko heidän tekemänsä havainto olla oikein. Oppilaat olivat vahvasti sitä mieltä, ettei magneettisuus häviä rautanaulaa tiputtamalla. Opettaja ei korjannut tai osoittanut millään tavalla sitä, olivatko oppilaiden havainto ja siitä tehty johtopäätös tosia vai oliko siinä virheellisyyksiä.

5.4.5 Yhteenveto toiminnoista, joilla opettajat ohjaavat oppilaiden ajattelua opetusjakson oppitunneilla

Opettajien kaikki oppitunnit on analysoitu ja niistä on selvitetty opettajien käyttämät oppilaan ohjaamisen erilaiset muodot. Taulukoon 24 on koottu tutkittujen ohjauksen muotojen esiintyminen kaikilla opetusjakson oppitunneilla. Tarkastelussa ei käydä kriittisiä toimintoja, koska ne ovat kootusti kuvioissa 19, 25 ja 30 sekä niistä tehty yhteenveto luvussa 5.3.5.

TAULUKKO 24 Hilma, Annelin ja Elinan oppitunneilla esiintyvät oppimista ohjaavat toiminnot.

Toimet		Hilma						Anneli						Elina					
		T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
Tun- nin alus- sa	Opp M		X	X	X	X		X	X	X	X	X							
	Teo- ria			X		X						X							
	Ohje	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X		X
Op- pi- las- työt	Oh- jaus	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o	X o
Tun- nin lo- pus sa	Tu- lok- set	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X						
	Opp M				X				X	X	X	X	X			o		o	
	Teo- ria	X	X	X		X		X	X	X		X	X	X					X

Jos toiminto on esiintynyt yhteisesti koko oppilasryhmälle, on taulukkoon 24 merkitty X. Jos toiminto on esiintynyt yksittäiselle oppilaalle, taulukkoon on merkitty o. OppM tarkoittaa oppilailla olemassa olevan mallin huomioimista. Opettaja on voinut esimerkiksi pyytää oppilaita selittämään heillä olemassa olevan mallin avulla ilmiötä. Teoria tarkoittaa, että opettaja esittänyt opetusmallin mukaista tietoa oppilaille tai he ovat käyneet siihen liittyvää keskustelua. Ohje tarkoittaa opettajan antamia ohjeita oppilastöiden tekemiseen liittyen ja ohjaus oppilaille annettua neuvoa, toimintaohjeita tai muuta apua työskentelyn aikana. Tulokset tarkoittavat sitä, että opettaja on käynyt oppilaiden oppilastöistä tekemiä havaintoja läpi.

Taulukosta 24 on havaittavissa, että opettajat ohjasivat oppilaiden oppimista ja mallin muodostumista eri tavoin. Kaikilla opettajilla oli oppilastyöhön ohjaamista, mutta muilta osin heidän toimintatapansa poikkesivat toisistaan. Hilma pyrki opetuskeskusteluissa ohjaamaan työhön ja käymään läpi oppilaiden tekemiä havaintoja sekä esittämään opetusmalli teorian. Hilma huomioi myös oppilailla olevia ajatuksia asiasta. Tunnin alussa Hilma selvitti oppilaiden mallit ja ohjasi työhön ja oppilastöiden jälkeen kuuli tehtyjä havaintoja ja satoi niitä opetusmalliin. Anneli kävi keskustellen läpi oppilastyön tarkoituksen, opetusmallin sekä oppilailla jo olemassa olevan mallin sisällön. Hän ohjasi oppilastyöt alkuun ja kävi lopuksi oppilastöiden tulokset läpi. Anneli hyödynsi oppilailla olevia malleja sekä ennen oppilastöitä että niiden jälkeen. Elina ei käynyt kertaakaan oppilaiden saamia tuloksia läpi oppitunneilla. Joitakin kertoja hän jopa lupasi, että niin tehtäisiin, mutta ei kuitenkaan toiminut niin, esi-

merkiksi luvussa 5.4.4. olevassa sitaatissa 24:67 [00:01 – 01:27] tämä tulee ilmi. Opetusmallin Elina esitti vain kahdella oppitunnilla, sen lopussa. Elina ei huomionnut opetuskeskusteluissa oppilailla olevia mallejakaan. Elinan oppitunneilla ei selitetty sitä, miksi käytetään jotakin tutkimusvälinettä tai mihin jonkin välineen käyttö perustuu. Elinan oppitunneilla (esimerkiksi T4) on usein sitä, että oppilaat keskustelevat toistensa kanssa asioiden merkityksistä. Opettajan kanssa vastaavia keskusteluja ei käyty. Muutaman kerran oppilaat yrittivät aloittaa keskustelun, mutta opettaja ei joko kuullut oppilaiden aloitetta tai ei kertonut vastausta oppilaan esittämään kysymyksen (esimerkiksi luvun 5.4.1 lopussa oleva esimerkki sitaatissa 24:104). Elinan ryhmä jätti työn kesken oppitunnilla T3 (oppitunnin kesto 40 minuuttia) ja T6 (oppitunnin kesto 37 minuuttia), mitä ei tapahdu Hilmalla tai Annelilla kertaakaan.

TAULUKKO 25 Tutkimuksessa tarkasteltujen oppimista ohjaavien toimien määrät

	Ohjeet työhön	Oppilaiden tulokset yhteisesti läpi	Teoreettisen tiedon esille tuominen
Hilma	6	5	4
Anneli	6	6	5
Elina	4	0	2

Taulukossa 25 oleva lukema kertoo, kuinka monella oppitunnilla oppimista ohjaava toiminto on ollut. Kaikilla opettajilla suurin mahdollinen luku on 6. Opettajien välillä on siis havaittavissa eroja. Kaikissa ryhmissä oppilaat saavat jonkinlaista ohjaamista magnetismin mallin muodostamiseen. Hilman ja Annelin ryhmien oppilaat saivat monipuolista ohjausta mentaalimallinsa muuttamiseen, mutta Elinan oppilaat vain hyvin vähän. Jokaisesta opettajasta on tehty hänen ohjaustaan kuvaavat profiili kuvion 5 ja taulukon 24 pohjalta.

Kaikki opettajat sitoivat jonkin verran asioita edellisiin havaintoihin. Esimerkiksi seuraavalla tavalla Hilman oppitunnilla T4 olevassa sitaatissa 36:31 [20:36 – 22:58], jossa opettaja neuvoi sitä, miten kompassin avulla voitiin tutkia magnetoidun ja sen jälkeen katkotun rautalangan pätkän päiden erilaisia magneettisia ominaisuuksia.

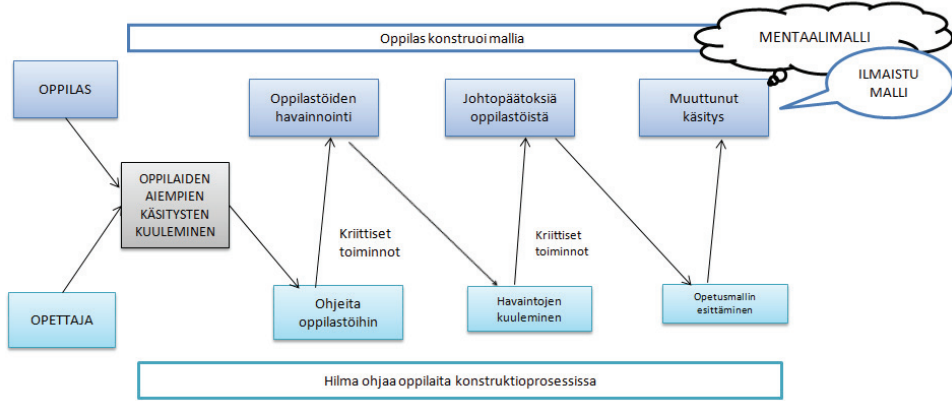
...teijän pitää samalla tavalla kun tehtiin siellä aiemmin magneetin avulla ...

Jokainen opettaja antoi oppilaille ohjeita työskentelyyn, mutta Elina kertoi tarkat ohjeen vain yksittäisille työpareille, eikä niistäkään kaikille. Yhteisiä yksityiskohtaisia ohjeita ja neuvoja Elina ei antanut. Hilma ja Anneli kiersivät myös neuvomassa yksittäisiä oppilaita tai oppilasryhmiä, mutta sen lisäksi he antoivat yksityiskohtaisia ja selittäviä neuvoja myös koko ryhmälle. Jos Hilma tai Anneli huomasi useammalla oppilaalla olevan hankaluuksia jossakin työn vaiheessa, he kävivät yhteisesti koko ryhmän kanssa tämän asian läpi. Hilmalla oli vielä muista poiketen tapana muistuttaa oppilaita esimerkiksi kompassin käytön mahdollisuudesta useita kertoja oppitunnin aikana. Hän ei tuolloin yleensä sanonut suoraan, mitä pitää tehdä, vaan esimerkiksi seuraavalla tavalla:

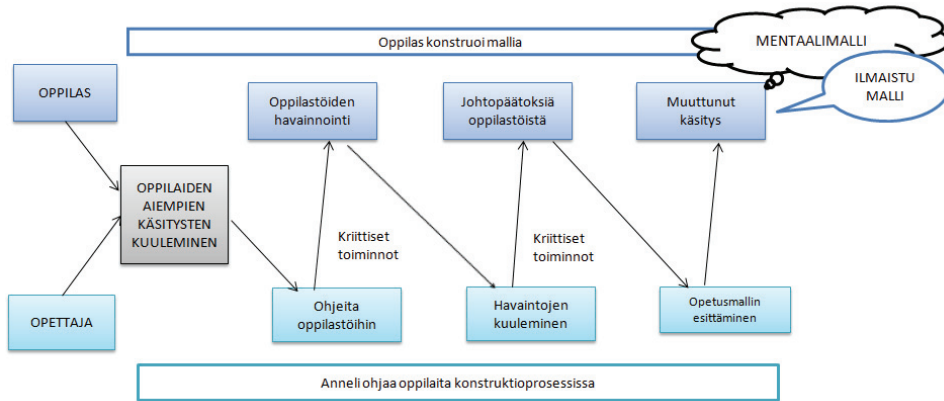
...muistakaa, että voitte käyttää kompassia missä tutkimuksen vaiheessa tahansa...

Kuviossa 35 on ne toiminnot, joita videoilta on havaittu. Ohjausta kuvaavan laatikon ja siinä olevan tekstin koolla on pyritty ilmaisemaan käytetyn ohjauksen määrää. Kuviossa 35 on havaittavissa, että Hilma ja Anneli olivat hyvin samantyyppisesti oppilaiden oppimista ohjaavia opettajia. Heillä oli kaikki oppilaan oppimisen ja ohjaamisen toimet, joita tutkittiin. Niiden määrässä oli vähäisiä eroja. Elina sen sijaan poikkesi Hilmasta ja Annelista merkittävästi. Elinan antama ohjaus oli vähäistä. Elinalta puuttui oppilaiden aiempien käsitysten kuuleminen sekä oppilastöistä tehtyjen havaintojen kuuleminen. Oppilastöihin ohjaaminen ja opetusmallin esittämistä sekä kriittisiä toimintoja Hilmalla oli, mutta niiden määrä on vähäinen.

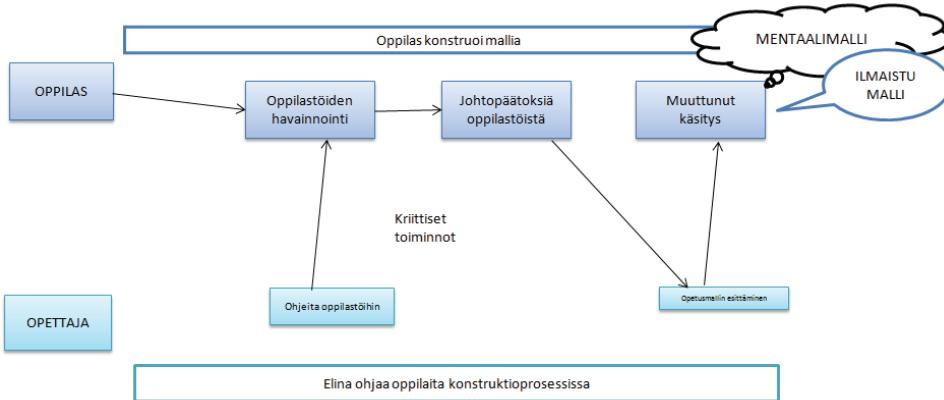
Hilman ohjauksen profiili.



Annelin ohjauksen profiili.



Elinan ohjauksen profiili.



KUVIO 35 Hilman, Annelin ja Elinan ohjauksen profiilit.

6 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN JA USKOTTAVUUDEN TARKASTELUA

Kvalitatiivisen tutkimuksen arvioinnissa keskeisimpiä tarkastelukohteita ovat totuus ja objektiivisuus (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Objektiivisuutta tarkastellaan usein luotettavuuden ja puolueettomuuden kautta. Puolueettomuuden näkökannalla halutaan korostaa sitä, että laadullisessa tutkimuksessa tulkintojen tekemiseen vaikuttaa tutkijan tekemiin tulkintoihin hänen henkilökohtaiset näkemykset ja uskomuksensa. (Metsämuuronen, 2003; Tuomi & Sarajärvi, 2009). Tämän kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuustarkasteluun ohjaavina teoksina on käytetty sekä Miles ja Hubermanin (1994, 278 - 280) että Tuomi ja Sarajärvi (2009, 138 - 139) esittämiä tapoja arvioida tutkimuksen luotettavuutta eri näkökulmista. Näidenkin teosten perusteella on havaittavissa, että luotettavuutta on tarkasteltava useista eri näkökulmista. Yksi keskeisimmistä seikoista luotettavuuden arvioinnissa on, että kuinka toinen kykenee näkemään kokonaisuuden samoin kuin olen sen itse nähnyt. Tarkastelussa kiinnitetään huomiota tutkimuksen vahvistettavuuteen, kestävyys, vastaavuuteen, siirrettävyyteen ja hyödynnettävyyteen (taulukko 26).

TAULUKKO 26 Miles ja Hubermaniin (1994) pohjautuen tutkimuksen luotettavuus ja uskottavuus

Käsite	Merkitys luotettavuudelle
Vahvistettavuus / objektiivisuus	Tarkastellaan ovatko tutkimustulokset olleet tutkijasta riippumattomia, tutkimuskohteen mukaisesti määritettyjä. Tämä saavutetaan kuvaamalla tutkimuksen kaikki vaiheet sekä tuloksissa alkuperäisen aineiston esittämisellä.
Kestävyys / tutkimustilanteen arviointi / reliabiliteetti	Tarkastellaan johdonmukaisesti tutkimusprosessia, huomioiden tutkijan ja tutkimusmenetelmän vaikutukset. Tutkimustulokset on esitetty ristiriidattomasti ja siitä on tuotu esille tutkimuskysymysten kannalta olennaiset osat. Aineiston luokittelu on tarkistettu.
Vastaavuus / autenttisuus / sisäinen validiteetti	Tarkastellaan tutkimustulosten mielekkyyttä. Tarkoitus on selvittää saavutetaanko tuloksilla mitään hyötyä tutkijalle ja tutkimuskohteelle
Siirrettävyys / sopivuus / ulkoinen validiteetti	Tarkastellaan sitä, ovatko tutkimustulokset sovellettavissa toisessa kontekstissa.
Hyödynnettävyys / sovellettavuus	Tarkastellaan mitä käytännön hyötyä tutkimustuloksista on.

Seuraavaksi tarkastellaan miten tässä tutkimuksessa on huomioitu taulukossa 26 esitetyt luotettavuuden osatekijät.

6.1 Aineiston vahvistettavuus

Kvalitatiivisen tutkimuksen vahvistettavuus vaatii tutkimuksen kulun, tutkimusmenetelmien ja tulokinnan perusteluiden selkeää kuvaamista. Näin lukija pystyy arvioimaan tutkijan tekemiä ratkaisuja ja seuraamaan tutkimuksen etenemistä.

Tämän tutkimuksen etenemisen ja sen eri vaiheet on pyritty kuvaamaan huolellisesti ja läpinäkyvästi (Tynjälä, 1991). Tutkimusprosessissa olleet vaiheet ja aineiston kerääminen (luku 4.1) sekä analysointi (luku 4.3.) on pyritty kuvaamaan mahdollisimman tarkasti ja avoimesti. Tutkimuksen raportissa on esitetty esimerkkejä periaatteista, joihin aineiston analysointi pohjautuu. Oppilaiden mallien lopullisen analysointimenetelmän vaiheet, tutkijan tekemät tulokset ja perustelut sille miten lopulliseen analyysimenetelmään päädyttiin, on pyritty kuvaamaan mahdollisimman tarkasti (luvussa 4.3.1). Videotallenteiden analysointi pohjautuu Seidelin (2005) esittämään luokkahuonevuorovaikutuksen luokittelun. Oppituntien asiasisältöjen koodaus ja perustelut sen syntymiselle on kuvattu luvussa 4.3.2. Kriittisten toimintojen perusteet ja niiden kuvaus on pyritty esittämään huolellisesti. Kriittisten toimintojen merkitys on pyritty myös kuvaamaan

huolellisesti. Videoiden digitaalinen tallennusmuotoisuus ja käytetyn analyysiohjelman ovat helpottaneet niiden analyysiä. Runsaasta videomäärästä on ollut helppo koodauksen avulla poimia tarkasteltavaksi halutut videopätkät. Niitä on voitu ryhmitellä esimerkiksi asiasisältöjen perusteella. Näin opettajien toimia ja koodausta on ollut helppo tarkastella. Videoita ja niiltä poimittuja videopätkiä on voinut tarkastella lukemattomia kertoja uudelleen, mikä on myös lisännyt myös tutkimuksen luotettavuutta. Lisäksi eritavalla kerättyjen aineistojen tarkastelu ja niistä saatujen tulosten vertailu on lisännyt tutkimustulosten luotettavuutta. Esimerkiksi kriittisten toimintojen tarkastelussa on voitu yhdistää oppilaslomakkeilta saatua tietoa ja videoilta tehtyjä havaintoja.

Opetusjakso toteutettiin kahden viikon sisällä (luku 4.1.3 taulukko 3). Sitä ennen tai sen jälkeen ei tehty seurantatutkimusta. Tutkimuksen tiivis toteutus-aikataulu auttoi siinä, että oppilaat eivät ehtineet unohtaa aiemmillä oppitunneilla opiskeltuja asioita, ja siten he pystyivät hyödyntämään aiemmillä oppitunneilla esitettyä tietoa uuden pohjana. Joidenkin oppilaan poissaolot oppitunneilta ovat saattaneet vaikuttaa jonkin verran tutkimustuloksiin. Poissaolosten mahdollinen vaikutus on pyritty minimoimaan muun muassa niin, että kriittisten toimintojen vaikutusta oppilaiden tuloksiin olen tarkastellut vain niiden oppilaiden kohdalla, jotka osallistuivat tarkasteluihin alku- ja lopputesteihin. Siksi alku- ja lopputestin tarkasteluun otettujen oppilaiden lukumäärä poikkeaa muista tarkastelutilanteista.

Tutkimustulosten saamiseksi on oppilaiden malleja ja sitä, minkälaisia tuloksia oppilaat ovat saavuttaneet mallinnuksessa, tarkasteltu useista näkökulmista. Mallin kehittymiseen vaikuttavia tekijöitä on tarkasteltu sekä yksilö- että ryhmätasolla. Opetusryhmän merkitystä pohdittaessa on kiinnitetty huomiota ryhmissä käytyyn opetuskeskusteluun sekä siihen, miten opettaja ohjaa oppilaan oppimista kriittisten toimien avulla ja lisäksi siinä miten opettaja huomioi oppitunnilla oppilailla olevia mentaalimalleja ennen opetusjaksoa ja opetusjakson jälkeen. Tutkimuksen jälkeisen mentaalimallin arvioimisessa on kiinnitetty erityisesti huomiota siihen miten oppilaiden tutkimuksissa tekemiä havaintoja sisällytetään heidän mentaalimalleihinsa. Lisäksi on tarkasteltu sitä, miten ja milloin opettajat tuovat oppilaille esille magnetismin teoreettisen mallin ne osat, jotka liittyvät kyseisen oppitunnin oppilastehtäviin.

Kvalitatiivisen tutkimuksen vahvistettavuuden toteutumiseksi on tutkijan tiedostettava omien ajatusten vaikutus tutkimukseen. Tutkijan on tuotava esille taustansa ja miten se on mahdollisesti vaikuttanut tutkimustuloksiin. Tässä tutkimuksessa tutkija on toiminut sekä tutkijana että yhtenä opettajana eli tutkimuksen kohteena. Tutkija on tiedostanut nämä roolit ja tämä on auttanut pyrkimyksessä totuudenmukaiseen aineiston analyysiin ja niistä tehtyihin tulkituksiin. Tutkimuksessa on tärkeää, että tutkija on perehtynyt tutkittavien todellisuuteen. Tämän tutkimuksen sijoittuessa kouluun, voidaan tutkijan olevan hyvin perehtyneenä tutkittavien todellisuuteen. Tutkija on toiminut aineenopettajana noin 20 vuotta sekä lukiossa että yläkoulussa. Tutkimuksen perehtyneisyyttä lisäsi myös se, että hänen pääaineena on ollut fysiikka. Lisäksi tutkija on jo usean vuoden ajan perehtynyt erilaisiin opetuksellisiin toimintakulttuureihin

(mm. tutkiva oppiminen ja erilaiset oppimistyyli) ja kokeillut niiden kautta saamaansa tietoa oppitunneilla. Tutkija oli myös yksi tutkimukseen osallistuneista opettajista. Näin hän pääsi toteuttamaan opetusjaksoa todellisessa luokkatilanteessa. Samalla tutkija sai toteutukseen ja käytänteiden toimivuuteen omakohtaista tietoa. Tämän vuoksi tutkija ei ole ollut vain ulkopuolinen tarkkailija, vaan osa tutkimusta. Tämän vaikutusta tutkimustuloksiin on pyritty minimoimaan kaikella mahdollisella tavalla, joita pyritään käymään läpi muun muassa luvussa 7.3. Verrattuna muihin tutkimukseen osallistuneisiin opettajiin tutkija on sekä teoreettisella että käytännön tasolla perehtynyt laajemmin tutkimuskohteeseen ja -aineistoon, ja tämä on voinut vaikuttaa tutkijan toimintaan ja hänen opettamansa ryhmän tuloksiin.

Suunnitelmallisesti kerättyä aineistoa on säilyttänyt huolella, ja se on ollut vain minun käytössäni. Tarvittaessa tutkimuksessa käytetty aineisto on ollut saatavissa vertaisarviointia varten.

6.2 Tarkastelun kestävyys

Tarkastelun kestävyydellä tarkoitetaan kvalitatiivisessa tutkimuksessa tutkimustilanteen arviointia. Silloin on arvioitava koko tutkimusprosessin johdonmukaisuutta ja kuinka hyvin tutkija on ottanut huomioon erilaisten ulkoisten tekijöiden sekä tutkijasta tai tutkimusmenetelmästä aiheutuvat sisäiset tekijät huomioon (Tynjälä, 1991). Koska kvalitatiivisessa tutkimuksessa samoissa olosuhteissa ei ole järjestettävissä uusintamittausta, kestävyuden arvioinnissa on syytä huomioida seuraavat seikat (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2010). Tutkijan tulee olla tietoinen tuloksien vaihtelua aiheuttavista tekijöistä ja pyrittävä valintojen tekemisen avulla minimoimaan ne. Eräs keskeisimmistä asioista tuolloin on erilaiset aineistojen keräämis- ja tutkimusmenetelmät sekä niiden valintaan liittyvä raportointi. Näin lukijalla on mahdollisuus arvioida tutkimuksen johdonmukaisuus ja esiin tulleiden vaihteluiden vaikutus tutkimukseen.

Tässä tutkimuksessa käytettiin kahdenlaista tutkimusaineiston keruumenetelmää. Niitä olivat oppilaiden oppituntien lomakkeet ja alku- ja lopputestit sekä oppituntien videotallenteet. Oppilaslomakkeita koottiin jokaiselta oppitunnilta, mikä on voinut aiheuttaa oppilailta sitä, että he eivät ole joka kerta jaksaneet vastata niihin yhtä huolellisesti. Oppilaiden puheista on videoilta tulkittavissa ajoittain uupumista ja väsymystäkin lomakkeiden täyttämiseen. Tämän inhimillisen vaihtelun vaikutusta tuloksiin on pyritty minimoimaan siten, että oppilaiden tuotoksia on tarkasteltu eri vaiheissa eri tavalla yhdistellen. Tarkasteluita on tehty alku- ja lopputestin välillä, oppitunneilla T1, T2 ja T5, muodostaen niistä erilaisia yhdistelmiä.

Videoinnin onnistumiseksi jokaisella oppitunnilla käytettiin kahta videokameraa tallentamaan oppituntien tapahtumia. Tällä pyrittiin siihen, ettei kameeroita tarvinnut siirtää kesken oppituntin, mutta kuitenkin videoille saataisiin mahdollisimman kattava ja monipuolinen kuva oppituntien vuorovaikutustilanteista ja niiden sisällöistä. Oppitunneille ei ollut varattu ketään käyttämään

videokameroita. Tämä osoittautui onnistuneeksi ratkaisuksi myös siksi, että kahden oppitunnin toisen kameran tallenteelta ei ollut kuultavissa ääntä. Seidel, Dalehefte ja Meyerin (2005) ohjeiden tulkinta auttoi onnistuneen videotallenteiden keräämisen. Videoinnilla oli huomattavissa sekä oppilailla että opettajilla alkujännitystä. Oppilaille oli tämän lisäksi huomattavissa videoinnilla olevan myös positiivinen ja kannustava vaikutus. Oppilaat kokivat olleensa erityisessä asemassa päästyään kuvattavaksi ja osaksi tutkimusta. Jos oppilailta olisi kerätty tietoa pelkästään tutkimuslomakkeilla, niihin tuotettu tieto olisi voinut olla toisenlaista kuin mitä se oli nyt samanaikaisesti oppitunteja videoimalla.

Tässä tutkimuksessa oppilaiden mallit ja kriittiset toiminnot analysoitiin tutkijan kehittämän analyysimenetelmän perusteella. Tehdyillä valinnoilla on voinut olla vaikutusta tutkimuksen tuloksiin. Jos esimerkiksi mallien luokittelussa olisi päädytty toisenlaiseen lähestymistapaan, saadut tulokset olisivat voineet poiketa tässä tutkimuksessa esitetyistä tuloksista. Samoin kriittisten toimintojen toisenlainen valinta olisi voinut johtaa tässä tutkimuksessa esitetyistä tuloksista poikkeavan tuloksen. Siksi niiden valinta ja valintaperusteet on pyritty kuvaamaan mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Näin lukijan on helppo arvioida tehtyjen valintojen onnistumista sekä valintojen vaikutusta tutkimustuloksiin ja tutkimuksen luotettavuuteen. Tutkimuksen luotettavuutta on pyritty lisäämään myös sillä, etteivät tutkimustulokset pohjautu yksin oppilaiden tuottamien mallien ja kriittisten toimintojen analysointiin.

Oppimateriaalin käyttöön ohjaamiseen olisi tutkija voinut käyttää enemmän aikaa. Olisi ollut hyvä käydä Hilman ja Elinan kanssa kaikki oppitunnit ja oppilastyöt tarkasti läpi riittävän ajoissa ennen opetusjakoa. Opetusjakso ajoitui joulukuun alkuun, jolloin opettajilla on monia lukukauden loppumiseen liittyviä kiireitä. Siitä johtuen opettajilla ei ollut omasta mielestään riittävästi aikaa valmistautua uuden ja erilaisen materiaalin kokeiluun. Siksi opettajien toimia tuleekin arvioida erilaisina toiminnan muotoina, eikä missään nimessä heidän tyypillisinä toimintatapoina oppitunneilla. Muodostetut opettajaprofiilit ovat tässä tutkimuksessa esiin tulleita, ja niistä ei voi tehdä minkäänlaisia yleisiä johtopäätöksiä heidän tavanomaiseen toiminnastaan oppitunneilla. Tutkimuksen kannalta on ollut erittäin hyvä, että osallistuneet opettajat ovat rohkeasti toimineet tilanteen ja olosuhteiden luomalla tavalla. Näin opettajan arki ja todellisuus sekä erilaisten pedagogisten toimintatapojen vaikutus oppilaiden oppimiseen on saatu todennettua. Tämä rohkeus on ollut tämän tutkimuksen kantavana elementtinä ja onnistunut viemään tätä tutkimusta eteenpäin.

Tässä tutkimuksessa käytettiin kvantitatiivisia menetelmiä oppilaiden mallien muutoksien tarkasteluun. Kvantitatiivisen analyysin luotettavuuden varmistamiseksi tulisi tutkimuskohteen kokoon kiinnittää huomiota. Koska tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden määrä oli pieni, käytettiin tuloksien käsittelyssä kuvailevia menetelmiä.

6.3 Tutkimuksen vastaavuus

Tutkimuksen vastaavuuden tarkastelulla tarkoitetaan sitä, miten sisäisen validiuden saavuttamiseksi on tarkasteltu tulosten uskottavuutta eri näkökulmista. Tässä tulisi kiinnittää huomiota siihen, miten tutkija on onnistunut kuvaamaan tutkimuksen tarkoituksen. Tärkeää on myös varmistaa, että tutkimukseen osallistujat ovat ymmärtäneet kysymykset ja annetut tehtävät oikein (Hirsjärvi ym., 2010). Tässä tulisi tuoda esille tutkijan perehtyneisyys taustateorioihin sekä aiempiin tutkimuksiin ja tutkimuskontekstiin. Nämä tulisi esittää riittävän perusteellisesti, jotta lukija voi päätyä tutkijan kanssa samoihin johtopäätöksiin. Samalla lukija voi arvioida, miten tutkija on onnistumista kuvaamaan tutkimuskohteen sisältämiä todellisuuksia.

Tutkimusta tehdessään tutkija on pyrkinyt noudattamaan suurta huolellisuutta ja hyvää tieteellistä käytäntöä (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2006). Tutkimuksen suunnitteluun ja toteutukseen oli varattu riittävästi aikaa ja tutkija oli tehnyt kaikki valmistelevat työt huolella. Opettajien ja oppilaiden tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista, ja heille kerrottiin avoimesti, mihin he sitoutuvat. Oppilaat tiesivät, että opetusjakson tulokset eivät vaikuttaisi heidän arviointiinsa. Tämä oli tärkeää siksi, että opetusjakso sijoittui syyslukukauden loppuun ja he olivat saamassa peruskoulun päättöarvioinnin fysiikan osalta. Tutkimuksen tekeminen tuttujen opettajien kanssa oli toisaalta haasteellista, mutta toisaalta myös hyödyllistä. Jos tutkimukseen osallistujat olisivat olleet tutkijalle ennestään tuntemattomia, hän olisi voinut päästä nopeammin tarkkailemaan vain heidän toimintojaan kiinnittämättä huomiota heihin tuttuina persoonina. Toisaalta tämä on voinut auttaa tutkijaa karsimaan persoonallisuuden vaikutuksia tutkimustuloksiin, koska hänen on pitänyt huolellisesti keskittyä vain oppitunneilla havaittuihin toimintoihin, ei niissä esiintyviin henkilöihin. Aluksi tutkija pohtikin sitä mahdollisuutta, ettei tutkimusraportissa tuotaisikaan opettajia esille erillisinä henkilöinä, mutta tämä olisi johtanut tietojen hankalaan perusteluun ja vaikeuttanut yhtenäisen kokonaiskuvan luomiseen. Opettajien tuttuus loi keskusteluja ennen opetusjaksoa, opetusjakson aikana sekä sen jälkeen. Nämä keskustelut tutkimusaiheesta ja tutkimuksen etenemisestä ohjasivat tutkijaa näkemään tutkimuksen ei-tutkijan näkökulmasta. Tutkimukseen osallistuneiden opettajien kanssa käydyt keskustelut auttoivat tutkijaa jäsentämään tutkimusta ja sen etenemistä.

Vastaavuuden lisäämiseksi voidaan käyttää erilaisia triangulaatioita. Sillä tarkoitetaan erilaisten aineistojen (aineistotriangulaatio), menetelmien (menetelmätriangulaatio), teorioiden (teoriatrangiulaatio) ja useiden tutkijoiden (tutkijatringulaatio) käyttöä samassa tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa on pyritty lisäämään tutkimuksen vastaavuutta aineistotriangulaatiolla ja osittain myös menetelmä- ja tutkijatringulaatiolla.

Tässä tutkimuksessa triangulaatioista toteutuu aineistotriangulaatio siten, että opetusjaksolta on kerätty sekä oppilaslomakkeilla että videotallenteilla tietoa tutkimuskohteesta. Tutkimuksen analyysivaiheessa näitä aineistoja analy-

soidaan sekä yhdessä että erikseen. Yhdistämistä tehtiin esimerkiksi kriittisten toimintojen valinnassa ja analysoinnissa. Aineistotriangulaatioksi voidaan tulkita myös se, että kriittisten toimintojen valintaan vaikutti monet seikat, kuten oppituntien sisältö ja tavoitteet sekä oppilastöiden tutkimustavat ja opetusmallin sisältö. Menetelmätriangulaation voidaan myös katsoa toteutuneen ainakin osittain tässä tutkimuksessa. Aineistoa on analysoitu pääsääntöisesti käyttäen kvalitatiivisia menetelmiä, mutta mallien luokitteluun on käytetty osittain kvantitatiiviseksi tulkittavia menetelmiä. Kvantitatiivisuus on kuitenkin hyvin vähäistä.

Tutkijatriangulaatiota ei tässä tutkimuksessa varsinaisesti voida katsoa toteutuneeksi aineiston analysoinnin osalta, koska sen on tehnyt ainoastaan tutkija. Analyysin järkevyyteen ja luotettavuuden arvioimiseen käytettiin vertaisluokittelijoita, jolloin mallien luokille asetettujen kuvausten järkevyyden ja mielekkyys tuli esille. Toisaalta tutkijatriangulaation voidaan katsoa toteutuneen siltä osin, että tutkimustuloksista on ollut mahdollisuus keskustella monissa eri yhteyksissä ja monien eri henkilöiden kanssa sekä Jyväskylän yliopistolla että ESERAn (European Science Education Research Association) konferenssissa 2011 ja kesäkoulussa 2012. Näissä keskusteluissa esiin tulleita näkökulmia tutkija on pyrkinyt ottamaan huomioon esittäessään tutkimuksen tuloksia. Tutkimuksen vastaavuutta lisättiin myös siten, että opetusjakson opettajat Hilma ja Elina saivat tarkistaa ja kommentoida tehtyjä analyyskejä.

Oppilaiden mallien luokittelun tekivät tutkimukseen osallistuneet opettajat. Tämä voidaan tulkita vertaisarvioinniksi. Heidän kanssaan käydyt keskustelut, avasivat tutkijalle uutta ymmärrystä ja uusia näkökantoja tulkita oppilaiden tuottamia malleja. Tämä auttoi tutkijaa myös pääsemään irti omista ennakkokäsityksistään ja ymmärtämään oppilaiden ilmaistujen mallien merkityksiä. Vuorovaikutustilanteiden kategorisoinnin vertaisluokittelun teki kaksi puheen ja vuorovaikutuksen tutkijaa. Heidän kanssaan käydyt keskustelut vuorovaikutusten tulkinnoille, auttoivat tutkijaa huomaamaan vuorovaikutustilanteiden hienoimpiakin eroja ja nyansseja. Tutkimukseen osallistuneiden Hilman ja Elinan haastatteluista kävi ilmi, että opetusjakson toteutus poikkesi tavanomaisesta magnetismin jaksosta. Yleensä yläkoulussa on käytetty vastaavan oppisisällön läpikäymiseen 2 – 4 oppituntia (à 45 min). Nyt käytettiin 6 oppituntia. Oppilaille oli enemmän aikaa perehtyä asioihin ja pohtia saatuja tuloksia. Ongelmana olivat oppituntien T1 ja T2 rakenne. Niissä oli paljon erilaisia tutkimuksia, joiden totuttaminen vei suurimman osan ajasta eikä yhteiselle pohdinnalle jäänyt riittävästi aikaa. Muilta osin opetusjakso muodosti Hilman ja Elinan mielestä mielenkiintoisen kokonaisuuden.

Tutkimuksen lähtökohtana oli, että oppilaiden oli tarkoitus rakentaa magnetismin malli omien havaintojen pohjalta. Opettajan tuli ohjata ja tukea oppilaita tässä prosessissa. Tutkimuksen yhtenä lähtökohtana oli, ettei oppilaille kerrota yleisesti oppikirjoissa käytettyä magnetismin alkeismagneettimallia. Tämä aiheutti Hilmassa ja Elinassa turhautumista, koska he kokivat toisinaan hankalasti tulkittavana sen, mitä oppilaille sai sanoa, ja mitä ei. Elina tulkitsi annetut ohjeet niin, ettei hän saa kertoa mitään. Tämä sai aikaan oppilaisissa epä-

varmuutta. Toisaalta tämä voidaan tulkita myös niin, että oppilaat olivat tottuneet saamaan heti selvän vastauksen pohdinnoilleen eivätkä he olleet tottuneet siihen, että jotakin asiaa tulisi miettiä, ratkoa ja pohtia pidemmän aikaa. Pitkäjänteiselle ongelmaratkaisuprosessille ei ole useinkaan riittävästi aikaa perusopetuksessa. Kuitenkin opetusjakson jälkeen useimmat oppilaat olivat sitä mieltä, että toimintatapa oli hyvä, ja he kokivat oppineensa enemmän kuin mitä olisivat oppineet ns. perinteisesti totutetuilla oppitunneilla.

Tutkimusvapaat ovat mahdollistaneet sen, että tutkija on pystynyt keskittymään aineistoon ja sen analyysiin häiriintymättä. Irtiotto koulun työyhteisöstä on antanut myös mahdollisuuden tarkastella opetusta ja oppimista ulkopuolelta käsin. Näin tutkija on voinut varsinkin analyysivaiheessa keskittyä analyysiin, mutta myös tarkkailla opetusryhmien toimintoja ulkopuolisena. Sen, kuinka tutkija on siinä onnistunut, voi jokainen tutkimukseen perehtyvä itse päätellä.

6.4 Tutkimuksen siirrettävyys

Tutkimuksen siirrettävyyden yhteydessä puhutaan usein myös ulkoisesta validiudesta. Sillä tarkoitetaan sitä, miten tutkimus ja tutkimuksesta saadut tulokset on yleistettävissä. Se voi olla pohdintaa tutkimuksen teoreettisten käsitteiden tai tutkimuksessa tehtyjen havaintojen soveltuvuudesta toiseen toimintaympäristöön.

Tämä tutkimus on toteutettu keskisuuren suomalaisen yläkoulun oppilaille ja aineisto on kerätty todellisissa luokkatilanteissa. Oppilaat vastaavat tavalista yläkoulun 9. vuosiluokan oppilasjoukkoa. Valittujen kolmen oppilasryhmän oppitunnit olivat yhtä aikaa ja käytännölliset siten järjestää tutkimuksen kohteeksi. Opettajiksi suostuivat kyseisten ryhmien opettajat, joista yksi, Anneli, on tutkija. Tutkimukseen osallistuneet opettajat ovat kokeneita yli 10 vuoden opetuskokemuksen omaavia matemaattisten aineiden opettajia. He ovat opettaneet fysiikkaa yhtenä oppiaineena koko opettajauransa ajan.

Tutkimustuloksia voidaan soveltaa muihin kouluyhteisöihin, myös toisen asteen koulutukseen. Kaikilla kouluasteilla oppilaat suorittavat itsenäisesti erilaisia oppimistehtäviä ja niiden onnistuneen suorittamisen onnistumiseksi voidaan soveltaa tässä tutkimuksessa saatuja tutkimustuloksia. Tutkimustieto ei rajoitu vain fysiikan opetukseen vaan on sovellettavissa myös laajemmin muihin oppiaineisiin ja sisältöihin. Lisäksi mallien ja kriittisten toimintojen analyysimenetelmiä voidaan soveltaa muihin opetuksen tutkimuksiin.

6.5 Tutkimuksen hyödynnettävyys

Tutkimuksen hyödynnettävyydellä tarkoitetaan sitä, miten tutkimus ja siitä saadut tulokset on sovellettavissa käytäntöön. Hyödynnettävyyttä tarkastellaan tarkemmin luvussa 7.4.

7 TUTKIMUSTULOSTEN TARKASTELUA JA POHDINTAA TUTKIMUKSESTA

Tällä tutkimuksella pyrittiin selvittämään, minkälaisia malleja oppilaat tuottavat magnetismista ja minkälaisia muutoksia niissä tapahtuu opetusjakson aikana. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, miten opetuksella ja minkälaisilla luokan sosiaalisilla vuorovaikutuksilla parhaiten voidaan tukea oppilaiden mallin muodostusta (Pollard, Anderson, Maddock, Swaffield, Warin & Warwick, 2008; Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). Koska opettajalla on todettu olevan tärkeä rooli oppilaan oppimisen ohjaaja, tarkasteluissa kiinnitettiin erityisesti huomiota siihen, miten opettaja ohjaa oppilaita (Bliss, Askew & Macrae, 1996; Vygotsky, 1979). Tässä tutkimuksessa oppimisen indikaattorina toimivat oppilaan tuottamat mallit (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000; Greca & Moreira, 2002). Tutkimuksessa käytettiin Purduen yliopistossa suunniteltua magnetismin opetusmateriaalia (Sederberg, 2010). Opetusjakso toteutettiin yläkoululla, 9. vuosiluokan oppilaille, normaalissa oppimisympäristössä ilman oppikirjaa tai muuta kirjallista materiaalia. Opetusjakson tarkoitus oli ohjata oppilaiden ajattelua kokeellisen lähestymistavan kautta magnetismin keskeisimpiin ominaisuuksiin. Tutkimuksella pyrittiin vastaamaan kolmeen tutkimuskysymyksen ja niitä tarkentaviin lisäkysymyksiin. Seuraavaksi tarkastellaan jokaista tutkimuskysymystä ja siihen tutkimuksesta saatuja vastauksia.

7.1 Minkälaisia muutoksia oppilaiden magnetismin ilmaistuissa malleissa on nähtävissä opetusjakson aikana?

Ensimmäistä tutkimuskysymystä oppilaiden mallien muuttumisesta lähestyttiin kahden tarkentavan lisäkysymyksen kautta. Ensimmäiseksi tarkastellaan kuinka oppilaiden ilmaistut mallit muuttuivat opetusjakson aikana ja toisessa miten eri opetusryhmien oppilaiden ilmaistujen mallien muutokset eroavat toisistaan. Oppilaiden ilmaistuista malleista tarkastellaan niiden sisältöä ja sisällyksessä tapahtuvia muutoksia.

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että opetusjakson oppitunneilta kerättyssä tutkimusaineisosta oppilaiden mallit kehittivät kohti opetusmallia (kuvio 8). Ennen opetusjaksoa oppilaiden malleissa oli ilmaistuna korkeintaan dipolisuus eli erilaiset magneettiset päät (DI) ja lopputestissä malleissa oli vähintään tämä ominaisuus. Tämä malli oli koko opetusjakson ajan yleisin magnetismin malleista. Oppilaista 3 % ei pystynyt tuottamaan magnetismin malleista kummassakaan testeistä. Yhdellä oppilaalla oli yksityiskohtaisempi ja enemmän tietoa sisältävä malli alkutestissä kuin se minkä hän tuotti lopputestissä. 40 % oppilaista tuotti samantasoisensa mallin alku- ja lopputestissä. Lopputestissä alkutestiä kehittyneemmän mallin pystyi tuottamaan 60 % oppilaista.

Oppilaiden malleja ja niissä tapahtuvia muutoksia tutkittaessa huomattiin, etteivät mallit ole pysyviä ja niissä tapahtuvat muutokset eivät etene aina niin, että mallin sisältö rikastuisi. Kuvioissa 13 on esitetty, miten oppilaiden mallit olivat muuttuneet koko opetusjakson aikana. Oppilaita pyydettiin jakson eri vaiheissa kuvaamaan valmiiksi piirrettyihin pohjiin, miltä magneetti näyttää sisältä Oppilaiden mallit saattoivat sisältää kesken tutkimuksen yksityiskohtaisempaa tietoa, kuin mitä he osoittivat tutkimuksen alussa tai lopussa. Ennen opetusjaksoa olleessa alkutestissä magneetin sisäistä rakennetta kuvaavia malleja (SIS ja SJR) ei esiintynyt oppilaiden tuottamissa malleissa (kuvio 13). 12 % oppilasta pystyi tuottamaan lopputestissä sisäinen rakenne mallin (SIS ja SJR) magnetismin. Oppilaista 25 (60 %) tuotti kehittyneemmän mallin lopputestissä kuin alkutestissä. Mentaalimalli syntyy paloista, joiden yhteen sovittamisen aikana voi tulla mentaalimallin sisällön köyhtymistä. Jos mentaalimalli on ristiriidassa tehtyjen havaintojen ja kuultujen ilmaistujen mallien kanssa, voi se aiheuttaa epävarmuutta ja ristiriitaa. Siitä voi seurata se, etteivät oppilaat enää tiedä, miten havaintoja tulisi tulkita ja minkälaisia johtopäätöksiä niistä tulisi tehdä.

Oppilaiden kykyyn vastata testeissä olleisiin väittämiin myös parani opetusjakson aikana. Tähän tulokseen voidaan päätyä sen perusteella, että alku- ja lopputestissä olleen tehävän numero 4 osaamisessa tapahtui tilastollisesti merkitsevä parantuminen. Oppilaiden ilmaistut mallit eivät olleet aivan niin sisältörikkaita kuin mitä heidän mentaalimallien pohjalta antamiensa väitteiden oikeellisuus osoitti. Ilmaistu malli ei ole aivan niin laaja kuin mentaalimalli (Greca & Moreira 2001). Tähän johtopäätökseen voidaan päätyä myös tämän tutkimuksen perusteella.

Oppilaiden malleja tutkittaessa, ei riitä, että niitä tarkastellaan vain yhdessä tai edes kahdessa vaiheessa oppimisprosessia (kuviot 14, 15 ja 16). Malleissa tapahtuu muuttumista niin kauan aikaa, että oppilaat ovat riittävän tyytyväisiä niihin (vrt. Gilbert, Boulter & Rebello, 2011). Tyytyväisyys on riittävää, jos he kykenevät selittämään niillä olemassa olevia ilmiöitä (vrt. Corpuz & Rebello, 2011). Oppilaiden mallien muutos voi tapahtua erilaisten välivaiheiden kautta riippumatta siitä, minkälainen oppilaan malli olivat alun perin tai minkälaiseen malliin oppilas lopulta päätyy (vrt. Justi & Gilbert, 2002).

Tarkasteltaessa oppilaiden malleja opetusryhmittäin havaittiin, että ryhmien välillä oli eroja. Eniten malleja paransi Annelin ryhmän oppilaat (53 %

Annelin ryhmän oppilaista) ja hänen oppilaiden tuottamat mallit olivat jakautuneet laajemmin sekä vain hänen ryhmässään yllettiin lähes opetusmallin mukaiseen esitykseen. Heikoiten malleja paransivat Elinan ryhmän oppilaat (24 %), eikä oppilaiden ilmaistuissa malleissa tapahtunut suurta vaihtelua. Hilman oppilaista 33 % paransi ilmaistun mallin sisältöä. Huonoimmin magnetismin ominaisuuksia (NO) malleissa oli kaikissa ryhmissä oppitunnin T2 jälkeen. Kaikissa tyhmissä oli oppilaita, jotka eivät tuottaneet minkäänlaista mallia (NO) ja yleisin malli kaikissa ryhmissä oli DI - malli.

Hilman ryhmän oppilaiden mallit olivat selvästi kehittyneet ja muuttuneet sisältörikkaammiksi, mutta silti ryhmän oppilaat eivät tavoittaneet kaikkea mahdollista oppitunneilla tarjottavaa tietoa magneeteista. Tämä näkyi niin, lopputestin malleissa tuli esille magneetin dipolisuus ja magneettinen vuorovaikutus, ja alkutestistä poiketen myös magneettikenttä malli, mutta ei sisäisen rakenteen mallia.

Annelin ryhmän oppilaiden malleissa tapahtui myös sisällön rikastumista. Ryhmässä oli oppilaita, joilla oli myös kaikkein sisältörikkein (SJR) malli. Tässä ryhmässä oppilaiden mallit pääsääntöisesti kehittyivät sisältörikkaammiksi. Annelin ryhmässä jouduttiin ainoana ryhmänä tekemään oppilasryhmän jakaminen kahteen osaan oppitunneilla T2 ja T3. Tämän vaikutusta tutkimustuloksiin ei ole selvitetty.

Elinan ryhmässä oppilaiden mallit eivät muuttuneet alkuperäisistä kuin neljällä oppilaalla. Kolmen oppilaan malleihin tuli lisäyksenä magneettikentän (MK) osoitus ja yhdellä oppilaalla alkutestissä magneetille piirrettyä magneettikenttää ei enää hänen mallissaan ollut enää lopputestissä. Elinan ryhmä oli ainoa, jossa havaittiin mallin sisällön väheneminen. Elinan oppilaat pysyivät siis pääsääntöisesti alkuperäisessä mallissa, eikä opetusjaksolla ollut vaikutusta ryhmän oppilaiden malleihin.

Kaikkien ryhmien oppilaat kävivät läpi samat oppilastyöt ja oppilasmateriaalit kysymyksineen. Oppilaiden mentaalimallin muodostumisessa ja muuttumisessa oli monenlaista ja monensuuntaista vaihtelua. Mielenkiintoista onkin tarkastella, onko kaikissa ryhmissä muutos samanlaista. Oppilaat olivat kouluarvosanoin mitattuna jakautuneet kohtalaisen samankaltaisesti eri ryhmiin (taulukko 2). Jos vain opetuspaketti olisi vaikuttanut oppimistuloksiin, olisi oletettavaa ollut, että saman oppimisjakson jälkeen oppimistulokset olisivat olleet samankaltaiset. Näin ei kuitenkaan ollut. Oppilaiden oppimiseen on täytynyt vaikuttaa jokin muu tekijä kuin materiaali. Koska oppilaiden luokkatilat olivat keskenään samanlaiset, eivätkä mitkään muutkaan työympäristön tekijät poikennet toisistaan, opettajan toimissa oli oltava jotain mikä on vaikuttanut opetusryhmien erilaisiin tuloksiin.

7.2 Minkälaisilla luokkahuonevuorovaikutuksilla opetusryhmissä ohjataan oppilaiden mallinnusta?

Tämän tutkimuksen toisessa tutkimuskysymyksessä selvitetään opettajan antaman ohjauksen ja vuorovaikutuksen merkitystä oppilaiden mallinmuodotukseen. Tarkoituksena oli tutkia millä ohjaamisen toimilla opettaja pystyy suuntaamaan oppilaiden ajattelua eteenpäin ja auttamaan oppilasta hänen konstruktioprosessissaan. Ohjauksen muodoista on huomioitu ne, joilla ohjataan oppilaiden oppilastöihin perustuvaa konstruktiota. Aluksi tarkastellaan miten opettajat huomioivat oppilaan kyvyn omaksua uutta tietoa magnetismista. Tähän pyrittiin saamaan selvyyttä kriittisiksi toiminnoiksi nimetyillä ohjaamisen muodoilla. Toiseksi pyrittiin määrittämään opettajan antamaa ohjausta ja siihen liittyviä toiminnon muotoja, joiden avulla oppilaita ohjataan kokonaisvaltaisesti oppilastöiden hyödyntämisessä. Tarkastelussa on erityisesti huomioitu, minkälaista ohjausta oppilastöiden tulkinta vaatisi, jotta niillä olisi oppimista edistävä vaikutus.

Kriittisiä toimia ovat ne opetuksen osat, joilla kohdistetaan tarkkaan rajattua, oikeaan aikaan annettua tukea ja ohjausta oppilaan oppimiseksi (Powell ym., 2003; Myhill & Warren, 2005; Viennot ym., 2005 ja 2006). Kriittisten toimintojen esiintymisellä on yhteys oppilaiden tuottamien mallien kanssa. Annelin opetusryhmässä esiintyivät kaikki kriittiset toiminnot ja hänen oppilaiden mallit muuttuivat sisältörikkaimmiksi ja olivat kaikista ryhmistä monipuolisimmat ja sisältörikkaimmat. Elinan opetusryhmässä oli vain kaksi kriittistä toimintoa ja hänen oppilaidensa mallit eivät muuttuneet kovin paljon. Oppilaiden mallit pysyivät lähes samanlaisina. Lisäksi esiin tulleista kriittisistä toiminnoista vain yksi oli koko luokalle kohdistettu, opetuskeskustelussa esille tullut. Hilman ryhmässä oli kolme ensimmäistä kriittistä toimintoa ja hänen oppilaidensa mallit kehittyivät, mutta eivät lopputestissä sisältäneet sisäistä rakennetta. Tämän tutkimuksen mukaan oppilaiden mallin muuttumisessa oli vaikutusta sillä, että oppilasta ohjataan tekemään oikeita havaintoja ja edelleen oikeita tulkintoja havainnoista. Kriittiset toiminnot olivat oppilaille tarjottuja apuportaita, joilla voidaan helpottaa oppilaiden havaitsemaan malliinsa uusia, todellisuutta ja ilmiötä vastaavia osia (kuvio 4). Siirtyminen sisältöriikkaampaan magnetismin malliin oli helpompaa, jos siirtymistä tuettiin.

Hilma kävi joka tunti oppilaiden kanssa opetuskeskustelua sekä käytti kaikkia tutkittuja ohjaamisen muotoja oppitunneillaan. Jokaisella oppitunnilla Hilma antoi ohjeita oppilaiden työskentelyyn. Hilman tapana oli lukea oppilasohjeet ääneen ennen oppilaiden työskentelyn aloittamista. Tämän jälkeen hän vielä varmisti muutamalla kysymyksellä olivatko oppilaat ymmärtäneet, miten oppilastyö toteutetaan. Hän oli ainoa opettaja, joka käytti siihen opettajamateriaalissa olevia valmiita lisäkysymyksiä. Opetuskeskusteluissa hän kävi yleensä läpi opetusmallin teoriaa ja satoi sen oppilaiden tekemiin havaintoihin. Hilma koki opetuskeskustelun olevan tilanne, jossa oppilaille ”palastellaan”, tarjotaan tietoa pieninä kokonaisuuksina. Tällöin tietoa voitiin pohtia yhdessä ja

antaa sille merkityksiä. Hilma kertoi ja selitti teoriaa opetusmallista, mutta hän varmisti pienin kysymyksin olivatko oppilaat mukana asian käsittelyssä. Esi-merkiksi kun Hilma oli kertonut oppilaille, että kompassineulan kärki kääntyy kohti magneetin eteläpäätä, kysyi hän oppilailta: ”Miten kompassineulan kärki liikkuu magneetin läheisyydessä?” Jos oppilaat eivät osanneet vastata kysymykseen, Hilma kertasi asian. Yhtä oppituntia lukuun ottamatta Hilma kävi oppitunnin lopussa oppilaiden havainnot läpi ja samalla sitoi siihen opetusmallin sisällön. Yleensä Hilma kävi opetusmallin teorian oppilastöiden jälkeen, jolloin oppilailla oli omia havaintoja ja niiden pohjalta muodostettuja käsityksiä asiasta. Oppilailla olemassa olevan mallin Hilma huomioi vain yhden oppitunnin (T4) lopussa. Oppitunnin alussa Hilma huomioi oppilaiden mentaalimallin kaikilla muilla oppitunneilla, mutta ei oppitunneilla T1 ja T6.

Anneli kävi opetuskeskusteluja jokaisella tunnilla ja käytti niihin hiukan enemmän aikaa kuin Hilma. Annelin opetuskeskusteluissa käytettiin kaikkia tutkittuja ohjaamisen muotoja. Niissä käytiin läpi teoriaa opetusmalliin ja oppilaiden tekemiä havaintoja oppilastöistä. Annelin opetuskeskustelut olivat asiassällöstä riippumatta sellaisia, että opettaja esitti teoriaan liittyvän kysymyksen oppilaille, jonka jälkeen keskustelu eteni oppilaiden vastausten perusteella. Tarvittaessa hän täydensi oppilaan vastauksen asiasisältöä. Tämä kysymys-vastauskeskustelutyylillä vei aikaa ja siksi Annelin opetuskeskusteluihin käyttämä aika oli suurin kaikista opettajista. Hän oli ainoa opettaja, joka kävi jokaisella oppitunnilla oppilaiden oppilastöiden tulokset läpi. Anneli huomioi oppilaiden olemassa olevan mallin viidellä oppitunnilla sen lopussa (ei T1) ja viidellä oppitunnilla ennen oppilaiden työskentelyä (ei T6). Anneli kävi yleensä teoriaa oppitunnin lopussa. Oppitunnin lopussa teoria, oppilaiden havainnot ja oppilaidenmentaalimalleja yhdistettiin, ja niistä muodostettiin kokonaisuus. Ohjeet työskentelyyn Anneli antoi kaikilla muilla oppitunneista, mutta ei oppitunnilla T6.

Elina ei käynyt kaikilla oppitunneilla opetuskeskustelua ja hänen antama ohjaus oli hyvin satunnaista (luku 5.4.5). Oppitunnilla T3 hänellä ei ollut lainkaan opetuskeskustelua ja oppitunneilla T4 ja T5 opetuskeskustelun pituus oli 1 minuutti. Viimeisellä oppitunnilla T6 opetuskeskustelu oli 10 minuuttia, joka on 50 % koko opetusjakson opetuskeskusteluun käytetystä kokonaisajasta. Kahdella oppitunnilla (T3 ja T5) hän kävi yhden oppilasparin kanssa keskustelua (oppitunnin T5 sitaatissa 24:87 [20:18 – 21:33], kuvio 33), joissa huomioitui oppilaiden olemassa olevat mallit. Ohjeita työskentelyyn Elina antoi neljällä oppitunnilla. Opetusmalliin liittyvää teoriaa Elina kävi vain oppituntien T1 ja T6 lopussa ja silloinkaan Elina ei suoraan selittänyt opetusmallin teoriaa. Hän antoi pieniä vihjeitä siitä mitä tarkoitetaan magneetin vuorovaikutuksella toisen magneetin kanssa ja dipolisuudella. Elina kuunteli oppilaiden ajatuksia ja kyseenalaisti niissä olevia virheitä, mutta ei korjannut oppilailla olevia virhekäsityksiä. Hän ei ottanut kertaakaan yhteisissä keskusteluissa huomioon oppilailla olevia malleja. Oppilastöiden tuloksia Elina ei käy yhdelläkään oppitunnilla läpi. Oppitunnilla T1 Elina keskusteli oppilastyöstä kertomalla miten magnetisminluokkia nimetään. Hän sanoi: ”...jos teidän havainnot ja tulokset ovat erilaiset, ei se haittaa...tehkää niin kuin teillä on”. Oppilaiden ei tarvinnut käyttää tie-

teellistä merkitsemistapaa, vaan se voi olla mikä vain merkitsemistapa, esimerkiksi sanat isot ja pienet. Tämä sama kehoitus tuli muutaman muunkin kerran esille videolla. Elina ei kysynyt, minkälaisia luokittelutapoja oppilaat olivat käyttäneet, eivätkä oppilaat siis kuulleet muiden käyttämistä tavoista. Oppilaille ei syntynyt kuvaa siitä, miten magneettisia vuorovaikutuksia voisi luokitella. Elina kuunteli oppilaiden selityksiä, mutta ei ohjannut oppilaiden ajattelua. Elina ei korjannut oppilaiden virheitä eikä kertonut selityksissä tai havaintojen tulkinnoissa olevia virheitä. Ennemmin Elina kehotti oppilaita vain toimimaan niin, kuin he olivat toimineet, ja kirjaamaan tekemiään tulkintoja. Oppilaille oli havaittavissa epävarmuus tekemistään tulkinnoista ja siksi he yrittivät saada opettajalta apu. Koska Elina ei kuitenkaan heitä auttanut, oppilaista tuntui, etteivät he oppi eivätkä voineetkaan oppia, koska heitä ei auteta.

Opettajan antama ohjaus ovat tärkeitä oppilaalle tarjottuja apuja mallin muodostamisessa (luku 2.3.3). Oppitunneilla käydyt keskustelut tarjoavat oppilaille mahdollisuuden ilmaista omaa mentaalimallia ja kuulla muiden oppilaiden ilmaisuja samasta asiasta eli heidän mentaalimallejaan (luku 2.3.2). Keskusteluissa opettaja voi ohjata oppilaiden ajattelua ja käsityksiä. Opettajan tulee esittää myös tieteellinen käsitys eli tieteellinen malli asialle (luku 2.2.1). Malli tulee sitoa oppilaiden ajatteluun ja heidän tekemiin havaintoihin. Ilman sidoksia ja yhteyksiä oppilaiden mentaalimalliin, malli ei sisäisty oppilaiden ajatteluun (luku 2.3.2). Opettajan tulee ohjata oppilaita tekemään ilmiöistä havaintoja. Oppilaat eivät osaa ilman apua kiinnittää ilmiössä oleellisiin osiin huomiota. Oppilaiden tekemien havaintojen merkityksen selittämiseen tarvitaan opettajan apua. Opettaja voi ohjata oppilaita huomioimaan tiettyjä ilmiöitä tai joitakin ilmiöiden yksityiskohtia. Opettajan tulee myös ohjata oppilaita tekemään johtopäätöksiä tehtyjen havaintojen perusteella, eli selittämään ja kuvaamaan sitä, mitä ilmiö tarkoittaa, mikä saa aikaan ilmiön sekä miksi ilmiö tapahtuu. Tärkeää on myös suunnata oppilaiden huomio siihen, miten havaittu ilmiö ja siitä oleva tieteellinen malli liittyvät toisiinsa.

7.3 Minkälaisella luokkahuonevuorovaikutuksella on merkitystä oppilaiden ilmaistujen mallien muodostumiseen?

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä pohdittiin luokkahuonevuorovaikutuksen ja oppilaiden magnetismista rakentaman mallin välistä yhteyttä. Luokkahuonevuorovaikutuksessa on keskitytty opetuskeskusteluun ja mihin tarkoitukseen sitä käytetään. Opetuskeskustelu on luokkahuonevuorovaikutuksen muoto, jonka sisältö ja tarkoitus voi vaihdella. Opetuskeskustelu on Seidelin (2005) mukaan opettajan ja oppilaan tai oppilaiden välistä vuoropuhelua, jossa opettajalla on mahdollisuus selvittää, minkälaisia malleja oppilaille on tutkittavasta asiasta sekä ohjata oppilaiden ajattelua tarkoituksen mukaisella tavalla. Opettajien opetuskeskustelun toteutustavoissa oli eroja. Kuitenkaan toteutustavalla ei ollut osoitettavissa niin suurta merkitystä kuin sillä, ettei niitä ollut ol-

lenkaan. Oppilaille oli tärkeää, että he saivat ilmasta omia mielipiteitään ja toisaalta se, että heidän toimintaansa ohjattiin. Tämä oli nähtävissä niin, että Elinan opetusryhmän oppilaiden mentaalimalleissa ei ollut havaittavissa merkittävää muutosta, mutta Hilma ja Annelin ryhmän oppilailla oli muutosta havaittavissa.

Ilman opettajan ohjausta oppilaat tekevät oppilastyöt, mutta eivät välttämättä pohdi niiden merkitystä. Verrattaessa ryhmän oppilaiden ilmaistuja malleja ja niissä tapahtuvia muutoksia sekä opettajan tarjoamia kriittisiä toimintoja toisiinsa oli näiden välillä nähtävissä selvä yhteys. Kriittisen toiminnon (luku 4.3.3) pois jääminen on voinut vaikuttaa siihen, ettei oppilas ole omaksunut hänelle tarjottua tietoa. Opettajan apuportaavat laajentavat oppilaan ajattelun etenemistä riittävän pienissä paloissa ja ottavat huomioon oppilaan oppimiskyvyn (ZPD). Oppilaan oppiminen etenee helpommin, jos hänelle tarjotaan uutta asiaa pienemmissä erissä, oikeaan aikaan (kuviot 19, 25 ja 30). Kriittiset toiminnot olivat tärkeitä oppilaan oppimista ohjaavia ja tukevia toimintoja. Tähän päätelmään voidaan tulla sillä perusteella, että Hilman ja Annelin muissa toiminnoissa ei ollut suuria eroja, mutta kriittisistä toiminnoista Hilmalta puuttui viimeisin (JÄ) ja hänen oppilaillaan puuttuivat sisältörikkaimmat mallit.

Opettajat voivat ohjata oppilaan mentaalimallin muodostumista muillakin tavoilla. Oppilas tekee havainnon, mutta johtopäätöksien tekemiseen häntä on ohjattava. Usein oppilaille itselleen riitti se, että hän saa tehtyä annetut työt. Hän ei välttämättä kokenut tarpeelliseksi tehdä oppilastöistä päätelmiä, jollei niitä häneltä vaadittu ja ohjattu niitä tekemään. Oppilastöiden tekemisessä on kuitenkin tärkeää, että oppilaat ovat tietoisia siitä, mitä, miten ja minkä vuoksi työ tehdään (vrt. Justi & Gilbert, 2002; Gupta, Hammer & Redish, 2010). Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että oppilaille annetaan kaikki ohjeet ja tuloksetkin valmiina. Rudduck ja Flutterin (2008) mukaan opettajan tulee ohjata ja tukea oppilaan oppimista niin, että hän kertoo oppitunnin tavoitteet ja miten heidän tulee toimia tavoitteiden saavuttamiseksi. Oppilastöissä tehdyt havainnot on käytävä läpi ja tehdyille havainnoille ja johtopäätöksille on annettava sekä merkitys että tulkinta (Podolefsky & Finkelstein, 2007). Oppilaan tulisi voida tehdä myös virheellisiä tulkintoja. Niiden pohjalta on kuitenkin tarpeen käydä perusteltu keskustelu, jolloin oppilaan tulisi kuitenkin korjata käsityksensä opetusmallin mukaiseksi. Oppilaiden havaintojen kuunteleminen ja niiden pohjautuvien ajatusten sovittaminen opetusmalliin auttaa oppilaita omaksumaan omaan malliin tarpeellisia osia (sitaatti 38:67). Toisaalta oppilaiden kuuleminen antaa opettajalle mahdollisuuden ohjata oppilaiden ajatuksia pois virheellisistä käsityksistä tai osoittaa oppilaiden malleissa olevia puutteita (sitaatti 27:23). Näin opettaja voi suunnata oikea-aikaisesti, kohdennettua tietoa, oppilaan ajattelua ohjaamaan. Hilma kutsui tätä ”palasteluksi”. Sillä hän tarkoitti sitä, että asioita pohditaan sekä niiden merkityksiä ja sisältöjä mietitään pienissä palasissa, joista oli helpompi koota kokonaisuus (vrt. Berk & Winsler, 2002). Opettajan esittämän tiedon avulla oppilas kykenee laajentamaan omia käsityksiään sekä oppimaan ja ymmärtämään opiskeltavaa asiaa (vrt. Viennot, Chauvet, Colin & Rebmann, 2005). Uuden tiedon omaksuminen havaitaan oppilaiden mallien

kehittymisenä ja niissä olevan tiedon lisääntymisenä (vrt. Franco & Colinvaux, 2000; Greca & Moreira, 2002).

Tässä tutkimuksessa Elinan ryhmän oppilaat suorittivat kaikki annetut tehtävät, mutta he eivät saaneet ohjausta ilmaistun mallin kehittämiseen opetuskeskustelujen kautta (luku 5.4.1). Heillä ei ollut mahdollisuutta ilmaista omia havaintojaankaan (luku 5.4.4). Lisäksi heille ei tuotu tietoa opetusmallista (luku 5.4.2), jolloin heidän havaintojaankaan ei sidottu teoriaan (luku 5.4.4). Näiden opetuksen ohjauksen elementtien puute näkyi oppilaiden ilmaistujen mallien kehittämisessä. Elinan ryhmässä oli oppilas, jolla asiasisällössä tapahtui jopa köyhtymistä. Oppilaiden esittämiin ajatuksiin tuleekin suhtautua vakavasti, ja ne tulee huomioida huolellisesti oppituntien aikana. Oppilaan väitettä tai kysymystä ei tule väheksyä tai sitä ei tule ohittaa (vrt. Lemke, 1990). On erittäin tärkeää, että oppilaat saavat ilmaista oman käsityksensä asiasta ja saavat mahdollisuuden kuulla muiden käsityksiä samasta asiasta. Tärkeää on myös se, että oppilaat osaavat tulkita oikein tekemiään havaintoja (Tiberghien, 1994; Justi & Gilbert, 2002; Corpuz & Rebello, 2011).

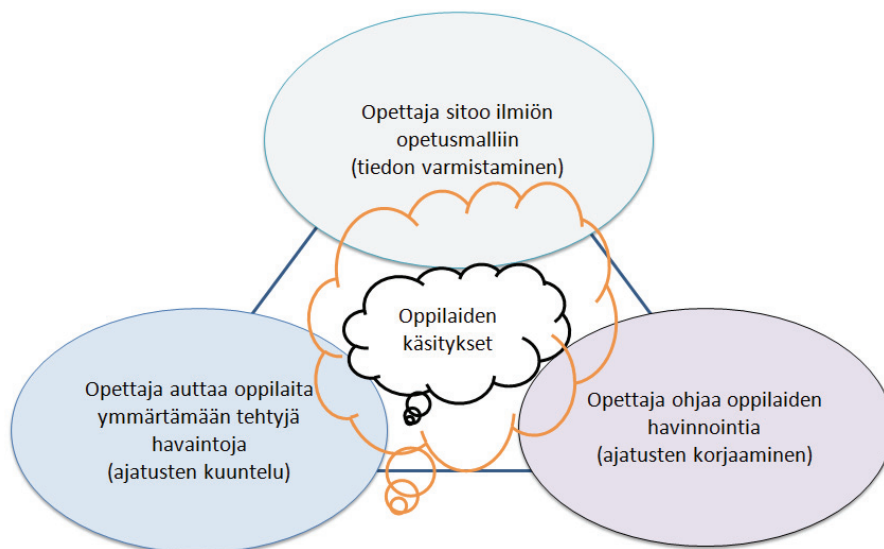
Oppilaiden pitää pystyä ilmaisemaan myös osaamattomuutensa ja tietämättömyytensä. Vaikka ongelma tuntuisi opettajasta kuinka naivilta tai yksinkertaiselta, sillä voi olla suuri merkitys oppilaalle ja hänen ajattelunsa kehittymiselle. Kannustavalla kuuntelulla ja toisten näkemyksien huomioimisella voidaan laajentaa oppilaiden ajattelua (Wertsch, 1991; Rajala, Hilppö & Lipponen, 2012). Kuuntelemalla muiden käsityksiä ja vertaamalla niitä omiin käsityksiinsä oppilas muodostaa omaa mentaalimalliaan (sitaatti 27:23; vrt. Laurillard, 2012; Campoy, 2005). Toisten oppilaiden ilmaistujen mallien kautta oppilas voi peilata omaa käsitystään muiden käsityksiin ja siten arvioida omia tulkintojaan asioista (sitaatti 2:97; vrt. McIntyre, 2007). Näin esiin tulleiden asioiden avulla oppilas myös pystyy vahvistamaan omaa mentaalimalliaan ja rikastuttamaan sen sisältöä (sitaatti 11:43). Kuuntelemalla oppilasta opettaja voi ohjata oppilaan ajattelua ja korjata hänen ajattelussaan olevia puutteita ja virheitä, mutta myös kannustaa ja kehua oppilasta (vrt. Laurillard, 2012). Siksi on erittäin tärkeää, että mallien tulkinta ja ymmärrys siitä, mitä mallit tarkoittavat, tulevat myös oppilaille selväksi (vrt. Podolefsky & Finkelstein, 2007).

Koska Greca ja Moreiran (2002) mukaan oppilaat ratkovat ongelmia ja tekevät tulkintoja oman mentaalimallinsa pohjalta, olisi erittäin tärkeää selvittää oppilaiden mentaalimallissa olevia elementtejä mahdollisimman monella tavalla. Näin saadaan tarkempi ja perustellumpi kuva siitä, mitä asioita oppilaat ovat omaksuneet oppimisprosessin eri vaiheissa omaan malliinsa (taulukko 22). Jotta mallin sisällöstä saataisiin tietoa, on oppilaiden ilmaisuja tarkasteltava tarkemmin ja monipuolisesti. Mèheut ja Psillosin (2004) mukaan ilmaistulla mallilla voidaan saada selville, mitä elementtejä mentaalimallissa ainakin on. Oppilaiden malleista voidaan saada tietoa oppitunneilla käydyn keskustelun ja erilaisten kirjallisten tuotosten avulla.

Tässä tutkimuksessa oli huomattavissa, että opettajan antaessa epäsuoran vastauksen oppilaalle, se ei tuota niin suurta ongelmaa kuin se, että oppilas jätetään kokonaan ilman huomiota (sitaatti 39:43). Tuolloin oppilaat kokivat, ettei

opettaja opeta heitä. Tämä vaikutti selvästi oppilaiden haluun ja innostukseen opiskella. Oppilaat huomasivat, etteivät heidän käsityksensä vastannut niitä havaintoja, joita he olivat tehneet. Tehdyt havainnot eivät olleet perusteltavissa heidän selitysmalleillaan. Tuolloin oppilaiden käsitystään asiasta ja sen perusteella rakennettua mentaalimallia oli tarve muuttaa ja muutoksen ohjaajana opettajalla olisi ollut suuri merkitys. Oppilaille esiin tulleet ristiriidat oman ajattelun ja tehdyn havainnon välillä olisi voinut olla mahdollista opettajan johdolla ohjata kohti oikeaa ajattelua. Opettajan olisi tiedostettava nämä tilanteet ja reagoitava niihin, jotta oppilaat etenisivät opinpolullaan. Opettajan jättäessä oppilaat yksin ongelmiansa kanssa aiheutti se turhautumista, ja oppilaat muuttuivat opiskeluhaluttomiksi (vrt. Lemke, 1990). Ohjauksen muodoilla ei ollut niin suurta merkitystä kuin niiden poisjäämisellä. Opettajan tarjoamien ohjauksen muotojen vaihtelu oppitunnista toiseen ei näyttänyt olevan merkitsevä, koska oppilaat hyödynsivät kulloinkin annettua ohjausta.

Uuden asian sisäistäminen ilman ohjausta oli hyvin hankalaa, joskus jopa lähes mahdotonta. Oppilaiden erilaisuus vaatii opettajalta aktiivista kuuntelua. Jos oppitunneilla voitiin tuottaa oppilaiden ja opettajan kanssa yhdessä pohtien ja keskustellen vastaus, saavutettiin oppilaan oppimisessa hyvä tulos. Positiivinen vuorovaikutus ohjaa oppilaan oppimista. Opettajan kuunnellessa ja ohjattaessa oppilaan ajattelua autetaan oppilaan oppimisprosessin etenemistä. Koulussa oppilaan tulee voida harjoitella asioita. Oppimisessa tulee sietää epäonnistumisia, mutta niiden jälkeen tulee olla myös onnistumisen kokemuksia. Selkeät ja ymmärrettävät tavoitteet sekä oppilaille annetun oppimista edistävän palautteen avulla saavutetaan oppimisessa onnistuneita tuloksia.



KUVIO 36 Opettajan merkitys oppilaiden kosntruktioprosessissa.

Opettaja on oppitunnilla hyvin keskeisessä roolissa oppilaiden oppimisen ja ajattelun ohjaamisessa. Kuviossa 36 on osoitettu opettajan merkitys oppilaan konstruktioprosessille. Opettaja voi ohjata oppilaiden ajattelua ja korjata heidän virhekäsityksiään monin eri tavoin. Oppilas tarvitsee sitä, että hänen ajatuksiinsa kuunnellaan ja niissä olevia virheellisyyksiä korjataan (vrt. Camboy, 2005). Kallungin (2012) kanssa yhteneväisesti on osoitettavissa, että oppilaat tarvitsevat puhetta, jotta he tulisivat tietoisiksi omien käsitysten todenperäisyydestä ja minkälaisia muiden käsitykset ovat (sitaatti 36:10). Tavoitteena on, että oppilaan mentaalimalli vastaisi mahdollisimman paljon todellisuutta ja siitä esitettyä opetusmallia (Vosniadou & Brewer, 1994; Coll & Treagust, 2003; Corpuz & Rebello, 2011).

Oppilaan opiskellessa asioita, joista hän ei voi tehdä suoraa näköhavaintoa, vaativat erityisen paljon opettajan ohjausta ja apua, esimerkiksi magnetismin ja sen syyt ovat sellainen asia. Oppilaat eivät voi havainnoida, miten esimerkiksi pilkkominen vaikuttaa magneetin rakenteeseen. He voivat vain havaita minkälaisia vaikutuksia pienemmällä magneetilla on ympäristöön. Havaintojen tulkinta vaatii opettajan selitystä ja apua oppilaiden ajattelun suuntaamisessa oleellisiin yksityiskohtiin ja totuutta vastaavaksi. Mentaalimalliin omaksutaan tietyt elementit sekä yhdistäen ja yksinkertaistaen omaksutaan joitakin elementtejä (Harrè, 2002). Tämän tuloksena syntyneen mentaalimallin avulla tulee pystyä tekemään ja tarvittaessa tuottamaan oikeat ja totuudenmukaiset (Harrè, 2002) ilmaukset tutkituille ilmiöille. Mentaalimallien avulla oppilaat tekevät ennusteita havaitsemilleen asioille (vrt. Corpuz & Rebello, 2011) ja hahmottavat ei-suoraan havaittavia asioita (vrt. Gentner & Gentner, 1983). Jos jätetään selvittämättä, miten oppilaat ovat omaksuneet aiemmin opiskeltuja asioita (Campoy, 2005; Laurillard, 2012) ja miten he tulkitsevat tutkittavia ilmiöitä (sitaatti 38:67), ei oppilaan ajatteluun voida ohjata, eikä häntä voida auttaa riittävästi kehittämään mentaalimallia (sitaatti 27:23) tieteellistä käsitystä ja opetusmallia vastaavaksi.

Oppilailta ei ole vielä 9. vuosiluokalla riittävästi kokemusta ja taitoja siihen, että he kykenisivät itsenäisesti huomaamaan, mitä tutkimuksissa pitää havaita ja miten tehtyjä havaintoja pitää tulkita. Oppilaat voivat ajatella esimerkiksi niin, että heidän käyttämänsä tutkimusväline ei ole kunnossa, jos se ei käyttäydy siten, kuin he olettavat sen käyttäytyvän (sitaatti 38:67). Luokassa käytävissä keskusteluissa ei riitä, että se on pelkästään oppilaiden välillä tapahtuvaa. Taitavamman oppilaan antama apu ei ole riittävän tehokasta (sitaatti 38:67), koska hänen tietonsa ja mallinsa ovat yleensä puutteellisempia kuin opettajan. Apua antava oppilas tietää asiasta jotakin, luultavasti enemmän kuin apua tarvitseva oppilas, mutta ei kuitenkaan niin paljon, että voisi antaa riittävästi perustellun kuvan asiasta. Opiskeluun voidaan tuolloin saavuttaa hetkellinen apu, mutta muutosta mallissa se ei välttämättä saa aikaiseksi. Oppilaat eivät aina luota omiin ajatuksiinsa tai edes tekemiinsä havaintoihin.

Oppilaan ajattelu etenee hänen henkilökohtaisen (Vosniadou, 1994; Limòn, 2001) tarpeen mukaisien välivaiheiden kautta. Siksi onkin tärkeää huomioida oppilaiden erilaisia tarpeita ja ohjata oppilaita pitkin oppimispolkua. Ei riitä,

että oppilaat saavat yleisen ohjeen opiskeluvaiheen alussa ja lopussa. Oppilas prosessoi mentaalimalliaan oppimisprosessin aikana, ja siihen hän tarvitsee ohjausta ja tukea (vrt. McNeill ym., 2004; Engin, 2012). Tämän tutkimuksen oppitunti T2 oli selvästi kohta, jossa oppilaiden mentaalimallin kanssa ristiriitainen tieto sai aikaan sen, etteivät he enää kyenneet tuottamaan mallia tekemälleen havainnolle. Oppilaan tehdessä oman mentaalimallinsa kanssa ristiriitaisen havainnon, voi se johtaa niin vahvaan kognitiiviseen konfliktiin, ettei hän kykene tuottamaan minkäänlaista ilmaistua mallia asialle. Tässä tilanteessa oppilaalle tulisi tarjota uusia paremmin todellisuutta vastaavia selitysmalleja (Justi & Gilbert, 2002) tai oppilaalle tulee antaa uusia tapoja lähestyä asiaa. Rasku-Puttonen, Lerkkanen, Poikkeus ja Siekkisen (2012) mukaan opettajan on tartuttava oppilaiden ajatuksiin ja yhteisesti pohtien selvitettävä mitä oikeaa ja mitä väärää niissä on. Mitä herkimmin opettaja seuraa oppilaiden toimia ja mitä tarkemmin hän vastaa oppilaiden tarpeeseen mallinnuksessa, sen paremmin oppilaiden oppimisen polku etenee (vrt. Driver ym., 1996).

Opettaja voi tukea oppilaan työskentelyä monella tavalla, mutta jos opettaja ei ohjaa suunnatusti, kriittisesti ja tarkasti valittuihin kohtiin asiasisältöjä, on oppilaan vaikea laajentaa omaa tietämystään. Tämän tutkimuksen mukaan opettajan ohjauksen muodoista merkittävin on kriittinen toiminto. Silloin opettaja parhaiten saa suunnattua oppilaan huomion oleellisimpaan ja sidottua tieteellisen tiedon oppilaan ajatteluun ja sisäistymään oppilaan malliin. Tämä lisäksi oppilaan oppimisen kannalta on hyvin tärkeää, että opettajan ja oppilaiden välillä on sosiaalista kanssakäymistä ja vuorovaikutusta. Luokkahuonevuorovaikutus tarjoaa opettajille mahdollisuuden tarjota tieteen, tässä tapauksessa fysiikan tiedon kognitiivisia rakenteita ja tietosisältöjä oppilaille (vrt. Bliss ym., 1996) sekä samalla kuulla oppilaan ilmaistuja malleja asiasta. Opettajan on kuunneltava aktiivisesti, mutta annettava oppilaan ajatella mahdollisia virheitäkin sisältävällä tavalla. Tärkeää on vain muistaa ohjata ja suunnata oppilasta huomaamaan omat puutteet ja virheet. Onnistunut oma oivallus ja uuden tiedon omaksuminen tuottaa motivoituneen ja innovatiivisen oppilaan. Oppilas ei opi testaamaan omia rajojaan, kehittämään itseään ja omaa osaamistaan, jollei hän saa sitä harjoitella oppitunneilla tutussa ja turvallisessa opettajan ohjauksessa.

7.4 Tutkimuksen merkitys ja hyödynnettävyys

Magneetti, ja miten se yleisesti ymmärretään, on näköhavaittava objekti, joka vaikuttaa ympäristöön sille ominaisella tavalla. Magneetin sisällä olevaan rakenteeseen ei voida nähdä. Niinpä oppilaiden mallit eli näkemykset magneetin rakenteesta vaativat opettajan ohjausta. Oppilaan on uskottava omiin havaintoihinsa ja tulkintoihinsa ja korjattava ajattelun virheet oikeiksi, todellisuutta vastaaviksi. Oppilaan tulisi esittää mallissaan käyttämilleen merkinnöille selitykset, jotta tulkintojen paikkaansa pitävyys olisi selvitettävissä. Toisaalta opettajan tulisi myös ohjata oppilaita käyttämään tunnetuille asioille esitettyjä merkintätapoja. Tässä tutkimuksessa on pystytty osoittamaan opettajan tarpeelli-

suus oppilaan oppimiselle. Opettajan merkitystä oppilaan oppimiselle on vaikea tutkia, koska opettajat haluavat tehdä työnsä huolella ja ohjata oppilaan oppimista parhaalla mahdollisella tavalla. Tutkimukseen lähteneet Hilma ja Elina uskalsivat rikkoa tätä raja-aitaa ja toimia vastoin omaa henkilökohtaista näkemystä. Heidän ansiostaan on pystytty osoittamaan opettajan merkitys ja tärkeys oppilaan oppimiselle. Kukaan opettaja ei varmastikaan jätä oppilasta yksin pohtimaan asioista, vaan pyrkii ohjaamaan ja auttamaan parhaalla mahdollisella tavalla. Tässä tutkimuksessa on pystytty osoittamaan se, mihin opettajaa tarvitaan ja kuinka tärkeää oppimiselle on antaa tilaa ja aikaa. Opettajalla tulisi olla resursseja huomioida oppilas ja hänen oppimisen etenemiselle esiin tulleisiin tarpeisiin pitäisi pystyä vastaamaan. Opetusryhmien tulisi olla riittävän pieniä, jotta opettaja ehtisi huolehtimaan siitä, että jokainen oppilas saa tarvitsemansa avun.

Magnetismi ei ole ainoa luonnontieteen osa, josta oppilaat eivät voi suoraan nähdä ilmiötä aikaansaavaa osaa. Oppilaiden oppimisen ja oppimisen ymmärtämisen kannalta olisi tärkeää, että oppilaat olisivat tietoisia, siitä mitä käytetty malli tarkoittaa ja millä tavalla käytetty malli liittyy havaittuihin ilmiöihin. On erittäin tärkeää, että opettajat tulisivat tietoisiksi siitä, millä malleilla ja millä tavoin malleja käyttämällä, he voivat parhaiten ohjata ja edistää oppilaiden oppimista. Tuolloin voidaan oppilasta ohjata mallien käyttöön, niiden merkityksen ja käyttötavan ymmärtämiseen. Mallit ovat opettajan apuvälineitä, joilla oppilas rakentaa tai oppilaille rakennetaan silta havainnon ja ajattelun välille, ja opetuksessa niiden avulla voidaan saavuttaa uusia, mahdollisesti erilaisiakin oppimistuloksia. Mallit voivat olla selviä ja ymmärrettäviä opettajille, mutta oppilaille ne ovat uusia, vaille alkuperäistä tarkkaa selitystä olevia malleja.

Tutkimuksen oppilaslomakkeissa hyvin monilla oppilailla oli aluksi magnetismin mallille dipolisuutta osoittamassa + ja - merkit. Toisaalta oppituntivi-deot paljastavat sen, että osalle oppilaista +/- merkintä tarkoitti päiden erilaisuutta. Oppilaissa oli niitäkin, joille +/- merkitsevät magneetissa olevia sähkövarauksia, aivan niin kuin aiemmissa tutkimuksissa niiden merkityksiä on tulkittu (mm. Borges & Gilbert, 1998). Vaikka merkintöjen tulkinnasta ei voida olla varmoja, on tutkimuksessa osoitettavissa, että monella merkit liittyivät sähkövarauksiin. Tätä tulkintaa tukee myös se, että oppitunnilla T2 osoitettiin oppilastöissä, ettei magneeteissa voi olla sähkövarauksia. Oppilaiden mentaalimalleissa tapahtui sen jälkeen huomattava muutos. Tuolloin 50 % oppilaista oli magnetismin ominaisuuksia sisältämätön malli (NO). Tämä saattoi merkitä sitä, että oppilailla on tiedon ristiriidasta aiheutunut kognitiivinen konflikti. Tässä oli aiempien käsitysten ja tehtyjen havaintojen välille niin suuri ristiriita, etteivät oppilaat joko kykene tuottamaan mitään mallia tai he eivät halua tuottaa mallia, koska eivät tiedä, miten havainnon ilmaisisi (Rauste-von Wright, von Wright & Soini, 2003). Oppilaat tiedostavat, ettei magnetismiin voi enää käyttää heidän aiemmin esittämällään tavalla, mutta heillä ei ole havainnolle vielä uutakaan tapaa ilmaista sitä (Limón, 2001). Mallien esityksissä käytetyille symboleille tulisivatkin saada tulkinta ja selitys (Waltner, Heran-Doerr, Rachel & Wiesner, 2011). Tässä tutkimuksessa havaittuja oppilaiden tuottamia malleja magne-

tismista ei ole voitu lähteä tulkitsemaan niin, että napaisuutta osittavat plus- ja miinusmerkit tarkoittivat sähkövarauksia. Koska oppilaslomakkeissa ei pyydetty oppilaita selittämään merkinnän tarkoitusta, näiden kahden merkityksen erottaminen on ollut mahdotonta. Siksi asia on tutkimuksessa tulkittu niin, että plus ja miinus tarkoittavat vain kahta toisilleen vastakkaista ominaisuutta. Esi-merkiksi Elinan oppilas Viivi ilmoittaa, että magneetin päissä ei ole plus ja miinus, mutta hän ei tiedä miten muutenkaan asian ilmaisisi. Tähän tulkintaan päätyminen on voinut jonkin verran vaikuttaa lopputuloksiin. Koska oppilaat ovat olleet tietoisia siitä, ettei magneeteissa ole sähkövarauksia ja heillä ei ole ollut tilalle muuta merkintää, ovat he voineet jättää merkinnän kokonaan pois. Mahdollisuus on kuitenkin ollut kaikissa tutkimusvaiheissa samanlainen. Tehtyä tulkintaa puoltanee sekin, ettei tässä tutkimuksessa ole haluttu lähteä selvittämään tarkemmin mistä magnetismi aiheutuu.

Opettajalle on tärkeää saada tietoa oppilaan oppimisprosessista ja sitä, mitä asioita oppilas on jo omaksunut ja mitä hänen tulee vielä harjoitella. Perinteisesti oppilaan oppimista on totuttu mittaamaan ja määrittämään kokeiden avulla. Tämä tutkimus osoitti, ettei oppiminen ole lineaarista. Jos opettaja saa tiedon oppilaan osaamisesta mahdollisimman monipuolisesti ja riittävä usein opiskelun aikana, opettajalla on mahdollisuus tarvittaessa korjata oppilaiden ymmärrystä. Opettaja voi pitää pistokokeita, mutta usein niiden pitäminen ja korjaaminen jää vähäiseksi kiireen ja tiivistahtisen kouluarjen keskellä. Oppilailla oppimiseen liittyvän tiedon kartoittamiseen voitaisiinkin ottaa käyttöön tietotekniikka. Opettajilla voisi olla käytettävissä tehtäviä tai harjoituksia, joita oppilaat ratkovat tietokoneella. Tietokoneelle tallentuisi tiedot siitä, miten oppilaat ovat onnistuneet tehtävien teossa (oikeiden ja väärin vastausten määrät), montako kertaa jokin tehtävä on pitänyt ratkaista, ennen kuin se on tehty oikein, kauanko tehtävien tekemiseen on käytetty aikaa ja montako tehtävää oppilas on tehnyt. Tulokset osoittaisivat, jos johonkin opetuksen osa-alueeseen olisi palattava tai käytettävä enemmän aikaa, kuin mitä opettajat ovat alun perin suunnitelleet. Tästä olisi oppilaille hyötyä myöhemmin, jolloin aiemmin perusteellisesti opittu asia auttaa toisen asian oppimista.

Oppilaiden palautekeskustelussa tuli ilmi, että oppilaat eivät olleet tottuneet siihen, että oppilaiden tuli aktiivisesti pohtia, miettiä, kyseenalaistaa ja siten ottaa vastuuta oppimisen etenemisestä. He olivat omien sanojensa mukaan tottuneet siihen, että opettaja sanoo miten asiat ovat ja mitä ne tarkoittavat. Tämän perusteella olikin pääteltävissä se, että oppilaille olisi tärkeää oppia kärsivällisesti ja pitkäjänteisesti pohtimaan, kyseenalaistamaan ja epäilemään tekemään havaintoja. Oppilaan oppimisprosessissa oppilaan oma käsitys siitä mitä jo osaa ja mitä pitää harjoitella kulkevat rinnakkain. Oppilailla tulisi olla kokoa-ajan tunne, että opettaja on turvallinen aikuinen, joka auttaa ja ohjaa hänen etenemistään kohti haluttua tavoitetta. Opettajalta vaaditaankin kärsivällisyyttä ja aitoa vuorovaikutusta oppilaan kanssa. Tähän ei tämän päivän koulussa ole aina riittävästi aikaa. Opettajalla tulisi olla riittävästi aikaa yksittäiselle oppilaalle. Tänä päivänä on tilanne vain valitettavan usein niin, että opetusryhmät ovat hyvin suuret, eikä yksittäiselle oppilaalle jää opettajalla riittävästi aikaa ohjata

hänen oppimistaan. Luokassa voi olla hyvinkin erilaisia ja erilaisin lähtötasoin olevia oppilaita. Jotkut vaativat paljon opettajan aikaa oppimisen ohjaamisen ja tukemiseen, jolloin kaikille oppilaille ei riitä opettajan aikaa yhdenvertaisesti, ja varmasti ei aina edes riittävästi.

Opettajankoulutuksessa tulisikin kiinnittää huomiota siihen, että opettajaksi opiskelevan on tärkeää tietää mitä oppimiselle asetetut tavoitteet merkitsevät opetuksen suunnittelussa, opetustyössä ja oppimisessa. Opiskeltavasta asiasta tulee poimia keskeisin tavoite, johon kaikkien oppilaiden tulisi yltää. Ei riitä, että luetaan opettajan oppaasta miten ja missä järjestyksessä käyn tehtävät oppitunnilla läpi. Oppilaan oppimisen ohjaaminen vaatii myös opetettavan aineen laajaa ymmärrystä. Oppimista tukevien mallien ja välineidenkin käyttö tulisi osata selittää oppilaille. Itse välineen käyttö onnistuu varmasti oppilailta hyvin. Opettajaa tarvitaan siihen, että hän kertoo oppilaille mikä tarkoitusta varten välinettä käytetään, ja mitä saadut tulokset tarkoittavat. Luokkahuonevuoroaikutukset ja niiden moninaisuus sekä niiden hallinta ja hyödyntäminen eivät ole ongelmantona. Oppilaat kykenevät aistimaan opettajan epävarmuuden ja sen, ettei kokonaisuus ole tarkkaan jäsentynyt. Opettajan ohjaus auttaa oppilaita jaksamaan opiskella, ja tieteen palo pysyy yllä. Jos opettaja kykenee antamaan itsestään uskottavan ja luotettavan kuvan asiantuntijana, se luo luokkaan myös oppimista edistävän ilmapiirin. Silloin jokainen jaksaa pinnistellä ja tavoitella omalle oppimiselle asetettuja tavoitteita. Yhteinen innostus, ja motivoituneisuus vievät oppimista eteenpäin. Opettajan ohjauksen avulla pystytään tarjoamaan onnistumisen kokemuksia ja siten auttaa oppilaita saavuttamaan heidän oppimistavoitteensa.

Tutkimusaineistoa voidaan käyttää yleisesti 9. luokan oppimateriaalina. Sitä voidaan käyttää joko kokonaisuutena tai valiten sieltä osia. Samoin alku- ja lopputestinä käytettyä testiä voidaan käyttää joko kokonaisuudessaan tai valiten sieltä osia muillakin magnetismin opetuksen lähestymistavoin tehdyn opetuksen jälkeisiin tulosten arviointiin.

7.5 Jatkotutkimusta

Samanlaisella tutkimustavalla voidaan selvittää muidenkin ei-suoraan havaittavien kohteiden mallinnusta. Tutkimuksen aikana oli huomattavissa, että oppilailta olevien mallien tutkimusta voisi suunnitella niin, että heille annetaan valmiita malleja, joiden toimivuutta oppilaat voivat testata ja kokeilla. Kaikkien mallien erot eivät välttämättä ole kovin suuria, ja tutkimuksen alkuvaiheessa tuloksiin sopivia malleja voisi olla useita. Oppilaiden tulisi perustella, miksi he valitsevat kyseisen mallin, ja mitkä tutkimustulokset ohjasivat valintaa. Näin saataisiin tarkempaa selvyyttä sille, miten oppilaiden ajattelu etenee, ja sitä voitaisiin ohjata erilaisin keinoin. Samoin olisi mielenkiintoista tutkia erilaisten merkkien ja symbolien merkityksiä. Kuinka suuri merkitys on käytetyllä symbolilla asian oikeanlaiselle ymmärtämiselle.

Tämän tutkimuksen aineistosta tuli esille mallinnuksen portaiden apupor-
taat eli kriittiset toiminnot. Olisikin mielenkiintoista selvittää esimerkiksi fysii-
kassa toisen aihepiirin oppisisällöstä, miten ja minkälaisia toimintoja opettajat
esittävät kriittisiksi. Ovatko saman asian kriittiset toiminnot ja asiasisällöt yksise-
litteisesti määritettävissä ja kokevatko opettajat samanlaisia asiasisältöjä oppimi-
sen kannalta yhtä merkittäviksi? Tätä kautta voitaisiin herätellä opettajien välille
keskustelua myös erilaisten opetusten apuvälineiden (muun muassa mallien ja
oppilastyövälineiden) tarpeellisuudesta ja funktiosta. Koska kriittisillä toimilla oli
selvästi vaikutusta oppilaiden mallinnukseen, olisi myös mielenkiintoista selvit-
tää, mitkä toiminnan muodot ja tavat auttoivat oppilaita parhaiten.

Tämä tutkimus tehtiin fysiikan oppitunneilla. Tutkimuksen konteksti on
helposti siirrettävissä mihin tahansa muuhun oppiaineeseen koulussa. Ylioppi-
laskirjoituksia ollaan siirtämässä tietokoneella tehtäväksi ja muutenkin oppilai-
den oppimista tapahtuu jo alimmilta vuosiluokilta lähtien tietokonetta hyväksi
käyttäen. Tämän tutkimuksen pohjalta olisikin mielenkiintoista selvittää, min-
kälaisia valmiuksia oppilailta vaaditaan itsenäiseen oppimisen etenemiseen tie-
toteknisiä välineitä käyttäen. Opiskelussa ei riitä, että opettaja kantaa luokkaan
tietokoneet tai tabletit, tai mennään tietokoneiluokkaan harjoittelemaan opiskel-
tavaa asiaa valmiin harjoitusohjelman avulla. Oppilaan kannalta tämä vastaa
tämän tutkimuksen tilannetta, jolloin oppilaan edessä ovat ohjeet tai tieto siitä
mitä pitää tehdä, mutta onko heille selvää se miksi harjoitteet tehdään ja mitkä
ovat tehtyjen harjoitteiden tarkoitukset.

SUMMARY

The purpose of this study was to determine how a teacher can scaffold students understanding of magnetism. The reason this topic was chosen was because of a lack of research about teaching-learning in magnetism (Guisalo, Almudi', Zubimendi, 2004; Maloney, O'Kuma, Hieggelke ja Heuvelen, 2000; Borges & Gilbert, 1998). The indicator of learning was a model created by a student, *typically by drawing, during a lesson. In order to answer the research* questions, a six lesson learning sequence was put into practice. The lessons were developed at the University of Purdue (Sederberg, 2010) and were part of the normal school timetable. Each of the lessons takes 45 minutes. Forty-seven students (average age 15 years) and three teachers participated in the teaching experiment. One of the teachers was a researcher. Students were divided into three equal-sized groups.

The theory of research is based on socio-constructivism (Pollard, Anderson, Maddock, Swaffield, Warin ja Warwickin, 2008; Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). The students interactively try to find and construct the meaning of the phenomena they have studied. The teacher scaffolds the students in that process (Berk & Winsler, 2002). In this study, attention was paid to four different types of scaffolding. In the first phase critical actions were sought. These critical actions are in connection with a teaching model of magnetism, and students' previous mental models of the phenomenon. The other types of scaffolding we sought included how the teacher recognized the students' previous mental models and connected them to the teaching model of magnetism (Tiberghien, 1994; Justi & Gilbert, 2002). We also studied how students tested the phenomenon they were observing (Viennot, Chauvet, Colin & Rebmann, 2005). This is important, because it has been shown that students need explanations and interpretation for their observations (Bliss, Askew & Macrae, 1996). The teacher's scaffolding is based on the sensitivity toward the students' needs and understanding (Greca & Moreira, 2002). The teacher builds bridges between the students' individual reconstruction and the school knowledge (Myhill & Warren, 2005).

The main research questions are: (1) What kind of changes can be seen in the models students create? (2) How can teachers use scaffolding to encourage the process of mental model building? and (3) What kind of relationship can be seen between the models that the students create and the scaffolding that the teacher uses?

Most of the results were obtained using qualitative methods. Data were gathered using the students' investigation sheets and video recordings of the lessons. Students were also given pre- and posttest. The models that students presented on their worksheets were organized into six categories and were used as indicators of their understanding of the concept of magnetism. These models form modeling steps that showed how models can reach more elements, and the next developer model was based on further knowledge. Teachers' talks were analyzed from videos with Atlas.ti 6 software. Attention was paid to how

the teachers introduced the four critical actions, how the teachers paid attention to the elements of the students' existing mental models, how teachers gave instructions for the investigative process, how teachers taught the theory of magnetism in existing teaching models and connected it to the students' mental models, and how teachers determined the knowledge that students gained from the investigative process.

The study determined that if a teacher uses many types of scaffolding in an appropriate way, then the students' modeling process will be more successful. Students need to be provided with steps (critical actions) to produce more sophisticated models of the concept of magnetism. It is difficult for students to notice the details of the model without any help. Students need explanations to support their self-confidence in many ways. If a teacher provides knowledge in smaller pieces at the right moment of learning, then students can benefit from this information in the most effective way. A lack of scaffolding negatively affects the students' modeling process. Therefore, it is important that teachers pay attention to the most important elements of their students' models so that students can obtain the right pieces of information for the creation of their mental models.

In this study has shown the importance of enough time for teaching and learning. Teachers need to have time for scaffolding. Students have to think as well as construct with support from teacher and the other students in the classroom. Learning science involves social interaction and lots of talk about phenomena, and it is connected to mental and teaching models. Introducing and providing the connections and facts in enough small pieces, not too much at same time, provides better possibilities for students to adopt scientific ways of knowing. Students need to understand the purpose for the study and increase their self-confidence so that in the future they can trust in their ability to solve problems and make the right decisions. To reach these goals, there need to be small groups that teachers have enough time to interact and guide every student during the learning process.

Keywords: magnetism, models, scaffolding

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkimuksen lähtökohtana oli halu selvittää, minkälaisilla opettajan toiminnolla fysiikan oppitunneilla voidaan parhaiten edistää oppilaiden ymmärrystä ja tuottaa positiivisi oppimiskokemuksia. Tämän tutkimuksen viitekehys on magnetismin malleissa, koska niissä olevia puutteita ja syitä niihin ei ole tutkittu paljon (Guisalo, Almudi', Zubimendi, 2004; Maloney, O'Kuma, Hieggelke & Heuvelen, 2000; Borges & Gilbert, 1998). Tavoitteet oppimiselle ja opettajan toimille on kirjattu opetussuunnitelman perusteisiin (Opetushallitus, 2004). Tässä tutkimuksessa on ollut tarkoitus selvittää miten opettajan antama ohjaus ja luokassa oleva vuorovaikutus auttavat oppilaita rakentamaan mallia magnetismista. Tutkimuskysymysten ratkaisemiseksi toteutettiin kuuden oppitunnin mittainen magnetismin opetusjakso, joka oli suunniteltu Purduen yliopistossa (Sederberg, 2010). Tutkimukseen osallistui 47 yhdeksännen vuosiluokan oppilasta ja kolme opettajaa, joista yksi oli tutkija. Oppilaat oli jaettu kolmeen ryhmään, joista jokaisessa oli oma tutkimuksen ajan sama opettaja. Oppilasryhmien välillä ei ollut merkittävää tasoeroa.

Tutkimuksen teoreettinen viitekehys on sosiokonstruktivismissa (Pollard, Anderson, Maddock, Swaffield, Warin & Warwickin, 2008; Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). Opetusjakson aikana oppilaat konstruivat magnetismia oppilastöistä saaduista tuloksista sosiaalisen vuorovaikutuksen tukieissa tätä prosessia. Oppimisen tuloksellisuuden indikaattoreina olivat oppilaiden ilmaistut mallit. Oppilaiden ajattelua pyrittiin laajentamaan neljän kriittisen toiminnon avulla. Niiden tarkoituksena oli oppilaan oppimispotentiaali (ZPD) huomioiden lisätä oppilaan tietoa ja ohjata huomaamaan ja liittämään havainto omaan mentaalimalliin ja opetusmalliin riittävän pienissä osissa (Scott, Mortimer & Ametller, 2011). Oppilaiden mallin rakentumista ohjaavista opettajan toimista on tutkitusti osoitettu olevan merkityksellisiä ne, joissa opettajat esittävät opetusmallin liittyvän teorian. Tuolloin huomioidaan oppilailta olevat mentaalimallit, jotka näkyvät heidän ennakkokäsityksissään (Tiberghien, 1994; Justi & Gilbert, 2002). Viennot, Chauvet, Colin ja Rebmman (2005) ovat osoittaneet, että opettaja tulisi liittää tehdyt havainnot oppilaiden malleihin, sillä oppilaan oppimiseen ei riitä pelkkä oma, itsenäinen havainnointi. Havainnon tulkinna ja ymmärrys vaativat opettajan ohjausta (Bliss, Askew & Macrae, 1996). Oppilaiden ajatusten kuuntelu ja heille tarjoutunut tilaisuus keskustella omista tulkinnoista ja kuulla muiden tekemiä tulkintoja, auttaa oppilaita muovaamaan omaa mentaalimalliaan ja siihen pohjautuvaa ilmaistua mallia opetusmallia vastaavaksi (Greca & Moreira, 2002). Opettajan tulisi sitoa oppilaiden tulkinnat sekä opetusmalli toisiinsa (Myhill & Warren, 2005).

Tutkimuskysymyksinä olivat 1) Minkälaisia muutoksia oppilaiden magnetismin ilmaistuissa malleissa on nähtävissä opetusjakson aikana? 2) Minkälaisilla luokahuonevuorovaikutuksilla opetusryhmissä ohjataan oppilaiden ilmaisujen mallien muodostumiseen? ja 3) Minkälaisella luokahuonevuorovaikutuksella on merkitystä oppilaiden ilmaisujen mallien muodostumiseen?

Tutkimusaineiston analysoinnissa käytettiin pääasiassa kvalitatiivisia menetelmiä. Tutkimusaineistoa on kerätty jokaiselta oppitunnilta oppilaiden kirjaamina tutkimuslomakkeina ja oppituntivideoina. Lisäksi oppilailla oli alku- ja lopputesti. Oppilaiden tuottamia malleja on analysoitu oppilaslomakkeista. Analysointia varten kehitettiin viisiportainen mallinnuksen portaat, jonka avulla pyrittiin selvittämään malleissa olevien elementtien suhdetta toisiinsa. Ne kuvaavat myös mallin muodostumisen etenemistä ja mallin sisällön tarkentumista ja tuleamista yksityiskohtaisemmaksi. Opettajan ohjauksen analysointiin käytettiin videoita. Analyysissä käytettiin Atlas.ti 6 - ohjelmaa. Luokkahuonevuorovaikutusten koodauksessa sovellettiin Seidelin (2005) esittämää koodausmenetelmää.

Oppilaiden malleissa oli havaittavissa selvää kehittymistä ja sisällön rikastumista. Yhden opettajan ryhmässä mallien muutos oli hyvin vähäistä, mutta kahden opettajan ryhmässä muutos oli selvä. Näiden kahden opettajan ryhmässä muutokset eivät olleet samanlaiset, jolloin opettajien toimien tarkastelun avulla pyrittiin etsimään mahdollisia ohjauksen ja tuen toimia, jotka selittäisivät mallien muutoksen erot eri ryhmässä. Tutkitut opettajan ohjauksen toimet olivat kriittiset toiminnot, oppilaiden ilmauksien kuuleminen havainnoista ja heillä olevista mentaalimalleista, opetusmallin sitominen havaintoihin ja oppilaan työhön ohjaaminen. Ryhmässä, jossa mallien muutosta ei merkittävästi tapahtunut, ei havaittu tutkittuja ohjauksen muotoja kovinkaan paljon. Työhön ohjaus oli yleensä sitä, että opettaja kehotti oppilaita lukemaan itse oppilasmonisteen ohjeet ja lisäksi kertoi mistä tutkimusvälineet löytyvät. Oppilaiden tuloksia hän ei käynyt kertaakaan läpi ja opetusmallin teoriaa hän esitti kahdella oppitunnilla. Toisella niistä hän näytti teorian nopeasti, eikä kertonut siitä tai sen yksityiskohdista tarkemmin. Kriittisiä toimintoja oli koko oppilasryhmälle vain yksi, joka oli neljäs ja viimeisin. Ensimmäinen kriittinen toiminto oli muutamalle oppilasryhmälle annettua ohjausta. Ryhmässä, jossa oppilaiden mallit kehittyivät, mutta yksikään oppilaista ei tuottanut sisäistä rakennetta kuvaavia malleja, olivat seuraavat ohjauksen muodot. Opettaja ohjasi oppilaita oppilastöiden tekemiseen lukemalla ääneen oppilasmonisteen työohjeet. Tämän lisäksi hän keskusteli työhön liittyvästä teoriasta hyödyntäen opettajanmateriaalin apukysymyksiä. Oppilastöiden jälkeen käytiin yhteisesti läpi tehtyjä havaintoja. Tästä vaiheesta opettaja käytti nimeä ”palastelu”, koska tarkoitus oli käydä asioita pienissä osissa ja tutkia silloin havainto ja opetusmallin siihen liittyvä osa mahdollisimman tarkasti ja monipuolisesti. Lisäksi opettaja huomioi sen, että mahdollisimman moni oppilaista pystyisi ymmärtämään opiskeltavan asian tai ainakin kyseisen käsitellyn osan asiaa. Kriittisiä toimintoja tässä ryhmässä oli kolme ensimmäistä, mutta siellä ei ollut viimeistä, joka olisi koostunut edelliset kriittiset toiminnot yhdeksi merkityskokonaisuudeksi. Kolmannessa ryhmässä opettaja kävi työohjeet keskustellen läpi. Samalla opettaja pyrki selvittämään kysymyksien avulla minkälaisia ajatuksia eli mentaalimalleja oppilailla oli ennen oppilastöiden tekemistä ja siten myös ennen opiskelua. Opettaja kertoi omin sanoin miten työt suoritetaan. Oppilastöiden jälkeen oppilaiden tulokset käytiin läpi ja samalla tuotiin esille miten ne liittyvät opetusmalliin ja mitä op-

pilaiden havainnot tarkoittavat. Tässä ryhmässä oli kaikki kriittiset toiminnot ja vain tässä ryhmässä oli opetusjakson jälkeen sisältörikkaimpiin luokkiin kuuluvia malleja, joissa oli esitetty magneetilla olevan sisäistä rakennetta. Tämän ryhmän oppilaiden malleissa tapahtui selvin kehittyminen.

Tämä tutkimus osoitti sen kuinka tärkeää on, että oppitunnilla on riittävästi aikaa tutkia ja pohtia kulloinkin opiskeltavaa asiaa. Opettajalla tulee olla aikaa ohjata oppilaita ja huolehtia jokaisen oppilaan oppimisen etenemisestä. Kun opettajalla on aikaa ohjata oppilasta pohtimaan ja arvioimaan omaa ajatteluaan, ja luokassa on kiireetön, onnistumisen kokemuksia tuottava oppimisympäristö, voivat oppilaat saavuttaa onnistuneita oppimiskokemuksia. Oppimisessa on lupa tulla myös epäonnistumisiksi, mutta kannustavan ja positiivisen ilmapiirin avulla nekin muuttuvat oppimista ohjaaviksi prosesseiksi. Tämä kaikki edellyttää sitä, että opettaja on esittänyt selkeät tavoitteet oppimiselle, opettaja antaa riittävästi palautetta jokaiselle oppilaalle ja kuuntelee oppilaan esittämiä ajatuksia. Tämän saavuttamiseksi opettajan tulee osata suunnata tietoa oikeaan aikaan, oikean kokoisina annoksina, jotta oppilas pystyisi sen vastaanottamaan ja omaksumaan uuden tiedon omaksi tiedokseen. Oppilaan työkentelylle tulee antaa merkitys ja sisältö ja sen aikana tehdyt havainnot ja päätelmät on sidottava oppilaan ajatteluun niin, että se tulee osaksi oppilaan omaa mallia. Tätä kautta kasvatetaan oppilaan uskoa siihen, että hän kykenee tekemään oikeita ja merkityksellisiä päätelmiä ja lisäämään luottamusta omaan kykyynsä ymmärtää asioiden merkityksiä. Tämä on kyky, jota tarvitaan myöhemmin monissa yhteyksissä niin koulussa, työelämässä kuin vapaa-aikanakin. Opetusryhmien tulee olla riittävän pienet, jotta opettajalla olisi jokaiselle oppilaalle aikaa neuvoa ja antaa palautetta. Opettajan mahdollisuus keskittyä kiireettä oppilaiden kanssa käytyyn vuorovaikutukseen, mahdollistetaan oppilaiden oppimiselle riittävät oppimistulokset.

Asiasanat: magnetismi, mallit, ohjaus, scaffolding

LÄHTEET

- Aguiar, O. G., Mortimer, E. F. & Scott, P. 2010. Learning from and responding to students' questions: The authoritative and dialogic tension. *Journal of Research in Science Teaching* 47 (2), 174 - 193.
- Alexander, R. 2008. Culture, dialogue and learning: notes on an emerging pedagogy. Teoksessa N. Mercer & S. Hodgkinson (toim.) *Exploring talk in school: inspired by the work of Douglas Barnes*. Los Angeles: Sage, 91 - 114.
- Ausubel, D. P. & Robinson, F. G. 1969. *School Learning. An introduction to educational psychology*. Holt, Rinehart and Winston, inc.
- Barnes, D. 2008. Exploratory talk for learning. Teoksessa N. Mercer & S. Hodgkinson (toim.) *Exploring talk in school*. 1. p. Sage, 1 - 15.
- Bereiter, C. 2002. *Education and mind in the knowledge age*. United States of America: Erlbaum.
- Berk, L. E. & Winsler, A. 2002. *Scaffolding Children's Learning: Vygotsky and Early Childhood Education*. Volume 7 of NAEYC Research into Practice Series. 3. p. United States of America: National Association for the Education of Young Children.
- Besnard, D. & Baxter, G. 2006. Cognitive conflicts in dynamic systems. Teoksessa D. Besnard, C. Garek & C. B. Jones (toim.) *Structure for Dependability: Computer-based systems from an interdisciplinary perspective*. Springer. Luettu 6.5.2012
<http://www.dirc.org.uk/publications/books/papers/27.pdf>.
- Besson, U. & Viennot, L. 2004. Using models at the mesoscopic scale in teaching physics: two experimental interventions in solid friction and fluid statics. *International Journal of Science Education* 26 (9), 1083 - 1110.
- Binnie, A. 2001. Using the history of electricity and magnetism to enhance Teaching. *Science and Education* 10, 379 - 389.
- Bliss, J., Askew, M. & Macrae, S. 1996. Effective Teaching and Learning: scaffolding revisited. *Oxford Review of Education* 22 (1), 37 - 61.
- Borges, A. T. 1997. Models of magnetism. Teoksessa *Explaining Models and Modelling in Science and Technology Education*. Contributions from the MISTRE Group. Faculty of Education and Community Studies. The University of Reading, 280 - 297.
- Borges, A.T. & Gilbert, J.K. 1998. Models of magnetism. *International Journal of Science Education* 20 (3), 361 - 378.
- Buckley, B. C. & Boulter C. J. 2000. Investigating the Role of Representations and Expressed Models. Teoksessa J. K. Gilbert & C. J. Boulter (toim.) *Developing Models in Science Education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 119 - 135.
- Campoy, R. 2005. *Case study analysis in the classroom. Becoming a reflective teacher*. United State of America: Sage.
- Chi, M. T. H. & Roscoe, R. D. 2002. The processes and challenges of conceptual change. Teoksessa Limòn, M. & Mason, L. (toim.) *Reconsidering*

- conceptual change. Issues in theory and practice. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 3 – 27.
- Chin, C. 2007. Teacher Questioning in Science Classroom: Approaches that Stimulate Productive Thinking. *Journal of Research in Science Teaching* 44 (6), 815 – 843.
- Cobb, P. & Bowers, J. 1999. Cognitive and situated learning perspectives in theory and practice. *Educational Research* 28, 4 – 15.
- Coll, R. K. & Treagust, D. F. 2003. Learners' mental models of metallic bonding: A cross-age study. *Science Education* 87, 685 – 707.
- Corpuz, E. D. & Rebello, N. S. 2011. Investigating students' mental models and knowledge construction of microscopic friction. I. Implications for curriculum design and development. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 7, 020102, 1 – 9.
- Dawes, L. 2004. Talk and learning in classroom science. *International Journal of Science Education* 26 (6), 677 – 695.
- Dewey, J. 1930. *How we think: a restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Kopio vuodelta 1960. Lexington, MA:d. C. Heath.
- Dillon, J. T. 1988. *Questioning and teaching: a manual of practice*. London: Croom Helm.
- Dori, Y. J. & Beltcher, J. 2005. How does technology-based active learning affect undergraduate students' understanding of electromagnetism concepts? *The Journal of the Learning Sciences* 14 (2), 243 – 279.
- Driver, R. 1983. *The Pupils as scientists?* Suffolk: Open University Press.
- Driver, R. 1995. *Constructivist Approaches in Science teaching*. Teoksessa L. P. Steffe & j. Gale (toim.) *Constructivism in education*. New Jersey, Hillsdale, USA: Lawrence Erlbaum Inc., 385 – 400.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer E. & Scott, P. 1994. Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Research* 23 (7), 5 – 12.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. 1985. *Children's ideas in science*. Milton Keynes, England: Open University Press.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. 1996. *Young people's images of science*. Great Britain: Open University Press.
- Duit, R. 1999. Conceptual change approaches in science education. Conceptual change – A term with various meanings in science education. Teoksessa W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (toim.) *New perspectives on conceptual change*. Netherlands: Earli, Pergamon, 263 – 282.
- Duit, R. 2009. Conceptual change still a powerful framework for improving the practice in science instrucion. Presentation in International Science Education Conference 2009, Singapore. Luettu 23.3.2012
http://www.nsse.nie.edu.sg/isec2009/downloads/ISEC2009_Keynote_Reinder_Duit.pdf.
- Emerson, C. 1996. The outer word and inner speech Bakhtin, Vygotsky, and the internalization of language. Teoksessa H. Daniels (toim.), *An introduction to Vygotsky*. Great Britain: Routledge, 123 – 138.

- Engin, M. 2012. Trainer talk: levels of intervention. *ELT Journal Advance Access*. Published September 10, 2012. Oxford University Press. Luettu 28.9.2012 <http://eltj.oxfordjournals.org>
- Entwistle, N. 1981. *Styles of learning and teaching. An integrated outline of educational psychology for students, teachers, and lecturers*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Erdogan, I. & Campbell, T. 2008. Teacher questioning and interaction patterns in classrooms facilitated with differing levels of constructivist teaching practices. *International Journal of Science Education* 30 (14), 1891 – 1914.
- Falk, A. 2011. Teachers learning from professional development in elementary science: Reciprocal relations between formative assessment and pedagogical content knowledge. *Science Education*, 1 – 26.
- Franco, C. & Colinvax, D. 2000. Grasping mental models. Teoksessa J. K. Gilbert & C. J. Boulter (toim.) *Developing models in science education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 93 – 118.
- Gadgil, S., Nokes-Malach, T. J. & Chi, M. T. H. 2012. Effectiveness of holistic mental model confrontation in driving conceptual change. *Learning and Instruction* 22, 47 – 61.
- Gentner, D. & Gentner, D. R. 1983. Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. Teoksessa D. Gentner & A. L. Stevens (toim.) *Mental models*. New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 99 – 129.
- Gilbert, J. K., Boulter C. J. & Elmer, R. 2000. Positioning models in science education and in design and technology education. Teoksessa J. K. Gilbert & C. J. Boulter (toim.) *Developing models in science education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 3 – 17.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. & Rutherford, M. 2000. Explanations with models in science education. Teoksessa J. K. Gilbert & C. J. Boulter (toim.) *Developing models in science education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 193 – 208.
- Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W. & Pilot A. 2011. Concept development and transfer in context-based science education. *International Journal of Science Education* 33 (6), 817 – 837.
- Gooding, D. 1989. 'Magnetic curves' and the magnetic field: Experimentation and representation in the history of a theory. Teoksessa D. Gooding & T. J. Pinch (toim.) *The uses of experiment. Studies in the natural sciences*. Cambridge University Press, 183 – 224.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. 2001. Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education* 86, 106 – 121.
- Guimarães, A. P. 2005. *From lodestone to supermagnets. Understanding Magnetic Phenomena*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Guisalo, J., Almudi, J. & Zubimendi, J. 2004. Difficulties in learning the introductory magnetic field theory in the first years of university. *Science Education* 88, 443 – 464.

- Guth, J. & Pegg, J. 1994. First-year tertiary students' understandings of iron filling patterns around a magnet. *Science Education* 24, 137 – 146.
- Harlow, D. B. 2009. Structures and improvisation for inquiry-based science instruction: A teacher's adaptation of a model of magnetism activity. *Science Teacher Education*, 1 – 22.
- Harmoinen, S. 2006. Lukion opiskelijoiden käsityksiä magnetismista. Teoksessa T. Asunta ja J. Viiri (toim.) Polkuja tutkimukselliseen opettamiseen ja oppimiseen matemaattisissa aineissa. Julkaisu Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimuspäiviltä Jyväskylässä 21. – 22.10.2005. Jyväskylän yliopiston opettajankoulutuslaitos 2006 tutkimuksia 84. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino, 201-210.
- Harmoinen, S. & Viiri, J. 2009. Textbook representations and students' conceptual understanding of a magnetic field. Presentation in GIREF 2009 conference in Leicester, UK.
- Harmoinen, S., Lindell, A., Sederberg, D. & Viiri, J. 2011. A teaching sequence to help students change their models of magnetism. Presentation in ESERA 2011 conference in Lyon, France.
- Harrè, R. 2002. *Cognitive science, a philosophical introduction*. Cromwell Press, Wiltshire: Sage.
- Hewson, P. W. & Thorley, N. R. 1989. The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education* 11, 541-553.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2010. Tutki ja kirjoita. 15. – 16. p. Hämeenlinna: Tammi.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. 2007. Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist* 42 (2), 99 – 107.
- Ivarsson, J., Schoultz, J. & Säljö, R. 2002. Map reading versus mind reading. Teoksessa M. Limón & L. Mason (toim.) *Reconsidering conceptual change. issues in theory and practice*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 77 – 99.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, B. & Duschl, R. A. 2000. Doing the lesson or doing science: Argument in high school genetics. *Science Education* 84, 757 – 792.
- Johnson-Laird, J. N. 1983. *Mental models: toward a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Judson, E. 2011. The impact of field trip and family involvement on mental models of the desert environment. *International Journal of Science Education* 33, 1455 – 1472.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. 2002. Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education* 24, 1273 – 1292.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. 2003. Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education* 25 (11), 1369 – 1386.

- Kallunki, V. 2012. How to measure qualitative understanding of DC-circuit phenomena – Talking a closer look at the external representations of 9-year-olds. *Research in Science Education*, published online: 15 May 2012.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R., E. 2006. Why minimal guidance during instruction does not work: Analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist* 41(2), 75 – 86.
- Knoblauch, H., Schnettler, B., Raab, J. & Soeffner, H-G. (toim.) 2006. Video analysis: Methodology and methods. *Qualitative audiovisual data analysis in sociology*. Frankfurt am Main: Peter Lang GmbH.
- Kuhn, T. S. 1970. *A structure of scientific revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Larkin, M. J. 2001. Providing support for student independence through scaffolding instruction. *Teaching Exceptional Children*, Sept/Oct, 30 – 34.
- Laurillard, D. 2012. *Teaching as a design science*. New York: Routledge.
- Leach, J. & Scott, P. 2002. Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education* 38, 115 – 142.
- Lee, Y. L. & Law, N. 2007. Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. *International Journal of Science Education* 23 (2), 111 – 149.
- Lehesvuori, S. 2013. Kohti oppilaslähtöisempää luonnontieteiden opetusta. Väitöskirja. Julkaisu numero 465, Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research. Jyväskylän yliopisto: Yliopistokirjapainokustannus.
- Lemke, J. L. 1989. *Using language in the classroom*. Hong Kong: Oxford University Press.
- Lemke, J. L. 1990. *Talking Science. Language, learning and Values*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Limòn, M. 2001. On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. *Learning and Instruction* 11, 357 – 380.
- Limòn, M. 2002. Conceptual change in history. Teoksessa M. Limòn & L. Mason (toim.) *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 259 – 289.
- Maguire, M. & Dillon, J. 2007. Developing as a student teacher. Teoksessa J. T. Dillon & M. Maguire (toim.) *Becoming a teacher: Issues in secondary teaching*. Buckingham: Open University Press, 3 – 9. Luettu 23.3.2012 <http://site.ebrary.com/lib/jyvaskyla/Doc?id=10196995>.
- Maloch, B. 2002. Scaffolding student talk: one teacher's role in literature discussion groups. *Reading Research Quarterly* 37 (1), 94 – 112.
- Mayer, R. 2002. Understanding conceptual change: a commentary. Teoksessa M. Limòn & L. Mason (toim.) *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and*

- practice. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 101 - 111.
- McIntyre, E. 2007. Story discussion in the primary grades: Balancing authenticity and explicit teaching. *The Reading Teacher* 60 (7), 610 - 620.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J. & Krajcik, J. 2004. Supporting students' construction of scientific explanations Using scaffolded curriculum materials and assessments. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, April 2004, San Diego, CA. Luettu 2.10.2012 <http://hi-ce.org/aera2004.html>.
- Mèheut, M. & Psillos, D. 2004. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education* 26 (5), 515 - 535.
- Mercer, N. 1995. The guided construction of knowledge. Talk amongst teachers and learners. *British Library Cataloguing in Publication Data*. Cromwell Press.
- Mercer, N. 2000. *Words & minds. How we use language to think together*. New York : Routledge.
- Mercer, N. 2008. The seed of time: Why classroom dialogue needs a temporal analysis. *The Journal of Learning Sciences* 17, 33 - 59.
- Mercer, N. & Littleton, K. 2007. *Dialogue and the development of children's thinking. A sociocultural approach*. Cornwall, Great Britain: Routledge.
- Mercer, N., Wegerif, R. & Dawes L. 1999. Children's Talk and the Development of reasoning in the Classroom. *British Educational Research Journal* 25 (1), 95 - 111.
- Metsämuuronen, J. 2003. Tutkimuksen tekeminen ihmistieteissä. 2. uud. p. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. 1994. *Qualitative data analysis, 2. p.* United States of America: Sage Publications.
- Millar, R., Leach, J. & Scott, P. (toim.) 2000. *Improving science education: the contribution of research*. Buckingham: Open University Press.
- Mortimer, E. F. & Scott, P. 2000. *Analysing discourse in the science classroom*. Teoksessa R. Millar, J. Leach & J. Osborne, J. (toim.) *Improving science education the contribution of research*. Suffolk: Open University Press.
- Mortimer, E. F. & Scott, P. 2003. *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- Mortimer, E. F. & Scott, P. 2011. *Pedagogical link making: A methodology of analysis of teaching and learning scientific conceptual knowledge*. Luettu 3.10.2012 http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/ebook/strand3/ebook-esera2011_MORTIMER-03.pdf.
- Muijs, D. & Reynolds, D. 2011. *Effective teaching evidence and practice*. 3. p. Wiltshire, Great Britain: Sage Publications Ltd.
- Myhill, D. & Warren, P. 2005. Scaffolds or straitjackets? Critical moments in classroom discourse. *Educational Review* 57 (1), 55 - 69.
- Nummenmaa, L. 2006. *Käyttätymistieteiden tilastolliset menetelmät*. 1. 2. p. Vammala: Tammi.

- Nurkka, N. 2006. Voiman momentin tutkimusperustaisen opetusjakson kehittäminen ja arviointi. Väitöskirja. Tutkimusraportti no. 10/2006, Jyväskylän yliopisto fysiikan laitos. Jyväskylän yliopisto: Yliopistokirjapainokustannus.
- Oh, P. & Oh, S. 2011. What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education* 33 (8), 1109 – 1130.
- Opetushallitus 2004. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Podolefsky, N. S. & Finkelstein, N. D. 2007. Analogies scaffolding and learning of abstract ideas in physics: An example from electromagnetic waves. *The Physical Review Special Topics- Physics Education Research* 3, 010109 (2007).
- Pollard, A. & Triggs, P. 1997. Reflective teaching in secondary education. Wiltshire, Great Britain: Cassel Education.
- Pollard, A., Anderson, J., Maddock, M., Swaffield, S., Warin, J. & Warwick, P. 2008. Reflective teaching. 3. p. Continuum.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. 1982. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66 (2), 211 – 227.
- Powell, A. B, Francisco, J. M. & Maher, C. A. 2003. An analytical model for studying the development of learners' mathematical ideas and reasoning using videotape data. *Journal of Mathematical Behavior* 22, 405 – 435.
- Putney, L. A., Green, J., Dixon, C., Duràn, R. & Yeager, B. 2000. Consequential progressions, exploring collective-individual development in a bilingual classroom. Teoksessa C. D. Lee & P. Smagorinsky (toim.) *Vygotskian perspectives on literacy research, constructing meaning through collaborative inquiry*. United States of America: Cambridge University Press, 86 – 126.
- Rajala, A., Hilppö, J. & Lipponen, L. 2012. The emergence of inclusive exploratory talk in primary students' peer interaction. *International Journal of Educational Research* 53, 55 – 87.
- Rasku-Puttonen, H., Lerkkanen, M.-K., Poikkeus, A.-M. & Siekkinen, M. 2012. Dialogical pattern of interaction in pre-school classrooms. *International Journal of Educational Research* 53, 138 – 149.
- Rauste-von Wright, M. 1998. Opettaja tienhaarassa konstruktivismi käytössä. Juva: WSOY.
- Rauste-von Wright, M., von Wright, J., & Soini, T. 2003. Oppiminen ja koulutus. 9. uud. p. Juva: WSOY.
- Rolka, K., Rösken B. & Liljedahl, P. 2007. The role of cognitive conflict in belief changes. Teoksessa J. H. Woo, K. S. Park & D. Y. Seo (toim.) *Proceedings of the 31th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 4, 121 – 128. Seul. Luettu 6.5.2012 <http://www.emis.de/proceedings/PME31/4/121.pdf>.

- Ruddock, J. & Flutter, J. 2008. Pupils participation and pupil perspective. Teoksessa N. Norris (toim.) Curriculum and teaching 35 years of the Cambridge Journal of Education. Oxon: Routledge, 181 – 197.
- Ruiz-Primo, M. A. 2011. Informal formative assessment: The role of instructional dialogues in assessing student' learning. *Studies in Educational Evaluation* 37, 15 - 24.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. 2006. Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. Teoksessa K. Sawyer (toim.) Cambridge handbook of the learning science. New York: Cambridge University Press, 97 – 118.
- Scott, P. 1998. Teacher talk and meaning making in science classrooms: a Vygotskian analysis and reiew. *Studies in Science Education* 32 (1998), 45 – 80.
- Scott, P., Mortimer, E. F. & Aguiar, O. G. 2006. The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education* 90 (4), 605 – 631.
- Scott, P., Mortimer, E. & Ametller, J. 2011. Pedagogical link-making: a fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. *Studies in Science Education* 47 (1), 3 – 36.
- Sederberg, D. 2010. Energy, force and magnetism: Thresholds at the nanoscale. Luettu huhtikuu 2010 <http://www.physics.purdue.edu/psas>.
- Seidel, T. 2005. Coding manual – Surface structures: Organization of classroom activities. Teoksessa T. Seidel, M. Prenzel & M. Kobarg (toim.) How to run a video study. Technical report of the IPN Video Study. Germany, Waxmann Verlag GmbH, 79 – 90.
- Seidel, T., Dalehefte, I. M. & Meyer, L. 2005. Standardized guidelines – How to collect videopapes. Teoksessa T. Seidel, M. Prenzel & M. Kobarg (toim.) How to run a video study. Technical report of the IPN Video Study. Germany, Waxmann Verlag GmbH, 29 – 53.
- Seidel, T. & Prenzel, M. 2006. Stability of teaching patterns in physics instruction: Findings from a video study. *Learning and Instruction* 16, 228 – 240.
- Sela, H. & Zaslavsky, O. 2007. Reasoning cognitive conflict with peers – Is there a difference between two and four? Teoksessa J. H. Woo, H. C. Lew, K. S. Park & D. Y. Seo (toim.) Proceedings of the 31st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, 4, 169-176. Seoul. Luettu 6.5.2012 <http://www.emis.de/proceedings/PME31/4/168.pdf>.
- Sinatra, G. M. 2002. Motivational, social, and contextual aspects of conceptual change: a commentary. Teoksessa M. Limòn & L. Mason (toim.) Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 187 – 197.
- Sormunen, K. 2004. Seitsenluokkalaisten episteemiset näkemykset luonnontieteellisen ajattelun yhteydessä. Väitöskirja. Joensuun yliopiston kasvatustieteiden tutkimuskeskus.

- tieteellisiä julkaisuja no: 95. Kasvatustieteiden tiedekunta. Joensuun yliopisto.
- Säljö, R. 2004. Oppimiskäytännöt. Sosiokulttuurinen näkökulma. Juva: WSOY.
- Säljö, R. 2010. Learning in Sociocultural Perspective. Teoksessa V. G. Aukrust (toim.) Learning and cognition in education. Oxford, The United Kingdom: Elsevier, 59 – 63.
- Taasoobshirazi, G. & Sinatra, G. M. 2011. A Structural equation model of conceptual change in physics. *Journal of Research in Science Teaching* 48 (8), 901 – 918.
- Tiberghien, A. 1994. Modelling as a basis for analysing teaching-learning situations. *Learning and Instruction* 4 (1), 71 – 78.
- Tiberghien, A. 2000. Designing teaching situations in the secondary school. Teoksessa R. Millar, J. Leach & J. Osborne (toim.) Improving science education : the contribution of research. Buckingham: Open University Press, 27 – 47.
- Trumper, R. 2004. Teaching Future Teachers Astronomy Concepts – Seasonal Changes – at a Time of Reform in Science Education. *Journal of Research in Science Teaching* 43 (9), 879 – 906.
- Tuminaro, J. & Redish, E. F. 2007. Elements of cognitive model of physics problem solving: Epistemic games. *Physics Review Special Topics – Physics Educational*.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 6. uud. p. Latvia: Tammi, Livonia print.
- Tutkimuseettinen toimikunta 2006. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkasten käsitteleminen. Luettu 23.10.2012
http://www.tenk.fi/hyva_tieteellinen_kaytanto/htkfi.pdf.
- Tynjälä, P. 1991. Kvalitatiivisten tutkimusmenetelmien luotettavuudesta. *Kasvatus* 22, 387 – 398.
- Tynjälä, P. 2002. Oppiminen tiedon rakentamisena Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita. Tampere: Tammi.
- Unall, R. & Zollman, D. 1999. Students' description of an atom: a phenomenographic analysis. Luettu 15.5.2011.
<http://perg.phys.ksu.edu/papers/vqm/AtomModels.PDF>.
- Uusikylä, K. 1980. Miten kuvaan opetustapahtumaa. Tampere: Gaudeamus.
- Uusikylä, K. & Atjonen, P. 2007. Didaktiikan perusteet. 3. – 4. p. WSOY.
- Verschuur, G. L. 1993. Hidden attraction the mystery and history of magnetism. New York: Oxford University Press.
- Viennot, L., Chauvet, F., Colin, P. & Rebmann, G. 2005. Designing strategies and tools for teacher training: the role of critical details, examples in optics. *Science Education* 89, 13 – 27.
- Viennot, L. & Kaminski, W. 2006. Can we evaluate the impact of a critical detail? The role of a type of diagram in understanding optical imaging. *International Journal of Science Education* 28 (15), 1867 – 1885.

- Viiri, J. 2000. Vuorovesi-ilmiön selityksen opetuksellinen rekonstruktio. Väitöskirja. Kasvatustieteellisiä julkaisuja n:o 59. Kasvatustieteiden tiedekunta. Joensuun yliopisto.
- Vosniadou, S. 1994. Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* 4 (1), 45 - 69.
- Vosniadou, S. 1996. Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction. *Learning and Instruction* 6 (2), 95 - 109.
- Vosniadou, S. 2002. On the nature of naïve physics. Teoksessa M. Limón & L. Mason (toim.) *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 61 - 76.
- Vosniadou, S. 2007. The cognitive-situative divide and problem of conceptual change. *Educational Psychologist* 42, 55 - 66.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. 1994. Mental Models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science* 18, 123 - 183.
- Vygotsky, L.S. 1978. *Ajattelu ja kieli*. Espoo: Weilin & Göös.
- Vygotsky, L.S. 1979. *Mind in society. The development of higher psychological processes*. Teoksessa M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Souberman (toim.) *Library of congress cataloging in publication data*. 2. p. Cambridge, England: Harvard University Press.
- Walter, C., Heran-Doerr, E., Rachel, A. & Wiesner, H. 2011. How iron becomes magnetized- the introduction of a model of ferromagnetism in secondary school physics. *Physics Education* 46 (3), 259 - 264.
- Wertsch, J. V. 1991. *Voices of the mind, A sociocultural approach to mediated action*. Hertfordshire, USA: Hatvester Wheatsheaf.
- Wertsch, J. V. 2010. *Vygotsky and recent developments*. Teoksessa V. G. Aukrust (toim.) *Learning and cognition in education*. Oxford, The United Kingdom: Elsevier, 40 - 45.
- Wertsch, J. V. & Tulviste, P. 1996. *L.S. Vygotsky and contemporary development psychology*. Teoksessa H. Daniels (toim.) *An introduction to Vygotsky*. Great Britain: Routledge, 53 - 74.
- Wolf, A. 1968. *A history of science, technology and philosophy In the 16th & 17th Centuries, volume I*. 2. p. prepared by Douglas McKie. London: George Allen & unwin ltd.
- von Zee, E. H., Iwasyk, M., Kurose, A., Simpson, D. & Wild, J. 2001. Student and teacher questioning during conversations about science. *Journal of Research in Science Teaching* 38 (2), 159 - 190.
- Yin, R. K. 2003. *Case study research: Design and methods*. 3. p. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Zimmerman, T. D. & Stage, E. K. 2008. *Teaching science for understanding*. Teoksessa M. Chen (toim.) *Powerful learning. What we know about teaching for understanding*. United States of America: John Willey & Sons, Inc., 151 - 191.
- Zohar, A. & Aharon-Kravetsky, S. 2005. Exploring the effects of cognitive conflict and direct teaching for students of different academic levels. *Journal of Research in Science Teaching* 42 (7), 829 -855.

- Özdemir, G. & Clark, D. B. 2007. An overview of conceptual change theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 3 (4), 351 - 361.

MUUT LÄHTEET

- Aspholm, S., Hirvonen, H., Hongisto, J., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J. 2005. *Aine ja energia*. 9 - 12. p. Porvoo. WSOY.
- Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. & Nyrhinen, K. 2006. *Avain Fysiikka 3*. Keuruu: Otava.
- Lehto, H., Salonen, H. & Huttu, K. 2009. *Ilmiö Fysiikan oppikirja 7 - 9*. 1. p. Vammala: Tammi.
- Lindman, K. F. 1915. *Fysiikan oppikirja oppilaitosten yläluokkia varten*. Jyväskylä: Gummerus.
- Young, H. D. & Freedman, R. A. 2008. *Sears and Zemansky's University Physics* 12th edition with modern physics. Pearson International Edition. San Francisco: Pearson Allison Wesley.

LIITTEET

- Liite 1.** Oppitunnin 1 oppilaslomake.
- Liite 2.** Oppitunnin 2 oppilaslomake.
- Liite 3.** Oppitunnin 3 oppilaslomake.
- Liite 4.** Oppitunnin 4 oppilaslomake.
- Liite 5.** Oppitunnin 5 oppilaslomake.
- Liite 6.** Oppitunnin 6 oppilaslomake.
- Liite 7.** Alku- ja lopputesti.
- Liite 8.** Opettajan aineisto .
- Liite 9.** t-testin tuloste.
- Liite 10.** Oppilaiden mallit koodein alkutestissä oppituntien T2 sekä T5 jälkeen ja lopputestissä.

Liite 1. Oppitunnin 1 oppilaslomake.

Nanomagnetismi: Vuorovaikutuskynnys

Tutkimus 1:

Magnetismin lajit

Nimi _____

Ole varovainen magneettien kanssa. Ne menevät rikki helposti, joten älä pudota niitä. Varo laittamasta magneetteja muiden esineiden läheisyyteen, kuin mitä tutkitaan tässä työssä. Tavoitteena on selvittää, miten magneetit vuorovaikuttavat erilaisten esineiden kanssa.

1. Käytössäsi on Supermagneetti, joka on hyvin voimakas. **Älä laske sitä käsiäsi ja varo sormiasi!!!** Tutki, millä tavoin magneetti vaikuttaa allaoleviin esineisiin. Tutki magneetin molempia puolia. Kerro mitä havaitset.

a) Klemmareita	b) Paperirahaa
c) Alumiinitölkki ⁽¹⁾	d) Suolakurkku ⁽²⁾
e) Kupariputkea ⁽³⁾	f) Muoviviivoitin
g) Puutikku	h) Toinen magneetti ⁽⁴⁾
i) Naula	

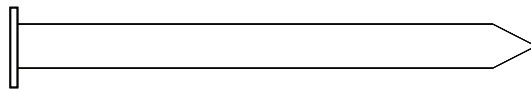
Huomaa:

- (1) Ripusta alumiinitölkki narusta. Odota, että se on täysin paikoillaan. Liikuta magneettia *hyvin hitaasti* sitä kohti ja siitä pois päin. Käytä magneetin molempia puolia.
- (2) Tee narusta puutikulle V-muotoinen ripustin, jonka varassa se voi pyöriä vapaasti. Laita suolakurkun puolikas kumpaankin päähän tikku. Odota, että tikku on *täysin paikoillaan*. Liikuta magneettia *hyvin hitaasti* sitä kohti ja siitä pois päin useita kertoja. Vie magneetti mahdollisimman lähelle sen koskettamatta kurkkua.
- (3) Laita kupariputki pöydälle. Liikuta magneettia kohti putkea, koskettamatta sitä.
- (4) Kokeile eri magneettien eri asentoja.

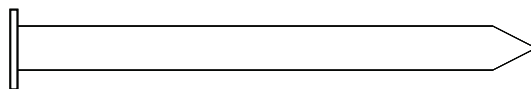
Jatkokysymyksiä:

1. Tee koetulostesi avulla havainnollinen ohje, jonka avulla voi luokitella aineita diamagneettisiin, paramagneettisiin ja ferromagneettisiin tai ei-magneettisiin. Ole huolellinen.

2. Jos voisit nähdä magnetoitumisen naulassa, kuvaile miltä se näyttäisi. Tähän ei ole olemassa "oikeaa" vastausta.



Magnetoitu naula



Ei-magnetoitu naula

Liite 2. Oppitunnin 2 oppilaslomake.

Nanomagnetismi: Vuorovaikutuskynnys

Tutkimus 2:

Magneetti ja sähkövaraus

Nimi _____

Sähköinen varaus ja magnetismi ovat samantapaisia ilmiöitä. Mitä eroja ja yhtäläisyyksiä niillä on? Tämän tutkimuksen tärkein tavoite on verrata sähköstaattisia ja magneettisia ilmiöitä alla olevien materiaalien avulla.

1. Tarvikkeet:

Muovisauva/viivain	Paperisilppua
Villa tai turkista	Klemmareita
Kompassi (halkaisija 1-2 cm)	Vettä
Sauvamagneetti	

Osa 1 - Mieti

Miettikää ryhmissä magneetteja, sähkövarausta ja niiden kohdistamia voimia esineisiin:

- ✓ Miten nämä voimat vaikuttavat esineisiin?
- ✓ Miten voisit käyttää listan tarvikkeita voimien tutkimiseen erilaisissa olosuhteissa?
- ✓ Mitä erilaiset olosuhteet voisivat olla?

Tehkää lista tutkimusaiheista ja suunnitelma niiden tutkimisesta.

Esitellään tutkimussuunnitelmat luokassa.

Sen jälkeen täydennetään seuraavan sivun **Taulukko 1**. Kirjatkaa taulukkoon lyhyet kuvaukset kokeista, jotka omassa ryhmässänne suoritate.

Suorittakaa kokeet sekä varatuilla (**Osa 2**) että magnetoiduilla (**Osa 3**) esineillä. Kirjatkaa kummankin tulokset taulukkoon.

Osa 2 - Muovisauvan varaaminen

Sähkövaraukseen liittyvää vuorovaikutusta voidaan tutkia varatulla muovisauvalla tai muovisella viivaimella, hankaamalla sitä kankaalla tai karvalla.

Osa 3 - Naulan magnetoiminen

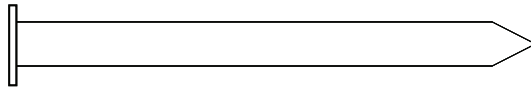
Magnetoï naula hankaamalla sitä magneetin vahvimmalla osalla tasaisin pitkin vedoin yhteen suuntaan.

Taulukko 1: Sähkövarausten ja magnetismin tutkimus.

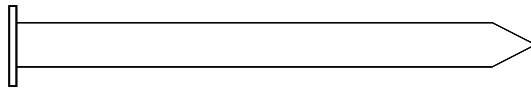
Koe	Sähkövaraus: tulokset	Magneetti: tulokset
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Osa 4 - Yhteenveto

1. Kuvaile kahta eroa sähköstaattisen ja magneettisen vuorovaikutuksen välillä.
2. Saatoit huomata, että magnetoitu naula vaikuttaa kompassiin. Pudota naula lattialle muutaman kerran ja kokeile sen vaikutusta kompassiin uudelleen. Mitä tapahtuu ja miksi?
3. Onko näkemyksesi magnetoidun ja ei-magnetoidun naulan sisuksista muuttunut? Päivitä mallisi äskeisten kokeiden perusteella.



Magnetoitu naula.



Ei-magnetoitu naula.

Liite 3. Oppitunnin 3 oppilaslomake.

Nanomagnetismi: Vuorovaikutuskynnys

Tutkimus 3:

Magneettikentän malli

Nimi _____

Tarvikkeet:

Sauvamagneetti

Kompassi

Paperiarkki koka A3

Lyijykynä

Ohje

1. Laita magneetti paperiarkin keskelle ja kirjoita magneetin tyyppi paperin kulmaan. Piirrä magneetin ääri viivat paperille. Jätä magneetti paperille.
2. Laita kompassi magneetin viereen noin puolikkaan magneetin pituudesta päähän siitä. Piirä piste kompassineulan kärjen viereen paperille.
3. Siirrä kompassia neulan suunnassa s.e. neulan *häntä* tulee pisteen kohdalle. Piirrä uusi merkki neulan *kärjen* kodalle.
4. Jatka kunnes kompassi on magneetin toisella puolella tai paperin reunalla.
5. Piirrä pisteiden kautta kulkeva käyrä ja merkitse siihen nuolella kompassineulan suunta.
6. Toista 15 - 20 kertaa. Aloita eri pisteistä magneetin ympäriltä.

Johtopäätökset

Listaa mahdollisimman monta ominaisuutta, joita piirtämäsi viivat noudattavat.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

Liite 4. Oppitunnin 4 oppilaslomake.

Nanomagnetismi: Vuorovaikutuskynnys

Tutkimus 4: Pillimagneetti

Nimi _____

Tässä tutkimuksessa käsitellään ferromagneettisen aineen rakennetta: esinettä tai materiaalia, joka voidaan magnetoida. Työssä valmistat magneetin mallin rautajauheesta juomapillin sisässä. Voit magnetoida ja demagnetoida magneettisi, mutta tärkein tehtävä on kehittää teoria, joka selittää, miten nämä muutokset tapahtuvat.

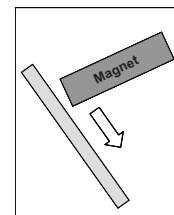
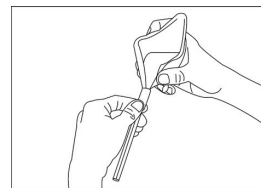
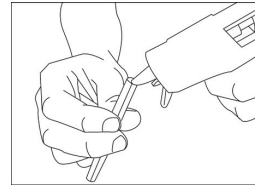
Työ tehdään ryhmissä, mutta kukin valmistaa oman pillimagneetin.

2. Tarvikkeet:

rautajauhetta	astia rautajauheelle
mehupilli	sauvamagneetti
kuumaliimapistooli + liimaa	kompassi
sakset	paperia

Työohje:

1. Leikkaa pilli n. 8-10 cm mittaiseksi ja sulje sen toinen pää kuumaliimapistaralla. Anna liiman jäähtyä 3-4 minuuttia.
2. Kun liima jäähtyy, tee paperista pieni tötterö, jonka avulla voit kaataa rautajauhoa mehupilliin.
3. Ota astiaan vain sen verran rautajauhetta kuin tarvitset pillin täyttämiseen. Työskentele paperin päällä.
4. Kun liima on jäähtynyt, täytä tötterön avulla 4/5 putken pituudesta rautajauheella. Kaada mahdollinen yli mennyt rautajauhe paperilta takaisin astiaan.
5. Ravista pilliä kevyesti ja varmistu, että se on 4/5 täysi.
6. Liimaa pillin toinenkin pää umpeen kuumaliimalla.
7. Magnetoi pillimagneettisi hankaamalla sitä kevyesti sauvamagneetin toisella päädyllä. Hankaa magneetilla aina samaan suuntaan! 15-20 magneetin vetoa riittää.



8. Ravistelematta pillin sisältöä, laske se varovasti keskelle valkoista paperia.

9. Piirrä magneettisi magneettikentästä malli käyttäen kompassia apuna. Piirrä kuvaan kompassineulan suunta useissa eri kohdissa pillin ympärillä.

10. Ravistele nyt pilliä. Hahmottele magneettikenttää kompassin avulla uudelleen.

11. Kirjoita tuloksistasi yhteenveto:
 - a. Kerro, mitä kysymysten 9 ja 10 piirrokset paljastavat sinulle.

 - b. Selitä, mikä fysikaalinen ero magnetoidulla ja magnetoimattomalla pillillä on.

 - c. Selitä, mitä magnetoitumisessa aineelle tapahtuu.

Liite 5. Oppitunnin 5 oppilaslomake.

Nanomagnetismi: Vuorovaikutuskynnys

Tutkimus 5:

Magneetin palasia

Nimi _____

3. Tarvikkeet:

teräslankaa (20-25 cm)	sauvamagneetti
kompassit	niittejä
leikkurit	suojalasit

4. Työohje:

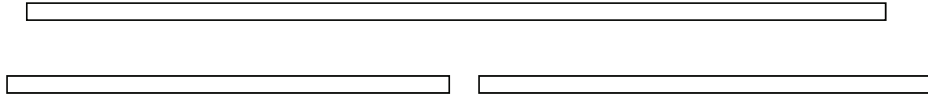
KÄYTÄ SUOJALASEJA TYÖN AJAN

- Ota teräslangan pala ja tarkista, onko se magnetoitunut. Jos se on, demagnetoi se esimerkiksi taivuttelemalla tai lyömällä sitä pöydän reunaan. Taivuta lanka niin suoraksi kuin mahdollista ja magnetoi se sauvamagneetilla. Laske teräslanka pöydälle ja liikuttele kompassia sen ympärillä. Tarkkaile kompassin neulaa. Piirrä teräslangan kuva, merkitse siihen pohjois- ja eteläkohtiot (P ja E) sekä kompassineulan suunta muutamissa kohdissa langan ympärillä.

- Leikkaa teräslanka varovasti leikkureilla kahtia. Työpari pitelee langan toista päätä. Älkää antako langan pudota pöydälle (isku voi demagnetoida sen). Laskekaa kumpikin pala varovasti pöydälle vähän matkan päähän toisistaan. Liikuttele kompassia kummankin langan ympärillä. Onko kumpikin puolikas kokonainen magneetti? Miten perustelet sen?

Vetävätkö palat toisiaan puoleensa tai hylkivät ne toisiaan?

3. Tee alla olevan kuvan puolikkaisiin lankoihin merkinnät havaintojesi perusteella.



4. Leikkaa kumpikin puolikas vielä kahtia (saat neljä palaa). Ole huolellinen äläkä pudota paloja pöydälle. Tutki kompassilla kunkin palan pohjois- ja eteläkohtioita. Listaa havaintosi:

Ovatko pienet palat yhtä vahvoja magneetteja kuin suuret palat? Perustele vastauksesi.

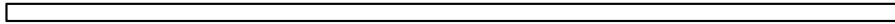
5. Jos lanka leikattaisiin edelleen pienempiin ja pienempiin paloihin, mitä säävutettaisiin lopulta?
6. Millä tavoilla teräslangan pätkät muistuttavat rautajauhetta pillimagneetin sisässä?
7. Kuva alla esittää sauvamagneettia. Jos sinulla olisi "taikalasit", joilla näet magneetin sisään, miltä se saattaisi näyttää? Piirrä ja lisää tarpeen mukaan merkintöjä ja selitteitä. Koeta sisällyttää kuvaan niin monia magneetin ominaisuuksia kuin voit.



Tehtäviä oppitunnin 4 ja 5 jälkeen.

Nimi: _____

1. Seuraava kuva esittää rautalangan palasen ääriwiivoja. Alkeismagneetit rautalangassa ovat kooltaan suunnilleen langan halkaisijan suuruisia. Täydennä kuva esittämään rautalankaa alkeismagneetteineen silloin, kun lanka on magnetoitu.



2. Kuvittele itsellesi magnetoitu naula.
 - a. Mitä voisit tehdä hävittääksesi magneettisuuden naulasta?
 - b. Selitä niin tarkasti kuin osaat, miten naulan magneettisuus katoaa a-kohdan tilanteessa.
3. Kuvaile yhtä todistetta tai koetta, jolla voisit vakuuttaa työparisi siitä, että sähköstaattiset vuorovaikutukset (varaus) ovat eri asia kuin magneettiset vuorovaikutukset.

Liite 6. Oppitunnin 6 oppilaslomake.

Nanomagnetismi: Vuorovaikutuskynnys

Tutkimus 6:

Yllättävä nanoskaala

Nimi _____

Tässä tutkimuksessa etsitään yhteyksiä magneettisten esineiden käyttäytymisestä nanoskaalassa ja suuremmissa mittakaavoissa. Toisaalta löydämme myös joitakin tärkeitä eroja. Kun seuraat ohjeita, koeta pitää mielessäsi kappaleiden kokoerot, tutkimiesi esineiden ympäristöt ja voimat, jotka esineisiin vaikuttavat.

• Tarvikkeet:

- | | |
|---|----------------|
| Peitetty astia, jossa on rautajauhetta öljyssä | Kompassi |
| Peitetty muoviastia, jossa on nanomagneettista nestettä | Sauvamagneetti |

Ennen aloittamista:

- Vastaa seuraaviin kysymyksiin aiempien tutkimusten ja oppituntien pohjalta:
 - Miten magneetti vuorovaikuttaa toisen esineen kanssa?
 - Voiko rautajauheen siru olla magneetti?
 - Voiko rautajauheen sirulla olla magneettikenttä?
 - Mikä ominaisuus määrää, miten pieni magneetti voi ylipäänsä olla?
 - Miksi nesteen olisi mahdotonta olla magneetti?

Tutkimus:

Osa 1

- Tutki öljyn ja rautajauheen seosta astiassa. Millä pituusyksiköllä (metri, senttimetri jne.) voisit kuvailla rautajauheen hiukkasten kokoa?
- Pitele sauvamagneettia lappeellaan astian alapuolella. Liikuttele magneettia. Kirjoita, mitä havaitset.

Piirrä kuva rautajauheesta astiassa.

3. Vedä magneettia hitaasti astian pohjaa pitkin siten, että rautajauheesta muodostuu useita vierekkäisiä viivoja. Laita magneetti syrjään ja laske astia pöydälle varoen heiluttelemasta sitä.
 - a. Säilyvätkö rautasirut paikoillaan kun magneetti viedään pois?
 - b. Onko rautasiruilla magneettikenttää magneetin poistamisen jälkeen? Kuinka tiedät sen?
 - c. Jos kallistat astiaa hieman, muuttuuko rautasirujen muodostama kuvio helposti?
 - d. Mitä johtopäätöksiä voit tehdä rautajauheen ja öljyn seoksesta havaintojesi ja edellisten vastaustesi perusteella?

Osa 2

Neste, jota käytät tässä osassa tutkimusta, *tahraa kaiken* mihin se koskettaa; kerro opettajalle *heti*, jos sitä läikkyi johonkin. *Älä anna magneetin joutua kosketuksiin nesteen kanssa!*

1. Nouda magneettinen neste muoviasiastaan. Nesteessä on kiinteitä, nanometrin suuruusluokan magneettisia hiukkasia - kuten rautaviilajauheen sirut, mutta pienempiä, n. 10 nm pitkiä - öljyyn sekoitettuna. Näytä, miten lasketaan kuinka monta kertaa tällaista nanokoon hiukkasta *suurempi* rautajauhesiru (1 mm) on?

Käytä magneettia ja kompassia ja etsi ainakin kaksi eroavaisuutta magneettisen nesteen ja rautaviilajauhon ja öljyn seoksen välillä. Mitä eroja huomaat?

2. Miten selittäisit näiden seosten erilaisen käytöksen?

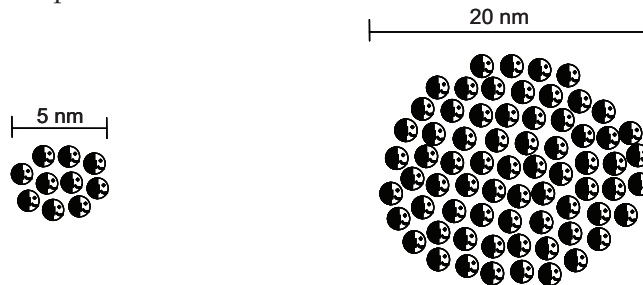
3. Muistele koetta, jos magnetoitiin ja demagnetoitiin naula tai teräslangan pala.
 - a. Miten tiesit, että naula tai lanka ei ollut enää magneettinen?

 - b. Selitä, kuinka demagnetoit naulan tai langan. Selitä myös miten toiminta aiheutti magnetismin häviämisen kappaleesta.

Osa 3

Tutkitaan, mistä ferromagneettiseen nesteeseen siirtyy energiaa niin, ettei sen magneettikenttä säily:

1. Alla olevat kuvat ovat malleja kahdelle pyöreälle rautapalalle. Kuivissa esitetään atomit palojen poikkileikkauksessa. Toinen pala on halkaisijaltaan 5 nm, toinen 20 nm. Atomien "kasvot" esittävät atomien magneettikenttää kummassakin palassa.



- a. Miten kuvailisit suhdetta palasen koon ja pinta-atomien suhteellisen määrän välillä? Pinta-atomien suhteellinen määrä tarkoittaa palan pinnalla olevien atomien määrän suhdetta palan sisällä olevien atomien määrään. Toisin sanoen: jos palasta pienennetään, miten pinta-atomien suhteellinen määrä muuttuu?

- b. Toinen näistä kappaleista pysyy magneettisena pidempään kuin toinen. Millainen teoria selittäisi, miksi toinen kappale pysyy pidempään magneettisena?
 - c. Mitkä tietosi atomeista auttavat selittämään, miten kappale voi demagnetoitua itsestään?
 2. Magneetti, naula, rautaviilajauheen siru ja nanometrinen suuruusluokan magneettinen hiukkanen ovat kaikki tehty samanlaisesta materiaalista. Miksi yksi näistä pysyy magnetoituna pidempään kuin muut?
 3. Muistele magneettisista ilmiöistä piirtämäsi kuvaa tutkimuksessa 1. Kuuluuko magneettinen neste, jossa on nanokokoista rautaa, mielestäsi ferromagneettisiin, diamagneettisiin vai paramagneettisiin aineisiin? Käytä perusteluina tutkimustesi tuloksia.

Tehtäviä oppitunnin 6 loppuun.

Nimi: _____

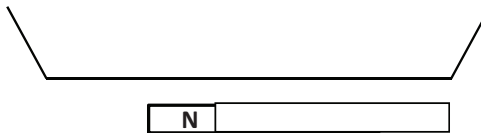
Musta magneettinen neste, jota olet tarkastellut, on seos nanokokoisia rautahiukkasia läpinäkyvässä öljyssä. Täydennä kuvat esittämään magneettista nestettä astioissa, kun astian alla on tai ei ole magneettia.

Piirrä myös magneetille ne ominaisuudet, joiden avulla voit selittää nesteen käyttäytymisen kussakin kuvassa.

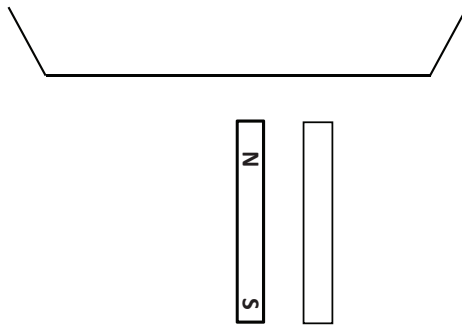
a. Ei magneettia.



b. Magneetti on astian alla.



- c. Sama magneetti on astian alla, käännettynä pystysuuntaan.



Liite 7. Alku- ja lopputesti.

Kysely magnetismista

Nimi _____

Ohje: Näillä kysymyksillä pyritään selvittämään, kuinka ihmiset ajattelevat magneettisia asioita. Kysymyksissä ei ole kyse siitä, mitä tiedät, vaan mitä ajattelet ja miksi.

1. Useimmat ihmiset ovat tutustuneet magneettiin, mutta luultavasti eivät ole joutuneet kuvailemaan sellaista. Kuvaile magneettia tähän niin yksityiskohdallisesti kuin osaat.

2. Selitä, miten magneetti "toimii"?

3. Alle piirretty muoto on sauvamagneetti. Piirrä ja/tai kirjoita kuvaan kaikki ne magneetin ominaisuudet, joiden uskot auttavan jotakuta ymmärtämään, mikä magneetti on ja miten se toimii.



4. Alla olevat väitteet liittyvät magneetteihin ja magnetismiin. Merkitse kunkin väitteeseen, ovatko ne sinun mielestäsi oikein (O) vai väärin (V).
 - a. _____ Rautatanko voidaan magnetoida hieromalla sitä palalla turkista tai villaa.
 - b. _____ Kun kompassi tuodaan magneetin lähelle, neula osoittaa aina kohti magneettia.
 - c. _____ Kun magneetti halkaistaan kahtia, molemmat puoliskot ovat kokonaisia magneetteja.
 - d. _____ Jos kosket magneetilla rautaputkea, magneetin magnetismista menetetään osa.
 - e. _____ Kun magneetti halkaistaan kahtia, yhdestä palasta tulee pelkästään mag-

neetin pohjoisnapa ja toisesta pelkästään etelänapa.

- f. _____ Jos magneetti sulatetaan, saadaan nestettä, joka on magneettista.
- g. _____ Kun esine magnetoidaan, siihen siirtyy tai siitä poistuu sähkövarausta.
- h. _____ Jos ilmapalloa hieroo villapaitaan kuivalla ilmalla, sen saa kiinnittymään seinään. Ilmapallo on tällöin magneetti.
- i. _____ Päiväntasaajan pohjoispuolella kompassi osoittaa pohjoisnapaa. Eteläpuolella se osoittaa etelänapaa, joka on lähempänä.
- j. _____ Staattinen sähkövaraus ilmapallossa saa sen tarttumaan seinään. Silloin ilmapallo myös kääntää kompassin neulan.
- k. _____ Kun magneetti halkaistaan kahtia, sen puoliskot alkavat hylkiä toisiaan.
- l. _____ Jos rautanaula laitetaan magneetin lähelle, naulasta tulee myös magneetti.
- m. _____ Magneetit eivät toimi paikoissa, joissa ei ole ilmaa: esimerkiksi ulko-varuudessa.

5. Matti ja Teppo havaitsivat, että magneetin pääty vetää naulaa puoleensa. Matti sanoo, että jos magneetista käännetään toinen pääty naulaa kohti, se hylkii naulaa. Teppo sanoo, että magneetin molemmat päät vetävät naulaa puoleensa yhtä lailla.
Kumpi on sinusta *enemmän oikeassa?* (ympyröi)

Matti

Teppo

Kerro, *miksi* olet samaa mieltä hänen kanssaan.

6. Kuvittele kaksi palasta rautaa. Toinen on nanometrin kokoinen muru, toinen on suunnilleen nyrkkisi kokoinen. Merkitse, oletko alla olevien väittämien kanssa samaa mieltä ja selitä.
- a. Rauta-atomit suuremmissa palasissa ovat pienempiä kuin atomit pienemmissä palasissa.
Samaa mieltä _____ Eri mieltä _____
Selitä, miksi.

- b. Rauta-atomit pienemmässä palassa ovat lähempänä toisiaan kuin atomit suuremmassa palassa.
Samaa mieltä ____ Eri mieltä ____
Selitä, miksi.
- c. Kun nanometrin kokoinen pala magnetoidaan, se ei *pysy* magnetoituna yhtä kauan kuin suuri pala pysyisi.
Samaa mieltä ____ Eri mieltä ____
Selitä, miksi.
7. Magneetin pudottaminen heikentää usein magneetin voimakkuutta. Selitä, mistä tämä voisi johtua.
8. Kuvittele magneetti ja rautanaula.
- a. Piirrä kuva ja selitä sen avulla, kuinka magneetti vetää rautanaulaa puoleensa.
- b. Piirrä toinen kuva selittääksesi, mitä tapahtuu, jos naula käännetään ympäri.
9. Magneetin kuumentaminen voi hävittää sen magnetismin kokonaan. Kuvaille sellaista magneetin mallia, joka selittää tämän tapahtuman.

Liite 8. Opettajan aineisto.

Oppitunti 1. Magnetismin lajit

Taustaa

Tällä oppitunnilla on tarkoitus tarkastella magneettisia vuorovaikutuksia. Selvitetään minkäläisten esineiden kanssa magneeteilla on vuorovaikutusta. Kun oppilaat luokittelevat vuorovaikutuksia, he lähtevät rakentamaan mentaalimalleja. Niiden avulla he selittävät ilmiöitä ja miksi vuorovaikutukset ovat havaitun kaltaisia.

Tarvittavat välineet

Muodostetaan neljän hengen ryhmiä. Luettelossa on yhdelle ryhmälle tarvittavat välineet.

Tarvike	Määrä
super- eli neodymiinimagneetti	1
tavallinen sauvamagneetti	2
seteliraha	1
kolikko	1
klemmari	1
100 mm rautanaula	1
alumiininen juomatölkki	1
noin 4 cm pituinen kupariputki	1
suolakurkku (katkaistaan kahtia)	1
muoviputken pala tai muoviviivoitin	1
puutikku suolakurkulle	1
lankaa alumiinitölkkin ripustamiseen	1
statiivi, johon lanka kiinnitetään	1

HUOM! Supermagneetit ovat hyvin voimakkaita, mutta para- ja diamagnetismin havainnoinnin onnistumisen kannalta ne ovat välttämättömiä. Käsittele varovasti. Muista varoa myös magneettinauhallisia kortteja (mm. pankkikortti). Tarkemmin asiasta lisää myöhemmin.



Valmistelut

Kun keräät tarvikkeet, älä laita supermagneettia muiden välineiden joukkoon. Anna ne suoraan oppilaille, kun he aloittavat työskentelyn. Pyydä yhtä ryhmän jäsentä hakemaan magneetti. Hän pitää magneettia koko tutkimuksen ajan kässissään. Supermagneettia EI SAA laittaa VAPAASTI pöydälle, sillä se voi tarttua metalliin tiukasti ja haurasrakenteisena voi mennä rikki. Supermagneetteja on hyvin vaikea irrottaa toisistaan ja ne ovat hyvin hauraita ja siten helposti rikkoutuvia. Muista myös varoa sormia. Magneetin vetäessä puoleensa esinettä, voi sormi jäädä esineen ja magneetin väliin. Koska supermagneetit ovat vahvoja ja niiden aikaansaamat ilmiöt mielenkiintoisia, voi oppilailla ”unohtua” magneetti pöydälle. Muista kerätä ne pois ennen tehtävän 2 tekemistä. Tulokset muuttuvat supermagneetin läheisyydessä.

Tunnin aloittamiseen

Oppilaita tulisi rohkaista tekemään hypoteesi mitä tutkimuksessa tapahtuu. Näin he joutuvat miettimään omia ennakkokäsityksiään ilmiöille. Opettaja voi johdatella asiaan esimerkiksi seuraavilla kysymyksillä:

- Mikä on magneetti?
- Kerro omin sanoin minkälaista on magneetin ja rautanaulan tai -langan välinen vuorovaikutus.
- Minkälaista kahden magneetin välinen vuorovaikutus voi olla?
- Mitä tarkoitetaan sillä, että magneetti vaikuttaa toiseen esineeseen?
- Mitä ominaisuuksia magneeteilla on?

Kysymyksillä on tarkoitus kartoittaa oppilaiden ennakkokäsityksiä ja laittaa oppilaat jäsentelemään omia ajatuksiaan magnetismiin liittyen. **Tarkoitus ei ole antaa nyt edellä oleviin kysymyksiin vastauksia.** Tulevien tuntien aikana oppilailla tulisi syntyä oma, mahdollisesti ”oikeampi” kuva magnetismista. Hyvä olisi, jos oppilaiden vastauksia saisi tallennettua nauhalle.

MAHDOLLISIA HAASTEITA OPPILAIEN TYÖSKENTELYSÄ:

Vain supermagneeteilla pystytään havainnoimaan magneetin vaikutusta para- ja diamagneettisiin aineisiin. Ilmiöt voivat silti olla heikkoja. Oppilaita tulee kannustaa huolelliseen ja tarkkaavaiseen havainnointiin. Tarvittaessa voit lisäksi demonstroida tutkimuksen luokalle.

Loppukeskustelu

Kokeiden perusteella oppilaiden pitäisi pystyä jakamaan tutkittavat aineet neljään ryhmään seuraavalla tavalla.

ferromagneettiset	diamagneettiset	paramagneettiset	ei-magneettiset
klemmari	suolakurkku	alumiinitölkki	puutikki
naula	kupariputki		kolikko
paperiraha			muoviputki

Keskustelkaa oppilaiden antamista ryhmien nimistä. Keskustelkaa erilaisista tavoista nimetä eri ryhmät. Tarvittaessa voitte miettiä tunnin alussa olevia kysymyksiä uudelleen.

Jatkokysymyksissä (oma lomake) oppilaat voivat miettiä mm. seuraavia asioita:

- vahva/heikko
- magneetti/ei-magneetti
- vetovoima/hylkimisvoima
- ei vuorovaikutusta
- materiaalin luonne
- mistä nimitykset peräisin

Toisen jatkokysymyksen on tarkoitus johdatella oppilaita miettimään, mikä ero on magnetoidun ja magneetottoman rautanaulan välillä. Oppilaiden esittämiä malleja tarkastellaan uudelleen oppituntien 2 ja 4 aikana. Piirroksien avulla oppilas voi rakentaa omaa mentaalimallia magnetismistaan. Aluksi on tarkoitus saada heidät tuottamaan mallit sen perusteella, mitä he jo tietävät. Rohkaissaa heitä piirtämään omat mallinsa, käsityksensä asiasta.

Oppitunti 2. Magneetti ja sähkövaraus

Taustaa

Tämän oppitunnin tarkoituksena on muuttaa oppilailla olevia käsityksiä siitä, että magneetissa magneettiset navat ovat sähkövarauksellisia. Oppilaat ovat usein sitä mieltä, että

- magneettiset kohtiot ovat sähköisesti varattuja
- magnetoitumisen edellytyksenä on se, että magneetti siirtää magnetoitavaan kohteeseen sähkövarauksen tai erottelee kohteen sähköisiä varauksia
- sähkövaraus poikkeuttaa kompassin neulaa.

Oppilaat magnetoivat naulan ja varaavat muoviviivaimen. Sen jälkeen he vievät magneetin ja varatun muoviviivaimen erilaisten esineiden läheisyyteen ja tarkkailevat, niihin kohdistuvia voimavaikutuksia. Sähköisesti varattu muovisauva menettää varauksensa, kun se koskettaa varaamatonta esinettä. Magneetit eivät menetä magneettisuuttaan, vaikka ne koskettaisivat ei-magneettista esinettä. Sähköiset ja magneettiset vuorovaikutukset vaikuttavat samanlaisilta ilmiöiltä. Kuitenkin ne ovat erityyppisiä vuorovaikutuksia.

Muista, että ilmankosteus vaikuttaa sähkövarausten ilmiöihin.

Tarvittavat välineet

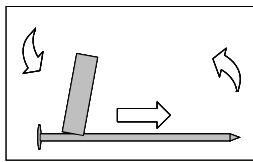
Oppilaat työskentelevät pareittain. Luettelossa on yhden parin tarvitsemat välineet.

Tarvike	Määrä
muoviviivain	1
villa, turkis tai polyesterikankaan pala	1
pieni kompassi	1
sauvamagneetti	1
100 mm rautanaula	1
A4-kokoinen paperi	1
paperisilppua	pieni astiallinen
klemmari	pieni astiallinen (n.30)
niitti, joka on niitattu kasaan	6
vesi	pieneen (100ml) keitinlasiin

Valmistelut

Paperisilppu ja niitatut niitit on hyvä olla valmiina tunnin alussa. Niittaamattomat niitit takertuvat helposti toisiinsa ja siten vetovoiman havainnointi vaikeutuu. Jokaisen ryhmän tarvikkeet voidaan kerätä valmiiksi esimerkiksi pieniin rasioihin.

HUOM! Magnetointi onnistuu parhaiten, kun naulaa vedetään samansuuntaisin vedoin magneetin toisella päällä. Veto tulee tehdä naulan päästä päähän. Edestakaiset vedot hankaloittavat magnetoitumista.



Tunnin aloittaminen

Tunnin alussa voidaan tarkastella esimerkiksi oppilaiden alkutestin malleja magnetismista. Myös edellisen tunnin piirroksissa esiintyviä varauksia voidaan tarkastella. Oppilaat voivat aivoriuhissa (esimerkiksi neljän hengen ryhmissä) kertoa toisilleen omien piirroksiensa keskeiset kohdat ja perustella, miksi ovat käyttäneet sitä mallia kuvaamaan magnetismia. TOIVOISIN, ETTÄ PUHEEN TALLENNIN VOISI KIERTÄÄ MUUTAMISSA RYHMISSÄ. Varsinkin, jos tiedät ryhmän jäsenien mallien olevan hyvin erilaiset tai jos ryhmän jäsenet kykenevät asialliseen keskusteluun. Tietysti asia voidaan viedä yhteisestikin läpi, jos luokka on valmis esittelemään yhteisesti omia tuotoksiaan ja käsityksiään. Piirroksien läpikäynnissä voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia kysymyksiä:

- Minkälainen kappale on silloin, kun se on sähköisesti varattu?
- Minkälainen kappale on silloin, kun se on magnetoitunut?
- Miten magnetoidusta naulasta voidaan poistaa magneettisuus?
- Vaikuttaako sähkövaraus ja magneetti samanlaisiin materiaaleihin?
- Katoaako kumpikaan, sähkövaraus tai magneettisuus koskettamalla?

Kysymysten tarkoituksena on saada oppilaat keskustelemaan ja pohtimaan omia mallejaan.

Tutkimukset

Oppilaat tutkivat vaikuttaako sähköinen varaus tai magneetti paperisilppuun, niitteihin ja klemmareihin. Rohkaise oppilaita kirjoittamaan paperille miten he mielestään pystyvät erottamaan vaikuttaako kappaleeseen sähköinen varaus tai magneetti. Pyydä myös heitä miettimään minkälaisilla ”muuttujilla” (erilaisilla muuttuvilla ominaisuuksilla) he voivat erotella ovatko sähköiset ja magneettiset vaikutukset samankaltaiset. Esimerkiksi muuttujina voisi olla etäisyys kohteesta, asetetaan jotain kohteen ja lähteen väliin (esimerkiksi paperi), jos kohde kasuu eli veden vaikutus, koskettaako lähde kohdetta ja voiko sähköisesti varattu kappale varata aina uusia ja uusia kappaleita ja samoin magneetti, voiko se magnetoida aina uusia kappaleita. Oppilaan paperissa osiossa 2 on tilaa kirjata näitä muuttujia.

Osio 1-Aivoriihi

Ensimmäiselle sivulle oppilaat voivat kirjata omia ajatuksiaan siitä mitä ja miten muuttujia voidaan tutkia. Tuloksia voidaan käydä yhdessä läpi ja kerätä taulukkoon 1 ne muuttujat, joita tutkitaan. Seuraavilla kysymyksillä voidaan auttaa oppilaita muuttujien miettimisessä?

1. Vaikuttaako sähköisesti varattu esine tai magneetti, vaikka se ei kosketa esinettä?
2. Miten kompassi reagoi sähkövaraukseen ja magneettiin?
3. Esiintyykö vaikutukset tasaisesti sähköisesti varatun kappaleen ja magneetin ympärillä? Onko erikohdissa erilainen vaikutus? (päissä, keskellä)
4. Voidaanko kappaleen avulla nostaa paperisilppua?
5. Voidaanko kappaleen avulla nostaa niittejä?
6. Vaikuttaako kosketus vaikutuksen voimakkuuteen?
7. Vaikuttaako vesi ilmiöön?
8. Onko vaikutukset toistettavissa ilman, että kappale varataan tai magnetoidaan uudelleen?

Malliesimerkki taulukon täyttämiseksi

	Sähkövaraus	Magneetti
Voiko voima vaikuttaa etäältä vai onko vaikutus havaittavissa vain kappaleen koskettaessa?		
Vaikutus kompassiin?		

Osa2-muovisauvan varaaminen

On tärkeä, että magneetti ja magnetoidut kappaleet ovat kaukana, kun tehdään sähköstaattisia kokeita. Magneetit voidaan laittaa esimerkiksi toiselle pöydälle. Oppilaat varaavat muovisauvan ja tutkivat, kuinka se vaikuttaa paperisilppuun, niittiin, naulaan, klemmariin, kompassiin jne. Tutkitaan sitä onko varatulla muovisauvalla vaikutusta niihin ja lisäksi tutkitaan taulukkoon kirjattujen muuttujien merkitystä. Tulokset kirjataan taulukkoon.

Osa3-magneetti

Magnetoi naula sauvamagneetin avulla. Tee samat tutkimukset kuin osassa 2, mutta nyt magnetoidun naulan avulla. Tulokset kirjataan taulukkoon.

Loppukeskustelu

Tämän oppitunnin töiden avulla on ollut tarkoitus havainnoida magneettien ja sähkövarauksien vaikutuksien eroavaisuuksia, vaikka niillä on yhtäläisyyksiäkin.

Esimerkiksi taululle kerätään oppilaiden kanssa keskustellen, mitä nämä eroavuudet ja yhtenevydet ovat. Esimerkiksi eroavaisuuksia ovat:

- Sähköinen varaus on kaikkialla muovisauvassa samanlainen, mutta magnetoidussa naulassa ei magneettisuus ole kaikkialla samanlainen.
- Magneettinen vetovoima voidaan kohdistaa kappaleisiin uudelleen, vaikka magneetilla olisikin vedetty kappaletta pitkin, mutta muovisauva on varattava uudelleen vedon jälkeen.
- Magneetit toimivat, vaikka olisivat märkiä tai ne olisivat veden alla, mutta sähkövaraukset eivät toimi.
- Magneetti vaikuttaa kompassiin, mutta sähkövaraus ei vaikuta.

Tunnin lopussa oppilaat täyttävät osion 4. Siellä on jälleen piirrettävä kuva magnetoidusta ja ei-magnetoidusta naulasta. Joidenkin oppilaiden malli magneetista on voinut muuttua. Oppilaille voidaan näyttää edellisellä tunnilla piirrettyjä malleja, joita he voivat tarkastella uusien tutkimustulosten valossa. (Oppilailta poiskerätyt vastauspaperit). He voivat havaita ristiriitaa nyt tehtyjen havaintojen ja aiemmin piirretyn mallin välillä.

Oppilaat ovat voineet havaita myös sen, että magnetoituun naulaan tarttuu niittejä päihin, mutta ei naulan keskelle. Tähän asiaan he saavat vahvistusta seuraavalla kerralla tehtävällä magneettisten kenttäviivojen tutkimustehtävällä.

Oppitunti 3. Magneettikentän malli

Taustaa

Tämän tunnin tavoitteena on, että oppilaat pystyisivät piirtämällä esittämään ja muodostamaan käsityksen siitä, mikä on magneettikenttä. Tämän mallin avulla he voivat ymmärtää ja tehdä johtopäätöksiä mm. seuraavista asioista:

- magneettikenttä on magneetin ympärillä
- magneettikentällä on suunta
- kenttäviivat ovat toisiaan leikkaamattomia
- magneettikentän voimakkuus ei ole kaikkialla samansuuruinen
- magneettikentän voima ja suunta muuttuvat, jos niiden arvoja tarkastellaan kahdessa eri kohdassa kenttää
- magneetissa on alueita, joissa magneettikentän voimakkuus on suurinta (kohtiot)

Jokaisella magneetilla on pohjois- ja eteläkohtio. Sopimuksen mukaan magneettikenttämallisissa kenttäviivat lähtevät pohjoiskohtiolta ja päättyvät eteläkohtioon. Tämän työn tarkoituksena on osoittaa, että kenttä on symmetrinen ja sillä on suunta.

Tarvittavat välineet

Oppilaat työskentelevät pareittain. Luettelossa on yhdelle parille tarvittavat välineet.

Tarvike	Määrä
sauvamagneetti (heikko magneetti on parempi, koska se ei vahingoita kompassia)	1
pieni magneetti (1-2 cm)	1
A3-kokoinen valkoinen paperi	1
puinen lyijykynä (ettei se magnetoidu)	1

Valmistelut

Ennen oppitunnin alkua on syytä testata ne magneetit, joita aiot käyttää oppitunneilla.

Magneetit ollessaan toistensa läheisyydessä muuttuvat. Tällöin niiden magneettikentät voivat olla suuntautuneet esimerkiksi magneetin sisällä ulkopuolella vastakkaisiin suuntiin. Ei ole myöskään mahdotonta, että magneetissa on useampi kuin kaksi kohtiota (esimerkiksi päissä on pohjoiskohtiot ja keskellä eteläkohtio) tai sauvamagneetin kohtiot ovat toisinpäin kuin miten niiden tulisi olla värikoodien perusteella.

Jos kaikki magneetit eivät ole samanlaisia, tulisi oppilaiden kanssa keskustella siitä ja erilaisuudet vaikutettavat heidän tuotoksiinsa. Oppilaiden ei ole siis syytä vertailla omaa tuotosta muiden kanssa.

Koetta ei ole syytä tehdä supermagneeteilla. On syytä muistaa myös se, että magneetit voivat vahingoittaa kompassit.

Tunnin aloittaminen

Edellisellä tunnilla oppilaat tutkivat magneetin voimakkuutta sen eri kohdissa. He ehkä jo havaitsivat, että magneetti on voimakkain päissä ja heikoin keskellä. Oppilaille voidaan näyttää esimerkiksi PowerPoint-esityksenä erilaisia piirrettyjä esityksiä magneettikentistä. (PP-ESITYS).

Piirroksista voidaan keskustella oppilaiden kanssa ja heidän kanssa yhdessä voidaan miettiä onko heidän mielestään piirrokset oikein vai väärin ja miksi näin on. Näin sekä oppilaat että opettaja voivat jäsenellä luokan oppilaiden käsitystä kentästä ja samalla tulee esille missä asioissa luokan oppilailla on erilaiset käsitykset magneettikentästä. Oppitunnin aikana saadun tiedon perusteella, oppilaiden mallit magneettikentästä voivat kehittyä, tarkentua ja muuttua.

Toivottavaa olisi, että kävisitte läpi kompassin toimintaperiaatteen ja rakenteen. Esimerkiksi seuraavia kysymyksiä voidaan käyttää apuna:

- Kerro mikä on kompassi. Miten se toimii?
- Miksi kompassin neula kääntyy niin, että nuolen kärki kääntyy toista magneetin päätä kohti ja toisessa päässä magneettia neula asettuu kärki pois päin magneetista?
- Mikä saa kompassin neulan asettumaan tietynsuuntaisesti?
- Miten saat selville, kumpi kompassineulan päistä on pohjoiskohtio ja kumpi eteläkohtio?
- Kerro kompassin käyttäytymisen perusteella, missä sijaitsee maapallon magneettinen pohjoiskohtio?

Loppukeskustelu

Toivottavaa olisi, että oppilaiden piirroksia voitaisiin näyttää dokumenttikameralla luokalle. He kertoisivat omasta piirroksestaan ja selittäisivät mitä voivat päätellä piirroksien perusteella. Heidän tulisi havaita, että kenttäviivat lähtevät pohjoiskohtiosta ja suuntautuvat kohti eteläkohtiota. Ne muodostavat suljettuja silmukoita ja ne ovat tiheimmillään magneetin keskitasossa. Magneetin sisällä kenttäviivat kulkevat eteläkohtiosta pohjoiskohtioon. Kenttä on myös symmetrinen molemmin puolin magneettia. Piirroksissa magneettikenttä esitetään 2-dimensioisena, mutta oppilaille on syytä havainnoida ja varmistaa, että magneettikenttä on 3-ulotteinen ilmiö.

Keskustelun apuna voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia kysymyksiä:

- Onko kenttäviivoja jossakin kohdassa tiheämmässä kuin toisessa?
- Kumpaa magneettista kohtiota kohti kompassineulan kärki osoittaa?
- Mitä maapallon napaa kohti kompassin neulankäki osoittaa?
- Mitä johtopäätöksiä voi näiden perusteella tehdä?
- Miten kompassin neula käyttäytyy magneetin yläpuolella? Olemme äsken tarkastelleet kompassineulan käyttäytymistä paperin tasossa. Onko magneettikenttää tason ulkopuolella? Jos mielestäsi on, minkälainen se on? Jos mielestäsi ei ole, niin miksi ei ole?

Opettaja voi koota magneettikentän ominaisuudet esimerkiksi seuraavilla asioilla:

- Sauvamagneetin kenttäviivat ovat kohtiolta toiselle kulkevia suljettuja silmukoita.
- Kenttäviivat ovat toisiaan leikkaamattomia.
- Saman magneetin kaikki kenttäviivat ovat keskenään yhtä voimakkaita ja piirretään yhtä vahvoina.
- Kenttäviivojen tiheys kertoo magneetin voimakkuudesta. Mitä tiheämmässä kenttäviivoja on, sitä voimakkaampi magneetti on. Mitä vähemmän kenttäviivoja on, sitä heikon magneetti on.
- Kenttäviivojen määrä vähenee, kun siirrytään pois magneetin päistä. Esimerkiksi magneetin keskellä niitä on hyvin vähän, jos lainkaan.
- Jos magneettia saattaisi jonkin kappaleen liikkeelle, se liikkuisi kenttäviivojen mukaisesti. ns. vapaasti liikkumaan pääsevän kappaleen liike.
- Liike olisi magneetissa sisällä eteläkohtiosta pohjoiskohtioon ja magneetin ulkopuolella pohjoiskohtiosta eteläkohtioon. Liikkeen suunta on magneettikentän suunta.

Oppitunti 4. Pillimagneetti

Taustaa

Tällä tunnilla oppilaat valmistavat pillimagneetin, jossa on rautasisus. Pillimagneetti on magneetin malli. Pillimagneetin avulla oppilaat voivat oppia ymmärtämään ferromagneettisten aineiden ominaisuuksia. Ferromagneettinen aine on magnetoitavissa pysyvästi. Oppilaat magnetoivat ja poistavat magneettisuuden pillimagneetista. Heidän on tarkoitus selittää, mitä magneetissa tapahtuu silloin, kun se magnetoituu ja kun sen magneettisuus poistuu.

Oppilaat voivat työskennellä ryhmissä, mutta jokainen valmistaa oman pillimagneetin. He voivat viedä sen kotiinsa. Magnetoitumistutkimuksissa oppilaat tutkivat

- magnetoitumisen ja magneettisuuden poistumista mallien avulla
- pillimagneetti muodostaa ympärilleen samalla tavalla magneettikentän kuin tavallinen magneetti
- sekoittamalla rautajauhetta pillin sisällä magneettisuus häviää

Tarvittavat välineet

Oppilaat työskentelevät pareittain. Luettelossa on yhdelle parille tarvittavat välineet.

Tarvikkeet	Määrä
muovipilli	1
rautajauhetta	8-10 g
kuumaliimapistooli ja liimapuikkoja	muutama luokaan yhteiskäyttöön
paperi, josta valmistetaan suppilo	
sauvamagneetti	1
kompassi	1

Muovipillien on hyvä olla läpinäkyviä ja mielellään paksuja. Pilli täytetään 2/3-osaa sen pituudesta. Ruostumatonta rautajauhe ei ole niin hyvä kuin perinteinen rautajauhe. Rautajauhetta varten on hyvä olla astia. Paperista valmistetun suppilon avulla laitetaan pilliin rautajauhe. Täyttämistä voi kokeilla myös muovipipetistä valmistetulla ”suppilolla”. Oppilaita on hyvä varoittaa kuumasta liimasta. Kosketusta tulee välttää. Ei näytä kuumalta, mutta aiheuttaa palovamman herkästi.

Johdattelevat kysymykset

Oppilaiden havaintojen tekemiseen voidaan johdatella esimerkiksi seuraavilla kysymyksillä

- Mitä mielestäsi tapahtuu kappaleessa, kun se magnetoituu?
- Mistä tietää, että kappale on magnetoitunut?
- Miten magneettisuuden voi poistaa?

Oppilaiden on tarkoitus oppia mitä magnetoitumisessa ja magneettisuuden poistossa tapahtuu. Oppilaita on hyvä muistuttaa siitä, että he miettivät mitä ovat edellisillä oppitunneilla opiskelleet ja havainnoineet.

Oppilaiden kannattaa **toistaa** kohdat 7-10 useita kertoja. Samalla he voivat miettiä niitä asioita, joita oppitunneilla on jo käyty läpi kentästä ja siitä, mikä magneetti on. Jokainen heidän tekemänsä pillimagneetti on oikea magneetti. Jokaisella pillimagneetilla on magneettikenttä.

Oppilailta voi kysyä, kuinka pillimagneetin voimakkuutta voidaan vahvistaa? (lisäämällä täytteen määrää, tekemällä magnetoinnin huolellisesti, jolloin magneettiset alueet asettuvat mahdollisimman yhdensuuntaisesti).

Opetuskeskustelu

Pillimagneetin avulla oppilaat pyrkivät muodostamaan mallin magneetin tai ferromagneettisen aineen rakenteesta. Malli esittää sen, mitä aineessa tapahtuu magnetoitumisen aikana ja sen millainen rakenne on magneetilla. Magneettiin reagoiva alue on paikallinen atomiryhmittymä, joka on ehkä hiekan jyvän kokoinen. Niissä atomit ovat magneettisesti järjestäytyneet. Atomien alueet ovat suuntautuneet yhdensuuntaisesti. Niinpä jokainen ryhmittymä on pieni magneetti.

Ei-magneettisessa aineessa nämä ryhmittymät ovat asettuneet sattumanvaraisesti sikiin sokin. Magnetisoituminen saa ryhmittymät asettumaan ulkopuolella olevan magneettikentän kanssa yhdensuuntaisiksi. Magneettisuuden poistamisessa alueet sekoittuvat ja asettuvat sattumanvaraiseen, sekoittuneeseen järjestykseen.

Johdattelukeskustelussa tuli kenties ilmi asioita, jotka ovat hyvin yleisiä käsityksiä magneettien käyttäytymisen syistä: *Selitys on tarkempi, kuin mitä oppilailta vaaditaan. Tämä ohje on opettajalle. Mieti mitä ja miten vaadit selitystä oppilailta.*

Tärkeintä on, ettei heille käytetä sanaa alkeismagneetti missään vaiheessa opetusta!

- Elektroni on kieppuva ja rataa kiertävä sähkövaraus, joka synnyttää ympärilleen magneettikentän. Usein elektronit esiintyvät pareittain, jolloin magneettiset vaikutukset kumoutuvat.

- Joillakin atomeilla on magneettinen rakenne (pohjois- ja eteläkohtiot), koska atomissa on parittomia elektroneja, jotka ovat asettuneet niin, että atomiin syntyvät magneettiset kohtiot
- Ferromagneettisen aineen atomit pyrkivät itsestään järjestymään ryhmiksi, joita kutsutaan magneettisiksi alueiksi. Tämä ominaisuus on ainutlaatuinen ferromagneettisille aineille.
- Magnetoitumisprosessin onnistuminen vaatii sen, että materiaalissa on magneettisen suunnan mukaisesti asettuvia alueita.

Oppilastöiden tarkoitus on auttaa oppilaita ymmärtämään, että kiinteissä magnetoituvissa kappaleissa (esimerkiksi magneetti ja naula) on oltava tällaisia alueita. Kuten edellä todettiin, on magneettisesti suuntautuvien alueiden olemassaolo tyypillinen ominaisuus ferromagneettisille aineille. Magnetoitumisen ja magnetoitumisen poistamisen onnistuminen vaativat magneettikentän mukaan suuntautuneita ja ei-magneettikentän mukaan suuntautuneita alueita. Tästä voimmekin päätellä seuraavaa:

- Kompassin avulla voidaan osoittaa, että pillin sisällä oleva rautajauhe (= pillimagneetti) on magnetoitunut.
- Magnetoidulla pillimagneetilla on kenttä. Kun pillimagneetti ei ole magneettinen, ei kenttää ole.
- Kaikissa rautaesineissä on magneettien avulla järjestettäviä alueita.
- Jokainen alue on magneetti ja sillä on oma magneettikenttä.
- Pillimagneetin magneettikenttä on syntynyt yksittäisten alueiden yhteisvaikutuksen tuloksena superpositioperiaatteella.
- Jos magneettisuutta ei ole, ovat alueet asettuneet sattumanvaraisesti.
- Kaikissa magnetoituvissa aineissa ja magneeteissa alueet ovat yhdensuuntaisesti asettuneet. Alueiden atomit ovat magneettisten ominaisuuksien mukaisesti asettuneet yhdensuuntaisiksi.

Oppitunti 5. Magneetin palasia

Taustaa

Tunnin tarkoitus on auttaa oppilaita ymmärtämään, että magneetti ja magnetoitu esine koostuvat yhdensuuntaisesti asettuneista alueista (mikroskooppisista magneeteista). Kun magneetti katkaistaan, muodostuu kaksi alkuperäisen kaltaista magneettia. Tutkimusten tarkoituksena on auttaa oppilaita ymmärtämään, ettei magneetti ole jakautunut kahteen osaa (esimerkiksi pohjoinen osa ja eteläinen osa). Näin oppilaiden mentaalimallia voidaan kehittää oikeanlaiseksi.

Tarvikkeet

Oppilaat työskentelevät pareittain. Alla olevassa luettelossa on yhden ryhmän tarvitsemat välineet.

Tarvike	Määrä
15–20 cm pitkä teräslanka ($d_{\min} = 3 \text{ mm}$)	1
sauvamagneetti (tai supermagneetti)	1
kiinni nidottu niitti	6
pieni kompassi	1
suojalasit	2
pihdit, joilla voidaan katkaista teräslanka	muutamia koko ryhmälle

Valmistelut

Opettajan on syytä tarkistaa, että käytettävä teräslanka magnetoituu. Oppilaiden käytettävä suojalaseja, koska leikatessa teräslanka voi singahtaa ja osua silmiin. Pihtien käytössä on myös syytä olla huolellinen. Todennäköisesti luokassa on oppilaita, jotka eivät ole käyttäneet pihtejä aiemmin.

Johdattelevat kysymykset

Tämän tunnin kokeiden avulla oppilailla on mahdollisuus testata aiemmin muodostuneita mentaalimalleja ja testata tehtyjä hypoteeseja magnetismin malleista. Asiaan voidaan johdatella seuraavilla kysymyksillä:

- Jos magnetoit teräslangan, tuleeko langasta magneetti? Kuinka voit testata, onko olettamuksesi oikeassa?
- Katkaiset magnetoidun langan kahtia. Vetävätkö palat toisiaan puoleensa vai hylkivät toisiaan?
- Magnetoitu lanka katkaistaan kahtia. Ovatko molemmat palat magneetteja? Onko molemmissa paloissa pohjois- ja eteläkohtiot?
- Saako magnetoidusta langasta magneettisuuden poistettua? Perustele vastauksesi.

Rohkaise oppilaita piirtämään tehtävään 7 nykyisen käsityksen mukainen sauvamagneetin rakenne. Jos rakenne poikkeaa entisestä osoittaa se, että oppilas on oppinut jotain ja hänen käsityksensä asioista on muuttunut.

Keskustelut

Oppitunnilla tehtävillä tutkimuksilla on tarkoitus vahvistaa oppilaiden käsitystä ferromagneettisista aineista. Helposti magnetoituvina aineina niissä on rakenteellisesti itsenäisiä magneettisia alueita. Jokainen alue on itsekin magneetti, jolla on kaksi kohtiota, etelä- ja pohjoiskohtio. Magneettikenttä saa alueet joko asettumaan yhdensuuntaisiksi tai se ei vaikuta niihin ollenkaan.

Kun magnetoitu lanka katkaistaan, jokainen langan pala on oma itsenäinen magneetti. Eli jokaiseen palaan jää alue, joka oli järjestäytynyt magnetoitumisessa.

Magneettikentän voimakkuus riippuu magneetin koosta. Mitä isompi kappale sitä voimakkaampi on sen magneettikenttä. Jos samasta materiaalista valmistetaan esimerkiksi klemmari ja naula, on naulan magneettikenttä voimakkaampi. Kookkaammassa naulassa on enemmän alueita (enemmän atomeja), jotka voivat asettua magneetti kentän suuntaiseksi. On syytä varmistaa, että oppilaat ymmärtävät, että esimerkiksi naulassa on itsenäisiä alueita, joissa atomiryhmissä olevat atomit ovat asettuneet magneettisesti yhdensuuntaisiksi.

Aluetta voidaan mallintaa kompassineulan kaltaisella nuolella. Nuoli asettuu magneettisuuden mukaiseen asentoon. Nyt oppilaat voivat piirtää, miten kaksi tai useampi alue asettuu, kun kappale magnetoituu. Yksittäisen alueen magneettikenttä on heikompi, kuin useammasta alueesta muodostuneen kappaleen magneettikenttä. Mitä enemmän on alueita, sitä voimakkaampi magneettikenttä. Mitä enemmän kappaleella on massaa, sitä enemmän siinä on alueita.

Makrokokoluokan kappaleilla, kuten nauloilla tai teräslangan paloilla on paljon alueita. Magneettisia hiukkasia sisältävät aineet (esimerkiksi nanoneste,

jota tutkitaan ensi tunnilla) koostuvat yksittäisiä, erillisiä alueita. Varmista, että oppilaat ymmärtävät, että nuolet ovat malleja magneettisesti suuntautuneista alueista ja että he ymmärtävät mitä alueet ovat. *Kun kappale magnetoituu tai sen magneettisuus häviää, ei alue siirry toiseen paikkaa, vaan sen suunta suhteessa magneettikenttään muuttuu.*

Tehtävät 5 ja 6 voidaan käydä läpi luokan kanssa yhdessä keskustellen. Keskustelu on syytä käydä läpi ennen kuin oppilaat vastaavat kysymykseen 7.

Luokassa on syytä keskustella miten oppilaat ajattelevat seuraavista asioista:

1. Miten atomit muodostavat alueita?
2. Miten alueet järjestäytyvät magnetoinnissa ja magnetoinnin poistamisessa?
3. Miksi kappaleiden välillä on magneettista vuorovaikutusta, mutta ei sähköistä vuorovaikutusta?

Nyt oppilailla on oletettavasti yhdenmukainen malli, jolla he voivat perustella havaintonsa. ÄLÄ kerro heille minkälainen mallin tulee olla, vaan yritä saada oppilaat esittämään ajatuksensa ja ohjaa heidän ajatteluprosessiaan.

Muista! Oppilaille ei tule mainita sanaa alkeismagneetti!

Oppitunti 6. Yllättävä nanokokoluokka

Taustaa

Oppitunnilla on tarkoitus vahvistaa oppilaiden käsitystä magneettisten materiaalien magneettisiin ominaisuuksiin (magneettikenttä, magneettiset alueet, ferromagnetismi ja paramagnetismi). Lisäksi tutustutaan magneettisen aineen käyttäytymiseen, kun aine on nanomittakaavassa.

Tällä viimeisellä oppitunnilla oppilaat tutkivat nanokokoluokan mitta-kaavassa, kuinka kappaleen koko vaikuttaa sen magneettiseen käyttäytymiseen. Ferromagneettiset aineet, jotka voidaan magnetoida magneettisiksi kappaleiksi, eivät ole magnetoitavissa nanomittakaavassa. Atomeilla oleva lämpöliike vaikuttaa nanokokoluokan hiukkasiin ja erityisesti niiden pinta-atomeihin. Lämpövärtely kääntelee satunnaisesti hiukkasen pinnalla olevien atomien magneettisia suuntauksia ja atomien on mahdotonta tällöin muodostaa vakaana pysyvää magneettikenttää. Nanokokoluokan hiukkanen ei siis ovi pysyvästi magnetoitua.

Tutkimuksessa selviää, että nanokokoluokan magneettiset hiukkaset reagoivat kyllä magneettikenttään, mutta ne eivät voi säilyttää magneettisuuttaan, kun ulkopuolinen kenttä poistetaan. Tämä ilmiö on nimeltään *superparamagnetismi*.

Oppilaat tekevät vertailututkimusta kahdella materiaalilla. Ne ovat öljyssä oleva rautajauhe ja rautaliuos, jota kutsutaan tiedemaailmassa ”ferronesteeksi”. ”Ferroneste” on nanokokoluokan rautahiukkasia öljyssä. Tavoitteena on, että oppilaat osaisivat selittää miten materiaalin rakennehiukkasten koko vaikuttaa materiaalien erilaisiin ominaisuuksiin ja kuinka hiukkaskoko vaikuttaa magneettisten hiukkasten lämpöenergiaan.

Nanokokoluokan hiukkasia sisältävä materiaali ei voi itse ylläpitää omaa magneettikenttää. Ne menettävät magneettisuutensa, kun ulkoinen magneettikenttä häviää. Tärkein tekijä tässä on lämpöenergia, koska atomien ja molekyylien rakennehiukkaset ovat jatkuvassa värähdysliikkeessä. Tämän vuoksi nanokokoluokan magnetismin vaikuttaa seuraavat asiat:

- Kun kappaleen koko lähentyy nanokokoluokkaa, pinnalla olevien atomien suhteellinen määrä verrattuna hiukkasen sisällä oleviin atomeihin, kasvaa radikaalisti.
- Lämpöenergian aikaansaama värähtely vaikuttaa nanohiukkasten pinnalla olevien atomien magneettisiin suuntautumisiin enemmän kuin hiukkasen sisällä oleviin atomeihin.
- Koska pinnalla on paljon atomeja ja sisällä liian vähän pysyvän magneettikentän ylläpitämiseen, atomien lämpöliike riittää hävittämään magneettisen suuntautumisen nanokokoluokan alueista sen jälkeen, kun magneettikenttä poistetaan.

Tarvittavat välineet

Oppilaat työskentelevät pareittain. Alla olevassa luettelossa on yhden parin tarvitsemat välineet.

Tarvikkeet	Määrä
kannellinen petrimalja	1
vaakakehoja	1
rypsiöljy	1 ml
rautajauhe	5 g
nanorautaliuos (kaupallinen tai itse valmistettu)	½ ml
pieni kompassi	1
sauvamagneetti	1
muovialusta	1

Valmistelut

Valmista petrimaljaan rypsiöljystä ja rautajauheesta paksu seos. Se muistuttaa sähköopissa käytettävää öljy-mannaryyniseosta. Astia on hyvä teipata kiinni siltä varalta, että oppilaat kääntelevät astiaa.

Nanorautaliuos on syytä laittaa petrimaljaan vasta tunnin alussa tai, korkeintaan vähän ennen tunnin alkua. Se ei säily kuin korkeintaan muutaman tunnin ennen kuivumistaan. Koska liuosta käytetään niin vähän, voidaan se heittää menemän tunnin lopuksi.

Turvallisuus

Nanorautaliuos on rautaoksidin ja pinta-aktiivisen aineen sekoitus. Tutkimusten lopuksi kokeeseen käytetty aine ja välineet voidaan tarvittaessa laittaa roska-astiaan. Oppilaille jaetaan nanorautaliuos valmiiksi annosteltuina kertakäyttöpipetteihin.

- **Oppilaille ei anneta kuin korkeintaan ½ ml liuosta** petrimaljoihin. Nestettä riittää hyvin pieni määrä havaintojen tekemiseen. Jos liuosta on liikaa, hankaloittaa se havaintojen tekemistä.
- **Älä kaada nestettä astiasta**, käytä liuoksen siirtämiseen muovipipettiä.
- **Oppilaat eivät saa koskea liuokseen.**
- **Oppilaat eivät saa koskettaa liuosta magneetillakaan.** Jos nestettä joutuu magneettiin, sitä ei saada siitä poistettua. Magneetti on sen jälkeen käyttökelvoton. Magneetti kannattaa laittaa pieneen muovipussiin.

- **Älä käytä supermagneettia** tässä tutkimuksessa. Ne ovat liian voimakkaita ja niihin ferroneste tarttuu sotkien sen. Jos havainnointi on hankalaa sauvamagneeteilla, voidaan työssä käyttää pieni supermagneetteja.
- **Liuos tahraa kaiken mihin se koskee.** Käytä käsittelyssä suojakäsineitä ja työtakkia. Katso, etteivät oppilaat pääse läikyttämään nestettä. Muovipinnoilta lähtee kohtuullisen hyvin talouspaperilla.

Johdattelevat kysymykset

Vältä käyttämästä sanaa *magneettinen ferroneste*. Käytä sen sijaan nimitystä *nanomittakaavan nanorautaliuos*. Näin oppilaat eivät ajattele ainetta *magneettisena nanorautaliuoksena*. Oppilaiden olisi tarkoitus ajatella, kiinnittää huomiota, vain hiukkaskoon mukaiseen ominaisuuteen. Tutkimuksessa on tarkoitus tutkia samanlaisin ominaisuuksin olevia liuoksia, missä on erikokoiset rakennehiukkaset.

Oppilaiden ajatuksia tulisi johdatella jälleen aiemmin olleisiin magnetoituihin ja magnetoimattomaan naulaan sekä siihen mitä tapahtuu, kun naula pudotetaan.

- Mikä on "magneettisuuden poistamisvoima"?
- Miten voima vaikuttaa?
- Mikä muu saa aikaiseksi saman vaikutuksen?
- Minkä kokoinen on kappale, joka voi magnetoitua?

Kun naula magnetoituu, sen alueet asettuvat ulkopuolisen magneettikentän suuntaisiksi. Kun magnetointi häviää, esimerkiksi pudotuksen seurauksena, saa mekaaninen shokki alueet epäjärjestykseen. Epäjärjestyksen voi saada aikaan myös kuumentamalla. Lämpöopissa, olomuotoja kuvattiin rakennehiukkasten liikkeellä. Mitä korkeampi on lämpötila sitä enemmän liikettä ja sitä suurempi epäjärjestys.

Ohjeistusta

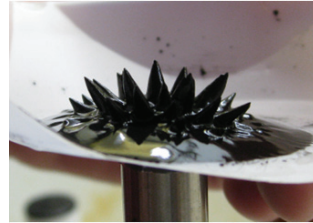
Tällä viimeisellä oppitunnilla oppilaiden on tarkoitus vertailla kahden magneettisen aineen ominaisuuksia ja käyttäytymistä. Molemmissa on magnetoituvia rautahiukkasia sekoitettuna öljyyn. Toisessa liuoksessa on rautahiukkasia, joita käytetään sauvamagneetin valmistuksessa ja toisessa on nanokokoluokan rautahiukkasia. Nanokokoluokan rautahiukkaset ovat 1 000 000 kertaa pienempiä kuin toiset rautahiukkaset.

Keskustelut

Molemmat liuokset, rautajauhe öljyssä ja ferroneste, ovat samanlaisia liuoksia. Ainoa ero on nesteessä olevien hiukkasten koko. Rautajauheen rautahiukkaset

ovat kooltaan noin 1 mm ja siten 10^6 kertaa suurempia kuin nanohiukkaset. Näin ollen oppitunnin tärkein asia on se, että *magnetismi on koosta riippuva ominaisuus*. Kun rautajauhetta sisältävän nesteen luota poistetaan magneetti, se pysyy edelleenkin magneettisena. Kun nanoliuoksen luota poistetaan magneetti, häviää liuoksen magneettisuus myös.

Oppilaat näkevät petrimaljassa nestepiikkejä silloin, kun magneetin toinen pää laitetaan petrimaljan alle. Ohessa on erään oppiaan piirros asiasta.

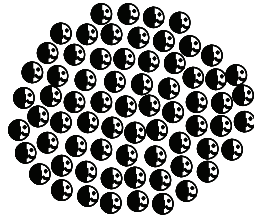


Piikit asettuvat ulkoisen magneettikentän suuntaisiksi. Jos magneettia pidetään asian pohjassa kiinni, ovat piikit lyhyempiä ja lähempänä toisiaan (vrt. oppilaiden piirtämiä magneettikentän kenttäviivoja oppitunneilla 3). Kun magneettia pidetään 1–2 cm etäisyydellä pohjasta, syntyy suurempia piikkejä.

- Pyydä oppilaita kuvailemaan piikkejä (muotoa, miten ne muuttuvat ja suuntautuvat magneetin etäisyyden muuttuessa). Palauttakaa mieleen kompassin avulla piirretyt sauvamagneetin kenttäviivat.

Magneetin poistuttua nanoliuoksessa olevat hiukkaset eivät jää ulkoisen magneettikentän suuntaiseksi, koska hiukkasia on niin vähän, ettei niitä riitä laajoiksi suuntautuneiksi ryhmittymiksi. Kun atomeita on hiukkasessa niin vähän, atomien värähtely (lämpöliike) voi helpommin suunnata yksittäisiä atomeita "väärään suuntaan". Vieläpä, kun atomeita on vähän, niistä jopa 50 % voi sijaita hiukkasen pinnalla. *Hiukkaskoon pienetessä, sisuksissa olevien hiukkasten määrä vähenee suhteessa pinnalla olevien atomien määrään*. Jos atomit eivät ympäröi toista atomia kaikista suunnista, niiden kyky/mahdollisuus liikkua kasvaa. Siksi pinta-atomien liike on vapaampaa ja niiden magneettinen suuntaus muuttuu helposti.

Nanomateriaalin ominaisuuksia voidaan miettiä esimerkiksi lämpöliikkeen mallin avulla. Oppilaat voivat asettua nanohiukkasalueeksi. Nanohiukkanen asetetaan magneettikenttään. Kukin atomi asettuu "kasvot samaan suuntaan" eli magneettikentän suuntaiseksi. Lämpöliikettä he voivat esittää pyrkimällä liikkumaan eri suuntiin. Kun nanohiukkasen uloin kerros atomeja (=oppilaita) poistetaan, jää yksittäisen atomin (=oppilaan) välittömään läheisyyteen vähemmän atomeja, jolloin liikkuminen helpottuu.



Johdattelu

Kaikki puhtaat aineet (alkuaineet ja yhdisteet) ovat jonkinasteisia magneetteja. Kaikki aineet ovat rakentuneet atomeista ja kaikissa atomeissa on elektroneja. Kaikilla elektroneilla on magneettikenttä. Joskus yhden elektronin magneettikenttä on vastakkainen verrattuna toisen elektronin kenttään. Tällöin niiden kentät kumoavat toisensa. Mutta jos atomit ovat riittävän voimakkaassa magneettikentässä, vaikuttaa se jollakin tavalla atomeihin.

Magnetoituneen materiaalin alueet ovat enemmän tai vähemmän asettuneet yhdensuuntaisiksi. Ei-magnetoituneen aineen alueet ovat enemmän ja vähemmän sattumanvaraisesti asettuneet. Elektronien järjestäytyneisyyden mukaan aineet voidaan luokitella para-, dia- ja ferromagneettisiin aineisiin. Materiaali voi olla *superparamagneettinen*, jos

1. aine on ferromagneettista ja
2. hiukkaskoko on nanomittakaavan luokkaa.

Tuolloin hiukkasten magneettinen käyttäytyminen on aiheutunut ympäröivien atomien lämpöliikkeestä.

Oppilaat voivat nyt hoksata, että magneettisuus on kappaleen koosta riippuva ominaisuus. Jotkut aineiden ominaisuudet ovat tutussa suuruusluokassa vakioita, mutta muuttuvat äärimmäisissä suuruusluokissa (esim. nanokoossa tai avaruuskappaleiden suuruusluokassa).

Makro- ja mikromittakaavoissa ferromagneettisissa aineissa on alkeisalueita, joiden sisältämien atomien magneettiset momentit ovat yhdensuuntaisia. Nanomittakaavan hiukkanen sisältää yleensä vain yhden alkeisalueen. Lämpöliike heiluttelee näitä yhden alkeisalueen suuruisen hiukkasen atomeja siten, etteivät hiukkaset pysy magnetisoituneina. Nanohiukkasen pienen koon takia lämpöliike vaikuttaa siihen voimakkaammin kuin tendenssi suuntautua vierakkaiden hiukkasten magneettikenttien mukaisesti. Superparamagnetismia esiintyy vain nanomittakaavassa.

Liite 9. t-testin tuloste

<http://www.graphpad.com/quickcalcs/ttest2/>

Paired *t* test results**P value and statistical significance:**

The two-tailed P value is less than 0.0001

By conventional criteria, this difference is considered to be extremely statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Alkuteisti minus Lopputeisti equals -2.93

95% confidence interval of this difference: From -3.24 to -2.62

Intermediate values used in calculations:

$t = 19.0291$

$df = 41$

standard error of difference = 0.154

Review your data:

Group	Alkuteisti	Lopputeisti
Mean	6.67	9.29
SD	1.97	2.47
SEM	0.29	0.38
N	45	42

Liite 10. Oppilaiden mallit koodein alkutestissä oppituntien T2 sekä T5 jälkeen ja lopputestissä.

	alkutesti	T2	T5	lopputesti
1	0	0	4	0
2	2	2	5	3
3	2	0	3	3
4	2	2		
5	0	0	2	2
6	2	0	2	3
7	0	0	2	2
8	1	0	2	2
9	2	0	2	2
10	2	2	2	2
11	1	0	2	2
12	2	0	3	3
13	2	0	3	3
14	0	0	0	0
15	2	0	2	2
16	1	1	2	2
17	2		2	
18	2		3	5
19	0	1	2	2
20	0	0	0	0
21		1	2	2
22	2	0	5	5
23	0	0	3	3
24	1	0	0	2
25	2	2	2	4
26	0		2	2
27				
28	1		4	4
29	2	2	5	5
30	0	2	2	2
31	2	0	2	2
32	3	2	2	2
33	2	2	3	3
34	2	2	2	
35	2	0	0	2
36	0	4	2	3
37	2	2		2
38	2	0	2	2
39	2	2		
40	2		0	2
41	2	4	2	3
42	2		0	3
43	2	0	0	2
44	2	0		2
45	2	2	2	2
46	2		2	2
47	2			2