

Ensimmäisen vuoden fysiikan
yliopisto-opiskelijoiden uskomusten kehittyminen
käänteisessä opetuksessa CLASS menetelmällä.

Pro Gradu
Turun yliopisto
Fysiikka
2020

Luk. Olli Lintu

Tarkastajat:

TkT Teemu Hynninen

Prof. Petriina Paturi

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck-järjestelmällä

TURUN YLIOPISTO

Fysiikan laitos

Lintu, Olli Tutkielman otsikko

Pro Gradu, 34 s., 5 liites.

Fysiikka

Toukokuu 2022

Käänteinen oppiminen on melko uusi opiskelijälähtöisen oppimisen ideologia, jota monet yliopistot käyttävät kehittämään opetustaan. Yliopistomaailmassa opetuksessa on haasteita digitaaliseen aikaan siirtyessä, jolloin perinteinen luennointipetustus toimii huonommin kuin ennen. Tutkielmassa selvitetään käänteisen opetuksen vaikutusta ensimmäisen vuoden fysiikan opiskelijoiden asenteisiin ja epistemologisiin uskomuksiin.

Fysiikka on tärkeä ja haastava ala opiskella. Opintojen onnistuminen ja hyvien fysiikkojen saaminen työelämään vaatii motivoituneita opiskelijoita, joilla on hyvät asenteet ja epistemologiset uskomukset. Asenteita ja uskomuksia mitataan tässä tutkielmassa CLASS-testin avulla ensimmäisen vuoden fysiikan pääaineopiskelijoilta kolmena eri lukuvuonna vuosien 2018-2021 välillä. Asenteiden ja uskomusten alkutesti tehtiin lukuvuoden alussa ja lopputesti lukuvuoden loppupuolella. Lukuvuodelle 2020-2021 osui Covid-19 aiheuttama etäopiskelu lukuvuosi, joka vaikutti CLASS-testin tuloksiin laskevasti.

Tutkimuksessa selvisi, että vuosittain yli 90 prosentilla opiskelijoista on jo opintojen alussa hyvät asenteet ja uskomukset ja heillä on hyvät valmiudet pärjätä fysiikan opinnoissa ja valmistua fyysikoksi. Eri vuosina tulee eri tasoisia opiskelijoita sisään opiskelemaan fysiikkaa ja muutokset asenteissa ja uskomuksissa yleisesti ovat suurempia lukuvuosikohtaisessa vaihtelussa kuin käänteisen opetuksen aiheuttama muutos opiskelijoiden asenteisiin ja uskomuksiin. Perinteisellä opetuksella muutos on kuitenkin merkittävästi laskusuuntainen, jolloin käänteinen oppiminen antaa merkittävästi paremman tuloksen kuin perinteinen opettajälähtöinen opetus.

Etäopiskelu Covid-19 seurauksena aiheutti selkeää laskua tuloksissa verrattuna lähiopetuksena toteutettuihin lukuvuosiin. Erityisesti tuloksissa korostuu, että fysiikassa pitäisi muistaa paljon asioita ja ymmärrys fysiikasta heikkenee. Alkutestissä näkyi myös huolestuttava piirre. Fysiikan tehtävien ratkaiseminen suoritetaan etsimällä kaava ja sijoittamalla siihen tehtävän arvot ilman ymmärrystä asiasta.

Kaikkina lukuvuosina monilla opiskelijoilla oli ongelmia soveltaa opittua fysiikkaa. Tämä on kuitenkin tyypillistä myös muissa opetustavoissa ja sen muuttaminen paremmaksi on haastavaa. Tutkimustulosten perusteella yliopistojen kannattaa siirtyä käyttämään opiskelijälähtöisiä opetustapoja fysiikan opetuksessa parantamaan opiskelijoiden asenteita ja uskomuksien pysymisenä hyvänä ja saamaan niitä paremmaksi.

Asiasanat: Käänteinen opetus, Käänteinen oppiminen, flipped learning, CLASS, fysiikan ensimmäisen vuoden opiskeijat

Sisällys

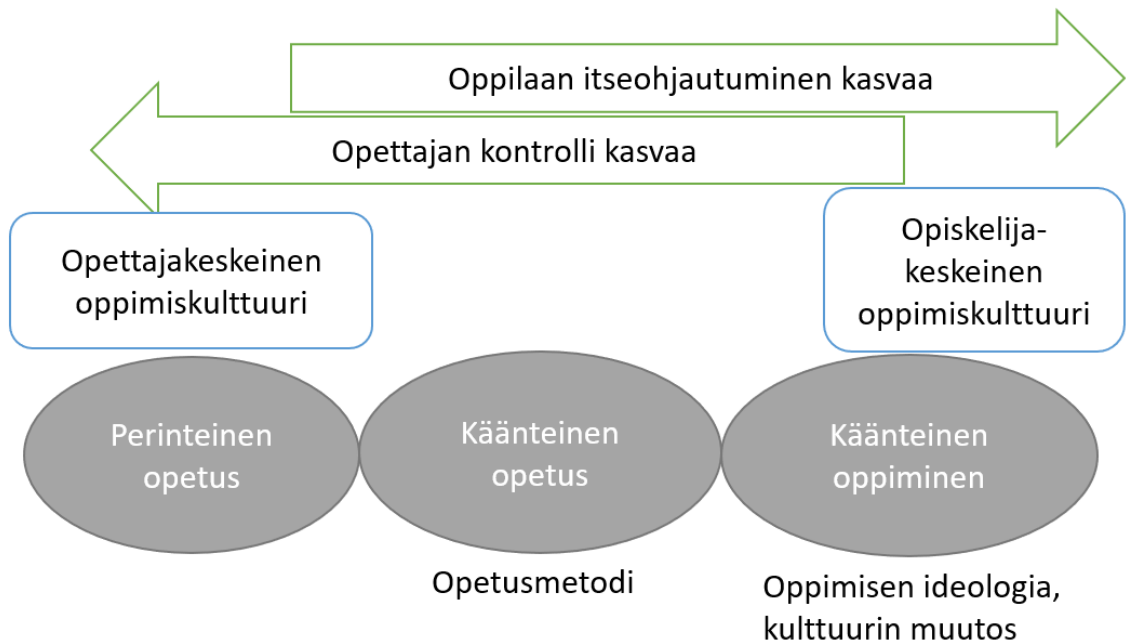
Johdanto	1
1 Käänteinen oppiminen	2
1.1 Käänteinen oppiminen	2
1.2 Käänteinen oppimisen hyödyt	4
1.3 Fysiikan ensimmäisen vuoden opinnot Turun yliopistossa	7
1.4 CLASS fysiikan opetuksen tutkimusvälineenä.	9
2 Tutkimus	12
2.1 Tutkimuskysymykset	12
2.1.1 Miten ensimmäisten vuoden fysiikan opiskelijoiden asenteet ja uskomukset kehittyvät ensimmäisen lukuvuoden aikana? . . .	12
2.1.2 Millainen lähtötaso on fysiikan opiskelijalla opintojen alussa? .	12
2.1.3 Miten käänteisen oppimisen malliin pohjautuva opetus vaikut- taa asenteisiin ja uskomuksiin verrattuna muihin opetuksen malleihin?	13
2.2 Tutkimusmenetelmät	13
3 Tulokset	16
4 Pohdinta	26
Liitteet	
A: CLASS - testin väittämät	
B: CLASS - testin asiantuntijoiden vastaukset	
C: CLASS - testin väittämien kategoriat	
D: CLASS-testin tulokset	

Johdanto

Fysiikan asenteet ja epistemologiset uskomukset ovat tärkeitä fysiikan opiskelun ja tulevan fyysikon ammatin kannalta [1–4]. Fysiikan opiskelijoiden ja fysiikan ammattilaisten näkemykset fysiikasta eroavat yleensä merkittävästi [5] ja opetuksella voidaan pyrkiä myös kasvattamaan tulevia fyysikoita osaamisen lisäksi ajattelemaan enemmän kuin fyysikko [1–4, 6]. Asenteilla ja uskomuksilla on merkitystä opiskelumuotiivoin kannalta, kuten myös opiskelijoiden valmistumisen ja ammatinvalinnan kannalta [4, 7]. Fysiikan asiantuntijoiden kanssa samankaltaisilla asenteilla ja uskomuksilla on havaittu olevan korrelaatiota paremman opiskelumenestyksen kanssa fysiikan yliopisto opinnoissa [1].

Fysiikan opiskelijoiden sitoutuminen fysiikan alaan ja sen opiskeluun voi muuttua opintojen aikana ja ensimmäisellä vuodella on siihen iso vaikutus [8]. Fysiikan opinnot keskeyttää moni opiskelijoista, ja valmistuminen viivästyy monella [9]. Asenteita ja uskomuksia seuraamalla opintojen aikana saatetaan havaita ongelmakohtia fysiikan opinnoissa [1]. Tutkimalla on selvinnyt, että perinteisellä opettajälhtöisellä fysiikan opetuksella on vaikeuksia vastata nykyisen maailman koulutustarpeisiin. [10]

Oppilaslhtöiset opetuksen ideologiat ovat tehokkaita tapoja tukea opiskelijan kehittymistä asiantuntijamaisempaan ajatteluun [2, 3, 6, 11, 12]. Käänteinen opetus on eräs opiskelijälhtöinen oppimisen ideologia, ja sen käyttö on lisääntynyt Suomen yliopistojen opetuksessa [10]. Uusien opetustapojen tarkkaileminen, kehittäminen ja arvioiminen on tärkeää, jotta yliopisto suoriutuu parhaalla mahdollisella tavalla sen opetustehtävästä [13]. Turun yliopiston ensimmäisen vuoden fysiikan opintoja on kehitetty käänteisen opetuksen ideologian mukaisesti.



Kuva 1. Käänteinen oppiminen ja käänteinen opetus ovat apuvälineitä oppilaslähtöisempään opetukseen. Käänteinen oppiminen on oppilaslähtöisempää kuin käänteinen opetus.

1 Käänteinen oppiminen

1.1 Käänteinen oppiminen

Nykyään puhutaan paljon erilaisista tavoista oppia ja opettaa. Eräs laadukkaasti toteutettuna hyviä tuloksia antava opetusmetodi yliopisto-opintoihin on käänteinen oppiminen [14]. Käänteinen oppiminen, jota kutsutaan myös nimellä flippaus, erotetaan yleensä käänteisen opetuksen (flipped classroom) ja käänteisen oppimisen (flipped learning) käsitteisiin. Käänteinen opetus, jota kutsutaan myös käänteiseksi luokkahuoneeksi, on opetusmetodi, jossa opettajan ajankäyttö opetuksessa muuttuu luennotikeskeisestä opetuksesta tiedon soveltamisen opetukseksi. Tyypillisesti tämä johtaa kotona aktiiviseen teorian opiskeluun ja oppitunnilla teorian soveltamiseen tehtävien muodossa. Tällöin opetuksessa opettajan rooli on antaa laadukas materiaali, jotta kotona opiskelu onnistuu opiskelijalta. [15] Käänteinen opetus voi-

daan nähdä porttina tai tienä kohti yleisempää käänteisen oppimisen ideologiaa. [10]

Käänteisestä oppimisesta puhuttaessa tarkoitetaan ideologiaa, jossa opettaja aktiivisesti ohjaa opiskelijoita ottamaan vastuuta omasta opiskelustaan, jolloin opiskelija oma-aloitteisesti ja omaehtoisesti opiskelee opeteltavaa asiaa. Olennaista niin käänteisellä opetuksella kuin käänteisellä oppimisella on, että siirrytään opettaja- ja ryhmäkeskeisestä opiskelijakeskeiseen oppimiskulttuuriin, kuten kuvassa 1 esitetään. [15] Vaikka kirjallisuudessa käänteinen opetus ja käänteinen oppiminen voidaan erottaa toisistaan, puhutaan niistä monesti yhdessä sanoin käänteinen oppiminen ja flippaus. Koska käänteinen oppiminen voitiin myös erottaa käänteisestä opettamisesta, tutkielmassa käytetään termiä "käänteisen oppimisen ideologia", kun puhutaan käänteisestä oppimisesta, ja "käänteinen opettaminen", kun puhutaan opetusmetodista. Muulloin tutkielmassa käänteisellä oppimisella tarkoitetaan käänteistä opetusta ja käänteistä oppimista yhdessä.

Käänteistä oppimista on tutkittu suomenkielisessä kirjallisuudessa ja yhteiskunnassa melko vähän, ja Suomessa käänteinen oppiminen on melko tuoreena mielenkiinnon kohteena, sillä ennen 2010 lukua aineistoa ei käytännössä ole. Jonkin verran pro gradu-tutkielmia käsittelee aihetta. [16] Itä-Suomen yliopistossa on tuotettu flippaus-manuaali, jolla koitetaan helpottaa käänteisen opetuksen käyttöönottoa ja heillä on positiivisia kokemuksia käänteisestä oppimisesta ensimmäisen vuoden kursseilla [10]. Marika Toivolalla on suomenkielisessä tutkimuksessa laaja rooli niin tutkimisessa kuin materiaalin tuottamisessa. Hän on ollut mukana tuottamassa Flipped learning käänteinen oppiminen -kirjaa ja tekee väitöskirjaa käänteisestä oppimisesta. [15, 16]

Fysiikassa käänteisen oppimisen pioneereihin kuuluu jo 1990 luvulla menetelmiä kehittänyt Eric Mazur teoksellaan Peer instruction [17]. Kansainvälisesti käänteisen oppimisen tutkimus on lähtenyt liikkeelle 2000-luvulla käyntiin ja teoriasta käytän-

nöksi käänteisen oppimisen muuttamisessa ovat Jonathan Bermann ja Aaron Sams olleet avainasemassa vuodesta 2007 alkaen kehittämässä videoihin perustuvaa käänteistä opetusta [18]. He eivät ole kehittäneet käänteistä oppimista, mutta heistä lähtien on käänteisen oppimisen tutkimus maailmalla ollut tasaisessa kasvussa. Tutkimuksesta on kuitenkin vaikea muodostaa yhtenäistä kuvaa pienten otantakokojen ja alkuperäisesti epäselvän käänteisen oppimisen määrittelyn vuoksi. Erityisesti korkeampien asteiden opetuksessa kiinnostus käänteistä oppimista kohtaan kasvaa.[19] Tämän voisi uskoa johtuvan siitä, että yliopisto- ja lukioikäiselle kuvittelisi olevan helpompaa antaa vastuuta omasta oppimisesta kuin peruskouluikäisille. Opettajankoulutuksessa käänteinen opetus ei vielä ole kovin yleistä, mikä myös rajoittaa sen päätymistä alemmille asteille.

1.2 Käänteinen oppimisen hyödyt

Nykypäiväinen tavallinen opetus lukiossa ja peruskoulussa perustuu melko usein edelleen tunnin alussa tarkastettaviin kotitehtäviin, oppilaan passiiviseen tai aktiiviseen vuorovaikutteiseen luennointiin ja tämän jälkeen tehtävien tekemiseen opitunnilla, minkä jälkeen annetaan kotitehtäviä. Turun yliopistossa fysiikassa on yleensä kaksi luentoa viikossa ja yksi laskuharjoitustunti, jossa opiskelijat katsovat hiljaa kun, joku esittää tehtävän [20, 21]. Luennoilla ja laskuharjoituksissa keskittyminen voi helposti herpaantua kännykän käyttöön tai koneella muihin asioihin kuin opetuksen seuraamiseen. Opiskelijat eivät työstä opetettavaa asiaa aktiivisesti ja sosiaalisesti, mikä on ristiriidassa nykyisen sosiokonstruktivistisen oppimiskäsityksen kanssa [15]. Oppimiskäsitys on vahvasti esillä Suomen perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmien perusteissa, minkä vuoksi Suomessa pitäisi opettajien pystyä opettamaan samaa oppimiskäsitystä käyttäen vähintäänkin lukion loppuun asti [22, 23]. On hieman erikoista, jos oppimiskäsitys muutuisi siirryttäessä yliopistoon. Tämän kaiken lisäksi kurssin lopussa on yleensä yksi iso tentti, jossa yleensä

oppilaan osaamista testataan melko suppeasti [20, 21]. Tämä taas on ristiriidassa opetuksen monipuolisten arviointimenetelmien tavoitteiden kanssa [24].

Käänteinen oppiminen on yliopistoille keino vastata yliopisto-opetuksen muodon-
tuneisiin vaikeuksiin kuten tieto- ja viestintäteknologian tuomiin ongelmiin, arvioin-
nin monipuolistamiseen ja aktiivisten kansalaisten tuottamiseen passiivista kuunteli-
jaopiskelijoista [10]. Alemmilla asteilla kuten lukiossa ja peruskoulussa käänteinen
oppiminen auttaa monia heikompia oppilaita pärjäämään paremmin. Erityisesti op-
pilaat, jotka syystä tai toisesta tavallisesti putoavat normaalissa opetuksessa, hyöty-
vät ja pysyvät paremmin mukana. Lisäksi hyvät ja keskinkertaiset opiskelijat pärjää-
vät edelleen hyvin, mutta saavat uusia mahdollisuuksia omalle opiskelulleen uuden-
laisen joustavuuden ja itsensä johtamisen kautta. Tämän onnistuminen edellyttää
opettajalta kykyä eriyttää opetusta erilaisille opiskelijoille ja ymmärtää, että pelkäs-
tään käänteinen opetus ei riitä, vaan opettajan täytyy ajatella, mikä on oppilaiden
parhaaksi. [18]

Käänteisessä oppimisessä on havaittu monia hyötyjä niin oppimisen kuin kehiti-
tyvien työelämätaitojen kannalta. Opiskelijalla on aktiivinen rooli oman oppimisen
suunnittelussa. Opiskelija suunnittelee opettajan avustamana hänelle sopivia tavoit-
teita ja aikatauluttaa omaa elämäänsä sen mukaan, että oikeasti voi päästä henki-
lökohtaisiin tavoitteisiinsa. [10] Käänteisessä opetuksessa opettaja voi pilkkoa koko-
naisuuksia valmiiksi pienempiin kokonaisuuksiin, jossa materiaali esitetään videon
ja tekstin muodossa. Opiskelija muodostaa kysymyksiä opettajalle etukäteen ja kä-
sittelee materiaalia esimerkiksi tiivistelmien tai ajatuskarttojen kautta. Tällöin oma
opiskelu pysyy joustavana, kun opiskelijaa ei rajoiteta liikaa. Ryhmätyötaidot kehiti-
tyvät, kun koulussa paikan päällä keskitytään yhdessä soveltamaan opittuja asioita,
jolloin myös korkeammat taidot pääsevät kehittymään, kuten ajattelun, ongelman-
ratkaisun ja luovuuden taidot. [15]

Tieto- ja viestintäteknologia toimivat samalla käänteisen oppimisen käyttämi-

sen mahdollistajia ja ongelmien lähteenä. Käänteisessä oppimisessa käytetään usein tieto- ja viestintäteknologiaa, jolloin opiskelijat oppivat käyttämään teknologiaa hyödyksi opiskelussaan ja tulevassa työelämässään. Teknologia mahdollistaa myös uusia jatkuvan arvioinnin käytäntöjä sekä helpottaa itsearviointia että tavoitteiden toteutumisen seuraamista, kun tiedot voidaan tallentaa opettajan ja opiskelijan samaan aikaan tarkasteltavaksi. Tietokoneohjelmat pystyvät joissakin aktiviteeteissä antamaan suoraa palautetta opiskelijoille. Jos opiskelija jää jumiin, voi ohjelmisto antaa vihjeitä opiskelijalle. Käänteisessä opetuksessa teknologiaa voidaan hyödyntää hyvin monella eri tavalla, kuten opetuksen pelillistämisenä, opettajan ja oppilaiden tuottamina videoina ja interaktiivisina oppimateriaaleina.[16]

Käänteisellä opetuksella voidaan toteuttaa myös isoja muutoksia arvioinnissa. Perinteinen arviointi yliopistossa usein pohjautuu kirjallisiin tentteihin. Opetuksen arvioinnin kriteerit ovat osalla kursseista epäselviä, kun opiskelijoille ei missään vaiheessa kurssia tuoda esiin, miten arviointia painotetaan ja mitkä kriteerit pitää täyttää, että saa jonkun tietyn arvosanan. Arviointi voi olla hyvin yksilökeskeistä ja testaa yleensä vain alempia kognitiivisia tavoitetasoja. Kurssien aikana opiskelijat eivät välttämättä saa minkäänlaista palautetta paitsi kurssisuorituksen arvosanan. Lisäksi tenttejä ei palauteta opiskelijoille, jolloin opiskelijalla on suuri kynnys selvittää, miten parantaa omaa arvosanaansa kurssilla. Tämä kaikki saattaa johtaa helposti hyvin arvosanakeskeiseen oppimismotivaatioon, eikä välttämättä keskitytä oppimaan asioita tulevaisuutta varten. Käänteisessä oppimisessä arviointi on usein jatkuvaa ja eteenpäin ohjaavaa. Arvioinnissa voi olla yhteisöllisiä Aspekteja, kuten vertaisarviointi tai yhteinen ryhmätyö arvioidaan yhteisellä arvosanalla. Vastuu arvioinnista siirtyy osittain opiskelijalle itsearviointin ja vertaisarviointin kautta. [10]

1.3 Fysiikan ensimmäisen vuoden opinnot Turun yliopistossa

Fysiikan ensimmäisen vuoden opinnot ovat Turun yliopiston opetussuunnitelmassa kaikille ensimmäisen vuoden fysiikan opiskelijoille samanlaiset eikä valinnaisuutta kurseissa ole, jos opiskelija noudattaa opetussuunnitelman ohjeellista rakennetta. Tässä tutkielmassa tarkasteltavien kurssien opetus on toteutunut käyttäen kahta opetussuunnitelmaa 2018-2020 ja 2020-2022. Opetussuunnitelmat ovat rakenteeltaan hyvin samanlaiset ja vain pieniä muutoksia on tapahtunut. Fysiikan ensimmäisen vuoden opiskelijat käyvät molemmissa opetussuunnitelmissa fysiikan peruskursseja ja matematiikan sivuaineopiskelijoille tarkoitettuja peruskursseja. Fysiikan peruskurssien lisäksi fysiikan opintoihin kuuluu harjoitustyökursseja ja matemaattisia apuneuvoja tarjoavia kurseja, sekä tietotekniikan käyttöä opinnoissa tukeva kurssi. [20, 21] Tämän lisäksi opiskelijat voivat valita lisää kurseja vapaavalintaisesti.

Fysiikan peruskurssit ovat fysiikan ensimmäisen vuoden kurseja, jotka toteutetaan käänteisen opetuksen ideologiaa soveltaen. Kurssit koostuvat viidestä moduulista, jossa jokaiselle on erillinen arviointi, ja kaikki moduulit yhdessä tuottavat kurssin arvosanan. Jos moduulia ei saa läpi sen pystyy korvaamaan kokeessa. [25]

Jokaisessa moduulissa on kohtuullisen avoin kotona luettava lukutehtävä, jossa opiskelijoilla on tehtävänä lukea kotona tekstiä ja kommentoida lukemaansa joko kysymysten tai muiden tärkeiden huomioiden kautta, kuten esimerkiksi kirjoittamalla tiivistelmän. Lukutehtävä motivoidaan arvioinnin avulla ja siinä on yhteisöllisenä elementtinä, että opiskelijat näkevät toistensa kommentit ja pystyvät vastaamaan toistensa kysymyksiin. [25] Tällaiset keskustelupalstatyyppiset lukutehtävät ovat toimivia käänteisessä opetuksessa, koska niissä on kannustava arviointi ja lukualueiden laajuus pysyy mielekkään kokoisena [26].

Jokaiseen moduuliin kuuluu myös luentoja, joissa ei keskitytä luennointiin vaan pääasiassa opetuksessa mietitään lukutehtävissä käydyn fysiikan merkitystä ja harjoitellaan sen soveltamista. Jokaisen moduulin ensimmäisellä luentokerralla käydään

läpi lyhyitä monivalintoja. Toisella luennolla pohditaan laajempia tehtäviä, joissa vaaditaan esimerkiksi omin sanoin perustelua ja kuvien piirtämistä. [25]

Kurssin jokaisessa moduulissa on myös harjoitustehtäväosuus. Harjoitustehtävissä yhdistetään opittu fysiikan teoria todellisiin fysiikan ilmiöihin erilaisten tehtävien muodossa, joihin kuuluu mm. laskutehtäviä ja simulaatioita. Tehtävien läpikäynti on hoidettu hieman eroavilla tavoilla eri vuosina, mutta tehtävien tekeminen ei ole juurikaan muuttunut. [25]

Tämän lisäksi opiskelijoille on tarjolla ohjelmoidun oppimisen perusteina toteutettuja netissä itseopiskeltavia tehtäviä, jotka käsittelevät oppimista tukevia aiheita. Näissä tehtävissä tietokone hoitaa arvioinnin ja palautteen annon. Opiskelijalla on vastuu tehdä tehtäviä hänelle sopivaan aikaan. Kurssilla on mahdollisuus tenttiin, mutta se on tarkoitettu lähinnä korottamaan moduuliarvosanoja tai korvaavaksi suoritustavaksi, jos perinteinen kurssin käyminen ei onnistu opiskelijalta kaikesta oman ajankäytön vapauksista huolimatta. [25]

Vuoden aikana on ollut myös muita fysiikan ja matematiikan kursseja, jota opiskelijat ovat käyneet. Näissä kursseissa on ollut erilaisia opetusmetodeja, joista yleisin on perinteinen luento-opetus ja laskuharjoitusten tekeminen. Kursseilla on eri luennoitsijat kuin fysiikan peruskursseilla, ja luennoitsijat saavat päättää melko itsenäisesti opetuksensa järjestämisestä, kunhan opetussuunnitelman tavoitteet toteutuvat. [20, 21]

Harjoitustyökurssit toteutetaan pareittain tai itsenäisesti ja ne tehdään omalla ajalla silloin, kun harjoitustyöosastolla on vuoroja vapaana ja ne sopivat omaan aikatauluun. Harjoitustyökurssit on järjestetty opiskelijalähtöisin menetelmin, joissa opiskelijoilla on suuri vastuu töistä ja niiden suorittamisesta. [20, 21]

1.4 CLASS fysiikan opetuksen tutkimusvälineenä.

CLASS (Colorado Learning Attitudes about Science Survey) on tieteellisesti validoitu testi, jolla mitataan asenteita ja tieteellisen ajattelun kehittyneisyyttä (epistemologisia uskomuksia) [27]. CLASS-testin fysiikan versiota on käytetty useassa eri organisaatiossa ja sen validoinnissa on käytetty yli 9000 opiskelijan vastauksia. CLASS-testin fysiikan version väittämät on tarkistanut 16 fysiikan ammattilaisen ryhmä, jolla on myös paljon opetuskokemusta. Asiantuntijat olivat lähes yksimielisiä kaikkien kysymysten kohdalla. CLASS-testin fysiikan versiota on käytetty yli 45 vertaisarvioidusti julkaistussa tutkimuksessa. [28]

CLASS-testiä voidaan pitää hyvin luotettavana mittarina opiskelijoiden asenteiden ja uskomusten kehittymiselle. CLASS-testin pitämistä, käyttöä ja pisteytystä varten on olemassa selkeä dokumentaatio, jota noudattamalla muiden CLASS-testien versioiden tutkimustulokset ovat vertailtavissa keskenään. [6, 29]

CLASS-testi tehdään opintojakson alussa ja lopussa. Alku- ja lopputesti molemmat pisteytetään, minkä jälkeen näille lasketaan muutos kokonaispisteissä ja kahdeksassa eri kategoriassa. Kategoriat on määritetty redusoidulla faktorianalyysillä. Kategoriat ovat [29]:

- Real world connection eli Yhteys todellisuuteen
- Personal interest eli Henkilökohtainen mielenkiinto
- Sense making/effort eli Panostaminen asioista selvää ottamiseksi
- Conceptual understanding eli Asioiden ymmärtäminen
- Applied conceptual understanding eli Ymmärryksen soveltaminen
- Problem solving general eli Yleinen ongelmanratkaisukyky
- Problem solving confidence eli Itsevarmuus ongelmanratkaisussa
- Problem Solving Sophistication eli Ongelmanratkaisukyvykkyys.

Yleisesti ottaen suurin osa opetuksesta johtaa CLASS-testin tulosten heikkeneemiseen eli opiskelijoiden asenteet fysiikkaa kohtaan muuttuvat negatiivisemmaksi.

Erityiseksi ongelman ratkaisuun liittyvät kategoriat kokevat pudotusta tyypillisillä tavallisilla fysiikan kursseilla. Pudotus suotuisten vastausten määrässä on 15 prosenttiyksikön läheisyydessä. Myös henkilökohtaisen mielenkiinnon kategoriassa on pudotusta suotuisten vastausten kohdalla 10 prosenttiyksikköä. [29] Fysiikan ongelman ratkaisu vaatii joskus paljon matemaattista osaamista. Kun opiskelija kokee, ettei hän pärjää matematiikassa, hänen asenteensa ja uskomuksesta muuttuvat negatiivisemmaksi samalla kuin minäpystyvyys opiskelijalla heikkenee [30]. Opiskelijalle voi myös fysiikka olla vaikeaa, jos hän on tottunut ratkaisemaan kaikki ongelmat vain etsimällä tehtävään sopivan kaavan ja sijoittamalla tehtävään arvot. Opiskelija ei tällöin tule miettineeksi, miksi ongelma ratkeaa kyseisellä ratkaisutavalla. Opiskelijoilla, jotka eivät opi fysiikan tehtävän teoreettista viitekehystä on vaikeuksia suoriutua tehtävästä. [31]

Tavallisesti kurssilla on kuitenkin myös opiskelijoita, jotka eivät ole suoraan kiinnostuneita fysiikasta, jolloin alku- ja lopputestin mittaustulokset ovat todennäköisesti matalammat kuin fyysikko-opiskelijoiden tulokset. Toisaalta motivoituneillekin opiskelijoilla CLASS-tulokset usein laskevat. CLASS-tulokset riippuvat kurssikohtaisista asioista, kuten opiskelijoista, opettajasta ja valituista opetusmenetelmistä. [12, 32]

Vaikka CLASS-tulokset monesti laskevat kurssien aikana, poikkeuksellisiakin tapauksia on. Tällaisia tuloksia voidaan saada käyttäen kurssilla mallintamiseen perustuvaa opiskelijakeskeistä opetusta, jossa keskityttään ongelmanratkaisuun ja ymmärrykseen ja asiayhteyksien synnyttämiseen [11]. Käytännössä CLASS-testin tulokset usein parantuvat, kun luennoitsija keskittyy kehittämään opetusta CLASS-testin kategorioissa [6]. Yksittäinen hyvä tulos yleensä ei johdu pelkästään käytetystä opetusmenetelmästä, vaan luennoitsijalla ja opiskelijoilla itse on myös jonkin verran vaikutusta CLASS-testin tuloksiin. Kuitenkin perinteiset opetustavat saavat systemaattisesti huonompia tuloksia kuin opiskelijalähtöisemmät opetustavat,

joissa keskitytään CLASS-testissä olevien kategorioiden opetuksen parantamiseen. [2, 3, 6, 11, 12] Yleisesti ongelmanratkaisuun liittyvät kategoriat kokevat eniten pudotusta vuoden aikana CLASS-testien tuloksissa [29].

Suotuisat uskomukset ja asenteet ovat tärkeä osa fysiikan oppimista, sillä ne vaikuttavat suoraan opintojen loppuun suorittamiseen ja alalla pysymiseen. Opiskelijalla jolla on korkeat pisteet CLASS-testissä tai testin tulokset paranevat, suorittaa todennäköisemmin kurseja loppuun. [7] CLASS-testissä korkeammat alkupisteet kertovat maisteriksi valmistumisen todennäköisyyden kasvamisesta. Erityisesti alkutestin tuloksella on selkeä merkitys valmistumisen kannalta, mutta jos asenteet ja uskomukset lähestyvät asiantuntijamaisia uskomuksia kurssien aikana on suotuisalla kehityksellä myös korrelaatiota valmistumisen kannalta. Kuitenkin alkutestin tuloksen ollessa merkittävämpi on tärkeää kehittää asiantuntijamaista ajattelua jo ennen yliopistoa. [8]

CLASS-testiä voi käyttää tutkimuskäytön lisäksi arvioimaan oman opetuksen vaikutuksia opiskelijoiden uskomuksiin ja asenteisiin, jolloin pystyy myös kehittämään omaa opetustaan suotuisampaan suuntaan. Hyvillä opettajilla ja luennoitsijoilla on tärkeä merkitys opetuksessa. Fysiikan opettajat saavat tekemällä CLASS-testin yleisesti ottaen samanlaisia vastauksia kuin asiantuntijavastaukset, jolloin heille on kehittynyt tarvittavat esimerkilliset ajatusmallit, joiden avulla opettaa fysiikkaa. Yleensä kuitenkin opettajien ja opiskelijoiden ajatuksessa on eroja siinä miksi fysiikkaa on hankala oppia. Opettajat näkevät ongelman matemaattisen osaamisen taustan puutteena ja opiskelijat taas ennen yliopistoa uskovat ongelman olevan, etteivät he ymmärrä kyseistä fysiikan käsitettä. Opettajien ja opiskelijoiden välinen näkemys ero asiasta voi vaikeuttaa opettamista ja oppimista. [33]

2 Tutkimus

2.1 Tutkimuskysymykset

Tässä tutkielman osassa esittelen tutkimus kysymykset ja jokaiselle kysymykselle lyhyen perustelun.

2.1.1 Miten ensimmäisten vuoden fysiikan opiskelijoiden asenteet ja uskomukset kehittyvät ensimmäisen lukuvuoden aikana?

CLASS-testillä voi testata opiskelijoiden asenteiden ja uskomusten kehittymistä opetusjakson ajalta verrattuna tyypilliseen asiantuntijamaiseen ajatteluun fysiikan alalla. Uskomukset ja asenteet ovat tärkeässä roolissa opiskelijoiden valmistumisen kannalta ja oikeanlaisesta fyysikon ajattelumallista voi olla myös hyötyä työelämässä. On mielekästä seurata asenteiden ja uskomusten kehitystä fysiikan ensimmäisen vuoden aikana yliopistosta. Tällöin voidaan ennustaa, onko Turun yliopiston ensimmäisen vuoden fysiikan opetus hyvällä mallilla valmistumisen ja työelämän kannalta.

2.1.2 Millainen lähtötaso on fysiikan opiskelijalla opintojen alussa?

Opiskelijoiden asenteiden ja uskomusten lähtötason selvittäminen on tarpeen, jotta saadaan selvitettyä, mikä on aloittavien fysiikan opiskelijoiden käsitys fysiikasta ja kuinka motivoituneita he ovat. Opiskelijat, jotka saavat korkeammat pisteet CLASS-testistä, valmistuvat todennäköisemmin. Motivaatioilla ja uskomuksillakin on merkitystä opiskelijan menestymisen kannalta. Suuri osa opiskelijoista ei alalla valmistu ajallaan tai ollenkaan, mikä on ongelma [9]. Erityisesti asenteiden tutkimuksen avulla voidaan arvioida, miten opiskelijoiden suhtautuminen fysiikkaa kohtaan muuttuu yliopistossa. Muutos ensimmäisen vuoden aikana antaa mahdollisuuden arvioida opiskelijoiden motivaation näkökulmasta, tuleeko opintojen keskeytymisen syy ensimmäisen vuoden opinnoista.

2.1.3 Miten käänteisen oppimisen malliin pohjautuva opetus vaikuttaa asenteisiin ja uskomuksiin verrattuna muihin opetuksen malleihin?

Monet fysiikan ensimmäisen vuoden opinnoista Turun yliopistossa on järjestetty käänteisen oppimisen ideologiaan perustuen. Yliopisto-opiskelusta on muissa yliopistoissa tutkittu opetusta perinteisin opetuksen keinoin ja muilla opetustavoilla oppilaslähtöisillä menetelmillä [32, 34]. On mielenkiintoista verrata käänteisen opetuksen vaikuttavuutta suhteessa muihin opetusmenetelmiin asenteiden ja uskomusten kehittymisen kannalta, sillä ne vaikuttavat vahvasti valmistumiseen ja työelämään.

2.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusaineisto kerättiin kolmena eri lukuvuonna välillä 2018-2021. Aineiston keräämiseen käytetty CLASS-testin variantti oli suomenkielinen CLASS versio 3. Alkutestin data kerättiin ryhmältä lukuvuoden alussa syksyllä. Lopputestin data kerättiin keväällä opintovuoden lähestyessä loppua. Testeistä kerätystä aineistosta analysoitiin data lukuvuosittain. CLASS -testin lisäksi opiskelijoilta kysyttiin, onko opiskelija ensimmäisen vuoden opiskelija ja onko fyysikko vai sivuaineopiskelija ja nimi jotta opiskelijan alkua- ja lopputestiä voitiin verrata toisiinsa. Aineisto kerättiin CLASS-testin laatijoiden ohjeiden mukaisesti eli testin tekeminen ei vaikuta kurssin arvosanaan vaan tuloksia käytetään kehittämään opetusta ja arvioimaan ensimmäisen vuoden fysiikan kurseja.

Kysely koostuu 42 väittämästä, joihin vastataan 5-kohtaisella Likert-asteikolla (Täysin eri mieltä - Täysin samaa mieltä). Kyselyn suomenkieliset väittämät löytyvät liitteestä A. Väittämän 31 avulla seulottiin kyselyyn huolimattomasti vastanneet opiskelijat, ja siinä oikea vastaus on neljä.

Ne opiskelijat, jotka eivät olleet fysiikan ensimmäisen vuoden pääaineopiskelijoita, poistettiin datasta. Heidän lähtökohtansa fysiikan opiskeluille, ovat niin monenlaiset etteivät heidän antamansa tulokset tarjoa samankaltaista lähtöasetelmaa

fysiikan ensimmäisen vuoden opiskelijoihin verrattuna. Pääaineopiskelijoista valittiin vain ne opiskelijat, jotka vastasivat alku- ja lopputestiin, jolloin otannaksi jäi lukuvuosittain 2018-2019 38 opiskelijaa, 2019-2020 32 opiskelijaa ja 2020-2021 30 opiskelijaa.

Jokaisen opiskelijan vastaukset käytiin läpi siten, että vastaukset täysin eri mieltä ja eri mieltä laskettiin samana vastauksena. Myös vastaukset samaa mieltä ja täysin samaa mieltä yhdistettiin yhdeksi vastaukseksi. Vastausten yhdistäminen tehdään, sillä testissä ei ole merkitystä, onko opiskelijan vastaus vahvasti vai lievästi jotain mieltä. Lisäksi yhdistämisellä vältetään ongelmalta, että opiskelijat kokevat sanan "vahvasti" eri tavalla kuin toinen opiskelija.

Seuraavaksi pisteytetään jokainen vastaus sen perusteella, onko opiskelija ollut samaa mieltä vastauksesta asiantuntijavastauksen kanssa. Asiantuntijavastaukset löytyvät liitteestä B. Jos opiskelija on vastannut kolmosen, opiskelija ei saa pistettä. Jos opiskelija on vastannut saman kuin asiantuntija, opiskelija saa yhden pisteen. Jos opiskelija on vastannut kysymykseen päinvastoin, kuin asiantuntija, hän saa yhden miinus pisteen. Kaikkiin kysymyksiin ei ole asiantuntijavastausta. Kun asiantuntijavastausta ei ole, kysymystä ei pisteytetä.

Pisteytyksen avulla laskettiin keskiarvo suotuisille vastauksille. Sama tehtiin myös epäsuotuisille vastauksille. Suotuisten vastausten keskiarvo laskettiin vain kysymyksillä, joihin opiskelija oli vastannut. Jokaisen opiskelijan suotuisten ja epäsuotuisten vastauksien keskiarvoista laskettiin vielä keskiarvo koko vuosikurssin testissä mukana oleville ensimmäisen vuoden fysiikan opiskelijoille.

CLASS-testin standardoidun kahdeksan kategorian suotuisat ja epäsuotuisat keskiarvoprosentit laskettiin samalla tavalla kuin edellä, mutta prosentin laskemista varten käytettiin vain kyseiseen kategoriaan kuuluvien kysymysten vastauksia. Kategoriat ja niihin sisältyvät kysymysten numerot löytyvät liitteestä C. Kaikkien opiskelijoiden testituloksista laskettiin jokaiselle kategorialle keskiarvo, jolloin saatiin kaik-

kien kyseisen lukuvuoden opiskelijoiden suotuisat ja epäsuotuisat keskiarvoprosentit kategorioittain. Kun alku- ja lopputestille molemmille on laskettu kaikille kategorioille suotuisat ja epäsuotuisat keskiarvoprosentit koko ryhmää kohti, lasketaan näiden kategorioiden sisällä tapahtunut muutos alku- ja lopputilanteen välillä.

Kategorioille määritetään suuri muutos vertaamalla kaikkien arvojen keskihajonnan virhettä keskiarvojen muutokseen. Jos keskihajonnan virhe kerrottuna kahdella on pienempi kuin alku- ja lopputestien välisen muutoksen itseisarvo, on muutos merkittävä.

Suurella muutoksella on yhteys Cohenin d -arvoon. Kaikille kategorioille lasketaan vielä muutoksen vaikuttavuustekijä laskemalla Cohenin d jokaiselle muutokselle. Cohenin d on efektikoon arvo, joka mittaa muutoksen vaikuttavuutta [35]. Tämän tutkielman kohdalla sillä mitataan, onko ensimmäisen vuoden opetuksessa tapahtunut suuria muutoksia jossain CLASS-testin kategorioista. Kategorioissa, jossa Cohenin d -arvot ovat yli 0,3 on pientä vaikutusta havaittavissa ,ja 0,5 on keskisuurta vaikutusta havaittavissa ,ja 0,8 on suurta vaikutusta havaittavissa opetuksella. [6] Efektikoon Cohenin d -arvo lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$d = \frac{M_2 - M_1}{\sigma_{pool}}, \quad (1)$$

M_2 on jälkitestin koko ryhmän keskiarvo ja M_1 on alkutestin kategorian koko ryhmän keskiarvo ja σ_{pool} on kategorian otannan keskihajonta. Se saadaan seuraavasta kaavasta:

$$\sigma_{pool} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2}}, \quad (2)$$

σ_1 ja σ_2 ovat alku- ja lopputestin koko ryhmän keskihajontoja. CLASS-testin Cohenin d -arvot on listattu liitteessä D.

Kategorioissa, joissa tapahtui suuri muutos, tarkasteltiin tarkemmin eniten tuloksiin vaikuttaneita kysymyksiä. Lisäksi etsittiin yleisesti suuria muutoksia tai ma-

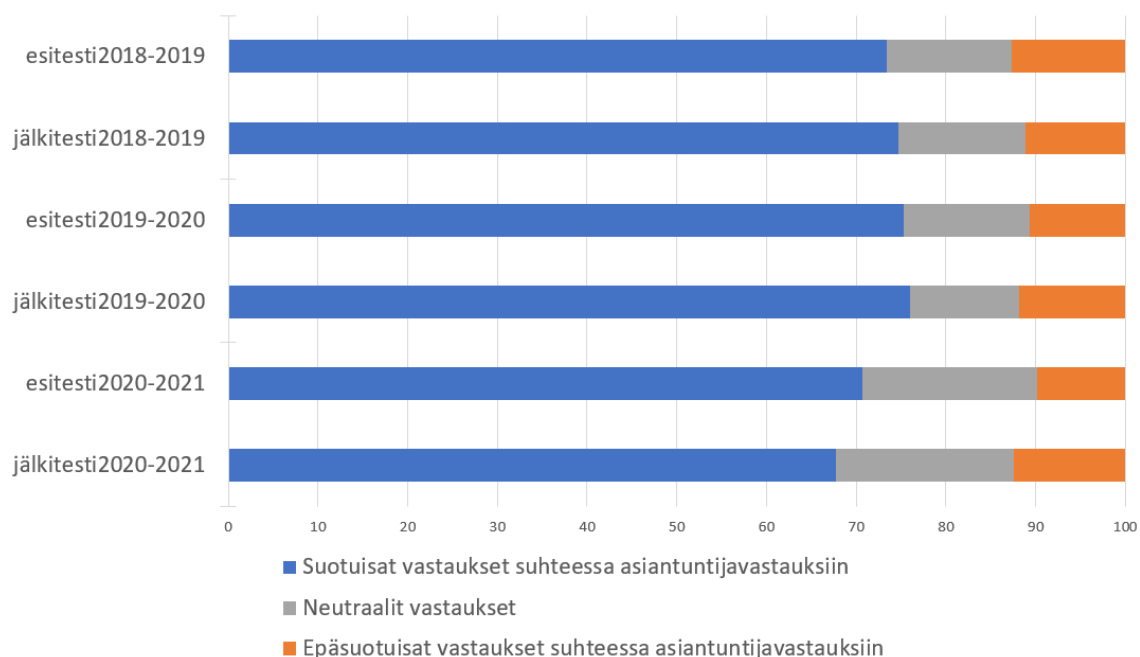
talia suotuisia tuloksia ja korkeita epäsuotuisia tuloksia.

3 Tulokset

Kuvassa 2 nähdään hyvin kokonaisuus ensimmäisen vuoden alkutilanteesta ennen yliopiston fysiikan opintoja. Kaikkina vuosina lähtötilanne fyysikoilla suhteessa asiantuntijoihin on ollut hyvin korkealla, mikä kertoo, että Suomessa fysiikan alalle suuntautuvilla on hyvät asenteet fysiikkaa kohtaan ja uskomukset fysiikan alasta sekä fyysikkona olemisesta ovat melko samankaltaisia kuin asiantuntijoilla. Matalin tulos on lukuvuotena 2020-2021 70,7 prosenttia ja korkein 75,3 prosenttia lukuvuonna 2019-2020. Lähtötaso on korkeampi kuin tyypillisesti CLASS fysiikan testeissä, mutta toisaalta näissä testeissä on otettu myös otantaan mukaan muitakin kuin ensimmäisen vuoden fyysikoita [2, 3, 6–8, 11, 27, 29].

Kuvan 2 alkutilanteen ja lopputilanteen välinen kehitys on ollut nousujohteista lukuvuosina 2018-2019 ja 2019-2020. Nämä vuodet ovat toteutettu kokonaan ennen Covid 19-pandemian aiheuttamia etäopiskelujärjestelyjä. Näinä vuosina käänteisen oppimisen malliin perustuva opetus on onnistunut parantamaan opiskelijoiden asenteita ja uskomuksia fysiikkaa kohtaan. Muutos on 1,3 ja 0,7 prosenttiyksikköä kasvua suotuisan ajattelun kategorioissa. Ottaen huomioon korkean lähtötilanteen, tämä on onnistunut tulos pienilläkin prosenttiyksiköillä. Tavallisella opettajajohtoisella opetuksella tulokset ovat muissa CLASS-tutkimuksissa johtaneet laskeviin tuloksiin useammalla prosenttiyksiköllä, mikä tarkoittaa, että opiskelijoiden asenteet ja uskomukset kehittyvät negatiivisemmin perinteisen opetuksen keinoin kuin käänteisen oppimisen malliin perustuva oppilaslähtöinen opetus. Lukuvuonna 2020-2021, jolloin opetus oli etänä, laskua on kuitenkin tullut suotuisan ajattelun kohdalla 3 prosenttiyksikköä, joka on poikkeuksellinen verrattuna kahteen edeltävään vuoteen.

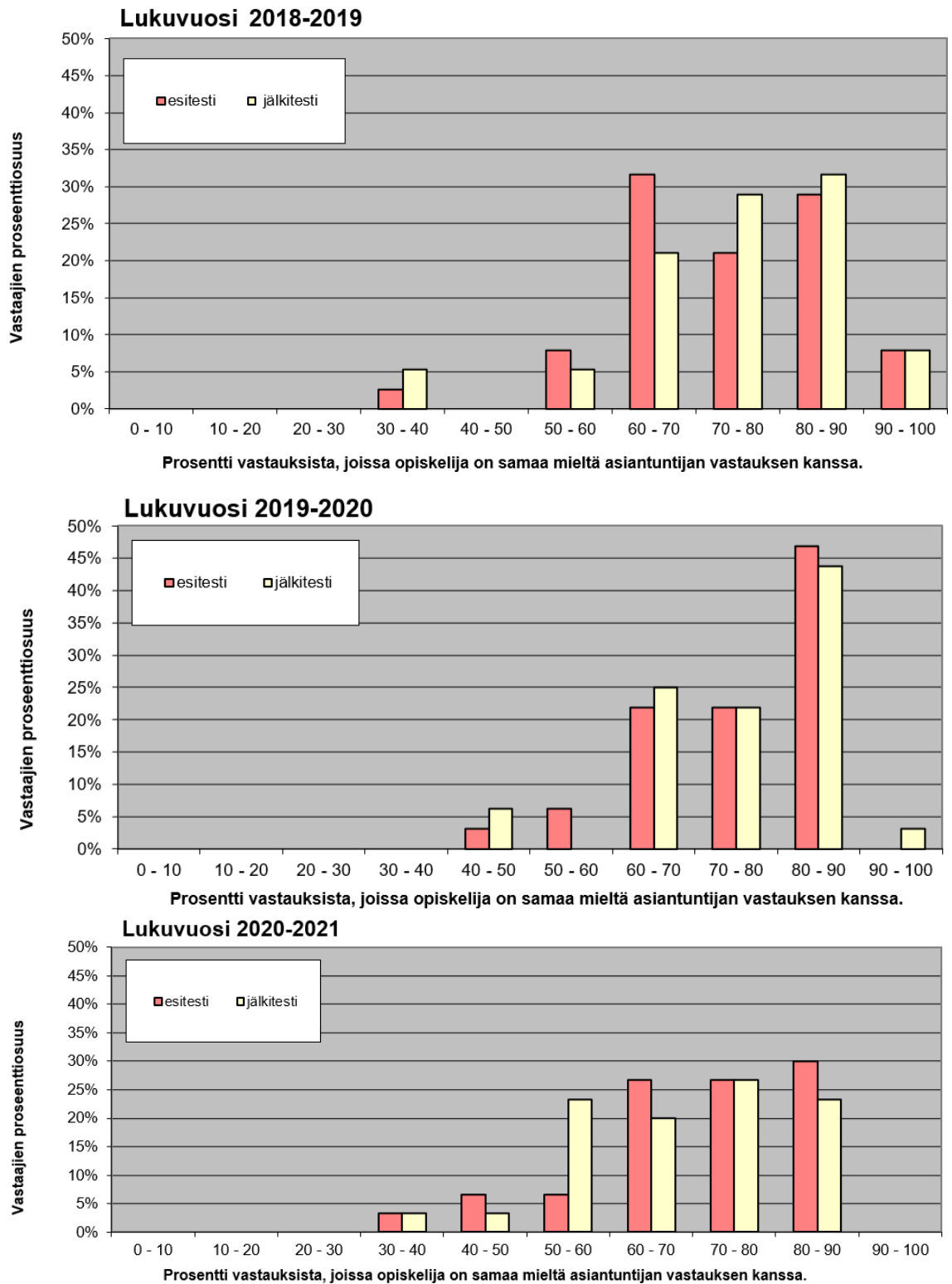
CLASS-testillä mitataan myös epäsuotuista kehitystä suhteutettuna asiantuntijan ajatuksiin. Kuvassa 2 nähdään, että epäsuotuisan ajattelun määrä on pientä



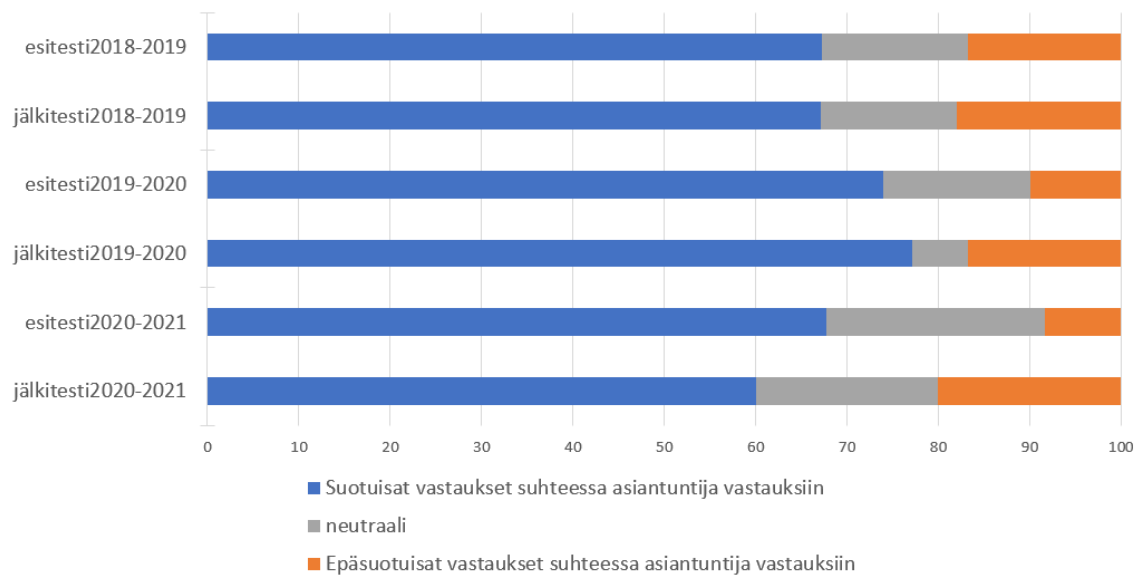
Kuva 2. CLASS-testin alku- ja lopputestin tulokset lukuvuosittain.

verrattuna suotuisaan ajatteluun ja lukuvuonna 2018-2019 sen määrä on laskenut hieman eli opiskelijoiden vastaukset ovat vähemmän ristiriitaisia fysiikan asiantuntijoiden kanssa, mutta lukuvuosina 2019-2020 ja 2020-2021 on epäsuotuisa ajattelu kasvanut. Lukuvuotena 2020-2021 laskettu muutos on 2,6 prosenttiyksikköä ja keskiarvon virhe on 1 prosenttiyksikkö eli muutos on suuri ja sen efektikoon Cohenin d -arvo on 0,4 (pieni efektikoko). Covid-19 pandemian aikainen opiskelu lisäsi epäsuotuisaa käsitystä fysiikan uskomuksiin ja asenteisiin.

Kuvassa 3 nähdään, miten alkutestit ovat sujuneet, ja miten asenteiden ja uskomusten osuudet suhteessa asiantuntijavastauksiin ovat kehittyneet lukuvuoden aikana. Lukuvuosina 2018-2019 ja 2019-2020 vain kolme prosenttia vastaajista on saanut alle 50 prosenttia asiantuntijan kanssa samaa mieltä. Lukuvuonna 2020-2021 on alle 50 prosenttia saanut 10 prosenttia vastaajista. Lukuvuoden jälkeen kehitys on kuitenkin jokaisessa ryhmässä johtanut siihen, että jälkitestissä on 6 prosenttia vastaajista alle 50 prosentin, joten koulutuksella on saatu vähennettyä näiden osuutta lukuvuonna 2020-2021. Toisaalta muina vuosina heidän osuutensa on kasvanut.



Kuva 3. Osuus vastauksista, joissa opiskelija on samaa mieltä asiantuntijan kanssa, prosentteina.



Kuva 4. Opiskelijoiden asioiden ymmärtämiseen liittyvien kysymysten suotuisat ja epäsuotuisat vastaukset suhteessa asiantuntija vastauksiin.

Kuvassa 3 trendi lukuvuosina 2018-2019 ja 2019-2020 on se, että suurempi osa opiskelijoista on korkeammissa ryhmissä alkutestiin verrattuna. Muutos ei kuitenkaan ole isoa, ja tämä osittain johtuu siitä, että suurin osa opiskelijoista on hyvin lähellä asiantuntijamaisia uskomuksia ja asenteita jo tässä vaiheessa opintoja. On erittäin positiivinen tulos, että fysiikan ensimmäisen vuoden opiskelijoiden taso pysyy korkealla asiantuntijamaisen ajattelun ja uskomusten kannalta, jolloin opiskelijoilla on hyvät lähtökohdat jatkaa seuraavan vuoden opintoihin. Lukuvuoden 2020-2021 aikana opiskelijoita on siirtynyt melko paljon 50-60 prosenttiyksikön välille. On syytä analysoida tarkemmin, minkälaiset uskomukset ja asenteet ovat kehittyneet huonommaksi.

Lukuvuonna, jolloin Covid-19 vaikutti opintoihin, isoin muutos heikomman aloitustuloksen lisäksi on asiayhteyksien ymmärtämiseen liittyvässä kategoriassa suotuisessa muutoksessa -7,8 prosenttiyksikköä (Keskihajonnan keskivirhe 3,7 prosenttiyksikköä) laskua ja epäsuotuisassa 11,8 prosenttiyksikköä (Keskihajonnan keskivirhe 2,2 prosenttiyksikköä) kasvua. Kuvassa 4 nähdään laskua lukuvuonna 2020-2021

alku- ja lopputuloksessa, kun taas muina lukuvuosina ei ole muutosta tai testien pisteet lähestyvät asiantuntijamaisia asenteita ja uskomuksia kyseisessä kategoriasa. Suotuisten vastausten määrän väheneminen lukuvuonna 2020-2021 on Cohenin d -arvon 0,4 mukaan pieniä, mutta epäsuotuisten vastausten kasvun Cohenin d -arvo on 1,0 eli suuri. Verrattuna muihin lukuvuosiin epäsuotuisten vastausten lisääntymisen lukuvuonna 2019-2020 on lasketun efektikoon Cohenin d-arvon 0,4 pieni muutos ja muissa muutoksissa ei ole tilastollista merkitystä.

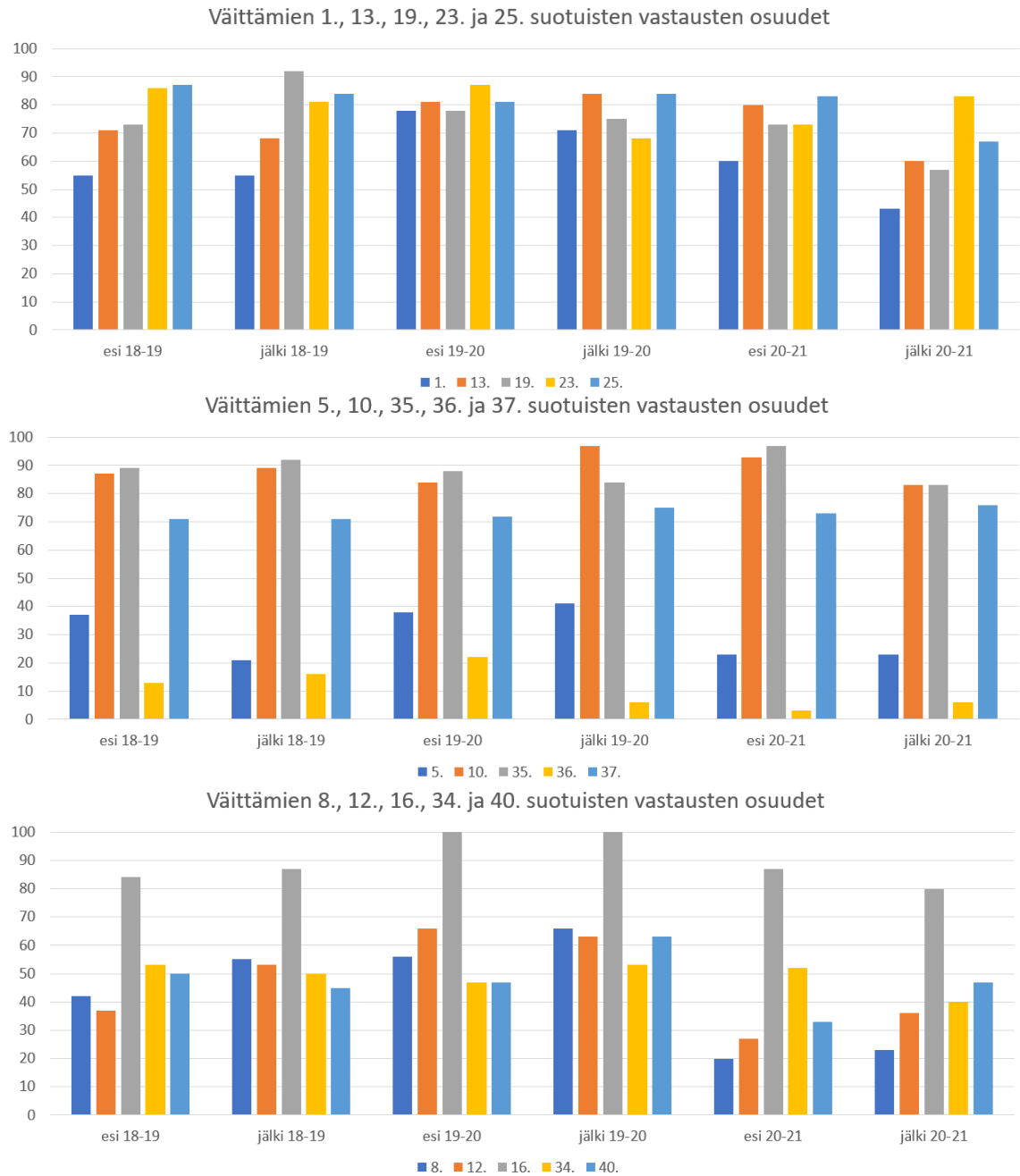
Muutos asioiden ymmärtämisen kategoriassa oli erityisen negatiivista näissä väittämissä:

- Väittäjä 1. *Mielestäni valtavan tietomäärän muistaminen on iso fysiikan oppimisen ongelma.*
- Väittäjä 13. *Fysiikan kaavat eivät auta minua ymmärtämään fysiikkaa, sillä ne ovat vain laskemista varten.*

Väittämissä 1 suotuisa ajattelu on vähentynyt 17 prosenttiyksikköä ja epäsuotuisa ajattelu on noussut kymmenestä prosentista 40 prosenttiin eli muutosta on 30 prosentti yksikköä. Hyvin suuri osa opiskelijoista alkoi siis ajattella, että fysiikan oppimista vaikeuttaa suurien tietomäärien oppiminen. Sama ei kuitenkaan toistu lähiopetuksen aikana. Kaikkien CLASS-testin tuloksiin merkittävästi vaikuttavien väittämien suotuisten vastausten esi- ja jälkitestin tulokset löytyvä kuvasta 5.

Väittämissä 13 lukuvuonna 2020-2021 on laskua 20 prosenttiyksikköä suotuisissa vastauksissa. Ne eivät kuitenkaan muutu samassa suhteessa epäsuotuisiksi vastauksiksi (7 prosenttiyksikköä kasvua epäsuotuisissa vastauksissa). Muina lukuvuosina ei havaita merkittävää muutosta.

Vaikka asioiden ymmärtämisen kategoriassa oli eniten muutosta, on tärkeää tarkastella laajempia muutoksia muissa kategorioissa, jotta voidaan tarkemmin arvioida minkälaisia vaikutuksia opetuksella on ollut ja ilmeneekö muissa vuosissa jotain isoja muutoksia. Tätä vaikuttavuutta on arvioitu efektikoon ja keskihajonnan virheen



Kuva 5. Eniten vaikutusta CLASS-testin tuloksiin olevien väittämien esi ja jälki-testin suotuisten vastausten osuudet suhteutettuna asiantuntija vastauksiin. Väittämien ryhmittely tehty vertailun ja tekstin lukemisen helpottamiseksi.

avulla suhteessa muutokseen. Tulokset ovat taulukossa I. Lukuvuosi 2018-2019 on erikoinen, koska asiantuntijaaajattelun kanssa ristiriidassa olevia käsityksiä on merkittävästi vähentynyt yhteys todelliseen maailmaan ja panostaminen asioista selvää ottamiseksi. Tämä tulos ei kuitenkaan toistu muina vuosina Tämä selittyy väitteillä 35, 36 ja 37, jotka ovat:

- Väittämä 35. *Fysiikan oppiaineella on hyvin vähän tekemistä sen kanssa mitä koen ja havaitsen todellisessa maailmassa.*
- Väittämä 36. *Ratkaisen usein fysiikan tehtävän useammalla kuin yhdellä tavalla ymmärtääkseni asian paremmin.*
- Väittämä 37. *Ymmärtääkseni fysiikkaa mietin myös omia kokemuksiani ja pyrin liittämään ne tarkasteltavaan aiheeseen.*

Väitteiden 35 ja 37 asiantuntijamaisen ajattelun vastaiset ajatukset on saatu lähes kokonaan pois lukuvuoden aikana. Muina vuosina samaa ei ole tapahtunut. Mielienkiintoisin väitteistä on kuitenkin väite 36, jossa suotuisten väitteiden osuus ei ole yhtenäkkään vuonna ylittänyt 25 prosenttia ja epäsuotuisat vastaukset ovat yli 60 prosentilla vastanneista. Väittämä, joka on "10. *Tehtävän voi ratkaista fysiikassa yleensä vain yhdellä tavalla oikein.*", antaa toisenlaisen näkökulman väitteelle 36, sillä tällä väittämällä testataan uskovatko opiskelijat, että fysiikan tehtäviä voi ratkaista usealla eri tavalla ja yli 80 prosenttia uskoo, että tehtävän voi ratkaista usealla eri tavalla fysiikassa. Poikkeuksellisuus lukuvuodessa 2018-2019 on kuitenkin merkittävä 13 prosenttiyksikön väheneminen epäsuotuisten vastausten osuudessa. Kuitenkin lukuvuonna 2019-2020 käy jopa päinvastainen reaktio, jolloin suotuisat vastaukset vähenevät kategoriassa panostaminen asioista selvää ottamiseksi vähenee. Väittämässä 36. tulokset vähenevät 2019-2020 lukuvuonna, jopa 15 prosenttiyksikköä.

Myös väitteessä "23. *Jos fysiikan tehtävässä saan hyvin erilaisen tuloksen kuin*

Taulukko I. Merkittävät muutokset lukuvuoden aikana CLASS-testin kategorioissa. Muutokset on eritelty lukuvuosittain epäsuotuisiin ja suotuisiin muutoksiin prosenttiyksiköittäin. Negatiivinen merkki (-) tarkoittaa vähenemistä ja se on huono asia suotuisan ajattelun muutoksen kohdalla, mutta epäsuotuisan muutoksen kohdalla (-) merkki on hyvä asia. Positiivinen merkki (+) tarkoittaa kasvua, mikä on hyvä asia suotuisan muutoksen puolella mutta huono asia epäsuotuisan muutoksen puolella. "Ei suuria muutoksia" tarkoittaa, että efektikoon arvo Cohenin d ei ole yli 0,3, jolloin efektikoko ei ole merkittävä otannassa ja keskihajonnan virhe kerrottuna kahdella on alle muutoksen.

	suotuisan ajattelun kehityksen muutokset	epäsuotuisan ajattelun kehityksen muutokset
2018-2019	o Ei merkittäviä muutoksia	o Yhteys todelliseen maailmaan -3,9 %-yks ja d 0,3 (pieni) o Panostaminen asioista selvää ottamiseksi -3,4 %-yks ja d 0,4 (pieni)
2019-2020	o Panostaminen asioista selvää ottamiseksi -8,9 %-yks ja d 0,5 (keskisuuri)	o Ei merkittäviä muutoksia
2020-2021	o Asioiden ymmärtäminen -7,8 %-yks ja d 0,4 (pieni)	o Ongelmanratkaisukyvykkyys + 6,7 %-yks ja d 0,4 (pieni) o Asioiden ymmärtäminen +11,7 %-yks ja d 1,0 (suuri) o Ymmärryksen soveltaminen +10 %-yks ja d 0,5 (keskisuuri)

mitä odotin, luotan tulokseen enkä yritä ratkaista tehtävää uudestaan." tapahtuu isoa muutosta. Väitteessä 23 tapahtuu lukuvuonna 2019-2020 laskua 19 prosenttiyksikköä suotuisissa vastauksissa. Parhaan aloitustuloksen ryhmällä vähenee eniten panostaminen fysiikan opintoihin kaikista lukuvuosista. Myös muissa opiskelijan panostamiseen liittyvissä kysymyksissä on laskua suotuisissa vastauksissa lukuvuosina 2018-2019 ja 2019-2020 vaikka ei samassa määrin kuin edellä mainituissa kysymyksissä.

Vuonna, jolloin ei ollut kontaktiopetusta ja opetus on tapahtunut etänä, on tapahtunut eniten haitallista ja epäsuotuisaa kehitystä. Opiskelijat ovat kyllä jaksaneet panostaa saman verran kuin alkutestin tuloksessa ilmenee ja joissain kategorioissa on suotuisassa kehityksessä kasvuakin toisin kuin edellisinä vuosina, mutta samalla opiskelijoista suuri osa kokee, etteivät he kykene ratkaisemaan fysiikan ongelmia ja soveltamaan opittua tai edes ymmärtämään asiaa.

Ongelmanratkaisukyvykkyyden, asioiden ymmärtämisen ja ymmärryksen soveltamisen kategoriassa löytyy väittämä "5. *Vaikka mielestäni ymmärrän tietyn fysiikan aiheen, on minulla ongelmia aiheeseen liittyvien tehtävien ratkaisemisessa.*", jonka muutos on jokaisena vuotena samansuuntaista. Noin puolelta opiskelijoista lukuvuosittain on ongelmia tehtävien ratkaisemisessa. Suotuisten vastausten määrä ei kuitenkaan muutu paljon vaan neutraalisti vastanneet opiskelijat siirtyvät ajattelemaan negatiivisemmin. Parhaimpana lukuvuonna 2019-2020 epäsuotuisten vastausten osuus kasvaa 12 prosenttiyksikköä ja heikoimpana lukuvuonna 2020-2021 epäsuotuisten vastausten määrä kasvaa 20 prosenttiyksikköä.

Myös väittämässä "8. *Ratkaistessani fysiikan tehtävää etsin kaavan, joka sisältää tehtävässä annetut muuttujat, ja sijoitan arvot siihen.*" on fysiikan opiskelun kannalta huolestuttava piirre jo yliopisto-opiskelijoiden tullessa sisään. Väittämään on vastannut alkutestissä 2018-2019 lukuvuonna 42 prosenttia suotuisasti ja lopputestissä on 55 prosenttia ja samoin käy lukuvuonna 2019-2020 jolloin alkutestin tulos

on 56 prosenttia suotuisia vastauksia ja lopputestissä 65 prosenttia. Lukuvuonna 2020-2021 kuitenkin tapahtuu huolestuttava kehitys, sillä alku- ja lopputestin tulos on hyvin matala. Alkuteestissä 20 prosenttia vastauksista on suotuisia ja lopputestissäkin vain 23 prosenttia.

Lukuvuonna 2020-2021 myös väittämässä "19 *Ymmärtääkseni fysiikan sisältöjä keskustelen niistä ystäväieni ja muiden opiskelijoiden kanssa.*" koetaan selkeää poikkeamaa muihin vuosiin. Keskustelu on vähentynyt selkeästi opiskelijoilla etäopiskelun aikana verrattuna muihin lukuvuosiin, jolloin yli 70 prosenttia opiskelijoista keskustele muiden opiskelijoiden kanssa fysiikasta. Väittämä "25. *Nautin fysiikan tehtävien ratkaisemisesta.*" osoittaa samanlaista trendiä kuin väittämä 19. Lukuvuonna 2020-2021 alkuteestissä on suotuisten vastausten osuus ollut yli 80 prosenttia samoin kuin muina lukuvuosina, mutta se on kokenut melko suurta laskua etäopiskelussa, jolloin laskua suotuisissa vastauksissa on 17 prosenttiyksikköä.

Käänteisen oppimisen ideologian avulla pyritään vähentämään riippuvuutta opettajasta ja lisäämään opiskelijan kykyä tehdä asioita myös itsenäisesti. Tarkastelemalla väittämiä 12., 16., 34 ja 40 voidaan arvioida miten hyvin opettajajohtoisesta ajattelusta ollaan päästy pois ja uskovatko opiskelijat pärjäävänsä opetuksessa ja fysiikassa.

- Väittämä 12. *En voi oppia fysiikkaa, ellei opettaja selitä asioita hyvin oppitunnilla/luennolla.*
- Väittämä 16. *Lähes jokainen pystyy ymmärtämään fysiikkaa, jos tekee töitä sen eteen.*
- Väittämä 34. *Pystyn yleensä päättelemään miten fysiikan tehtävät ratkaistaan.*
- Väittämä 40. *Jos ajaudun umpikujaan fysiikan tehtävän ratkaisemisessa en todennäköisesti selviä siitä omin avuin.*

Kuvasta 5 nähdään väittämässä 12 suotuisaa kehitystä erityisesti, jos se on ollut

matalalla. Lukuvuotena 2020-2021 alle puolet opiskelijoista kokee, ettei opi ilman luennointia, joka oletettavasti, johtuu enemmän heikosta minäpystyvyydestä, joka nähdään väittämissä 34 ja 40. Todella suuri osa opiskelijoista (alle 50 prosenttia) ei usko pystyvänsä ratkaisemaan tehtävää, jos tulee ongelmia tehtävissä väittämien 34 ja 40 perusteella.

4 Pohdinta

Tulokset osoittavat, että opiskelijoista suurella osalla on jo suotuisat asenteet ja uskomukset lukiosta tullessaan. On hyvin tärkeää, että fysiikan alalle hakee oikeasti alasta kiinnostuneita ja oikein asennoituneita opiskelijoita, jotta yliopistossa on mahdollista keskittyä fyysikoksi kasvamiseen ja oppimiseen. Vuosikohtainen vaihtelu opiskelijoiden asenteissa ja uskomuksissa on huomattavasti suurempi kuin vuoden aikana tapahtuva kehitys. Tyypillisesti CLASS-testissä tapahtuu merkittävää laskua opetuksen vaikutuksesta asenteisiin ja uskomuksiin, joten verrattuna tyypillisiin CLASS-tuloksiin fysiikan ensimmäisen vuoden opetus Turun yliopistossa on hyvällä mallilla tutkielman perusteella [6].

Opiskelijälähtöiset opetusideologiat johtavat asiantuntijamaisen ajattelumallin kehittymiseen paremmaksi tai pysymään samana. Sama tulos saadaan myös käänteisen oppimisen ideologian avulla, kuten tässä tutkielmassa ilmenee. Käänteinen oppiminen pohjautuu myös opiskelijälähtöiseen opiskeluun. Kuitenkin näyttää siltä, että etäopiskelu tuo suuria ongelmia yliopisto-opetukseen, sillä se on aiheuttanut tilastollisesti merkittävää laskua opiskelijoiden asenteisiin ja uskomuksiin. Lukuvuoden 2020-2021 ryhmässä ilmenee selkeästi vähiten suotuista ajattelua, jolloin lähtökohdat fysiikan opiskeluun ovat epäedullisemmat. Näillä opiskelijoilla on todettu muissa tutkimuksissa taipumusta pienempään valmistumisen todennäköisyyteen [8]. Olisi uskottavaa, että nämä opiskelijat aiheuttavat laskua CLASS-testin tuloksiin enemmän kuin testissä hyvin pärjäävät, sillä valmiiksi huonot asenteet voi-

vat mennä vielä huonommaksi. Kuitenkaan lasku ei selity matalia pisteitä saavilla opiskelijoilla vaan alkutestissä korkeita pisteitä saaneiden opiskelijoiden pisteet ovat vähentyneet. Oikeastaan heikoimmin alkutestissä menestyneiden osuus loppustestin kohdalla on jopa vähentynyt merkittävästi.

Alkutestin ja loppustestin välinen muutos on pieni lukuvuosina 2018-2019 ja 2019-2020, mutta lukuvuonna 2020-2021 muutos on merkittävästi laskusuuntaista monessa kategoriassa. Tästä voidaan vetää johtopäätös, että etäopetuksella on suuri heikentävä merkitys opiskelijoiden asenteisiin ja uskomuksiin fysiikkaa kohtaan. Tämä oikeastaan on oletettavaa, sillä tavallisena lukuvuonna opiskelijat pääsevät vuorovaikuttamaan paremmin keskenään ja vuorovaikutus tapahtuu täysin eri tavalla kuin etäopetuksessa.

Vuonna 2020-2021 opetus on pyritty pitämään samanlaisessa muodossa kuin lukuvuosina 2018-2019 ja 2019-2020. Opiskelun tapahtuessa etänä ei opiskelijoiden toisiaan kohtaan suuntautuvaa vuorovaikutusta ole päässyt syntymään ryhmätehtävien ulkopuolella. Opettajan ja opiskelijoiden välinen vuorovaikutus on ollut erilaista siinä mielessä, että vuorovaikutus tapahtuu tietokoneen kautta, jolloin opettajan on vaikeampi kommunikoida opiskelijoiden kanssa. Heikko vuosi osoittaa, että käänteisessä opetuksessa ei riitä pelkkä kotona opiskelu, vaan siinäkin tarvitaan yhteisön ja opettajan tukea.

Etäopiskelussa tietokone rajoittaa opiskelijan mahdollisuutta opiskella. Opiskelijat voivat joutua käyttämään monia ohjelmistoja, joita he ei välttämättä osaa käyttää, mikä voi turhauttaa opiskelijoita ja vaikeuttaa keskittymistä. Opiskelijat kokevat etäopiskelussa joutuvansa muistamaan enemmän asioita, mikä selviää negatiivisten vastausten kasvussa kysymyksessä 1. Kun opiskelijoilla on paljon muistettavaa, asioiden ymmärtäminen vaikeutuu. Opiskelijoiden asioiden ymmärryksen vähentyessä monet opiskelijat eivät ymmärrä fysiikan kaavojen merkitystä fysiikan oppimisessa vaan ajattelevat, että ne ovat vain laskemista varten. Tämä ilmenee

väittämän 13 vastauksista suotuisten vastausten vähenemisestä. Tällainen kehitys on todella huolestuttavaa, sillä opiskelijoiden olisi tärkeä osata ymmärtää fysiikkaa niin kaavojen kuin muidenkin asioiden kautta, jolloin fysiikassa täytyy muistaa huomattavasti vähemmän asiaa.

Muita CLASS -testin kategorioita, joissa tapahtuu tilastollisesti merkittäviä muutoksia lukuvuonna 2020-2021 verrattuna muihin vuosiin ovat ongelmaratkaisukyvykyys ja ymmärryksen soveltaminen, joissa asiantuntijoiden kanssa vastaiset käsitykset ovat kasvaneet merkittävästi. Tämä tietenkin käy järkeen, sillä jos opiskelijoilla on ollut vaikeuksia ymmärtää asioita, on heillä yleensä myös vaikeuksia ratkaista tehtäviä, mikä taas vuorostaan laskee opiskelijan omaa uskoa itseensä.

Väittämässä 5 epäsuotuisten vastausten määrä on kasvanut merkittävästi. Epäsuotuisat vastaukset tarkoittavat, että kyseisillä opiskelijoilla on vaikeuksia ratkaista fysiikan tehtäviä, vaikka opiskelijat kokevat ymmärtäneensä opetetun aiheen. Kehitystä ei välttämättä suoraan kannata ajatella negatiivisena asiana, sillä on mahdollista, että opiskelijoilla on liian suuret odotukset omista kyvyistään jolloin opiskelijoiden minäpystyvyyden taso putoaa hieman realistisemmalle tasolle. Toisaalta tämä heikentää helposti opiskelijoiden motivaatioita, joten tätä liian suuressa mitakaavassa tulisi välttää. Todennäköisin syy kategorian suurelle laskulle on, että opiskelijoiden lukiosta saama matemaattinen pohjataito ei ole riittävää ratkaistamaan kaikkia ongelmia ja opiskelijoiden metakognitio ja itsearviointin taidot eivät ole riittävät. Todellisuudessa opiskelijan matematiikan osaaminen ja minäpystyvyys estävät joitakin opiskelijoita suorittamasta tehtävän loppuun saakka. Matemaattinen minäpystyvyys on merkittävä ongelma Suomen matematiikan opetuksessa ja fysiikan ollessa pidemmälle mentäessä matematiikkapainotteisempaa matemaattisen minäpystyvyyden ongelmat näkyvät myös fysiikassa. Opettajalla on suuri merkitys opiskelijan uskon omiin matemaattisiin taitoihin parantamisessa, mutta yleensä tämä ei ole mahdollista ajanpuutteen vuoksi ja tähän ei nykyisillä ryhmäkoilla pystyisi

vaikuttamaan. [30]

Aloittavilla fyysikoilla on suurimmalla osalla vahva työmoraali ainakin kun tarkastellaan asenteita ja uskomuksia. Tutkielmassa ilmenee, että lähes kaikki opiskelijat uskovat, että fysiikkaa voi oppia tekemällä ahkerasti töitä. Tämä on hyvä lähtökohta käänteiselle oppimiselle, sillä opiskelijat uskovat, että tekemällä töitä opiskelun eteen he voivat oppia fysiikkaa. Ahkera opiskelu ja osaamisen kartuttaminen on jo siirtynyt enemmän opiskelijan vastuulle, kun hän pystyy myöntämään väitteen 16 todeksi. Vaikuttaa siltä, että kun opiskelijoilla on enemmän vaikeuksia ymmärtää asioita he kokevat pyrkineensä panostaa opiskeluun enemmän. Lukuvuotena 2019-2020 asenteet ja uskomukset ovat lähimpänä asiantuntijoita näkemyksiä ja heidän tuloksissaan vähentyy hieman panostamisen asioista selvää ottamiseksi kategoria (tilastollinen merkitys keskisuuri). Myös lukuvuonna 2018-2019 kasvaa epäsuotuisa kehitys panostamiseen asioista selvän ottamiseksi. Pandemian aikaisella ryhmällä (lukuvuosi 2020-2021) hieman nousee tämän kategorian suotuisten väitämien vastaukset. Panostamisen väheneminen johtuu todennäköisesti siitä, että opinnot tuntuvat helpommilta, jolloin ei tarvitse nähdä niin paljon vaivaa tehtävien ymmärtämiseen. Kaikina lukuvuosina tehtävien tekeminen uudestaan eri menetelmällä on harvinaista. Opiskelijat eivät siis luultavasti löydä aikaa ja motivaatiota tehdä tehtäviä useampaa kertaa. Tämä ei kuitenkaan vaikuta vakavalta ongelmalta, sillä tuloksissa suurin osa opiskelijoista tiedostaa, että fysiikan tehtävät voi ratkaista usealla eri tavalla.

Isolla osalla opiskelijoista on vaikeuksia ratkaista fysiikan tehtäviä vaikka he kokevat ymmärtäneensä fysiikan ja tämä osuus vain kasvaa lukuvuoden aikana. Tulos on odotettavissa, sillä fysiikka yliopistossa on huomattavasti vaikeampaa kuin lukiossa. Opiskelija periaatteessa voi muistaa ja ymmärtää taustalla olevan fysiikan, mutta opiskelija ei ole vielä päässyt korkeammille osaamisen tasoille, jolloin hän luulee osaavansa asiat, mutta todellisuudessa osaaminen vaatii lisää opiskelua. Vai-

keuksien kokemisen määrän lisääntyminen tehtävien teossa on melko huolestuttavaa ja voi heikentää monen kykyä uskoa omiin kykyihinsä fyysikkona. Apua tähän ongelmaan voisi olla luennoitsijan empaattisuus ja tuutoreilta ja vertaisilta tuleva palaute, että tehtävät ovat melkein kaikille vaikeita eikä vain kyseiselle opiskelijalle.

Huolestuttavan moni opiskelijoista ratkaisee fysiikan tehtävän etsimällä kaavan, joka sopii tehtävän arvoille, ja sijoittaa arvot kaavaan. Tämä johtaa helposti heikompaan fysiikan ymmärrykseen ja ei ohjaa opiskelijaa ratkaisemaan fysiikan ongelmia muuten kuin mekaanisesti ajattelematta ongelmaa. Erityistä huolta tuloksissa herättää lukuvuoden 2020-2021 opiskelijat, joilloin positiivista kehitystä ei juurikaan tapahdu ja lähtötaso ryhmällä on matala. Tilannetta olisi hyvin tärkeä seurata tulevina vuosina hyvin tarkkaan. Jos luvut pysyvät näin matalana, voi Suomen fysiikan osajien taso laskea merkittävästi.

Käänteinen oppiminen näyttää parantaneen monen opiskelijan kykyä suoriutua opiskelusta itsenäisemmin. Opetuksen avulla suurempi osa opiskelijoista kokee pystyvänsä opiskelemaan fysiikkaa ilman, että opettaja selittää heille fysiikkaa luennolla. Iso osa opiskelijoista ei kuitenkaan pääse tähän tasoon vielä ensimmäisen vuoden aikana ja käänteinen opetus onkin prosessi, jonka tavoite on edetä kohti opiskelijan itsenäisyyttä. Tavoitteen saavuttamiseen yleensä menee kauan, ja se voisi onnistua Suomessa paremmin, jos oppilaslähtöisyyttä noudatettaisiin jo peruskoulusta alkaen. On kuitenkin suuri ideologinen muutos siirtyä pois ajatuksesta, että opettaja kertoo kaiken ja on aina oikeassa.

Käänteinen oppiminen ei tutkielman mukaan näytä vaikuttavan merkittävästi tehtävien ratkaisukyvykkyyden paranemiseen tai heikkenemiseen. Suurempaa vaihtelua aiheuttavat vuosikohtaiset opiskelijavaihtelut ja etäopiskelu. Lukuvuonna 2020-2021 alle puolet kokee, ettei opi ilman luennointia. mikä oletettavasti johtuu heikosta minäpystyvyydestä ja omista mieltymyksistä. Todella suuri osa opiskelijoista ei usko pystyvänsä ratkaisemaan tehtävää, jos kohtaa ongelmia. Toisaalta minäpys-

tyvyys umpikujan kohdalla on kasvanut yleisesti eli on vaikea sanoa täysin, onko minäpystyvyys kehittynyt merkittävästi.

Tutkielman perusteella käänteinen oppiminen on onnistunut tapa opettaa ja oppia fysiikkaa ensimmäisen lukuvuoden kursseilla, kun mittarina ovat asenteet ja epistemologiset uskomukset. Jo valmiiksi hyvien suomalaisopiskelijoiden asenteet ja uskomukset pysyvät hyvinä eivätkä heikkene kuten perinteisellä luennointiopetuksella. Käänteisen oppimisen CLASS-tulokset ovat linjassa muiden opiskelijälähtöisten opetusmenetelmien käytössä, joissa myös saadaan hyviä tuloksia asenteissa ja uskomuksissa. Etäopiskelu tuo haasteita käänteiselle oppimiselle, mutta CLASS-testin tulokset pysyvät kuitenkin hyvänä suhteessa perinteiseen luento-opetukseen. Lukiossa tullessa opiskelijoiden taso on hyvä asenteiden ja uskomusten kannalta, mutta opiskelijoiden käsitys asioiden ulkoa muistamisessa suhteessa ymmärrykseen fysiikassa on heikentynyt ja opiskelijat ratkaisevat tehtäviä ajattelematta sijoittamalla arvoja kaavaan. Kehitys vaikuttaa huolestuttavalta ja vaatii tarkkailua. Ongelman jatkuessa fysiikan opetukseen pitäisi puuttua jo ennen yliopisto opintoja. Ensimmäisen vuoden opintojen tehtävien ratkaisemisessa opiskelijoilla on vaikeuksia, joten olisi hyvä kehittää tapoja, jolla opiskelijat onnistuvat ratkaisemaan tehtäviä paremmin.

Viitteet

- [1] A. Madsen, S. B. Mckagan ja E. C. Sayre, How physics instruction impacts students' beliefs about learning physics: A meta-analysis of 24 studies.
- [2] J. D. L. Garza ja H. Alarcon, Assessing Students' Attitudes In A College Physics Course In Mexico.
- [3] B. A. Lindsey, L. Hsu, H. Sadaghiani, J. W. Taylor ja K. Cummings, Positive attitudinal shifts with the physics by inquiry curriculum across multiple implementations, 2012.
- [4] D. Kaur ja Y. Zhao, The Asia-Pacific education researcher **26**, 291 (2017).
- [5] L. Chen, S. Xu, H. Xiao ja S. Zhou, Physical review. Physics education research **15**, 010106 (2019).
- [6] A. Madsen, PhysPort Implementation Guide: Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS) Implementation Guide.
- [7] C. D. Leone, R. Marion ja C. Ishikawa, Adaptation and Implementation of a Radically Reformed Introductory Physics Course for Biological Science Majors: Assessing Success and Prospects for Future Implementation.
- [8] K. K. Perkins ja M. Gratny, Who Becomes a Physics Major? A Long-term Longitudinal Study Examining the Roles of Pre-college Beliefs about Physics and Learning Physics, Interest, and Academic Achievement.
- [9] T. Tuomola, Fysiikan laitokselta kadonneet, 2021.
- [10] E. T. Sointu, J. Kankaanpää, M. Saarelainen, T. Valtonen, A. Ronkainen, L. Heikkinen, A. R. Kaasinen, V. Pekkarinen, P. Atjonen, J. Manninen, K. Mäkitalo ja L. (toim.) Hirsto, Flippausmanuaali, 2. painos., 2021.
- [11] E. Brewe, L. Kramer ja G. O'brien, CLASS Shifts in Modeling Instruction.
- [12] P. Zhang, L. Ding ja E. Mazur, Physical review. Physics education research **13**, 010104 (2017).
- [13] Yliopistolaki 558/2009 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX ®.
- [14] M. Y. Doo ja C. J. Bonk, Cognitive Instrumental Processes of Flipped Learners: Effects of Relevance for Learning, Quality of Learning Outcomes, and Result Demonstrability, 2021.
- [15] M. Toivola, Flipped learning : käännteinen oppiminen, 2017.
- [16] A. Kokko, Miksi ope ei flippaa? : Käännteisen opetuksen ja oppimisen haasteita, 2018.
- [17] E. Mazur, *Peer instruction* (Prentice Hall, 1997).

- [18] J. Bergmann ja A. Sams, *Flip Your Classroom* (International Society for Tech in Ed, 2007).
- [19] M. Lundin, A. B. Rensfeldt, T. Hillman, A. Lantz-Andersson ja L. Peterson, Higher education dominance and siloed knowledge: a systematic review of flipped classroom research, 2018.
- [20] Turun yliopisto, Opintoopas 2018-2020 Fysikaaliset tieteet (LuK), 2018.
- [21] Turun yliopisto, Opintoopas 2020-2022 Fysikaaliset tieteet (LuK), 2020.
- [22] Opetushallitus, Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 2015.
- [23] Opetushallitus, *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019* (Opetushallitus, 2019).
- [24] R. A. Jyrhämä, M. Hellström, K. T. Uusikylä ja P. J. Kansanen, (2016).
- [25] T. Hynninen, Fysiikan perusteet, 2022.
- [26] K. Miller, S. Zyto, D. Karger, J. Yoo ja E. Mazur, Analysis of student engagement in an online annotation system in the context of a flipped introductory physics class, 2016.
- [27] W. K. Adams, K. K. Perkins, M. Dubson, N. D. Finkelstein ja C. E. Wieman, The design and validation of the colorado learning attitudes about science survey, 2005.
- [28] W. K. Adams, K. Perkins, N. S. Podolefsky, M. Dubson, N. D. Finkelstein ja C. E. Wieman, PhysPort Assessments: Colorado Learning Attitudes about Science Survey.
- [29] W. K. Adams, K. K. Perkins, N. S. Podolefsky, M. Dubson, N. D. Finkelstein ja C. E. Wieman, New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey.
- [30] M. Korventausta, Minäpystyvyyden yhteys ongelmanratkaisuun matematiikassa, 2020.
- [31] N. Balta ja M. Asikainen, Journal of technology and science education **9**, 378 (2019).
- [32] M. Milner-Bolotin, T. Antimirova, A. Noack ja A. Petrov, Attitudes about science and conceptual physics learning in university introductory physics courses, 2011.
- [33] N. Suwonjandee, T. Mahachok ja B. Asavapibhop, Evaluation of Thai students and teacher's attitudes in physics using Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS), 2018.

- [34] H. Alhadlaq, F. Alshaya, S. Alabdulkareem, K. K. Perkins, W. K. Adams ja C. E. Wieman, Measuring students' beliefs about physics in Saudi Arabia, 2009.
- [35] A. Laine, P. Aunio, A. Hakkarainen ja E. Väisänen, Vaikuttavuustekijöitä | ThinkMath.

Liitteet

A: CLASS - testin väittämät

Kysely

Pyydämme sinua arvioimaan kunkin väittämän valitsemalla numeron 1 – 5. Numerot tarkoittavat seuraavaa:

1. Täysin eri mieltä
2. Jokseenkin eri mieltä
3. En osaa sanoa
4. Jokseenkin samaa mieltä
5. Samaa mieltä

Valitse yksi viidestä vaihtoehdosta, joka parhaiten kuvaa näkemystäsi kyseisestä väittämästä. Jos mielipiteesi on neutraali, valitse vaihtoehto 3.

1. Mielestäni valtavan tietomäärän muistaminen on iso fysiikan oppimisen ongelma.
2. Ratkaistessani fysiikan tehtävää yritän päätellä mikä olisi lopputuloksen järkevä arvo.
3. Ajattelen arkielämäni liittyvää fysiikkaa.
4. Fysiikan oppimiseksi on tärkeää tehdä paljon tehtäviä.
5. Vaikka mielestäni ymmärrän tietyn fysiikan aiheen, on minulla ongelmia aiheeseen liittyvien tehtävien ratkaisemisessa.
6. Fysiikan tieto koostuu lukuisista irrallisista aiheista.
7. Kun fyysikoiden tietous karttuu, monet tänä päivänä tuntemamme fysiikan ajatukset osoittautuvat todennäköiseksi virheellisiksi.
8. Ratkaistessani fysiikan tehtävää etsin kaavan, joka sisältää tehtävässä annetut muuttujat, ja sijoitan arvot siihen.
9. Mielestäni opin hyvin fysiikkaa lukemalla fysiikan tekstin yksityiskohtaisesti.
10. Tehtävän voi ratkaista fysiikassa yleensä vain yhdellä tavalla oikein.
11. En ole tyytyväinen ennenkuin ymmärrän miksi jokin toimii kuten se tekee.
12. En voi oppia fysiikkaa, ellei opettaja selitä asioita hyvin oppitunnilla/luennolla.
13. Fysiikan kaavat eivät auta minua ymmärtämään fysiikkaa, sillä ne ovat vain laskemista varten.
14. Opiskelen fysiikkaa omaksuakseni tietoa, josta on hyötyä opiskelun ulkopuolisessa elämässä.
15. Jos en pysty ratkaisemaan fysiikan tehtävää ensimmäisellä yrityksellä, yritän yleensä keksiä toisenlaisen toimivan ratkaisutavan.
16. Lähes jokainen pystyy ymmärtämään fysiikkaa, jos tekee töitä sen eteen.
17. Fysiikan ymmärtäminen tarkoittaa yleisesti sitä, että pystyy muistamaan jotakin aikaisemmin lukemaansa tai näkemäänsä.
18. Jos käytän kahta eri tapaa fysiikan tehtävän ratkaisemiseen, voin saada tulokseksi kaksi eri arvoa, jotka ovat molemmat oikeita.
19. Ymmärtääkseni fysiikan sisältöjä keskustelen niistä ystäväieni ja muiden opiskelijoiden kanssa.
20. Jos en pysty ratkaisemaan fysiikan tehtävää viidessä minuutissa joko luovutan tai pyydän joltakulta apua.

21. Jos en muista kaavaa, johon koetehtävän ratkaiseminen perustuu, en pysty tekemään juuri mitään tehtävän ratkaisemiseksi.
22. Jos haluan käyttää yhden fysiikan tehtävän ratkaisumenetelmää toisen tehtävän ratkaisemisessa, tehtävien täytyy olla hyvin samanlaisia.
23. Jos ratkaistessani fysiikan tehtävää saan hyvin erilaisen tuloksen kuin mitä odotin, luotan tulokseen enkä yritä ratkaista tehtävää uudestaan.
24. Minun on ymmärrettävä fysiikan kaavat hyvin ennen kuin osaan käyttää niitä oikein.
25. Nautin fysiikan tehtävien ratkaisemisesta.
26. Fysiikassa matemaattiset kaavat ilmaisevat suureiden välisiä riippuvuuksia.
27. On tärkeää, että maan hallitus antaa virallisen hyväksynnän uusille tieteellisille ajatuksille ennen kuin ne voidaan hyväksyä laajasti.
28. Fysiikan oppiminen muuttaa näkemystäni siitä miten maailma toimii.
29. Oppiakseni fysiikkaa minun tarvitsee vain muistaa esimerkkitehtävien ratkaisut.
30. Päätelytaidot, joita käytän ymmärtääkseni fysiikkaa, voivat olla minulle hyödyllisiä arkielämässä.
31. Käytämme tätä väittämää sellaisten vastaajien vastausten hylkäämiseen, jotka eivät lue kysymyksiä. Valitse vaihtoehto 4 vastaustesi säilyttämiseksi.
32. Mielestäni on ajantuhlausta käyttää runsaasti aikaa fysiikan kaavojen alkuperän miettimiseen.
33. Mielestäni muutamien tehtävien huolellinen, yksityiskohtainen analysointi on minulle hyvä tapa oppia fysiikkaa.
34. Pystyn yleensä päättelemään miten fysiikan tehtävät ratkaistaan.
35. Fysiikalla oppiaineena on hyvin vähän tekemistä sen kanssa mitä koen ja havaitsen todellisessa maailmassa.
36. Ratkaisen usein fysiikan tehtävän useammalla kuin yhdellä tavalla ymmärtääkseni asian paremmin.
37. Ymmärtääkseni fysiikkaa mietin myös omia kokemuksiani ja pyrin liittämään ne tarkasteltavaan aiheeseen.
38. Fysiikan ajatuksia on mahdollista selittää ilman matemaattisia kaavoja.
39. Ratkaistessani fysiikan tehtävää pohdin sen taustalla olevaa fysiikkaa.
40. Jos ajaudun umpikujaan fysiikan tehtävän ratkaisemisessa, en todennäköisesti selviä siitä omin avuin.
41. On mahdollista, että kaksi fyysikkoa suorittavaa huolellisesti saman laboratoriokeksen saaden erilaiset tulokset, jotka ovat molemmat kuitenkin oikein.
42. Opiskellessani fysiikkaa pyrin yhdistämään omaksuttavan tiedon siihen mitä jo tiedän sen sijaan että vain opettelisin tiedon ulkoa.

B: CLASS - testin asiantuntijoiden vastaukset

CLASS Expert Response Key

A = Experts agree or strongly agree.
D = Experts disagree or strongly disagree.
N = There is no consensus expert response.
A only = "Agree" is the only correct answer to this question.

Question	Expert Response
1	D
2	A
3	A
4	N
5	D
6	D
7	N
8	D
9	N
10	D
11	A
12	D
13	D
14	A
15	A
16	A
17	D
18	D
19	A
20	D
21	D
22	D
23	D
24	A
25	A
26	A
27	D
28	A
29	D
30	A
31	A only
32	D
33	N
34	A
35	D
36	A
37	A
38	A
39	A
40	D
41	N
42	A

Kuva 6. Asiantuntijoiden vastaukset väittämiin.

C: CLASS - testin väittämien kategoriat

Taulukko II. Kyselyn väittämät kategorioittain.

Kategoriat	Väittämät jotka kuuluvat kategoriaan
Yhteys todellisuuteen	28, 30, 35, 37
Henkilökohtainen mielenkiinto	3, 11, 14, 25, 28, 30
Panostaminen asioista selvää ottamiseksi	11, 23, 24, 32, 36, 39, 42
Asioiden ymmärtäminen	1, 5, 6, 13, 21, 32
Ymmärryksen soveltaminen	1, 5, 6, 8, 21, 22, 40
Yleinen ongelman ratkaisukyky	13, 15, 16, 25, 26, 34, 40, 42
itsevarmuus ongelmanratkaisussa	5, 21, 22, 25, 34, 40
Ongelmanratkaisukyvykkyys	4, 7, 9, 31, 33, 41

D: CLASS-testin tulokset

Taulukko III. Cohenin d -arvot kaikille lukuvuosille kategorioittain. (S = suotuisat vastaukset ja E = epäsuotuisat vastaukset)

		2018-2019	2019-2020	2020-2021
Kaikki	S	0,1	0,1	-0,2
	E	-0,2	0,1	0,4
Henkilökohtainen mielenkiinto	S	0,1	0,1	-0,2
	E	-0,4	0,0	0,0
Yhteys todellisuuteen	S	0,2	-0,1	-0,3
	E	-0,5	-0,1	0,2
Yleinen ongelman ratkaisukyky	S	-0,1	0,1	-0,3
	E	0,0	0,2	0,2
Itsevarmuus ongelmanratkaisussa	S	0,0	0,2	-0,1
	E	0,1	-0,1	0,1
Ongelmanratkaisukyvykkyys	S	-0,1	0,4	-0,1
	E	0,1	0,1	0,4
Panostaminen asioista selvää ottamiseksi	S	-0,1	-0,5	0,0
	E	-0,4	0,2	0,1
Asioiden ymmärtäminen	S	0,0	0,1	-0,4
	E	0,1	0,4	1,0
Ymmärryksen soveltaminen	S	0,1	0,3	0,0
	E	0,0	0,2	0,5