

# Opiskelijoiden kokemuksia orientoivasta modernin fysiikan MOOC-opintojaksosta

Pro gradu-tutkielma, 22.12.2022

Tekijä:

VICTORIA HASSINEN

Ohjaajat:

PEKKA KOSKINEN

ANTTI LEHTINEN



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
FYSIIKAN LAITOS

© 2022 Victoria Hassinen

Julkaisu on tekijänoikeussäännösten alainen. Teosta voi lukea ja tulostaa henkilökohtaista käyttöä varten. Käyttö kaupallisiin tarkoituksiin on kielletty. This publication is copyrighted. You may download, display and print it for Your own personal use. Commercial use is prohibited.

## Tiivistelmä

Hassinen, Victoria

Opiskelijoiden kokemuksia orientoivasta modernin fysiikan MOOC-opintojaksosta

Pro gradu-tutkielma

Fysiikan laitos, Jyväskylän yliopisto, 2022, 65 sivua

Fysiikan opiskelun kynnyksen madaltamiseksi ja ihmisten innostamiseksi fysiikan pariin Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos on kehittänyt uudenlaisen, modernin fysiikan orientoivan MOOC-opintojakson (Massive Open Online Course, eli suurille osallistujamäärille suunnattu ilmainen verkkokurssi), jossa käsitellään yleistajuisella tasolla kvanttimekaniikkaa ja suhteellisuusteoriaa. Tässä tutkielmassa opintojaksoa tutkittiin alku- ja palautekyselyillä, joissa selvitettiin fysiikan opiskelun käsitysten muuttumista opintojakson aikana sekä osallistujien kokemuksia opintojaksosta ja MOOC-muotoisen toteutustavan onnistumisesta. Fysiikan tuoreet opinnot, aihepiiristä kiinnostuneisuus ja fysiikan opiskeluun myönteisesti suhtautuminen edesauttoivat opintojakson suorittamista, kun taas kielteiset käsitykset, ulkoiset osallistumismotivaattorit ja aiheiden syvällisen käsittelyn toivominen vähensivät sitä. Fysiikan yliopisto-opiskelu oli opintojakson jälkeen joko päämäärä tai entistä kaukaisempi asia. MOOC-muotoinen itseopiskelu ja omaan tahtiin eteneminen todettiin parhaiten toimiviksi opiskelijan henkilökohtaisten resurssien sen salliessa ja omatoimisen opiskelun ollessa jo entuudestaan tuttua. Oppimateriaalin selkeys, johdonmukaisuus sekä mahdollisten ongelmien ja kysymysten ennakointi auttoivat osallistujia opintojaksolla etenemisessä. Onnistunutta oli etenkin materiaalin audiovisuaaliset elementit sekä teorian tekstissä olleet keskustelut kuvitteellisten hahmojen tai kirjoittajan ja lukijan välillä. Kehityskohteiksi nousivat audiovisuaalisuuden lisääminen, lisäesimerkit, kertaosiot, useammat ja monipuolisemmat lasku- ja monivalintatehtävät sekä haastavammat teoriaosuudet ja tehtävät niistä kiinnostuneille.

Avainsanat: MOOC, verkko-opiskelu, suhteellisuusteoria, kvanttimekaniikka



## Abstract

Hassinen, Victoria

Students' experiences of an introducing modern physics MOOC course

Master's thesis

Department of Physics, University of Jyväskylä, 2022, 65 pages.

To lower the threshold for studying physics and to inspire people to physics, the Department of Physics at the University of Jyväskylä has developed a new, introducing modern physics MOOC course (Massive Open Online Course, i.e. a free online course for a large number of participants), whose topics are quantum mechanics and theory of relativity at a general level. In this thesis, the course was examined through initial and feedback surveys, which explored the changes in perceptions of studying physics during the course as well as the course experiences and the MOOC format's success from the perspective of the participants. Recent physics studies, interest in the subject and a positive attitude towards studying physics helped to complete the course while negative perceptions, external participation motivators and the desire for deep handling of topics reduced it. After the course, university studies in physics were either a goal or even more distant. Self-study in MOOC style and studying at your own pace worked best if the student's personal resources allowed it and if the self-study was already familiar. The clarity and consistency of the study material as well as the anticipation of any problems and questions helped the participants to progress in the course. The audiovisual elements of the material and discussions in the theory text between imaginary characters or the writer and the reader were particularly successful. Increasing of audiovisual elements and examples, refresher sections, diversified and a bigger amount of calculation tasks and multiple-choice questions as well as challenging theory sections and tasks for those who are interested in them should be added to the material to develop the course.

Keywords: MOOC, Online Learning, Quantum Mechanics, Theory of Relativity



## Esipuhe

Suuret kiitokset ohjaajilleni Pekka Koskiselle ja Antti Lehtiselle hyvästä, innostavasta ja asiantuntevasta ohjauksesta tämän tutkielman kaikissa vaiheissa. Sain ohjaajiltani koko prosessin ajan erinomaisia neuvoja ja vankkaa tukea. Kiitokset kuuluvat myös perheelleni, etenkin aviomiehelleni ja tyttärelleni. He tukivat tämän tutkielman työstämistä paitsi käytännön arkielämän tasolla myös pelkällä olemassaolollaan. Kiitän myös Sanoma Pro Oy:ta, joka lahjoitti lukion fysiikan oppimateriaaleja tutkittavaksi tätä tutkielmaa varten.

Jyväskylässä 22. joulukuuta 2022

Victoria Hassinen





## Sisällys

<b>Tiivistelmä</b>	<b>3</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>Esipuhe</b>	<b>7</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>13</b>
<b>2 MOOC ja lukion moderni fysiikka</b>	<b>15</b>
2.1 Opiskelun evoluutio . . . . .	15
2.2 MOOC - Massive Open Online Course . . . . .	15
2.2.1 Määritelmä . . . . .	15
2.2.2 Opiskelu MOOC-kurssilla . . . . .	17
2.2.3 Erilaisia MOOC-tyyppejä . . . . .	18
2.3 Oppimateriaalin laatu . . . . .	18
2.4 Moderni fysiikka lukiotasolla . . . . .	21
<b>3 Kvanttimekaniikkaa ja suhteellisuusteoriaa yleissivistävästi: modernin fysiikan orientoiva opintojakso</b>	<b>23</b>
3.1 Aihepiiri . . . . .	23
3.2 Toteuttaminen . . . . .	25

3.2.1	Laatukriteerit . . . . .	28
3.3	Opintojakson tutkiminen . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Tutkimuskysymykset</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>Menetelmät ja aineisto</b>	<b>37</b>
5.1	Aineiston kerääminen . . . . .	37
5.2	Alkukysely . . . . .	37
5.3	Palautekysely . . . . .	38
<b>6</b>	<b>Tulokset</b>	<b>40</b>
6.1	Alkukyselyn vastaukset . . . . .	43
6.1.1	Opintojakson suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden alkukyselyvastaukset . . . . .	46
6.2	Palautekyselyn vastaukset . . . . .	47
6.3	Likert-monivalintakysymysten vastaukset . . . . .	50
<b>7</b>	<b>Johtopäätökset</b>	<b>52</b>
7.1	Osallistujien käsitysten muuttuminen fysiikan yliopisto-opiskelusta opintojakson aikana . . . . .	52
7.2	Osallistujien käsitykset opintojakson MOOC-muotoisen toteutuksen onnistumisesta . . . . .	54
7.3	Osallistujien motivaation muuttuminen fysiikan opiskelua kohtaan opintojakson aikana . . . . .	56
7.4	Erot alkukyselyvastauksissa opintojakson suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden välillä . . . . .	57

	11
8 Päätäntö	60
Lähteet	62



# 1 Johdanto

Fysiikan opiskelu on lukiossa suhteellisen suosittua. Kevään 2022 fysiikan ylioppilaskokeeseen ilmoittautui peräti 8907 henkilöä, kun taas esimerkiksi biologiaa ilmoittautui kirjoittamaan 4271 ja kemiaa 5746 henkilöä.[1] Fysiikan ylioppilaskirjoituksiin osallistuneiden määrä on kasvanut vuosien aikana. Vuonna 2013 ylioppilaskokeeseen ilmoittautui keväällä ja syksyllä yhteensä 6313 henkilöä, kun taas vuonna 2022 oli yhteensä jopa 10 999 ilmoittautunutta. Määrä on siis melkein kaksinkertaistunut 9 vuoden aikana.[2]

Fysiikan suosion kasvu yo-kirjoituksissa ei kuitenkaan näy fysiikan yliopisto-opinnot aloittaneiden määrissä. Esimerkiksi keväällä 2021 Jyväskylän yliopiston fysiikan kandidaatti- ja maisteriohjelmaan opiskelupaikan vastaanottaneita oli 69, kun aloituspaikkoja oli 72 [3]. Vuotta aiemmin hyväksytyjä oli 47, kun aloituspaikkoja oli 72 [4]. Suurin osa fysiikan kirjoittaneista hakeutuukin jollekin muulle alalle, johon hakiessa fysiikan kirjoittamisesta on hyötyä joko fysiikan osaamisen vuoksi tai siksi, että fysiikasta saa yhteishaussa paljon pisteitä. Yksi suosituimmista tällaisista aloista on lääketiede.[5]

Keinona fysiikan opiskelijamäärien nostamiseen Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos on kehittänyt uudenlaisen, modernin fysiikan orientoivan MOOC-opintojakson, eli suurille osallistujamäärille suunnatun ilmaisen verkkokurssin (Massive Open Online Course). Opintojakson aiheet liittyvät suhteellisuusteoriaan ja kvanttimekaniikkaan, jotka ovat populaarikulttuurissakin suosittuja teemoja. Aiheita käsitellään yleistajuisella tasolla myös opintojakson oppimateriaaleissa. Tarkoituksena on innostaa ihmisiä fysiikan pariin ja madaltaa kynnystä fysiikan opiskeluun. Opintojakso on suunnattu pääasiassa lukiolaisille, mutta sopii myös kenelle tahansa muullekin, jolla on vaaditut fysiikan ja matematiikan esitiedot.

Tässä pro gradu- tutkielmassa tutkitaan opiskelijoiden kokemuksia kyseisestä modernin fysiikan MOOC-opintojaksosta. Tutkimuksen motivaationa on selvittää muun

muassa sitä, miten kyseinen modernin fysiikan MOOC-opintopaketti vaikuttaa opiskelijoiden käsityksiin ja asenteisiin fysiikan yliopisto-opiskelua ja opintopaketin aihepiiriä kohtaan. Lisäksi käsitellään hieman fysiikan opiskelua ja aihepiirejä lukiotasolla sekä sitä, motivoiko lukiofysiikka hakeutumaan fysiikan jatko-opintoihin yliopistoon.

## 2 MOOC ja lukion moderni fysiikka

### 2.1 Opiskelun evoluutio

Oppimateriaaleista perinteisin on fyysinen oppikirja. Oppikirjoja on käytetty läpi aikojen, ja ne ovat edelleen suuressa suosiossa. Vuosituhannen vaihteessa tietokoneet ja CD-ROM:it tulivat yleiseen käyttöön, jolloin niiden myötä kuva ja ääni kirivät oppimateriaaleissa tekstin rinnalle. Yhteiskunnan digitalisoituminen alkoi kiihtyä, ja 2000-luvulla oli jo joitain digitaalisia oppimateriaaleja perinteisen materiaalin tueksi – esimerkiksi tietokonepelit (kuten Alkupolku), nettisivut (kuten perunakellari.fi), ja tehtäväpaketit levykkeillä (kuten korpulla). 2010-luvulla alettiin panostaa digitaalisten oppikirjojen ja muun oppimateriaalin kehittämiseen.[6] Nykyään digitaalista oppimateriaalia käytetään esimerkiksi lukioissa jo paljon.

Etäopiskelulla on Suomessa yli satavuotiset perinteet. Etäopetus alkoi 1900-luvun alkupuolella kirjeopetuksen muodossa eli kirjekursseina. Radion ja television yleistyessä 1930-luvulla myös niitä alettiin käyttää etäopetusvälineinä. Radion ja television kautta tuli mahdolliseksi etäopiskella esimerkiksi kielikursseja. Ajan kuluessa etäopetuksen välineiksi tulivat myös erilaiset äänitteet, videot ja dvd:t.[7, s. 34.] 1990-luvulla alettiin järjestää myös ensimmäisiä verkkokursseja, ja 2010-luvun alussa ne alkoivat yleistyä ja niiden suosio kasvaa [6].

### 2.2 MOOC - Massive Open Online Course

#### 2.2.1 Määritelmä

MOOC, eli *Massive Open Online Course*, on nimensä mukaisesti suurille joukoille tarkoitettu ja kaikille avoin verkkokurssi, jonka yleensä yliopisto on kehittänyt. Kursin aihe liittyy yliopiston omaan opintotarjontaan, ja usein kurssi toimiikin yliopiston

”näyteikkunana” siihen, mitä kyseisessä yliopistossa voisi opiskella. Ensimmäiset MOOC-kurssit ilmestyivät jo vuonna 2008, mutta yleiseen tietoisuuteen ne tulivat muutamaa vuotta myöhemmin, vuonna 2012. Aluksi kurssit olivat englanninkielisiä, mutta nykyään kursseja on saatavilla jo lukuisilla eri kielillä.[8, s. 199–201.]

MOOC on usein määritelty hieman eri tavoin riippuen kurssintarjoajasta, mutta yleisesti MOOC:in perusominaisuudet ovat kuitenkin samat. Ne on määritelty monissa englanninkielisissä lähteissä seuraavasti:

*”An online course designed for large numbers of participants that can be accessed by anyone anywhere as long as they have an Internet connection, are open to everyone without entry qualifications and offer a full/complete course experience online, for free.”*[9]

Vapaasti suomennettuna MOOC on siis verkkokurssi, joka on suunniteltu suurille osallistujamäärille ja on saatavilla kenelle tahansa missä tahansa, kunhan vain käytössä on internet-yhteys. Kurssi on ilmainen ja pääsyvaatimuksia ei ole. Se on myöskin kokonainen kurssi, eikä esimerkiksi vain osa jotain suurempaa kurssikokonaisuutta. MOOC:in määritelmä on myös koottu taulukkoon 1.

**Taulukko 1.** MOOC:in kriteerit.

<b>Ominaisuus:</b>	<b>Kuvaus:</b>
<b>M - Massive</b> eli suuri	· Suurille osallistujamäärille (tuhansia/satoja tuhansia osallistujia)
<b>O - Open</b> eli avoin	· Kenelle tahansa missä ja milloin tahansa · Ei ennakkotieto- tai pääsyvaatimuksia · Ilmainen
<b>O - Online</b> eli verkossa	· Verkkokurssi · Internet-yhteys vaaditaan
<b>C - Course</b> eli kurssi	· Kokonainen kurssi



## 2.2.2 Opiskelu MOOC-kurssilla

MOOC-muotoiset kurssit ovat suosittuja ympäri maailman, ja niiden suosio myös kasvaa. Vuoden 2021 loppuun mennessä erilaisille MOOC-kursseille on osallistunut jopa 220 miljoonaa ihmistä.[10] Vuotta aiemmin luku oli 180 miljoonaa, joten vuodessa uusia osallistumisia on tullut lisää noin 40 miljoonaa.[11]

MOOC-kurssi suoritetaan itsenäisesti verkossa. Kurssimateriaaliin kuuluu usein muun materiaalin lisäksi myös videoituja luentoja, joita seuraamalla ja joihin liittyviä tehtäviä tekemällä kurssilla edetään. Kurssin tehtävät on yleensä suunniteltu automaattitarkisteisiksi. Vaikka materiaali onkin maksutonta, voi kurssitodistuksesta tai suoritusmerkinnästä kuitenkin joutua maksamaan.

Ennen kaikkea suuren osallistujamäärän vuoksi perinteisillä, massiivisilla MOOC-kursseilla opiskelijan ja opettajan yhteydenpito on usein vaikeaa, ellei suorastaan mahdotonta. Monilla MOOC-kursseilla on kuitenkin oma keskustelupalsta, jossa on mahdollista keskustella muiden kurssilaisten, toisinaan pienempien osallistujamäärien kursseilla myös opettajien kanssa. Pienemmällä kurssilla kurssilaiset voivat myös yleensä lähettää kysymyksiä ja kommentteja suoraan opettajalle, ja pedagogisena menetelmänä siellä usein onkin niin sanottu *flipped classroom*. Siinä opiskelijat hakevat opiskeltavan tiedon kurssin materiaaleista, ja opettajan ja opiskelijan yhteinen aika käytetään tämän tiedon hyödyntämiseen, kriittiseen tarkasteluun ja analysointiin. Opettajan aika käytetään siis ohjaukseen, palautteen antamiseen ja kommentointiin, ei luennointiin.[8, s. 199–201.]

Vaikka MOOC-kurssille osallistumiseen olisikin matala kynnys, on tällä suurella massakurssilla myös varjopuolensa. MOOC-kurssien suoritusprosentti vaihtelee noin 1 %:sta noin 50 %:iin, keskimäärin suorittaneita on noin 13 %.[12] Todella suuresta osallistujamäärästä vain pieni osa siis lopulta suorittaa kurssin. Monet ilmoittautuvatkin kurssille vain katsomaan kurssin sisällön, joka usein on piilotettu muilta kuin kurssille ilmoittautuneilta. Tämän lisäksi suurin osa MOOC-kursseista on johdantokursseja kurssin tarjoavan yliopiston varsinaisiin opintoihin, eikä kurssilla päästä syventymään aiheeseen syvällisesti. Kurssin aiheen tuntemus jää siten usein vain pintaraapaisuksi. Kurssitodistuksesta, eli todistuksesta kurssin suorittamisesta, ei välttämättä ole hyötyä varsinaisissa yliopisto-opinnoissa, ja monet yliopistot myöntävätkin ainoastaan osallistumistodistuksen, eli todistuksen kurssilla mukana olemisesta.

Muutoksia kuitenkin tapahtuu, ja monin paikoin kursseja voidaankin jo hyväksilukea opintoihin. Aiheeseen tutustuminen MOOC-kurssin kautta voi joka tapauksessa auttaa aiheeseen perehtymisessä ja olla muutenkin hyvää itsensä sivistämistä, vaikka kurssisuorituksesta ei hyötyisikään muissa opinnoissa.[8, s. 202–203.]

### 2.2.3 Erilaisia MOOC-tyyppejä

MOOC-kurssit voidaan jaotella kolmeen eri tyyppiin: xMOOC, cMOOC ja quasi-MOOC. Näistä xMOOC sisältää perinteistä opetusta, kuten luentovideoita. kurssilla opettaja on ”ekspertti”, joka opettaa kurssilaisia. Kurssin assistentit voivat vastata kurssin foorumeilla kurssilaisten kysymyksiin.[13]

Yleisemmin käytössä oleva MOOC on cMOOC, jossa opiskelu tapahtuu opiskelijälähtöisemmin. Kurssilla opiskelija valitsee itselleen sopivan opiskelutavan, ja kurssilla onkin useita eri työkaluja käytössä sitä varten. Kurssin sisältö on saatavilla esimerkiksi wikissä tai nettisivulla. Kurssilla eteneminen tapahtuu osissa, viikkoteemojen kautta. Kurssin asiat on siis jaoteltu viikon mittaisiin osioihin, joista jokaisella on oma tema ja siihen liittyvät tehtävät. Kurssilla opiskelijat voivat olla yhteydessä toisiinsa esimerkiksi keskustelupalstan kautta.[13]

Kolmas MOOC-tyyppi, quasi-MOOC, ei varsinaisesti ole kurssimuotoinen. Tällainen MOOC on yleensä verkossa oleva tutoriaalityyppinen kokonaisuus.[13] Tästä hyvä esimerkki on Khan Academy [14].

## 2.3 Oppimateriaalin laatu

Laatu on välttämätön ominaisuus hyvälle oppimateriaalille. Verkko-oppimateriaaleja on kuitenkin olemassa monenlaisia ja -tasoisia. Kehittämällä verkko-oppimateriaaleille laatukriteerit voidaan paremmin varmistaa niiden laadukkuus, tuotanto ja levitys. Laatukriteeristöjä on monenlaisia, joten erilaisista kriteeristöistä on koottu yksi yhtenäinen malli, joka kokoaa yhteen pedagogiset, sisällölliset ja välineelliset laatukriteerit.[15]

Pedagogisesta näkökulmasta (taulukko 2) verkko-oppimateriaalista tekee laadukkaan monipuoliset, motivoivat ja tarpeeksi haastavat materiaalit ja tehtävät. Tehtävien

arvioinnin on myös oltava opiskelijan oppimista tukevaa, autenttista ja tehtäviin integroitua. On myös tärkeää sitouttaa tehtävät elävään elämään, jotta opiskelija saa niistä hyvän ja konkreettisen käsityksen. Laadukkaassa oppimateriaalissa painotetaan oppimista, ei opettamista. Opiskelijoita myös ohjataan tuottamaan itse tietoa yhdessä muiden kanssa.[15]

Sisällöllisesti laadukkaassa verkko-oppimateriaalissa (taulukko 3) otetaan huomioon se, että materiaali on selkeää, ajantasaista ja helposti löydettävissä. Oppimateriaalin tulee heijastaa opiskelijoille erilaisia näkökulmia, jotta aiheesta saadaan mahdollisimman hyvä kokonaiskäsitys. Aihetta voidaan siis käsitellä monin eri tavoin ja monista eri lähtökohdista. Verkko-oppimateriaaleissa mediaelementtien käyttö on myös keskeinen osa materiaalia, joten niiden on myös oltava tilanteeseen sopivia.[15]

Välineellinen laatu (taulukko 4) on niin ikään tärkeää verkko-oppimateriaalille. Oppimateriaalin on oltava saatavilla luotettavassa käyttöliittymässä, johon materiaalit ja esimerkiksi aikataulut päivitetään säännöllisesti. Käyttöliittymän on oltava myös tarpeeksi helppo käyttää, jotta välttyttäisiin ongelmilta sen teknisten ominaisuuksien kanssa. Käyttöliittymän on myös mahdollistettava ja kannustettava dialogiin opiskelijoiden ja opettajan välillä esimerkiksi kurssialustan chat-toiminnon ja viestien välityksellä. Oppimateriaalin on yhtä lailla oltava opiskelijoille helposti saavutettavissa, eikä materiaalin avautuminen saa kestää liian kauan. Sen on myös oltava tasapuolisesti saatavilla kaikille opiskelijoille ja toimittava esimerkiksi kaikenlaisilla internetselaimilla tai tietokoneen käyttöliittymillä. On myös tärkeää, että organisaatio pitää kaikki omat verkkokurssinsa ja verkko-oppimateriaalinsa visuaalisesti yhtenäisinä, jotta ne on helppo tunnistaa muun materiaalin joukosta.[15]

**Taulukko 2.** Verkko-oppimateriaalin pedagogiset laatuksiteerit [15].**PEDAGOGINEN LAATU:****Autenttiset tehtävät ja oppimistilanteet**

- tehtävien tilannesidonaisuus elävään elämään

**Yhteistoiminnallisuuden mahdollisuus**

- opiskelijat tuottavat yhdessä tietoa

**Opiskelijakeskeinen ympäristö**

- pääpaino on oppimisessa, ei opetuksessa

**Sitouttaminen**

- oppimisympäristö, verkko-oppimateriaali ja verkkotehtävät ovat haastavia ja motivoivia

**Mielekäs arviointi**

- autenttinen ja integroitu arviointi tukee opiskelijan oppimista

**Taulukko 3.** Verkko-oppimateriaalin sisällölliset laatuksiteerit [15].**SISÄLLÖLLINEN LAATU:****Saavutettavuus**

- materiaalit on järjestetty niin, että ne ovat helposti löydettävissä

**Ajankohtaisuus**

- verkko-oppimateriaalit eivät ole liian vanhoja sopimaan opetettavaan ainekseen

**Runsas**

- materiaalit heijastavat erilaisia näkökulmia opetettavaan ainekseen

**Välineen asianmukainen käyttö**

- erilaisten mediaelementtien tilanteeseen sopiva käyttö

**Syrjimättömyys**

- materiaaleissa on otettu huomioon erilaiset sosiaaliset, kulttuuriset sekä sukupuoliset (gender) näkökulmat

**Taulukko 4.** Verkko-oppimateriaalin välineelliset laatuksiteerit [15].

<p><b>VÄLINEELLINEN LAATU:</b></p> <p><b>Luotettava ja vakaa käyttöliittymä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· verkko-oppimateriaalit ovat ajantasaisia ja virheettömiä</li> </ul> <p><b>Sopivat kaistanopeudet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· verkko-oppimateriaalien avautuminen ei kestä kohtuuttoman kauan</li> </ul> <p><b>Selkeät tavoitteet, ohjeet ja oppimissuunnitelmat</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· tekninen toteutus tukee opiskelijalle viestitettyjä tavoitteita</li> </ul> <p><b>Viestintä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· ympäristö mahdollistaa ja kannustaa teknisesti dialogiin opiskelijoiden sekä opettajan välillä</li> </ul> <p><b>Tasavertaisuus ja käytettävyys</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· kaikilla opiskelijoilla on tasavertaiset mahdollisuudet käyttää ympäristöä ja materiaaleja</li> </ul> <p><b>Tunnistettava kurssialustatyö</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· saman organisaation verkkokurssit ja niihin liittyvät verkko-oppimateriaalit näyttävät samanlaisilta ja ovat siten helposti tunnistettavissa</li> </ul>
---

## 2.4 Moderni fysiikka lukiotasolla

Uusimmissa, vuonna 2021 voimaan tulleissa lukion opetussuunnitelman perusteissa [16] painotetaan laaja-alaista osaamista oppiaineissa. Fysiikan osalta perusteissa todetaan, että ”fysiikan opetus ohjaa luonnontieteille ominaiseen ajatteluun, tiedonhankintaan, tietojen käyttämiseen, ideointiin, vuorovaikutukseen sekä tiedon luotettavuuden ja merkityksen arviointiin. Opetus kehittää yhteiskunnallista osaamista antamalla opiskelijalle valmiuksia osallistua yhteiskunnalliseen keskusteluun ja vaikuttaa yhteiseen päätöksentekoon”. Yleisesti fysiikan opetuksen tavoitteet liittyvät fysiikan merkitykseen, arvoihin ja asenteisiin, tutkimisen taitoihin sekä fysiikan tietoihin ja niiden käyttämiseen.[16]

Lukion opetussuunnitelmassa on siirrytty kursseista moduuleihin uusimpien lukion opetussuunnitelman perusteiden myötä. Opetushallitus kertoo, että ”pakolliset ja valtakunnalliset valinnaiset opinnot on jäsennelty opetussuunnitelman perusteisiin 1–3 opintopisteen moduuleiksi, joista paikallisesti rakennetaan joko oppiaineiden omia

tai yhteisiä opintojaksoja” [17]. Opetussuunnitelmassa on tarjolla kahdeksan fysiikan moduulia, joista kaksi ensimmäistä on pakollisia ja loput valinnaisia. Moduulien aihepiirit koostuvat pääasiassa teknologiasta, kestävästä kehityksestä ja ympäristöstä. Moderni fysiikka, eli suhteellisuusteoria ja kvanttifysiikka, on perinteisesti painottunut viimeisiin fysiikan kursseihin, yleensä joko 7. tai 8. kurssiin. Uusimmissa opetussuunnitelman perusteissa modernia fysiikkaa on käsitelty viimeisessä moduulissa FY8 Aine, säteily ja kvantittuminen. Moduulin tavoitteena on, että opiskelija

- tuntee ionisoivan säteilyn vaikutukset ja tutustuu säteilyn turvalliseen käyttöön
- tutustuu kvanttifysiikkaan perustuvaan maailmankuvaan alkeishiukkasfysiikasta kosmologiaan ja
- ymmärtää kvantittumiseen perustuvan teknologian merkityksen nyky-yhteiskunnassa.

[16]

Vuoden 2015 lukion opetussuunnitelman perusteista lähtien lukiofysiikassa ei enää suoraan viitata suhteellisuusteoriaan [18]. Tämän opetussuunnitelman perusteiden mukaisessa fysiikan oppikirjassa FY7: Aine ja säteily (Sanoma Pro 2021) suhteellisuusteoria on mainittu yhdellä sivulla, kun vielä aiemmin esimerkiksi vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteiden [19] mukaisessa fysiikan oppikirjassa *Physica 8: Aine ja säteily* (Sanoma Pro 2013) suhteellisuusteoriaa on käsitelty enemmän; esimerkiksi aikadilaatiosta ja pituuskontraktiosta on kirjassa teorian lisäksi myös laskutehtäviä, ja gravitaatiosta ja supersäieteoriasta kerrotaan yleistietoja. Vuoden 1994 lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaisessa fysiikan oppikirjassa *Fotoni 8: Moderni fysiikka* (Otava 2003) taas on omistettu kokonainen luku suhteellisuusteorialle.

Kvanttifysiikan sisällöt ovat opetussuunnitelman perusteiden päivittyessä pysyneet pääpiirteittäin samoina, eikä kvanttifysiikan käsittelyssä ole suuria eroja eri opetussuunnitelmien välillä. Kvanttifysiikan aiheita lukiossa ovat kvantittuminen, atomin rakenne, atomin ydin sekä ydinreaktiot, säteily ja radioaktiivisuus. Hiukkasfysiikan asiat on jätetty monelta osin pois vuoden 2016 lukion opetussuunnitelman perusteista [18] lähtien, kun vielä aiemmin niitä käsiteltiin usein yhdessä suhteellisuusteorian kanssa.

### **3 Kvanttimekaniikkaa ja suhteellisuusteoriaa yleisivistävästi: modernin fysiikan orientoiva opintojakso**

Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella kehitettiin vuonna 2020 ensimmäinen pelkästään verkossa oleva itseopiskeltava modernin fysiikan opintojakso. Opintojaksoa oli kehittämässä työryhmä, joka paitsi ideoi opintojakson sisällön myös käytännössä rakensi opintojakson teoriaosiot ja tehtävät. Allekirjoittanut oli myös osa tätä työryhmää. Opintojakso on jatkuvasti saatavilla sekä Jyväskylän avoimen yliopiston opinnoissa että Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen omana opintojaksona päätoimisille opiskelijoille. Opintojakso on toteutettu MOOC-muotoisena. Se käyttää alustanaan OnlineCourses-sivustoa, joka on MOOC-muotoisille opintojaksoille räätälöity Moodle-versio. Ainoastaan opintojakson ensimmäinen toteutus käyttää alustanaan perinteistä Moodlea.

#### **3.1 Aihepiiri**

Opintojakson aiheet liittyvät kvanttimekaniikkaan ja suhteellisuusteoriaan. Molemista aiheista on tehty omat kokonaisuudet, johon kumpaankin sisältyy useita osioita (taulukko 5). Kuvassa 1a näkyy osa osiosta ”Voivatko 10 m pitkät tikapuut mahtua 9 m pitkään varastoon?” ja kuvassa 1b on esimerkkikohta osiosta ”Miten Schrödingerin kissa voi olla samaan aikaan elävä ja kuollut, vai voiko?”. Opintojakso on suunnattu pääasiassa lukiolaisille, mutta sopii myös kenelle tahansa muullekin aiheesta kiinnostuneelle. Aiheita käsitellään populaarilla eli yleistajuisella tasolla, mutta opintojakson esitietovaatimuksina ovat lukiotason fysiikka ja matematiikasta derivaatta, integraali ja todennäköisyydet.

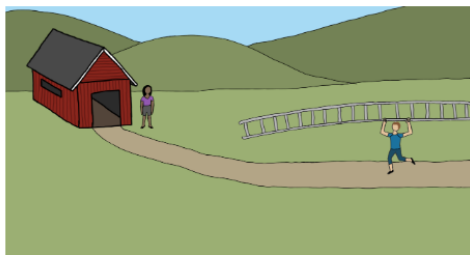
**Taulukko 5.** Opintojakson kvanttimekaniikan ja suhteellisuusteorian osiot.

<b><u>Kvanttimekaniikka</u></b>	<b><u>Suhteellisuusteoria</u></b>
· Mitä kvantti oikein tarkoittaa?	· Onko kaikkialla universumissa sama nykyhetki?
· Voiko hiukkanen olla kahdessa eri paikassa yhtä aikaa?	· Voiko liikkuva henkilö oikeasti vanheta paikallaan olevaa henkilöä hitaammin?
· Voiko hiukkasen paikan mitata tarkasti?	· Voivatko 10 m pitkät tikapuut mahtua 9 m pitkään varastoon?
· Miten hiukkasen tilaa kuvataan kvanttimekaniikassa?	· Mitä $E=mc^2$ tarkoittaa?
· Voiko hiukkanen tunnetuista seinästä lävitse?	· Mitä eroa on suppealla ja yleisellä suhteellisuusteorialla?
· Millainen on kvanttimekaaninen atomimalli?	· Mikä on musta aukko?
· Miksi kvanttiefektejä ei havaita suurilla kappaleilla?	· Miten maailmankaikkeus syntyi ja mitä sille tapahtuu?
· Miten Schrödingerin kissa voi olla samaan aikaan elävä ja kuollut, vai voiko?	
· Mitä tarkoittaa hiukkasten lomittuminen?	
· Mihin perustuu kvanttietokoneen toiminta?	



Seurataanpa Isan ja Unon välistä keskustelua aiheesta:

Uno: "Tuossa ei ole kyllä mitään järkeä, että 10 m pitkät tikkaat mahtuisivat 9 m pitkään varastoon..."



Kuva 1. Isa seisoo varaston nurkalla, Uno seisoo tikapuut käsissään.

Isa: "Ei olekaan. Mutta aiemmista tehtävissähän puhuttiin ajasta ja nopeuksista. Mitenköhän asioiden nopeudet vaikuttavat tässä?"

Uno: "Tarkoitatko tikkaiden ja varaston nopeuksia?"

Isa: "Niin. Jos on 10 m pitkät tikkaat, joita yritetään laittaa vaakatasossa 9 m pitkään varastoon, niin eihän se tietenkään onnistu. Mutta mitä jos juokset tikkaiden kanssa varastoon todella nopeasti?"

Uno: "Miten se voisi vaikuttaa asiaan?"

Isa: "Kaksosparadoksissahan (Voiko liikkuva henkilö oikeasti vanheta paikallaan olevaa hitaammin?) suurella nopeudella kulijan aika hidastuu ulkopuolelta katsottuna. Ajan kulku riippuu tarkastelijan näkökulmasta. Näyttävätkö tikkaat erilaiselta meidän näkökulmistamme, jos minä selson varaston vieressä ja sinä juokset niiden kanssa? Mitä kumpikin meistä näkee?"

### Tikapuukysymys 1

Mitä näet, kun olet Isa ja seisot varaston vieressä.

Uno ja tikkaat lähestyvät Isaa.

Varasto lähestyy Isaa.

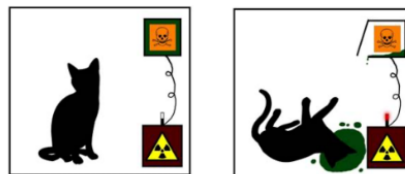
Mikään ei liiku.

Tarkista

(a)

### MITEN SCHRÖDINGERIN KISSA VOI OLLA SAMAAAN AIKAAN ELÄVÄ JA KUOLLUT, VAI VOIKO?

Schrödingerin kissa on Erwin Schrödingerin kehittämä ajatuskoe. Ajatuskokeessa kissa on suljetussa laatikossa. Laatikossa kissan vieressä on myrkkystä, jonka avautumista kontrolloi radioaktiivinen atomi. Tämä atomi hajoaa 50 % todennäköisyydellä tunnin sisällä. Kun atomi hajoaa, ilmaisin havaitsee hajoamisesta seuraavan säteilyn, avaa myrkkystä ja kissa kuolee. Kissan terveydentila on siis kausaalisesti sidottu riippumaan suoraan atomin kvanttimekaanisesta tilasta.



Kuva 1. Schrödingerin kissa on atomin tilasta riippuen joko elävä tai kuollut.

Mitä ihmeellistä tuossa on? Kissa on siis joko elävä tai kuollut.

Arkipäiväisesti ajateltuna kokeessa ei olekaan mitään ihmeellistä ja kissa on laatikossa joko elävänä tai kuolleena. Kvanttimekaniikan lakien mukaan näin ei kuitenkaan periaatteessa välttämättä olisi, sillä ennen laatikkoon katsomista atomi ja sitä kautta myös kissa ovat kvanttimekaanisessa superpositiossa.

Superpositiota olemme jo käsitelleetkin. Kerrataisiinko kuitenkin vielä?

Superposition pitäisi terminä olla tuttu tavallisesta aaltoliikkeestä (katso myös kysymys [Miten hiukkanen voi olla samaan aikaan kahdessa eri paikassa?](#)). Aaltoliikkeen superpositioperiaatteen mukaan toisensa kohtaavat aallot muodostavat uuden aallon, joka on yksittäisten aaltojen summa.

Esimerkiksi kun kaksi samansuuntaista aaltoa kohtaavat, ne muodostavat yhdessä suuremman aallon, jonka amplitudi on alkuperäisten aaltojen amplituidien summa. Tällöin aallot siis ovat superpositiossa.

(b)

**Kuvio 1.** Esimerkkikohtia oppimateriaalin eri osioista. Kuvassa (a) on kuvankaappaus Moodle-toteutuksen suhteellisuusteorian osiosta "Voivatko 10 m pitkät tikapuut mahtua 9 m pitkään varastoon?" ja kuvassa (b) on kuvankaappaus OnlineCourses-toteutuksen kvanttimekaniikan osiosta "Miten Schrödingerin kissa voi olla samaan aikaan elävä ja kuollut, vai voiko?"

## 3.2 Toteuttaminen

Opintojakso on MOOC-tyypiltään pääasiassa xMOOC. Verkko-oppimateriaali koostuu teorialukemista, videoista, kuvista, animaatioista sekä näihin liittyvistä tehtävistä, joita opiskelija käy läpi itsenäisesti. Teoriaosuudessa on pyritty välttämään perinteistä pitkää ja puuduttavaa leipätekstiä laittamalla tekstin joukkoon muun muassa kuvia ja animaatioita. Teksti on myös osin tehty dialogiksi kuvitteellisten hahmojen välille, esimerkiksi opettajan ja oppilaan. Vaikka opintojakso painottuukin xMOOC-tyyppiseksi, myös cMOOC-piirteitä löytyy; opettajalle on mahdollista lähettää kysymyksiä esimerkiksi tehtäviin ja opintojakson aiheisiin liittyen.

Opintojakso suoritetaan käymällä läpi opintojakson Moodle- tai OnlineCourses-sivustolla oleva teoriamateriaali sekä vastaamalla monivalinta- ja pohdintatehtäviin aina jokaisen käsiteltävän aiheen jälkeen. Osiot suositellaan käytävän läpi annettussa järjestyksessä. Suositeltu etenemistahti on kaksi osiota viikossa, jolloin koko opintojakson suoritusaika on noin kaksi kuukautta. Opintojakson voi kuitenkin suorittaa myös omaan tahtiin. Opintojakso arvostellaan asteikolla hyväksytty/hylätty ja on kahden opintopisteen arvoinen. Opintojakson suorittaminen hyväksytysti vaatii vähintään puolet pisteistä kvanttimekaniikan ja suhteellisuusteorian osioiden sisältökysymyksistä sekä jokaisen osion kaikkiin palautekysymyksiin vastaamista. Pohdintatehtävien vastaukset eivät vaikuta arviointiin. Opintojakson Moodle- ja OnlineCourses-toteutusten aloitussivut ovat kuvissa 2b ja 2a. Visuaalisesti toteutukset ovat keskenään hieman erilaiset, mutta pääpiirteittäin yhtenevät.

Erillislaitokset / Johdanto

## FYSY0100 Kvanttimekaniikkaa ja suhteellisuusteoriaa yleissivistävästi (tutkinto-opiskelijoille)

Kurssi Asetukset Osallistujat Arvioinnit Raportit Lisää ▾

Pääsivu Ohjeet Johdanto Kvanttimekaniikka Suhteellisuusteoria Päätös Palautekysely

### Mistä kvanttimekaniikassa ja suhteellisuusteoriassa on kyse?

Ennen kuin aloitamme matkamme kvanttimekaniikan ja suhteellisuusteorian ihmeelliseen maailmaan, pyydämme sinua vastaamaan kurssin esikyselyyn. Näin saamme tietoa laista kursilla opiskelees ja mitä ajattelet aiheesta etukäteen.

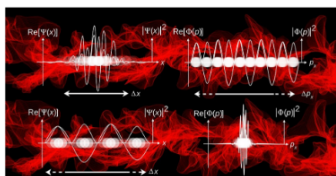
ESIKYSELY

Kiitos! Nyt matka voi alkaa.

Mistä siis onkaan kyse? Kvanttimekaniikassa ja suhteellisuusteoriassa eli **modernissa fysiikassa** kyse ei ole sen vähemmästä kuin aiheen, ajan ja avaruuden rakenteen todellisuudesta sekä nykYTEKNOLOGIAN perustasta. Itse asiassa kyse on koko maailman kuvastamme! Ja vaikka mukana on sana *moderni*, niin kyse on silti ilmiöistä joista suurin osa on löydetty jo kymmeniä vuosia sitten!

Saattaa kuulostaa ylevältä, mutta otetaan pari esimerkkiä.

- Oletatko, että kulkijalla maailmankaikeudessa on sama hetki 'nyt'?
- Luuletko teleportaation olevan mahdollista?
- Ajatteletko, että hiukkasilla on aina tietty, määrätty paikka?
- Pitätkö vanhentunutta nopeassa matkustamisessa pelikään soft-höpi-höpinä?
- Oletko varma, että mikään ei voi edetä valonnopeutta nopeampana?
- Luotatko kappaleen pituuden olevan mitaajasta riippumaton?



(a)

JYU Online Courses

## Kvanttimekaniikkaa ja suhteellisuusteoriaa yleissivistävästi 21-22

Pääsivu Kurssin ohjeet Mistä on kyse? Kvanttimekaniikka Suhteellisuusteoria Tässäkö kaikki? Palautekysely

### MISTÄ VERKKOKURSSILLA ON KYSE?

Ennen kuin aloitamme matkamme kvanttimekaniikan ja suhteellisuusteorian ihmeelliseen maailmaan, pyydämme sinua vastaamaan kurssin esikyselyyn. Näin saamme tietoa laista kursilla opiskelees ja mitä ajattelet aiheesta etukäteen.

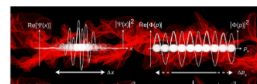
Esikysely

Kiitos! Nyt matkamme voi alkaa.

Mistä siis onkaan kyse? Kvanttimekaniikassa ja suhteellisuusteoriassa eli **modernissa fysiikassa** kyse ei ole sen vähemmästä kuin aiheen, ajan ja avaruuden rakenteen todellisuudesta sekä nykYTEKNOLOGIAN perustasta. Itse asiassa kyse on koko maailman kuvastamme! Ja vaikka mukana on sana *moderni*, niin kyse on silti ilmiöistä joista suurin osa on löydetty jo kymmeniä vuosia sitten!

Saattaa kuulostaa ylevältä, mutta otetaan pari esimerkkiä.

- Oletatko, että kulkijalla maailmankaikeudessa on sama hetki 'nyt'?
- Luuletko teleportaation olevan mahdollista?
- Ajatteletko, että hiukkasilla on aina tietty, määrätty paikka?
- Pitätkö vanhentunutta avaruustutustamisessa pelikään soft-höpi-höpinä?
- Oletko varma, että mikään ei voi edetä valonnopeutta nopeampana?
- Luotatko kappaleen pituuden olevan mitaajasta riippumaton?



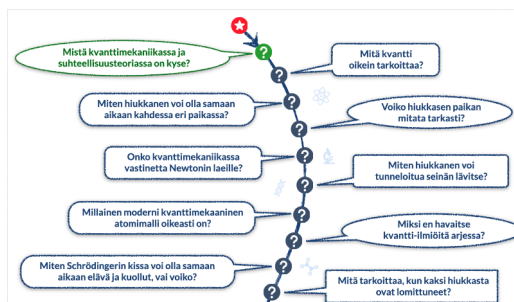
(b)

Pääsivu Kurssin ohjeet Mistä on kyse? Kvanttimekaniikka Suhteellisuusteoria Tässäkö kaikki? Palautekysely



Tervetuloa Kvanttimekaniikkaa ja suhteellisuusteoriaa yleissivistävästi -kurssille!

Tervetuloa opiskelemaan modernin fysiikan ihmeellisiä yleistäyksiä teoilla! Voit aloittaa kurssin navigoinnin alta.



(c)

**Kuvio 2.** Kuvassa (a) kuvankaappaus Moodle-toteutuksen ja kuvassa (b) OnlineCourses-toteutuksen aloitussivulta. Kuvassa (c) on OnlineCourses-toteutuksen pääsivu, jonka yläosassa on palkit kurssin eri osioihin ja joiden alta löytyy oikopolut opintojakson jokaiseen osioon.

### 3.2.1 Laatuksiteerit

Tässä kappaleessa tarkastellaan luvussa 2.3 mainittujen verkko-oppimateriaalin laatuksiteerien toteutumista opintojaksolla. Laatuksiteerien toteutuminen on koottu taulukoihin 6, 7 ja 8.

**Taulukko 6.** Pedagogiset laatuksiteerit ja niiden toteutuminen opintojaksolla.

<u>Pedagoginen laatu:</u>	<u>Toteutuu</u>	<u>Toteutuu osittain</u>	<u>Ei toteudu</u>
<b>Autenttiset tehtävät ja oppimistilanteet</b> · tehtävien tilannesidonnaisuus elävään elämään	x		
<b>Yhteistoiminnallisuuden mahdollisuus</b> · opiskelijat tuottavat yhdessä tietoa			x
<b>Opiskelijakeskeinen ympäristö</b> · pääpaino on oppimisessa, ei opetuksessa	x		
<b>Sitouttaminen</b> · oppimisympäristö, verkko-oppimateriaali ja verkkotehtävät ovat haastavia ja motivoivia		x	
<b>Mielekäs arviointi</b> · autenttinen ja integroitu arviointi tukee opiskelijan oppimista		x	

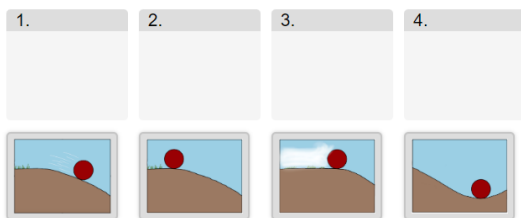
Opintojakson tehtävät pyrittiin rakentamaan mahdollisimman hyvin niin, että niissä olisi kosketuspintaa elävään elämään. Esimerkkejä keksittiin mahdollisuuksien mukaan elävästä elämästä. Opintojakson materiaalit myös kuvitettiin mahdollisimman maanläheisesti ja helposti ymmärrettävästi, kuten nähdään esimerkiksi osiosta ”Mitä eroa on suppealla ja yleisellä suhteellisuusteorialla?” kuvassa 4a. Pedagogisten laatuksiteerien ensimmäinen kohta ”Autenttiset tehtävät ja oppimistilanteet” siis toteutuu (taulukko 6).



**Animaatio 1.** Kahden symmetrisen aaltopulssin törmäminen.

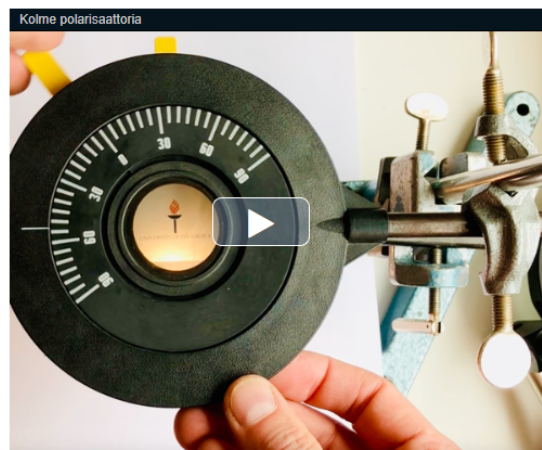
(a)

Laita kuvat aikajärjestykseen



Tarkista

(c)



**Video 1.** Kolmas polarisaatiofilteri muuttaa valon polarisaatiota, jolloin valo voi päästä kaikkien kolmen polarisaatiofiltereiden läpi. Mikäli sinulla on käytössäsi vaikkapa polarisoivia aurinkolaseja, voit tehdä tämän kokeen myös itse!

(b)

Millä nopeudella ystäväsi nyt etäänny sinusta?

Millä nopeudella ystäväsi nyt etäänny sinusta?

Millä nopeudella ystäväsi nyt etäänny sinusta?

120 km/h

240 km/h

✘ 0 km/h

Etäännyntä kyllä tapahtuu.

0/1

Katso vastaus Yritä uudelleen

Käytä uudelleen Upota

(d)

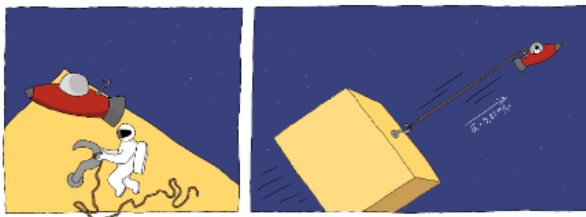
**Kuvio 3.** Audiovisuaalisia ja interaktiivisia elementtejä oppimateriaalissa. Kuvissa (a) animaatio, (b) video, (c) tehtävä ja (d) interaktiivinen palaute väärin vastattuun tehtävään.

Yllättäen hän kuitenkin tömähtää laatikon pohjalle! Isasta tuntuu siltä kuin hän olisi tullut takaisin Maan pinnalle, aivan kuin laatikkoon olisi yllättäen syntynyt painovoimakenttä. Hän nousee seisomaan ja huomaa voivansa kävellä laatikon pohjalla. Jokin voima painaa häntä laatikon pohjalle! Isa on hämmentynyt: "Mikä ihmeen taikalaatikko tämä oikein on? Laatikossa täytyy olla jotakin edistynyttä teknologiaa."



Kuva 4. Laatikon sisällä ollessaan Isa yllättäen tömähtää laatikon pohjalle.

Edistyneestä teknologiasta ei kuitenkaan ollut kyse, sillä laatikon ulkopuolelle jäänyt Uno olikin keksinyt tehdä Isalle jäynää. Hän oli kiinnittänyt laatikon katolla olevaan koukkuun köyden, sitonut köyden toisen pään avaruusrakettiin, ja lähtenyt raketilla liikkeelle vakiokiihtyvyydellä  $9,81 \text{ m/s}^2$ , laatikkoa perässään vetäen. Tämän kiihtyvän liikkeen vuoksi Isa oli tömähtänyt laatikon pohjalle. Hän oli luullut painon tunteen liittyvän gravitaatioon, vaikka se olikin liittynyt laatikon kiihtyvään liikkeeseen.



Kuva 5. Uno teki Isalle jäynää.

(a)

(b)

**Kuvio 4.** Esimerkkikohtia oppimateriaalin havainnollistavista ja oppimista tukevista elementeistä. Kuvassa (a) kuvitusta osiossa "Mitä eroa on suppealla ja yleisellä suhteellisuusteoriolla?" ja kuvassa (b) opiskelijan kysymysten ennakoitua osiossa "Onko kaikkialla maailmankaikkeudessa sama nykyhetki?"

Pedagogisten laatukriteerien seuraava kohta "Yhteistoiminnallisuuden mahdollisuus" puolestaan ei toteudu opintojaksolla (taulukko 6). Opiskelijoilla ei ole mahdollisuutta tehdä yhteistyötä toistensa kanssa verkkomateriaalin ja alustan kautta. Toki opiskelijoilla on mahdollisuus tehdä tehtäviä ja opiskella yhdessä muutoin, jos he esimerkiksi tuntevat toisensa jo entuudestaan.

Opintojaksolla painotetaan itsenäistä oppimista, minkä vuoksi oppimateriaali on kehitetty sitä tukevaksi. Jokaisessa osiossa on monivalintatehtävien lisäksi myös pohdintatehtäviä, jotka haastavat osallistujia pohtimaan oppimaansa ja ajattelemaan

#### Saisiko tästä esimerkin?

Toki. Esimerkiksi

- Kuljet nopeudella 60 km/h.
- Vastaaan tulee juna nopeudella 100 km/h
- Junan nopeus suhteessa sinuun on  $100 \text{ km/h} + 60 \text{ km/h} = 160 \text{ km/h}$ .

Jos taas toinen juna kulkee samaan suuntaan kuin sinä, junan nopeus suhteessa sinuun saadaan nopeuksien (suhteessa maahan) erotuksena. Esimerkiksi

- Kuljet nopeudella 60 km/h.
- Takanasi, kanssasi samaan suuntaan kulkee juna nopeudella 100 km/h.
- Toisen junan nopeus suhteessa sinuun on  $100 \text{ km/h} - 60 \text{ km/h} = 40 \text{ km/h}$ .

#### Tämä selvä, mutta entä mitä sitten tapahtuu, kun nopeus kasvaa?

"Prepare to make the jump to light speed!"

— Han Solo, *Star Wars, Return of the Jedi*

Koska emme selvästikään ole saaneet tarpeeksemme junista, jatketaan vielä niiden parissa. Matkustat junalla, joka kulkee nopeudella 120 km/h, ystäväsi seisoo asemalaiturilla paikallaan. Junasi ohittaa asemalaiturin ja ystäväsi.

lisää osion aiheesta. Jokaisen osion lopussa on myös yhteenveto osion aiheesta. Kriteeri ”Opiskelijakeskeinen ympäristö” siis toteutuu (taulukko 6).

Opintojakson aihepiiriin koostuu kvanttimekaniikasta ja suhteellisuusteoriasta, joita käsitellään yleissivistävästi. Aiheet eivät ole fysiikan helpoimmasta päästä, joten niistä tehdyt oppimateriaalit ja tehtävät ovat haastavia huolimatta opintojakson yleissivistävästä näkökulmasta. Materiaalista on kuitenkin pyritty tekemään motivoiva esimerkiksi sen selkeyden ja mahdollisten esiin nousevien kysymysten ennakkoinnin kautta. Teoriaosioon on siis nostettu esiin kysymyksiä tai epäselvyyksiä, joita opiskelijalla usein nousee kyseisestä aiheesta. Kysymyksiin on pyritty myös vastaamaan. Tästä esimerkkinä on kuva 4b, jossa näkyy punaisella tekstillä mahdollisia esiin nousevia kysymyksiä ja epäselvyyksiä aaltofunktioon liittyen osiossa ”Miten hiukkasen tilaa kuvataan kvanttimekaniikassa?”. Mustalla tekstillä puolestaan näkyy niihin vastauksia. Opintojakson osiot on myös otsikoitu kysymysmuodossa, ja opiskelija löytää teoriamateriaalista myös vastauksen otsikon kysymykseen. Voidaan siis sanoa, että kriteeri ”Sitouttaminen” toteutuu (taulukko 6).

Osion tehtävistä saa arvioinnin ja palautteen välittömästi tehtävään vastaamisen jälkeen. Jos tehtävään vastaa väärin, on mahdollista yrittää uudelleen. Tällainen välitön interaktiivinen arviointi tukee opiskelijan oppimista. Esimerkki tällaisesta tehtävästä on kuvassa 3d. Moodlen ominaisuuksiin myös kuuluu, että opiskelija voi seurata edistymistään erillisestä palkista. Palkissa näkyy suoritettut ja suorittamatta olevat tehtävät ja osiot. Siispä kriteeri ”Mielekäs arviointi” toteutuu integroidun arvioinnin osalta (taulukko 6). Henkilökohtaista palautetta esimerkiksi pohdintatehtäviin ei kuitenkaan saa, joten kriteeri ei täyty autenttisen arvioinnin osalta.

**Taulukko 7.** Sisällölliset laatukriteerit ja niiden toteutuminen opintojaksolla.

<b>Sisällöllinen laatu:</b>	<u>Toteutuu</u>	<u>Toteutuu osittain</u>	<u>Ei toteudu</u>
<b>Saavutettavuus</b> · materiaalit on järjestetty niin, että ne on helposti löydettävissä	x		
<b>Ajankohtaisuus</b> · verkko-oppimateriaalit eivät ole liian vanhoja sopimaan opetettavaan ainekseen	x		
<b>Runsaus</b> · materiaalit heijastavat erilaisia näkökulmia opetettavaan ainekseen			x
<b>Välineen asianmukainen käyttö</b> · erilaisten mediaelementtien tilanteeseen sopiva käyttö	x		
<b>Syrjimättömyys</b> · materiaaleissa on otettu huomioon erilaiset sosiaaliset, kulttuuriset sekä sukupuoliset (gender) näkökulmat	x		

Sekä OnlineCourses- että Moodle-alustalla oppimateriaalin eri osiot ovat helposti löydettävissä. Molemmilla toteutuksilla ensimmäisenä avautuu aloitussivu opintojakson sivuille mentäessä (kuvat 2a ja 2b). Molemmilla toteutuksilla sivun yläreunassa on palkkirivi, josta löytyy polut suhteellisuusteorian ja kvanttimekaniikan sisältöön, pääsivulle, kurssin ohjeisiin ja loppuyhteenvetoon. Pääsivulta löytyy myös oikopolut jokaiseen osioon (kuva 2c). Materiaalit ovat siis helposti löydettävissä ja selkeästi järjestetty, joten sisällöllisten laatukriteerien ensimmäinen kohta ”Saavutettavuus” (taulukko 7) toteutuu.

Kvanttimekaniikka ja suhteellisuusteoria ovat aiheina sellaisia, joista on paljon suhteellisen varmana pidettyä tietoa. Niitä tutkitaan ja lisää tietoa saadaan, mutta suurimmilta osin aiemmin löydetty tieto pysyy kuitenkin muuttumattomana. Opintojakson oppimateriaalit on kehitetty ja rakennettu nimenomaan opintojaksoa varten kohderyhmä myös huomioon ottaen. Oppimateriaaleja päivitetään ja täydennetään tarpeen mukaan. Siispä oppimateriaalit ovat kaikilta osin ajankohtaisia, joten sisällöllisten kriteerien toinen kohta (taulukko 7) toteutuu.



Fysiikka on eksakti luonnontiede, jonka lainalaisuudet ovat yleisesti hyväksytyttä faktoja. Niinpä aiheita ei voi käsitellä vaikkapa siitä näkökulmasta, että jokin lainalaisuus ei olekaan totta. Tältä osin sisällöllinen laatukriteeri ”Runsas” (taulukko 7) ei oppimateriaalissa toteudu. Oppimateriaalissa on toisaalta pyritty esittelemään asiat uudenaikaisesta, keskusteleavasta näkökulmasta, joten siltä osin kriteeri kyllä täyttyy.

Oppimateriaalissa on käytetty paljon videoita (kuva 3b) ja animaatioita (kuva 3a). Myös paljon kuvia on käytetty. Esimerkiksi kuvassa 4a kiihtyvyyttä on havainnollistettu sarjakuvamaisella kuvituksella. Tällaisin audiovisuaalisin keinoin on pyritty havainnollistamaan kulloinkin käsiteltävää asiaa pelkän teorieksan sijaan. Myös tehtäviin on pyritty saamaan havainnollistavuutta, esimerkiksi pyytämällä laittamaan kuvat aikajärjestykseen (kuva 3c). Mediaelementtejä käytetään oppimateriaalissa monipuolisesti, joten sisällöllinen laatukriteeri ”Välineen asianmukainen käyttö” (taulukko 7) toteutuu.

Oppimateriaalissa käsitellään fysiikkaa, jonka ilmiöt ovat riippumattomia sosiaalisista tai kulttuurisista tekijöistä. Sukupuolella ei ole merkitystä fysiikan ilmiöiden kontekstissa. Jotkin oppimateriaalissa olevat kuvitteelliset hahmot voivat olla ulkoisesti tunnistettavissa naiseksi tai mieheksi, ja kaksi hahmoa on myös nimetty (Isa ja Uno). Vaikka hahmojen kohdalla sukupuoli voi jossain kohdissa olla tunnistettavissa, ei niillä ole käytännössä merkitystä. Kaikki hahmot ovat materiaalissa keskenään tasavertaisia, eikä kukaan ole eriarvoisessa asemassa muihin nähden. Hahmojen välillä voi olla opettaja-oppilas-tyylisiä keskusteluja, mutta niissäkin keskustelu on rakentavaa ja toista osapuolta arvostavaa. Oppimateriaalista ei löydy syrjiviä ja eriarvoistavia elementtejä, joten sisällöllinen laatukriteeri ”Syrjimättömyys” (taulukko 7) toteutuu.

**Taulukko 8.** Välineelliset laatukriteerit ja niiden toteutuminen opintojaksolla.

<b>Välineellinen laatu:</b>	<u>Toteutuu</u>	<u>Toteutuu osittain</u>	<u>Ei toteudu</u>
<b>Luotettava ja vakaa käyttöliittymä</b> · verkko-oppimateriaalit ovat ajantasaisia ja virheettömiä	x		
<b>Sopivat kaistanopeudet</b> · verkko-oppimateriaalien avautuminen ei kestä kohtuuttoman kauan	x		
<b>Selkeät tavoitteet, ohjeet ja oppimissuunnitelmat</b> · tekninen toteutus tukee opiskelijalle viestitettyjä tavoitteita	x		
<b>Viestintä</b> · ympäristö mahdollistaa ja kannustaa teknisesti dialogiin opiskelijoiden sekä opettajan välillä			x
<b>Tasavertaisuus ja käytettävyys</b> · kaikilla opiskelijoilla on tasavertaiset mahdollisuudet käyttää ympäristöä ja materiaaleja	x		
<b>Tunnistettava kurssialustatyö</b> · saman organisaation verkkokurssit ja niihin liittyvät verkko-oppimateriaalit näyttävät samanlaisilta ja ovat siten helposti tunnistettavissa	x		

Pedagogisia laatukriteerejä tarkastellessa todettiin, että materiaali on ajantasaista. Oppimateriaaliin on voinut eksyä ihmimillisiä virheitä, jotka kuitenkin korjataan huomattaessa. Käyttöliittymän pohjana toimii Moodle, joka on laajalti opetuskäytössä Suomessa. Se on vakaa ja luotettava, eikä siellä tapahdu usein häiriöitä. Moodlen nettisivut myös toimivat yleensä hyvin. Välineellisten laatukriteerien ensimmäinen ja toinen kohta ”Luotettava ja vakaa käyttöliittymä” ja ”Sopivat kaistanopeudet” (taulukko 8) siis toteutuvat.

Oppimateriaali on järjestetty selkeäksi, eri osiot ja tehtävät ovat helposti löydettävissä. Heti opintojakson alussa esitellään sen ohjeet, sisältö ja suoritustavat. Teknisesti opintojakso on siis hyvin ja selkeästi toteutettu, joten välineellinen laatukriteeri ”Selkeät tavoitteet, ohjeet ja oppimissuunnitelmat” (taulukko 8) toteutuu.

Opintojaksolla on mahdollista lähettää opettajalle viestiä esimerkiksi sähköpostilla, mutta varsinaista dialogia ei ole mahdollista käydä opintojakson kurssialustalla.

Chat-toimintoa tai keskusteluforumia ei ole käytössä. Välineellinen laatukriteeri ”Viestintä” (taulukko 8) ei siis toteudu.

Opiskelija saa Moodle-tunnukset ilmoittautuessaan opintojaksolle. Tunnuksilla hän pääsee kirjautumaan opintojakson kurssialustalle ja saa materiaalit ja tehtävät käyttöönsä. Moodlea voi käyttää tietokoneella ja mobiililaitteella, eikä se vaadi esimerkiksi yliopiston verkkoa, tiettyä laitetta tai internetselainta toimiakseen. Ympäristöön pääsyä rajaa siis vain ja ainoastaan sinne välttämättömät käyttäjätunnukset. Välineellinen laatukriteeri ”Tasavertaisuus ja käytettävyys” (taulukko 8) siis toteutuu.

Jyväskylän yliopisto käyttää pääsääntöisesti kurssialustanaan Moodlea. Yliopiston tunnus onkin näkyvässä Moodlessa ja OnlineCourses-sivustolla kaikilla tämänkin opintojakson toteutuksilla. Yliopiston tunnus näkyy joissain kohdin myös muualla materiaalissa. Moodlessa on rajalliset mahdollisuudet muokata sivuston ulkonäköä, mutta voidaan silti sanoa, että välineellinen laatukriteeri ”Tunnistettava kurssialustatyö” (taulukko 8) toteutuu.

### 3.3 Opintojakson tutkiminen

Tätä tutkielmaa varten tutkittiin kahta eri opintojaksototeutusta, joista toisen alustana oli Moodle ja toisen OnlineCourses. Moodle-toteutus oli opintojakson kaikkien aikojen ensimmäinen toteutus, ja sen aloitti 36 henkilöä. OnlineCourses-toteutuksen puolestaan aloitti 111 henkilöä. Toteutuksia tutkittiin antamalla osallistujille mahdollisuus vastata kyselyihin sekä opintojakson alussa että lopussa. Kyselyt toteutettiin opintojakson nettisivulla oppimateriaalin yhteydessä. Opintojaksoa oli tarpeen tutkia, koska fysiikan laitoksella ei ollut aiemmin järjestetty kursseja tällä toteutustavalla. Tämän opintojakson kehittämistä varten ja mahdollisia uusia opintojaksoja ajatellen on siis hyödyllistä tietää, millaiset seikat tämäntyylisen opintojakson toteutuksessa toimivat ja millaiset eivät.

## 4 Tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset ovat

1. Miten osallistujien käsitykset fysiikan yliopisto-opiskelusta muuttuvat opintojakson aikana?
2. Miten opintojakson toteutus MOOC-muotoisena onnistui osallistujien mielestä?
3. Miten osallistujien motivaatio fysiikan opiskelua kohtaan muuttuu opintojakson aikana?
4. Millaisia eroja on opintojakson suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden alkukyselyvastauksissa eli voidaanko opintojakson suorittavia henkilöitä tunnistaa alkuvastausten perusteella?

Yhtenä opintojakson päätarkoituksena oli innostaa lisää ihmisiä fysiikan pariin ja osoittaa fysiikan mielenkiintoisuus, minkä vuoksi selvitettiin käsityksiä fysiikan opiskelusta ja opiskelumotivaatiosta sekä niiden muuttumista opintojakson aikana. Samasta syystä tutkittiin myös eroja alkukyselyvastauksissa opintojakson suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden välillä ja sitä, voiko alkukyselyvastausten perusteella mahdollisesti tunnistaa opintojakson suorittavia ja kesken jättäviä henkilöitä. Koska opintojakso on fysiikan laitoksen ensimmäinen MOOC-opintojakso, on opiskelun onnistumista MOOC-tyyliin myös tarpeen selvittää.

## 5 Menetelmät ja aineisto

### 5.1 Aineiston kerääminen

Tutkimuksen aineisto kerättiin opintojakson alku- ja palautekyselyillä. Kyselyt toteutettiin sekä OnlineCourses- että Moodle-toteutuksella. OnlineCourses-toteutuksen kyselyvastauksia kerättiin ajalta 8/2021-1/2022 ja Moodle-toteutuksen vastauksia ajalta 11/2020-6/2021. Kyselyissä selvitettiin muun muassa osallistujien kokemuksia ja käsityksiä fysiikan opiskelusta sekä ennen että jälkeen opintojakson.

### 5.2 Alkukysely

Alkukyselyssä oli yhteensä seitsemän kysymystä:

1. Millä koulutusasteella opiskelet?
2. Miltä fysiikan opiskelu ja oppiminen on tuntunut tähänastisessa elämässäsi?
3. Millainen käsitys sinulla on fysiikan opiskelusta ja oppimisesta?
4. Mikä motivoi osallistumaan tälle opintojaksolle?
5. Mitä tiedät kvanttimekaniikasta etukäteen?
6. Mitä tiedät suhteellisuusteoriasta etukäteen?
7. Mitä toivot oppivasi tältä opintojaksolta?

Ensimmäisen kysymyksen tarkoituksena oli selvittää opiskelijan opiskelutausta, ja kysymyksen vastausvaihtoehdot olivat *lukio, ammatillinen koulutus, ammattikorkeakoulu, yliopisto (päätoiminen), avoin yliopisto, kansanopisto, opettaja jollakin koulutusasteella ja muu jatkuva oppija*. Kysymykseen oli mahdollista valita useampi vastausvaihtoehto. Kysymyksillä 2-7 pyrittiin saamaan kokonaiskäsitys opiskelijan ennakkotiedoista ja -asenteista liittyen opintojakson aiheisiin ja fysiikan opiskeluun sekä toivomukset opintojakson suhteen.

### 5.3 Palautekysely

Palautekyselyssä oli sekä avoimia kysymyksiä että monivalintakysymyksiä. Avoimia kysymyksiä oli neljä:

1. Mikä oli parasta tällä jaksolla? Mikä auttoi sinua oppimaan tai toimi hyvin?
2. Mitkä seikat eivät edistäneet oppimistasi? Miten jaksoa kannattaisi mielestäsi kehittää? Tulisiko olla mukana jotain sisältöä joka nyt jäi puuttumaan?
3. Saiko opintojakso sinut harkitsemaan fysiikan yliopisto/opiskelua? Jos sai, niin miksi? Jos ei saanut, niin miksi?
4. Minkälainen käsitys sinulla on fysiikan opiskelusta opintojakson jälkeen?

Monivalintakysymyksissä vastausvaihtoehtoina käytettiin kahta erilaista Likert-asteikkoa sekä kahta muuta asteikkoa. Ensimmäisten monivalintakysymysten Likert-vastausvaihtoehdot olivat 1 (Erittäin huonosti), 2 (Melko huonosti), 3 (En huonosti enkä hyvin), 4 (Melko hyvin), 5 (Erittäin hyvin). Kysymysten väittämien kautta opiskelija tarkasteli omaa oppimistaan ja opintojakson aiheiden hallintaa:

- Osaat tunnistaa kvanttimekaanisen tilan käsitteen ja sen merkityksen
- Osaat kuvailla kvanttimekaniikan todennäköisyystulkinnan periaatteita
- Tunnistat klassisen mekaniikan ja kvanttimekaniikan periaatteellisia eroja
- Osaat kertoa suhteellisuuden periaatteen ja kuvailla sen seurauksia
- Osaat laskea ajan ja pituuden suhteellisia muutoksia liikkuville havainnoitsijoille
- Osaat kuvailla suhteellisuusperiaatteen kosmologisia seurauksia

Seuraavissa monivalintakysymyksissä Likert-vastausvaihtoehdot olivat 1 (Täysin eri mieltä), 2 (Jokseenkin eri mieltä), 3 (En samaa enkä eri mieltä), 4 (Jokseenkin samaa mieltä), 5 (Täysin samaa mieltä) + Ei relevantti tällä opintojaksolla. Tässä osiossa opiskelija tarkasteli väittämien kautta opintojakson toteutusta ja suorittamista:

- Opintojaksolla oli selkeät osaamistavoitteet.
- Opintojakson suoritustapa tuki hyvin oppimistani.
- Opintojakson suoritustapa auttoi yhdistämään opiskeltavia asioita ja aikaisempia tietojani tai kokemuksiani.

- Opintojakson suoritustapa innosti syvällisesti pohdiskelemaan opiskeltavia asioita.
- Pystyin muodostamaan hyvän kokonaiskuvan opintojakson sisällöistä.
- Osaan soveltaa oppimaani käytäntöön.
- Kykyni tarkastella asioita kriittisesti kehittyi.
- Ongelmanratkaisutaitoni kehittyivät.

Lopuksi opiskelija arvioi omaa kokonaispanostustaan ja opintojakson työmäärän sopivuutta:

- Mikä oli oma kokonaispanostuksesi tälle jaksolle?

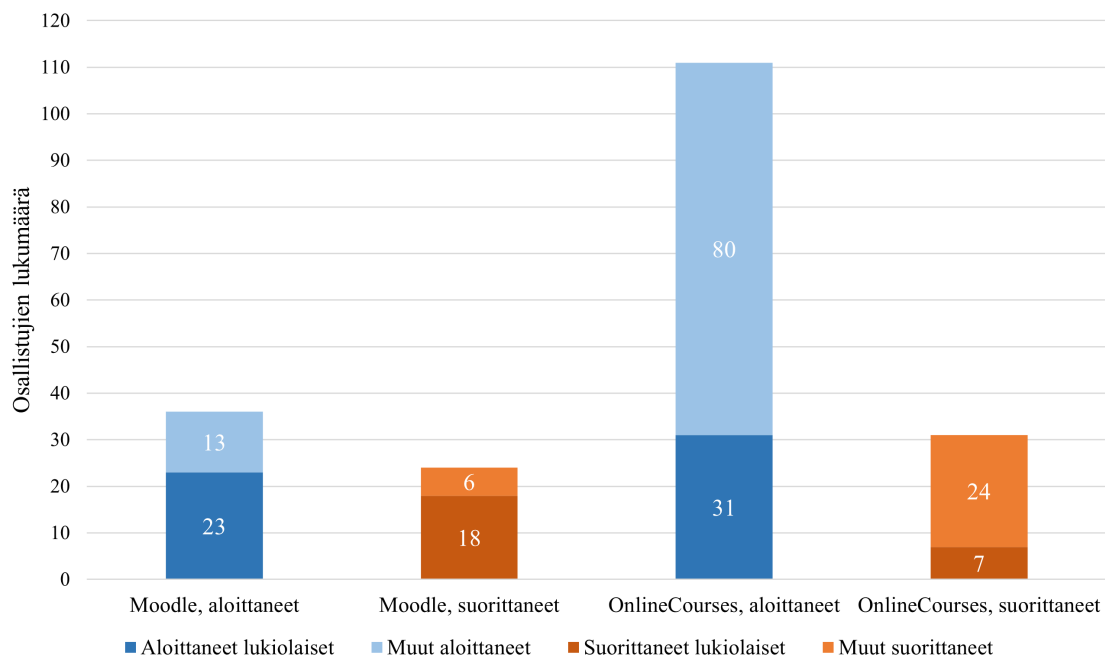
Vastausvaihtoehdot: 1 (0 %), 2 (20 %), 3 (40 %), 4 (60 %), 5 (80 %), 6 (100 %)

- Arvioi jakson opintopistemäärän vastaavuutta suhteessa tekemääsi työmäärään (2 op = 54 tuntia opiskelua).

Vastausvaihtoehdot: 1 (Työmäärä oli liian pieni), 2 (Työmäärä oli sopiva), 3 (Työmäärä oli liian suuri)

## 6 Tulokset

Opintojakson suorittaneet vastasivat sekä alku- että palautekyselyyn. Palautekyselyyn vastattiin opintojakson lopuksi, joten suorittamatta jättäneet vastasivat pelkästään alkukyselyyn. Alkukyselyssä otettiin huomioon sekä suorittaneiden että suorittamatta jättäneiden vastaukset. Molempien kyselyiden vastaukset kerättiin Moodle- ja OnlineCourses-alustoilta Excel-tiedostoihin. Excelissä saatiin koottua vastauksissa toistuvat teemat, minkä lisäksi siellä laskettiin Likert-itsearviointien vastausten keskiarvot ja toteutusten suoritusprosentit. Teemoittelun tuloksia käsitellään kappaleissa 6.1 ja 6.2. Kyselyvastauksista saatiin myös tietoa siitä, kuinka moni suoritti opintojakson. Vastaukset jätettiin anonyymeiksi.



**Kuvio 5.** Opintojaksolle osallistuneiden ja sen suorittaneiden lukiolaisten ja muiden osallistujien määrät Moodle- ja OnlineCourses-toteutuksilla.

OnlineCourses-toteutuksella oli osallistujia kuudesta ja Moodle-toteutuksella kolmesta alkukyselyn seitsemästä erilaisesta koulutustaustavaihtoehdoista. Molemmilla



toteutuksilla alkukyselyyn vastasi enemmän henkilöitä kuin palautekyselyyn, joten osa osallistujista jätti opintojakson kesken. Opintojakso on suunnattu pääasiassa lukiolaisille, joten tulosten analysoinnissa huomioidaan erityisesti lukiolaisten osuudet ja vastaukset.

Molemmilla toteutuksilla oli aloittaneissa eniten lukiolaisia (kuva 5 ja taulukko 9). Suurin enemmistö (63,8 %) lukiolaisia oli Moodle-toteutuksella, jonne heillä oli pääsy oman lukion opintojen kautta. OnlineCourses-toteutuksella lukiolaisia oli 27,9 %. Muita kuin lukiolaisia opintojakson aloittaneita oli OnlineCourses-toteutuksella 80 henkilöä ja Moodle-toteutuksella 13 henkilöä (kuva 5). OnlineCourses-toteutuksella lukiolaisten jälkeen suurimmat aloittaneiden ryhmät olivat muut oppijat (21,6 %) ja päätoimiset yliopisto-opiskelijat (25,2 %). Moodle-toteutuksella kumpiakaan ei ollut yhtään. Siellä toiseksi suurin aloittaneiden ryhmä lukiolaisten jälkeen olikin opettajat (30,6 %), kun OnlineCourses-toteutuksen aloittaneista opettajia oli vain neljä (3,6 %). Moodle-toteutuksella avoimen yliopiston opiskelijoita oli vain kaksi (5,6 %), kun OnlineCourses-toteutuksella heitä oli 16,2 %.

Opintojakson suorittaneita oli OnlineCourses-toteutuksella yhteensä 27,9 % ja Moodle-toteutuksella 66,7 % (taulukko 9). Moodle-toteutuksella opintojakson suorittaneista oli lukiolaisia 78,3 % ja OnlineCourses-toteutuksella 22,3 %. OnlineCourses-toteutuksella suorittaneiden enemmistönä olivat päätoimiset yliopisto-opiskelijat, joita oli suorittaneista 48,4 %. Lukiolaiset Moodle-toteutuksella ja päätoimiset yliopisto-opiskelijat OnlineCourses-toteutuksella onnistuivat opintojakson suorittamisessa suhteessa paremmin kuin muut osallistujat, koska heitä oli prosentuaalisesti enemmän suorittaneissa, kuin aloittaneissa. Suorittamatta jättäneet koostuivat OnlineCourses-toteutuksella enimmäkseen muista oppijoista sekä lukiolaisista ja Moodle-toteutuksella opettajista.

**Taulukko 9.** Opintojakson suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden määrät.

	<u>OnlineCourses</u>	<u>Moodle</u>
Opintojakson aloittaneita (alkukyselyyn vastanneita)	111	36
Opintojakson suorittaneita (palautekyselyyn vastanneita)	31	24
Lukiolaisia opintojakson aloittaneista	27,9 %	63,8 %
Lukiolaisia opintojakson suorittaneista	22,3 %	78,3 %
Opintojakson yleinen suoritusprosentti	27,9 %	66,7 %

## 6.1 Alkukyselyn vastaukset

**Taulukko 10.** Alkukyselyn vastauksissa toistuvia teemoja Moodle- ja OnlineCourses-toteutuksilla.

<u>Kysymys:</u>	<u>OnlineCourses</u>	<u>Moodle</u>
Miltä fysiikan opiskelu ja oppiminen on tuntunut tähänastisessa elämässäsi?	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mielenkiintoista</li> <li>· Kiinnostuksen kipinä jäänyt aiemmista opiskeluista</li> <li>· Aiemmat kokemukset ovat voineet vaikuttaa negatiivisesti motivaatioon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mielenkiintoista</li> <li>· Uuden oppimisen ilo</li> <li>· Helppoa, lempiaine</li> <li>· Kehittävää, palkitsevaa, innostavaa</li> </ul>
Millainen käsitys sinulla on fysiikan opiskelusta ja oppimisesta?	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Vaatii paljon aikaa, työntekoa ja vaivannäköä</li> <li>· Fysiikkaa opitaan laskemalla, tehtävien teolla ja kokeellisilla töillä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Vaativaa ja teoreettista</li> <li>· Asioiden syvälliseen ymmärtämiseen pyrkimistä</li> <li>· Fysiikkaa vaikea opiskella.</li> </ul>
Mikä motivoi osallistumaan tälle opintojaksolle?	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Toive aiheiden syvemmästä ymmärryksestä</li> <li>· Omatahtinen opiskelu</li> <li>· Uuden oppiminen</li> <li>· Opintojakson suorittamisen hyödyllisyys muiden opintojen kannalta</li> <li>· Kaveritkin osallistuvat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Opintojakson aiheet</li> <li>· Asioiden mieleenpalautus</li> <li>· Opettajalle lisätietoja omaan opetukseen</li> </ul>

Mitä tiedät kvanttimekaniikasta etukäteen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Perusperiaatteet, epätarkkuusperiaate</li> <li>· Ei mitään</li> <li>· Termit (etenkin Schrödingerin kissa)</li> <li>· Pieni mittakaava - klassinen fysiikka ei päde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Kvanttimekaniikan pieni kokoluokka, käsitteistö osittain</li> <li>· Ei mitään</li> <li>· Perusteita/”jonkin verran”</li> </ul>
Mitä tiedät suhteellisuusteoriasta etukäteen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Esitietoja esim. kirjoista tai kursseilta</li> <li>· Aikadilaatio ja aika-avaruuden kaareutuminen</li> <li>· Yleisen ja suppean suhteellisuusteorian olemassaolo (etenkin Einstein ja <math>E=mc^2</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Massa taivuttaa aika-avaruutta</li> <li>· Yleisen ja suppean suhteellisuusteorian olemassaolo, termistöä osittain</li> </ul>
Mitä toivot oppivasi tältä opintojaksolta?	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Syvempi ja laajempi ymmärrys, asioiden perusteet, jotta kykenee selittää hyvin muillekin</li> <li>· Osaamisen ja ymmärryksen lisääminen etenkin maailmankaikkeudesta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Parempi ymmärrys ja uuden oppiminen, kyky käyttää opittua muualla</li> </ul>

Alkukyselyn avoimet kysymykset ja niiden vastauksissa toistuneet teemat on koottu taulukkoon 10. Moodle-toteutuksen ja OnlineCourses-toteutuksen kyselyvastausten teemat eivät juurikaan poikenneet toisistaan. Merkittävin ero oli se, että Moodle-toteutuksella vastauksissa tulivat hyvin esille motivaatio ja itsestä lähtevä innostus fysiikan opiskeluun. Ne näkyivät muun muassa kiinnostuksena opintojakson aiheita kohtaan, aiempina fysiikan opintoina tai itseopiskeluna ja siinä, että fysiikkaa halutaan ymmärtää oikeasti ulkoa opettelemisen sijaan. Fysiikan opiskelu oli myös ollut usein lempiaine ja mukava opiskeltava.

OnlineCourses-toteutuksen vastauksissa korostuivat puolestaan kielteisemmät puolet fysiikasta, kuten aiemmat negatiivisesti motivaatioon vaikuttaneet vaikeudet fysiikan opiskelussa ja fysiikan haastavuus (vaatii paljon aikaa, vaivaa ja työntekoa). Myös fysiikan opiskelun mekaanisuutta korostettiin: fysiikkaa opitaan laskemalla, tehtävien teolla ja kokeellisilla töillä. Muutama ilmoitti myös opintojaksolle osallistumisen motivoivaksi tekijäksi sen, että kaveritkin osallistuvat. Moodle-toteutuksella näin ei ilmoittanut yksikään.

Molemmissa opintojaksojen vastauksissa toistui kuitenkin vahvasti fysiikan mielenkiintoisuus, halu ymmärtää fysiikkaa paremmin ja opintojakson mahdollinen hyöty myöhempiä opintoja ajatellen. Opintojakson sisältöön liittyvää termistöä oli yhtä hyvin molempien opintojaksojen opiskelijoilla tiedossa jo etukäteen, OnlineCourses-toteutuksen puolella kuitenkin hieman korostui populaäreista lähteistä peräisin oleva termistön tietämys Moodle-toteutusta enemmän.

### 6.1.1 Opintojakson suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden alkukyselyvastaukset

**Taulukko 11.** Opintojakson suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden alkukyselyvastauksissa korostuneita eroja osallistumismotivaatiossa, toiveissa opintojaksolta ja käsityksissä fysiikan opiskelusta.

	<u>Suorittaneet</u>	<u>Ei-suorittaneet</u>
1. Osallistumismotivaatio	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Etä- ja itseopiskelumahdollisuus</li> <li>· Omaan tahtiin eteneminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Opiskelutovereiden osallistuminen yhtä aikaa</li> <li>· Opettajat: opintojaksolla opitun hyödyntäminen omassa opetuksessa</li> </ul>
2. Toiveet opintojaksolta	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Osaamisen syventäminen, on siis ennakkotietoja</li> <li>· Hyöty muissa opinnoissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Perustietojen oppiminen</li> <li>· Kyky selittää muille</li> <li>· Päätös fysiikan yliopisto-opintojen aloittamisesta</li> </ul>
3. Käsitys fysiikan opiskelusta	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Myönteinen, optimistinen</li> <li>· ”Tekemällä oppii”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pessimistinen</li> <li>· Matemaattinen puoli puuduttavaa</li> </ul>

Taulukkoon 11 on koottu molemmilta toteutuksilta opintojakson suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden alkukyselyvastauksissa korostuneita eroja. Vastauksista huomattiin, että etenkin osallistumismotivaatiot ja käsitykset fysiikan opiskelusta poikkeavat suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden vastauksissa selkeästi toisistaan.

OnlineCourses-toteutuksella kolmen osallistujan motivaatio osallistua opintojaksolle perustui siihen, että opiskelutoveritkin osallistuivat yhtä aikaa. Kukaan näistä kolmesta ei kuitenkaan vastannut palautekyselyyn, toisin sanoen suorittanut opintojaksoa loppuun kyselyvastausten keräämisaikana. Opintojakson suorittaneiden motivaatio puolestaan näytti perustuvan etä- ja itseopiskelulle sekä niiden mahdollistamalle omaan tahtiin etenemiselle, jotka he kokivat itselleen sopiviksi tavoiksi suorittaa

opintojakso. Heitä kiehtoi paljon myös opintojakson aiheet, mikä lisäsi motivaatiota osallistua opintojaksolle ja auttoi selvästi myös opintojakson suorittamisessa.

Opintojakson suorittaneet toivoivat OnlineCourses-toteutuksella suorittamatta jättäneitä useammin oppivansa opintojakson aiheista syvällisempää tietoa. He myös halusivat saada aiheista lisää yleistietoa, sivistystä ja muistinvirkistystä. Heillä siis oli jo entuudestaan jonkintasoisia ennakkotietoja opintojakson aiheista. Opintojakson suorittamatta jättäneet puolestaan halusivat oppia perustietoja ja kykyä selittää aiheista muille.

Opintojakson suorittaneiden käsitys fysiikan opiskelusta vaikutti olevan myönteisempi kuin suorittamatta jättäneiden. Suorittaneet kokivat suorittamatta jättäneitä useammin, että fysiikan opiskelu on kiinnostavaa. Moni sanoi, että vaikka opiskelu vaatiikin työntekoa, tekemällä oppii. Suorittamatta jättäneet kokivat suorittaneita useammin, että fysiikkaan liittyvä matematiikka on vaikeaa, kamalaa ja sitä vaaditaan paljon. He kokivat myös, että fysiikan opiskelu on työlästä ja perustuu matemaattisiin kaavoihin ja laskemiseen, joita he kuvailivat usein puuduttavaksi.

Moodle-toteutuksen suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden alkukyselyvastauksissa ei noussut esiin selviä eroja. Suorittamatta jättäneitä olikin suhteellisen vähän (33 %), joista melkein kaikki olivat opettajia. Opettajat toivoivat alkukyselyssä saavansa aiheista lisää tietoa ja sitä kautta omaan opetukseensa uusia ideoita. Opintojakson suorittaneista lukiolaisista muutama toivoi saavansa opintojaksosta hyötyä tuleviin ylioppilaskirjoituksiin tai yliopisto-opintoihin. Suorittamatta jättäneistä lukiolaisista kukaan ei toivonut samaa. Yksi heistä kuitenkin toivoi pystyvänsä tehdä kurssin avulla päätöksen fysiikan yliopisto-opintojen aloittamisesta, kun puolestaan opintojakson suorittaneiden lukiolaisten vastauksista tätä toivetta ei löytynyt.

## 6.2 Palautekyselyn vastaukset

Sekä OnlineCourses- että Moodle-toteutuksen osallistujat antoivat palautekyselyn monivalintakysymysten vastauksissa (taulukko 12) positiivista palautetta opintojakson oppimateriaalin selkeydestä sekä audiovisuaalisista elementeistä (kuvat, videot, animaatiot, äänileikkeet). Yhtä lailla molemmilla toteutuksilla opintojaksolle toivottiin enemmän laskutehtäviä. Palautekyselyssä korostui alkukyselyä enemmän vastaus-

ten eroavaisuudet opintojaksojen välillä. Moodle-toteutuksella toivottiin useammin ekstratehtäviä ja -materiaalia kiinnostuneille, kun taas OnlineCourses-toteutuksen puolella enemmän kertausta aiemmin käsitellyistä asioista.

Molemmilla opintojaksoilla fysiikan yliopisto-opintoja saivat harkitsemaan ne, joita fysiikka alkoi kiinnostamaan opintojakson myötä enemmän. Ne, jotka OnlineCourses-toteutuksella eivät päätyneet harkitsemaan fysiikan yliopisto-opintoja, sanoivat, etteivät kyvyt ja aika riitä opiskelemaan fysiikkaa. Monella oli myös jo opiskelupaikka valmiina (fysiikka tai jokin muu ala). Moodle-toteutuksella samoin päättäneiden perusteluissa kävi ilmi, että he joko ovat jo ennen opintojaksoa päättäneet hakea fysiikan yliopisto-opintoihin tai ovat jo hakeneet muualle opiskelemaan.

Moodle-toteutuksella käsitys fysiikan opiskelusta ei muuttunut juurikaan. Moni toisaalta sanoi, että opintojakso antoi siloitellun kuvan fysiikan yliopisto-opinnoista. OnlineCourses-toteutuksella käsitykset fysiikan opiskelusta muuttuivat usein negatiivisempaan suuntaan: fysiikka on vaikeaa ja pelottavaa ja vaatii paljon matematiikkaa.



**Taulukko 12.** Palautekyselyn vastauksissa toistuvia teemoja Moodle- ja OnlineCourses-toteutuksilla.

<u>Kysymys:</u>	<u>OnlineCourses</u>	<u>Moodle</u>
Mikä oli parasta tällä jaksolla? Mikä auttoi sinua oppimaan tai toimi hyvin?	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Materiaali selkeää, havainnollistavaa ja helposti ymmärrettävää</li> <li>· Videot, kuvat, animaatiot, äänileikkeet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Materiaalin selkeys, keskusteleva (opettaja-oppilas) ja tarinallinen (Isa ja Uno) tyyli</li> <li>· Videot, animaatiot, esimerkit</li> </ul>
Mitkä seikat eivät edistäneet oppimistasi? Miten jaksoa kannattaisi mielestäsi kehittää? Tulisiko olla mukana jotain sisältöä joka nyt jäi puuttumaan?	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Laskukaavoja ja -esimerkkejä olisi voinut selittää auki enemmän</li> <li>· Aiemmin käsiteltyä voisi kerrata sopivissa kohdissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Lisää videoita, monivalintakysymyksiä ja laskutehtäviä</li> <li>· Vaikeampia ekstratehtäviä kiinnostuneille</li> <li>· Kattavampia listauksia kirjallisuudesta ja nettisivuista, joista saisi lisätietoa</li> </ul>
Saiko opintojakso sinut harkitsemaan fysiikan yliopisto/opiskelua? Jos sai, niin miksi? Jos ei saanut, niin miksi?	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Kyllä (~ 50 %):</li> <li>- kynnys madaltui</li> <li>- fysiikka kiinnostaa entistä enemmän</li> <li>· Ei (~ 50 %):</li> <li>- matemaattiset kyvyt eivät riitä</li> <li>- ajan puute</li> <li>- fysiikan yo-opinnot liian vaikeita</li> <li>- opiskelee jo fysiikkaa (tai muuta alaa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Kyllä (~ 54 %):</li> <li>- opintojakso lisäsi mielenkiintoa fysiikkaan</li> <li>· Ei (~ 46 %):</li> <li>- on jo opettajankoulutus</li> <li>- on jo hakenut muualle opiskelemaan</li> <li>- aiemmin tehty jo päätös hakea opiskelemaan fysiikkaa</li> </ul>
Minkälainen käsitys sinulla on fysiikan opiskelusta opintojakson jälkeen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Haastavaa ja mielenkiintoista</li> <li>· Vaatii paljon matematiikkaa, joka on vaikeaa ja pelottavaakin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Positiivinen mielikuva</li> <li>· Opintojakso antoi silotellun kuvan fysiikan opiskelusta</li> <li>· Fysiikan opiskelu vaatii paljon työtä</li> <li>· Käsitys ei muuttunut</li> </ul>

### 6.3 Likert-monivalintakysymysten vastaukset

**Taulukko 13.** Opintojakson aihepiirin osaamisen Likert-itsearviointi opintojakson jälkeen. Vastausten keskiarvot kysymyksittäin.

<u>Kysymys:</u>	<u>OnlineCourses</u>	<u>Moodle</u>
1. Osaat tunnistaa kvanttimekaanisen tilan käsitteen ja sen merkityksen	3,8	3,95
2. Osaat kuvailla kvanttimekaniikan todennäköisyystulkinnan periaatteita	3,5	3,96
3. Tunnistat klassisen mekaniikan ja kvanttimekaniikan periaatteellisia eroja	4,16	4,5
4. Osaat kertoa suhteellisuuden periaatteen ja kuvailla sen seurauksia	3,84	4,0
5. Osaat laskea ajan ja pituuden suhteellisia muutoksia liikkuville havainnoitsijoille	3,68	3,67
6. Osaat kuvailla suhteellisuusperiaatteen kosmologisia seurauksia	3,84	4,0

**Taulukko 14.** Likert-itsearviointi opintojakson toteutuksen vaikutuksesta oppimiseen. Vastausten keskiarvot kysymyksittäin.

<u>Kysymys:</u>	<u>OnlineCourses</u>	<u>Moodle</u>
1. Opintojaksolla oli selkeät osaamistavoitteet.	4,3	4,38
2. Opintojakson suoritustapa tuki hyvin oppimistani.	4,7	4,46
3. Opintojakson suoritustapa auttoi yhdistämään opiskeltavia asioita ja aikaisempia tietojani tai kokemuksiani.	4,48	4,58
4. Opintojakson suoritustapa innosti syvällisesti pohdiskelemaan opiskeltavia asioita.	4,45	4,67
5. Pystyin muodostamaan hyvän kokonaiskuvan opintojakson sisällöistä.	4,32	4,63
6. Osaan soveltaa oppimaani käytäntöön.	3,32	3,75
7. Kykyäni tarkastella asioita kriittisesti kehittyi.	3,97	4,33
8. Ongelmanratkaisutaitoni kehittyivät.	3,35	3,92

Palautekyselyn opintojakson aihepiiriin liittyvien Likert-monivalintakysymysten vastauksissa (taulukko 13) ei noussut esiin suuria eroja toteutusten välillä, vaikka Moodle-toteutuksen vastausten keskiarvot ovatkin yhtä lukuunottamatta joka kohdassa hieman suuremmat kuin OnlineCourses-toteutuksen vastausten keskiarvot. OnlineCourses-toteutuksella arvioitiin osaaminen ajan ja pituuden suhteellisten muutosten laskeminen liikkuville havainnoitsijoille hieman paremmaksi kuin Moodle-toteutuksella.

Likert-monivalintavastaukset koskien opintojakson toteutusta ja sen vaikutusta oppimiseen (taulukko 14) näyttävät myös Moodle-vastausten keskiarvon olevan joka kysymyksessä hieman korkeampi kuin OnlineCourses-opiskelijoiden.

Oman kokonaispanostuksen opintojaksolle molempien toteutusten opiskelijat arvioivat korkeaksi. OnlineCourses-opiskelijoiden kokonaispanostuksen keskiarvo oli 4,96 ja Moodlen keskiarvo 5,08. Moodle-toteutuksen keskiarvo oli siis tässäkin hieman korkeampi. Työmäärä oli sekä OnlineCourses- että Moodle-toteutuksella liian pienen (1) ja sopivan (2) välillä. Moodlen keskiarvo oli tässä 1,54 ja OnlineCourses-opiskelijoiden keskiarvo 1,9, joten Moodle-opiskelijat arvioivat työmäärän hieman pienemmäksi kuin OnlineCourses-opiskelijat.

## 7 Johtopäätökset

### 7.1 Osallistujien käsitysten muuttuminen fysiikan yliopisto-opiskelusta opintojakson aikana

Palautekyselyn vastauksista voidaan nähdä, että Moodle-toteutuksen opiskelijat olivat jo ennen opintojaksoa enemmän tietoisia fysiikan opiskelun realiteeteista, osa jopa sanoi opintojakson antaneen siloitellun kuvan fysiikan opiskelusta. Opintojakso toki olikin yleistajuisesti tarkoitettu, eikä siinä ollut tarkoitukseen opiskella aiheita syvällisesti. Moodle-toteutuksen lukiolaisenemmistön tietämys fysiikan yliopisto-opiskelusta voi johtua siitä, että toteutus järjestettiin pääasiassa heille. Niinpä heille todennäköisesti oli kerrottu opintojaksoa aloittaessa jotain siitä, millaista opintojakson opiskelu tulee olemaan ja kenties jotain myös siitä, millaista fysiikan opiskelu yliopistossa on. On tietenkin myös mahdollista, että innokkaat osallistujat olivat omatoimisesti ottaneet näistä asioista selvää.

OnlineCourses-toteutuksen opiskelijat eivät olleet ennen opintojaksoa yhtä hyvin perillä siitä, millaista fysiikan opiskelu yliopistossa todellisuudessa on, vaikka heistä suurin osa olikin päätoimisia yliopisto-opiskelijoita. Luultavasti heidän pääaineensa on siis jokin muu kuin fysiikka. OnlineCourses-toteutuksen lukiolaisosallistujat eivät myöskään todennäköisesti olleet saaneet samanlaista mahdollista ennakkotietoa fysiikan yliopisto-opiskelusta, kuin Moodle-toteutuksen lukiolaiset.

Opintojakso muuttikin monen osallistujan käsitystä fysiikan yliopisto-opiskelusta joko myönteisempään tai kielteisempään suuntaan. Monelle myös vahvistui päätös siitä, haluaako hakea fysiikan yliopisto-opintoihin vai ei. Palautekyselyn perusteella voidaan sanoa, että fysiikan opiskelu on kyllä kiinnostavaa ja kiehtovaa, mutta usko omaan itseensä ja pärjäämiseensä opinnoissa ei aina ole kovin korkealla. Etenkin OnlineCourses-toteutuksella moni koki jo etukäteen esimerkiksi matemaattiset kykynsä ja tietämyksensä riittämättömiksi fysiikan yliopisto-opintoihin, ja opintojakso

vain vahvasti tunnetta. He eivät opintojakson jälkeen päätyneet harkitsemaan fysiikan yliopisto-opintoja. Fysiikan yliopisto-opinnot aloitetaan lukion pitkän oppimäärän fysiikan ja matematiikan kertauksella, mutta tätä taitonsa riittämättömiksi tunteet eivät selvästikään tienneet. Voi olla, että fysiikan yliopisto-opinnot olisivat näyttäneet hieman valoisimmilta, mikäli opinnot aloittavista lukion fysiikan ja matematiikan kertauksista olisi tiedetty.

Moodle-toteutuksella riittämättömyyttä koettiin paljon vähemmän, mikä johtunee edellämainitusta yliopisto-opiskelun ennakkotiedoista ja siitä, että sen lukiolaisenemmistöllä oli lukion fysiikka tuoreessa muistissa. Ne osallistujat, jotka tunsivat fysiikan ja matematiikan taitonsa riittäviksi, innostuivat entistä enemmän fysiikan opinnoista ja päätyivät harkitsemaan fysiikan yliopisto-opintoja. Osa toisaalta oli jo ennen opintojaksoa päättänyt hakea fysiikan yliopisto-opintoihin, mikä todennäköisesti näkyikin aiemmin mainittuina opintojakson aiheisiin ja yliopisto-opiskeluun perehtymisenä ennakkoon. Näitä fysiikan yliopisto-opiskelua harkitsemaan saaneita tai jo siitä päätöksen tehneitä olikin Moodle-toteutuksella ylivoimainen enemmistö. Muut syyt, jotka eivät Moodle-toteutuksella saaneet harkitsemaan fysiikan yliopisto-opintoja, eivät suoraan liittyneet fysiikan opiskeluun. Tällaisia syitä kertoivat opettajat ja jo muualle opiskelemaan hakeneet, jotka kenties toisenlaisessa opiskelu- tai työtilanteessa olisivatkin voineet harkita fysiikan opintoja. Heille fysiikka itsessään ei siis vaikuttanut olevan kompastuskivi, kuten OnlineCourses-toteutuksen fysiikan yliopisto-opinnot vaihtoehtona hylänneille.

Fysiikan yliopisto-opinnot tuntuivat siis opintojakson lopussa olevan joko päämäärä tai entistä kaukaisempi asia. Tähän selvästi vaikutti se, millaisia ennakkokäsityksiä osallistujilla oli fysiikan yliopisto-opiskelusta. Siitä ennakkoon jotain tienneet innostuivat fysiikan opiskelusta entistä enemmän, kun taas siitä tietämättömillä kynnyks fysiikan yliopisto-opintojen aloittamiselle nousi entistä korkeammalle. Toisaalta myös ihan muut syyt, kuten opettajuus ja olemassa oleva toinen opiskelupaikka, saivat kieltäytymään fysiikan yliopisto-opiskelusta.

## 7.2 Osallistujien käsitykset opintojakson MOOC-muotoisen toteutuksen onnistumisesta

Palautekyselyn Likert-itsearviointissa (taulukko 14) huomataan toteutuksen rakenteen onnistuminen. Siellä sekä Moodle- että OnlineCourses-toteutuksella suurimmat arvosanojen keskiarvot saivat suoritustapaan liittyvät väitteet. Myös palautekyselyn molempien toteutusten avovastauksissa kehuttiin oppimateriaalin selkeyttä ja havainnollistavuutta.

Opintojakson teoriaosion perinteisen pitkästä teorialuettelosta poikkeava rakenne oli molemmilla toteutuksilla osallistujien mielestä selvästikin siis hyvä asia: oppiminen onnistui paremmin, kun teorialuettelossa oli mukana paljon kuvia, videoita ja animaatioita. Tekstin omaperäinen keskusteleva ja tarinallinen tyyli oli myös opiskelijoille hyödyllinen, siitä selvästi pidettiin. Myös teorialuettelon lomassa olleet lukuisat kysymykset ja niiden vastaukset auttoivat oppimisessa, kun moniin mieleen nouseviin kysymyksiin sai niistä välittömästi vastauksen. Tämän avulla epäselviä asioita todennäköisesti jäi vähemmän mieleen pyörimään, ja siten asiassa eteenpäin siirtyminen oli jouhevampaa.

Myös esimerkit auttoivat asian hahmottamisessa ja ymmärtämisessä. OnlineCourses-toteutuksella opiskelijoiden mielestä niitä oli kuitenkin liian vähän. He olisivat toivoneet enemmän etenkin laskukaavoja ja niihin liittyviä laskuesimerkkejä. Niihin liittyvän teorian sisäistäminen oli siis selvästi jäänyt osin puuttelliseksi. Tähän viittasi myös tarve kertaaville osuuksille. Moodle-toteutuksella moni puolestaan toivoi opintojaksolle vaikeampia ekstrapäteviä niistä kiinnostuneille sekä enemmän lähdevinkkejä sellaiseen materiaaliin, josta saisi lisätietoa aiheista. Vaikeampien tehtävien toiveesta voidaan selvästi päätellä, että opintojakson vaikeusaste oli kyllä helppo usealle osallistujalle, mutta lisäesimerkkien ja kertauksen tarpeesta johtuen monille myös haastava.

Mielenkiintoinen huomio on se, että Moodle-toteutuksella ollut suuri lukiolaisemmistö piti opintojaksoa yleisesti helpompana, kuin OnlineCourses-toteutuksen yliopisto-opiskelijaenemmistöinen (päätoimiset ja avoimen yliopiston opiskelijat) osallistujajoukko. Voidaankin siis päätellä, että ainakin lukiolaisten tuoreet fyysisen opinnot lukiossa todennäköisesti auttoivat opintojakson suorittamisessa. Yliopisto-

opiskelijoiden ja muiden oppijoiden mahdollisesta lukiofysiikan opiskelusta on enemmän aikaa. Yliopisto-opiskelijoiden pääaine ei välttämättä edes ole yliopistossa fysiikka, joten se lisää entisestään mahdollisten aiempien fysiikan oppien unohtamista.

Lukiolaisten parempaan suoriutumiseen viittaa myös palautekyselyssä olleen Likertitsearviointin väitteiden vastausten suuremmat keskiarvot Moodle-toteutuksen hyväksi, yhtä väitettä lukuunottamatta. OnlineCourses-toteutuksen vastauksista ai-noastaan väitteen *Opintojakson suoritustapa tuki hyvin oppimistani* keskiarvo oli Moodle-toteutuksen vastauksen keskiarvoa hieman suurempi. Voi olla, että lukiolaiset ovat lukiossa tottuneet opettajajohtoiseen tai opettajan ja muiden opiskelijoiden kanssa vuorovaikutteiseen opiskelutyyliin, josta opintojakson toteutus poikkesi merkittävästi.

MOOC-tyylinen itseopiskelu saattoi siis vaatia lukiolaisosallistujilta paljon totuttelua. Yliopistossa itsenäistä opiskelua ja Moodle-alustan käyttöä on enemmän, joten OnlineCourses-toteutuksen osallistujat olivat todennäköisemmin jo tottuneempia sellaiseen. MOOC-tyylisestä itseopiskelusta ja omaan tahtiin etenemisestä kuitenkin yleisesti pidettiin opintojakson suorittaneiden keskuudessa.

Käsitykseen MOOC-tyylisen toteutuksen onnistumisesta vaikuttaa siis selvästi se, onko itseopiskelu jo entuudestaan tuttua ja miten se onnistuu. Omatoimiset ja itseohjautuvat osallistujat todennäköisesti pitävät MOOC-tyylistä itseopiskelua hyvänä vaihtoehtona itselleen, mutta esimerkiksi keskittymisen ja tarkkaavuuden haasteita omaaville itseopiskelu voi olla vaikeaa. Materiaalin selkeys, monipuolisuus ja ymmärrettävyys ovat siis myös tältä kannalta olennaisen tärkeitä oppimisen kannalta, etenkin, kun vuorovaikutteisuutta opettajan ja opiskelijan välillä ei tämän opintojakson toteutuksilla pääsääntöisesti ole. Myös jonkintasoiset ennakkotiedot opintojakson aihepiiristä auttavat opintojakson suorittamisessa, kun kaikki käsiteltävä asia ei tule täysin uutena opiskeltavaksi.

### 7.3 Osallistujien motivaation muuttuminen fysiikan opiskelua kohtaan opintojakson aikana

Alkukyselyvastauksissa ilmeni, että fysiikan opiskelua pidettiin yleisesti haastavana, työläänä ja aikaavievänä. Näkökulmasta ja asenteesta riippui, koettiin ne myönteisinä vai kielteisinä piirteinä.

Molemmilla toteutuksilla monille jo ennestään fysiikasta innostuneille opintojakso antoi palautekyselyn perusteella lisää intoa fysiikan opiskelua kohtaan. Moni, etenkin OnlineCourses-toteutuksella, oli kuitenkin luultavasti huomannut toivovansa opintojaksolta liikoja, kun sieltä ei saanutkaan alkukyselyssä toivottua syvällistä ymmärrystä opintojakson aiheista tai vastauksia kaikkiin kysymyksiin esimerkiksi maailmankaikkeudesta. Tämä varmasti sai alkuinnostuksen jälkeen aikaan pettymyksen opintojakson sisällöstä ja opiskelumotivaation laskun. Opintojakso latisti myös joidenkin kohdalla intoa fysiikan opiskeluun, kun aiheet ja niiden opiskelu osoittautuivatkin odotettua haastavammiksi. Fysiikkaa arasteleville opintojakso usein vain lisäsi kynnystä fysiikan opiskelulle. Matematiikan haastavuus ja pelottavuus nousi monelle kynnyksymykseksi jatkaa fysiikan opiskelua eteenpäin.

Moodle-toteutuksella toiveet ja odotukset opintojaksolta olivat alkukyselyssä maltillisempia ja realistisempia kuin OnlineCourses-toteutuksella. Tähän viittaa myös huomiot palautekyselyvastausten tarkastelussa kappaleissa 7.1 ja 7.2, kun opintojakso antoikin joidenkin Moodle-toteutuksen osallistujien mielestä siloitellun kuvan fysiikan opiskelusta, ja kun vaikeampia tehtäviä ja lisätietomateriaaleja toivottiin. Tämä voi johtua aiemmin kappaleessa 7.1 mainitusta mahdollisesta lukiolaisten alkutiedotuksesta opintojakson suorituksesta ja yliopisto-opiskelusta. On tietenkin myös mahdollista, että innokkaat ja motivoituneet osallistujat olivat jo etukäteen valmistautuneet opintojakson aloittamiseen paneutumalla kurssin aiheisiin omatoimisesti ja syvällisemmin, jolloin heillä oli opintojaksoa aloittaessa parempi lähtötaso aiheiden tuntemuksen suhteen OnlineCourses-toteutuksen osallistujiin verrattuna. Realistiset odotukset työmäärästä ja sisällöstä auttoivat siis joka tapauksessa selvästi ylläpitämään opiskelumotivaatiota opintojakson ajan.

Moodle-toteutuksen osallistujien parempiin ennakkotietoihin viittasi myös OnlineCourses-toteutuksen osallistujien vastauksia laajemmat vastaukset opintojak-



son aiheiden ennakkotietoja kartoittaviin alkukyselyn kysymyksiin. OnlineCourses-toteutuksen osallistujat ilmoittivat myös alkukyselyssä hankkineensa esitietoja kirjoista ja kursseilta, mutta esitiedot olivat kuitenkin yleissivistävistä lähteistä, joista ei saa syvällistä käsitystä aiheista.

Moodle-toteutuksella opintojakson työmäärä koettiin pienempänä kuin OnlineCourses-toteutuksella. Tähän vaikuttanee realistisempien odotusten lisäksi se, että Moodle-toteutuksen opiskelijoista suurin osa oli lukiossa tuoreeltaan fysiikkaa opiskeleita lukiolaisia. Fysiikkaa jo ennestään tai lähiaikoina opiskelleille opintojakso olikin todennäköisesti kevyempi kuin toteutukselle kylmiltään tulleet, jolloin opintojakson työmääräkin tuntui pienemmältä. OnlineCourses-opiskelijat eivät olleet yhtä tuttuja opintojakson aiheiden tai fysiikan opintojen kanssa, tai opinnoista oli jo aikaa, minkä vuoksi heidän käsityksensä työmäärän sopivuudesta oli hieman suurempi. Työmäärä saattoi siis yllättää heidät. Työmäärän suuruuteen vaikutti todennäköisesti myös se, että opintojaksolla olikin yllättävän paljon perusasioihin liittyviä laskuja, eikä juurikaan heidän toivomaansa asioiden syvällistä avaamista.

#### **7.4 Erot alkukyselyvastauksissa opintojakson suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden välillä**

Eroja alkukyselyvastauksissa opintojakson suorittaneiden ja suorittamatta jättäneiden välillä nousi eniten esiin OnlineCourses-toteutuksella. Siellä suorittaneiden enemmistö oli yliopiston päätoimisissa opiskelijoissa, ja päätoimisille opiskelijoille yliopisto-opiskelu todennäköisesti onkin jo tuttua ennen opintojakson aloittamista. He toki usein tarvitsevat myös opintojaksosta saatavat opintopisteet, joten sekin on myötävaikuttavana tekijänä heidän suoritusprosenttiinsa. Suorittamatta jättäneiden enemmistö olivat muut oppijat, joiden koulutustausta voi olla teoriassa mikä tahansa. He voivat siis olla ketä tahansa opintojakson aiheista kiinnostuneita henkilöitä, jotka halusivat osallistua opintojaksolle. He eivät todennäköisesti ole varsinaisessa päätoimisessa koulutuksessa, kuten lukiossa tai yliopistossa, koska muuten he olisivat valinneet alkukyselyssä sellaisen koulutustaustakseen. Tästä johtuen heillä ei todennäköisesti ole lukion tai yliopiston kaltaista taustajärjestelmää opiskelunsa tukena. Toinen suuri suorittamatta jättäneiden enemmistö oli lukiolaiset, joiden suorittamatta jättämisen syy voi olla se, että he osallistuivat opintojaksolle omatoimisesti, koska

lukiossa opintojakso oli erikseen tarjolla aiemmin Moodle-toteutuksen kautta. Tästä johtuen heillä ei todennäköisesti ollut Moodle-toteutuksen lukiolaisten mahdollisesti saamaa alkuesittelyä opintojaksosta ja yliopisto-opiskelusta.

On kuitenkin otettava huomioon, että OnlineCourses-toteutuksen suoritusajaksi oli aineistonkeruuaikana parhaillaan käynnissä. Aineiston kerääminen lopetettiin noin puolivälissä toteutusta, eli opintojakson suorittaminen oli mahdollista vielä pitkään aineistonkeruun jälkeenkin. Moni toteutuksen osallistujista ei olisikaan siis ehtinyt suorittaa opintojaksoa loppuun aineistonkeruuaikana, joten osa opintojakson suorittamatta jättäneiksi tulkituista henkilöistä saattoikin todellisuudessa suorittaa opintojakson vasta aineistonkeruun jälkeen. Todellinen OnlineCourses-toteutuksen kokonaissuoritusprosentti on siis todennäköisesti korkeampi, kuin aineiston perusteella laskettu suoritusprosentti.

Moodle-toteutuksella eroja alkukyselyvastauksissa ei juurikaan näkynyt. Tämä voi johtua siitä, että osallistujien joukko oli pieni ja melko homogeeninen, koska suurin osa osallistujista oli lukion opintojen kautta osallistuneita lukiolaisia. Moodle-toteutuksen lukiolaisten vastauksissa ainoastaan opintojakson suorittaneilla oli toive opintojakson mahdollisesta hyödystä muissa opinnoissa. Lukiolaisille todennäköisesti olikin suosittu opintojakson opiskelua juuri tämän mahdollisen hyödyn vuoksi. Voidaan sanoa, että se oli opintojakson suorittamista motivoiva tekijä ja että opintojaksosta hyötyvänsä toivovat osallistujat todennäköisemmin suorittavat opintojakson loppuun asti.

He, jotka osallistuivat opintojaksolle ainoastaan, koska opiskelutoveritkin osallistuivat, eivät saaneet opintojaksoa suoritettua. Alkukyselyn vastauksista voidaan päätellä, että tämänkaltaisia ulkoisia tekijöitä motivaatiokseen ilmoittaneet eivät suorita opintojaksoa loppuun yhtä todennäköisesti, kuin sellaiset osallistujat, joiden motivaatio nousee esimerkiksi uuden oppimisesta, aiheen ymmärtämisestä ja opintopisteiden saamisesta. Opintojakson suorittamisesta on siis oltava osallistujalle jonkinlaista hyötyä, ja osallistumismotivaation on noustava osallistujasta itsestään. Sisäisen motivaation ja opintojakson onnistuneen suorittamisen välisessä yhteydessä huomattiin kuitenkin yksi poikkeus. Suurin osa opintojaksolle osallistuneista opettajista ei suorittanut opintojaksoa loppuun, vaikka he ilmoittivatkin motivaatiokseen uuden oppimisen ja uusien ideoiden saamisen omaan opetukseensa. Opettajat eivät työssään tarvitse opintojaksosta saatavia opintopisteitä, joten se on todennäköisesti

suorittamatta jättämisen syy. Yleisesti voidaankin sanoa, että tälle opintojaksolle ilmoittautuneet opettajat eivät todennäköisesti suorita opintojaksoa. He pääosin vain käyvät oppimassa opintojakson aihepiiristä sen, mitä tarvitsevat.

OnlineCourses-toteutuksen alkukyselyssä fysiikan ja siihen liittyvän matematiikan opiskeluun suhtautuivat nihkeimmin ja kielteisimmin ne, jotka eivät suorittaneet opintojaksoa loppuun. Myönteisimmin ja optimistisimmin niihin suhtautuivat opintojakson suorittaneet. Tästä voidaan päätellä, että asenteella ja aiemmilla hyvillä tai huonoilla opiskelukokemuksilla on merkitystä siihen, tuleeko opintojakso suoritettua loppuun. Pessimistisesti fysiikan ja matematiikan opiskeluun suhtautuvat suorittavat opintojakson vähemmän todennäköisesti kuin myönteisesti ja optimistisesti niihin suhtautuvat.

Voidaan siis sanoa, että motivaation laadulla on suuri merkitys siihen, saadaanko opintojakso suoritettua. Mikäli opintojaksosta tarvitaan opintopisteet tai sen suorittamisesta hyödytään esimerkiksi opinnoissa jollain muulla tavalla, suoritetaan opintojakso todennäköisesti. Myös opintojakson toteutustavasta (itseopiskelu ja omaan tahtiin eteneminen) pitänee suorittivat opintojakson todennäköisemmin kuin muut. Yhtä lailla opintojakso saadaan todennäköisesti suoritettua, mikäli aihepiiri on jo jollain tavalla etukäteen tuttua, kiinnostavaa ja suhtautuminen siihen on muutenkin myönteistä. Todennäköisimmin opintojakso jää suorittamatta, jos motivaatio osallistumiseen nousee ulkoapäin ja fysiikan opiskelusta on kielteinen käsitys.

## 8 Päätäntö

Tämän tutkimuksen tekemistä rajoitti se, että opintojakson molempien tutkittavien toteutusten yhteinen osallistujamäärä eli otanta oli melko pieni ( $n=147$ ) ja toteutukset olivat keskenään hyvin erikokoiset. Tutkimuksen pääasiallisena kohteena olleet lukiolaiset olivat jakautuneet toteutuksille hyvin epätasaisesti. Molemmilla toteutuksilla oli myös muita kuin lukiolaisia, mikä on huomioitava tuloksia yleistettäessä. Moodle-toteutuksella melkein kaikki olivat lukiolaisia ja OnlineCourses-toteutuksella noin neljännes. Siispä etenkin lukiolaisvähemmistöisen OnlineCourses-toteutuksen analysoinnin tuloksia ei voi suoraan yleistää lukiolaisiin. Lukiolaisemmistöisen Moodle-toteutuksen tulokset voi helpommin yleistää lukiolaisiin, mutta sieltäkin on huomioitava etenkin opettajien suhteellisen suuri määrä.

Alku- ja palautekyselyiden vastausten keräämisaika oli niin ikään rajallinen, ja OnlineCourses-toteutuksella useampi henkilö suorittikin opintojakson vasta kyselyvastausten keräämisen jälkeen. Näitä henkilöitä ei laskettu mukaan opintojakson suorittaneisiin, mikä osaltaan vääristää toteutuksen todellista suoritusprosenttia.

Kyselyiden kysymykset olivat myös osittain epätarkat tai monella eri tapaa ymmärrettävät, mikä rajaa niiden vastausten tulkintaa. Tarkemman tutkimuksen tekemiseksi alku- ja palautekyselyiden vastauksia voisi siis kerätä opintojakson alusta ihan sen suoritusajan loppuun saakka, jolloin suoritusilastoihin tulisi paljon vähemmän vääristymää. Kyselyjen kysymyksiä voisi myös tarkentaa. Esimerkiksi alkukyselyn kysymyksissä fysiikan opiskeluun liittyen voisi tarkentaa, onko kyse fysiikan opiskelusta ylipäätään, fysiikan yliopisto-opiskelusta vai fysiikan opiskelusta esimerkiksi lukiossa. Kyselyjen lisäksi voisi mahdollisesti myös haastatella tutkittavia osallistujia, jolloin olisi mahdollista saada tarkempia tietoja tutkittavilta. Näillä keinoin tulosten luotettavuus ja yleistettävyyys paranisi huomattavasti.

Otanta opintojakson osallistujista voisi myös kasvattaa suuremmaksi esimerkiksi tutkimalla useampaa eri toteutusta. Lisäksi toteutuksilta voisi tutkia vain jotain tiet-

tyä osallistujaryhmää. Näin saataisiin esimerkiksi juuri opintojakson kohderyhmänä olevien lukiolaisten kokemukset ja menestys opintojaksolla paremmin ja luotettavammin tutkittua. Olisi kohderyhmän kannalta tärkeää myös selvittää, kuinka hyvin opintojakson aiheet ja vaatimustaso todella sopivat lukiotasolle. Tätä voitaisiin tutkia vertailemalla lukiolaisten osaamista opintojakson alussa ja lopussa. Tällä tavoin tutkittaisiin lukiofysiikan oppimäärän ja sen vaatimustason sopiminen tälle opintojaksolle. Samalla selvitettäisiin, kuinka hyvin tämä orientoiva opintojakso todella orientoi ja johdattelee lukiolaista yliopistofysiikan pariin. Toinen tapa tutkia opintojakson soveltuvuutta lukioon olisi vertailla kahta eri osallistujaryhmää keskenään, kuten lukiolaisia ja ensimmäisen tai toisen vuosikurssin fysiikan päätoimisia yliopisto-opiskelijoita. Siinä selvitettäisiin, kuinka iso ero opintojaksolla menestymisessä mahdollisesti olisi tällaisten ryhmien välillä, eli esimerkiksi kuinka paljon yliopistofysiikan perusopinnot todellisuudessa mahdollisesti hyödyttävät tällä opintojaksolla.

Oppimateriaali sai paljon kehuja molempien toteutusten osallistujilta, ja sen toimivuus ja sisältö arvioitiinkin tutkimuksessa hyviksi. Oppimateriaali on selkeä, johdonmukainen ja ymmärrettävä. Oppimateriaaliin olisi kuitenkin tarpeen lisätä enemmän kuvia ja muuta mediaa, vaikka niitä oppimateriaalissa onkin jo kiitettävästi. Kuvitus ja esimerkiksi tehtävien tai animaatioiden interaktiivisuus aktivoivat opiskelijaa aiheen äärellä, kun opiskelu ei ole pelkkää lukemista ja laskemista. Myös palautekyselyssä toivottiin paljon lisää audiovisuaalista sisältöä.

Opintojakson oppimateriaalin tyylin ja rakenteen merkitystä oppimiseen olisi hyvä muutenkin tutkia tarkemmin, sillä sitä ei tässä tutkimuksessa tarkasteltu kovin syvällisesti. Olisi hyödyllistä tutkia, miten hyvin esimerkiksi sarjakuvamainen kuvitus ja keskusteleva teorigenoteksti auttoivat oppimaan opintojakson aiheista itsenäisesti, sellaiset kun eivät ole yleisiä fysiikan oppimateriaaleissa. Samoin voisi tutkia oppimateriaalin erityyppisiä tehtäviä; minkätyyppiset ja millä tavalla muotoillut tehtävät koettiin parhaimmiksi ja opettavaisimmiksi? Tutkimusten perusteella näitä ominaisuuksia olisi silloin mahdollista kehittää vielä entistäkin paremmiksi ja motivoivimmiksi, jotta tällaisen MOOC-muotoisen opintojakson opiskelu itsenäisesti olisi sujuvampaa.

Kuvituksen ja kirjoitustyylin lisäksi myös opintojakson aihepiiriä voisi tutkia tarkemmin. Hyvä tutkimuskohde olisi oppimateriaalin eri aiheiden osiot, joista (ja joiden

sisällöstä) voisi selvittää mahdolliset kompastuskivet ja ne osiot, joiden tekemisessä osallistujilla kuluu eniten aikaa. Etäopiskelemalla tällaisista haasteista on usein vaikeampaa päästä eteenpäin, kun opettajan apu ei ole niin helposti saatavilla. Kun tällaiset haastavammat osiot ja aiheet voidaan tunnistaa paremmin, niitä pystytään kehittämään entistäkin selkeämmiksi ja ymmärrettävämmiksi.

Muun muassa juuri haastavien aiheiden oppimisen helpottamiseksi palautekyselyssä toivottiinkin paljon erillisiä kertaavia osioita. Niitä materiaalissa ei tutkittujen toteutusten aikana ollut, vaikka jokaisen osion lopussa olikin pieni yhteenvetokappale osion aihepiiristä. Kertaavien osioiden kautta päästäisiin luontevasti taas eteenpäin, kun esimerkiksi uuteen aiheeseen liittyvät aiempien osioiden asiat on kerrattu tuoreeseen muistiin.

Oppimateriaaliin voisi osallistujien palautteenkin perusteella lisätä enemmän myös erilaisia lasku- ja monivalintatehtäviä perusasioista. Toisaalta myös haastavamman tason teoriaa ja tehtäviä esimerkiksi ekstramateriaalina toivottiin paljon, joten varsinaisen lukiotasoisien oppimateriaalin kehittämisen rinnalla voitaisiin siis rakentaa myös haastavampaa materiaalia halukkaille. Osallistujien ennakkotiedot ja -taidot aiheista vaihtelevat siis suuresti, joten jokaiselle tulisi löytyä jotain sopivan haastavaa opiskeltavaa opiskelumotivaation säilyttämiseksi. Opintojakson alussa voisi esimerkiksi valita itselleen sopivan haastavuustason, jonka mukaiseen materiaaliin opiskelu pohjautuisi. Valittua tasoa voisi kuitenkin muuttaa tarvittaessa.

Kvanttimekaniikasta ja suhteellisuusteoriasta voisi kehittää myös ihan omat MOOC-kurssinsa, jolloin kummankin aihepiirin käsittelylle jäisi näin enemmän aikaa. Aiheisiin olisi mahdollista paneutua myös syvällisemmin, kun työmäärä ja opintopisteet kohdistuisivat nyt vain yhteen aihepiiriin. Olisiko lisäksi aihetta kehittää orientoiva MOOC-kurssi myös jostain muusta yleistajuisella tasolla ihmisiä kiehtovasta fysiikan aihepiiristä, kuten ydin- tai hiukkasfysiikasta?

## Lähteet

- [1] Ylioppilastutkintolautakunta. *Ylioppilastutkintoon osallistujat kokeittain (kaikki kokelasajat) - tutkintokerrat kevät 2021 ja kevät 2022*. URL: <https://www.ylioppilastutkinto.fi/ext/stat/FB2022KT2001.pdf> (viitattu 22.08.2022).
- [2] Ylioppilastutkintolautakunta. *Ilmoittautuneet eri kokeisiin tutkintokerroittain 2013-2022*. URL: <https://www.ylioppilastutkinto.fi/ext/stat/FS2022A2013T2010.pdf> (viitattu 22.09.2022).
- [3] Jyväskylän yliopisto. *Kevään 2021 yhteishaun hakijat, hyväksytyt, paikan vastaanottaneet ja pisterajat, kandi- ja maisteriohjelmat*. URL: <https://www.jyu.fi/fi/hakijalle/nain-haet/valintakokeet/k21verkkosivukoostekandiplusmaisteri.pdf> (viitattu 22.08.2022).
- [4] Jyväskylän yliopisto. *Kevään 2020 yhteishaun hakijat, hyväksytyt ja hyväksymisen pisterajat*. URL: [https://www.jyu.fi/fi/hakijalle/nain-haet/valintakokeet/hakijat\\_pistemaarat\\_kevat2020\\_pdf.pdf](https://www.jyu.fi/fi/hakijalle/nain-haet/valintakokeet/hakijat_pistemaarat_kevat2020_pdf.pdf) (viitattu 22.08.2022).
- [5] R. Hanhinen ja S. Tarkiainen. *Yliopistojen todistusvalinnan pisteytykset*. 2022. URL: <https://wiki.eduuni.fi/display/ophpolku/Yliopistojen+todistusvalinnan+pisteytykset> (viitattu 22.09.2022).
- [6] T. Tossavainen ja M. Löytönen. *Sähköistyvä koulu: oppiminen ja oppimateriaalit muuttuvassa tietoympäristössä*. Helsinki: Edita Prima Oy, 2019. URL: [https://www.suomentietokirjailijat.fi/media/julkaisut/verkkoon\\_sahkoistyva\\_koulu\\_2019\\_final\\_.pdf](https://www.suomentietokirjailijat.fi/media/julkaisut/verkkoon_sahkoistyva_koulu_2019_final_.pdf) (viitattu 29.03.2021).
- [7] J. Vainionpää. *Erilaiset oppijat ja oppimateriaalit verkko-opiskelussa*. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy - Juvenes Print, 2006.
- [8] H. Ruuska, M. Löytönen ja A. Rutanen. *Laatua! Oppimateriaalit muuttuvassa tietoympäristössä*. Porvoo: Bookwell Oy, 2014.

- [9] OpenupEd. "Definition Massive Open Online Courses (MOOCs)". Versio 1.1 (2015). URL: [https://www.openuped.eu/images/docs/Definition\\_Massive\\_Open\\_Online\\_Courses.pdf](https://www.openuped.eu/images/docs/Definition_Massive_Open_Online_Courses.pdf) (viitattu 22.12.2022).
- [10] D. Shah. "By The Numbers: MOOCs in 2021" (2021). URL: <https://www.classcentral.com/report/mooc-stats-2021/> (viitattu 12.09.2022).
- [11] D. Shah. "By The Numbers: MOOCs in 2020" (2020). URL: <https://www.classcentral.com/report/mooc-stats-2020/> (viitattu 12.09.2022).
- [12] K. Jordan. "Massive Open Online Course Completion Rates Revisited: Assessment, Length and Attrition". *International Review of Research in Open and Distributed Learning* 16.3 (2015), s. 341–358. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1067937.pdf> (viitattu 12.09.2022).
- [13] G. Siemens. "Massive Open Online Courses: Innovation in Education?" Teoksessa: *Open Educational Resources: Innovation, Research and Practice*. Toim. R. McGreal, W. Kinuthia ja S. Marshall. Commonwealth of Learning, Athabasca University, 2013, s. 5–16. URL: [https://oerknowledgecloud.org/sites/oerknowledgecloud.org/files/pub\\_PS\\_OER-IRP\\_web.pdf#page=31](https://oerknowledgecloud.org/sites/oerknowledgecloud.org/files/pub_PS_OER-IRP_web.pdf#page=31).
- [14] Khan Academy: Free Online Courses, Lessons & Practice. URL: <https://www.khanacademy.org> (viitattu 02.12.2022).
- [15] K. Karjalainen. "Laadukasta verkko-oppimateriaalia tuottamassa". Teoksessa: *Oppiva opettaja 3: Verkko-opetusta Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa*. Toim. J. Muukkonen. Hallinnon julkaisuja 155. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2006, s. 33–41. URL: <https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/31003/TMP.objres.197.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (viitattu 05.10.2022).
- [16] Opetushallitus. *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019*. Helsinki: Opetushallitus, 2019.
- [17] Opetushallitus. *Mitä ovat opintopisteet, opintojaksot ja moduulit ja mikä on niiden suhde nykyisiin lukiokursseihin ja arviointiin?* Opetushallitus, 2022. URL: <https://www.oph.fi/fi/usein-kysyttya/mita-ovat-opintopisteet-opintojaksot-ja-moduulit-ja-mika-niiden-suhde-nykyisiin> (viitattu 24.10.2022).



- [18] Opetushallitus. *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015*. Helsinki: Opetushallitus, 2015.
- [19] Opetushallitus. *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003: nuorille tarkoitetun lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki: Opetushallitus, 2003.