

**”Olen ollut huonomminkin  
peruslabrakursseilla” -  
Opiskelijoiden kokemukset  
uudistetusta Perusopintojen  
laboratoriotyöt 1 -kurssista**

Pro gradu -tutkielma, 01.09.2023

Tekijä:

JYRI KOHVAKKA

Ohjaaja:

ANTTI LEHTINEN

PEKKA PIRINEN



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
FYSIIKAN LAITOS

© 2023 Jyri Kohvakka

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

Kohvakka, Jyri

”Olen ollut huonommillakin peruslabrakursseilla” - Opiskelijoiden kokemukset uudistetusta Perusopintojen laboriotyöt 1 -kurssista

Pro gradu -tutkielma

Fysiikan laitos, Jyväskylän yliopisto, 2023, 45 sivua

Laboratoriokurssien uudistukset ovat tällä hetkellä yksi kuumimmista puheenaiheista fysiikan yliopisto-opetuksen kehittämisesässä. Paljon on ollut keskustelua siitä, että mitä laboratoriokurssien tulisi oikeastaan opettaa ja ovatko nykymuotoiset laboratoriokurssit edelleen tehokkaita opiskelijoiden todellisen oppimisen kannalta. Toisaalta kokemuspohjaisia tutkimuksia fysiikan laboratoriokursseista on toteutettu kansainvälisesti todella niukasti, vaikka aihetta pidetäänkin tärkeänä fyysikoiden keskuudessa. Tässä tutkielmassa tutkittiin opiskelijoiden kokemuksia uudistetusta Perusopintojen laboriotyöt 1 -kurssista Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella. Tutkielmassa paneuduttiin opiskelijoiden antamiin itsearviointeihin ja niistä saatujen vastauksien tueksi haastateltiin muutamaa uudella kurssilla ollutta opiskelijaa. Itsearviointeja verrattiin myös vastaaviin itsearviointeihin Perusopintojen laboriotyöt 1 -kurssilta ennen uudistusta. Haastattelut täydensivät itsearvioinneista saatuja vastauksia opiskelijoiden kokemusten pohjalta. Yleisesti opiskelijat kokivat uudistetun Perusopintojen laboriotyöt 1 -kurssin olevan hyvä, ja tukevan teoriaan pohjautuvien taitojen oppimista.

Avainsanat: Laboriotyöt, laboratoriokurssi, kokemukset, kurssiuudistus



## Abstract

Kohvakka, Jyri

*"I have been on worse basic lab courses" - Students' experiences of a basics laboratory work course*

Master's thesis

Department of Physics, University of Jyväskylä, 2023, 45 pages.

Laboratory course reforms are currently one of the hottest topics in the development of university education in physics. There has been much debate about what laboratory courses should actually teach and whether current laboratory courses are still effective in terms of real learning for students. On the other hand, experience-based studies of laboratory courses in physics have been carried out very sparsely internationally, although the topic is considered important among physicists. This thesis examined students' experiences of the renewed Laboratory Work 1 course in Basic Studies at the Department of Physics at the University of Jyväskylä. The thesis focused on self-assessments given by students, and a few students who had taken a new course were also interviewed to support the answers. Self-assessments were also compared to similar self-assessments from the Laboratory Work 1 course before the reform. The interviews complemented the responses from self-assessments based on the students' experiences. In general, students felt that the revised Basic Studies Laboratory Work 1 course was good, and supported the learning of theory-based skills.

Keywords: Laboratory work, laboratory course, experiences, course reform



## Esipuhe

Ajattelin ensin, että en esipuhetta kirjoittaisi, mutta tulinkin näin prosessin loppuvaiheella toisiin ajatuksiin. Haluan kiittää tutkielmani varsinaista ohjaajaa eli Antti Lehtistä todella hyvästä ja asiantuntevasta työstä Pro Gradu -tutkielmani kanssa. Tutkielmani toinen ohjaaja eli Pekka Pirinen ansaitsee myös erittäin suuret kiitokset, koska hänen havaintonsa prosessin aikana olivat minulle todella silmiä avartavia ja ehdottomasti tutkielmaa täydentäviä. Myös opiskelijakollegoiden tuki oli minulle todella tärkeää ja erityisesti ainejärjestötila Orion suunnilla olleet opiskelijakollegat saivat minut motivoitumaan Pro Gradu -tutkielman teossa, siitä iso kiitos teille. Tästä on hyvä jatkaa eteenpäin kohti uusia haasteita.

Jyväskylässä 31. elokuuta 2023 Jyri Kohvakka





## Sisällys

<b>Tiivistelmä</b>	<b>3</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>Esipuhe</b>	<b>7</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>11</b>
<b>2 Teoreettinen tausta</b>	<b>13</b>
<b>3 Menetelmät ja aineisto</b>	<b>19</b>
3.1 Kurssien toteutukset . . . . .	19
3.1.1 Vuoden 2019 toteutus . . . . .	19
3.1.2 Vuoden 2022 toteutus . . . . .	21
3.2 Itsearviointikyselyt . . . . .	23
3.3 Haastattelut . . . . .	24
<b>4 Tulokset</b>	<b>27</b>
4.1 Vertailu uuden ja vanhan kurssin toteutuksen välillä . . . . .	27
4.1.1 Itsearvioitu onnistuminen kokeellisessa työskentelyssä . . . . .	27
4.1.2 Itsearvioitu oppiminen kurssin aikana . . . . .	29
4.1.3 Ohjauskokemukset kurssin aikana . . . . .	29
4.1.4 Vapaa sana . . . . .	31
4.2 Haastattelut . . . . .	31
4.2.1 Yleiset kokemukset . . . . .	32
4.2.2 Ohjaustapa . . . . .	33
4.2.3 Osaamistavoitteet . . . . .	34
<b>5 Päätäntö</b>	<b>39</b>
<b>Lähteet</b>	<b>41</b>



# 1 Johdanto

Laboratoriokursseja on pidetty kriittisenä osana opetussuunnitelmaa opiskelijoiden ymmärryksen ja kiinnostuksen lisäämiseksi fysiikasta [1]. Laboratorikurssien tavoitteet on yleensä jaettavissa johonkin näistä kolmesta luokasta: luentokurssien sisällä opettajien fysiikan käsitteiden vahvistaminen, opiskelijoiden käytännön laboratoriotaitojen kehittäminen ja ymmärryksen ja arvostuksen lisääminen tieteen luonteesta ja merkityksestä erityisesti fysiikassa.

Laboratoriokursseja kuitenkin pidetään laajalti ainutlaatuisena, joskin kalliina tapana opettaa tieteellistä sisältöä [2]. Ne vaativat myös paljon resursseja: erikoislaitteita, tiloja, sekä aikaa opetushenkilökunnalta että opiskelijoilta [3]. Nykyään on havaittu esiintyvän runsaasti tyytymättömyyttä perinteisiä laboratoriotöitä kohtaan ympäri maailman [4]. Tutkimus laboratorio-opetuksen hyödyistä tai haitoista on tähän mennessä ollut suhteellisen vähäistä. Ennen vuotta 2015 laboratorio-opetusta käsittelevät artikkelit keskittyivät enemmän laboratoriotöiden vaikutuksiin suhteessa opiskelijoiden käsitteelliseen tietoon, asenteisiin ja tietokäsityksiin, mittaamisen ja epävarmuuden ymmärtämiseen sekä kokeilutaitoihin ja kykyihin.

Opiskelijoiden kokemuksista kokeellisen fysiikan kursseista löytyy todella niukasti tutkimustuloksia [4]. Siispä tämän tutkielman pääasiallisena tarkoituksena on kasvat-  
taa kokempohjaisten tutkimuksien määrää, sekä selvittää opiskelijoiden kokemuksia uudistetusta Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen *Perusopintojen laboratoriotyöt 1*-kurssista, verrattuna vanhaan vuoden 2019 toteutukseen. Käytän seuraavia täsmällisesti muotoiltuja kysymyksiä apuna tutkimusongelman ratkaisemiseen:

1. Millaisena opiskelijat kokivat nykymuotoisen laboratoriotyökurssin verrattuna vanhaan toteutukseen?
  - (a) Mitä he kokivat oppineensa?
  - (b) Miten he kokivat kurssin ohjauksen?
  - (c) Kuinka hyvin he kokivat onnistuneensa kokeellisessa työskentelyssä?



## 2 Teoreettinen tausta

Laboratoriotyöt ovat tehokkaampia mikäli ne kannustavat tutkimukseen ja päätöksentekoon, eivätkä oppikirjojen käsitteiden varmentamiseen [5]. Laboratoriotöiden tulisi mieluummin havainnollistaa mitä kokeellinen fysiikka tarkoittaa: aitojen fysiikan tutkimusten lähestymistapaa, tekniikoita ja taitoja, sekä ajattelutapoja. Myöskään ne laboratoriotyöt, jotka varmentavat teoriaa, eivät mittavasti lisää opiskelijoiden ymmärrystä fysiikan malleista, joita he pyrkivät todentamaan. Tällainen teorian varmennuslabra saa opiskelijat osallistumaan kyseenalaisiin tutkimuskäytäntöihin, kuten tietojen manipulointiin, epäselvien todisteiden hakemiseen tai virhepalkkien paisuttamiseen, jotta he voisivat päästä samaan tulokseen teorian kanssa. Pienemmät ryhmäkoot antavat enemmän tukea opiskelijoille omien kokeilujensa suunnitteluun ja pitkät aikajaksot antavat opiskelijoille riittävästi aikaa iteroida ja parantaa kokeellisia menetelmiään ja data-analyysyjään.

Pohjois-Amerikassa tehdyn tutkimuksen perusteella mittaustaitoihin keskittyvissä laboratoriotöissä opiskelijat kehittävät omia tutkimuskysymyksiään, suunnittelevat paremmin omia kokeitaan, kehittelevät omia mittaustaitteitaan, valitsevat omat analysointimenetelmät, parantelevat omia mittaasetelmiaan ja tarkentavat mittaasetelmaa epävarmuuden vähentämiseksi paremmin kuin laboratoriotöissä, jotka keskittyvät fysiikan käsitteiden varmentamiseen [4]. Opiskelijat myös kehittävät matemaattisia malleja runsaammin tutkittavalle järjestelmälle, sekä mittaustaitteille, kun laboratoriotyöt keskittyvät taitojen kehittämiseen eikä fysiikan käsitteiden varmentamiseen.

Pohjois-Amerikassa tehdyn toisen tutkimuksen mukaan tutkijat eivät löytäneet mitään lisäarvoa laboratoriotyöskentelystä fysiikan sisältöjen oppimisessa [2]. Tutkimus toteutettiin vertailemalla opiskelijoiden tenttivastauksia kurseilla, joilla laboratoriotyöt olivat vapaaehtoisia. Aineistossa oli mukana opiskelijoita kolmesta Pohjois-Amerikassa sijaitsevasta yliopistosta, joista ainoastaan yksi oli yksityinen ”elitistimäinen” yliopisto. Vastauksia verrattiin opiskelijoiden kanssa, jotka olivat valinneet laboratoriotyöt, ja niiden kanssa, jotka jättivät laboratoriotyöt tekemättä.

Laboratoriokursseilla on useita mahdollisia oppimistavoitteita, mukaan lukien

fysiikan käsitteiden vahvistaminen, laboratoriotaitojen kehittäminen ja kokeellisen fysiikan luonnetta koskevien asiantuntijamaisten uskomusten edistäminen [1]. Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että kurssit, jotka keskittyivät erityisesti laboratoriotaitojen kehittämiseen, edistivät opiskelijoiden asiantuntijamaisten käsitysten kehittymistä enemmän kuin kurseilla, jotka keskittyivät joko varmentamaan vain fysiikan käsitteitä tai sekä varmentamaan fysiikan käsitteitä että kehittämään laboratoriotaitoja.

Keskeiset teemat kokeellisen fysiikan taidoista ovat: kokeellisen fysiikan tekniset ja käytännölliset taidot, kognitiivisen päätöksenteon taidot ja metakognitiiviset taidot [6]. Teemaan ”kokeellisen fysiikan tekniset ja käytännölliset taidot” kuuluvat ne taidot, joita opiskelija laboratoriossa tarvitsee, esimerkiksi laitteiden asettaminen ja tietojen analysointi. Teemaan ”kognitiivisen päätöksenteon taidot” kuuluvat ne päätökset, joita kokeilija tekee toimintatavoista, kuten esimerkiksi mitä ja kuinka paljon tietoa kerätään. Teemassa ”metakognitiiviset taidot” kokeilija tarkkailee, pohtii ja iteroi jatkuvasti toimintatapojaan kesken mittauksen. Seuraavaksi käydään näitä teemoja hieman tarkemmin läpi.

Fysiikan tekniset ja käytännölliset taidot vaihtelevat käytännön psykomotorisista kognitiivisempiin taitoihin eli kokeilun rakentamisesta ja toteuttamisesta, datan analysointiin ja tulkintaan tai kokeellisen tutkimuksen ja tulosten välittämiseen [6]. Käytännön taidoista opiskelijoiden on tärkeää osata lähestyä uusia mittauslaitteita, tietää mitä kysymyksiä sille voidaan esittää ja ymmärtää miten laite johtaa mittaukseen. Data-analysointi ja tulkinta yhdistää nopeasti sekä kognitiiviset että metakognitiiviset taidot, sillä halutaan, että opiskelijat oppivat valitsemaan sopivan työkalun tietojensa analysointiin laboratoriossa, joka vaatii kognitiivisia päätöksentekotaitoja. Opiskelijoiden myös halutaan oppivan arvioimaan kyseisen työkalun soveltamisen tuloksia, mikä puolestaan vaatii metakognitiivista seuranta. Lisäksi näihin teknisiin taitoihin kuuluu myös kirjoitus- ja viestintätaidot, jotka tässä kontekstissa ilmenevät tyypillisesti mittauspöytäkirjoina, raporttien kirjoittamisena, projektien laatimisina, esitysten tekemisinä tai vertaisarviointina. Opiskelijoiden tekemät kirjalliset dokumentit nähdään myös ensisijaisena arviointimuotona monissa laboriokursseissa.

Kognitiiviset päätöksentekotaidot sisältävät päätöksiä, kuten esimerkiksi mitä ja kuinka paljon tietoa kerätään, miten minimoidaan epävarmuustekijöitä tai miten tuloksia tulkitaan [6]. Monet perinteiset fysiikan laboratoriotyöt eivät juurikaan

tue opiskelijoiden kognitiivista päätöksentekoa. Liiallinen rakenne nähdään ongelmallisena, koska tällöin opiskelijat eivät harjoita omaa itsenäistä päätöksentekoa, vaan työskentelevät annettujen ohjeiden mukaisesti. Toisaalta liian vähäinen rakenne puolestaan nähdään myös ongelmallisena, koska opiskelijat voivat tuntea olevansa suuren haasteen edessä ja näin ollen ovat epävarmoja siitä, miten kokeessa tulisi edetä. Useissa tutkimuksissa on havaittu, että teoriaa varmentavat laboratoriotyöt haittaavat opiskelijoiden itsenäistä päätöksentekoa. Opiskelijoilla tulee siis olla tilaa tarttua jokaiseen suunnittelupäätökseen.

Metakognitiolla tarkoitetaan kokeellisen fysiikan kontekstissa päätöksenteon sekä teknisten että käytännön taitojen peittoamista siten, että opiskelijat valvovat päätöksiään ja menettelytapojaan kokeitaan suorittaessa [6]. Metakognitiiviset taidot ovat hyvin olennaisessa osassa muiden edellä tutkittujen kokeellisten fysiikan taitojen onnistuneelle käytölle. Ilman metakognitiota, muut taidot voivat muuttua toistonomaisiksi menettelyiksi, joita opiskelijat vain noudattavat. Perinteisissä laboratoriotöissä opiskelijoita pyydetään pohtimaan miten he parantaisivat kokeilujaan, jos he toisintaisivat sen. Useimmissa tapauksissa opiskelijat vastaavat vakioluetellolla, joka sisältää vastauksia, kuten ”tekisin sen tyhjiössä” ja ”käyttäisin parempia laitteita”.

Fysiikan johdantokurssien laboratorioissa korostetaan yhä enemmän kokeiluiden ja kriittisen ajatteluntaitojen kehittämistä [3]. Kriittinen ajattelu määritellään tavoiksi, joilla tietoja ja todisteita käytetään tekemään päätöksiä siitä, mihin luottaa ja mitä tehdä. Perinteisten laboratorioiden on myös havaittu heikentävän asenteita ja uskomuksia kokeellisesta fysiikasta, kun taas taitojen opettamiseen tähtäävien laboratorioiden havaittiin parantavan opiskelijoiden asenteita. Tällä hetkellä on olemassa monia avoimia tutkimuskysymyksiä siitä, mitä opiskelijat oikeastaan oppivat laboratoriokursseilta, mitä he voisivat oppia ja miten tätä oppimista voidaan mitata: tällä hetkellä laboratorioille on olemassa vain vähän tutkimuspohjaisia ja validoituja arviointivälineitä.

Johdantokurssien laboratoriot muodostavat tärkeän osan fysiikan opetussuunnitelmasta, sillä siellä on mahdollisuus opiskelijoiden harjoittaa kokeellisen fysiikan käytäntöjä, kehittää teknisiä viestintätaitoja ja kehittää kriittisen ajattelun taitoja [7]. Monet laboratoriotyöt keskittyvät vakiintuneiden teorioiden tai ilmiöiden osoittamiseen tai vahvistamiseen sen sijaan, että pyrkisivät kehittämään opiskelijoiden taitoja. Luennolta opittujen käsitteiden vahvistamiseen pyrkivät laboratoriotyöt

heikentävät opiskelijoiden asenteita ja uskomuksia kokeellisesta fysiikasta. Walsh kollegoineen tutki opiskelijoiden saamia PLIC- (eng. Physics Lab Inventory of Critical thinking) ja E-CLASS -pisteitä käsitteiden varmentamislaboratoriotöistä verrattuna laboratoriotöihin, jotka keskittyivät taitojen kehittämiseen. Tutkimustuloksien pohjalta, taitoihin keskittyneet laboratoriotyöt paransivat opiskelijoiden saamia pisteitä verrattuna laboratoriotöihin, jotka pyrkivät vahvistamaan käsitteitä.

Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella tehdyn tutkimuksen mukaan PLIC -arviointimenetelmä on käytettävissä suomalaisessa kontekstissa ajattelun taitojen mittaamiseen samalla tavalla, kuten alkuperäinen englanninkielinen versio [8]. Tutkimuksessa todetaan myös, että mitään merkittävää muutosta ei havaittu opiskelijoiden kriittisen ajattelun taidoissa johdantolaboratoriokurssilla tehdyissä laboratoriotöissä, jotka sekoittivat sisältö- ja taitoihin liittyviä oppimistavoitteita. Laboratoriokurseille on perinteisesti annettu lukuisia oppimistavoitteita, kuten luentokurssin sisällön vahvistaminen, teorian ja käytännön yhdistäminen, kokeellisten taitojen kehittäminen, tieteen luonteen oppiminen sekä viestintä- ja yhteistyötaitojen harjoittaminen.

ISLE (eng. The Investigative Science Learning Environment) on interaktiivinen lähestymistapa fysiikan oppimiseen ja opettamiseen [9]. Sen tarkoituksena on sitouttaa opiskelijoita samankaltaisiin prosesseihin kuin mitä fyysikot käyttävät uutta tietoa rakentaessaan ja soveltaessaan eli uusien ideoiden rakentamista, testaamista ja soveltamista kokeilun ja päättelyn avulla, ongelmien ratkaisemista, mukaan lukien töiden arviointi. ISLE:n ensimmäinen tavoite on se, että opiskelijat oppisivat fysiikkaa harjoittamalla toimintaa, joka jäljittelee fyysikoiden harjoittamaa tietoa tuottavaa toimintaa. Toisena tavoitteena oppilaiden on tunnettava, että he voivat luoda tietoa ja että tämä tieto on mielekästä ja hyödyllistä heidän elämässään. ISLE perustuu siihen, että opiskelijat rakentavat mallin seuraamalla polkua yksinkertaisten kokeiden havainnoinnista useiden mallien suunnitteluun, jossa mallit selittävät kokeiden havainnot käyttäen sopivia resursseja. Tämän jälkeen malleja testataan ja sovelletaan käytännön tarkoituksiin. Monien vuosien aikana on osoitettu, että ISLE-opiskelijat oppivat normatiivisia fysiikan käsitteitä, pystyvät ratkaisemaan fysiikan ongelmia ja pystyvät suunnittelemaan ja tulkitsemaan kokeiluja paremmin kuin perinteisesti opetetut opiskelijat.



**Taulukko 1.** Yhteenvedo taidoista, joita laboratoriotöiden tulisi opettaa teoriaosuuden pohjalta

<b>Taidot</b>	
1.	<p><b>Kokeellisen fysiikan tekniset ja käytännölliset taidot</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kehitellään omat mittauslaitteet</li> <li>- Rakennetaan kokeilu ja toteutetaan se</li> <li>- Valitaan soveltuva anylosintimenetelmä</li> </ul>
2.	<p><b>Kognitiivisen päätöksenteon taidot</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suunnitellaan omat mittaukset</li> <li>- Pohditaan mitä tietoa kerätään</li> <li>- Kehitellään omat tutkimuskysymykset</li> <li>- Pohditaan kuinka paljon tietoa kerätään</li> <li>- Pohditaan miten minimoidaan epävarmuustekijät</li> </ul>
3.	<p><b>Metakognitiiviset taidot</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parannellaan omia mittausasetelmia paremman tuloksen saamiseksi</li> <li>- Tarkkaillaan ja iteroidaan jatkuvasti toimintatapojaan kesken mittauksen</li> </ul>
4.	<p><b>Viestinnälliset taidot</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pohditaan, miten viestivät tekemistään mittauksista</li> </ul>
5.	<p><b>Kriittisen ajattelun taidot</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tavat, joilla tietoja ja todisteita käytetään tekemään päätöksiä siitä, mihin luottaa ja mitä tehdä</li> </ul>



## 3 Menetelmät ja aineisto

### 3.1 Kurssien toteutukset

Tässä osiossa kuvaillaan tarkemmin kahden laboratoriotyökurssin toteutuksia Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella. Kurssien tiedot on poimittu työosaston nettisivuilta [10], sekä fysiikan laitoksen opetussuunnitelmasta.

#### 3.1.1 Vuoden 2019 toteutus

Vuonna 2019 Perusopinnojen laboratoriotyöt 1 -kurssi koostui kolmesta johdanto-luennosta, kahdesta laskuharjoituksesta, kolmesta arvioitavasta laboratoriotyöstä ja neljästä lapputyöstä. Kurssi toteutettiin syyslukukaudella ja sen oli tarkoitus olla ensimmäinen yliopistossa suoritettava laboratoriotyökurssi. Ryhmätyöhön ja ensimmäiseen lapputyöhön ilmoitettiin Moodlen kurssityötilan kautta, mutta muihin töihin opiskelijat varasivat ajan itse Kepler-varausjärjestelmän kautta, heille sopivaan ajankohtaan. Aihepiireiltään työt liittyivät sekä mekaniikkaan että värähtelyyn ja termodynamiikkaan.

**Taulukko 2.** Laboratoriotyöt vuoden 2019 toteutuksella

Työn tyyppi	Vaihtoehdot	
<b>1. Arvioitava työ</b>	1: Nopeuden mittaustasaisessa liikkeessä (ryhmätyö)	
<b>2. Arvioitava työ</b>	2: Vieriminen	3: Kiertoheiluri
<b>3. Arvioitava työ</b>	4: Kaasututkimus	5: Metallin ominaislämpökapasiteetti
<b>1. Lapputyö</b>	K1: Kinematiikan kuvaajat	
<b>2. Lapputyö</b>	K2: Heittoliike	K3: Törmäykset ilmaradalla
<b>3. Lapputyö</b>	K4: Pyörimisliike ja keskihaikuvoima	K5: Kimmokerroin
<b>4. Lapputyö</b>	K6: Dopplerin ilmiö	K7: Kaasulämpömittari

Ensimmäinen arvioitava työ oli *Nopeuden mittaus tasaisessa liikkeessä*, joka tehtiin laboratoriotöistä ensimmäisenä ja työ tehtiin pienissä ryhmissä. Tässä työssä harjoiteltiin mittauspöytäkirjan laatimista, mittaustulosten analysointia eri menetelmillä ja virhearvioiden tekemistä. Kurssin muut työt tehtiin joko itsenäisesti tai

yhdessä parin kanssa. Toisena arvioitavana työnä tehtiin joko *Vieriminen* tai *Kier-toheiluri*, ja työstä kirjoitettiin työselostus, joka arvioitiin arviointiskaalalla 0 - 12 pistettä kurssin kokonaispisteisiin. Työselostukset ovat hyviä tieteellisiä käytäntöjä noudattavia, tarkasti muotoiltuja raportteja, joita selostustöistä kirjoitetaan mittauk-siin pohjautuen. Selostustöissä kirjoitetaan neljän tunnin laborioriotyövuoron aikana mittauspöytäkirja, joka laitetaan työselostuksen liitteeksi. Varsinaisen työselostuk-sen kirjoittaminen on aikataulutettu laborioriotyövuoron ulkopuolelle. Kolmantena arvioitavana työnä tehtiin joko *Kaasututkimus* tai *Metallin ominaislämpökapasiteetti*, josta kirjoitettiin myös työselostus. Tämäkin työ arvioitiin arviointiskaalalla 0 - 12 pistettä.

Arvioitavien töiden lisäksi opiskelijat tekivät yhteensä neljä lapputyötä, joista ensimmäinen eli *Kinematiikan kuvaaajat* oli kaikille pakollinen. Lapputöissä opiskelijat saivat valmiin lomakkeen, jonka mukaan mittaukset tuli suorittaa ja tulokset kirjata eli käytännössä opiskelijat saivat valmiin ”lapun”, johon vain tuli täyttää saadut mittaustulokset. Lappu tuli täyttää neljän tunnin mittaisen mittausvuoron aikana ja toimittaa mittausten päätteeksi assistentille tarkistettavaksi. Mikäli lapputyö hyväksyttiin, niin assistentti leimasi lapun ja antoi sen opiskelijalle arkistoitavaksi, sekä merkitsi työn suoritetuksi.

Toisena lapputyönä opiskelijat valitsivat joko *Heittoliikkeen* tai *Törmäykset ilma-radalla*, ja kolmantena lapputyönä opiskelijat saivat valita joko *Pyörimisliikkeen ja keskihakuvoiman* tai *Kimmokertoimen*, ja neljäntenä lapputyönä he saivat valita joko *Dopplerin ilmiön* tai *Kaasulämpömittarin*. Töistä siis annettiin kaksi vaihtoehtoa, joista opiskelijoiden tuli toinen valita.

Vuoden 2019 toteutuksen osalta opetussuunnitelmassa on lueteltu tämän kurssin osaamistavoitteina, että opiskelija osaa suunnitella ja toteuttaa kokeellisia tutkimuk-sia itsenäisesti ja yhteistyössä muiden kanssa, osaa laatia mittauspöytäkirjan, jonka perusteella pystytään ymmärtämään ja toistamaan tehdyt kokeet, osaa tulkita ko-keellisia havaintoja ja arvioida niiden luotettavuutta sekä tuottaa tuloksista graafista esitystä, osaa kirjoittaa kokeellisesta tutkimuksesta yksinkertaisen raportin noudat-taen tieteellisen kirjoittamisen käytäntöjä ja erityisesti soveltaa hyvän tieteellisen käytännön periaatteita omassa tutkimuksessaan, osaa soveltaa tietokoneen käytön perustaitoja kokeellisessa työskentelyssä: datankeruu, tekstinkäsittely, esitysgraafiikka, taulukkolaskenta ja kuvankäsittely.

### 3.1.2 Vuoden 2022 toteutus

Vuoden 2022 toteutukseen kuului kaksi luentoa: aloitusluento ja lopetusluento, sekä 10 viikkoa ohjattua laboratorio- ja ryhmätyöskentelyä. Laboratorioryhmiä oli viisi kappaletta, jotka kokoontuivat aina säännöllisesti tiistaisin eri kellonaikoina neljäksi tunniksi kerrallaan. Opintojakson suorittaminen edellytti läsnäoloa luennoilla ja ohjatuissa laboratorio- ja ryhmätyöskentelytilaisuuksissa. Nämä laboratorio- ja ryhmätyöskentelytilaisuudet toteutettiin rakenteella 1h + 2h + 1h, jossa ensimmäinen tunti oli lämmittelyä ja tutustumista sen kerran aiheeseen, sekä muuta valmistautumista kokeelliseen työskentelyyn. Seuraava kaksituntinen käytettiin varsinaiseen kokeelliseen työskentelyyn, jossa suunniteltiin ja valmisteltiin koejärjestely, mittaaminen ja havainnointi sekä niiden dokumentointi. Viimeinen tunti puolestaan käytettiin tulosten ja havaintojen käsittelyyn ja raportointiin, sekä tapaamisen reflektointiin.

**Taulukko 3.** Syksyn 2022 toteutuksen tapaamiskerroilla käydyt aihepiirit.

Tapaaminen	Aihepiiri
1.	Varattujen hiukkasten havainnointi
2.	Askelmittaus puhelimen kiihtyvyydatasta
3.	Askelmittausten analysointi ja mittausohje
4.	Mittausten graafinen esittäminen
5.	Turvallisuus laboratoriossa
6.	Törmäykset ilmaradalla
7.	Epävarmuustekijät mittauksissa
8.	Työselostuksen laatiminen
9.	A/B-työn mittaukset
10.	A/B-työn esittäminen

Taulukossa 3 on esitetty kunkin ohjatun laboratorio- ja ryhmätyöskentelykerran aihepiirit. Ensimmäisen tapaamiskerran aiheena oli *Varattujen hiukkasten havainnointi*, jolloin tehtävänä oli havainnoida ionisoivaa säteilyä paljain silmin, käyttäen itse rakennettua ilmaisinta niin kutsuttua sumukammiota. Tapaamiskerralla tutustuttiin myös fysiikan työosaston tiloihin ja turvallisuuteen laboratoriossa. Toisella tapaamiskerralla aiheena oli *Askelmittaus puhelimen kiihtyvyydatasta*, jolloin tehtävänä oli suunnitella ja rakentaa kävelemällä kuljetun matkan mittaamiseen mittausjärjestelmä, joka käyttää älypuhelimien kiihtyvyyssantureita askelten havainnointiin. Tapaamisella perehdyttiin mittalaitteisiin, kuten älypuhelimiin, sekä mittausjärjestelmiin ja niiden rakentamiseen.

Kolmannella tapaamiskerralla aiheena oli *Askelmittausten analysointi ja mittausohje*, jolloin perehdyttiin mittaustulosten tarkasteluun ja harjoiteltiin sen eri vaiheita ja jatkokehitettiin askelmittausjärjestelmää mittausten ja havaintojen pohjalta, sekä laadittiin mittausohje askelmittaukselle puhelimen kiihtyvyydatasta. Neljännellä tapaamisella aiheena oli *Mittausten graafinen esittäminen*, jolloin perehdyttiin tulosten graafiseen esittämiseen muun muassa Jupyter-työkirjaa käyttämällä sekä tutustuttiin mallin antamien ennusteiden ja mittausaineiston vertaamiseen.

Viidennellä tapaamisella aiheena oli *Turvallisuus laboratoriossa*, jolloin perehdyttiin yleiseen turvallisuuteen, sekä turvallisuuteen erityisesti kiihdytinlaboratoriossa. Lisäksi tapaamiskerralla harjoiteltiin graafista esittämistä piirtämällä funktioita havaintopisteisiin. Kuudennella tapaamiskerralla aiheena oli *Törmäykset ilmaradalla*, jonka tarkoituksena oli opettaa täyttämään mittauspöytäkirjaa, sekä käyttämään Capstone-datankeruuhjelmistoa että arvioimaan mittauksen aikana syntyviä virheitä. Tapaamisella myös tutustuttiin valmiin python-skriptin käyttöön tulosten visualisoimiseksi sekä opeteltiin tulkitsemaan kuvaajia ja vertaamaan tuloksia teoriaan.

Seitsemännellä tapaamiskerralla aiheena oli *Epävarmuustekijät mittauksissa*, jolloin perehdyttiin mittausten epävarmuuksien analysointiin, harjoiteltiin tutkimuksen suunnittelua, datan keräämistä ja analysointia, sekä datan esittämistä. Tapaamisella erityisesti tarkasteltiin tutkimuksessa valittuun mittalaitteeseen liittyviä sisäisiä systemaattisia ja satunnaisia epävarmuuden lähteitä. Kahdeksannella tapaamiskerralla aiheena oli *Työselostuksen laatiminen*, jolloin perehdyttiin hyvään tieteelliseen käytäntöön, lopputuloksien pyöristyssääntöihin ja työselostuksen laatimiseen. Tämän lisäksi tapaamisella harjoiteltiin työselostuksen kirjoittamista L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X:illä käyttäen ilmaista Overleaf-tekstieditoriohjelmaa. Tapaamisen työskentely pohjautui kuudennen tapaamiskerran *Törmäykset ilmaradalla* -työhön.

Yhdeksännen tapaamiskerran aiheena oli *A/B-työn mittaukset*, jolloin opiskelijat työskentelivät 3-4 hengen pienryhmissä ja valitsivat joko työn A tai B:n tehtäväksi. Työ A oli *Korkeusmittari* ja työ B oli *Kalorimetri*. Tällä tapaamisella opiskelijat suunnittelivat mittauksia, valmistelivat ja tekivät mittaukset, sekä tarkastelivat saatuja tuloksia. Kymmenennellä tapaamiskerralla opiskelijat esittelivät tekemiään töitä ristiin toisen työn tehneille opiskelijoille pienissä ryhmissä eli ne opiskelijat, jotka tekivät työn A, esittelivät tuloksiaan niille, jotka tekivät työn B ja päinvastoin.

Uudistetun laboratoriotyökurssin toteutuksen osaamistavoitteina oli, että opinto-

jakson suoritettuaan opiskelija: tunnistaa kokeellisen tutkimisen vaiheet, tunnistaa hyvin määritellyn hypoteesin ja tutkimuskysymyksen, johon voi vastata kokeellisesti, osaa suunnitella ja valmistella fysikaalisia mittauksia, osaa ja uskaltaa muokata mittaussuunnitelmaa ja järjestelyä tarvittaessa, osaa soveltaa mittausvälineitä ja -järjestelyitä fysikaalisten ilmiöiden havainnointiin ja tieteellisen tiedon keräämiseen, osaa esittää tuloksen pyöristettynä järkevälle tarkkuudelle, osaa havainnollistaa mittaustuloksia graafisesti, osaa kuvailla kokeellisen tutkimuksen mittauksia vertaisilleen, osaa viestiä tutkimuksesta hyvän tieteellisen tavan mukaisesti: tutkimustulosten esittäminen omalle ryhmälle. Näiden lisäksi opintojakson aikana opiskelija kehittää kykyään: ymmärtää virheiden tekeminen osana prosessia ja suhtautua niihin hyväksyvästi, uskaltaa käyttää luovuutta kokeellisessa työskentelyssä, työskennellä turvallisesti ryhmissä ja noudattaa hyvän tieteellisen käytännön periaatteita, reflektoida omaa ja ryhmän työskentelyä, sekä tunnistaa, millä tavoin teknologian avulla voidaan helpottaa elämää.

## 3.2 Itsearviointikyselyt

Kirjallisena aineistona tässä tutkielmassa käytettiin vuosien 2019 ja 2022 toteutuksilta kerättyjä itsearviointeja nimettömässä muodossa. Vuoden 2019 toteutuksen itsearvioinnista poimittiin seuraavien kohtien vastaukset aineistoon, koska ne koettiin relevanteiksi tämän tutkielman kannalta: *Kuinka hyvin omasta mielestäsi onnistuit kurssin laboratoriotöissä?, Mitä koet oppineesi tällä kurssilla?, Minkä arvosanan antaisit itsellesi (asteikolla 0 - 5), entä kurssien ohjaajille (asteikolla 0-5)? Miksi? Lyhyt perustelu, Sana on vapaa.* Vanhanmuotoisen kurssin itsearviointi annettiin opiskelijalle täytettäväksi Moodlen kurssialueen kautta silloin, kun opiskelija sai tehtyä viimeisen laboratoriotyön kurssilta.

Vanhanmuotoisen kurssin itsearvioinnin kysymykset määräsivät vuoden 2022 toteutuksen itsearviointiin laitettavia kysymyskohtia, jotka muotoutuivat lopulta muotoon: *Kuinka hyvin koet onnistuneesi kurssin kokeellisessa työskentelyssä?, Mitä koet oppineesi tällä kurssilla?, Minkä arvosanan antaisit kurssista itsellesi (asteikolla 0 - 5)? Anna lyhyt perustelu, Minkä arvosanan antaisit ryhmäsi ohjaajalle (asteikolla 0 - 5)? Anna lyhyt perustelu, Kerro vielä vapaasti ajatuksiasi ja palautetta kurssista ja/tai kurssilla työskentelystä.* Näillä muotoiluilla haluttiin päästä siihen, että tulokset olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia keskenään. Vuoden 2022 kurssilaiset täyttivät itsearvioinnin viimeisenä tehtävänä kurssin aikana.

Itsearviointikyselyistä saadut vastaukset koottiin excel-tauluksoon. Vuonna 2019 analysoitavaa dataa kertyi 59 kappaletta, joista 1 oli täysin tyhjä, eli varsinaisia vastauksia oli 58 kappaletta. Vuonna 2022 analysoitavaa dataa kertyi 56 kappaletta, joista 9 oli täysin tyhjiä, eli varsinaisia vastauksia oli 47 kappaletta. Tämän jälkeen vastaukset luettiin silmällä läpi, jonka jälkeen kummastakin excel-taulukosta koodattiin [11] kunkin kysymyksen sisältä useammassa vastauksessa toistuvia ominaisuuksia. Kriteerinä ominaisuuden nostamiselle tässä tutkimuksessa käytettiin kolmen vastauksen rajapyykkiä eli mikäli kyseinen ominaisuus toistui vähintään kolmessa vastauksessa, se nostettiin analysoinnissa relevantiksi.

Koodaamisen jälkeen saadut tulokset taulukoitiin ja kunkin kysymyksen aihepiiri käytiin syvemmin läpi Tulokset -osiossa, jossa lopulta vertailtiin vuoden 2019 toteutuksen ja vuoden 2022 toteutuksen itsearviointikyselyistä löydettyjä ominaisuuksia keskenään. Kuhunkin löydettyyn ominaisuuteen lisättiin vielä pari sitaattia vahvistamaan opiskelijoiden kertomia kokemuksia. Itsearviointikyselyissä oli myös kohdat: *Minkä arvosanan antaisit kurssista itsellesi (asteikolla 0 - 5)?* ja *Minkä arvosanan antaisit ryhmäsi ohjaajalle (asteikolla 0 - 5)?*. Näistä kerättiin numeroarvosanat excel-tiedostoon, ja laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat kummankin vuoden toteutuksille erikseen.

### 3.3 Haastattelut

Uusimuotoisen fysiikan perusopinlaboratoriotyökurssin suorittaneista opiskelijoista valittiin neljä vapaaehtoista opiskelijaa haastateltavaksi. Haastateltavia valikoitaessa pyrittiin siihen, että kukaan haastateltavista ei olisi samasta ryhmästä. Haastattelut toteutettiin kasvotusten, yliopiston tiloissa joulukuussa 2022 siten, että haastateltavat kutsuttiin yksitellen heidän kanssaan sovittuina ajanhetkinä Agoran luokkaan D221.3. Yksittäisen haastattelun kesto oli noin puoli tuntia ja koko tilaisuus tallennettiin äänitteelle. Äänitteet hävitetään asianmukaisesti, kunhan tämä tutkielma on julkaistu. Haastattelutilanteessa opiskelijalle annettiin tulostetussa muodossa haastattelukysymykset, jotka on esitetty myös Liitteessä A.

Haastattelukysymykset on jaettu neljään eri aihepiiriin: Taustatietoihin, yleisiin kokemuksiin, ohjaustapaan ja osaamistavoitteisiin. Taustatietojen keräämisen tarkoituksena oli hahmottaa monen vuoden opiskelija on kyseessä ja opiskeleeko fysiikan koulutusohjelmassa. Yleisten kokemusten osiossa puolestaan haluttiin saada nimensä mukaisesti tarkempaa tietoa opiskelijoiden yleisistä kokemuksista kurssin



toteutuksesta. Ohjauskokemus -osion kysymyksillä taas haluttiin saada lisää tietoa opiskelijoiden saamasta ohjauksesta ja uusien työohjeiden toimivuudesta ja ennen kaikkea selkeydestä. Viimeisenä aihepiirinä haluttiin tarttua osaamistavoitteisiin ja sen avulla selvittää, kuinka hyvin opiskelijat kokivat saavuttaneensa ne kurssin aikana. Haastatteluiden päätehtävänä oli siis täydentää itsearviointikyselystä saatavaa dataa.

Haastatteluiden analysoinnissa käytettiin Litterointia [12] eli haastattelut kirjoitettiin auki excel-tiedostoon, kukin kysymys omalle rivilleen, ja vastaus omaan soluunsa. Tämän jälkeen kustakin aihepiiristä lähdettiin poimimaan positiivisia ja negatiivisia kokemuksia, ja pyrittiin avaamaan haastateltavien kokemuksia. Haastateltavat kuitenkin edustivat oman ryhmänsä toimintaa, jolloin he vastasivat useamman opiskelijan ääntä, joten yhdenkin haastateltavan nostama ominaisuus oli arvokas.

Analysoitaessa osaamistavoitteiden saavuttamista, vastauksista pyrittiin päättämään ja antamaan karkea arvio kunkin osaamistavoitteen saavuttamiselle. Asteikkona tässä käytettiin 0, +, ++, joista 0 tarkoittaa, että opiskelija ei koe osaavansa tätä osa-aluetta, + tarkoittaa, että opiskelija osaa jotenkuten kyseisen osa-alueen ja ++ tarkoittaa, että opiskelija osaa hyvin kyseisen osa-alueen. Nollan sai kieltävällä vastauksella, kun taas ++ vaati, että opiskelija todella koki saavuttaneensa osaamistavoitteen. Huomautuksena: asteikko ei ole tarkka, vaan karkea arvio haastatteluun osallistuneiden opiskelijoiden osalta. Saadut tulokset koottiin taulukkoon ja siihen lisättiin haastatteluista myös havainnot, jotka nousivat esiin kunkin osaamistavoitteen kohdalla.



## 4 Tulokset

### 4.1 Vertailu uuden ja vanhan kurssin toteutuksen välillä

Tässä osiossa pureudutaan tarkemmin analysoituihin kurssien itsearviointeihin ja millaisia havaintoja sieltä ollaan saatu. Yhteenvedo on koottu Taulukkoon 5. Itsearvioinneista poimittujen arvosanojen ja ohjaajille annettujen arvosanojen lasketut keskiarvot ja keskihajonnat on esitetty molempien vuosien osalta Taulukossa 4.

**Taulukko 4.** Itsearvioinneista poimittujen arvosanojen ja ohjaajille annettujen arvosanojen lasketut keskiarvot ja keskihajonnat.

	Syksyn 2019 toteutuskerta		Syksyn 2022 toteutuskerta	
	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta
<b>Oma arvio</b>	4,13	0,52	3,85	0,58
<b>Ohjaajille annettu</b>	4,37	0,65	4,19	1,02

#### 4.1.1 Itsearvioitu onnistuminen kokeellisessa työskentelyssä

Kurssilla 2019 olleista opiskelijoista moni nostaa esiin myös hyvän valmistautumisen tärkeyden: *”Olin valmistautunut töihin aina riittävän hyvin, joten tiesin tarkkaan mitä olin tekemässä.”*, *”Tähän on suurena syynä, että valmistauduin mielestäni hyvin töihin tutustumalla työohjeisiin ja tarvittaessa tutustumalla aiheisiin enemmän Googlen tai Knightin kirjan avulla”*. Moni syksyllä 2022 mukana olleista opiskelijoista nostaa esiin sen, että he kokivat onnistuneensa hyvin kokeellisessa työskentelyssä, ja eräskin opiskelija nostaa esiin: *”En tuntenut olevani kokeellisessa työskentelyssä hukassa, vaan pysyin kärryillä”*.

Vuoden 2019 kurssilla olleet opiskelijat nostavat onnistuneena kokemuksena myös mittaukset laboratoriossa: *”Pääosin laboratoriotyöt onnistuivat hyvin ja useimmissa töissä sain jopa järkevän oloisia tuloksia.”*, mutta toki vastauksiin mahtui myös epäonnistumisen kokemuksia: *”En koe erityisesti ’onnistuneeni’ yhdessäkään laboratoriotyössä ja useimmat muistikuvat töistä ovat melko kaoottisia”*. Puolestaan vuoden 2022 kurssilla opiskelijat nostavat positiivisena kokemuksena esiin suoriu-

**Taulukko 5.** Kurssien vertailua itsearviointeihin pohjautuen.

	Syksyn 2019 kurssilla	Syksyn 2022 kurssilla
<b>Asioita, joissa opiskelijat kokivat onnistuneensa laboratoriotyöskentelyssä</b>	Valmistautuminen labratyöskentelyyn	Yleinen työskentely kurssin aikana
	Mittaukset laboratoriossa	Suoriutuminen laboratoriotyöskentelystä
	Lapputyöt	Aktiivinen osallistuminen opetukseen
<b>Asioita, joita opiskelijat kokivat oppineensa</b>	Laboratoriotyöskentelyn perusteet	Laboratoriotyöskentelyn perusteet
	Mittauspöytäkirjan laatiminen	Mittauspöytäkirjan laatiminen
	Virhearvioinnit	Virhearvioinnit, epävarmuustekijät
	Erilaisten mittalaitteiden käyttö	Mittauksen suunnittelu
	Teorian soveltaminen käytäntöön	Mittauksien raportointi
	Capstone- ja Origin -sovellukset	Pythonin alkeet
	Työselostuksen kirjoittaminen	
<b>Ohjauskokemukset kurssin aikana</b>	Pääosin ohjaajat osasivat neuvoa	Ohjaaja motivoi kurssilaisia
	Apua sai vain pyydettyä	Apua oli saatavilla jatkuvasti
	Kommunikaatio koettiin vähäiseksi ohjaajan kanssa	Ohjaajat olivat helposti lähestyttäviä
	Töistä annettiin hyvin palautetta	Ohjaajat ohjasivat useimmiten hyvin
	Koettiin, että ohjaajat toimivat pääosin hyvin	Suurin osa ohjaajista osasi vastata esitettyihin kysymyksiin
<b>Sana vapaa</b>	Kurssi koettiin opettavaisena ja hyödyllisenä	Kurssi koettiin toimivana kokonaisuutena
	Kurssi koettiin työläänä opintopisteisiin nähden	Aikataulutuksessa koettiin puutteita
		Python-osaamisen puuttelliset esitiedot

tumisen laboratoriotyöskentelyssä: *”Mielestäni olen onnistunut hyvin kokeellisissa työskentelyissä”*.

Syksyn 2019 kurssilta nousee esiin myös lapputöiden tekeminen positiivisena kokemuksena: *”Lapputyöt sujuivat hyvin ja ensimmäinen selostustyö myös”*. Uudella toteutuksella itsearvioinneista ei löytynyt yhtäkään mainintaa lapputöistä, koska kyseistä käsitettä ei enää käytetä. Sen sijaan uudella laboratoriotyökurssilla nousee esiin onnistuneena kokemuksena aktiivinen osallistuminen opetukseen, jota taas ei erikseen mainita vuoden 2019 aineistossa: *”Yritin aina parhaani ja osallistuin aktiivisesti ryhmän työskentelyyn, joten koen onnistuneeni kurssilla”*.

#### 4.1.2 Itsearvioitu oppiminen kurssin aikana

Syksyn 2019 itsearvioinneista nousee opittuina asioina esiin seitsemän kategoriaa: laboratoriotyöskentelyn perusteet, mittauspöytäkirjan laatiminen, virhearvioinnit, erilaisten mittalaitteiden käyttö, teorian soveltaminen käytäntöön, Capstone- ja Origin-sovellukset ja työselostuksen laatiminen. Puolestaan syksyn 2022 itsearvioinneista nousee opittuina asioina esiin kuusi kategoriaa: laboratoriotyöskentelyn perusteet, mittauspöytäkirjan laatiminen, virhearvioinnit ja epävarmuustekijät, mittauksen suunnittelu, mittauksen raportointi ja Pythonin alkeet. Näistä kategorioista laboratoriotyöskentelyn perusteet, mittauspöytäkirjan laatiminen ja virhearvioinnit toistuvat usein molempien kurssien itsearvioinneissa.

Eroavaisuutena vuoden 2019 opiskelijat nostavat esiin Capstone- ja Origin-sovellukset, joita puolestaan vuoden 2022 toteutuksella opiskelijat eivät nosta esiin: *”Olen oppinut käyttämään jossakin määrin itselle uusia tietokoneohjelmia, kuten Capstone ja Originplot”*. Toisaalta Pythonin alkeet nousevat vuoden 2022 toteutuksella hyvin vahvasti esiin, jotka puolestaan puuttuvat vuoden 2019 vastauksista. Eräs vuoden 2022 toteutuksella ollut opiskelija kommentoi: *”Varsinkin pythonin soveltaminen mittaus tulosten kuvaajien aikaansaamiseksi oli avartavaa”*.

Toisena eroavaisuutena vuoden 2022 kurssilla vastaukset painottui mittauksien suunnitteluun ja raportointiin, kun taas vuoden 2019 toteutuksella vastaukset painoitui mittalaitteiden käyttöön ja teorian soveltamiseen käytäntöön. Eräs opiskelija vuoden 2019 kurssilta toteaa: *”Kurssi opetti fysikaalisen laboratoriotyöskentelyn ja erityisesti raportoinnin perusteet. Sisällöt syvensivät kahdella ensimmäisellä peruskurssilla opittuja teorioita”*. Toinen opiskelija vuoden 2022 toteutukselta puolestaan kertoo: *”Opin paljon mm. mittausten suunnittelusta, mittausten toteutuksesta ja menetelmien kehittämisestä sekä mittausdatan käsittelystä”*.

#### 4.1.3 Ohjauskokemukset kurssin aikana

Yleinen kokemus ohjaajien antamasta ohjauskokemuksesta oli pääosin positiivista vuoden 2019 toteutuksella: *”Ohjaajille antaisin myös nelosen, koska suurin osa ohjaajista oli tosi mukavia ja tuntui, että he auttavat mielellään”*. Vuoden 2022 toteutuksella koettiin, että ohjaajat olivat helposti lähestyttäviä ja suurin osa ohjaajista motivoivat kurssilaisten tiedonjanoa. Eräs opiskelija totesikin itsearvioinnissaan yhdestä ohjaajasta: *”Inspiroiva hahmo, joka auttoi mielellään kaikessa ja antoi työstään*

*käytännön esimerkkejä”.*

Vuoden 2019 kurssitoteutuksella koettiin, että ohjaajat osasivat pääosin neuvoa: *”Ohjaajat osasivat neuvoa mielestäni todella hyvin töiden tekemisessä ja heiltä sai tarvittaessa neuvoja myös työselostuksen tekemiseen”.* Samankaltaisia kokemuksia oli myös vuoden 2022 kurssitoteutuksella, moni itsearviointiin vastanneista totesikin, että suurin osa ohjaajista osasi neuvoa ja luoda kysymiseen rohkaisevan ilmapiirin. Eräs opiskelija kommentoi: *”Aina sai apua, kun tarvitsi ja apua tuli myös niin paljon kuin sitä tarvitsi. Ohjaaja osasi asiansa todella hyvin ja osasi selittää asian kuin asian ymmärrettävästi, jos jokin meiltä jäi pimentoon”.*

Opiskelijat kokivat myös, että saivat hyvin palautetta tehdyistä laboratoriotöistä, vuoden 2019 kurssitoteutuksella: *”Työselostuksien korjaaminen ja työselostuksien kommentointi oli mielestäni aina erittäin hyvin tehty”.* Puolestaan vuoden 2022 toteutukselta nousee esiin laadultaan hyvät ohjaustilaisuudet. Eräs opiskelija kertoo erään ohjaajan luomasta ohjauskokemuksesta: *”Opetus oli mielenkiintoista, ja ohjaajan asenne ja ulosanti tukivat asiasta kiinnostumista ja oppimista”.* Samaisesta ohjaajasta todetaan itsearvioinneissa myös *”Ohjaajani teki kurssista mielenkiintoisen ja auttoi oppimisessäni paljon”.*

Negatiivisena asiana vuoden 2019 toteutukselta nousee esiin se, että pari ohjaajaa eivät olleet kiinnostuneita laboratoriotöiden ohjaamisesta. Eräskin opiskelija toteaa itsearvioinnissaan: *”Joukossa oli kuitenkin pari ohjaajaa, jotka tykkäsivät istua valvojen kopissa ja eivät oikein osanneet auttaa”.* Myös vuoden 2022 itsearvioinneista nousee esiin eräs ohjaaja, jonka toiminta ei ollut ohjauskokemuksen perusteella niin laadukasta: *”Välillä ohjeistus oli sekavaa ja muuttuikin kesken työskentelyn. Myöskään ohjaaja ei aina tiennyt mitä tehdä”.* Myös toisella opiskelijalla on vähän samankaltaisia kokemuksia samaisesta ohjaajasta: *”Ohjaaja ei kuitenkaan ihan aina ollut kovin itsevarma työskentelystään (mm. asioiden esittäminen, kysymyksiin vastaaminen, itsenäisten päätösten tekeminen), vaan joihinkin asioihin oli hyvin vaikeaa saada toimintaohjeita empimisen vuoksi”.*

Vuoden 2019 toteutuksella opiskelijat nostavat myös esiin sen, että apua saatiin vain pyydettyä ja välillä ohjaajaa joutui odottelemaan useita tunteja, kun oli monta eri ryhmää tekemässä eri töitä. Lisäksi osa ohjaajista antoi väärää informaatiota töiden suorittamisesta: *”Valitettavasti välillä saimme assistenteilta hieman väärää informaatiota työn suorittamisesta, kun kysyimme apua. Tämä johti sitten siihen, että mittaustilanteesta tuo virhe siirtyi myös selkkarin laskuihin ja ne menivätkin*

*uusiksi”.*

#### 4.1.4 Vapaa sana

Vuoden 2019 toteutuksessa koettiin kurssin olevan opettavainen ja hyödyllinen tulevaisuutta ajatellen. Esimerkiksi eräs opiskelija totesi kurssista: *”Kurssi oli hyvin järjestetty ja ensimmäisen labratyön suorittaminen ryhmätyönä vähensi paineita lähteä ensimmäisten lapputöiden kimppuun”.* Toinenkin opiskelija toteaa tästä kurssista: *”Kurssi oli kaiken kaikkiaan hyvin opettavainen ja tärkeä kurssi”.* Vuoden 2022 toteutuksessa puolestaan koettiin kurssin olevan toimiva kokonaisuus. Eräs opiskelija kommentoi uudesta kurssista: *”Kurssi vaikutti huomattavasti paremmalta kuin aiempi toteutus. Olen päätenyt tähän mielipiteeseen kuultuani vanhempien opiskelijoiden kokemuksia vastaavasta vanhemmasta kurssista”.* Toinen opiskelija puolestaan toteaa tästä toteutuksesta: *”Kurssi ei ollut kauhean vaativa, mutta aloituskurssiksi mielestäni juuri sopiva”.*

Negatiivisena puolena vuoden 2019 toteutuksessa nähtiin kurssi työläänä kokonaisuutena saatuihin opintopisteisiin nähden usemman opiskelijan toimesta: *”Aika paljon työtunteja saa tehdä, kurssi kestää kuitenkin koko syyslukukauden ja selkkareihin uppoaa oikeasti todella paljon aikaa (mittauksiin kuluva aika, teorian etsiminen ja kirjoittaminen selkkariin, kaavojen kirjoittaminen, rakenteen muokkaaminen, puhumattakaan laskuista ja lähteet ja viitteet vielä päälle). Koen, että teimme paljon enemmän töitä kuin 3op kuuluu”.* Vuoden 2022 toteutuksessa negatiivisena puolena koettiin sekä aikataulutukseen liittyvät puutteet, että Python-koodauksen esitietojen puutteet: *”Kurssilla on liikaa asiaa käytettävissä olevaan aikaan nähden ja python osaamisen vaatimustaso on liian korkea”.*

## 4.2 Haastattelut

Jokainen haastateltava vastasi kaikkiin Liitteessä A esitettyihin kysymyksiin. Seuraavissa alaluvuissa käsitellään kukin kysymyskategoria omana osionaan ja pureudutaan tarkemmin niistä saatuihin havaintoihin. Tiivistetty versio haastatteluiden tuloksista osaamistavoitteiden osalta löytyy Taulukosta 6.

#### 4.2.1 Yleiset kokemukset

Kaikki haastateltavat kokivat uusimuotoisen kurssin toteutuksen olevan pääosin hyvä. Haastateltavat pitivät erityisesti kurssin rakenteesta, johon muun muassa haastateltava D toteaa: *”Ite vähän kuumottelin noita labroja, mut sit ku hokasin et niinku sen neljän tunnin aikana on tarkoitus tehdä periaatteessa kaikki, niin vierähti painava kivi harteilta”*. Haastateltava A:kin toteaa kurssin toteutukseen: *”Se on ollut sellainen tosi järkeenkäypä, että jotenkin aattelin et tollei sen pitäisikin mennä”*.

Laboratoriotyökurssilta jäi muutama tehty työ opiskelijoille mieleen positiivisena kokemuksena. Haastateltava A nostaa esiin Korkeusmittarityön: *”Se oli tosi hauska se toteutus, ku me saatiin ite mieltä se miten me toteutetaan se ja siitä tehtiin se esitelmä nii se oli tosi hauskaa”*. Haastateltava B nostaa esiin Askelmittaustyön: *”Se oli mun mielestä hyvä, tosi hyvä, koska siitä oikeesti koki oppineensa jälkikäteen ja aika oli loistava ja siihen esimerkiksi puhelimet sopi mittausvälineinä todella hyvin ja siinä piti virhettä arvioida ja sitä epävarmuutta, se oli niinku positiivista”*. Opiskelija D toteaa: *”hyvässä mielessä toi viimeinen kalorimetrityö, missä meidän piti se metallikappaleen materiaali määrittää, nii mä itse tykkäsin”*. Ja opiskelija D jatkaa vielä: *”Se oli jotenkin mukava se työ itsessään, et sai pohtia et miten me lämmitetään esim. tätä kappaletta ja sitten kaikki tollaset pohdittiin läpi”*.

Haastateltavat nostivat usein kurssin ajankäytön yhdeksi keskeiseksi puheenaiheeksi haastatteluissa. Osa kurssin töistä olisi kaivannut lisää aikaa, kuten esimerkiksi Törmäykset Ilmaradalla -työ, josta kurssilaiset olivat tehneet työselostuksen luonnoksen. Opiskelija B nostaa esiin: *”Sitten sanoisin sen ilmaratatyön, et se ei soveltunut tuohon aikatoimitukseen, et siihen ois sit vaikka kaks kertaa pitänyt käyttää, mut se oli vähän sellane et kiireessä koottiin ja kiireessä tehtiin ja siitä ei ehkä jäänyt mitään käteen”*. Lisäksi opiskelija B jatkaa: *”Eihän se homma kestänyt ikinä sitä neljää tuntia. Ensinnäkin se alkoi varttia yli kahdeksan, sitten kovin moni ei ollut silloin vielä paikalla ja sitten siinä oli muuta alkuhöpinää”*.

Törmäykset Ilmaradalla -laboratoriotyö nousee esiin useampaan otteeseen haastatteluissa. Haastateltavien mukaan tästä työstä tehtiin työselostusluonnos, joka olisi vaatinut tarkempia ohjeita ja lisää aikaa työn tekemiseen. Esimerkiksi opiskelija A toteaa: *”Ehkä just semmone, ku piti sitä L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X:a käyttää, niin sit joku semmone laajempi selostus siihen, ku kaikki oli kujalla sitä tehdessä ja se ois ehkä tarvinnut enemmän sitä aikaa”*. Opiskelija B taas olisi kaivannut enemmän apua selostuksen sisällöntuotantoon: *”Me käytettiin siihen yksi kerta ja vähän käytiin läpi, että mitä*



siihen tulee ja kirjoitettiin ja loppu jäi kotiin. Ite ainakin huomasin, että sen sisällyttäminen oli tosi hankalaa niinku sitten kotona myöhemmin, ilman sitä että sai kysyä”. Opiskelija C toteaa tästä työstä: ”Joillekin muille oli sanottu, että se tehdään niinkun hahmoteltavana et kirjota tohon mitä kirjoittaisit, kun taas meillä tästä tehdään ihan oikean näköinen selkkari ja tee sellane kun tekisit oikeesti eikä semmonen hahmotelma”.

Ryhmän merkitystä töiden tekemiseen ei voi liiaksi korostaa, sillä sekä haastateltava A että haastateltava D nostavat ryhmän yhtenä vaikuttavana tekijänä esille. Opiskelija A muun muassa toteaa: ”ja meil oli tosi hyvä ryhmä tai se koko labraryhmä ja oli kiva esittää ja tuli hyviä keskusteluja ja tällasii, nii se jäi mieleen”. Opiskelija D puolestaan toteaa: ”Törmäys ilmaradalla -työ jäi ehkä vähän huonossa mielessä mieleen, koska siis se ei varsinaisesti siihen työhön liittyny vaan se oli enemmänkin se ryhmä, jonka kanssa tein töitä. [...] Tavallaan se yks ei tehny mitään, toinen hoiti sen oman (33 %), niin välillä tuntu et mun piti kompensoida sitä puuttuvaa 33%, et koin et tein eniten siinä työssä sitä hommaa”.

#### 4.2.2 Ohjaustapa

Yleisesti haastateltavat kokivat, että saivat tarpeeksi ohjausta kurssin assistenteilta. Moni haastateltavista totesi haastatteluissa, että kurssi oli kiva, koska assistentti oli kiva. Opiskelija A myös toteaa: ”Ja sit ku oli vähän kujalla, niin assistentti osas niinku kertoo sen, mitä hän oli itte tehny ja pysty mieltii sitä toteutusta ja tällaista”. Opiskelija B puolestaan nostaa esille sen, että aina sai kysyä: ”Aina sai kysyä ja ei koskaan ollut sellaista oloa et olen tyhmä kun en entuudestaan tiedä”.

Haastateltavat pitivät lisäksi siitä, että kaikki työt eivät olleet keittokirjamaisia eli valmiiksi loppuun asti suunniteltuja, vaan oli vapautta suunnitella työn toteutusta itse. Esimerkiksi opiskelija A nostaa esiin Korkeusmittarityön: ”Se oli tosi hauska se toteutus ku me saatiin ite mieltiä et miten me toteutetaan se.” ja opiskelija B nostaa esiin haastattelussa työn Ominaislämpökapasiteetin määrittämisestä ja kommentoi siitä: ”Tehtiin eri tavalla kuin yks toinen ryhmä, mutta molemmat teki sen tavallaan ihan oikein. Se oli hyväkin, kun pääs ite mieltimään et miten tää pitää tehdä eikä vaan silleen sokeasti seurata reseptiä”. Haastateltava D nosti myös hyvässä mielessä esiin tämän Kalorimetrityön, jossa piti metallikappaleen materiaali määrittää: ”Mää ite tykkäsin, koska siinä oli hyvä ryhmä”.

Suurin osa haastateltavista myös koki, että kurssin aikana saadut työohjeet olivat

riittävän selkeitä, eikä isompia epäkohtia uusissa työohjeissa havaittu. Toisaalta kaikkia aiemmin käytyjä asioita ei sitten tarvinnut hyödyntää kaikissa töissä, joka saattoi puolestaan vähän hämätä opiskelijoita. Esimerkiksi haastateltava B koki, että: *”En muista olleeni missään vaiheessa silleen, etten yhtään tiedä mitä tehdä”*. Myös opiskelija C koki, että: *”Joo, ei niistäkään oo mitää varsinaisesti negatiivista sanottavaa”*. Haastateltava D:kin on samaa mieltä edeltävien kanssa: *”Joo, kyl ne mun mielestä oli silleen hyvinkin selkeitä, ehkä sitten niinku välillä tuntui et jotkut ehkä uupu vaikka virhearviot ja tämmöisten käsittely, vaikka ne käytiin ekalla kerralla, mut sit niinku tuntu, et sil kerral ku niit käytiin nii sen jälkeen niitä ei sit käsitelty enempää.”*

Toki opiskelija A puolestaan kertoo, että ihan kaikissa töissä työohjeet eivät olleet selkeitä, johon vaikutti muun muassa tulkinnanvaraiset ohjeistukset. Hän muun muassa toteaa: *”Se oli se, missä oli se sovellus: phyphox. Oli tosi ympäripyöreät ohjeistukset et ei oikein osannu hahmottaa, että mitä pitäisi tehdä”*. Ja hän jatkaa vielä: *”Siinä oli tosi tulkinnanvaraiset ohjeet et mitä siinä pitäisi tehdä et ku me juteltii muiden ryhmien kaa miten ne oli tehny, nii sit me oltii tehty ihan eri asiaa, tai niinku semmone et siitä oli tosi vaikee ottaa selkoo”*.

Kaikki haastateltavat eivät kokeneet, että saivat tukea ihan kaikessa, sillä esimerkiksi haastateltava D nostaa, että Pythonissa hän ei saanut oikein tukea riittävästi, koska se väline ei ollut kaikista tutuin assistentillekkaan. Hän muun muassa toteaa: *”Koin et siinä ei saanu ehkä aina niin paljoo tukee välttämättä aina, vaikka hän kyllä yritti, mutta ehkä sitten hänellekkään, siitä heijastu et hänellekkää se ei oo ehkä kaikista tutuin, et se niinku ehkä heijastui siitä”*.

### 4.2.3 Osaamistavoitteet

Haastateltavat kokivat, että suurimmaksi osaksi osaavat tunnistaa kokeellisen tutkimisen vaiheita. Esimerkiksi haastateltava A toteaa: *”Kyl mä ne tunnistan sitku niistä puhutaan, mut sillei niinku en käsitteestä pysty antaa kuin apteekin hyllyltä niitä”*. Haastateltava B puolestaan toteaa: *”No totaah’, kyl mä sanoisin, että ihan hyvin”*, ja tämän jälkeen haastateltava B vielä luetteli useamman kokeellisen tutkimisen vaiheen. Haastateltava C totesi osaavansa melko hyvin ja haastateltava D toteaa: *”Kyl mä henkilökohtaisesti niinku uskon, että osaan ihan hyvin tunnistaa ne, että se oli periaatteessa siin oli monesti tietynlainen rakenne myös et miten me ite lähettiin tolla kurssilla aina tekee sitä työtä”*.

Haastateltavat kokivat osaamistavoitteen ”Osaa suunnitella ja valmistella fysikaalisia mittauksia” riippuvan sekä työn aiheesta että työn yksinkertaisuudesta. Tähän haastateltava A koki: *”Minusta tuntuu, että suunnittelu onnistuu tosi hyvin, koska mä huomasin, että kun me tehtiin ryhmissä niitä tehtäviä, niin mä yleensä niinku keskityin enemmän suunnitteluun, kun muut halus vaan tehdä”* ja hän jatkaa vielä: *”Kyl mä koen, että pystyn niinku jotain sellasii simppeleitä asioita silleen suunnittelee ja valmistelee”*. Haastateltava B puolestaan koki tarvitsevansa suunnitteluun enemmän apua: *”En varmaan hirveen hyvin ilman apua”*. Haastateltava C puolestaan: *”Kyl siinä tota ton kurssin aikana tuli varsinkin oikeastaan siinä suunnitteluvaiheessa hölistyä aika paljon niinku ideoita siitä, et miten me lähetään tekee asioita ja et mitä kaikkee siinä pitää ottaa huomioon”* ja jatkaa siihen vielä: *”Et kyl se suunnitteluvaihe on ainakin itelle ilmentynyt jokseenkin vahvaks”*. Haastateltava D puolestaan koki: *”Kyl mä koen, että ihan hyvin, et se vaan riippuu aiheesta”*.

Haastatellut opiskelijat kokivat myös seuraavan osaamistavoitteen täyttyvän. He muun muassa nostivat esille sen, että mikäli mittauksista saadut tulokset eivät olleet järkeviä, he muokkasivat mittausasetelmaa. Myöskin tilannetaju mittauksissa nousi tärkeäksi tekijäksi mittausjärjestelyn muokkaamisessa. Esimerkiksi opiskelija A toteaa: *”Jos huomaa, että joku ei anna semmosta dataa mitä haluttiin, niin sit sen voi suunnitella, et hey tämän ei toimi, niin kokeillaan jotain muuta ja keksii jonkun vaihtoehdoisen mittaustavan”* ja jatkaa vielä: *”Sen, että osaa kriittisesti katsoa omia tuloksia et onks siinä jotain epäilyttävää.”* Haastateltava D avaa asiaa hieman enemmän: *”Yleensä me saatiin aina tehtyä kerralla, et me se tehtiin niin kuin oltiin alunperinkin aateltu, mut siinä kalorimetrissa piti pieniä muutoksia tehdä, mut sitten onneks ne oli sit helposti toteutettavissa. Et sillee pohdittiin joitain asioita jo siinä samaan aikaan sillee tajuta et hetkonen täähän pitää tehdä hieman eri tavalla, et sit me osattiin varata siihen aikaa et veden ja metallikappaleen lämpötila tasaantuu, et ei me voida tätä mittausta lopettaa liian aikasi, et tollasii muokkauksii osattiin kyl sit tehdä”*.

Mittaustuloksien graafinen hahmottelu pythonilla koettiin haastavaksi. Moni haastateltava totesi, että tämä kurssi oli heidän ensimmäinen kosketus pythoniin, joten käytön opettelu vei aikaa enemmän. Esimerkiksi haastateltava A toteaa: *”Se oli semmonen ihan uus juttu, et sen opettelu vie oman aikansa, kun ei ollut ennen käyttänyt sellaista”*. Myös haastateltava B on samoilla linjoilla: *”Tota, en välttämättä kovin hyvin, niinku sillä pythonilla ainakaan. Jos mulla on valmis pohja, niin osaan*

*muokata, mutta en osaa niinku itse luoda” ja jatkaa vielä: ”se oli aika tuntematon itelle, niin ehkä siihen, vaik siihen käytettiin aikaa, niin ois toivonu viel enemmän aikaa”. Opiskelija D on samaa mieltä myös muiden haastateltavien kanssa: ”No en varmaan hirveen hyvin, sanotaanko näin et se koodi oli semmone, et en oo ite ikinä ennen millään tavalla pythonia käyttänyt tai vastaavaa tehny et sitten se tuli täysin uutena asiana tuolla kurssilla”.*

Puolestaan kaikki haastateltavat kokivat, että osaisivat kuvailla kokeellisen tutkimuksen mittauksia vertaisilleen. Opiskelija A muun muassa kommentoi: *”Nää mittausten tulokset ja niiden esittäminen ja tällöinen kyl mä uskoisin et onnistuu ilman muistiinpanojakin, et tota jooh’ kai se riippuu työstä, että mitä on tehty ja et kuinka hyvin siihen on perehtynyt, et miten hyvin pystyy esittämään sen muille”.* Opiskelija D taas nostaa kalorimetriyöstä tehdyn esitelmän esiin ja kommentoi siitä työstä: *”Ollaa siitä sit myöhemmin juteltu muiden kavereiden kanssa, niin olin ainoa joka oli tehnyt kalorimetrin ja muut oli tehnyt sen ruuvityön (tai sen fysiikan laitoksen korkeus merenpinnasta) et koin siinä tilanteessa et hyvin pystyin selittää sen tilanteen et mitä oltiin tehty ja silleen”.*

Taulukon 6 toiseksi viimeinen osaamistavoite ”Kehittää kykyään työskennellä turvallisesti ryhmissä” hajautti hieman enemmän haastatteluiden tuloksia. Haastateltavat A ja B nimittäin mainitsi suojavarusteista ja työturvallisuudesta, esimerkiksi A toteaa: *”Se työ missä katottiin niitä hiukkasia ja siinä oli sitä kuivajäätä, oli tosi hauska ja siinä just et oli hanskat ja lasit nii just se et muistaa et se kuka käsittelee niin pitää ne kaikki suojavälineet ja semmoset.”* ja B toteaa: *”Rauhallisuus labrassa ja teki siinä jotenkin huolellisesti et ei säätäny ja sählänny joka suuntaa, et sitä työturvallisuutta kyllä painotettiin”.* Haastateltava C toteaa, ettei turvallisuutta painotettu kovin paljoa kurssin aikana: *”Siinä ei oikein tullut sellaista tilannetta missä olis ollut turvallisuus kovin vahvasti läsnä, kun me ei oikein tehty mitään sellaista, mikä ois aiheuttanu mitään erityisiä vaaratilanteita”.* Opiskelija D puolestaan nostaa esille ryhmän merkityksen turvalliselle ilmapiirille: *”Ainakin ite tulkitsen, et osaan ottaa muita ryhmäläisiä huomioon ja sit jos joku ei ole ymmärtäny asiaa niin sit ollaan pyritty selittämään ja auttamaan, mut sitten saattaa välillä turhauttaa jos niinku siinä tilanteessa kun oltiin tekemässä sitä Törmäykset ilmaradalla -työtä niin oisin ees toivonut siinä opiskelijoilta sellaista aloitetta et tää ei oo mulle tuttu asia et niinku oisin toivonut et ois avannu suun ja kertonut niistä asioista”.*

Viimeinen osaamistavoite koski reflektointia ”Osaa reflektoida omaa ja ryhmän

työskentelyä paremmin kuin kurssin alussa” ja osa haastateltavista koki ettei tämä taito erityisemmin kehittynyt tämän kurssin aikana, mutta kuitenkin reflektoinnit laittoivat miettimään mitä on kurssin aikana oppinut. Esimerkiksi opiskelija A kommentoi: *”Kun alussa teki sen niinku vähän niinku ei sillee ehkä hyvin, mutta nyt sillai loppukurssia kohden jotenkin se on ollut tosi kiva mieltä et mitä on oppinu ja tällellei”*. Ja samaa mieltä on myös haastateltava B: *”Mun mielestä positiivisinta siinä oli se, et se laitto miettimään et mitä oli oikeasti oppinut”*. Puolestaan haastateltava D toteaa: *”Osaan kyllä kertoa, et mikä saatto mennä välillä mönkään ja mikä ei ja et kyl mä osasin sillä tavoin reflektoida ennenkin kurssia, et se ei niinku mahdottomasti kehittynyt ton kurssin aikana”*.

**Taulukko 6.** Haastatteluiden tulokset osaamistavoitteista tiivistettynä. Toisen sarakkeen asteikossa 0 tarkoittaa, että opiskelija ei koe osaavansa tätä osa-aluetta, + puolestaan tarkoittaa, että osaa jotenkuten kyseisen osa-alueen ja ++ tarkoittaa, että osaa hyvin kyseisen osa-alueen.

Osaamistavoitteet	Arvio osaamisesta	Havainnot haastatteluista
Tunnistaa kokeellisen tutkimisen vaiheet.	+ / ++ / + / +	Suurimmaksi osaksi koetaan, että osataan vähintään tunnistaa.
Osaa suunnitella ja valmistella fysikaalisia mittauksia.	++ / 0 / + / +	Koetaan, että yksinkertaisten mittausten suunnittelu onnistuu ilman apua, mutta sekin riippuu paljon aiheesta.
Osaa ja uskaltaa muokata mittaussuunnitelmaa ja järjestelyä tarvittaessa.	++ / + / + / ++	Mikäli tulokset eivät olleet järkeviä, muokattiin mittaussasetelmaa. Haastateltavat nostivat myös tilannetajun mittauksissa tärkeäksi tekijäksi mittaussuunnittelun muokkaamisessa.
Osaa havainnollistaa mitaustuloksia graafisesti.	0 / 0 / + / 0	Python ei ollut tuttu väline suurimmalle osalle haastateltavista. Monelle tämä kurssi oli ensimmäinen kosketus pythoniin, jolloin sen opettelu vie oman aikansa.
Osaa kuvailla kokeellisen tutkimuksen mittauksia vertaisilleen.	+ / + / + / +	Kaikki haastateltavat kokivat, että osaisivat ainakin jollain tasolla kuvailla mittauksia vertaisilleen.
Kehittää kykyään työskennellä turvallisesti ryhmissä.	+ / + / 0 / 0	Kaksi haastateltavista mainitsi suojavarusteista ja työturvallisuudesta, kun taas yksi haastateltavista nostaa ryhmän merkityksen turvalliselle ilmapiirille. Ja viimeinen haastateltava ei nähnyt kohtia, missä turvallisuutta olisi painotettu kovin vahvasti.
Osaa reflektoida omaa ja ryhmän työskentelyä paremmin kuin kurssin alussa.	+ / 0 / + / 0	Reflektointi laittoi miettimään mitä on kurssin aikana oppinut, mutta osa koki että taito ei erityisemmin kehittynyt tämän kurssin aikana.

## 5 Päätäntö

Vanhanmuotoista laboratorio-opetusta on kritisoitu siitä, että se ei valmenna opiskelijoita tarpeeksi fyysikon uralla tarvittaviin taitoihin [8]. Näin ollen Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos tarttui tuumasta toimeen ja laitoksella aloitettiin suunnittelemaan parempaa lähestymistapaa nykyaikaisempaan laboratorio-opetukseen. Useampi kansainvälinen tutkimustulos tukee Perusopinintojen laboratoriotyöt 1 -kurssin syksyn 2022 toteutustapaa. Muun muassa tutkimukset [4] ja [1] tukevat sitä ajatusta, että laboratoriotöissä keskitytään laboratoriotaitojen kehittämiseen sen sijaan, että laboratoriotyöt varmentaisivat yksittäistä fysiikan teorioita.

Teoriatiedon pohjalta on koottu lukuisia laboratoriotaitoja taulukkoon 1, joita nykypäivän laboratorio-opetuksen tulisi opettaa. Tässä tutkielmassa tehdyn tutkimuksen perusteella, kurssin 2022 toteutuksella olleet opiskelijat kokivat oppineensa useita samoja taitoja, kuin mitä on teoriatiedon pohjalta koottu taulukkoon 1. Esimerkiksi opiskelijat kokivat oppineensa mittauksen suunnittelua ja raportointia, jotka kuuluvat sekä kognitiivisen päätöksenteon taitoihin että viestinnällisiin taitoihin. Myöskin opiskelijoiden mainitsemat oppimisen kohteet kuten laboratoriotyöskentelyn perusteet, mittauspöytäkirjan laatiminen, virhearviointien pohtiminen ja epävarmuustekijöiden miettiminen kuuluvat kokeellisen fysiikan teknisiin ja käytännöllisiin taitoihin, sekä metakognitiivisiin taitoihin.

Tehtyjen haastattelujen pohjalta saatiin myös selville, että mikäli mittaustulokset eivät olleet järkeviä, niin tällöin päädyttiin muokkaamaan mittaasetelmaa, aivan kuten taulukko 6 osoittaa. Tällainen toiminta kuuluu myös metakognitiivisiin taitoihin että kriittisen ajattelun taitoihin, joita nykypäivän laboratorio-opetuksen tulisikin opettaa. Haastattelut nostivat esille myös ryhmän vaikutuksen opiskelijoiden kokemuksiin laboratoriotöistä: jos yksi opiskelija ei tehnyt oikein mitään ryhmän eteen, niin tällainen toiminta heikensi muiden opiskelijoiden intoa tehdä sitä laboratoriotyötä.

Siispä uusimuotoinen laboratoriokurssi tukee teoriaan pohjautuvien taitojen oppimista, mutta toisaalta pieniä viilaamisen kohteita kurssissa on sekä aikatauluksen kanssa että opiskelijoiden esitietojen kartoittamisessa. Kaikki työvälineet eivät olleet

opiskelijoille entuudestaan tuttuja, jolloin ne olisivat vaatineet vielä enemmän ohjausta ja aikaa laboratoriossa. Tällaisten ennakkotietojen selvittäminen ja huomioon ottaminen olisivat hyviä kehityskohteita uusimuotoiselle kurssitoteutukselle.

Tulevaisuudessa pitäisi vielä tutkia, miten hyödyllisiä uusimuotoisen kurssin laboratoriotyöt ovat oppimisen kannalta ja kuinka hyvin ne lopulta tukevat opiskelijoiden oppimisprosessia. Tässä tutkielmassa keskityttiin uuteen laboratoriotyökurssiin pääasiassa taitojen oppimisen näkökulmasta ja siitä millaisia taitoja laboratoriotöillä on järkevää ylipäättään opettaa.

Kehittämiskohteena tälle tutkimukselle koen, että olisi ollut parempi, jos kysely oltaisiin voitu suunnitella juuri tätä tutkimusta varten. Jotta tulokset olivat vertailukelpoisia vanhan toteutuksen kanssa, niin osa kysymyksistä oli pakko muotoilla aiemman kurssin itsearviointikyselyn pohjalta. Toisena kehittämiskohteena näen, että tutkimus olisi kannattanut toistaa samalla opiskelijamassalla niin, että opiskelijat olisivat käyneet Perusopintojen laboratoriotyöt 1 -kurssin vanhanmuotoisena ja seuraavan Perusopintojen laboratoriotyöt 2 -kurssin uudenmuotoisena, niin tällöin samalla opiskelijamassalla oltaisiin saatu molempien kurssien kokemukset kerättyä samoilta henkilöiltä ja tällöin haastatteluissa olisi voinut nousta esille vielä joitain tärkeitä nostoja näiden kahden kurssitoteutuksen väliltä.



## Lähteet

- [1] B. R. Wilcox ja H. J. Lewandowski. ”Developing skills versus reinforcing concepts in physics labs: Insight from a survey of students’ beliefs about experimental physics”. *Physical Review Physics Education Research* 13.1 (2017), s. 010108. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010108.
- [2] N. Holmes ym. ”Value added or misattributed? A multi-institution study on the educational benefit of labs for reinforcing physics content”. *Physical Review Physics Education Research* 13.1 (2017), s. 010129. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010129.
- [3] C. Walsh ym. ”Quantifying critical thinking: Development and validation of the physics lab inventory of critical thinking”. *Physical Review Physics Education Research* 15.1 (2019), s. 010135. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010135.
- [4] N. Holmes ja H. Lewandowski. ”Investigating the landscape of physics laboratory instruction across North America”. *Physical Review Physics Education Research* 16.2 (2020), s. 020162. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020162.
- [5] E. M. Smith ja N. G. Holmes. ”Best practice for instructional labs”. *Nature Physics* 17.6 (2021), s. 662–663. DOI: 10.1038/s41567-021-01256-6.
- [6] N. G. Holmes ja E. M. Smith. *Instructional Strategies that Foster Experimental Physics Skills*. AIP Publishing LLC. ISBN: 978-0-7354-2544-6. DOI: 10.1063/9780735425477\_018. eprint: [https://pubs.aip.org/book/chapter-pdf/18064065/9780735425477\\_018.pdf](https://pubs.aip.org/book/chapter-pdf/18064065/9780735425477_018.pdf). URL: [https://doi.org/10.1063/9780735425477%5C\\_018](https://doi.org/10.1063/9780735425477%5C_018).
- [7] C. Walsh, H. Lewandowski ja N. G. Holmes. ”Skills-focused lab instruction improves critical thinking skills and experimentation views for all students”. *Physical Review Physics Education Research* 18.1 (2022), s. 010128. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010128.

- [8] P. Pirinen, A. Lehtinen ja N. Holmes. ”Impact of traditional physics lab instruction on students’ critical thinking skills in a Finnish context”. *European Journal of Physics* 44.3 (2023), s. 035702. DOI: 10.1088/1361-6404/acc143.
- [9] D. T. Brookes, E. Ektina ja G. Planinsic. ”Implementing an epistemologically authentic approach to student-centered inquiry learning”. *Physical Review Physics Education Research* 16.2 (2020), s. 020148. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020148.
- [10] *Fysiikan työosasto - Fysiikan laitos*. <https://www.jyu.fi/science/fi/fysiikka/opiskelu/tyoosasto>. Käyty: 28.04.2023.
- [11] K. Juhila. *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja - Koodaaminen*. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/analyysitavan-valinta-ja-yleiset-analyysitavat/koodaaminen/>. Käyty: 03.05.2023.
- [12] K. Juhila. *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja - Litterointi*. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-prosessi/litterointi/>. Käyty: 03.05.2023.





## A Haastattelukysymykset

### **Aihepiiri #0: Taustatiedot**

1. Pääaine
2. Opiskeluvuosi

### **Aihepiiri #1: Yleiset kokemukset**

1. Millaiselta tämän kurssin toteutus on sinusta tuntunut?
2. Millaisena olet kokenut kurssin ajankäytön?  
(sekä 4 h per viikko rakenteen että 1h + 2h + 1h rakenteen tuon 4 h sisällä)
3. Olisitko kaivannut jotain lisää tälle kurssille? Jäikö kurssilta jotain puuttumaan?
4. Onko jokin kurssin toistia jäänyt mieleen (hyvässä tai pahassa)? Jos on, niin mikä ja miksi?

### **Aihepiiri #2: Ohjaustapa**

1. Kenen assarin ryhmässä olet ollut?
2. Koetko saaneesi riittävästi ohjausta laboratoriotöiden tekemiseen?
3. Ovatko työohjeet olleet riittävän selkeitä?
4. Koetko saaneesi kaikki työt tehtyä siinä varatussa neljässä tunnissa?
5. Mikäli vastaa ei, niin kysytään vielä: Paljonko olet joutunut käyttämään lisätunteja?

### **Aihepiiri #3: Osaamistavoitteet**

1. Kuinka hyvin osaat tunnistaa kokeellisen tutkimisen vaihteita?
2. Kuinka hyvin osaat suunnitella ja valmistella fysikaalisia mittauksia?
3. Kuinka hyvin osaat muokata mittaussuunnitelmaa ja -järjestelyä tarvittaessa?
4. Kuinka hyvin osaat tämän kurssin suorittamisen jälkeen laatia havainnollistavia graafeja mittaustuloksista?
5. Kuinka hyvin osaat kuvailla kokeellisen tutkimuksen mittauksia vertaisille?
6. Kuinka hyvin kehitit kurssin aikana kykyä työskennellä turvallisesti ryhmissä?
7. Kuinka hyvin osaat reflektoida omaa ja ryhmäsi työskentelyä paremmin kuin kurssin alussa?