

Painon ja massan käsitteiden
ymmärtäminen
yliopisto-opiskelijoiden keskuudessa

Pro gradu -tutkielma
Janne Tapaninaho
Fysiikan tutkinto-ohjelma
Luonnontieteellinen tiedekunta
Oulun yliopisto
Kesä 2024

Tiivistelmä

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, kuinka hyvin yliopisto-opiskelijat ymmärtävät fysiikan peruskäsitteet paino ja massa, sekä kuinka hyvin he erottavat nämä käsitteet toisistaan. Tutkimus kohdistui Oulun yliopiston Mekaniikka 1 -kurssin opiskelijoihin, ja aineisto kerättiin Google Forms -kyselylomakkeen avulla. Tutkimukseen osallistui 44 opiskelijaa, jotka olivat pääosin tekniikan alan, matematiikan ja fysiikan opiskelijoita.

Tutkimuksessa opiskelijat vastasivat kahdeksaan eri väitteeseen aiheesta paino, massa ja gravitaatio, opiskelijan tuli myös perustella vastauksensa. Vastaukset analysoitiin käyttäen kvantitatiivisia eli määrällisiä ja kvalitatiivisia eli laadullisia menetelmiä. Kvantitatiivinen analyysi keskittyi tilastolliseen tarkasteluun, kun taas kvalitatiivinen analyysi syvensi ymmärrystä opiskelijoiden perusteluista ja käsityksistä. Tutkimuksen tuloksia heijastettiin Bloomin taksnomiaan ja lukion opetussuunnitelman tavoitteisiin sekä vertailtiin aiempien tutkimuksien tuloksiin.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että suurin osa opiskelijoista ymmärtää käsitteiden paino ja massa eron sekä niiden välisen suhteen. Lisäksi tutkimuksessa selvisi, että merkittävä osa opiskelijoista ei ymmärrä massan hitauden käsitettä tai massan riippumattomuutta gravitaatiosta. Johtopäätöksenä lukio-opetuksen tulisi kiinnittää huomiota peruskäsitteiden erotteluun ja selvittämiseen. Sellaisten opetusmenetelmien kehittäminen, jotka erityisesti kohdistuvat opiskelijoiden väärinkäsityksiin ja tarjoavat monipuolisia käytännönläheisiä sovelluksia, voisi merkittävästi parantaa opiskelijoiden ymmärrystä fysikaalisista peruskäsitteistä.

Sisällys

1	Johdanto	2
2	Ymmärtäminen ja tieto	4
2.1	Bloomin taksonomia	4
2.2	Lukion opetussuunnitelma 2015 oppiaineessa fysiikka	6
3	Massa, gravitaatio ja paino	10
3.1	Massa	10
3.2	Gravitaatio ja paino	11
4	Tutkimuksen toteutus	15
4.1	Aineisto	15
4.2	Analysointi	17
4.3	Väitteet	18
5	Tulokset	20
5.1	Väite 1: Kappaleen paino riippuu siitä, missä kappale on (Tosi)	20
5.2	Väite 2: Painolla on suuruus ja suunta (Tosi)	22
5.3	Väite 3: Kooltaan suuremmalla kappaleella on aina suurempi paino kuin pienemmällä (Epätosi)	24
5.4	Väite 4: Massa kuvaa kappaleen hitautta (Tosi)	25
5.5	Väite 5: Kappaleen massa on suurempi Maassa kuin Kuussa (Epätosi)	28
5.6	Väite 6: 10 Newtonin voima vastaa noin 5 kilogramman mas- saa Maassa (Epätosi)	30
5.7	Väite 7: Kun kappaleen massaa muutetaan, niin sen paino ei muutu (Epätosi)	31
5.8	Väite 8: Kahden kappaleen tiputtaminen samalla hetkellä tor- nista (Tosi)	33
5.9	Tulosten yhteenveto	35
6	Johtopäätökset	38
6.1	Luotettavuuden arvionti	39
7	Yhteenveto	41
A	Liite 1	45

1 Johdanto

Fysiikan ja muiden tieteiden opiskelijat kohtaavat usein vaikeuksia erilaisten fysiikan peruskäsitteiden, kuten massa ja paino, ymmärtämisessä ja erotamisessa toisistaan. Vaikka nämä termit saattavat näyttää yksinkertaisilta ja selkeiltä, niiden oikea ymmärtäminen ja käyttö on kriittistä tieteellisessä kontekstissa. Tämä tutkimus keskittyy massan ja painon käsitteiden ymmärtämiseen Oulun yliopiston Mekaniikka 1 -kurssin opiskelijoiden keskuudessa. Vaikka painon ja massan käsitteet opetetaan jo varhaisessa vaiheessa koulutusjärjestelmässämme, tutkimukset osoittavat, että opiskelijat siirtyvät usein toiselta asteelta yliopistoon ilman selkeää ja yhtenäistä käsitystä näistä perusteista. [1]

Painon ja massan käsitteiden ymmärtäminen on keskeistä monille tieteen ja tekniikan aloille. Massa, fysiikan perustermi, kuvaa aineen määrää objektissa ja on riippumaton ulkoisista olosuhteista, kuten sijainnista tai gravitaatiosta. Paino, kuvaa gravitaatiovoiman vaikutusta massaan ja muuttuu gravitaation voimakkuuden mukaan. [2]

Tutkimus tehtiin jatkotutkimuksena Jukka Lämsän pro gradu tutkielmalle [3]. Vastaavanlaisia tutkimuksia ovat myös tehneet Bar *et al.*, jossa todettiin [4] nuorien oppilaiden ymmärtävän painon käsitteen pelkästään synonyymina raskaalle. Samankaltaisia tuloksia on saatu myös Pablicon [5] tutkimuksesta, jossa tutkittiin lukiolaisten virhekäsityksiä voimasta ja gravitaatiosta. Stamenkovski [6] selvitti tutkimuksessaan, että 12 - 14-vuotiaat eivät kyenneet yhdistämään massan ja hitauden käsitteitä toisiinsa. Lisäksi Stamenkovski päätyi johtopäätökseen oppilaiden ymmärryksen massasta painosta olevan vajavainen. Tutkimukset osoittavat, että opiskelijat tuovat usein lukioista ja jopa arkielämästä mukanaan monia väärinkäsityksiä, jotka voivat häiritä heidän kykyään omaksua tieteellisiä käsitteitä yliopistotasolla. Esimerkiksi massan ja painon sekoittaminen on yleinen ongelma, joka voi johtaa siihen, että opiskelijat eivät ymmärrä, miten erilaiset fysiikan lait soveltuvat eri ympäristöissä, kuten Maassa verrattuna avaruuteen. [7]

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia ja analysoida yliopisto-opiskelijoiden ymmärrystä painon ja massan käsitteistä ja tunnistaa yleiset väärinkäsitykset. Tutkimuksessa hyödynnetään Bloomin taksonomiaa, joka on laajalti käytetty opetuslalla kognitiivisen oppimisen eri tasojen analysointiin ja arviointiin [8]. Tulosten perusteella voidaan kehittää opetusmenetelmiä, jotka tukevat opiskelijoiden syvällistä ymmärrystä fysiikan peruskäsitteistä ja parantavat heidän valmiuksiaan soveltaa tietoa käytännössä. Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan ymmärryksen kehittymistä kyseisistä käsitteistä, kun vertauskohteena on yhdeksäsluokkalaiset Jukka Lämsän pro gradu -tutkielman tuloksia hyödyntäen [3]. Jukka Lämsä tutki pro gradu -tutkielmassaan yh-

deksäsluokkalaisten ymmärrystä käsitteistä massa ja paino. Tutkimuksessa selvisi, että yhdeksäsluokkalaisten ymmärrys massasta ja painosta on puutteellista. Tämän vertailevan analyysin avulla voidaan havaita opiskelijoiden käsitysten kehittyminen ajan myötä ja arvioida, missä määrin peruskoulun ja toisen asteen opetus on valmistanut heidät yliopistotason opintoihin.

Tärkeimmäksi tutkimuskysymykseksi muodostui:

- Erottavatko yliopiston Mekaniikka 1 -kurssin opiskelijat käsitteet massa, paino ja gravitaatio?

Opiskelijat ovat käyneet peruskoulun lisäksi toisen asteen koulutuksen, jolla tarkoitetaan lukio-opintoja, ammattiopintoja tai molempia. Tästä syystä toiseksi tutkimuskysymykseksi muodostui:

- Parantaako lukio-opetus käsityksiä käsitteistä massa ja paino, kun vertauskohteena on yhdeksäsluokkalaisten?

Tutkimuksen perusteella pystytään tarkastelemaan lukio-opetuksen tasoa edellä mainituista käsitteistä ja pohtimaan, onko se riittävä vai pitäisikö esimerkiksi fysiikan kurssien valinnaisuutta miettiä uudelleen.

Tutkimuksen alkuosassa keskitytään selventämään käytettyjä teoreettisia perusteita ja menetelmiä, tarkastellen, mitä tieteellisiä tekniikoita on käytetty ja sovellettu. Tämän jälkeen avataan tutkimuskysymykset, minkä jälkeen siirrytään tutkimuksen toteutuksen ja analysoinnin pariin. Tutkimusmenetelmien käyttöä konkretisoidaan kuvaamalla, miten niitä on hyödynnetty työssä. Lisäksi esitellään kyselylomake, jolla aineisto on kerätty. Viidennessä kappaleessa käydään tutkimukset tulokset läpi yksityiskohtaisesti. Tutkimusaineiston perusteellinen käsittely edeltää johtopäätöksiä, joista johdetaan tutkimuksen keskeiset tulokset. Päätöskappaleessa arvioidaan vielä tutkimuksen luotettavuus.

2 Ymmärtäminen ja tieto

”Tieto lisää tuskaa” on sananlasku, jonka kaikki ovat varmasti kuulleet jossain vaiheessa elämäänsä. Mutta mitä tieto on? Tieto on järjestelmällisesti hankittua, jäsenneltyä ja tarkistettua tietoa, joka perustuu havaintoihin, tutkimukseen ja analyysiin. Tieto muodostaa perustan ymmärrykselle luonnosta, maailmankaikkeudesta ja yhteiskunnasta. Usein tiedon hankkimiseen käytetään metodista lähestymistapaa, jossa hypoteeseja testataan kokeellisesti ja tulokset pyritään arvioimaan objektiivisesti. Tieto voi olla eksperimentaalisesti kerättyä empiiristä tietoa, teoreettisia malleja ja käsitteellisiä kehyksiä, matemaattisia kaavoja tai kriittistä tulkintaa aiemmista tutkimuksista. Tietoa voidaan testata sekä jatkuvasti kehittää ja tarkentaa. [9]

Max Bennet on kuvannut tiedon ja ymmärtämisen eroa kirjassaan *The Search for Knowledge and Understanding* (2019) seuraavasti: ”Ymmärtäminen poikkeaa tiedosta ja sitä pidetään ehdottomasti arvokkaampana.” [10]

Itse ymmärtäminen on vaikeasti määriteltävissä oleva asia, koska se liittyy läheisesti moniin muihin käsitteisiin. Ymmärtämistä voidaan ajatella myös mahdollisuutena käyttää erilaisia ajattelua vaativia taitoja tietyssä aiheessa. Näitä voivat olla esimerkiksi asioiden selittäminen, todisteiden etsiminen, yleistäminen, soveltaminen, vertauskuvien löytäminen ja aiheen esittäminen eri näkökulmasta. [11]

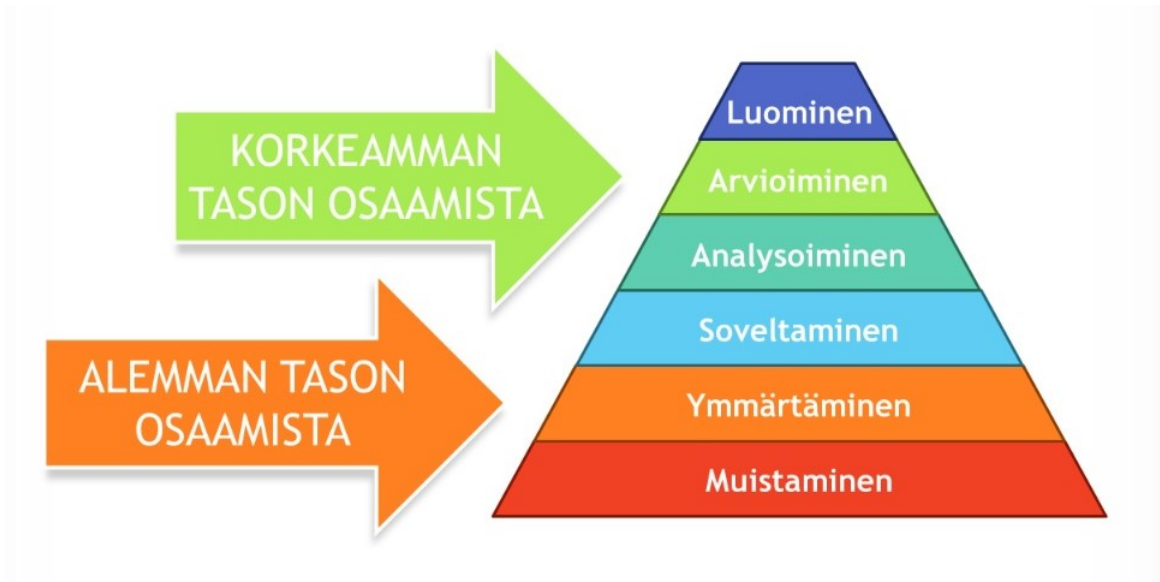
Yleistäminen ja soveltaminen ovat myös tärkeitä osia ymmärtämistä. Ne mahdollistavat sen, että voidaan soveltaa opittua asiaa erilaisiin tilanteisiin ja ymmärtää, miten käsitteet ja periaatteet liittyvät toisiinsa. Vertauskuvien löytäminen ja asioiden esittäminen eri näkökulmista ovat kuin luovan ajattelun ilmaisuja, jotka auttavat syventämään ymmärrystä ja näkemään asiat uudessa valossa. [12]

Fysiikan opiskelu ja sen käsitteiden ymmärtäminen vaativat matematiikan taitojen hallintaa, koska matematiikka toimii fysiikan ”kielenä”. Kun fysiikkaa opiskellaan, huomataan, että monet fysiikan lait ja ilmiöt voidaan selittää ja ennustaa käyttämällä matemaattisia kaavoja. Esimerkiksi kaikkeen fysiikkaan liittyy vahvasti matematiikka. Näin ollen matematiikan ymmärtäminen auttaa syventämään käsitystä fysiikasta ja sen ilmiöistä.

2.1 Bloomin taksonomia

Bloomin taksonomia on monitasoinen malli, joka luokittelee ajattelua kuuden kognitiivisen monimuotoisuuden tason mukaan. Vuosien varrella näitä tasoja on usein kuvattu portaiksi. Tämän kuvauksen ansiosta monet opettajat pystyvät kannustamaan oppilaitaan ”kiipeämään korkeammalle ajattelun tasolle”. Bloomin taksonomian kolme alinta tasoa ovat muistaminen,

ymmärtäminen, soveltaminen. [13]



Kuva 1: Bloomin taksonomian pyramidimalli (Anderson & Krathwohl, 2021. Peura, 2016 mukailen).

Kuvan 1 tasojen selitykset ovat seuraavat:

Muistaminen: Tämä taso liittyy informaation muistamiseen ja palauttamiseen mieleen ilman muutoksia. Esimerkiksi faktatiedon toistaminen, terminologian määrittely ja toistaminen sekä yksinkertaisten prosessien tunnistaminen kuuluvat tähän tasoon.

Ymmärtäminen: Ymmärtämisen taso sisältää informaation tulkinna ja selittämisen. Opiskelijoiden odotetaan pystyvän selittämään käsitteiden merkityksen, tulkitsemaan tietoa ja esittämään sen omilla sanoillaan sekä tunnistamaan suhteita eri käsitteiden välillä.

Soveltaminen: Soveltamisen taso vaatii opiskelijoilta tietojen käyttämistä uusissa tilanteissa tai ongelmien ratkaisemista. Tämä sisältää käsitteiden soveltamisen uusiin tilanteisiin, periaatteiden käyttämisen ongelmien ratkaisemiseksi sekä taitojen demonstroimisen käytännön sovelluksissa.

Analysointi: Analysoinnin taso vaatii opiskelijoita erittelemään informaatiota osiin ja tunnistamaan niiden välisiä suhteita. Opiskelijoiden odotetaan pystyvän erottamaan olennaiset ja epäolennaiset tiedot, tunnistamaan piileviä oletuksia ja arvioimaan argumentteja.

Arviointi: Arvioinnin taso vaatii opiskelijoilta kykyä arvioida informaatiota tai argumentteja sekä esittämään omia perusteltuja arvioitaan. Tämä sisältää erilaisten vaihtoehtojen vertailemisen, päätelmien tekemisen ja oman

näkökulman perustelemisen.

Luominen: Luomisen taso on korkein taso, jossa opiskelijoiden odotetaan luovan uutta tietoa, ideoita tai teoksia. Tämä sisältää uusien ratkaisujen luomisen, alkuperäisten ideoiden kehittämisen ja luovien tuotosten luomisen. [8]

Hierarkisuus taksonomiassa ilmenee niin, että korkeammat tasot kattavat matalammat tasot. Toisin sanoen, jos oppilas saavuttaa soveltamisen tason, tämä tarkoittaa käytännössä, että hän on jo sisäistänyt muistamisen ja ymmärtämisen tasot.

Bloomin taksonomian merkitys opetuksessa ja oppimisessa on merkittävä. Se tarjoaa opettajille ja opetuksen suunnittelijoille viitekehyksen, jonka avulla voidaan asettaa selkeät tavoitteet ja odotukset oppimiselle. Opiskelijoille se antaa rakenteen, joka auttaa heitä hahmottamaan ja kehittämään taitojaan ja tietojaan eri oppiaineissa ja aihealueilla. Käyttämällä Bloomin taksonomi-aa opettajat voivat suunnitella monipuolisia opetusmenetelmiä, jotka tukevat eri taitotasojen saavuttamista. Esimerkiksi muistamisen tason tehtävät voivat sisältää sanaston opettelua tai faktatiedon toistamista, kun taas luomisen tason tehtävät voivat vaatia opiskelijoita suunnittelemaan ja toteuttamaan omia tutkimusprojektejaan. Lisäksi Bloomin taksonomia tarjoaa opettajille arviointivälineitä, joiden avulla voidaan arvioida opiskelijoiden edistymistä eri taitotasojen saavuttamisessa. Arviointi voi tapahtua monin eri tavoin, kuten tehtävien, tenttien, projektien tai esitysten avulla, ja se voi kattaa kaikki taksonomian tasot riippuen oppimistavoitteista ja kurssin vaatimuksista.

Vaikka Bloomin taksonomia onkin ollut käytössä jo vuosikymmeniä, se on edelleen voimassa oleva ja arvokas työkalu opetuksen ja oppimisen kehittämässä. Sen avulla voidaan tukea oppilaiden monipuolista oppimista ja kehitystä sekä varmistaa, että opetus vastaa nykypäivän oppimisen tarpeita ja tavoitteita [8].

2.2 Lukion opetussuunnitelma 2015 oppiaineessa fy- siikka

Valtakunnallinen opetussuunnitelma sisältää paljon erilaisia tavoitteita eri luokka-asteille ja oppiaineille. Jokaisen koulun ja opettajan tehtävänä on seurata ja toteuttaa näitä tavoitteita ja määräyksiä. Tämän avulla pyritään varmistamaan, että kaikki oppilaat saavat tasavertaista ja laadukasta opetusta, ja että heille tarjotaan hyvät mahdollisuudet kasvuun, kehitykseen ja oppimiseen [14]. Lukion opetussuunnitelma (LOPS) 2015 on valittu sillä perusteella, että suurin osa tutkimukseen osallistuneista opiskelijoista ovat aloittaneet lukion aikana, jolloin on ollut voimassa opetushallituksen lukion opetussuunni-

telma vuodelta 2015. Tämän tutkimuksen kannalta tärkeimpinä kohtina ovat kurssien *Fysiikka luonnontieteenä* (FY1) ja *Voima ja liike* (FY4) sisältö, sillä niissä käsitellään massaa, painoa ja gravitaatiota. Näistä kursseista *Fysiikka luonnontieteenä* on pakollinen kurssi lukion oppimäärän saavuttamiseksi ja *Voima ja liike* on syventävä kurssi ja näin ollen valinnainen. [14]

Lukion opetussuunitelman 2015 tavoitteet ja keskeiset sisällöt kursseille FY1 ja FY4 on listattu taulukoihin 1 ja 2.

Fysiikka luonnontieteenä (FY1)
Kurssin tavoitteena on, että opiskelija
<ul style="list-style-type: none"> • saa kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta fysiikkaa ja sen opiskelua kohtaan.
<ul style="list-style-type: none"> • ymmärtää, kuinka luonnontieteellinen tieto rakentuu kokeellisen toiminnan ja siihen kytkeytyvän mallintamisen kautta.
<ul style="list-style-type: none"> • osaa suunnitella ja toteuttaa yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita.
<ul style="list-style-type: none"> • tutustuu aineen ja maailmankaikkeuden rakenteeseen liittyviin peruskäsitteisiin ja jäsentää käsitystään luonnon perusrakenteista.
<ul style="list-style-type: none"> • osaa käyttää ja soveltaa liikeilmiöiden käsitteitä jokapäiväisen elämän ilmiöissä.
<ul style="list-style-type: none"> • osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa opiskelun tukena.
Keskeiset sisällöt.
<ul style="list-style-type: none"> • fysiikan merkitys nykyaikana, jatko-opinnoissa ja työelämässä.
<ul style="list-style-type: none"> • tutustuminen perusvuorovaikutuksiin, maailmankaikkeuden rakenteisiin ja syntyyn sekä aineen rakenteeseen.
<ul style="list-style-type: none"> • voima liikkeen muutoksen aiheuttajana ja liikeilmiöt.
<ul style="list-style-type: none"> • tutkimukset ja mallintaminen fysikaalisen tiedon rakentumisessa.
<ul style="list-style-type: none"> • tulosten kerääminen, esittäminen graafisesti ja luotettavuuden arviointi.

Taulukko 1: Fysiikka luonnontieteenä (FY1) -kurssin tavoitteet ja keskeiset sisällöt. [14]

Voima ja liike (FY4)
Kurssin tavoitteena on, että opiskelija
<ul style="list-style-type: none"> • osaa käyttää ja soveltaa voiman ja liikkeen käsitteitä jokapäiväisen elämän, ympäristön, yhteiskunnan ja teknologian ilmiöissä.
<ul style="list-style-type: none"> • ymmärtää säilymlakien merkityksen fysiikassa.
<ul style="list-style-type: none"> • osaa tutkia kokeellisesti voimaan ja liikkeeseen liittyviä ilmiöitä.
<ul style="list-style-type: none"> • harjaantuu graafisten esitysten käyttämisessä ja tuottamisessa.
Keskeiset sisällöt.
<ul style="list-style-type: none"> • fysiikan merkitys yksilön ja yhteiskunnan turvallisuudelle.
<ul style="list-style-type: none"> • vuorovaikutus liikkeen muutoksen syynä, tasainen ja tasaisesti kiihtyvä suora- viivainen liike.
<ul style="list-style-type: none"> • Newtonin lait, voimakuvio ja voimien yhteisvaikutus.
<ul style="list-style-type: none"> • etä- ja kosketusvoimia: paino, kitka, noste ja kvalitatiivisesti väliaineen vastus.
<ul style="list-style-type: none"> • liikeyhtälö.
<ul style="list-style-type: none"> • momentti ja tasapaino pyörimisen suhteen yksinkertaisissa tilanteissa.
<ul style="list-style-type: none"> • liikemäärän säilymlaki, impulssiperiaate ja yksiulotteiset törmäykset.
<ul style="list-style-type: none"> • liike- ja potentiaalienergia sekä mekaanisen energian säilymlaki.
<ul style="list-style-type: none"> • mallien käyttäminen ja muodostaminen sekä niiden rajoitukset ja puutteet.

Taulukko 2: Voima ja liike (FY4) -kurssin tavoitteet ja keskeiset sisällöt. [14]

Arvioinnissa keskitytään siihen, että oppilaat saavuttavat fysiikan yleiset tavoitteet, kurssikohtaiset tavoitteet sekä tärkeät sisällöt. Arviointi ja palautteen antaminen oppimisprosessin aikana auttavat oppilaita kehittämään ja ymmärtämään paremmin fysiikan osaamistaan. Kurssin arvosana perustuu monipuolisiin näyttöihin ja opiskelijan kykyyn ymmärtää fysiikan käsitteitä ja menetelmiä. Fysiikan tietojen ja niiden soveltamisen osaamista voidaan osoittaa eri tavoin, kuten kertomalla asioista, tekemällä graafisia esityksiä ja käyttämällä matemaattisia malleja. [14]

Tässä tutkimuksessa keskityttiin taulukoissa 1 ja 2 esiintyvistä tavoitteista kohtiin:

- Tutustuu aineen ja maailman kaikkeuden rakenteeseen liittyviin peruskäsitteisiin ja jäsentää käsitystään luonnon perusrakenteista.
- Osaa käyttää ja soveltaa liikeilmiöiden käsitteitä jokapäiväisen elämän ilmiöissä.
- Osaa käyttää ja soveltaa voiman ja liikkeen käsitteitä jokapäiväisen elämän, ympäristön, yhteiskunnan ja teknologian ilmiöissä.

Jotta opiskelijan käsitys painosta ja massasta olisi tavoitteiden arvoinen, tulisi hänen osata selittää käsitteisiin liittyviä ilmiöitä ja soveltaa tietoaan eri-

laisiin ympäristöihin. Lisäksi hänen tulisi osata perustella painon ja massan avulla erilaisia fysiikan tilanteita.

3 Massa, gravitaatio ja paino

3.1 Massa

Massan yksikkö, kilogramma (kg), oli pitkään määritelty metallisylinterin avulla, jota säilytetään Kansainvälisen paino- ja mittatoimiston päämajassa Ranskassa. Tämän metallisylinterin massa oli yksi kilogramma ja kaikki muut massat pohjautuivat siihen. Epäkäytännöllinen kilogramman määritelmä on voitu hylätä vasta vuonna 2018, sillä siitä eteenpäin kilogramma on pystytty määrittämään Planckin vakion (h) avulla. Planckin vakion arvo $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}}$ on sidoksissa kilogramman, metrin ja sekunnin arvoihin. [15]

Massaa voidaan verrata näyttelijään, joka astuu lavalle erilaisissa rooleissa, mutta ei koskaan omana itsenään. Todellisuudessa massa on monimuotoinen käsite. Se voi näytellä inertian voimana, gravitaatiovoimana tai energiana, mutta koskaan se ei paljasta itseään sellaisenaan kuin on. Inertian voimaa kuvaava massa voidaan nimetä hitaaksi massaksi ja gravitaatiovoimaa kuvaava massa painavaksi massaksi [16]. Massan ja energian välinen yhteys ei ole oleellinen tässä tutkimuksessa, koska se kuuluu suhteellisuusteoriaan eikä klassiseen fysiikkaan. Massa kuuluu kappaleen perusominaisuuksiin, joten se on riippumaton kappaleen ympäristöstä. [17]

Tietyn kappaleen hidasta massaa kuvaillaan sillä, kuinka suuri voima tarvitaan sen liikkeelle saamiseksi tietyllä kiihtyvyydellä. Mitä massiivisempi kappale on, sitä vähemmän se kiihtyy siihen kohdistetusta voimasta. Tämä perustuu dynamiikan peruslakiin (Newtonin II laki), joka voidaan ilmaista yhtälöllä:

$$F = m_{\text{hidas}}a, \tag{1}$$

missä F on vaikuttava voima, m_{hidas} on kappaleen hidasta massa ja a on kappaleelle aiheutuva kiihtyvyys. Nyt siis voidaan todeta massan kuvaavan hitautta, joka mainitaan myös lukion ensimmäisellä kurssilla. [15] [18]

Loistava esimerkki hitaasta massasta eli massan hitaudesta on henkilöauton ja kuorma-auton jarruttaminen. Molemmat autot ajavat samalla nopeudella ja aloittavat jarruttamisen samalla ajanhetkellä. Henkilöauto vaatii huomattavasti vähemmän voimaa jarruttamisesta pysähtyäkseen kuin kuorma-auto, koska kuorma-autolla on merkittävästi suurempi massa.

Painava massa liittyy vahvasti gravitaatioon, jota käsitellään seuraavassa luvussa (2.3). Lyhykäisyydessään painava massa on kappaleen ominaisuus vetää muita kappaleita puoleensa. Kuten Maa pitää Kuun radallaan gravitaation avulla, Kuu myös vetää omalla painavalla massallaan Maata itseensä

kohti. Painavaa massaa voidaan merkitä alaindeksillä p massan tunnuksen kanssa eli m_p .

3.2 Gravitaatio ja paino

Painovoima eli gravitaatio on yksi neljästä perusvoimasta luonnossa, yhdessä sähkömagneettisen voiman, heikon ja vahvan ydinvoiman kanssa. Se on vetovoima, joka vaikuttaa kaikkien massojen välillä, olivat ne sitten massiivisia taivaankappaleita kuten planeettoja ja tähtiä, tai pienempiä esineitä kuten puusta putoavia omenoita. Painovoima on ratkaisevassa asemassa taivaankappaleiden liikkeen määrittämisessä, maailmankaikkeuden rakenteen muo-
vautumisessa ja esineiden käyttäytymisessä Maan päällä. [15]

Pudotuskokeet, joissa eliminoidaan ilmanvastus, tarjoavat erinomaisen mahdollisuuden tutkia kahden kappaleen välisiä vuorovaikutuksia. Näissä kokeissa toinen kappaleista pysyy aina samana. Kappaleen massan lisäksi sen koko, muoto ja materiaali voivat olla vaihtelevia tekijöitä. Käsitteiden oikein ymmärtämisen haastetta lisää kokeen epäsymmetria, mikä saattaa tehdä vuorovaikutuksen havainnoimisesta vaikeaa ilman asianmukaista ohjausta. Kun ei havaita Maahan kohdistuvaa voimaa, vuorovaikutuksen voimakkuus näyttää vain ”kappaleen painona”. Paino voi hämätä meitä, ja saattaa näyttää olevan kappaleen ominaisuus, vaikka se todellisuudessa liittyy gravitaatioon. Ellei ole mahdollisuutta vertailla Maata esimerkiksi Kuu-
hun, painon havainnoista ei ole suoraa tuntumaa Maan vetovoimaan. [19]

Isaac Newton julkaisi vuonna 1687 liikkeen lakien lisäksi gravitaatiolain. Gravitaatiolain mukaan jokainen massallinen partikkeli vetää puoleensa jokaista toista partikkelia voimalla, joka on suoraan verrannollinen niiden massaan ja etäisyyden neliöön. Tämä voidaan kirjoittaa kaavana

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}, \quad (2)$$

missä F_g on gravitaatiovoima, m_1 ja m_2 ovat partikkelien massat, r on etäisyys partikkelien välillä ja G on gravitaatiovakio. Gravitaatiovakio oli vielä tuntematon Newtonin aikaan, vaikka hän teki siitä arvion Maan tiheyttä arvioimalla. Ensimmäisen gravitaatiovakion todellisen mittauksen teki Henry Cavendish melkein sata vuotta Newtonin jälkeen vuonna 1798 ja sai tulokseksi $G = 6,74 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$. Tämä on erittäin vaikuttava tarkkuus, sillä modernin tieteen avulla laskettu gravitaatiovakion arvo on $G = 6,67428 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$. [20] [15]

Nyt voidaan soveltaa gravitaatiolakia Maalle ja painavalle massalle ja

käyttää niiden massoja yhtälössä (2). Tällöin saadaan

$$F_g = \frac{GMm_p}{r^2}. \quad (3)$$

Koska $F = F_g$, voidaan johtaa kiihtyvyydeksi kaavojen (1) ja (3) avulla

$$m_{hidas} \cdot a = \frac{GMm_p}{r^2} \quad (4)$$

$$\Rightarrow a = \frac{GM}{r^2} \cdot \frac{m_p}{m_{hidas}}. \quad (5)$$

Esimerkiksi Eötvös kokeessa, jossa tutkittiin hitaan massan ja painavan massan korrelaatiota, havaittiin, että klassisessa fysiikassa ne ovat täsmälleen yhtäsuuret [21]. Tämän perusteella voidaan esittää kaava (5) uudessa muodossa

$$a = \frac{GM}{r^2}. \quad (6)$$

Yhtälössä (6) M on taivaan kappaleen massa ja r etäisyys taivaankappaleen keskipisteestä pinnalle. Tällöin kiihtyvyys a on putoamiskiihtyvyys. Maan pinnalla olevalle kappaleelle voidaan näiden tietojen perusteella laskea myös putoamiskiihtyvyys, jota merkitään tunnuksella g

$$g = \frac{GM}{r^2} \quad (7)$$

$$g = \frac{6,67428 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot 5,9722 \cdot 10^{24} \text{kg}}{(6371 \text{km})^2} \quad (8)$$

$$g = 9,8203 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}. [22] \quad (9)$$

Maan putoamiskiihtyvyyden arvo vaihtelee kuitenkin paikoittain, koska Maa ei ole täysin pyöreä. Esimerkiksi päiväntasaajalla g :n arvoksi saadaan $9,7803 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Yleisesti laskuissa käytetään putoamiskiihtyvyyden arvoa $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ [18]. Vaikka putoamiskiihtyvyys on suoraan yhteydessä painoon, massan ja painon suhde ei ole universaali, vaan se voi vaihdella eri planeetoilla ja muissa gravitaatioympäristöissä. Tämä johtuu siitä, että putoamiskiihtyvyys vaihtelee planeetoittain niiden massojen ja säteiden mukaan. Esimerkiksi Jupiterin voimakas gravitaatio tekee siitä raskaamman planeetan kuin Maa, mikä vaikuttaa kappaleiden painoon sen pinnalla.

Paino voidaan määrittellä kappaleen massan ja paikallisen putoamiskiihtyvyyden tulona. Matemaattisesti ilmaistuna paino W voidaan laskea Newtonin II lakia (1) käyttäen kertomalla kappaleen massa m kiihtyvyydellä a , joka on tässä tapauksessa paikallinen putoamiskiihtyvyys g . Tästä saadaan

$$F = ma \quad (10)$$

$$\Rightarrow W = mg. \quad (11)$$

Nyt esimerkiksi voidaan laskea 80kg massaisen kappaleen paino Maassa käyttäen putoamiskiihtyvyyden arvoa $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

$$W = mg \quad (12)$$

$$W = 80\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (13)$$

$$W = 784,8\text{N} \quad (14)$$

Eli 80kg massainen kappale Maassa painaa 784,8N. Sama kappale voidaan viedä Kuuhun, jossa painovoimakenttä on pienempi kuin Maassa, ja laskea kuinka paljon kappale painaisi Kuussa. Ensin täytyy kuitenkin selvittää putoamiskiihtyvyys Kuussa. Putoamiskiihtyvyys g_m voidaan laskea yhtälön (6) avulla

$$g_m = \frac{GM}{r^2} \quad (15)$$

$$g_m = \frac{6,67428 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot 0,07346 \cdot 10^{24} \text{kg}}{(1737,4\text{km})^2} \quad (16)$$

$$g_m = 1,6243 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot [23] \quad (17)$$

Kun verrataan Maan putoamiskiihtyvyyttä $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ Kuun putoamiskiihtyvyyteen $g_m = 1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, huomataan Maan putoamiskiihtyvyyden olevan noin kuusi kertaa suurempi kuin Kuun. Tämä korreloi myös suoraan painoon. Käyttäen yhtälöä (11) saadaan 80kg massaisen kappaleen painoksi Kuussa $W = 129,9\text{N}$. Tämä asia käsitellään jo fysiikan ensimmäisellä kurssilla (FY1) lukiossa, joten sen tulisi olla hyvinkin tuttu ilmiö tutkimukseen osallistuville opiskelijoille. [18]

Painon ja massan erottaminen toisistaan voi olla hankalaa, sillä puhekielessä usein käytetään näitä termejä synonyymeinä. Esimerkiksi sanomme usein ”kappale painaa viisi kiloa”, vaikka tarkoitamme oikeasti sen massaa. Tämä johtuu siitä, että arkipuheessa ei välttämättä ole tarpeen tehdä eroa

painon ja massan välillä, varsinkin kun maan päällä nämä kaksi suuretta ovat suoraan verrannollisia toisiinsa. Fysiikan kannalta on kuitenkin tärkeää ymmärtää näiden kahden käsitteen välinen ero, sillä se auttaa selittämään monia ilmiöitä ja laskemaan oikein erilaisia voimia ja liikkeitä.

4 Tutkimuksen toteutus

Tämä tutkimus tehtiin laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmiä käyttäen. Toisin kuin sen kvantitatiivinen vastine, joka käsittelee pääasiassa numeerisia tietoja ja tilastollista analyysiä, kvalitatiivinen tutkimus pyrkii selvittämään ilmiöiden monimutkaisuudet ja hienovaraisuudet kielen, kontekstin ja merkityksen näkökulmasta. Kvalitatiivinen tutkimus perustuu aina aineistoihin ja niiden analyysiin. Empiirisyyden ohella siinä on vahva teoreettinen pohja. Empiirinen laadullinen tutkimus hyödyntää erilaisia teoreettisia lähestymistapoja ymmärtääkseen tutkimusaiheen monimutkaisuuden.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa teoria ilmenee jäsennehtynä esityksenä siitä, mitä aiheesta ja käytetyistä menetelmistä on aiemmin kirjoitettu. Tutkimuskysymyksen näkökulmasta teorioiden valinta, erittely ja järjestely ovat keskeisiä. Kvalitatiivinen tutkimus kattaa laajan joukon metodologioita, jotka on räätälöity tutkimuksen ainutlaatuisten tarpeiden ja tavoitteiden mukaan. Esimerkiksi fenomenografia, jota käytettiin tämän tutkimuksen suunnittelu vaiheessa ja toteutuksessa. [24]

Fenomenografia on laadullisen tutkimuksen suuntaus, joka keskittyy ihmisten erilaisiin käsityksiin. Sen päämääränä on kuvailla, analysoida ja ymmärtää erilaisia käsityksiä ilmiöistä sekä niiden välisiä suhteita. Fenomenografisessa tutkimuksessa käytetään erilaisia aineistoja, jotka on muokattu kirjalliseen muotoon. Vaikka pääsuuntauksena on ollut fenomenografinen tutkimussuuntaus, tutkimuksessa esiintyy myös kvantitatiivisen tutkimuksen piirteitä, sillä aineistosta saatiin odotettua suurempi. Laadullinen suuntaus valittiin, koska tällä tavoin voidaan tulkita paremmin oppilaiden perusteluja tosi tai epätosi väitteissä. [25]

Olellainen osa tutkimusprosessia on tutkimusetiikka, ja sen noudattaminen on välttämätöntä oikeudenmukaisen ja luotettavan tutkimuksen varmistamiseksi. Se ohjaa tutkijoita varmistamaan, että heidän tutkimuksensa kunnioittaa osallistujien oikeuksia ja kunnioittaa ihmisten arvoa. Tutkimusetiikka varmistaa myös, että tutkimustulokset ovat luotettavia ja rehellisiä, mikä edistää tiedon luotettavuutta ja hyödyllisyyttä. Tämä on erityisen tärkeää aineiston keräämisen vaiheessa. [26]

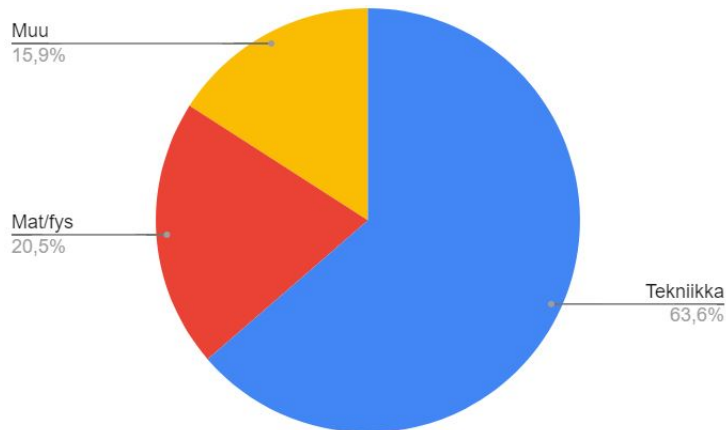
4.1 Aineisto

Tutkimusaineisto kerättiin Mekaniikka 1 -kurssin alkupuoliskolla ja vastaamiseen oli aikaa yksi viikko kurssin alusta. Mekaniikka 1 -kurssi on Oulun yliopistossa järjestettävä klassisen mekaniikan kurssi, joka on pakollinen fyziikan aineopiskelijoille sekä osalle tekniikan opiskelijoista [27]. Tämä kurssi valittiin, koska se on tutkimuksen aiheeseen liittyvä ja kurssille osallistuu

vuosittain useita satoja opiskelijoita. Aineiston keräys pyrittiin järjestämään siten, että se olisi ennen opiskelijoiden ensimmäistä kosketusta käsitteisiin massa, paino ja gravitaatio yliopistossa. Kurssi järjestettiin syksyllä toisessa periodissa, joten mitä todennäköisimmin yliopisto-opinnot eivät ole vielä ehtineet vaikuttaa opiskelijoiden käsityksiin aiheista.

Tutkimus toteutettiin laadullisena kyselytutkimuksena, jossa aineisto kerättiin kyselylomakkeen (liite 1) avulla. Kysely luotiin Google Form -verkkopalveluun, ja opiskelija pääsi siihen kurssin Moodle-sivustolla jaetun linkin kautta. Jotta tutkimukseen saatiin riittävä määrä pohjatietoa aineiston analysointia varten, opiskelijoilta kysyttiin lomakkeen alussa opiskelualaa, onko opiskelija ensimmäisen vuoden opiskelija ja kuinka paljon hän on opiskellut fysiikkaa lukiossa. Kyselyn lopussa opiskelijoilla oli mahdollista vapaaehtoisesti kirjoittaa sähköpostiosoitteensa arvontaa varten. Nämä tiedot kuitenkin erotettiin kerätystä aineistosta ja hävitettiin arvonnin suorittamisen jälkeen, jolloin aineiston kerääminen säilyi anonyyminä. Kyselyn alussa opiskelijoille kerrottiin, mitä varten tutkimusta tehtiin ja kuinka väitteisiin tulee vastata.

Tutkimukseen saatiin kerättyä yhteensä 44:n opiskelijan vastaukset 266:n opiskelijan joukosta. Tutkimukseen osallistui 44 opiskelijaa, joista oli tekniikan alan opiskelijoita 28, matematiikan ja fysiikan opiskelijoita yhdeksän ja muiden alojen opiskelijoita seitsemän. Muiden alojen opiskelijoita ei ole eritelty tarkemmin. Kuvasta 2 nähdään prosenttiosuudet tutkimukseen osallistuneista opiskelijoista opiskelualoittain.

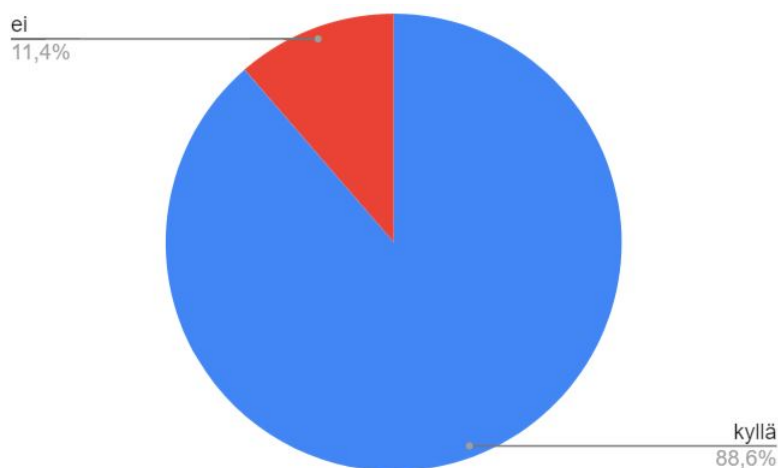


Kuva 2: Tutkimukseen osallistuneiden opiskelijoiden jakauma opiskelualoittain.

Tutkimuslomakkeessa (liite 1) tiedusteltiin myös lukiossa suoritettujen fysiikan kurssien määrää valintojen ”Pakollinen fysiikan kurssi”, ”Valinnaiset kurssit”, ”Kirjoittanut” eli fysiikan ylioppilaskirjoitukset, sekä ”ammatti-

koulu” avulla. Tiedonkeruussa olisi ollut hyödyllistä mainita useampien vaihtoehtojen valinta, sillä osa opiskelijoista oli ilmoittanut suorittaneensa fysiikan ylioppilaskirjoitukset ilman, että ”pakollinen fysiikan kurssi” -vaihtoehto oli valittuna, mikä ei ole kuitenkaan mahdollista.

Kuten kuvasta 3 nähdään, noin 11% opiskelijoista ei ollut ensimmäisen vuoden opiskelijoita, jolloin heillä voi olla parempi ymmärrys massan ja painon käsitteistä yliopisto-opintojen ansiosta.



Kuva 3: Jakauma ensimmäisen vuosikurssin opiskelijoista.

4.2 Analysointi

Tutkimuksessa käytettiin sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia menetelmiä, jotta tulokset voitaisiin tulkita mahdollisimman tarkasti ja monipuolisesti. Kvantitatiivisten menetelmien avulla suoritettiin tilastollisia analyyskejä, kuten kausaalisuhteita. Tässä prosessissa hyödynnettiin myös aiempia tutkimuksia ja niiden löydöksiä.

Aineiston analysoinnin lähestymistapana keskitytään kvalitatiiviseen analyysiin, joka jaetaan tavallisesti kahteen osaan: aineistolähtöiseen ja teoriasidonnaiseen analyysiin. Valitessamme kvalitatiivisen analyysin tutkimusmenetelmäksi korostuu tarve tutkia ilmiötä syvällisemmin, ilman suurta tutkittavien yksilöiden määrää tai tilastollista argumentointia. Tämä avaa mahdollisuuden kerätä laadullista tietoa pienemmästä otoksesta. Laadullinen analyysi eroaa tilastollisesta lähestymistavasta usein siinä, että se pyrkii hahmottamaan tutkittavan aineiston kokonaisuuden ja sen mahdollisen sisäisen logiikan. [28]

Toisin kuin tilastollisessa analyysissä, laadullisessa lähestymistavassa ei turvauduta tilastollisiin todennäköisyyksiin viitteellisinä johtolankoina. Tämä johtuu usein siitä, että tutkimusyksiköiden määrä on rajallinen. Kuitenkin laadullista analyysiä ei suoriteta vain siksi, että kvantitatiivinen analyysi ei olisi mahdollista tai käytettävissä. Joissakin tutkimuksissa suurten tutkimusyksiköiden ja tilastollisen argumentaation käyttö ei ole tarpeellista tai mahdollista. Tämän tutkimuksen aineisto ei ole mahdollisimman suuri, joten yksittäisten tulosten analysointi tulee tehdä mahdollisimman kriittisesti, jottei tutkimuksen luotettavuus kärsi. Tyypillisesti laadullinen analyysi etenee kahdessa päävaiheessa: ensin havaintojen pelkistämisessä ja sitten tulosten tulkittamisessa, jotka molemmat ovat keskeisiä analyysin etenemisen kannalta. [28]

Havaintojen pelkistäminen on olennainen vaihe laadullisessa tutkimuksessa. Pelkistämisessä pyritään kiteyttämään keskeiset näkökulmat ja merkittävät havainnot kerätystä aineistosta. Tämä vaihe edellyttää syvällistä ymmärrystä tutkimuskysymyksistä ja -tavoitteista sekä tarkkaa lähestymistapaa aineiston läpikäynnissä. Tavoitteena on erottaa olennainen epäolennaisesta ja tunnistaa merkitykselliset teemat, käsitteet ja ilmiöt, jotka ovat keskeisiä tutkimuksen tulokannan ja analyysin kannalta. Havaintojen pelkistäminen auttaa selkiyttämään aineistoa ja mahdollistaa tutkijalle keskittymisen tutkimuksen keskeisiin näkökulmiin. Tutkimuksessa havaintojen pelkistäminen näkyy erityisesti väitteiden perusteluiden yhtenäistämässä ja yhteisen tekijän löytämisessä. [28]

Laadullisen analyysin toisessa vaiheessa, tulosten tulkinnassa, keskitytään tuottamaan merkityksellisiä johtopäätöksiä tutkittavasta aiheesta. Tämä vaihe on vastaava tulosten tulkinnalle kvantitatiivisessa analyysissä ja kvantitatiivisia havaintoja pyritäänkin käyttämään kvalitatiivisten havaintojen perustelemiseen. Tutkijat pyrkivät muodostamaan rakenteita ja selitysmalleja ilmiöiden taustalla. Tulosten tulkinta vaiheessa viitataan usein aikaisempaan tutkimukseen ja teorioihin sekä käytetään luovaa tulkintaa aineiston pohjalta. Tämä vaihe on kriittinen ymmärryksen syventämisessä ja uusien tutkimuskysymysten syntymisessä. [28]

4.3 Väitteet

Kyselyn (liite 1) väitteiden pohjana on käytetty Jukka Lämsän pro gradu -tutkielman kyselylomakkeessa olevia väitteitä. Kuusi väitettä otettiin käyttöön tähän tutkimukseen hänen tutkimuksestaan juuri samassa sanamuodossa kuin ne ovat olleet tutkimuksessa ”Yhdeksäsluokkalaisten ymmärrys fysiikan käsitteistä massa ja paino”. Toisin sanoen kaksi väitettä kahdeksasta on muodostettu tarkentamaan tämän tutkimuksen tarkoitusta. Kaik-

ki väitteet on pyritty muodostamaan tarkoin ja huolella, jottei niitä voisi ymmärtää väärin. Kyselyä laatiessa tuli ottaa huomioon myös, että osa opiskelijoista ovat voineet opiskella fysiikkaa jo hyvinkin syventäviin kursseihin yliopistossa. Esimerkiksi kvanttimekaniikan ja suhteellisuusteorian pohjalta osa kyselyn väitteistä ovat kiistanalaisia [15]. Tämä olisi pitänyt ottaa huomioon jo kyselyä luodessa ja mainita kyselyssä, että väitteitä tulee tarkastella klassisen mekaniikan pohjalta. [3]

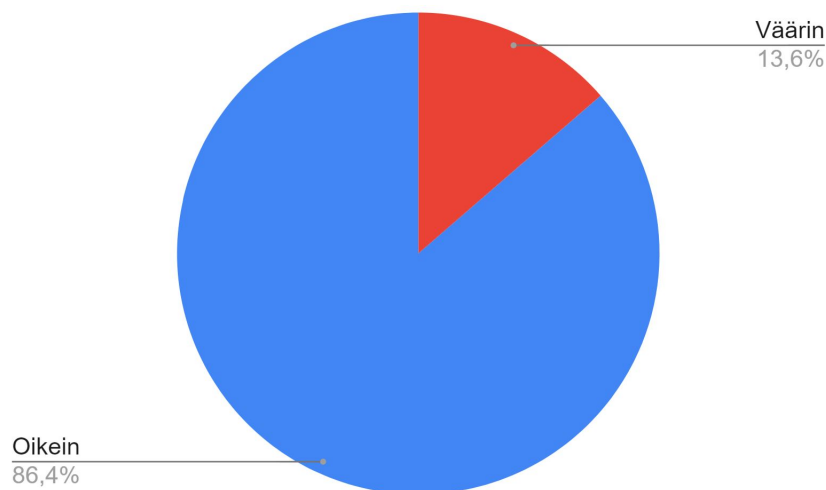
5 Tulokset

Tässä kappaleessa tarkastellaan tutkimuksen tuloksia käyttäen hyväksi taulukoita kvantitatiivisen analyysin tarpeisiin sekä perehdytään yksittäisiin perusteluihin kvalitatiivisen arvioinnin keinoin. Vaikka tutkimusdata ei sisältänyt tyhjiä vastauksia, väitteiden aiheista tietämättömien opiskelijoiden vastaukset on erikseen mainittu ja luokiteltu virheellisiksi. Kaikkiin tutkimuksen väitteisiin vastasi yhteensä 44 opiskelijaa. Jokaisen väitteen loppuun on koottu yhteen kyseisen väitteen tulokset tiivistettynä.

5.1 Väite 1: Kappaleen paino riippuu siitä, missä kappale on (Tosi)

Ensimmäisessä väitteessä, ”**Kappaleen paino riippuu siitä, missä kappale on**”, pyrittiin selvittämään, yhdistääkö opiskelija painon ja gravitaation relaation. Kappaleessa 2.3 todettiin painovoiman johtuvan suuremman ja pienemmän massan välisestä vuorovaikutuksesta ja kappaleiden etäisyydestä. Tällöin kappaleen paino on suoraan verrannollinen siihen, kuinka kaukana kappale on suuremman kappaleen keskipisteestä ja kuinka suuri massa suuremmalla kappaleella on. Väite on siis tosi ja perusteluiksi riitti mainita kappaleen siirtäminen esimerkiksi kuuhun tai päiväntasaajalle.

Kuvasta 4 nähdään ensimmäisen väitteen vastausjakauma. 38 opiskelijaa vastasi väitteeseen oikein eli tosi. Opiskelijoista kuusi vastasi väitteeseen väärin.



Kuva 4: Ensimmäisen väitteen vastausjakauma.

Taulukosta 3 nähdään että, väitteeseen yksi oikein vastanneista (38) noin puolet eli 21 opiskelijaa oli perustelleet oikean vastauksensa erittäin hyvin putoamiskiihtyvyyden tai painovoiman avulla. Vastauksia ilman perusteluita oli kahdeksan kappaletta. Yhdeksän opiskelijaa oli perustelleet vastauksensa eri paikan tai esimerkin avulla. Tällaisen perustelun esimerkki on: ”Esimerkiksi kuussa kappaleen paino on eri kuin maassa, vaikka massa on sama”. Molemmat perustelut voidaan tulkita siten, että oikein vastanneiden opiskelijoiden käsitykset painosta ovat riittävät.

Tosi	38	86%
Ei perusteluita	8	18%
Esimerkki eri paikasta	9	20%
Putoamiskiihtyvyys tai painovoima	21	48%

Taulukko 3: Väitteeseen 1 oikein vastanneiden perustelut.

Väärin menneitä vastauksia oli vain kuusi. Kaksi kappaletta näistä vastauksista oli ilman perusteluita. Yksi opiskelija oli vastannut ettei tiedä vastausta ollenkaa ja se on laskettu väärin menneeksi. Väärin vastanneista kaksi opiskelijaa oli vastannut kappaleen painon olevan riippumaton sijainnista. Molemmat näistä vastauksista osoittaa, ettei ymmärretä painon olevan riippuvainen putoamiskiihtyvyydestä tai että putoamiskiihtyvyys voi vaihdella paikoittain. Yksi opiskelija oli perustellut vastauksensa osittain oikein kirjoittaen: ”ellei kyseisiin kappaleisiin vaikuta eri painovoima”. Opiskelijan käsitys painosta tässä tapauksessa on siis todennäköisesti oikein, sillä on hän ymmärtää painovoiman yhteyden painoon. Mahdollista on myös, että opiskelija on ymmärtänyt kysymyksen väärin. Kvalitatiivisesti vastaus voidaan tulkita oikeaksi, mutta kvantitatiivisesti ei, kuten taulukosta 4 nähdään.

Epätosi	6	14%
Ei perusteluita	2	5%
Perusteltu oikein	1	2%
Kappaleen paino on riippumaton sijainnista	2	5%
Ei tietoa	1	2%

Taulukko 4: Väitteeseen 1 väärin vastanneiden perustelut.

Taulukkoon 5 on koottu yhteenveto väitteen yksi tuloksista.

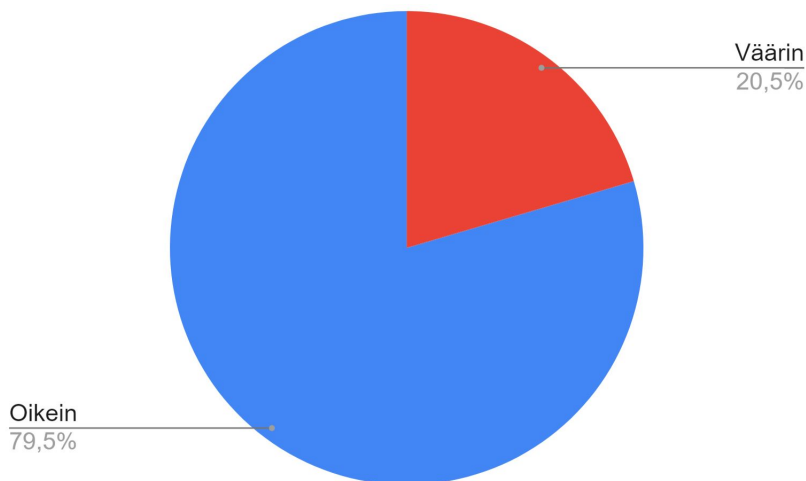
86% opiskelijoista tiesi, että kappaleen painoon vaikuttaa sen sijainti.
20% opiskelijoista perusteli vastauksensa esimerkin avulla.
48% opiskelijoista osasi perustella oikean vastausken erittäin hyvin putoamiskiihtyvyyden tai painovoiman avulla.
14 % opiskelijoista vastasi väitteeseen väärin.
5% opiskelijoista vastasi painon olevan riippumaton sijainnista.
23% opiskelijoista ei perustellut vastaustaan.

Taulukko 5: Yhteenvedo väitteen 1 tuloksista.

5.2 Väite 2: Painolla on suuruus ja suunta (Tosi)

Toisen väitteen, ”Painolla on suuruus ja suunta”, tarkoituksena oli selvittää, että ymmärtääkö opiskelija painon oleva voima. Jos käsitteet massa ja paino eivät erotu toisistaan, kyseisen väitteen voisi kuvitella olevan tosi. Paino W on kuitenkin painovoimakentän aiheuttama voima F_g . Kuten kaikilla voimilla, myös painolla on suuruteen lisäksi suunta. Perustelu oli myöskin riittävä, jos mainitsi painon olevan vektorisuure. Näin ollen väite kaksi on tosi.

Väitteeseen kaksi opiskelijoista 35 vastasi oikein ja yhdeksän vastasi väärin. Oikein ja väärin vastanneiden prosentuaalinen jakauma nähdään kuvassa 5.



Kuva 5: Toisen väitteen vastausjakauma.

Oikein menneitä vastauksia tähän väitteeseen oli 35 kappaletta, joista 25 oli hyvin perusteltuja, mikä nähdään taulukosta 6. Hyvin perustellulla vastauksella tarkoitetaan painon viittaamista voimaan ja näin ollen olevan vektorisuure. (Vektorisuureella on aina suuruuden lisäksi suunta.) Oikein

vastanneista yhdeksän opiskelijaa ei ollut perustellut vastaustaan ollenkaan. Yksi opiskelija oli perustellut vastauksensa painon suunnan olevan alaspäin. Tämä vastaus ei ole väärin, koska paino kohdistuu pinnalle olevan kappaleen näkökulmasta alaspäin. Näkökulmaa voidaan kuitenkin fysiikassa muuttaa eli asian olisi voinut perustella paremmin.

Tosi	35	80%
Ei perusteluita	9	20%
Alaspäin	1	2%
Paino on voima eli vektorisuure	25	56%

Taulukko 6: Väitteeseen 2 oikein vastanneiden perustelut.

Taulukosta 7 nähdään että, väärää vastauksia tuli yhteensä yhdeksän. Näistä kolmea ei oltu perusteltu ollenkaan ja kaksi opiskelijaa ei tiennyt vastausta tai ilmoittivat arvanneensa. Neljänn vastauksen perustelut olivat täysin väärä, sillä niissä painon sanottiin olevan skalaarisuure tai ettei sillä ole suuntaa. Vain neljä vääristä vastauksista olivat huolestuttavia, koska niiden käsitys painon suunnasta on perustuu väärään tietoon. Esimerkki yhden opiskelijan vastaus oli: ”Epätosi. On suuruus, mutta suuntaa ei voida määrittää”.

Epätosi	9	20%
Ei perusteluita	3	7%
Painolla ei ole suuntaa / mahdoton määrittää	4	9%
Ei tietoa tai arvaus	2	5%

Taulukko 7: Väitteeseen 2 väärin vastanneiden perustelut.

Taulukkoon 8 on koottu yhteenveto väitteen kaksi tuloksista.

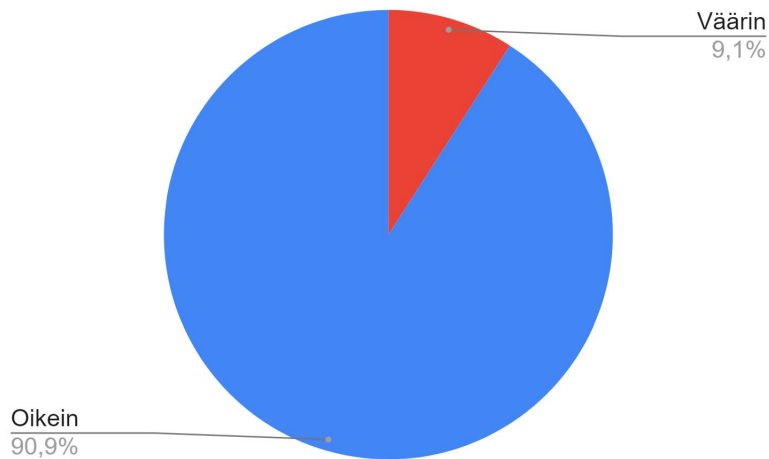
80% opiskelijoista tiesi painolla olevan suuruuden lisäksi suunta.
56% opiskelijoista osasi perustella painon suunnan vektorisuureen kautta.
20% opiskelijoista vastasi kysymykseen väärin.
9% opiskelijoista totesi ettei painon suuntaa voida määrittää.
5% opiskelijoista ei osannut sanoa vastausta.
27% opiskelijoista ei perustellut vastaustaan.

Taulukko 8: Yhteenveto väitteen 2 tuloksista.

5.3 Väite 3: Kooltaan suuremmalla kappaleella on aina suurempi paino kuin pienemmällä (Epätosi)

Kolmas väite, ”Kooltaan suuremmalla kappaleella on aina suurempi paino kuin pienemmällä”, liittyy käsitykseen painon relaatiosta kappaleen tiheyteen ja tilavuuteen. Tilavuudella ja tiheydellä ei ole relaatiota. Väite on siis epätosi ja sen perusteluiksi riitti esimerkiksi ilmapallon vertaaminen biljardipalloon tai tarkentamalla painon olevan suoraan verrannollinen massaan eikä tilavuuteen. Tilavuus ei nimittäin riipu massasta [15].

Kolmannen väitteen vastausjakauma, joka näkyy kuvassa 6, on yksi tämän tutkimuksen selkeimmistä. 40 opiskelijaa vastasi väitteeseen oikein ja vain neljä vastasi väärin.



Kuva 6: Kolmannen väitteen vastausjakauma.

Taulukko 9 esittää eri perusteluiden esiintymän tuloksissa. 27 vastausta on perusteltu todella hyvin. Nämä 27 vastausta voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, joissa toisessa opiskelijat perustelivat painon riippuvan massasta eikä kooosta (17) ja toisessa vastaus perusteltiin tiheyden avulla. Vain kolme vastausta oli perusteltu esimerkkien avulla kuten erään opiskelija vastaus: ”Epätosi. Ilmapallolla on pienempi paino kuin biljardipallolla”. Oikein vastanneista 10 ei perustellut vastaustaan mitenkään.

Epätosi	40	91%
Ei perusteluita	10	23%
Riippuu massasta	17	39%
Tiheys tai materiaalista riippuva	10	23%
Esimerkki	3	7%

Taulukko 9: Väitteeseen 3 oikein vastanneiden perustelut.

Väitteen todeksi oli laittanut neljä opiskelijaa. Eli vain neljä opiskelijaa oli vastannut väitteeseen väärin. Kaksi näistä opiskelijoista ei ollut perustellut vastaustaan mitenkään, mutta kaksi opiskelijaa oli perusteluissaan osoittanut ymmärtävänsä käsitteen oikein. Esimerkiksi toisen opiskelijan vastaus, ”Tosi, jos kahdella kappaleella on sama tiheys, on suuremman tilavuuden kappaleella suurempi massa ja näin suurempi paino”, osoittaa selkeästi ymmärryksen tiheyden vaikutuksesta painoon. Nämä kaikki tiedot voidaan nähdä taulukosta 10. Tämän perusteella vain kaksi vastausta olisi väärin kyseisessä väitteessä.

Tosi	4	9%
Ei perusteluita	2	5%
Perusteltu oikein	2	5%

Taulukko 10: Väitteeseen 3 väärin vastanneiden perustelut.

Taulukkoon 11 on koottu yhteenveto väitteen kolme tuloksista.

91% opiskelijat totesivat ettei kappaleen koko vaikuta sen massaansa.
23% opiskelijoista osasi perustella vastauksen hyvin tiheyden tai materiaalin avulla.
9% opiskelijoista vastasi väitteeseen väärin.
5% opiskelijoista perusteli kuitenkin väitteen oikein väärästä vastauksesta huolimatta.
28% opiskelijoista ei perustellut vastaustaan.

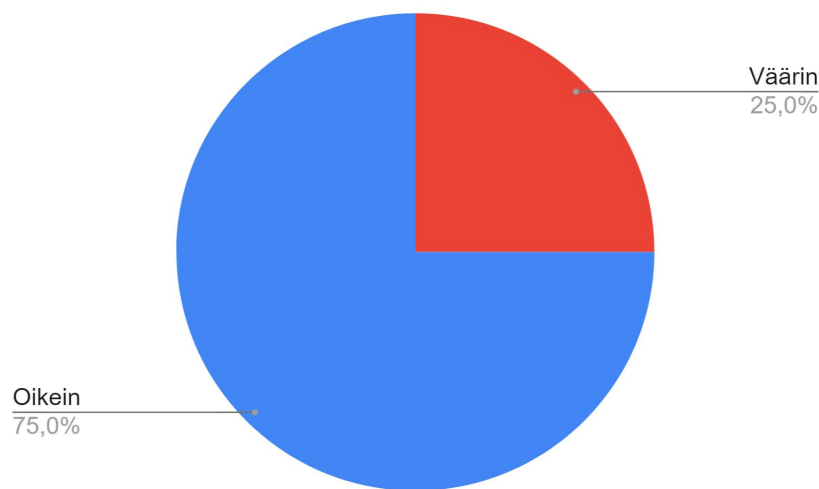
Taulukko 11: Yhteenveto väitteen 3 tuloksista.

5.4 Väite 4: Massa kuvaa kappaleen hitautta (Tosi)

Neljäs väite, ”Massa kuvaa kappaleen hitautta”, on mainittu näillä sanoilla ainakin lukion oppikirjassa Fysiikka luonnontieteenä[18]. Väitteen

ymmärtäminen on toisaalta monimutkaisempi. Kappaleessa 2.2 mainittiin massan olevan kappaleelle ominainen. Massan hitauden luonne tulee selkeimmin esille, kun kappale saatetaan liikkeeseen; suuremman massan omaava kappale vaatii enemmän voimaa liikkeelle laitettaessa. Näillä perusteilla voidaan perustella väite todeksi.

Neljäsosa opiskelijoista eli 11 vastasi väärin väitteeseen neljä. Oikein vastanneita oli 33 kappaletta. Kuvasta 7 nähdään vielä selkeämmin vastausten jakauma. Kyseisen väitteen aiheen käsittämisessä on selkeästi puutteita, mikä ilmenee perusteluiden kautta.



Kuva 7: Neljännen väitteen vastausjakauma.

Taulukosta 12 ilmenee, että 17 opiskelijaa, jotka vastasivat oikein, eivät olleet perustelleet vastauksiaan. Sen sijaan yhdeksän opiskelijaa oli perustellut massan hitauden erinomaisesti, ja seitsemän opiskelijaa näytti ymmärtävän aiheen kohtalaisen hyvin vastaustensa perusteella. Tästä jälkimmäisestä ryhmästä neljä opiskelijaa oli käyttänyt esimerkkeinä hitauden yhteyttä kiihtyvyyteen tai voimaan, ja kolme oli tuonut perusteluihinsa konkreettisia esimerkkejä. Esimerkiksi yksi opiskelija perusteli näin: ”Tosi, kuvaa kappaleen hitautta, kun joku voima vaikuttaa siihen.” Toinen opiskelija toi esiin seuraavan esimerkin: ”Kyllä, raskaampaa autoa on vaikeampi saada liikkeelle, kuin kevyempää auto.”

Tosi	33	75%
Ei perusteluja	17	37%
Voiman tai kiihtyvyyden yhteys massa	4	9%
Kyky vastustaa liikettä	9	20%
Esimerkki	3	7%

Taulukko 12: Väitteeseen 4 oikein vastanneiden perustelut.

Väärin vastanneistakaan opiskelijoista ei moni perustellut, mikä nähdään taulukosta 13. Vastauksista vain neljä oli perusteltu ja seitsemän oli ilman perusteluja. Yksi väärin vastatuista perusteluista oli, ettei oppilaalla ole tietoa aiheesta ollenkaan. Kaksi opiskelijaa oli sekoittanut hitauden yhteyden nopeuteen. Esimerkki tällaisesta vastauksesta oli: ”... Teoriassahan tarpeeksi suurella energialla isokin massa voisi saavuttaa valonnopeuden, joten en sanoisi, että massa kuvastaa hitautta.” Opiskelijoista yksi oli vastannut väitteen olevan epätosi, mutta perustellut sen massan vaikuttavan siihen kuinka paljon voimaa tarvitaan kappaleen liikuttamiseen, mikä tarkoittaa käsitystä siitä, että asia osataan perustella aivan oikein, mutta yhteyttä asioiden välillä ei löydetä.

Epätosi	11	25%
Ei perusteluja	7	16%
Perusteltu oikein	1	2%
Nopeuteen sekoittaminen	2	5%
Ei tietoa	1	2%

Taulukko 13: Väitteeseen 4 väärin vastanneiden perustelut.

Taulukkoon 14 on koottu yhteenveto väitteen neljä tuloksista.

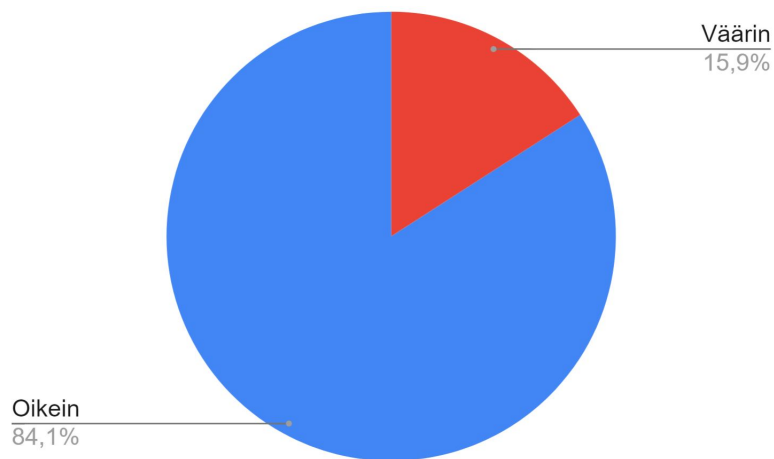
75% opiskelijoista tiesi massan kuvaavaan hitautta.
29% opiskelijoista osasi osasi perustella massan hitauden erityisen hyvin liikeyhtälöön perustuen.
7% opiskelijoista perusteli vastauksensa esimerkin avulla.
25% opiskelijoista vastasi väärin.
5% opiskelijoista sekoitti massan hitauden liittyvän nopeuteen jollain tavalla.
53% opiskelijoista ei perustellut vastaustaan.

Taulukko 14: Yhteenveto väitteen 4 tuloksista.

5.5 Väite 5: Kappaleen massa on suurempi Maassa kuin Kuussa (Epätosi)

Viides väite, ”Kappaleen massa on suurempi Maassa kuin Kuussa”, liittyy hieman ensimmäiseen väitteeseen. Kappaleen painoa voidaan muuttaa helposti viemällä se eri sijaintiin, mutta kappaleen massaa ei voida muuttaa kuin muokkaamalla kappaletta itseään. Väitteiden yksi ja viisi avulla voidaan selvittää onko opiskelijan käsitys massasta ja painosta sama vai ei. Väite voidaan perustella todeksi yksinkertaisimmillaan osoittamalla massa kappaleen ominaisuudeksi ja riippumattomaksi kappaleen sijainnista.

Kuvasta 8 nähdään väitteen vastausjakauma prosentteina. Väitteeseen vastasi oikein 37 opiskelijaa ja vääriä vastauksia saatiin 7 kappaletta.



Kuva 8: Viidennen väitteen vastausjakauma.

Taulukkoa 15 tarkasteltaessa nähdään että, oikein väitteeseen vastanneista opiskelijoista suurin osa (17) perusteli vastauksensa massan pysyvän samana. Tämän voi myös todeta massan olevan kappaleelle ominainen, ja näin oli perusteltu 10 kappaletta vastauksia. Molemmat ryhmät ymmärtävät käsitteen hyvin, mutta jälkimmäinen on hieman tieteellisemmin sanottu. Yksi opiskelija osasi perustella massan pysyvän samana erittäin loistavasti vetoamalla atomien määrään kappaleella. Tiheyden avulla perusteltuja vastauksia oli yksi kappale. Oikeista vastauksista kahdeksaa ei oltu perusteltu ollenkaan.

Epätosi	37	84%
Ei perusteluita	8	18%
Massa aina sama	17	39%
Massa on kappaleelle ominainen	10	23%
Tiheyteen viittaaminen	1	2%
Atomien määrä	1	2%

Taulukko 15: Väitteeseen 5 oikein vastanneiden perustelut.

Taulukosta 16 nähdään että, vääristä vastauksista yhdeksän kappaletta oli vastauksia, joita ei oltu perusteltu. Yllättävää oli, että massan oli sekoittanut painoon peräti neljä kappaletta opiskelijoista. Tämä voi johtua siitä ettei kysymystä ole luettu tarkasti tai käsitteen ymmärryksen olevan heikollainen.

Tosi	7	16%
Ei perusteluita	3	7%
Painoon sekoittaminen	4	9%

Taulukko 16: Väitteeseen 5 väärin vastanneiden perustelut.

Taulukkoon 17 on koottu yhteenveto väitteen viisi tuloksista.

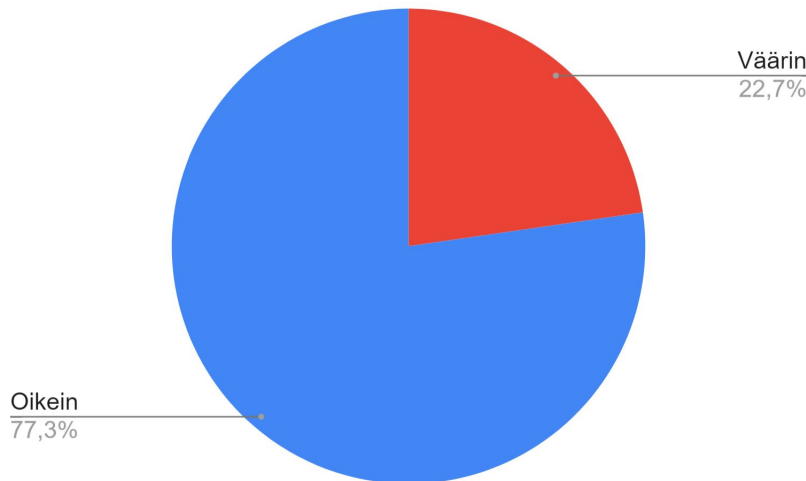
84% opiskelijoista tiesi massan säilyvän saman vaikka se kappale vietäisiin Kuuhun.
39% vastauksista osoitti tietävänsä aiheen mutta perustelut olivat vajavaiset todeten massan olevan sama.
23% opiskelijoista osasi perustella vastauksensa hyvin massan olevan kappaleelle ominainen.
4% vastauksista oli perusteltu erittäin hyvin vedoten kappaleen tiheyteen tai atomien lukumäärään.
9% opiskelijoista oli sekoittanut massan käsitteen painoon.
25% opiskelijoista ei perustellut vastaustaan.

Taulukko 17: Yhteenveto väitteen 5 tuloksista.

5.6 Väite 6: 10 Newtonin voima vastaa noin 5 kilogramman massaa Maassa (Epätosi)

Kuudennen väitteen, ”10 Newtonin voima vastaa noin 5 kilogramman massaa Maassa”, avulla pyrittiin selvittämään, osaako opiskelija muuntaa tietyn massaisen kappaleen massan painoksi eli painovoimaksi W . Ensimmäisen kerran asiaa käsitellään jo yläkoulussa, jolloin käytetään putoamiskiihtyvyyden arvoa n. $10\frac{m}{s^2}$. Lukiossa tätä arvoa kuitenkin tarkennetaan ja aletaan yleisesti käyttämään arvoa $9,81\frac{m}{s^2}$. Tarkempaa arvoa tässä tehtävässä ei pyydetty käyttämään. Väitteen ratkaisemiseen tarvittiin myös kaavaa (11) $W = mg$, minkä avulla väite voitiin osoittaa epätodeksi. Perusteluiksi hyväksyttiin toisen lukuarvon muuttaminen samaan yksikköön. Esimerkiksi 5kg painaa Maassa n. 50N. [29][18]

Oikeita vastauksia väitteeseen kuusi oli yhteensä 34 ja vääriä vastauksia oli 10 kappaletta, mitä voidaan tarkestalla visuaalisemmin kuvasta 9.



Kuva 9: Kuudennen väitteen vastausjakauma.

Taulukon 18 pohjalta yhdeksän opiskelijaa ei perustellut oikeaa vastausta millään tavalla. Yhteensä 23 opiskelijaa perusteli vastauksensa oikein ja näin ollen osoitti ymmärtävänsä Newtonien ja kilogrammojen välisen yhteyden. Näistä 23:sta 21 opiskelijaa muutti joko väitteen Newtonit kilogrammoiksi tai toisinpäin ja kaksi opiskelijaa kertoi perusteluissaan luvun olevan pienempi viitaten massaansa. Yksi opiskelija perusteli oikean vastauksensa väärin. Kyseisen opiskelijan vastaus: ”Ei. Eri suureita.” osoittaa opiskelijan ymmärryksen aiheesta olevan väärällä pohjalla.

Epätosi	34	77%
Ei perusteluita	10	23%
Luku olisi pienempi	2	5%
$10\text{N} = 1\text{kg}$ tai $5\text{kg} = 50\text{N}$	21	48%
Eri suureita	1	2%

Taulukko 18: Väitteeseen 6 oikein vastanneiden perustelut.

Taulukosta 19 nähdään että, kahdeksan kaikista vastanneista ei tiennyt vastausta kysymykseen tai sanoivat etteivät osaa vastata väitteeseen. Kaksi väärin vastanneista opiskelijoista ei perustellut vastauksiaan.

Tosi	10	23%
Ei perusteluita	2	5%
Ei tietoa	8	18%

Taulukko 19: Väitteeseen 6 väärin vastanneiden perustelut.

Taulukkoon 20 on koottu yhteenveto väitteen kuusi tuloksista.

77% opiskelijoista tiesi oikean vastauksen.
53% vastauksista oli perusteltu hyvin joko laskemalla oikea arvo tai selvittämällä sen olevan pienempi.
28% opiskelijoista ei perustellut vastaustaan.
18% opiskelijoista ei tiennyt väitteeseen vastausta, minkä he olivat sanoneet perusteluissa.

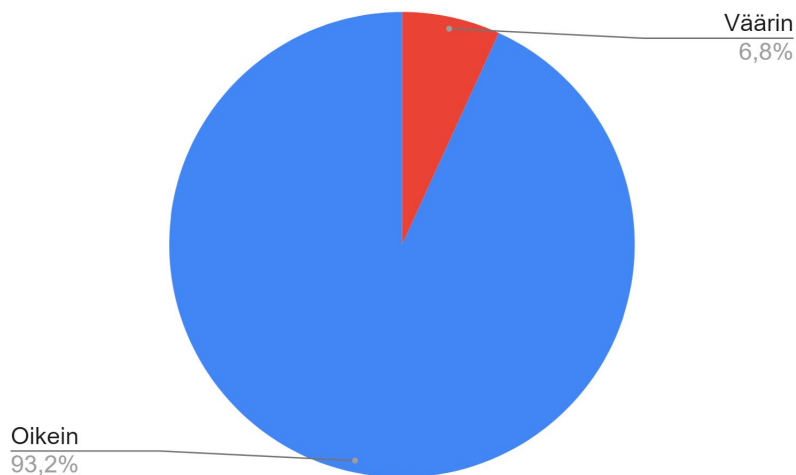
Taulukko 20: Yhteenveto väitteen 6 tuloksista.

5.7 Väite 7: Kun kappaleen massaa muutetaan, niin sen paino ei muutu (Epätosi)

Väitteen seitsemän, ”**Kun kappaleen massaa muutetaan, niin sen paino ei muutu**”, tarkoituksena oli selvittää entistä paremmin opiskelijan ymmärrystä massan ja painon relaatiosta. Useampi väite viittaa samoihin ilmiöihin, mutta kaikkien väitteiden oikein perusteleminen vaatii käsitteiden ymmärtämisen. Vaikka paino ja massa eroavat toisistaan käsitteinä ja ominaisuuksina, niillä on erittäin vahva relaatio toisiinsa. Kappaleen paino on suoraan verrallinen kappaleen massa. Kun tiedetään kappaleeseen vaikuttavan putoamiskiiktyvyyden arvo ja kappaleen massa tai paino, pystytään

aina laskemaan toisen arvo. Näillä perusteilla pystytään väite seitsemään toteamaan epätodeksi.

Väitteeseen seitsemän opiskelijat vastasivat parhaiten. Oikeita vastauksia oli peräti 41 ja vääriä vastauksia vain kolme. Tämä tarkoittaa, että vastauksista oli yli 90%:a oikein, mikä nähdään kuvasta 10.



Kuva 10: Seitsemännen väitteen vastausjakauma.

Taulukkoa 21 tarkastelemalla selviää että, oikeista vastauksista 10 kappaletta ei oltu perusteltu. 26 vastausta oli perusteltu erittäin hyvin ja vain viisi oli perustelua oli hieman vajaita. Erittäin hyvin perusteltuun vastaukseen kuului viittaaminen massan ja painon yhteyteen tai yksinkertaisesti mainitseminen Newtonin II:sta laista eli $F = ma$. Esimerkki tällaisesta vastauksesta oli erään opiskelijan vastaus: ”Epätosi. Paino muuttuu, jos kappaleen massa muuttuu. $F=ma$ ”. Tällaiset perustelut osoittavat selkeää ymmärtämistä massan ja painon suoraanverrannollisuudesta. (Taulukko 21)

Epätosi	41	93%
Ei perusteluita	10	23%
Paino muuttuu	5	11%
Massan ja painon yhteys tai $F=ma$	26	59%

Taulukko 21: Väitteeseen 7 oikein vastanneiden perustelut.

Kaksi opiskelijaa ei osannut vastata väitteeseen ja yksi opiskelija jätti vastauksensa perustelematta, mikä nähdään taulukosta 22.

Tosi	3	7%
Ei perusteluita	1	2%
Ei tietoa	2	5%

Taulukko 22: Väitteeseen 7 väärin vastanneiden perustelut.

Taulukkoon 23 on koottu yhteenveto väitteen seitsemän tuloksista.

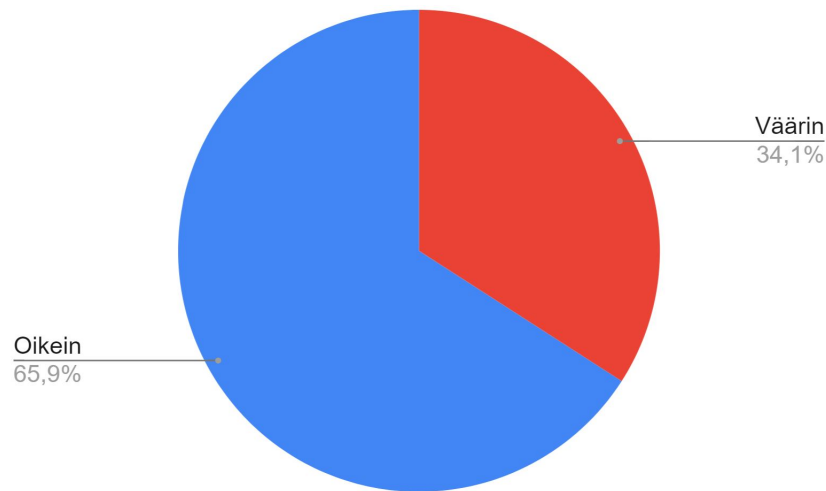
93% opiskelijoista tiesi painon muuttuvan massaa muutettaessa.
59% vastauksista oli perusteltu riittävästi todeten painon ja massan välisen yhteyden verbaalisesti tai fysiikan kaavan $F=ma$ kautta.
11% vastauksista oli perusteltu tiedon tasolla kertoen painon muuttuvan.
5% opiskelijoista ei tiennyt painon ja massan yhteyttä.
24% vastauksista ei ollut perusteltu.

Taulukko 23: Yhteenveto väitteen 7 tuloksista.

5.8 Väite 8: Kahden kappaleen tiputtaminen samalla hetkellä tornista (Tosi)

Väite kahdeksan on klassinen esimerkki Galileo Galilein suorittamasta kokeesta, jossa Galileo todisti kappaleiden tippuvan samalla putoamiskiihtyvyydellä [30]. Koetta on hieman muokattu, jotta se soveltui paremmin väitteeksi. Väitteen kahdeksan, ”**Kaksi kappaletta, joiden massa ovat erit, pudotetaan samalla hetkellä korkeasta tornista. Kappaleet osuvat samaan aikaan maahan. Ilmanvastusta ei huomioida**”, avulla pyrittiin selvittämään opiskelijoiden käsitystä gravitaation vaikutuksista kappaleisiin, joilla on eriävät massat. Väitteessä opiskelijan tuli soveltaa käsitystään painovoimasta käytäntöön, mikä on äärimmäisen tärkeää käsitteiden ymmärtämisessä [13]. Väite on siis tosi perusteiden, että kappaleisiin kohdistuu sama putoamiskiihtyvyys Maan painovoiman aiheuttamana.

Kuvasta 11 voidaan tarkastella väitteen vastausjakaumaa. Toisin kuin edellisen väitteen tulokset, väitteen kahdeksan tulokset ovat tutkimuksen huonoimmat. Vain noin kaksi kolmasosaa (29) vastauksista oli oikein eli tosi ja väärin menneitä vastauksia oli 15 kappaletta.



Kuva 11: Kahdeksannen väitteen vastausjakauma.

Oikeista vastauksista 11 kappaletta oli jätetty perustelematta, mikä nähdään taulukosta 24. Hyvin perusteltuja vastauksia oli 15. Hyvin perusteltuihin vastauksiin kuuluu painovoiman tai putoamiskiihtyvyyden samana pysymisen perusteleva ja massan vaikuttamattomuus putoamiseen. Tyhjiöllä perusteltuja vastauksia oli kolme kappaletta. Nämä perustelut ovat oikein, mutta puutteellisia, koska väitteessä todetaan jo ilmanvastuksen huomioimatta jättäminen, joten sitä ei tarvitsisi perustella uudelleenn tyhjiöllä. Muutama esimerkki kyseisen kategorian vastauksista oli: ”Oikein. Tyhjiö.” ja ”Jos ilmanvastusta ei huomioida ja koe suoritetaan tyhjiössä, osuvat kappaleet samanaikaisesti maahan.”

Tosi	29	66%
Ei perusteluita	11	25%
Massa ei vaikuta putoamiseen	3	7%
Putoamiskiihtyvyys on sama	10	23%
Painovoima on suhteessa sama	2	5%
Tyhjiö	3	7%

Taulukko 24: Väitteeseen 8 oikein vastanneiden perustelut.

Jos opiskelija oli perusteluihin sanonut arvanneensa väitteen, se laskettiin vääräksi vastaukseksi. Taulukosta 25 nähdään että, arvauksia oli yhteensä kaksi kappaletta. Kahdeksan opiskelijaa ei ollut myöskään perustellut vastaustaan ollenkaan. Merkittävimpiä tuloksia oli harhaluulot kyseisestä

väitteestä, joita oli yhteensä viisi kappaletta. Kaikki kyseisistä harhaluuloista oli perustellut väitteensä siten, että suurempi massainen kappale osuisi aikaisemmin maahan. Yhdessä näistä vastauksista oli lisäksi perusteltu tämä harhaluulo väärin. Kyseisen opiskelijan vastaus oli tämä: ”Epätosi. Kappaleeseen, jolla suurempi massa, kohdistuu suurempi voima, joten se osuu maahan ensimmäisenä”.

Epätosi	15	34%
Ei perusteluita	8	18%
Massaltaan suurempi osuu aikaisemmin maahan	4	9%
Isompaan suurempi voima, tippuu nopeammin	1	2%
Arvaus	2	5%

Taulukko 25: Väitteeseen 8 väärin vastanneiden perustelut.

Taulukkoon 26 on koottu yhteenveto väitteen kahdeksan tuloksista.

66% opiskelijoista tiesi kappaleiden osuvan maahan samaan aikaan tiputettaessa samalla hetkellä.
7% opiskelijoista perusteli oikean vastauksensa puutteellisesti vetoamalla tyhjiöön.
35% opiskelijoista ymmärsi putoamiskiihtyvyyden ja painovoiman yhteyden putoamisliikkeessä.
34% opiskelijoista vastasi väitteeseen väärin.
11% opiskelijoista oli virhekäsityksessä, todeten suuremman massan omaavan kappale tippuisi nopeammin.
5% vastauksista olivat arvauksia väitteeseen.
43% opiskelijoista ei perustellut vastausta millään tavalla.

Taulukko 26: Yhteenveto väitteen 8 tuloksista.

5.9 Tulosten yhteenveto

Tämän tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena oli selvittää yliopistotason Mekaniikka 1 -kurssin opiskelijoiden ymmärrystä kahdesta keskeisestä fysiikan käsitteestä: massasta ja painosta. Nämä käsitteet ovat perustavanlaatuisia mekaniikan ymmärtämisen kannalta, ja niiden selkeä erottaminen toisistaan on välttämätöntä tieteellisen ajattelun ja ongelmanratkaisutaitojen kehittymiselle.

Tutkimuksen mukaan useimmat opiskelijat tunnistivat, että paino riippuu sijainnista, mikä on linjassa opetussuunnitelman tavoitteiden kanssa. Opiskelijoiden vastaukset, jotka tunnistivat painon muuttuvan esimerkiksi Maan ja Kuun eri gravitaatiovoimien vuoksi, osoittavat, että he ymmärtävät lukion fysiikan keskeiset sisällöt. Lukion kurssilla ”Fysiikka luonnontieteena” korostetaan, että paino ilmentää gravitaation vaikutusta massaansa, ja se voi vaihdella eri ympäristöissä kuten Maassa ja Kuussa. Voimia ja niiden suuntien merkitystä käsitellään jo ensimmäisellä fysiikan kurssilla lukiossa. Tutkimuksen mukaan monet opiskelijat tunnistivat oikein, että paino on voima ja sillä on suuruuden lisäksi suunta. Tämä osoittaa, että lukion opetuksessa opiskelijat ovat ymmärtäneet painon vektoriluonteen ja sen, että se on suunnattu gravitaatiota aiheuttavan kappaleen, kuten maapallon, keskipeitettä kohti. Opiskelijat tunnistavat, että kappaleen koko ei suoraan vaikuta sen painoon. He osoittavat ymmärtävänsä, että paino määräytyy massan ja gravitaatiovoiman perusteella, mikä on sopusoinnussa lukion opetussuunnitelman kanssa. Tämä osoittaa syvällistä ymmärrystä painon määritelmästä ja sen erosta painavaan massaansa nähden.

Hitaus on konsepti, joka voi olla haastava ymmärtää ilman konkreettisia esimerkkejä. Massan roolia kappaleen liiketilän muutosten vastustajana ei ehkä havainnollisteta riittävästi opetuksessa, mikä voi johtaa opiskelijoiden sekavuuteen massan ja voiman välisestä suhteesta. Vaikka Newtonin toinen laki $F=ma$ on perusperiaate fysiikassa, sen syvälinen ymmärtäminen ja miten massa vaikuttaa kappaleen kiihtyvyyteen, voi olla monille opiskelijoille haasteellista. Tutkimus osoittaa opiskelijoiden kyvyn tunnistaa massa-inertian mittarina, mutta opiskelijat eivät täysin ymmärrä sitä eivätkä osaa perustella ilmiötä. Tämä osoittaa, että lukion opetussuunnitelman tavoitteet massan ja painon erottamisesta ja ymmärtämisestä on osittain saavutettu.

Opiskelijoiden kyky erottaa voiman ja massan yksiköt sekä ymmärtää niiden suhde Newtonin laeissa osoittaa, että he ovat sisäistäneet fysiikan peruskäsitteet oikein. Lisäksi opiskelijat tunnistivat, että massan muutos vaikuttaa suoraan painoon tietyssä gravitaatiokentässä, osoittaen ymmärrystään massan ja painon suorasta yhteydestä. Opetussuunnitelman mukaan opiskelijoiden tulisi ymmärtää, että gravitaatio vaikuttaa kaikkiin massallisiin kappaleisiin samalla tavalla, riippumatta niiden massasta, kun ilmanvastus ei vaikuta. Tutkimus osoittaa, että useimmat opiskelijat osittain ymmärtävät ja hyväksyvät, että kahden eri massaisen kappaleen samanaikainen putoaminen ja samanaikainen maahan osuminen ilman ilmanvastuksen vaikutusta osoittaa gravitaation universaalisuuden. Arkielämän kokemus saattaa johtaa opiskelijoita ajattelemaan, että suurempi tai raskaampi kappale putoaa nopeammin. Tämä käsitys on peräisin tilanteista, joissa ilmanvastus vaikuttaa merkittävästi, kuten lehtien tai paperin putoamisessa. Videot tai demon-

straatiot, joissa kappaleet pudotetaan tyhjiössä, voisivat auttaa opiskelijoita näkemään sen, että kaikki kappaleet putoavat samaa nopeutta riippumatta massasta, kun ilmanvastusta ei huomioida.

Näiden analyysien perusteella voidaan päätellä, että opiskelijat ovat pääosin sisäistäneet lukion opetussuunnitelmassa korostetut keskeiset fysiikan käsitteet. He ymmärtävät painon vektoriluonteen ja gravitaation vaikutuksen kaikkiin massoihin yhtä lailla, mikä on tärkeä osa fysiikan ymmärtämistä ja soveltamista. Selkeää eroa teorian ja arkielämän havaintojen välillä tulisi kuitenkin korostaa opetuksessa, jotta opiskelijat ymmärtävät, miksi ja miten tieteelliset kokeet eroavat arjen kokemuksista.

6 Johtopäätökset

Tutkimukseen osallistuneet opiskelijat ovat usein kohdanneet massan ja painon käsitteet jo ennen yliopisto-opintojaan, mutta aikaisempien tutkimusten mukaan käsitykset voivat olla virheellisiä tai puutteellisia. Tämän vuoksi tutkimuksen lähestymistapa oli sekä verrata muihin tutkimuksiin että tutkia miten hyvin opiskelijat ovat omaksuneet nämä käsitteet lukio opetuksesta. [3][4][6]

Lämsän tutkimuksessa aineiston pohjana oli otanta kaikista yhdeksäsluokkalaisista. Otanta oli 111 oppilasta neljästä eri koulusta. Hänen tutkimuksessa suuri osa yhdeksäsluokkalaisista sekoitti massan ja painon käsitteet toisiinsa, vaikka lähes kaikki oppilaat ymmärsivät massan kuvaavan ainemäärää kappaleessa. Erityisesti väite viisi, jossa verrattiin kappaleen massaa Maassa ja Kuussa, osoitti huomattavaa ymmärryksen kehittymistä, kun verrataan yhdeksäsluokkalaisia ja Mekaniikka 1 -kurssin opiskelijoita. Huomattava osa yhdeksäsluokkalaisista oli perustellut tämän väitteen väärin toisin kuin tämän tutkimuksen opiskelijat, jotka osasivat perustella oikean vastauksen hyvin. Lisäksi Lämsä huomasi tutkimuksessaan, että suuri osa oppilaista ei osannut tai kyennyt muuttamaan massaa painoksi Maan pinnalla, vaikka oppilailla olisi putoamiskiihtyvyyden tiedossa. Kun verrataan tätä tulosta väitteen kuusi, jossa pyydettiin muuttamaan 10 Newtonin voima kilogrammoiksi, tuloksiin, huomataan ettei se ole enää ongelma tässä tutkimuksessa. Massan hitaus ja gravitaation vaikutus osoittautui haasteelliseksi molemmissa tutkimuksissa, eikä tuloksissa ole eroavaisuutta. Tutkimuksen tulosten perusteella selvisi, että kurssin opiskelijoiden käsitys massasta ja painosta on parempi kuin yhdeksäsluokkalaisilla oppilailla. Tämä ero saattaa johtua opetussuunnitelman erilaisista tavoitteista ja pedagogisista lähestymistavoista, jotka korostuvat eri koulutusasteilla. Molemmat tutkimukset kuitenkin korostavat jatkuvan opetuksen merkitystä. [3]

Bloomin taksonomian ensimmäisen tason, eli muistamisen, osalta tutkimus osoittaa, että opiskelijat pystyvät yleensä muistamaan peruskäsitteet massasta, painosta ja gravitaatiosta. He kykenevät toistamaan opitut määritelmät ja peruskaavat. Tämä perustiedon hallinta on kuitenkin usein pinnallista, eikä se riitä syvälliseen käsitteiden ymmärtämiseen ja soveltamiseen.

Toisen tason, eli ymmärtämisen, kohdalla havaittiin, että opiskelijat kohtaavat haasteita käsitteiden soveltamisessa uusiin tilanteisiin. Monilla opiskelijoilla on vaikeuksia ymmärtää massan ja painon välistä eroa sekä gravitaation vaikutusta niihin eri olosuhteissa. Tämä osoittaa, että pelkkä tietojen muistaminen ei riitä, vaan tarvitaan opetusta, joka tukee syvällisempää ymmärtämistä ja kykyä soveltaa opittuja käsitteitä käytännössä.

Kolmannen tason, eli soveltamisen, osalta väite 8 paljasti huolestutta-

via tuloksia. Opiskelijoiden kyky soveltaa tietojaan käytännön tilanteissa oli heikkoa, mikä ilmeni esimerkiksi massan ja painon käsitteiden sekoittamisena käytännön laskuissa ja ongelmanratkaisutilanteissa. Tämä osoittaa selkeän tarpeen kehittää opetusta niin, että se ei vain kata peruskäsitteiden muistamista ja ymmärtämistä, vaan myös niiden soveltamista reaali maailman ongelmiin.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että opiskelijat ovat pääosin saavuttaneet Bloomin taksonomian ensimmäiset kolme tasoa. He muistavat ja ymmärtävät peruskäsitteet, kuten painon ja massan erot sekä niiden vektoriluonteen, ja pystyvät soveltamaan tätä tietoa käytännön tilanteissa. Tämä heijastaa tehokasta oppimista ja opetussuunnitelman tavoitteiden saavuttamista. Kuitenkin, kuten väitteissä neljä ja kahdeksan todetaan, tiettyjen käsitteiden, kuten inertian ja gravitaation vaikutuksen ymmärtäminen vaatii edelleen lisähuomiota ja selkeyttä, jotta opiskelijat voivat saavuttaa syvällisemmän ja laajemman käsityksen näistä käsitteistä.

Lisäksi tutkimus osoittaa, että opetussuunnitelmien ja opetusmenetelmien kehittäminen, jotka erityisesti kohdistuvat opiskelijoiden väärinkäsityksiin ja tarjoavat monipuolisia käytännönläheisiä sovelluksia, voisi merkittävästi parantaa opiskelijoiden ymmärrystä näistä fysikaalisen maailman peruskäsitteistä. Opetuksen tulisi siis tukea opiskelijoiden kykyä hahmottaa massan, painon ja gravitaation välisten suhteiden monimutkaisuutta ja soveltaa näitä käsitteitä monipuolisesti eri ympäristöissä ja olosuhteissa.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että opiskelijoilla on edelleen merkittäviä vääriin ymmärryksiä käsitteiden suhteen. Vaikka useimmat opiskelijat ymmärtävät massan ja painon eron, monille massan hitauden ja gravitaation käsitteet ovat haastellisia perustella. Vertailussa yhdeksäsluokkalaisten ja yliopisto-opiskelijoiden välillä havaittiin, näiden käsitteiden ymmärtämisessä on yhä haasteita, vaikka opiskelijat ovat lukion käyneitä. Tämä viittaa siihen, että käsitteiden opetus lukiossa ei ole tarpeeksi tehokasta poistamaan kaikkia väärinkäsityksiä.

6.1 Luotettavuuden arviointi

Tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa on otettava huomioon useita tekijöitä, jotka vaikuttavat tutkimuksen validiteettiin ja reliabiliteettiin. Ensinnäkin, käytetyt menetelmät ja analyysitavat tulee arvioida kriittisesti. Aineiston koko ei ollut valtava, mikä on tyypillistä laadulliselle tutkimukselle. Tämä voi kuitenkin johtaa siihen, että tuloksia ei voida yleistää laajempaan populaatioon ilman varovaisuutta. Aineiston monipuolisuus ja edustavuus ovat myös keskeisiä tekijöitä luotettavuuden arvioinnissa. Eroavaisuutena Lämsän [3] tutkimuksen aineistoon oli monipuolisuus. Tämän tutkimuksen

aineisto on kerätty opiskelijoilta, joilla täytyy olla hyvät fysiikan ja matematiikan taidot, koska kyseisten opiskelijoiden opiskelualoille vaaditaan tietynlaista osaamista fysiikasta ja matematiikasta pääsykokeissa. Tämä vaikuttaa suoraan tutkimuksen aineiston monipuolisuuteen.

Tutkimusprosessin ja -menetelmien tarkka kuvaus on tärkeä osa tutkimuksen reliabiliteetin varmistamista [31]. Tässä tutkimuksessa on määritelty yksityiskohtaisesti kaikki tutkimusvaiheet aineiston keruusta analyysiin. Tämä mahdollistaa muiden tutkijoiden toistaa tutkimus ja vahvistaa sen tulokset. Tutkimuksessa käytetty Bloomin taksonomia tarjoaa selkeän ja hyväksytyyn viitekehysten oppimisen eri tasojen arvioinnille. Tämä teoreettinen kehys auttaa systematisoimaan tutkimuksen ja varmistamaan, että oppimisen eri tasot tulevat huomioiduiksi analyysissa. Bloomin taksonomian käyttö lisää tutkimuksen johdonmukaisuutta ja tieteellistä perustaa.

Tutkimuksen luotettavuutta parannettiin käyttämällä sekä laadullisia että määrällisiä menetelmiä. Tutkimuksesta saisi huomattavasti luotettavamman ja yleistettävämmän, jos aineiston kokoa saataisiin suuremmaksi. Koska tämän tutkimuksen aineisto on pieni kvantitatiiviselle tutkimukselle, jatkotutkimusta olisi mahdollista tehdä suuremmalla otannalla yliopisto-opiskelijoista, eikä rajata sitä tietyn kurssin opiskelijoihin. Tällöin voitaisiin myös tehdä joko täysin kvantitatiivinen tai kvalitatiivinen tutkimus aiheesta. Tutkimuksen aineisto pyrittiin analysoimaan molemmilla menetelmillä mahdollisimman objektiivisesti, jotta tutkijan omia mielipiteitä ei tulisi tutkimustuloksiin.

7 Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin Oulun yliopiston Mekaniikka 1 -kurssin opiskelijoiden ymmärrystä massan, painon ja gravitaation käsitteistä sekä lukio-opetuksen vaikutusta näiden käsitteiden ymmärtämiseen. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, erottavatko opiskelijat nämä käsitteet ja parantaako lukio-opetus niiden ymmärtämistä yhdeksäsluokkalaisiin verrattuna. Tutkimusaineistona käytettiin opiskelijoiden vastauksia kahdeksaan väitteeseen, jotka liittyivät massaan ja painoon. Tutkimuksessa käytettiin analysointiin Bloomin taksonomian teoreettista kehystä.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että vaikka suurin osa opiskelijoista ymmärtää painon ja massan eron sekä niiden välisen suhteen, merkittävä osa ei hallitse massan hitauden käsitettä tai ymmärrä, että massa on riippumaton gravitaatiosta. Vertailussa yhdeksäsluokkalaisten ja yliopisto-opiskelijoiden välillä ilmeni, että näiden käsitteiden ymmärtämisessä on edelleen vaikeuksia, vaikka opiskelijat ovat suorittaneet lukion. Tämä viittaa siihen, että lukio-opetus ei ole tarpeeksi tehokasta poistamaan kaikkia väärinkäsityksiä näiden käsitteiden osalta. Analysoinnin tuloksena opiskelijat saavuttivat Bloomin taksonomian kolme ensimmäistä tasoa. He pystyivät ymmärtämään ja soveltamaan käsitteitä massa ja paino, mutta gravitaation ja massan hitauden käsitteet jäivät tiedon ja ymmärtämisen tasolle.

Koska tämän tutkimuksen aineisto on pieni kvantitatiivista tutkimusta varten, jatkotutkimuksessa voitaisiin käyttää suurempaa otantaa yliopisto-opiskelijoista ja laajentaa osallistujia koskemaan kaikkia opiskelijoita, eikä rajata vain tietyn kurssin opiskelijoihin. Näin voitaisiin toteuttaa joko täysin kvantitatiivinen tai kvalitatiivinen tutkimus aiheesta.

Viitteet

- [1] Lawrenz, F. (1986). *Misconceptions of Physical Science Concepts Among Elementary School Teachers*. School Science and Mathematics.
- [2] Singer, S. R., Nielsen, N. R. & Schweingruber, H. A. (2012). *Understanding and improving learning in undergraduate science and engineering*. The National Academies Press.
- [3] Lämsä, J. (2017). *Yhdeksäsluokkalaisten ymmärrys fysiikan käsitteistä massa ja paino*. Oulun yliopisto.
- [4] Bar, V., Brosh, Y., & Sneider, C. (2016). *Weight, Mass, and Gravity: Threshold Concepts in Learning Science*. Science Educator.
- [5] Pablico, J. (2010). *Misconceptions on force and gravity among high school students*. University of Northern Philippines.
- [6] Stamenkovski, S. (2014). *Seventh Grade Students' Qualitative Understanding of the Concept of Mass Influenced by Real Experiments and Virtual Experiments*. European J of Physics Education.
- [7] Smith III, J. P., diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1994). *Misconceptions Reconceived: A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition*. Journal of the Learning Sciences.
- [8] Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives: Complete edition*. New York : Longman.
- [9] Hepburn, B. & Andersen, H. (2021). *Scientific Method*. Metaphysics Research Lab, Stanford University.
- [10] Bennett, M. (2019). *The Search of Knowledge and Understanding*. The University of Sydney.
- [11] Pehkonen, E. (2011). *Luokanopettajaopiskelijoiden matematiikkataidoista*. Helsingin yliopisto.
- [12] Nickerson, R.S., Perkins, D.N., & Smith, E.E. (1985). *The Teaching of Thinking (1st ed.)*. Routledge.
- [13] Forehand, M. (2005). *Bloom's Taxonomy: Original and Revised*. In M. Orey (Ed.).

- [14] Opetushallitus. (2015). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015*. Haettu osoitteesta https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf 20.4.2024.
- [15] Young, H. D., & Freedman, R. A. (2016) *Sears and Zemasky's University Physics with Modern Physics Fourteenth Edition*, Pearson Education Limited.
- [16] Kurki-Suonio, K., Kurki-Suonio R. (1995). *Vuorovaikuttavat kappaleet -mekaniikan perusteet*. Limes ry.
- [17] Jammer, M. (1997). *Concepts of Mass in Classical and Modern Physics*. Dover publications, inc.
- [18] Lehto, H., Maalampi, J., Havukainen, R. & Leskinen, J. (2016) *FY1 Fysiikka luonnontieteenä*. Sanoma Pro Oy.
- [19] Kurki-Suonio, K. (2005.) *Massa opetuksen näkökulmasta*. Arkhimedes 4/2005, 12 -15.
- [20] Cavendish, H. (1798). *Experiments to Determine the Density of the Earth*. Philosophical Transactions of the Royal Society.
- [21] Capria, M. M. (2005). *Physics Before and After Einstein*. IOS Press.
- [22] Williams, D. (2024). *Earth Fact Sheet*. NASA
- [23] Williams, D. (2024). *Moon Fact Sheet*. NASA
- [24] Eskola, J. & Suoranta, J. *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Vastapaino.
- [25] Huusko, M. & Paloniemi, S. (2006). *Fenomenografia laadullisena tutkimussuuntauksena kasvatustieteissä*. Elektra Helsinki
- [26] Dooly, M., Moore, E. & Vallejo, C. (2017). *Qualitative approaches to research on plurilingual education*. Research-publishing.net
- [27] Oulun yliopisto. (2023). *Opinto-opas 2023-2024*. Haettu osoitteesta <https://opas.peppi oulu.fi/fi/index?period=2023-2024> 25.4.2024.
- [28] Alasuutari, P. (2019). *Laadullinen tutkimus 2.0*. Vastapaino.

- [29] Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K. & Saarinen, H. (2012). *Avain, Fysiikka 2*. Otavan kirjapaino.
- [30] Stillman, D. (2003). *Galileo at Work: His Scientific Biography*. Dover publ.
- [31] Fossey, E., Harvey, C., Mcdermott, F. & Davidson, L. (2002). *Understanding and Evaluating Qualitative Research*. Australian & New Zealand Journal of Psychiatry.

A Liite 1

Paino ja massa

Hei!

Olen fysiikan maisterivaiheen opiskelija ja teen pro gradu -tutkimusta siitä kuinka opiskelijat ymmärtävät käsitteet massa, paino ja painovoima.

Kysely on suunnattu Mekaniikka 1 -kurssin opiskelijoille ja vastaaminen vie n. 5-10 minuuttia. Vastaukset käsitellään täysin anonyymisti. Halutessaan voi osallistua kahden elokuvalipun arvontaan täyttämällä lomakkeen viimeiseen kohtaan sähköpostin.

janne@tapaninaho.com [Vaihda tilää](#)



Eijaettu

*** Pakollinen kysymys**

Opiskeluuala. *

- Matematiikka/Fysiikka
- Tekniikan ala
- Muu

1. vuoden opiskelija. *

- Kyllä
- Ei

Lukiopissa opiskeltu fysiikka. *

- Pakollinen fysiikan kurssi
- Fysiikan pakollinen + valinnaiset kurssit
- Fysiikan ylioppilaskirjoitukset
- Ammattikoulu

Seuraaviin kysymyksiin tulee vastata tosi tai epätosi ja perustella lyhyesti myös vastaus.

Kappaleen paino riippuu siitä, missä kappale on. *

Oma vastauksesi _____

Painolla on suuruus ja suunta. *

Oma vastauksesi _____

Kooltaan suuremmalla kappaleella on aina suurempi paino kuin pienemmällä. *

Oma vastauksesi _____

Massa kuvaa kappaleen hitautta. *

Oma vastauksesi _____

Kappaleen massa on suurempi Maassa kuin Kuussa. *

Oma vastauksesi _____

10 Newtonin voima vastaa noin 5 kilogramman massaa Maassa. *

Oma vastauksesi _____

Kun kappaleen massaa muutetaan, niin sen paino ei muutu. *

Oma vastauksesi _____

Kaksi kappaletta, joiden massat ovat erit, pudotetaan samalla hetkellä korkeasta tornista. Kappaleet osuvat samaan aikaan maahan. Ilmanvastusta ei huomioida. *

Oma vastauksesi _____