

Lukioikäisten opiskelijoiden väärinkäsitykset liikkeestä ja voimasta fysiikan opiskelussa

Luk-tutkielma
Turun yliopisto
Fysiikka
Roope Hyvärinen

13.4.2025

Turku

Kandidaatintutkielma

Tutkinto-ohjelma, oppiaine: Matemaattisluonnontieteellinen tiedekunta, Fysiikan ja Tähtitieteen laitos

Tekijä: Roope Hyvärinen

Otsikko: Lukioikäisten opiskelijoiden väärinkäsitykset liikkeestä ja voimasta fysiikan opiskelussa

Ohjaaja(t): Yliopisto-opettaja Tommi Kokkonen

Sivumäärä: 13 sivua

Päivämäärä: 13.4.2025

Opiskelijoiden väärinkäsityksiä liikkeeseen ja voimaan liittyen on tutkittu vuosikymmenien ajan. Tässä tutkielmassa väärinkäsityksiä tarkastellaan lukioikäisten fysiikkaa opiskelevien opiskelijoiden näkökulmasta. Väärinkäsitykset voivat haitata uuden tiedon oppimista, kun opeteltavat asiat ovat ristiriidassa jo omaksuttujen väärinkäsitysten kanssa. Tämän takia aiheen tutkiminen on tärkeää. Tässä tutkimuksessa on koottu yhteen aiheen kirjallisuutta hyödyntäen yleisiä väärinkäsityksiä voimasta ja liikkeestä sekä toimivia keinoja näihin liittyvien väärinkäsitysten korjaamiseksi.

Väärinkäsityksiä tarkasteltaessa esiin nousee opiskelijan sukupuoli sekä opiskelijan tausta fysiikan opiskelun parissa. Näitä tietoja voidaan hyödyntää väärinkäsitysten korjaamisessa, joka alkaa opiskelijoiden ennakkokäsityksien muuttamisesta sekä opetusmetodien valinnasta. Väärinkäsityksiä voidaan lähteä korjaamaan hyödyntäen esimerkiksi käsitteellisen muutoksen keskustelua.

Avainsanat: Fysiikka, Newtonin lait, liike, voima, väärinkäsitys, opetus

Sisällys

1	JOHDANTO	1
2	VÄÄRINKÄSITYKSET LIIKKEESTÄ JA VOIMASTA ENNEN FYSIIKAN OPISKELUA	2
2.1	TEOREETTINEN VIITEKEHYS	2
2.2	VÄÄRINKÄSITYKSET NEWTONIN LAEISTA	3
2.3	MUITA VÄÄRINKÄSITYKSIÄ LIIKKEESTÄ JA VOIMASTA	4
2.4	VÄÄRINKÄSITYSTEN TAUSTATEKIJÄT	5
3	VÄÄRINKÄSITYKSEN TOTEAMINEN JA KORJAANTUMINEN OPISKELUN AIKANA	8
3.1	TESTEJÄ VÄÄRINKÄSITYSTEN TODENTAMISEKSI	8
3.2	VÄÄRINKÄSITYSTEN KORJAAMISEN EDELLYTYKSIÄ	8
3.3	OPETUSMENETELMÄT JA NIIDEN TOIMIVUUS VÄÄRINKÄSITYSTEN KORJAAMISESSA	10
4	YHTEENVETO	12
	LÄHTEET	14

1 Johdanto

Opiskelijoiden väärinkäsityksiä liikkeeseen ja voimaan liittyen on tutkittu kattavasti jo 1970-luvun lopulta saakka [1]. Tässä tutkielmassa väärinkäsitysten tarkastelu on rajattu lukioikäisiin fysiikkaa opiskeleviin opiskelijoihin, mutta tarkastelu ulottuu myös Suomen ulkopuolelle, koska tulosten on todettu olevan hyvin samansuuntaisia maailmanlaajuisesti opiskelijoiden kulttuurisista ja sosiaalisista taustoista huolimatta. [2] Tutkimustulokset aiheesta ovat hyvin vastaavanlaisia keskenään, mutta väärinkäsityksistä ja toimivaksi todetuista keinoista korjata niitä opettajilla ei ole aina tietoa.

Suomessa fysiikan opiskelu pohjautuu usein oppikirjan käyttöön ja oppikirjat sisältävät pääsääntöisesti rutiinitehtäviä [3]. Nimenomaan rutiinitehtävät ts. määrälliset tehtävät on todettu tehottomiksi väärinkäsitysten korjaamisessa. Lisäksi on huomattu, että väärinkäsitykset ovat usein pinttyneitä jo lukioikäisillä ja tällaisten käsitysten korjaaminen on haastavaa. [1] Väärinkäsitykset voivat haitata uuden tiedon oppimista, kun opeteltavat asiat ovat ristiriidassa jo omaksuttujen väärinkäsitysten kanssa. Oppimisen sujuvoittamiseksi opettajan olisikin aiheellista kartoittaa opiskelijoiden väärinkäsityksiä ja korjata niitä toimivaksi todetuin keinoin mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tämän tutkielman tarkoituksena onkin koota yhteen yleisiä väärinkäsityksiä voimasta ja liikkeestä sekä toimivia keinoja näihin liittyvien väärinkäsitysten korjaamiseksi

2 Väärinkäsitykset liikkeestä ja voimasta ennen fysiikan opiskelua

2.1 Teoreettinen viitekehys

Tämä tutkielma käsittelee fysiikan ilmiöistä liikettä ja voimaa. Newtonin kolme liikkeen lakia kuvaa nimenomaan kappaleeseen vaikuttavien voimien ja kappaleen liikkeen suhdetta [4].

Suurin osa tutkielman väärinkäsityksistä liittyykin näihin lakeihin. Newtonin lait on kehittänyt englantilainen fyysikko ja matemaatikko, Isaac Newton [4].

Newtonin 1. lain mukaan levossa tai suorassa tasaisessa liikkeessä olevan kappaleen liike pysyy muuttumattomana, kunnes jokin voima muuttaa liikettä. Levossa ja tasaisessa liikkeessä olevat kappaleet ovatkin samassa tilassa klassisen Newtonin mekaniikan näkökulmasta. [4] Esimerkiksi jos kirja laitetaan pöydälle, se pysyy levossa. Siihen vaikuttaa kaksi voimaa, jotka kumoavat toisensa. Painovoima vetää kirjaa alas ja pöydän pinta kohdistaa yhtä suuren, painovoimalle vastakkaissuuntaisen tukivoiman. [5] Kirja pysyy siis paikallaan.

Newtonin 2. laki kuvaa puolestaan tilannetta, jossa kappaleeseen kohdistuu kokonaisvoima ja kappaleen liike muuttuu. Kappaleen nopeus v muuttuu kokonaisvoiman F osoittamaan suuntaan. Voima F on suoraan verrannollinen nopeuden v muutokseen ja kappaleen massa m on kääntäen verrannollinen nopeuden muutokseen. Nopeuden muutosta kutsutaan kiihtyvyydeksi a . Newtonin 2. laki kirjoitetaan yleensä muotoon $F = ma$. [5]

Newtonin 3. lain mukaan kappaleet kohdistavat toisiinsa aina yhtä suuret, mutta vastakkaissuuntaiset voimat. Jos kappale A kohdistaa voiman F kappaleeseen B, kohdistaa kappale B yhtä suuren vastavoiman $-F$ kappaleeseen A. [6]

Tässä tutkielmassa puhutaan myös ennakkokäsityksistä, joilla tarkoitetaan yksilölle muodostuneita selityksiä fysiikan ilmiöille ennen aiheen opiskelua. Ennakkokäsitykset voivat olla siis oikein tai väärin. Väärinkäsityksillä puolestaan tarkoitetaan virheellisiä käsityksiä ja selityksiä ilmiöille.

2.2 Väärinkäsitykset Newtonin laeista

Väärinkäsityksiä tarkasteltaessa on huomattavissa, että tutkimuksesta toiseen tulokset ovat maailmanlaajuisesti samansuuntaisia riippumatta opiskelijoiden sosiaalisista taustoista ja vallitsevasta kulttuurista. Väärinkäsitysten syntyä samanlaisina ympäri maailman on muun muassa selitetty arkipäivän havainnoilla ennen fysiikan opiskelua. Näiden havaintojen taustalle syntyy luonnostaan käsityksiä, joiden avulla havaintoja pyritään selittämään. [2]

Newtonin lakeihin liittyviä väärinkäsityksiä käy tutkimuksista ilmi paljon. Tiivistettynä Newtonin 1. lain mukaan kappaleen liike pysyy muuttumattomana, jos kappaleeseen ei vaikuta ulkopuolisia voimia. Myöskään tasaisessa liikkeessä kappaleeseen ei siis vaikuta ulkopuolista kokonaisvoimaa. Kyseiseen lakiin liittyy useita väärinkäsityksiä [1].

Väärinkäsityksiä Newtonin 1. lakiin liittyen on jopa määrällisesti eniten kaikista liikkeen ja voiman osa-alueista [2]. Newtonin 2. lain mukaan puolestaan liikkeen muutokseen vaaditaan jokin voima. Usein väärinkäsitykset koskevat kumpaakin Newtonin lakia samanaikaisesti.

Jo aiemmin lukuisat tutkijat ovat havainneet, että opiskelijat luulevat tasaiseen liikkeeseen vaadittavan jokin liikuttava voima, vaikka heille kerrotaan, että kitka ja muut liikettä vastustavat voimat voidaan olettaa nolllaksi. Tavallisesti myös tämän väärin kuvitellun liikuttavan voiman luullaan kasvavan tai pienenevän kappaleen nopeuden mukaan. [1]

Monissa 1980-luvulla tehdyissä tutkimuksissa on tehty samanlainen havainto, jonka mukaan opiskelijat näkevät tämän väärin kuvitellun voiman liikettä ylläpitävänä näkymättömänä voimana. Kyseistä voimaa voidaan menettää tai saada lisää monin tavoin. Kyseistä kuviteltua voimaa kutsutaan tutkimuksissa englanninkielisellä sanalla *impetus*. Samanlainen väärinkäsitys on lisäksi havaittu ympyräliikkeeseen liittyen. Tällöin näkymätön voima (engl. *circular impetus*) ohjaa kappaletta ympyräliikkeeseen.

Lisäksi näkymättömän liikettä ylläpitävän voiman väärinkäsitykseen liittyen on opiskelijoiden huomattu luulevan, että kappaleen nopeus hidastuu, jos kyseistä näkymätöntä voimaa ei ole. Toisin sanoen kappaleen luullaan hidastuvan, jos nettovoima on nolla. Tämä kertoo muun muassa kitkattoman mallin hahmottamisessa olevan vaikeuksia. [1]

Newtonin 1. lakiin liittyviä väärinkäsityksiä yhdistää arkielämän havainto, jossa tasaisestikin liikkuvia asioita liikuttaa jokin voima [2]. Muun muassa autot kulkevat moottorin voimalla tasaisellakin nopeudella ja polkupyörää on poljettava tasaisen nopeuden ylläpitämiseksi.

Näistä arkielämän havainnoista puuttuu usein tieto liikettä vastustavista voimista, joiden vaikutuksesta kokonaisvoimaksi tulee todellisuudessa nolla.

Sekä Newtonin 1. että 2. lakiin väärinkäsitykset liittyvät samanaikaisesti silloin, kun kappaleeseen vaikuttaa kokonaisvoima ja silti liikkeen kuvitellaan pysyvän muuttumattomana tai päinvastoin eli liikkeen kuvitellaan muuttuvan ilman vaikuttavaa voimaa.

Lisäksi Newtonin 2. laille tyypillinen väärinkäsitys on nopeuden suora verrannollisuus vaikuttavaan voimaan (engl. *velocity proportional to applied force*). Tässä tapauksessa ajatellaan, että suurempi nopeus tarkoittaa suurempaa vaikuttavaa voimaa. Yksi esimerkki tästä on pulkan työntäminen jäällä niin, että pulkka kiihtyy. Työntävän voiman luullaan siis virheellisesti kasvavan jatkuvasti nopeuden kasvaessa. [7]

Newtonin 3. laki tunnetaan voiman ja vastavoiman lakina, jossa kappaleet kohdistavat aina toisiinsa yhtä suuren voiman esimerkiksi törmäystilanteessa. Myös Newtonin 3. lakiin liittyy väärinkäsityksiä ja yksi niistä on "toiminta-reaktio-parit" (engl. *action-reaction pairs*). Tässä väärinkäsityksessä ajatellaan, että esimerkiksi törmäystilanteissa suuremman nopeuden tai massan omaava kappale kohdistaa suuremman voiman toiseen kappaleeseen, joka kulkee joko hitaammin tai on kevyempi. [7] Tämän saman väärinkäsityksen ajattelutapaa on myös kuvattu vastavoimien "kamppailuna" keskenään, jossa ajatellaan "vahvemman" voittavan.

Vahvemmallä tässä asiayhteydessä tarkoitetaan nimenomaan suurempaa tai nopeammin liikkuvaa kappaletta. Tämän kerrotaan myös olevan arkipäivästä peräisin oleva väärinkäsitys, jossa näennäisesti vahvemman liike muuttuu vähemmän törmäyksessä. [1]

2.3 Muita väärinkäsityksiä liikkeestä ja voimasta

Newtonin lakien lisäksi väärinkäsityksiä liittyy myös muun muassa suureiden sekoittumiseen keskenään ja gravitaatioon. On huomattu, että usein massaltaan suuremman kappaleen luullaan kiihtyvän nopeammin pudotuksessa, toisin sanoen painavampi putoaa nopeammin. Samalla myös luullaan, että painovoima muuttuu kappaleen korkeuden mukaan. Osa opiskelijoista jopa ajatteli, että painovoiman suuruus muuttuu merkittävästi jo korkeuden muuttuessa muutaman metrin. [1] Toisin sanoen painovoima vaikuttaa kappaleisiin sitä voimakkaammin mitä korkeammalla ne ovat maanpinnasta. Lisäksi painovoiman luullaan vaikuttavan vasta, kun ylöspäin lentävän kappaleen oma sisäinen voima (engl. *impetus*) kuluu loppuun lakipisteessä [1].

Suureetkin voivat sekoittua opiskelijoiden mielissä eri tavoin. Monissa 1980-luvulla tehdyissä tutkimuksissa on kerrottu kappaleen paikan ja nopeuden sekoittuvan keskenään. Tästä syntyy esimerkiksi väärinkäsitys, jonka mukaan kahdella kappaleella on sama nopeus, jos niillä on sama paikka. Myös nopeus ja kiihtyvyys voivat sekoittua vastaavasti keskenään.

Väärinkäsityksen mukaan uskotaan, että kappaleiden nopeuksien ollessa samat myös kiihtyvyydet ovat yhtä suuret. [1]

Toisessa tutkimuksessa samaa väärinkäsitystä kutsutaan nopeuden ja kiihtyvyyden erottelemattomuudeksi (engl. *velocity-acceleration undiscriminated*). Paikka, nopeus ja kiihtyvyys eivät siis erotu toisistaan kunnolla ja tästä esimerkkinä käytetään auton tasaista kiihdyttämistä ja jarruttamista tasaisella alustalla. Opiskelijat luulevat tilannetta vastaavan kiihtyvyyden kuvaajan ajan funktiona olevan lineaarisesti nouseva tai laskeva. [7]

Todellisuudessa nopeuden kuvaaja ajan funktiona olisi edellä mainitun kaltainen ja kiihtyvyyden kuvaaja aika-akselin suuntainen, mutta erisuuri kuin nolla. Lisäksi opiskelijat luulevat, että kiihtyvyyden kuvaaja ajan funktiona on aika-akselin suuntainen, mutta erisuuri kuin nolla, jos auton nopeus on vakio [7]. Todellisuudessa tässäkin tapauksessa nopeuden kuvaaja ajan funktiona olisi edellä mainitun kaltainen ja kiihtyvyyden kuvaaja olisi nolla. Lisäksi on huomattu, että nopeus ja kiihtyvyys sekoittuvat toisiinsa siten, että kiihtyvyyden sijaan nopeuden ja voiman luullaan olevan verrannollisia toisiinsa. On myös ominaista tässä asiayhteydessä, että vakionopeuteen kuvitellaan liittyvän ylläpitävä vakiovoima. [1]

Keskipakoisvoimaan liittyy myös väärinkäsitys, jonka mukaan sen uskotaan virheellisesti olevan oma erillinen voimansa, vaikka kyseessä onkin vain näennäisvoima. [1]

2.4 Väärinkäsitysten taustatekijät

Lukioikäisten opiskelijoiden väärinkäsitysten määrään ja laatuun eivät juurikaan vaikuta opiskelijan asuinpaikka maantieteellisesti tai opiskelijan kulttuuriset taustat. [2]

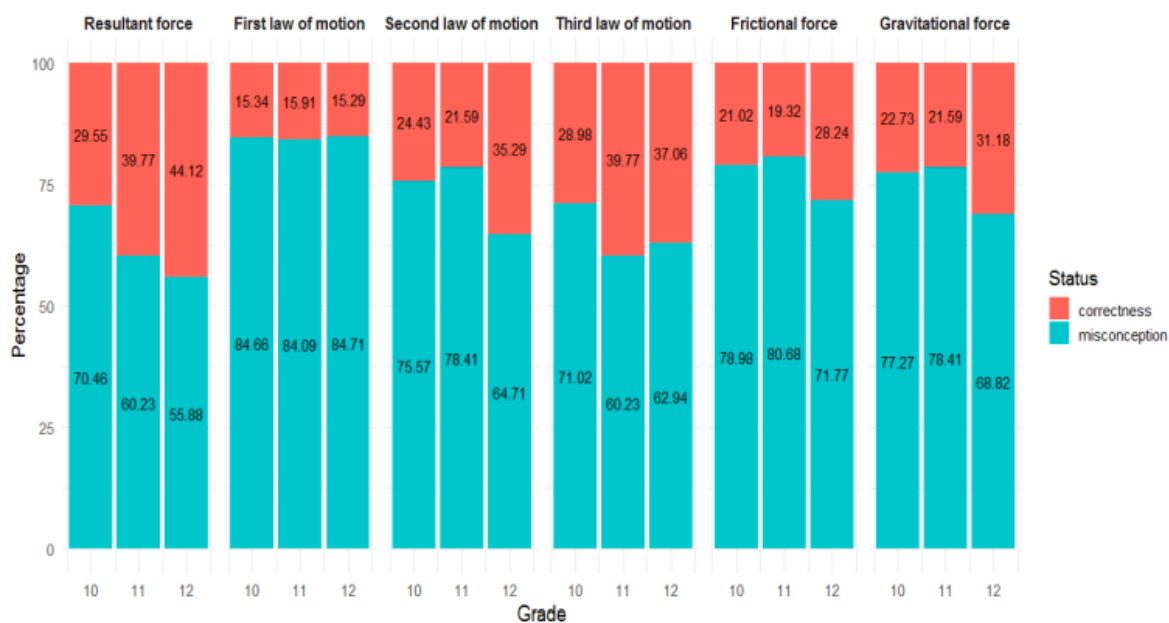
Väärinkäsitysten määrään ja laatuun vaikuttavia tekijöitä on kuitenkin havaittu useita.



Taulukko 1: Väärinkäsitysten määrä sukupuolittain kuudella eri voiman ja liikkeen osa-alueella [2]

Opiskelijan sukupuoli mainitaan useassa tutkimuksessa yhtenä väärinkäsitysten taustatekijänä [1][2][7]. Vuosina 2011-2017 noin 30 000 opiskelijalla toteutetun tutkimuksen mukaan väärinkäsitysten määrä vähenee miehillä enemmän opiskelun myötä. Naisilla väärinkäsitykset vähenivät tutkimuksen aikana 21% ja miehillä 28%. [7] Bangkokissa 522:lla julkisen puolen opiskelijalla toteutetun tutkimuksen mukaan sukupuolten välillä eroa on huomattavissa vain kokonaisvoiman laskemisen osa-alueella. Kyseisessä tutkimuksessa opiskelijoiden suorittaman FCI-testin (Force Concept Inventory) tulokset on esitetty taulukossa 1. Tulokset on jaettu kuuteen eri voiman ja liikkeen osa-alueeseen, joissa väärinkäsityksiä voidaan FCI-testin avulla havaita. Vain yhdellä osa-alueella siis on huomattavissa jokseenkin merkittävää eroa miesten eduksi.

Tutkimuksessa tarjotaan selitykseksi kyseiselle erolle miesten keskimääräisesti suurempaa kiinnostusta fysiikan ilmiöitä sekä voimaa kohtaan. Muilla osa-alueilla ei ole selkeää tai selitettävää eroa sukupuolten välillä. [2] Floridassa 396:lla lukio-opiskelijalla teetetystä tutkimuksesta testituloksista myös etsittiin sukupuolen vaikutusta väärinkäsityksiin ja fysiikan osaamiseen. Tutkimuksen mukaan vain väärinkäsityksiä on havaittavissa naisilla miehiä enemmän, mutta fysiikan osaamisessa eroa ei kuitenkaan ole. Toisaalta tutkimusten tulosten väliltä löytyi myös eroja, sillä samassa Eryilmazin ja kumppanien tutkimuksessa kerrotaan aiemmista lukuisien tutkijoiden havainnoista, joissa sukupuoli on nimetty yhdeksi merkittävimmistä fysiikan opintojen menestykseen vaikuttavista tekijöistä. [1]



Taulukko 2: Opiskelijoiden väärinkäsitysten määrä luokka-asteittain kuudella eri voiman ja liikkeen osa-alueella [2]

Aiempi kokemus fysiikan opiskelusta vaikuttaa myös väärinkäsitysten määrään luonnollisesti siten, että kokemuksen kertyessä väärinkäsitykset vähenevät. Bangkokissa lukioikäisillä fysiikan opiskelijoilla suoritetun tutkimuksen mukaan kokonaisvoiman laskemisessa väärinkäsitykset vähenivät luokka-asteen kasvaessa. Lisäksi muun muassa Newtonin 2. lain kohdalla väärinkäsityksiä oli vähemmän 12. luokkalaisilla verrattuna 10.- ja 11.-luokkalaisiin. Kyseiset tulokset on esitetty taulukossa 2. [2] Myös Eryilmazin ja kumppanien Floridassa vuonna 2002 toteuttamassa tutkimuksessa aiempi fysiikan kokemus havaittiin merkittäväksi väärinkäsityksiä vähentäväksi tekijäksi. [1]

Kiinnostuksella on myös vaikutusta väärinkäsitysten määrään. Pääsääntöisesti ne tutkittavat, joilla on useilla liikkeen ja voiman osa-alueilla väärinkäsityksiä, kokevat fysiikan muutenkin epämielenkiintoiseksi, abstraktiksi ja vaikeaksi. Toisaalta myös niillä, jotka ovat opetelleet fysiikkaa ja sen kaavoja ulkoa muistamalla, eivätkä niinkään ymmärtämällä, väärinkäsityksiä on paljon. Kiinnostus heijastuu myös sukupuolten väliseen eroon väärinkäsitysten määrässä, koska miesten pienempää väärinkäsitysten määrää selitetään suuremmalla kiinnostuksella fysiikan ilmiöitä ja voimaa kohtaan. [2]

3 Väärinkäsityksen toteaminen ja korjaantuminen opiskelun aikana

3.1 Testejä väärinkäsitysten todentamiseksi

Väärinkäsitysten määrän mittaamiseksi on kehitetty erilaisia testejä. FCI (*Force concept inventory*) on yksi käytetyimmistä monivalintatesteistä, jonka avulla arvioidaan yksinkertaisten Newtonin mekaniikan käsitteiden osaamista. Testissä on 30 monivalintatehtävää, joista kaikissa on viisi vastausvaihtoehtoa. [8] FCI:tä on käytetty sellaisenaan tai muokattuna lähes jokaisessa tämänkin tutkielman lähteessä.

FCI:n pohjalta on laadittu esimerkiksi FMT-testi (*Force misconception test*), jota Eryilmaz ja kumppanit käyttävät tutkimuksessaan. FMT sisältää 18 monivalintakysymystä, joista 13 on FCI:stä. Tässä testissä keskeisiä ovat väärät vastaukset, jotka ilmentävät väärinkäsitysten laatua. [1]

FAT (*Force achievement test*) on toinen Eryilmazin ja kumppanien käyttämä testi, joka mittaa voimaan liittyvää osaamista, mutta väärät vastaukset eivät ilmennä vaihtoehtoisia väärinkäsityksiä. Testi on koottu monista aiemmista testeistä sekä tutkijan omista kysymyksistä. Yhteensä monivalintakysymyksiä testissä on 31. [1]

FMCE (*Force and motion conceptual evaluation*) on edellä mainittujen kaltainen monivalintatesti, joka mittaa opiskelijoiden ymmärrystä Newtonin laeista [9]. Kysymyksiä testissä on yhteensä 43 kappaletta [10].

3.2 Väärinkäsitysten korjaamisen edellytyksiä

Lukuisissa tutkimuksissa opiskelijoiden väärinkäsityksistä voimaan ja liikkeeseen liittyen on pähkinänkuoressa tehty samat havainnot. Ennakkokäsityksiä syntyy ennen fysiikan opiskelua aiheista, joita on jouduttu ympäröivässä maailmassa jotenkin selittämään itselleen. Osa ennakkokäsityksistä osoittautuu kuitenkin vääriksi, jolloin on kyse väärinkäsityksistä. On kuitenkin huomattu, että suurilta osin oikeat ja väärät ennakkokäsitykset eroavat niistä asioista, joita opiskelijoiden odotetaan oppivan fysiikan kursseilla eli opetus ei usein kohdistu väärin ennakkokäsityksiin, eivätkä ne silloin opetuksen avulla korjaannu. Tiettyihin fysiikan käsitteisiin liittyvät ennakkokäsitykset ovat lähes järjestäen kaikilla samat normaaleista opiskelijoista lahjakkaisiin opiskelijoihin tai jopa opettajiin. Oikeiden ennakkokäsitysten on todettu vaikuttavan opiskelijoiden menestykseen positiivisesti. [1]

Ennakkokäsitykset ovat enemmän tai vähemmän pinttyneitä, ja niiden muuttumisen edellytyksiksi on aiemmissa tutkimuksissa havaittu muutama ehto. Opiskelijan on oltava vallitsevaan käsitykseen tyytymätön ja uuden vaihtoehdoisen käsityksen täytyy olla paremmin ymmärrettävä, uskottava ja myös selkeästi kykenevä ratkaisemaan ongelmia. Toisin sanoen uuden käsityksen on näyttäytyttävä parempana vaihtoehtona kuin vanha käsitys. Uuden käsityksen on myös oltava siinä mielessä yleispätevä, että se on sovellettavissa uusiin käyttötarkoituksiin. Uuden ja vanhan käsityksen ristiriitaa kutsutaan myös “konfliktien syntymiseksi”. Tällaisten konfliktien syntymistä he pitävät tärkeänä varsinkin kotitehtäviä tehdessä. [1]

Edellä mainittuun liittyen Brouwer (1984) on kehittänyt vaiheittaisen tarkan ohjelman, jonka tarkoitus on korjata väärinkäsityksiä (Engl. *Problem-Posing Physics program developed by Brouwer (1984)*). Ohjelma on alun perin Nachtigallin kehittämä, mutta Brouwer on saattanut sen viimeiseen muotoonsa. Ohjelman toimintaperiaate on konfliktin tuottaminen väärinkäsityksen avulla. [1] Päävaiheet ohjelmassa ovat seuraavat (a-h):

- a) Varmistetaan, että opiskelijat ovat tietoisia ennakkokäsityksistään
- b) Annetaan opiskelijoiden muodostaa omat päätelmät tai hypoteesit ja laittaa ne koetukselle
- c) Aiheutetaan tilanteita, joissa ennakkokäsitykset eivät toimikaan hyvinä selityksinä ilmiöille
- d) Annetaan opiskelijoiden tulla tietoisiksi tästä konfliktista
- e) Avustetaan opiskelijoita omaksumaan uusia heille opetettuja ideoita
- f) Kun uusia ideoita kokeillaan tuttuihin ja uusiin ongelmiin, opiskelijoista tehdään tietoisia siitä, että heidän tietämys on nyt vahvempaa kuin aiempien käsitysten kanssa
- g) Suodaan opiskelijoille osaamisen sekä henkisen kehittymisen tunne ja avustetaan heidän itsevarmuuden kehittymistä omien taitojen suhteen
- h) Testataan tieteellistä ymmärrystä käsitteellisesti ja kvantitatiivisesti

Pähkinänkuoressa oikean käsityksen tarjoaminen vallitsevan väärän käsityksen tilalle toimii heikosti, jos opiskelija on tyytyväinen väärään käsitykseensä. On luotava ristiriita eli toisin sanoen “konflikti”, joka aiheuttaa tyytymättömyyden vanhaan käsitykseen ja sitä kautta tekee opiskelijan vastaanottavaiseksi uudelle paremmin toimivalle käsitykselle, joka voidaan opiskelijalle tarjota opetuksen toimesta.

3.3 Opetusmenetelmät ja niiden toimivuus väärinkäsitysten korjaamisessa

Eryilmazin ja kumppanien tutkimus [1] tarkastelee kattavasti nimenomaan erilaisten opetusmenetelmien toimivuutta väärinkäsitysten korjaamiseksi. Kyseisessä Floridassa 396:lle lukion fysiikan opiskelijalle tehdyssä tutkimuksessa teetettiin FAT- ja FMT-testit sekä ennen että jälkeen kahdeksan viikon voimaa ja liikettä käsittelevän opintojakson. Opetusryhmiä oli 18 ja ryhmästä riippuen näille ryhmille käytettiin yhteensä neljää erilaista opetuskeinoa, jotka koostuivat joko yksittäisestä opetusmenetelmästä tai kahden menetelmän yhdistelmästä seuraavalla tavalla.

G1 (ryhmä 1): Käsitteellinen keskustelu ja käsitteelliset tehtävät

G2 (ryhmä 2): Käsitteellinen keskustelu ja määrälliset tehtävät

G3 (ryhmä 3): Ei keskustelua ja käsitteelliset tehtävät

G4 (ryhmä 4): Ei keskustelua ja määrälliset tehtävät

Ne opiskelijat, jotka saivat tehtäväkseen käsitteellisiä tehtäviä, tekivät opintojakson aikana itsenäisesti viisi tehtävää, jotka sisälsivät ilmiöiden selittämistä. Opiskelijat palauttivat vastauksensa aikataulutetusti. Vastaavasti määrällisiä tehtäviä tehneet opiskelijat tekivät itsenäisesti viisi määrällistä tehtävää, jotka sisälsivät tavallisia laskuja (esim. nopeus, välimatka, kokonaisvoima) ja palauttivat vastauksensa aikataulutetusti.

Käsitteelliseen keskusteluun osallistuneet opiskelijat tehtävien tekemisen sijaan osallistuivat viiteen noin 20 minuutin mittaiseen opettajajohtoiseen keskustelutuokioon. Keskustelutuokioiden toteutettiin aina ennalta määrätyn 17-pykäläisen protokollan mukaan.

Kaikkien neljän opetuskeinon (G1-G4) avulla tulokset paranivat lähtötestistä lopputestiin sekä FAT:ssä että FMT:ssä. Tutkimuksen johtopäätöksenä todetaan, että käsitteellisen muutoksen keskustelut ovat tehokkaita väärinkäsitysten vähentämisessä sekä osaamisen parantamisessa. Tuloksista muun muassa selviää, että käsitteellisen keskustelun ryhmillä (G1 ja G2) väärinkäsitykset vähenivät 9% enemmän ja osaaminen parani 7% enemmän kuin ryhmillä ilman käsitteellistä keskustelua (G3 ja G4). Lisäksi käsitteellisten tehtävien ja keskustelun yhteisvaikutus (G1) todetaan hyvin tehokkaaksi. Toisaalta tämän tutkimuksen tulosten mukaan pelkät käsitteelliset tehtävät (G3) ilman keskustelua vain vahvistavat väärinkäsityksiä. Pelkästään määrällisiä tehtäviä tehneiden opiskelijoiden (G4) tulokset ovat vielä selkeästi heikommat.

Tämän tutkimuksen tulokset vahvistavat aiempien tutkimusten tuloksia siitä, että jo syntyneet väärinkäsitykset ovat pinttyneitä ja vaikeita muuttaa. [1]

4 Yhteenveto

Tämä tutkielma on rajattu vain liikkeen ja voiman tarkasteluun, mutta jo tässä aihepiirissä yleisiä väärinkäsityksiä on lukuisia. Suurin osa liittyy Newtonin lakeihin sekä suureiden sekoittumiseen keskenään mekaniikassa [1][2][7]. Kyseisiä väärinkäsityksiä on havaittu ainakin 1970-luvun tutkimuksista lähtien [1].

Väärinkäsitysten taustatekijöistä useimmin nousi esille opiskelijan sukupuoli [1][2][7]. Miehillä väärinkäsityksiä oli joko vähemmän tai ne vähenivät enemmän opetuksen myötä. Selkeää syytä yksikään tutkimus ei pystynyt asialle esittämään, mutta yhdeksi selitykseksi tarjottiin miesten suurempaa kiinnostusta fysiikan ilmiöitä kohtaan [2]. Kiinnostus itsessään todettiin tutkimuksissa väärinkäsityksiä vähentäväksi tekijäksi [2] ja vastaava vaikutus oli myös aiemmalla fysiikan kokemuksella [1][2].

Väärinkäsitysten ohella nousi esille myös fysiikan osaaminen ja sen kehittyminen. Osaaminen ja väärinkäsitykset ovat kuitenkin kaksi asiaa erikseen, vaikka niiden kehittyminen voikin mennä pitkälti käsi kädessä keskenään, kuten taulukon 3 tuloksista on huomattavissa. [1] On kuitenkin huomattava, että osaamisen kehittyminen ei tarkoita, etteikö taustalla silti voisi olla väärinkäsityksiä, jotka jatkuvasti häiritsevät uuden tiedon jäsentymistä osaksi ennalta opittua tietoa. On siis mahdollista, että tiedon heikko jäsentyminen osaksi loogista kokonaisuutta johtaa asioiden oppimiseen ja muistamiseen erillisinä kokonaisuuksina. Tämä puolestaan täyttää ulkoa opetteluun tunnusmerkkejä. Fysiikkaa ulkoa opetelleiden opiskelijoiden keskuudessa väärinkäsityksiä onkin havaittu paljon [2].

Väärinkäsityksiä vähentävän opetuksen tarkastelussa kaksi menetelmää nousee esiin erityisen tehokkaina. Ensimmäinen menetelmä perustuu havaintoon siitä, kuinka väärinkäsitykset ovat usein vaikeasti muutettavia sekä pinttyneitä ja täten opiskelijan tekeminen vastaanottavaiseksi korjaavalle käsitykselle on tärkeää. Tässä tutkielmassa esitelty Nachtigallin ja Brouwerin kehittämä ohjelma on luotu tätä varten ja lisäksi kyseinen ohjelma toimii hyvin väärinkäsitysten kartoittamisessa. Toinen tehokas menetelmä on varsinainen opetusmenetelmä, käsitteellisen muutoksen keskustelu, jonka avulla väärinkäsitysten korjaaminen on Eryilmazin tutkimuksen mukaan tehokkainta verrattuna muihin opetusmenetelmiin. [1]

Nämä edellä mainitut menetelmät eivät sulje toisiaan pois, vaan niitä voisi käyttää opetuksessa peräkkäin. Ensimmäisellä menetelmällä kartoitetaan väärinkäsityksiä ja tehdään

opiskelija vastaanottavaiseksi, minkä jälkeen toisella menetelmällä voidaan tehokkaaksi todetulla tavalla auttaa opiskelijaa sisäistämään oikea käsitys. Tämä yhdistelmä voisi antaa vakaan pohjan tehtävien tekemiselle ja rutiinin kartuttamiselle.

Lähteet

- [1] Eryilmaz, A. 2002. Effects of Conceptual Assignments and Conceptual Change Discussions on Students' Misconceptions and Achievement Regarding Force and Motion. *Journal of Research in Science Teaching* 39 (10): 1001–15.
<https://doi.org/10.1002/tea.10054>.
- [2] Kanjanawasee, S., Tangdhanakanond, K., Wancham, K. Sex and Grade Issues in Influencing Misconceptions about Force and Laws of Motion: An Application of Cognitively Diagnostic Assessment". *International Journal of Instruction* 16 (2): 437–56. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16224a>.
- [3] Nieminen, P., Savinainen, A., Viiri, J. 2012. Relations between Representational Consistency, Conceptual Understanding of the Force Concept, and Scientific Reasoning. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. 8 (1): 010123. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010123>.
- [4] The Editors of Encyclopedia Britannica. Newton's laws of motion. Saatavilla 12.4.2025.
<https://www.britannica.com/science/Newtons-laws-of-motion>.
- [5] Institute Of Physics. (N.d.). Newton's laws of physics. Saatavilla 12.4.2025
<https://spark.iop.org/newtons-laws-motion>.
- [6] Tieteen termipankki. (N.d.). Tähtitiede: Newtonin lait. Saatavilla 13.4.2025
https://tieteentermipankki.fi/wiki/Tähtitiede:Newtonin_lait.
- [7] Wells, J., Henderson, R., Traxler, A., Miller, P., Stewart, J. 2020. Exploring the Structure of Misconceptions in the Force and Motion Conceptual Evaluation with Modified Module Analysis. *Physical Review Physics Education Research*. 16 (1)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010121>.

- [8] Yasuda, J., Naohiro, M., Hull, M., Taniguchi, M. 2018. Analyzing false positives of four questions in the Force Concept Inventory. *Physical Review Physics Education Research*. <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010112>.
- [9] Thornton, R., Sokoloff, D. 1998. Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. *American Journal of Physics*. 66 (4), 338.
- [10] Brianna's STEM 830. Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) [blogikirjoitus]. Saatavilla 13.4.2025 <https://briannasstem830blog.home.blog/2019/02/11/force-and-motion-conceptual-evaluation-fmce/>.