

ARGUMENTAATIO FYSIIKAN SIMULAATIO- JA OPPILASTYÖOPETUKSESSA

MAURI VILHO JAUHAINEN



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
FYSIIKAN LAITOS

Pro-gradu tutkielma

Ohjaajat: professori Jouni Viiri ja professori Jukka Maalampi

Kiitospuhe

Kiitokset Jouni Viirille gradun aiheesta ja suuresta avusta sen työstämisen ohjaajana. Suuret kiitokset Tuomas Heinoselle gradun tutkimusmateriaalin antamisesta, ilman näitä gradun tekeminen olisi hidastunut huomattavasti. Lisäksi kiitokset Jukka Maalammelle gradun kieliasun tarkastamisesta ja tarkistajana toimimisesta.

Tiivistelmä

Kouluissa keskustellaan paljon oppilaiden kesken tehtävistä. Usein puheenvuorot sisältävät väitteitä ja väitteiden perusteluja. Tällaista keskustelua voidaan kutsua argumentaatioksi. Argumentaation kehittyminen ja osaaminen kehittää oppilaiden kykyä ajatella kriittisesti tieteellisessä kontekstissa.

Tietotekniikan yleistyttyä tietotekniikkaa on alettu käyttää oppitunneilla entistä enemmän, ja tämä on lisännyt myös simulaatioiden käyttöä opetuksessa. Tässä tutkielmassa tarkastellaan argumentoinnin tason eroja simulaatio-opetuksessa verrattuna oppilastyöopetukseen. Tutkimus keskittyi aiheisiin tiheys ja noste, ja sen kohderyhmänä oli kaksi 8.luokkaa, joista toinen käytti simulaatioita ja toinen ei.

Tutkimuksen perusteella simulaatio- ja oppilastyöopetuksella ei ole merkittävää eroa oppilaiden argumentaation tasoon. Tarkempi tarkastelu osoitti pienen eron simulaatio-opetuksen hyväksi siirryttäessä tiheydestä nosteeseen, mutta suuria päätelmiä ei voi tehdä otoskoon ollessa pieni. Tasoltaan parempaa argumentointia näyttää muodostuvan, kun opettaja muistaa kysyä perusteluja, ja oppilaan tai opettajan oma luonne mahdollistaa asioiden perustelun esimerkkien kautta.

Sisältö

Sisältö	1
1 Johdanto	3
2 Oppilas- ja simulaatiotöiden hyödyt ja haitat	4
2.1 Oppilastöiden hyödyt	4
2.2 Oppilastöiden haitat	5
2.3 Simulaatioiden hyödyt	6
2.4 Simulaatioiden haitat	7
3 Argumentaatio oppilaiden välillä	8
4 Tutkimuskysymykset	10
5 Tutkimusmenetelmät	11
5.1 Toulminin argumentaatiokaavio	11
5.2 Erduranin tasotaulukko argumentaation tutkimiseen	13
5.3 Oppilaat	16
5.4 Datan keruu	17
6 Tulokset	18
6.1 Argumentaatioiden tasot	18

6.2	Argumentaation syyt	21
7	Yhteenveto	27
	Viitteet	29
8	Liitteet	32
8.1	Liite 1: Simulaatioryhmän tiheyden tehtävät	32
8.2	Liite 2: Simulaatioryhmän nosteen tehtävät	37
8.3	Liite 3: vertailuryhmän tiheyden tehtävät	41
8.4	Liite 4: vertailuryhmän nosteen tehtävät	46
8.5	Liite 5: alku- ja lopputesti	50
8.6	Liite 6: Simulaatio- ja vertailuryhmän argumentoinnin ta- sojen tulokset taulukoituna	53

1 Johdanto

Koulun luonnontieteiden tunneilla oppilaat käyvät keskustelua sekä keskenään että opettajien välillä. Tehtäviin liittyvillä keskusteluilla pyritään tuottamaan tietoa oppilaiden omaksuttavaksi. Puheenvuorot sisältävät väitteitä ja usein myös väitteille perusteluja. Tällaista keskustelua voidaan kutsua argumentaatioksi.

Oppilaiden keskustelu voi olla monentasoista. Keskustelu voi siirtyä asiapuheesta vapaapuheeseen, jossa oppilaat voivat keskustella muustakin kuin, mistä tehtävässä oli kyse. Asiapuheen laatukin voi siirtyä hyvin perustelluista väitteistä pelkkiin väitteisiin. Näin ollen olisi hyvä tutkia, minkä tasoista argumentaatiota esiintyy milloinkin.

Tietotekniikan käyttö oppitunneilla on yleistynyt nykypäivänä tietotekniikan kehittyessä ja yleistyttyä. Monilla oppilailla ja opettajilla on kokemusta tietokoneen käytöstä arjessa, vaikka käyttö olisikin rajoittunut internetin hyödyntämiseen tai pelaamiseen. Lisäksi Suomessa Peruskoulun opetussuunnitelmassa [1] mainitaan yleisellä tasolla tietotekniikan käytöstä opetuksessa.

Simulaatioiden käyttö on lisääntynyt fyysikoiden työvälineenä tietotekniikan kehittyessä. Simulaatioita käytetään fysiikan lakien mallintamiseen, ja tätä kautta myös simulaatioiden tekeminen opetuskäyttöön on lisääntynyt. Tämän takia myös osa fysiikan ja kemian opettajista on ottanut simulaatiot käyttöön oppitunneilla. Simulaatioiden lisääntyneen käytön takia olisi hyvä tutkia, onko simulaatioiden käytöllä merkitystä oppilaiden oppimisille.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan simulaatioiden opetuskäytön vaikutusta oppilaiden argumentaation tasoon verrattuna perinteiseen oppilastöihin perustuvaan opetukseen. Tutkimuksen kohderyhmänä oli kaksi 8.luokkaa ja tutkimuksen opetettavina aiheina olivat tiheys ja noste. Tutkimuksessa oli käytössä näihin aiheisiin liittyvät omat simulaatiot.

2 Oppilas- ja simulaatiotöiden hyödyt ja haitat

2.1 Oppilastöiden hyödyt

Oppilastöiden erityispiirre on niiden fyysisyys. Työt tehdään laboratoriotyövälineillä. Laboratorioita voidaan pitää hedelmällisenä ympäristönä, aitona ympäristönä. Oppilaat saavat oleellisen aistikokemuksen välineiden ja materiaalien avulla. Tätä ei voida saavuttaa simulaatioilla [2]. Tällaista aktiivista kokemusta voidaan kutsua havaintotilaksi. Kosketuksen kautta saadaan selville tavaran luonne tuntoaistikokemuksen kautta [3].

Oppilastöiden kosketuksen kautta tapahtuva menettelytavan oppiminen edistää suoraan käsitteellisten tietotaitojen kehittymistä, koska fyysinen kontakti laukaisee tiettyjä aivoalueita [4]. Koska jokaisella aistimuksella, kuten näöllä, äänellä ja kosketuksella, on oma kanavansa aivoissa työstää asiaa [5], vähentää tämä oppijan kognitiivista kuormitusta työmuistissa ja täten tukee monimutkaisempaa ymmärrystä [6].

Tutkimusten tekeminen laboratoriotyövälineillä vie pidemmän aikaa kuin simulaatiolla. Tämä johtuu siitä, kun oikeassa maailmassa tavaroiden käsitteleminen ja mittauslaitteiston kokoaminen vie enemmän aikaa kuin simulaatio-ohjelmassa, jossa virtuaalitavaran siirtämisen pystyy hoitamaan pienellä hiiren liikuttamisella. Lisäksi simulaatioissa pystyy nollaamaan mittaus tapahtumat, joten mittauslaitteiston purkuun ei mene simulaatioissa kauan aikaa. Perinteisten oppilastöiden hitaudesta voi kuitenkin olla hyötyä, koska laboratorioiden virheet kostautuvat opiskelijalle enemmän, rohkaisee tämä huolelliseen suunniteluun ja syvällisempään ajatteluun ennen tutkimuksen tekemistä. [7]

2.2 Oppilastöiden haitat

Oppilaat joutuvat oppilastöitä tehdessään työskentelemään monenlaisten materiaalien ja laboratoriotyövälineiden kanssa. Tämä johtaa siihen, että oppilaat joutuvat kohtaamaan liian paljon yksityiskohtia ja monimutkaisuutta töitä tehdessään. Oppilailla ei välttämättä ole tarvittavia taitoja käsitellä sitä informaation määrää, minkä he joutuvat töitä tehdessään kohtaamaan. Näin ollen he eivät myös välttämättä pysty suodattamaan tästä suuresta informaation määrästä tutkimuksen kannalta olennaista tietoa. [8]

Sen lisäksi, että oppilaat joutuvat käsittelemään suurta informaation määrää oppilastöitä tehdessään, joutuvat he myös tekemisiin mittausvirheiden ja muiden poikkeavuuksien kanssa. Nämä ovat erottamaton osa luonnontieteitä ja tieteen lukutaitoa. Koska oppilailla ei ole tarvittavia taitoja suuren informaation käsittelyyn, tekevät virheet ja poikkeavuudet mittauksien tulkinnasta vielä haastavampaa. Näin ollen oppilaiden on hankalampaa myös löytää mittausdatan alta tutkittavan kohteen toimintaperiaatteet ja lainalaisuudet. [2]

Hennesy, Deaney ja Ruhtven väittävät, väittävät, että teoreettisen ymmärryksen kehittyminen käytännön työskentelyn kautta voi olla ongelmallista, koska oppilaat näkevät tapahtumat vain pintatasolla, eivätkä pysty näkemään pinnan alla tapahtuvia prosesseja ja mekanismeja [9]. Tällaisista tapahtumista esimerkkinä voisi olla sähkövirran kulku virtapiirissä. Koska oppilaat pystyvät näkemään vain virtapiirin lamppujen palamisen tai palamattomuuden, on heidän hankala ymmärtää, kuinka virta kulkee virtapiirissä.

2.3 Simulaatioiden hyödyt

Verrattaessa simulaatioiden käyttöä perinteisten oppilastöiden käyttöön, voidaan simulaatioiden paremmuutta perustella siirrettävyydellä, turvallisuudella, hyvällä hinta-laatusuhteella, virheiden minimoinnilla, objektien hyvällä manipuloituvuudella sekä joustavalla että heti muuttuvalla datan näyttämällä [10]. Kaikkia näitä voidaan pitää hyvinä perusteluinä, kuten siirrettävyyttä. Siellä missä on tietokone, voidaan simulaatio-opetusta pitää. Mutta onko nämä kuitenkin oppimisen kannalta oleellisia perusteluita?

Fysiikan mallit ovat usein ideaaleja, eivätkä ne koskaan täysin kuvaa todellisuutta sellaisena kuin se on. Simulaatiot on tehty näiden mallien mukaan, joten ne eivät kuvaa täysin todellisuutta. Chen kävi läpi vuonna 2010 200 simulaatiota [2]. Hän huomasi, että simulaatioista 80 % olivat yksinkertaistettuja malleja ja 99 % simulaatioissa ei esiintynyt virheitä tai epäsäännönmukaisuuksia. Kun simulaatiossa ei ole teorian kannalta irrelevantteja asioita, se antaa oppilaalle mahdollisuuden keskittyä löytämään tutkittavasta kohteesta pinnan alla olevat teoreettiset periaatteet.

Simulaatio voi taata oppilaille havaintoperustan käsitteille, jotka voivat olla liian abstrakteja oppilaiden epäröimättä sisäistettäväksi [11]. Kun oppilaat saadaan simulaatioiden avulla näkemään asioita, joita he eivät normaalisti näe, tukee se heidän oppimistaan. Näin ollen simulaatio voi tehdä asian helpommin käsiteltäväksi. Simulaatiot voivat olla erityisen hyödyllisiä perinteisesti vaikeasti opittaviksi osottautuneiden aiheiden opettamisessa [12]. Tasavirtapiirit on yksi oppilaiden vaikeasti käsiteltävä aihepiiri. Varsinkin virran suunnan käsittäminen ja se miten virta muuttuu piirin haaraumiskohdissa tuottavat oppilaille vaikeuksia. Simulaatioiden mahdollistama yksityiskohtainen havainnollistava tieto esimerkiksi elektronien liikkeistä virtapiireissä voi auttaa oppilaita huomattavasti, kuten Finkelstein huomasi tutkimuksessaan [13]. Tässä tutkimuksessa yliopisto-opiskelijat, jotka käyttivät simulaatioita tasavirtapiirien tutkimukseen, pärjäsivät paremmin käsitellessä, tasavirtapiirien rakentamisessa ja niiden toiminnan selittämisessä kuin verrokkiryhmä, joka teki samat työt oikeilla välineillä.

2.4 Simulaatioiden haitat

Vaikka simulaatiolla näyttää olevan kiistattomia hyötyjä, on niitä kohtaan esitetty myös kritiikkiä. Simulaatiot voivat aiheuttaa omanlaisia ongelmia ja haasteita sekä opettajalla että oppilaille. Simulaatio voidaan myös nähdä korvikkeena oikealle laboratorio- tai oppilastyölle eikä sitä pidetä omana itsenäisenä metodina [14].

Gunstone ja Champagne pitävät todellisilla välineillä työskentelyä välttämättömänä oppimiselle [15]. Simulaatiot tehdään tietokoneen ääressä, jolloin oppilailta jää kokematta tämä fyysisten laboratoriovälineiden käsin tehtävä manipulointi. Simulaatio laittaa oppilaat tutkimaan asioita eri tavalla kuin miten tiedemiehet ovat sen tehneet [16].

On vaikeaa edistää käsitteellistä muutosta tehokkaasti ilman, että saa oppilaat tarkastelemaan kriittisesti omia ennakkokäsityksiä [17]. Ennakkokäsitysten muuttaminen simulaatioiden avulla voi kuitenkin olla haastavaa, koska oppilaiden käsitykset muutettavista käsitteistä ovat syntyneet arkikokemusten kautta oikeassa maailmassa. Koska simulaatiot eivät ole niin sanotun 'oikean maailman' piirissä, osa oppilaista saattaa pitää simulaation esittämää ilmiötä keinotekoisena, ei-todellisena, eivätkä pidä asiaa sen tähden tärkeänä [18]. Jos oppilaille ei ilmoita simulaation mallin rajoitteista, voi tämä johtaa hämmennykseen. Oppilaat saattavat luulla, että simulaatiossa on virheellisyyksiä [19]. Tao ja Gunstone ovat todenneet, että jos oppilaat epäilivät simulaatiota, ovat he haluttomia muutamaamaan käsityksiään asioista, vaikka simulaatio osoitti ne vääriksi [20].

3 Argumentaatio oppilaiden välillä

Fysiikan ryhmätyöpainotteisissa oppilastöissä oppilaiden välinen argumentaatio nousee suureen rooliin. Oppilaat keskustelevat työn aikana keskenään työhön liittyvästä fysiikasta. Argumentaatio on tärkeä työkalu luonnontieteen oppimisessa, sillä se vaatii päättelyä ja väitteiden perustelemista [21]. Oppiminen ei ole vain omassa mielessä tapahtuvan vanhan tiedon tai intuition ja uuden tiedon vastakkainasettelua vaan oppia voi myös kanssakäymisessä toisten kanssa. Tämä kanssakäyminen ei ole tärkeää vain koulutiedon oppimiselle vaan myös oppilaan oman identiteetin ja itsetunnon kehittymiselle. Argumentaatiossa esille tulevat vastakkaiset ajatukset perusteluineen auttavat kehittämään ymmärrystä. Tämän takia argumentaation oppimista pidetään keskeisenä asiana ajattelun oppimisen ja uuden ymmärryksen rakentumisen kannalta. On yhtä tärkeää ymmärtää, miksi harhakäsitykset ovat väärinä kuin ymmärtää, miksi oikea idea on oikea. Tämän takia ryhmät, joissa esitetään enemmän erilaisia ideoita, oppivat paremmin kuin ryhmät, joissa esitetään samanlaisia ideoita. [22].

Argumentaatio on kouluissa erittäin vähäistä mutta yleistä tieteellisessä keskustelussa. Opettajat esittävät selityksiä väitteillensä, mutta tämä ei ole argumentaatiota. Kun selitetään tietoa, oletetaan että tieto on totta. Argumentaation tarkoituksena on luoda totuutta, ja argumentti sisältääkin väitteen, jota perustellaan datalla, todistuksilla, oletamuksilla ja rajoitteilla. Vastaväitteitä sisältävää argumentointia pidetään argumentoinnin korkeimpana tasona. Tällainen argumentaatio vertailee, rinnastaa ja erottelee erilaisia päättelyketjuja. Argumentaation on todettu lisäävän käsitteellistä ymmärrystä ja kykyä tieteelliseen ajatteluun. [23]

Argumentaatiota käytetään hyödyksi, kun luonnontiede tuottaa uutta tietoa. Argumentaatiolla voidaan tuoda esille uudet ideat, oli kyseessä sitten uusi teoria, uusi tapa kerätä dataa tutkimuksista tai vanhan datan uusi tulkinta. Luonnontiede ei ole pelkästään tietoa siitä, miten maailma toimii, vaan se on kokoelma teorioita, mitkä selittävät, millainen maailma voisi olla. Teoriat ovat avoimia tarkastelulle, ja jos teoria ei selitä ilmiötä, teoria voidaan kumota tai muuttaa. Tiede usein kehittyy väittelyn ja argumentoinnin kautta eikä niinkään yhteisymmärryksen kautta. Näin ollen argumentointi tutkimussuunnitelmista, tuloksista ja todistuksista on luonnontieteelle hyvin tärkeää. [23]

Luonnontiede voi näyttäytyä oppilaille suurena määränä faktoja, jossa ideoiden tarkastelu, merkitys ja tärkeys puuttuvat. Tämä johtaa virheelliseen käsitykseen siitä, millaista luonnontiede itse asiassa on. Väärän käsityksen syntymistä edesauttaa se, että usein opetus nähdään prosessina, jossa tietoa siirretään ekspertiltä noviisille. Tällaiseen ajatusmaailmaan sisältyy olettaus, että viestinnän onnistuminen on normi ja epäonnistuminen poikkeus. Todellisuudessa oppiminen on monimutkainen prosessi, jossa normina on epäonnistuminen ja onnistuminen on poikkeus. Tutkimuksen valossa näin on. Eräässä meta-analyysissä luokat, joita opetettiin normaalilla metodilla, oppilaiden suoritus parani keskimäärin 25% alkutestistä lopputestiin. Toisaalta luokat joille tuntien aikana pidettiin keskustelutauko, jolloin oppilaat keskustelivat pareissa tai pienryhmissä käsitteistä, joita tunnin aikana oli ilmennyt, saivat 48% keskimääräisen parannuksen [24]. [23]

Argumentaatio luonnontieteen opetuksessa vaatii oppilailta kykyä muodostaa ja arvioida tieteellisiä väitteitä ja päättelämään tieteellisesti. Oppilaiden kyky väitellä näyttää vaikuttavan argumentaation tasoon. Oppilaille saattaa muodostua päättelystrategioita, jotka vahvistavat entisestään heidän harhakäsityksiään. Lisäksi oppilaan tietotaso vaikuttaa argumentaatioon. Jos oppilaalla ei ole käsitystä asiasta, ei hän voi asiasta argumentoidakaan. Argumentaation huomiominen opetuksessa vahvistaa oppilaiden kykyä tieteelliseen päättelyyn. [23]

Argumentaatiot oppilaiden välillä vaikuttavat oppilaiden arvoihin, tiedolliseen kehittymiseen ja uskomuksellisten käsitteiden muokkautumiseen. Väitteen ja todistusaineiston välisen yhteyden ymmärtäminen vaatii väitteen ja todistuksen välisen yhteyden ymmärtämisen. Tämä terävöittää lapsen kykyä ajatella kriittisesti tieteellisessä kontekstissa. Kuhnin mukaan monella aikuisella ja lapsella on vaikeuksia sovittaa ja muodostaa yhteyksiä datan ja teorian välillä [25]. Tutkimusten mukaan oppilaiden ja maallikkojen päättelykyky on alhaisempi kuin tiedemiesten päättelykyky. On tärkeää ymmärtää, kuinka argumentaation opettamista ja oppimista voidaan jäljittää, arvioida ja tukea. [26]

Argumentaatio on jotain, jota pitää varta vasten opettaa. Ei riitä, että antaa oppilaille keskusteltavaksi tieteellisiä asioita, vaan argumentaatiota voidaan opastaa ohjeistuksella, tehtävien jäsentelyllä ja mallintamisella. Ongelmana argumentaation kehitykselle on, että keskustelu on kahden tai useamman henkilön dialogia, jossa edetään asia kerrallaan ilman perusteluja. [26]

4 Tutkimuskysymykset

Tämän tutkielman tutkimuskysymykset ovat:

1. Miten simulaatio-opetuksen parikeskustelun argumentaation taso eroaa perinteisen opetuksen parikeskustelun argumentaation tasosta?
2. Jos argumentaatiota tapahtuu, mikä siihen johtaa?

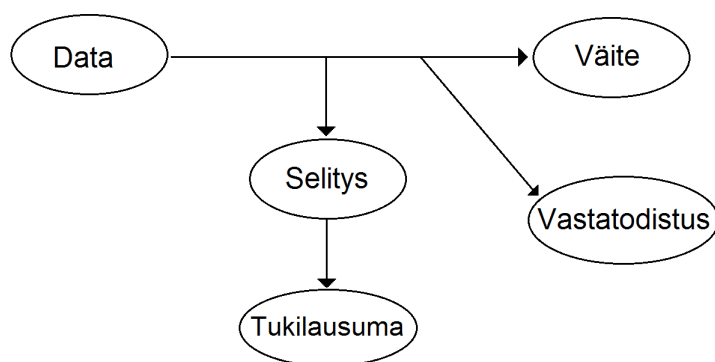
Argumentaation osaaminen on yksi merkittävä tekijä näyttämään sen, kuinka syvällinen ajattelemisen taito henkilöllä on. Näin ollen sellaiset opetusmenetelmät, jotka tukevat argumentoinnin esille tuomista, pitäisivät olla tärkeä osa opetusta. Koska simulaatio-opetus on saamassa kannatusta, on hyvä tutkia paljonko argumentaation tasot eroavat simulaatio-opetuksessa verrattuna perinteisen opetuksen argumentaatioiden tasosta.

5 Tutkimusmenetelmät

5.1 Toulminin argumentaatiokaavio

On tärkeää ymmärtää sanojen "argumentti" ja "argumentaatio" erot. Argumentilla tarkoitetaan esille tuotua väitettä ja siihen liittyviä perusteluja. Argumentaatiolla tarkoitetaan taasen keskustelua, jossa käytetään argumentteja. Tällainen keskustelu voidaan nähdä myös väittelyn prosessina. [26]

Argumenttia voidaan analysoida Toulminin kehittämällä argumentaatiokaaviolla (Kuva 1). Sen tärkeimmät komponentit ovat väite, data, selitys ja tukilausuma [26]. Toulminin argumentaatiokaavio havainnollistaa argumentin rakennetta ja sen osien yhteyttä väitteeseen. Väitteellä tarkoitetaan asiaa, jonka väitteen esittäjä haluaa julistaa yleisenä totuutena hyväksyttäväksi [26]. Data tukee väitettä. Selitys on linkki datan ja väitteen välillä. Tukilausuma taas tukee selitystä. Lisäksi on olemassa vastatodistus, joka koskee tapauksia, joissa esitetty väite ei pidä paikkaansa. [21]



Kuva 1: Toulminin argumentaatiokaavio [21]

Esimerkki 1: Tämän esimerkin argumentti liittyy tutkimuksessa esille tulleen oppilastyöhön, jossa verrataan vedessä upoksissa ja veden pinnalla olevien samankokoisten kappaleiden massoja. Argumentti on vastaus opettajan kysymykseen 'Mitä eroa massoilla on?'

Toiset uppoaa, ne on painavampia

Tästä huomataan, että joskus on hankalata erottaa, kumpi virkkeistä on väite. Onko väite "toiset uppoaa" vai "ne on painavampia"? Tämän takia on hyvä tutkia, mihin argumentilla halutaan ottaa kantaa. Kyseisessä esimerkissä tutkitaan samankokoisten kappaleiden massaa. Tällöin väitteenä olisi "ne on painavampia", ja sitä tuetaan datalla "toiset uppoaa". Lisäksi argumentin voidaan todeta olevan hyvin heikko, sillä sitä perustellaan vain yhdellä datalla, eikä muita perusteluja ole.

Esimerkki 2: Seuraava argumentti on näkemisestä. Vastauksen antajan piti miettiä lähteekö valo silmistä ja osuu objektiin ja siksi näemme vai lähteekö valo valonlähteestä ja heijastuu esineestä silmäämme, minkä takia näemme. [26]

Valon tuleminen silmään on järkevämpi vaihtoehto (väite). Emme voi nähdä kun ei ole ollenkaan valoa(data). Jos jotain lähtisi silmistämme, niin meidän pitäisi aina pystyä näkemään, vaikka pilkkopimeässä (vastatodistus). Aurinkolasit pysäyttävät jotakin tulemasta sisään, ei jotain menemästä ulos(data). Aino syy miksi sinun täytyy katsoa kohti nähdäksesi on se, koska sinun täytyy napata valo, joka tulee siitä suunnasta(vastatodistus). Silmä on kuin kamera, jossa on valoherkkä pinnoite takana, joka ottaa sisään tulevan valon vastaan, ei jotakin joka menee ulos (tuki-lausuma).

Tällainen argumentti, jossa väitettä tuetaan usealla datalla, vastatodistuksella ja tuella on hyvin vahvaa argumentointia. Ensimmäinen vastatodistus on helppo ymmärtää. Tässä oletetaan, jos valo lähtisi silmistämme, näkisimme myös pilkkopimeässä, mutta koska emme näe pimeässä, niin tämä käy todistuksena väitteelle että valo tulee silmään.

5.2 Erduranin tasotaulukko argumentaation tutkimiseen

Koska yksittäisiä argumentteja ei ole mielekästä tutkia, vaan kokonaisvaltaisempaa argumentaatiota, käytetään argumentoinnin tutkimiseen Erduranin kehittämää tasotaulukkoa. Tämä on kehitetty miettimällä, että sisältääkö argumentti, minkä tasoista perustelua väitteelle. Näin ollen yksinkertaisin argumentti on pelkkä väite. Täten tason 1 argumentaatiota on väitteestä vastaväitteeseen tai toiseen väitteeseen etenevä keskustelu. Kun lisätään tasoon 1 verrattuna väitteelle perusteluja, mutta ei vastatodistuksia päästään tasolle 2. Tähän lisäämällä heikot vastatodistukset saadaan tason 3 argumentaatiota. Tason 4 ja tason 5 argumentaation erottaa siitä, että tasolla 5 on selvä pidennetty argumentti, joka sisältää useamman vastatodistuksen. [5]

Kuhnin mukaan vastatodistusten käyttö on kaikkein kompleksisin osa argumentaatiota [25]. Vastatodistuksia käytettäessä täytyy osata integroida alkuperäinen teoria ja vastateoria alkuperäisen teorian osoittamiseksi oikeaksi. Tämä on yksi syy siihen, miksi useamman vastatodistuksen käyttö argumentoinnissa luokitellaan tason 5 argumentoinniksi. [26]

Taulukko 1: Erduranin tasotaulukko argumentaatiolle [26]

Taso 1	Sisältää argumentteja, jotka etenevät selkeästi joko väite-vastaväite tai väite-väite pareittain, ilman väitteille annettuja tukia.
Taso 2	Sisältää argumentteja, joissa väitteiden tueksi on annettu joko dataa, selityksiä tai tukilausumia. Ei sisällä vastatodistuksia.
Taso 3	Sisältää argumentteja, jossa sarja useampia väitteitä tai vastaväitteitä, joiden tukena on dataa, selityksiä tai tukilausumia. Voi sisältää heikon vastatodistuksen.
Taso 4	Sisältää argumentteja, joita vastaan on esitetty selkeä vastatodistus. Voi sisältää useampia väitteitä tai vastaväitteitä.
Taso 5	Pitkäkestoisempaa argumentaatiota (voi sisältää useita argumentteja tai argumenttiketjuja), jossa havaittavissa useampia vastatodistuksia.

Havainnollisetaan kahden esimerkin avulla, miten argumentoinnin tason laatua voidaan arvioida Erduranin kehittämällä tasotaulukolla. Molemmat esimerkit ovat tutkimuksen aineistosta. Oppilaiden tuli pohtia seuraavaa tehtävää: "Jos hyppäisit suureen bensiinaltaaseen, niin uppoaisitko vai kelluisitko? Olisiko bensiinissä uiminen mahdollista? Pohdi asioita, jotka vaikuttavat uimiseen."

Esimerkki 1:

Tämän esimerkin argumentaatio on tason 1 mukaista argumentaatiota. Keskustelussa siirrytään väitteestä väitteeseen, ja väitteitä ei perustella ollenkaan.

- A Uppottuu... onko se uppoaa?
- B hmm
- A Mitä nää pistit?
- B Voi se uida, mutta ei kovin hyvin.
- A Uiminen voi... Näytäppä se loppu vielä siitä.
- B Ui, mutta ei kovin hyvin.

Esimerkki 2:

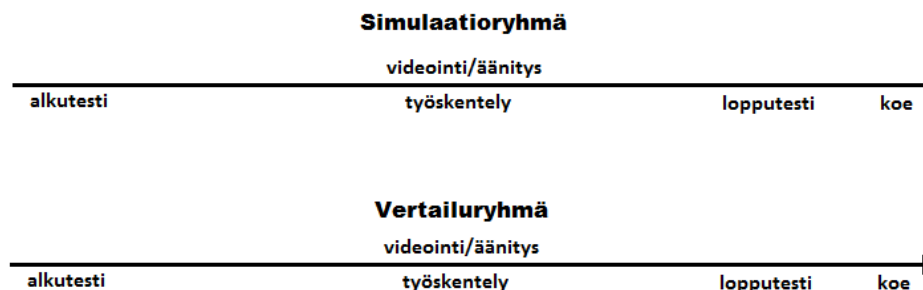
Selvästi huomataan, että tässä on korkeamman tason argumentaatio kyseessä. Perusteluina käytetään dataa, esimerkiksi "...tiheys on sama kuin veen ja bensiinissä se on pienempi" lisäksi mukana on vastatodistus "...ei niin kuin tälle putois, ku kivi ainakaan". Tämä vastatodistus on sitä vastaan, että bensaan uppoaisi heti. Se tukee väitettä, että bensiinissä pystyisi uimaankin. Täten useamman väitteen ja datatodistusten kanssa argumentointi on tason 4 argumentointia.

- A Jos hyppäisit suureen bensiini altaaseen niin uppoisitko vai keltuisitko? Olisiko bensiinissä uiminen mahdollista? Pohdi asioita jotka vaikuttavat uimiseen.
- A Jos bensiini. Paljon se oli sen bensiinin tiheys?
- B Ajattele ku tuokin painaa jo tuon verran. Hukkuisko ihminen hunajaan?
- A Mutta ihmisen tiheys. [B: Niin.] Tiheys... tiheys on sama kuin veen ja bensiinissä se on pienempi (data), niin ihminen uppoais (väite).
- B Että hukkuisit bensaan.
- A Silleen ihminen uppoais. Ajattele kuinka pieni ero on niin ku tolla ja tolla. 0.3 (data). Ei ehkä niin pyssyis siinä niinkö?
- B Hirveesti pitäis tehdä töitä.
- A Leijuis ehkä siellä jotenkin (vastaväite). Ei niin kuin tällein ois. Putoais ku kivi ainakkaan, että ku puotetaan kivi, niin ei niin ku putoais ku kivet täälleen. (vastatodistus)
- B Mieti ku menisit uimaan. Menis vaan plumps.
- A Pannaanko me nyt miten tähän?
- B No ihminen uppoaa, mutta pystyy töitä tekemällä pysymään pinnalla (väite). Entäs jos etanolissa saa... Pannaanko silleen, että uppoaa, mutta ei kuin kivi.
- A Pannaanko, että on mahdollista päästä ylös (väite).
- B Mä paan, että uppoaa , mutta ei niin kuin kivi... Ei niin kuin kivi. Mahdollisuus pysyä pinnalla ja uidakin (väite), mutta töitä joutuu, joutuu tekemään enemmän... (tukilausuma)
- A Monin kerroin tekemään.
- B Mä laitan kuin vedessä. Pohdi asioita jotka vaikuttavat uimiseen. Mä laitan tähän. Miten sen panis silleen? Että silleen, ensinnäkin, että pitää pysyä pinnalla. Sun pitää kellua tähän, mutta kellua...
- A tarviiko tähän tälleen?
- B No tarvii. bensiinissä täytyy keskittyä...
- A Voi elämä.
- B bensiinissä täytyy myös keskittyä. (tukilausuma)

5.3 Oppilaat

Tutkimuksen datan keruu toteutettiin syksyllä 2011 pohjoispohjanmaalaisessa yläkoulussa. Yläkoulussa oppilaita on noin 330 ja vuosiluokallaan noin 110 oppilasta. Kohderyhmäksi valittiin kaksi 8. luokan ryhmää. Toinen ryhmistä oli simulaatioluokka ja toinen vertailuluokka (Kuva 2). Tutkimuksen opetuksen aiheina olivat tiheys ja noste. Simulaatioluokan opetuksessa käytettiin kahta kyseisiin aiheisiin liittyvää PhET-tietokonesimulaatiota. Vertailuluokka teki tutkimuksen oppilastyöt perinteisellä tavalla eli oikeilla välineillä. Molempien luokkien työohjeet löytyvät liitteistä 1,2,3 ja 4.

Oppilaat muodostivat tutkimuksen aikana oppilaspariryhmiä. Muutamassa ryhmässä oli kolme oppilasta. Suurin osa oppilaista oli paikalla sekä tiheyden että nosteen oppitunneilla. Eräitä poikkeuksia lukuunottamatta ryhmät säilyivät samoina molemmilla tunneilla. Niissäkin ryhmissä, joissa tapahtui muutoksia, oli oppilaita, jotka osallistuivat molemmille tunneille. Siksi näitäkin ryhmiä käsiteltiin tuloksia analysoitaessa samalla tavalla kuin muuttumattomina pysyneitä ryhmiä.



Kuva 2: Tutkimuksen tutkimusasetelma

5.4 Datan keruu

Tutkimuksen kohteena olevilla oppilailla teetätettiin lähtötasotesti ennen tutkimuksen työskentelyosuutta. Sama testi toistettiin lopputestinä työskentelyosuuden jälkeen (Liite 5). Testien lisäksi oppilailta kerättiin tehtäväläpät, joihin kukin oppilas vastasi omalla nimellään työskentelyvaiheen aikana. Näiden lisäksi oppilaille pidetyssä seuraavassa fysiikan kokeessa kysyttiin muutama kysymys tutkimuksen aiheista.

Oppilaita ohjeistamassa oli yhteensä kolme eri opettajaa. Oppilaiden työskentelyä ohjeisti kulloinkin paikalla olleet kaksi opettajaa. Yksi opettajista oli mukana sekä simulaatio- että vertailuryhmän oppitunneilla. Toinen opettajista oli eri simulaatio- ja vertailuryhmälle opettajien aikataulullisista syistä.

Tämän tutkimuksen varsinainen aineisto kerättiin äänittämällä molempien ryhmien oppilaiden tunneilla käymät keskustelut. Simulaatioluokan keskustelut liitettiin oppilasparien työskentelystä tehtyyn ruutukaappausvideoon. Näistä ruutukaappausvideoista voi nähdä, kuinka oppilaat käyttävät simulaatiota. Niistä näkyy hiiren liikkeet ja se mitä simulaatiossa tapahtuu, kun hiirellä klikataan jotain kohtaa simulaatiossa. Vertailuluokan keskustelut äänitettiin kullekin oppilasparille annetun nauhurin avulla. Lisäksi kummankin luokan työskentelyä videoitiin kameralla, johon langattomasti liitetty mikrofoni kulki opettajan mukana. Tämä mikrofoni äänitti keskustelut, joita opettaja kävi oppilasparien kanssa.

Analysointia varten keskustelut litteroitiin. Tämän jälkeen keskusteluista etsittiin kohdat, joissa argumentaatiota tapahtui. Nämä argumentaatiokohdat koodattiin edellä esitetyn Erduranin tasotaulukon mukaisesti.

6 Tulokset

6.1 Argumentaatioiden tasot

Taulukossa 2 on esitetty simulaatio- ja vertailuryhmän kaikkien pienryhmien yhteiset argumentaatioiden tasojen keskiarvot aiheittain. Keskiarvot on laskettu argumentaatioiden tasojen osalta sekä tiheyden ja nosteen tunneilta erikseen että molempien tuntien osalta yhteen. Virheet ovat keskiarvon keskivirheitä.

Kuvassa 3 näkyy argumentaatiotasojen kokonaismäärät simulaatio- ja vertailuryhmälle erikseen aiheista tiheys ja noste. Kuvassa 4 on esitetty simulaatio- ja vertailuryhmän argumentaatiotasojen lukumäärä keskimäärin yhtä osaryhmää kohti. Tämä kuva muodostettiin, koska simulaatioryhmässä osaryhmiä on viisi ja vertailuryhmässä osaryhmiä on neljä. Näin ollen keskimääräiset arvot antavat selkeämmän kuvan osaamisesta.

Nosteen osalta näyttäisi keskiarvoja katsottaessa, että simulaatioryhmän oppilaat pystyivät argumentoimaan hieman paremmin kuin vertailuryhmä. Tämän havainnon paikkansapitävyyden tarkistamiseksi laskettiin tuloksien pohjalta khiin neliö -testi erikseen aiheille tiheys ja noste. Testiä laskettaessa tasot 2–5 yhdistettiin tuloksen saamiseksi, koska testi ei anna todellista tulosta, jos laskennallisten solujen arvoista yksi luku on alle 1, tai jos yli 20 % soluissa solun arvo on alle 5. Testin perusteella simulaatio- ja vertailuryhmän argumentaation tasojen välillä ei ole merkitsevää eroa [tiheys($\chi^2 = 0.403, p \approx 0.526$), noste($\chi^2 = 0.099, p \approx 0.753$)]. Khiin neliö -testissä käytettiin online laskinta sivulta <http://www.quantpsy.org/chisq/chisq.htm>.

Taulukko 2: Argumentaation tason keskiarvot

	Simulaatio	Vertailuryhmä
Tiheys	1.62 ± 0.11	1.6 ± 0.2
Noste	1.9 ± 0.2	1.71 ± 0.13
Tiheys + noste	1.6 ± 0.1	1.57 ± 0.11

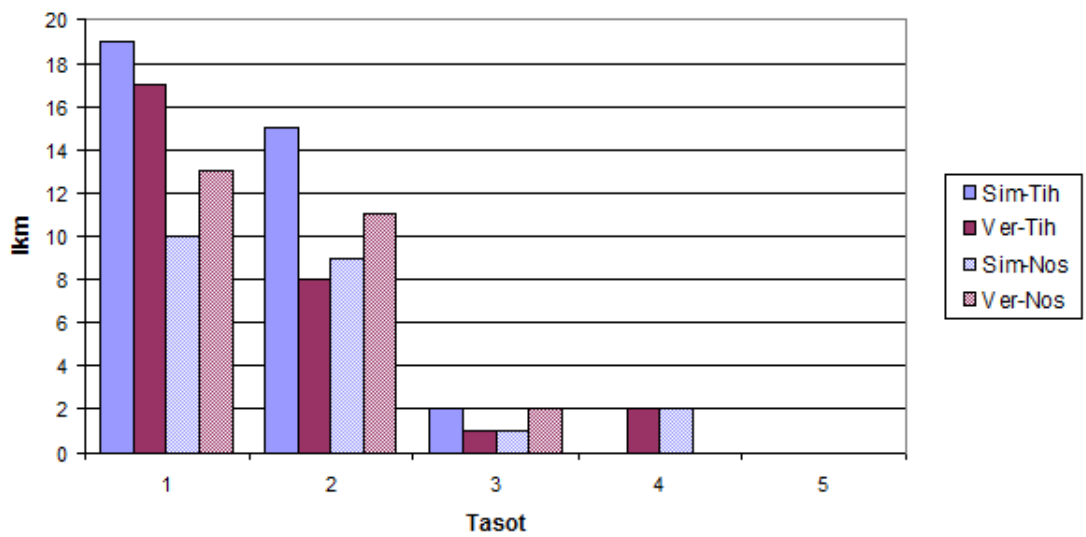
Kuvia 3 ja 4 Tarkastelemalla huomataan, että simulaatioryhmän argu-

mentaation määrä väheni huomattavasti, kun siirryttiin tiheydestä nosteeseen. Myös vertailuryhmällä argumentaation määrä väheni, mutta ei niin paljon kuin simulaatioryhmällä. Siirryttäessä aiheeseen noste simulaatioryhmällä näyttää vähenevän eniten tason 1 argumentaatio ja lisäksi mukaan tulee muutama tason 4 argumentaatio. Argumentaatio näyttää siis paraneva siirryttäessä tiheydestä nosteeseen. Vertailuryhmällä tason 2 argumentaatio lisääntyy siirryttäessä tiheydestä nosteeseen. Toisaalta tason 4 argumentaatiota ei esiinny lainkaan. Argumentaatio näyttää kuitenkin kaiken kaikkiaan paranevan hiukan siirryttäessä tiheydestä nosteeseen.

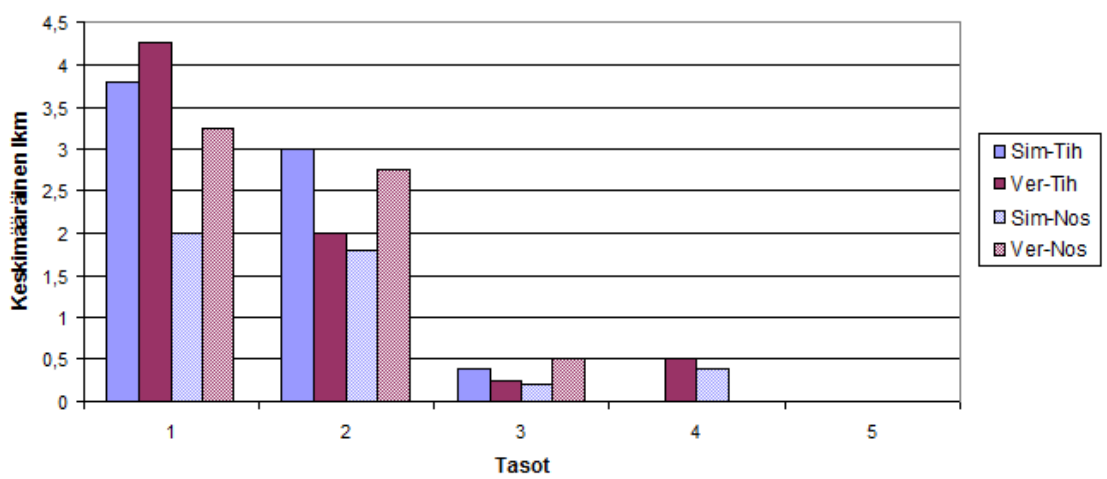
Samanlaisia havaintoja argumentaation määrän muuttumisesta siirryttäessä aiheesta toiseen havaitsivat Per Morten Kind et al. omassa tutkimuksessaan [27], joka käsitti 12–13 ikäisten oppilaiden argumentaation laadullisuuden tutkimista kolmessa erilaisessa laboratoriopohjaisessa työssä. Tuloksena oli, että argumentaation määrä vaihteli tehtävästä riippuen, mutta Kind huomauttaa, että on tärkeää ottaa huomioon, paljonko aikaa kului kuhunkin osatehtävään.

Ajallisesti nosteen työt olivat lyhyempiä kuin tiheyden työt. Tiheys-työssä aikaa kului vertailuryhmällä keskimäärin noin 75 minuuttia ja simulaatioryhmällä keskimäärin noin 30 minuuttia. Noste-työhön vertailuryhmä käytti aikaa keskimäärin noin 60 minuuttia ja simulaatioryhmä noin 30 minuuttia.

Liitteeseen 6 on taulukoitu kunkin osaryhmän tulokset. Huomataan, että simulaatioryhmässä kaksi osaryhmää paransi argumentaatiotaan siirryttäessä tiheydestä nosteeseen. Vertailuryhmän kaksi ryhmää näyttää myös parantaneen argumentaatiotaan, mutta parannus ei ole niin selkeä kuin simulaatioryhmän osaryhmillä.



Kuva 3: Argumentaatiotasojen määrä



Kuva 4: Argumentaatiotasojen määrä keskimäärin ryhmää kohti

6.2 Argumentaation syyt

Oppilaiden argumentaation tasoon vaikuttavissa tekijöissä on havaittavissa muutamia yhtäläisyyksiä. Tarkastellaan aluksi, mitä vaikuttavia tekijöitä on tason 1 argumentaatiossa. Alla on esimerkki simulaatioryhmä 2:n argumentaatioltaan tason 1 keskustelusta oppitunnilta, jolla käsiteltiin tiheyttä.

OPE Onko teillä jotakin kysyttävää?

A On.

OPE Hmm.

A Miten sen tiheyden voi tietää?

OPE Muistatteko, mistä asiasta liit.. riippuu se tiheys?

A Massasta.

OPE Ja?

A Tilavuudesta.

OPE Joo. No millä nä saat ensinnäkin selville ne massat niistä kappaleista?

A Punnihden näin.

Esimerkissä oppilas keskustelee opettajan kanssa. Oppilas pohtii, mistä tiheys voidaan saada. Koska oppilas ei ole perillä asiasta ja opettaja kysyy asiasta siten, että siihen voi vastata yhdellä sanalla, argumentaatio on vain tason 1 mukaista.

Seuraavassa esimerkissä esitetään simulaatioryhmä 3:n oppilaiden välillä käyty tason 1 argumentaatio nosteen oppitunnilta.

A Eiks styrokseksi kellu? Ainakin vedessä. Puu kellu vedessä, jää...

B Tiili ja alumiini. Entäs bensiinissä?

A Eiks niinkun styrokseksi kelluis? Eikös styrokseksi kelluis?

B Hmm. Puu kelluisko?

A Uppooko muka styrokseksi?

B Uppoo. Kelluuko puu?

A Se kelluu. Jää varmaan uppoaa?

B ootas. Keveneekö...

Nyt huomataan, että oppilaat keskittyvät kysymään toiselta mielipidettä asiasta, mutta molemmat käyvät asiaa läpi hyvin luettelomaisesti. Koska asiaa käydään läpi luettelomaisesti, eikä kumpikaan perustele vastausta toiselle tai pyydä perustelua, jää argumentaatio tasolle 1.

Tarkastellaan seuraavaksi, mitä on havaittavissa argumentaatiotasoon 2 johtavista syistä. Ensimmäinen esimerkki on vertailuryhmä 8:n keskustelua nosteen oppitunnilta.

- A Bensiini altaaseen. Uppoaisitko? Ihminen ja bensiini. Sun tiheys on mitä? Tiheys on isompi, niin sä niinku uppoat.
- B Hmm.
- A Niin sä uppoat.
- B niin.
- A uppoat. Eiku uppoaa. Vittu mä kirjoitan, että bensiiniin uppoaa. Bensiiniin uppoaa jos sinne hyppää... Uiminen ei olisi mahdollista.
- OPE Bensiiniin uppoaa, jos sinne hyppää. Siihen olisi hyvä kirjoittaa, että miksi sinne uppoaa.
- A Niinkö?
- OPE Niin. Tai musta ois ainakin hyvin perustella tuo vastaus. Sano kysytkö...
- A Uppoaa, jos sinne hyppää, koska on... koska ihminen on tiheämpää... tiheämpää mitä bensiini.
- OPE Just.
- A Piste. Bensiinissä uiminen ei ole mahdollista.

Tässä huomataan, että oppilas käy läpi loogista ketjua, jonka kautta hän löytää vastauksen. Koska opettaja huomaa, että oppilas ei ole perustelua laittanut paperiin, niin hän pyytää oppilasta tekemään niin. Samalla oppilas kertoo perustelun opettajalle. Keskustelun argumentaatio on selvästi tasoa 2.

Seuraava on esimerkki simulaatioryhmä 5:n argumentaatiosta tiheyden oppitunnilta. Tässä toinen oppilas haluaa saada selville, miten tiheys vaikuttaa uppoamiseen ja pyytää toista selittämään hänelle asian. Kun toinen on selittänyt, käy selityksen saanut oppilas saman asian läpi ja pyytää vielä vahvistusta, että ymmärsikö hän oikein. Täten argumentaatio perusteluineen on tason 2 mukaista.

- A No nyt mä tajuan kato. Tajusit sää?
- B En. Selitäppä nyt mulle ihan tarkasti alusta asti.
- A Katoppa nytten. Tää on isompi tää laatikko. Täällä on saman verran painoa kuin tämmöisessä pienessä. Pienessä on sitä on niinku tiheämmässä sitä ainetta. Totta kai.
- B Hmm.
- A Sen takia se uppoaa, kun sen tiheys on niinku...
- B Eli, jos on suurempi tilavuus ku veellä, se uppoaa. Niinkö?
- A Tiheys. Suurempi tiheys?
- B Niin.
- A Joo.
- B Ja jos on pienempi tiheys, niin se...
- A Niin se kelluu.
- B Kelluu. Niinkö?
- A Ku tässä on niin harvassa sitä ainetta, ku viis killo näin isossa.
- B Hmm.

Tason 3 argumentaatio hyvin samantapaista kuin tason 2 argumentaatio, mutta mukana voi olla heikko vastatodistus, kuten seuraavassa esimerkissä. Esimerkki on tiheyden oppitunnilta vertailuryhmä 9:ltä.

- B Tässä on tätä vastusvoimaa, mutta tää kelluu siis.
- A Niin kelluu.
- B Venehän periaatteessa tälleen samalla lailla näin.
- A Hmm.
- B Mutta tää on jännite ku kuljettaa silleen veessä. Tälleen ku koittaa näin tästä päältä, niin se on tommoinen jännite. Kokeile.
- A Mä tiän.

Vastatodistuksena esitetään veneen kelluminen, mutta siitä ei kerrota, millä tavalla se toimii. Tällainen vastatodistus on hyvin heikko. Kellumiselle ja kappaleen liikkumiselle veden päällä annetaan perusteluiksi vastusvoimaa ja tietynlaista jännitettä. Näin on siis selvää, että argumentaatio on tason 3 mukaista.

Seuraavassa esimerkissä opettaja antaa vastatodistusesimerkin puoltamaan väitettä, että bensiinissä pystyisi ehkä sittenkin uimaan. Esimerkkinä käytetään, että ihmiselle laitetaan kivireppu selkään, ja ihminen uisi vedessä. Tätä opettaja sitten pohtii oppilaille. Toisaalta oppilaiden keskustelu esimerkin jälkeen on tason 2 mukaista, eikä kovin ahkeraa. Näin ollen pidän argumentaatiota tason 3 mukaisena. Esimerkki on nosteen oppitunnilta vertailuryhmä 7:lta. Opettajan osuudet tekstissä on lyhennetty.

OPE Ootteko samaa mieltä siitä viimeisestä? Koska ihminen on tiheämpi kuin bensiini. Se on ihan oikein pitää paikkaansa, mutta kysymys kuuluu, että jos mietitään sitä, että ihmisella laitetaan kivi reppu selkään, Pystyykse uimaan.

A Ei.

OPE Jos ei kovin isoa kivireppua. Vaikka kymmenen kiloa.

A Joo ehkä.

OPE Niin ehkä. Eli onko siis tämä tiheys niin paljon pienempi, että se vaikuttaa siihen. Kyllä se varmaan vaikuttaa.

C Mutta, eikö sielä pysty uimaan kumminkin.

OPE No niin, mä entiiä. Se nimenomaan on se pohdinna paikka, että pystyykö se ihminen uimaan. Ikään kuin ihmiselle laitettas kivireppu selkään, niin sen tiheys kasvaa... (lyhennetty)

A Niin.

OPE Eli tässäkin, että onko se tiheys niin paljon. Heittääkö se niin paljon? Entiiä. Emmä oikeastaan tiedä oikeaa vastausta. Mutta sitä ei teidän siinä kannata pohtia... (lyhennetty)

A Niin.

C Olympiatason uimari aivan varmasti pystyisi uimaan siinä. Tiiätkö miksi Seppo(nimi muutettu)?

A No.

C Se on nestettä, siinä voi uida silloin.

C Seppo. Mä kirjoitin lyhyesti. Katoppa vaikka. Uppoaisi. Ehkä voisi uida. Bensa on vaarallista ihmiselle. Se muuten aivan varmasti vaikuttaa, että se haisee silläläilla. Siinä menee pää sekaisin. Sä aivan varmasti...

A Niin, niin.. aivosolut tuhoutuu.

C Niin, sä tapat itsesi, jos sä hyppäät sinne.

Katsotaan uusiksi seuraavaa tason 4 esimerkkiä. Esimerkkiä on vähän tiivistetty. Esimerkki on simulaatioryhmä 5:n käymä keskustelu nosteen oppitunnilta.

- A Jos hyppäisit suureen bensiini altaaseen niin uppoisitko vai keltuisitko? Olisiko bensiinissä uiminen mahdollista? Pohdi asioita jotka vaikuttavat uimiseen.
- A Jos bensiini. Paljon se oli sen bensiinin tiheys?
- B Ajattele ku tuokin painaa jo tuon verran. Hukkuisko ihminen hunajaan?
- A Mutta ihmisen tiheys. [B: Niin.] Tiheys... tiheys on sama kuin veen ja bensiinissä se on pienempi, niin ihminen uppoais.
- B Että hukkuisit bensaan.
- A Silleen ihminen uppoais. Ajattele kuinka pieni ero on niin ku tolla ja tolla. 0.3. Ei ehkä niin pysyis siinä niinkö?
- B Hirveesti pitäis tehdä töitä.
- A Leijuis ehkä siellä jotenkin. Ei niin kuin tällein ois. Putoais ku kivi ainakkaan, että ku puotetaan kivi, niin ei niin ku putoais ku kivet täälleen.
- B Mieti ku menisit uimaan. Menis vaan plumps.
- A Pannaanko me nyt miten tähän?
- B No ihminen uppoaa, mutta pystyy töitä tekemällä pysymään pinnalla. Entäs jos etanolissa saa... Pannaanko silleen, että uppoaa, mutta ei kuin kivi.
- A Pannaanko, että on mahdollista päästä ylös.
- B ...

Huomataan, että oppilaat pohtivat asiaa loogisten päättelyketjujen kautta ja vaativat toisiltansa mielipiteitä. Tämä ajaa toisen oppilaan perustelemaan kantansa esimerkin kautta: "Ei putoias ku kivet tälleen". Tätä esimerkkiä voidaan pitää hyvänä vastatodistuksena sitä vastaan, että vedessä ei voisi uida. Täten argumentaatiota voidaan pitää tason 4 mukaisena.

Viimeinen esimerkki on vertailuryhmä 6:n keskustelu opettajan kanssa. Keskustelu käytiin tiheyden oppitunnilla.

OPE Noniin. Oisko päättely onnistunut, jos tietäisit pelkästään massan ja tilavuuden?

A No ei.

OPE Tai massan tai tilavuuden? No sitten kirjoitattakaa vastaus, mitä mieltä olette... Sitten perustele vastaus. Minkä takia ei? Miksi ei? Jos tiedätte pelkästään massan, niin oisko voinut päätellä, mitä ainetta se on?

A Ei, koska on voinut olla eri painoisia.

OPE Ei vaan massan, jos te tiedätte...

A Voihan kaks puukapustaakin painaa eri verran ja ovat silti samaa ainetta.

OPE Niin voi. Siihenhän tarvitaan siihen tiheyden laskemiseen kaksi eri suuretta. Tarvittiin massa ja mikä on se toinen oli?

A Ai missä?

OPE Jos lasketaan tiheys tässä.

A Tilavuus.

OPE Joo massa ja tilavuus. Eli se ei riitä pelkästään, että jos tietää joko tilavuuden, niin ei voi laskea tiheyttä eikä voi päätellä, mitä ainetta se on tai, jos tietää pelkästään massan, niin, jos ei tiedä tilavuutta, niin ei voi tietää sitä tiheyttä... Joo.

OPE Sit pitäis vielä kokeilla, että... Kirjoita siihen se perustelu vielä, minkä takia ei voi päätellä, että...

Opettaja pyytää oppilasta perustelemaan vastauksensa. Opettaja ei ymmärrä, mitä oppilas ajaa takaa vastauksellansa, ja täten oppilas joutuu turvautumaan esimerkkiin. Tämä esimerkki siis toimii vastatodistuksena ja tukee väitettä, että ei voi päätellä, jos tietää pelkän massan. Näin ollen argumentaatio voidaan laskea tason 4 argumentaatioksi.

7 Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että simulaatio- ja oppilastyöopetuksen oppilaiden argumentaation taso ei eroa toisistaan merkittävästi. Tarkasteltaessa kuitenkin erikseen tiheyttä ja nostetta koskevia oppitunteja havaitaan, että simulaatioryhmä nosti hiukan enemmän tasoaan siirryttäessä tiheydestä nosteeseen. Pitää kuitenkin muistaa, että havaittujen argumentaatioiden ja varsinkin tason 1 argumentaatioiden määrä väheni nosteen oppitunnilla. Havaitut pienet erot eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkittäviä ottaen huomioon otoksen pienuus (simulaatioita käyttäneitä ryhmiä oli viisi ja vertailuryhmiä neljä). Myös Khiin neliö -testi osoittaa saman asian. Tuloksia laskettaessa huomattiin, että jos yhdenkin ryhmän argumentaation taso muuttui yhdellä suuntaan tai toiseen, merkitsi tämä keskiarvossa noin 0.1:n tason verran.

Tarkasteltaessa syitä siihen, mikä saa aikaan argumentaatiota, huomattiin muutamia yhtäläisyyksiä kullakin argumentaatiotasolla. Tasolle 1 ominaista on, että kun oppilas ei itse ole perillä asiasta ja haluaa saada lisää tietoa, niin opettaja selittää asian oppilaille ja kysyy asiasta kysymyksiä, joihin voi vastata yhdellä sanalla tai hyvin lyhyesti ilman perusteluja. Myös, jos asia osataan, niin oppilaiden keskinäinen keskustelu voi jäädä hyvin luettelomaiseksi. Oppilaat käyvät asiaa läpi omassa mielessään ja tyytyvät toisen vastaukseen ilman perusteluja.

Argumentaation tasolle 2 ominaista on perustelun pyytäminen. Voi olla, että opettaja pyytää perustelua johonkin tiettyyn kohtaan, mihin oppilas on vastannut ilman perusteluja. Pyydettyä oppilas perustelee vastauksensa. Samalla lailla käy myös oppilaiden välisessä argumentaatiossa. Toinen oppilas ei tajua jotakin kohtaa ja haluaa selvittää itsellensä, miten tämä kohta toimii. Silloin hän pyytää toista oppilasta perustelemaan kantansa. Taso 2 voidaan saavuttaa myös siten, että oppilas perustelee itselleen käytävän asian ääneen loogisen päättelyketjun avulla.

Tasolle 3 ja 4 ominaista on tietynlainen vastatodistus eli esimerkki, joka tukee tiettyä väitettä ja on vastaan jotain toista väitettä. Tasolla 3 tämä vastatodistus voi olla sellainen, että se ei tarkalleen ottaen kerro, miten käydyin asian tilanne toimii ja täten ei kunnolla kumoa vastaväitettä. Tasolle 3 on myös ominaista, että opettaja antaa tämän esimerkin, mutta oppilaiden keskustelu jää tämän jälkeen tasolle 2. Tasolla 4 vastatodistus on selkeämpi, mutta tilanne, miksi tämä esitetään, on sama kuin tasolla

3. Näyttäisi siis siltä, että oppilaiden tai opettajien ymmärrys asioista on selkeämpi ja asian selittäminen toiselle ajaa käyttämään vastatodistuksia.

Keskusteluista ei havaittu yhtäkään tason 5 argumentaatiota, joten tällaiselle keskustelulle ei pysty tämän tutkimuksen perusteella erittelemään syitä.

Simulaatio- ja oppilastyöopetuksen argumentaatiossa ei ole merkittävää tasoeroa. Muut syyt näyttävät vaikuttavan enemmän paremman argumentaation muodostumiseen kuin pelkät opetusmenetelmien erot simulaatio- ja oppilastyöopetuksessa. Tärkeämpänä sanomille voidaan pitää sitä, että joko opettaja tai toinen oppilas pyytää perustelemaan toisen kantaa. Tällöin oppilas joutuu perustelemaan väitteensä sanallisessa muodossa. Lisäksi se, kuinka hyvin oppilas tietää asiasta vaikuttaa asiaan; jos molemmat keskustelijat on perillä asiasta voi argumentaatio olla hyvin luettelomaista. Toisaalta myös oppilaan omanlainen ajatusmaailma saattaa johtaa käyttämään perusteluja puheessa. Näyttäisi siis siltä, että argumentaation tasoa ei voi käyttää perusteluna simulaatio- tai oppilastyöopetuksen paremmuudelle.

Jos halutaan käyttää tiettyä opetuskeinoa argumentaation käytön vahvistamiselle, ei simulaatio- tai oppilastyöopetuksella ole suurta eroa. Enemmän näyttäisi vaikuttavan tehtävien muotoilu sekä opettajien kyky pyytää perusteluja siten, että oppilaat joutuisivat itse asioita pohtimaan. Tämä voisikin olla yksi lisätutkimuksen kohde. Tehtäisiin vastaavanlainen tutkimus, mutta lisätään kaksi muuta ryhmää, joiden tehtävien annossa on otettu huomioon argumentaation kehitys. Lisäksi voisi olla vertailtavina sellaisia ryhmiä, joille on varta vasten ennen töiden tekemistä kerrottu, minkälainen on hyvä vastaus tehtävään.

Viitteet

- [1] Opetushallitus, Perusopetuksen perusopetussuunnitelman perusteet 2004, Vammalan Kirjapaino Oy (2004), 18 ja 42–43
- [2] S. Chen: "The view of scientific inquiry conveyed by simulation-based virtual laboratories", *Computers & Education* (2010), **55**, 1123–1130
- [3] J.M. Loomis, S.J. Lederman, Tactual perception, in: K.R. Boff, L. Kaufman, J.P. Thomas (Eds.), "Cognitive processes and performance, Handbook of perception and human performances", Vol. 2, Wiley, New York (1986), 1–42
- [4] L. Flick: "The meanings of hands-on science", *Journal of Science Teacher Education* (1993), **4**, 1–8
- [5] S. Millar: "Memory in touch", *Psicothema* (1999), **11**, 747–767
- [6] G.M. Jones, T. Andre, R. Superfine, R. Taylor: "Learning at the nanoscale: the impact of students' use of remote microscopy on concepts of viruses, scale, and microscopy ", *Journal of Research in Science Teaching* (2003), **40**, 303–322
- [7] J. O. Campbell , J. R. Bourne, P. Mosterman, A. J. Brodersen: "The Effectiveness of Learning Simulations for Electronic Laboratories", *Journal of Engineering Education* (2002), **91**, 81–87
- [8] C.E. Wieman, W.K. Adams, K.K. Perkins: "PhET: Simulations that enhance learning", *Science* (2008), **322**, 682–683
- [9] S. Hennessy, R. Deaney, K. Ruthven: "Situated expertise in integrating use of multimedia simulation into secondary science teaching", *International Journal of Science Education* (2006), **28**, 701–732
- [10] Y.-S. Hsu, R.A. Thomas: "The impacts of a web-aided instructional simulation on science learning", *International Journal of Science Education* (2002), **24**, 955–979
- [11] W. Winn, F. Stahr, C. Sarason, R. Fruland, P. Oppenheimer, Y.-L. Lee: "Learning oceanography from a computer simulation compared with direct experience at sea", *Journal of Research in Science Teaching* (2006), **43**, 25–42
- [12] M. Wiser, T.G. Amin: "Computer-based interactions for conceptual change in science", *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice* (eds M. Limon, L. Mason), (2002) , 357–387, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands

- [13] N.D. Finkelstein, W.K. Adams, C.J. Keller, C.J. Kohl, K.K. Perkins, N.S. Podolefsky, S. Reid, R. LeMaster: "When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment", *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* (2005), **1**, 1–8
- [14] P. Kirschner, W. Huisman: "Dry laboratories in science education; computer-based practical work", *International Journal of Science Education* (1998), **20**, 665–682
- [15] R.F. Gunstone, A.B. Champagne: "Promoting conceptual change in the laboratory", *The Student Laboratory and the Science Curriculum* (ed. E. Hegarty-Hazel), (1990), 159–182, Routledge, London
- [16] R.N. Steinberg: "Computers in teaching science: to simulate or not to simulate?", *American Journal of Physics* (2000), **68**, S37–S41.
- [17] M. Wiser, T. G. Amin: "Is heat hot?" Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena", *Learning and Instruction* (2001) , **11**, 331–355
- [18] S. Hennessy, T. O'Shea: "Learner perceptions of realism and "magic" in computer simulation", *British Journal of Educational Technology* (1993), **24**, 125–138
- [19] M. Ronen, M. Eliahu: "Simulation- A bridge between theory and reality: The case of electric circuits", *Journal of Computer Assisted Learning* (2000), **16**, 14–26
- [20] P. Tao, R. Gunstone: "The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction", *Journal of Research in Science Teaching* (1999), **36**, 859–882
- [21] S. Erduran, S. Simon, J. Osborne: "TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse", *Wiley InterScience* (2004), 915–933
- [22] J. Osborne, S. Simon, A. Christodoulou, C. Howell-Richardson, K. Richardson: "Learning to Argue: A Study of Four Schools and Their Attempt to Develop the Use of Argumentation as a Common Instructional Practice and its Impact on Students", *Journal of Research in Science Teaching* (2013), **50**, 315–347
- [23] J. Osborne: "Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse", *Science*, **328**, 463 (2010)
- [24] R. R. Hake, *Am. J. Phys.* **66**, 64 (1998)

- [25] D. Kuhn: "The skills of argument", UK: Cambridge University Press. (1991)
- [26] J. Osborne, S. Erduran, S. Simon: "Enhancing the Quality of Argumentation in School Science", *Journal of Research in Science Teaching* (2004), **41**, 994–1020
- [27] P. M. Kind, V. Kind, A. Holfstein, J. Wilson: "Peer Argumentation in the School Science Laboratory—Exploring effects of task features", *International Journal of Science education* (2011), **33**, 2527–2558

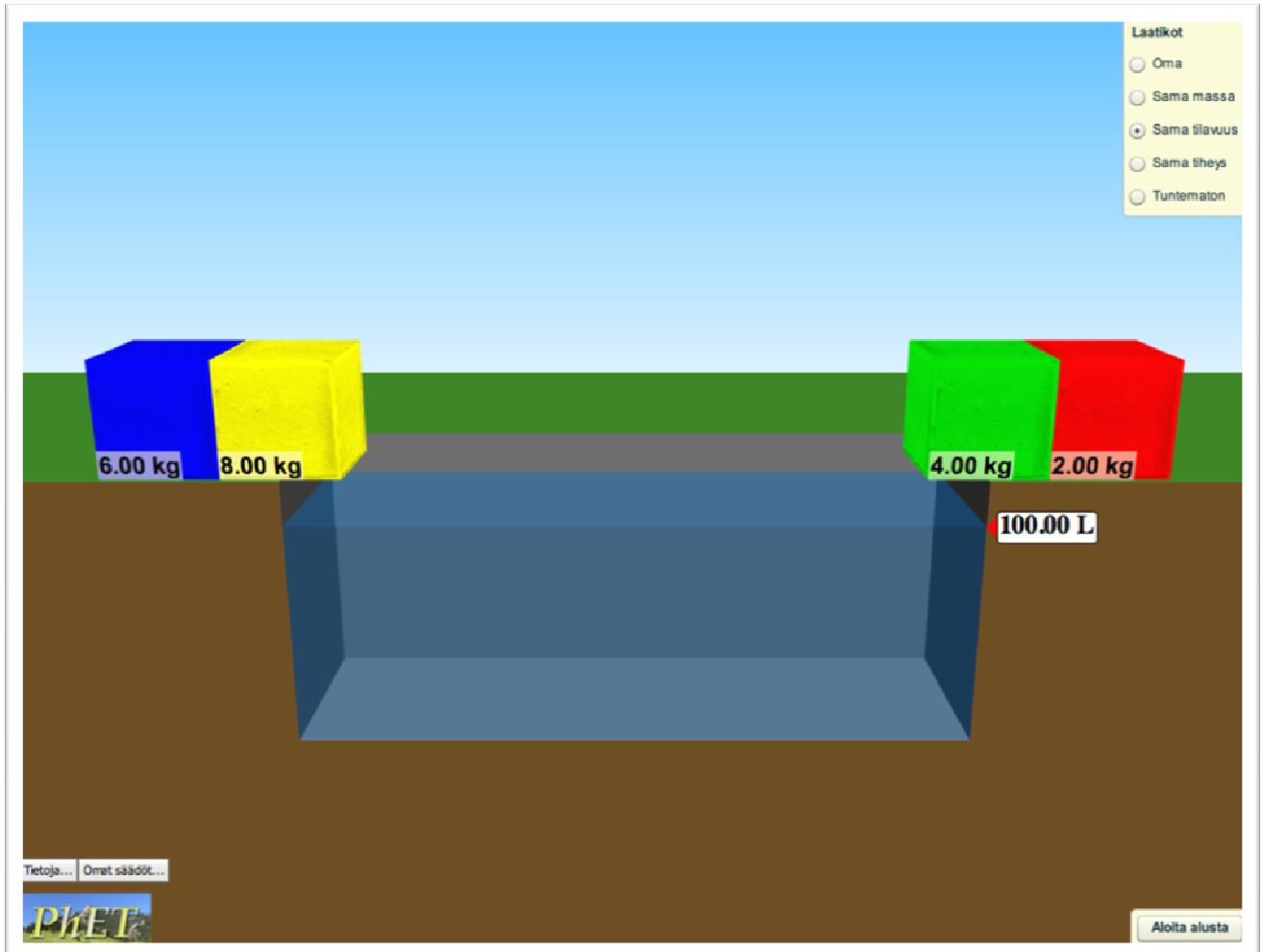
8 Liitteet

8.1 Liite 1: Simulaatioryhmän tiheyden tehtävät

Nimi:

Tiheys

- Tiedetään, että tiheys riippuu vain kappaleen massasta ja tilavuudesta. Tehtäväsi on seuraavien tutkimusten avulla selvittää miten.



- Valitse kaikille kappaleille "Sama tilavuus" oikeasta laidasta.
 - Siirrä tämän jälkeen kaikki kappaleet altaan päälle ja pudottele niitä altaaseen.
- 1) Mitkä kappaleet uppoavat?

2) Miten tiheys tämän perusteella riippuu massasta?

- Valitse kaikille kappaleille "Sama massa" ja tee kuten edellisessä kohdassa.

3) Mitkä kappaleet uppoavat?

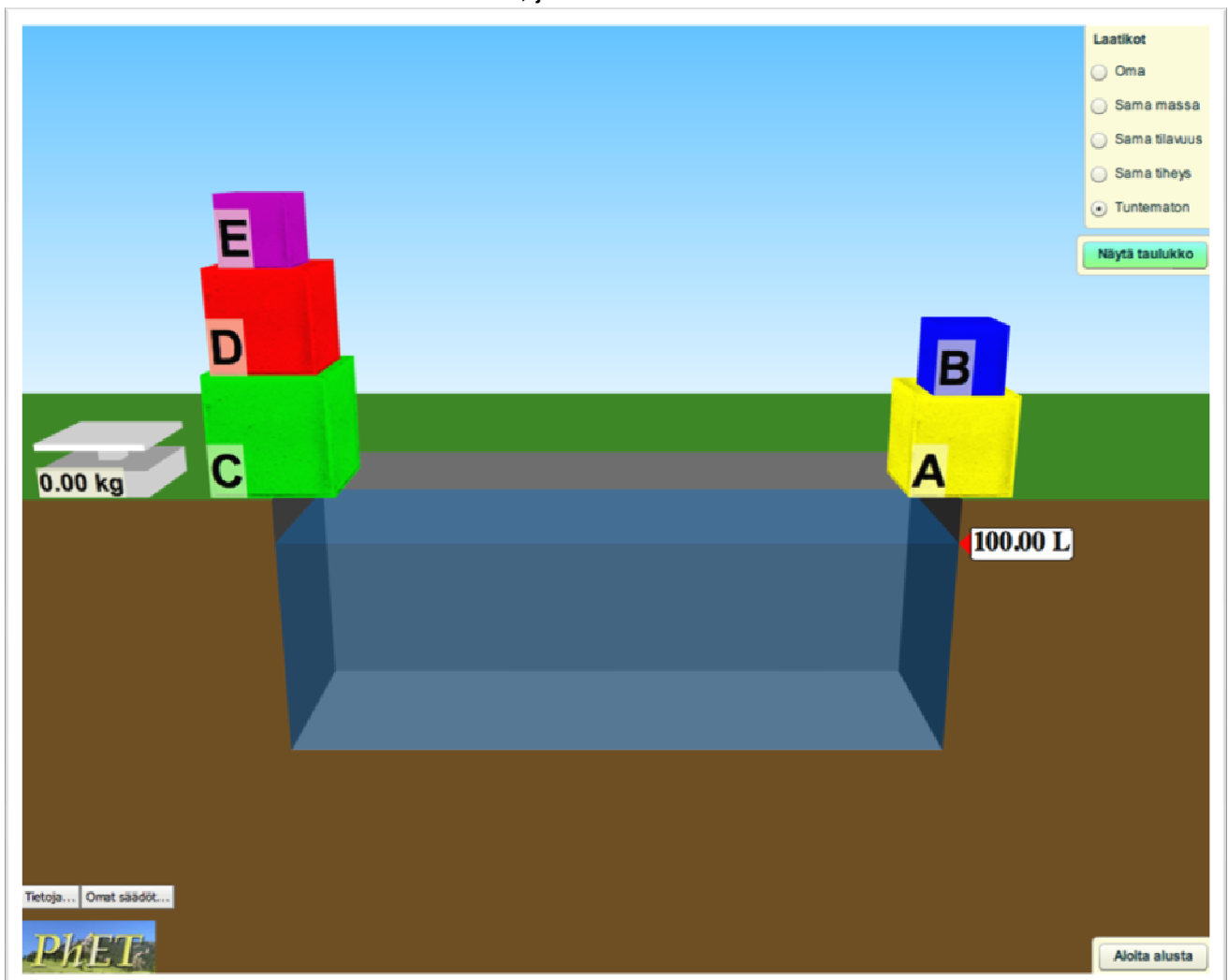
4) Mitä huomaat? Mitä voit tämän perusteella sanoa tilavuuden vaikutuksesta tiheyteen?

5) Täydennä. Tiheys on suure, joka saadaan jakamalla kappaleen _____ sen _____,

eli tiheys = _____, ja tiheyden perusyksikkö on _____, mutta joskus

käytetään vaihtoehtoisia yksiköitä $\frac{g}{cm^3}$ tai $\frac{kg}{l}$.

- Valitse oikeasta reunasta "Tuntematon", jolloin saat viisi erilaista kuutiota.



6) Pistä nämä kuutiot järjestykseen tiheyden mukaan ja määritä jokaisen kuution tiheys. Vaaka, jolla voit mitata punnusten massan löytyy kuvan vasemmasta reunasta.

7) Päättelä mitä ainetta kukin kuutio on oikeasta reunasta avautuvan taulukon avulla.

8) Olisiko päättely onnistunut, jos tietäisit pelkästään joko kuution massan tai tilavuuden? Perustele vastauksesi.

- Valitse oikeasta reunan valikosta "Oma", ja sen jälkeen vasemmasta reunasta "Materiaali".
- Muuta nyt puukuution tilavuutta ja massaa.

9) Saatko puukuution mitenkään uppoamaan vesialtaan pohjalle? Vertaa puun ja veden tiheyttä $\left(1 \frac{\text{kg}}{\text{l}}\right)$. Mikä on puun tiheys?

- Toista samat tutkimukset myös jää- ja alumiinikappaleille, sekä tiilelle ja vastaa edellisen 9)-kohdan kysymyksiin.

10) Milloin kiinteä kappale uppoaa nesteeseen ja pysyy upoksissa?

11) Uppoaisiko rauta (tiheys $7860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) elohopeaan (tiheys $13534 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)?

8.2 Liite 2: Simulaatioryhmän nosteen tehtävät

Noste

- Avaa simulaatio ja klikkaa vasemmasta yläreunasta "leikkikenttä". Mittaa tämän jälkeen erilaisten materiaalien (styroksi, puu, jää, tiili ja alumiini) painon aiheuttamat voimat oikeassa laidassa olevalla voimamittarilla. Muistathan, että yksi kilogramma aiheuttaa noin 10 N voiman.

$1 \text{ kg} \approx 10 \text{ N}$.

1) Voimien suuruudet eri kappaleille ilmassa olivat:

2) Mittaa eri kappaleiden painon aiheuttamien voimien suuruudet vedessä olevalla voimamittarilla. Voimien suuruudet eri kappaleille vedessä olivat:

- Vertaile eri kappaleiden aiheuttamia voimia vedessä ja ilmassa.

3) Mitä voit sanoa tiilen ja alumiinin painosta vedessä ja ilmassa? Kuinka monta newtonia kumpikin kappale kevenee?

4) Miten saisit selville tiili- ja alumiinikuutioiden tilavuudet edellisten tehtävien perusteella? Mitkä ne ovat?

5) Laske seuraavaksi tiili- ja alumiinikuutioiden tiheydet edellisten tehtävien perusteella.

6) Sinulla on käytössäsi edelleen samat kappaleet. Muutat altaassa olevaa nestettä vedestä oliiviöljyyn ja sitten vielä hunajaan. Arvioi mitä kappaleille tapahtuu eri nesteissä. Laita rasti ruutuun. **HUOM! Tämän tehtävän aikana et saa käyttää simulaatiota!**

Arviointi:

vedessä	uppoaa tiheys	kelluu $(1 \frac{g}{cm^3})$
styrokso		
puu		
jää		
tiili		
alumiini		
bensiinissä	tiheys	$(0,7 \frac{g}{cm^3})$
styrokso		
puu		
jää		
tiili		
alumiini		
hunajassa	tiheys	$(1,42 \frac{g}{cm^3})$
styrokso		
puu		
jää		
tiili		
alumiini		

7) Tee sama tehtävä kuin edellä, mutta **käytä simulaatiota apuna**. Simulaation alareunasta pystyt vaihtamaan altaassa olevan nesteen tiheyttä.

Kokeilu:
uppoaa **kelluu**

vedessä

styroksi		
puu		
jää		
tiili		
alumiini		

bensiinissä

styroksi		
puu		
jää		
tiili		
alumiini		

hunajassa

styroksi		
puu		
jää		
tiili		
alumiini		

8) Jos hyppäisit suureen bensiinialtaaseen, niin uppoaisitko vai kelluisitko? Olisiko bensiinissä uiminen mahdollista? Pohdi asioita, jotka vaikuttavat uimiseen.

8.3 Liite 3: vertailuryhmän tiheyden tehtävät

Tiheys

- Tiedetään, että tiheys riippuu vain kappaleen massasta ja tilavuudesta. Tehtäväsi on seuraavien tutkimusten avulla selvittää miten.



- Valitse **tilavuudeltaan** samankokoisia kappaleita, jotka on tehty puusta, korkista, alumiinista, raudasta ja kuparista. Opettajan pöydällä on vaaka, jota voit käyttää tarvittaessa.
- Pudottele kappaleita vesiastiaan.

1) Mitkä kappaleet uppoavat?

2) a) Miten kappaleen kelluminen/uppoaminen riippuu massasta?

b) Miten tiheys tämän perusteella riippuu massasta?

- Valitse seuraavaksi **massaltaan** samanlaisia kappaleita (puupalikka, alumiinitanko, rautatanko, messinkitanko ja styroksilaatikko), joiden massa on 100 g ja tee kuten edellisessä kohdassa.

3) Mitkä kappaleet uppoavat?

4) a) Mitä huomaat? Miten kappaleen kelluminen/uppoaminen riippuu kappaleen tilavuudesta?

b) Mitä voit tämän perusteella sanoa tilavuuden vaikutuksesta tiheyteen?

5) Täydennä. Tiheys on suure, joka saadaan jakamalla kappaleen _____ sen _____,

eli tiheys = $\frac{m}{V}$, ja tiheyden perusyksikkö on $\frac{kg}{m^3}$, mutta joskus

käytetään vaihtoehtoisia yksiköitä $\frac{g}{cm^3}$ tai $\frac{kg}{l}$.

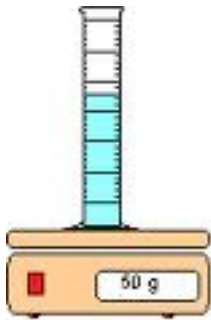
6) Valitse viisi eri materiaalista valmistettua esinettä ja mittaa niiden massa ja tilavuus. Laske tämän jälkeen kappaleiden tiheys.

- Massan voit määrittää vaa'alla.

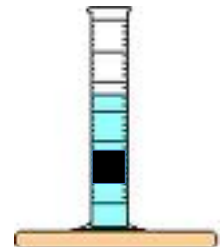
- Tilavuuden voit määrittää

a) joko laskemalla suorakulmaisen särmiön tilavuuden (kanta x korkeus x syvyys) tai

b) laittamalla vettä 100 ml mittalasiin noin puoleen väliin ja upottamalla tämän jälkeen kappale veteen **kokonaan**. Merkitse muistiin kuinka monta millilitraa veden korkeus nousee. Muista, että $1\text{ ml} = 1\text{ cm}^3$.



materiaali	tiheys $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$
alumiini	2,7
korkki	0,2–0,5
puu	0,4–0,7
rauta	7,9
kupari	8,9
styrokksi	0,02
messinki	8,4
vesi	1,0
magnesium	1,74



7) Päätele mitä ainetta kukin kappale on ohessa olevan taulukon avulla.

8) Olisiko päättely onnistunut, jos tietäisit pelkästään joko kuution massan tai tilavuuden? Perustele vastauksesi.

9) Saatko puukuution mitenkään uppoamaan vesialtaan pohjalle? Kokeile kahta erikokoista puukappaletta. Vertaa puun ja veden tiheyttä $\left(1 \frac{kg}{l}\right)$. Mikä on puun tiheys?

• Toista samat tutkimukset myös korkki- ja alumiinikappaleille sekä vastaa edellisen 9)-kohdan kysymyksiin.

10) Milloin kiinteä kappale uppoaa nesteeseen ja pysyy upoksissa?

11) Uppoaisiko rauta (tiheys $7860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) elohopeaan (tiheys $13534 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)?

8.4 Liite 4: vertailuryhmän nosteen tehtävät

Noste

- Kerää pulpetillesi seuraavat kappaleet: alumiini-, rauta- ja messinkitanko. Mittaa näiden kappaleiden painon aiheuttamat voimat jousivaa'alla sekä ilmassa että vedessä. Muistathan, että yksi kilogramma aiheuttaa noin 10 N voiman. $1 \text{ kg} \approx 10 \text{ N}$.

1) Voimien suuruudet eri kappaleille ilmassa olivat:

2) Voimien suuruudet eri kappaleille vedessä olivat:

- Vertaile eri kappaleiden aiheuttamia voimia vedessä ja ilmassa.

3) Mitä voit sanoa alumiini-, rauta- ja messinkitangon painosta vedessä ja ilmassa? Kuinka monta newtonia kukin kappale kevenee?

4) Selvitä alumiini-, rauta- ja messinkitangon tilavuudet edellisten tehtävien perusteella? Mitkä ne ovat?

5) Laske seuraavaksi alumiini-, rauta- ja messinkitangon tiheydet edellisten tehtävien perusteella.

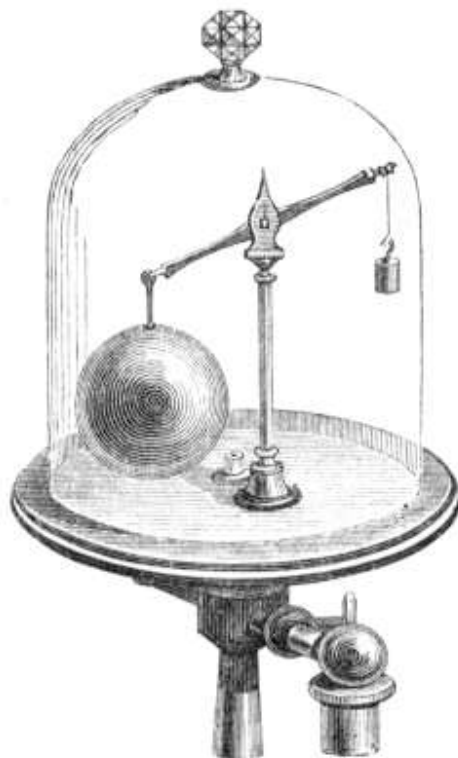


6) Sinulla on käytössäsi styrokssi-, puu-, jää- ja alumiinikappaleet sekä ihminen. Muutat altaassa olevaa nestettä vedestä oliiviöljyyn ja sitten vielä hunajaan. Arvioi mitä kappaleille ja ihmiselle tapahtuu eri nesteissä. Laita rasti ruutuun. Sinulle on annettu avuksi nesteiden ja kappaleiden tiheydet.

vedessä	Arviointi:	
	uppoaa tiheys	kelluu $(1 \frac{g}{cm^3})$
styroksi		
puu		
jää		
ihminen		
alumiini		
oliiviöljyssä	tiheys	$(0,92 \frac{g}{cm^3})$
styroksi		
puu		
jää		
ihminen		
alumiini		
hunajassa	tiheys	$(1,42 \frac{g}{cm^3})$
styroksi		
puu		
jää		
ihminen		
alumiini		

materiaali	tiheys $(\frac{g}{cm^3})$
alumiini	2,7
korkki	0,2–0,5
puu	0,4–0,7
bensiini	0,7
kupari	8,9
styroksi	0,02
jää	0,91
vesi	1,0
ihminen	0,97

7) Jos hyppäisit suureen bensiinaltaaseen, niin uppoaisitko vai kelluisitko? Olisiko bensiinissä uiminen mahdollista? Pohdi asioita, jotka vaikuttavat uimiseen.



8.5 Liite 5: alku- ja lopputesti

Nimi ja luokka: _____

Alkutesti tiheydestä


1. Merkitse, onko väittämä oikein (O) vai väärin (V).

- a) Tiheys tarkoittaa samaa asiaa kuin massa.
- b) Kappaleen tiheys on massa jaettuna tilavuudella.
- c) Rauta on vettä tiheämpää.
- d) Kivi uppoaa, koska sen tiheys on pienempi kuin veden.
- e) Painavat kappaleet uppoavat aina.
- f) Ihmisen massa vaikuttaa siihen kelluuko ihminen vai ei.
- g) Kaikilla aineilla on sama tiheys.

	O	V
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		
f)		
g)		



materiaali: muovinen jääkiekko
massa: 18 g
tilavuus: 8,23 cm³
tiheys: 2,19 g/cm³



materiaali: metallinen jääkiekko
massa: 26 g
tilavuus: 38 cm³
tiheys: 0,68 g/cm³

2. a) Kelluuko vai uppoaako muovinen jääkiekko veteen? Perustele vastauksesi.

b) Kelluuko vai uppoaako metallinen jääkiekko veteen? Perustele vastauksesi.

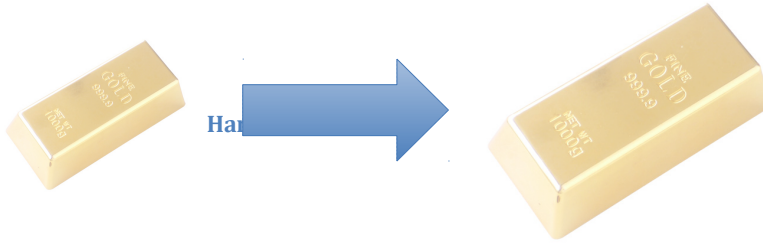
3. Miksi teräksestä tehdyt suuret laivat pysyvät veden pinnalla?

4. Selitä omin sanoin mitä tiheys tarkoittaa.

Nimi ja luokka: _____

5. Opettaja antaa sinulle kaksi kultaharkkoa, jotka on tehty puhtaasta kullasta (Au). Mitkä väittämät pitävät paikkaansa, kun vertaillaan harkkoa 1 ja harkkoa 2? Harkko 2 on kooltaan isompi.

Harkko 1



Ympyröi oikea väittämä. Vastauksia voi olla yksi tai useampi.

- a) Kultaharkkojen massat ovat samat.
- b) Kultaharkkojen tilavuudet ovat erilaiset.
- c) Kultaharkkojen tiheys on yhtä suuri.
- d) Kultaharkkojen rahallinen arvo on yhtä suuri.

6. Tilasit Fysiikan maailma -lehden ja sait postissa tilaajalahjaksi hopeasta tehdyn 10 senttiä pitkän Ferrari -leikkiauton. Lahjan arvon kerrottiin olevan 300 €. Epäilet, että Ferrari on tehty jostain halvemmasta materiaalista kuin hopeasta. Sinulla on käytössä fysiikan luokan välineet.

Miten pystyisit määrittämään, onko Ferrari tehty oikeasti hopeasta? Selitä niin tarkasti, että jokin ulkopuolinen henkilö pystyisi ohjeidesi avulla tekemään saman. **Voit sekä kirjoittaa että piirtää.**

8.6 Liite 6: Simulaatio- ja vertailuryhmän argumentoinnin tasojen tulokset taulukoituna

Taulukko 3: Simulaatioryhmien tulokset tiheydestä

Ryhmä 1		Ryhmä 2		Ryhmä 3		Ryhmä 4		Ryhmä 5	
Taso	lkm	Taso	lkm	Taso	lkm	Taso	lkm	Taso	lkm
1	5	1	4	1	4	1	2	1	4
2	1	2	1	2	3	2	3	2	7
3	0	3	0	3	0	3	0	3	2
4	0	4	0	4	0	4	0	4	0
5	0	5	0	5	0	5	0	5	0

Taulukko 4: Simulaatioryhmien tulokset nosteesta

Ryhmä 1		Ryhmä 2		Ryhmä 3		Ryhmä 4		Ryhmä 5	
Taso	lkm	Taso	lkm	Taso	lkm	Taso	lkm	Taso	lkm
1	0	1	3	1	4	1	3	1	0
2	5	2	0	2	0	2	1	2	3
3	1	3	0	3	0	3	0	3	0
4	0	4	0	4	0	4	0	4	2
5	0	5	0	5	0	5	0	5	0

Taulukko 5: Vertailuryhmien tulokset tiheydestä

Ryhmä 6		Ryhmä 7		Ryhmä 8		Ryhmä 9	
Taso	lkm	Taso	lkm	Taso	lkm	Taso	lkm
1	4	1	3	1	7	1	3
2	2	2	5	2	1	2	0
3	0	3	0	3	0	3	1
4	1	4	0	4	1	4	0
5	0	5	0	5	0	5	0

Taulukko 6: Vertailuryhmien tulokset nosteesta

Ryhmä 6		Ryhmä 7		Ryhmä 8		Ryhmä 9	
Taso	lkm	Taso	lkm	Taso	lkm	Taso	lkm
1	3	1	3	1	3	1	4
2	0	2	6	2	4	2	1
3	0	3	1	3	0	3	1
4	0	4	0	4	0	4	0
5	0	5	0	5	0	5	0