



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Luonnontieteiden ja matematiikan integraatio biologian alan oppimistehtävissä

Osmoosi-ilmiö oppimisen kohteena

Miia Alinikula

Biologia (aineenopettajalinja)

Pro gradu -tutkielma

Laajuus: 20 op

24.4.2023

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Pääaine: Biologia

Tekijä(t): Miia Alinikula

Otsikko: Luonnontieteiden ja matematiikan integraatio biologian alan oppimistehtävissä - osmoosi-ilmiö oppimisen kohteena

Ohjaaja(t): Minna Vainio ja Veli-Matti Vesterinen

Sivumäärä: 42 sivua + liitteet 13 sivua

Päivämäärä: 24.4.2023

Peruskoulussa ja lukiassa opiskellaan oppiaineita, jotka perustuvat tieteenaloille, joissa tietoa luodaan tieteenalalle tyypillisin menetelmin ja käsittein. Oikean maailman ilmiöt eivät kuitenkaan noudata tieteenalojen rajoja, vaan usean ilmiön tarkastelussa tarvitaan usean tieteenalan yhdistämistä. Biologia hyödyntää paljon elementtejä muista luonnontieteistä. Tällöin biologian oppimisen edellytyksenä voi olla riittävä osaaminen myös muissa luonnontieteissä ja matematiikassa. Tutkielmassa tarkastellaan biologiaa sivuaineena opiskelevien luokanopettajaopiskelijoiden oppimista biologian oppimistehtävissä Turun yliopiston biologian laitoksen järjestämällä XBIO4098 Eliöiden rakenne, toiminta ja perinnöllisyys -verkkokurssilla, joissa joutuu hyödyntämään biologian lisäksi matematiikan, kemian ja fysiikan osaamista. Tutkielman tarkoitus oli selvittää, millaisen oppimisen tason luokanopettajaopiskelijat voivat saavuttaa oppimistehtävissä heidän luonnontieteiden ja matematiikan osaamistaidoillaan ja tutkia, voiko muiden tieteenalojen kuin biologian heikompi osaaminen vaikuttaa biologian oppimiseen heikentävästi. Oppimiseen voi vaikuttaa todellisen osaamisen lisäksi myös opiskelijan oman osaamisen kokemus, joka vaikuttaa tutkitusti ainakin fysiikassa ja kemiassa opintosuoritukseen heikentävästi. Opiskelijoiden osaamisen tasoa arvioitiin uudistetun Bloomin taksonomian tasojen kautta analysoimalla seitsemän kurssille osallistuneen opiskelijan palauttamia kurssitehtävien vastauksia ja lisäksi haastatteleamalla näistä neljää opiskelijaa, jotta saatiin tarkempi kuva heidän oppimisprosessistaan ja siihen vaikuttavista tekijöistä, jotka eivät liity heidän varsinaiseen asiasisällön osaamiseen. Lisäksi opiskelijoiden omaa kokemusta tieteenalakohtaisesta osaamisesta kysyttiin ennen kurssin alkua lomakekyselyllä. Tutkielmassa selvisi, että opiskelijoiden osaaminen biologiassa ja matematiikassa oli keskimäärin hyvää (ka 3,6 ja 4,3 arvoasteikolla 1-5) ja kemiassa ja fysiikassa keskitasoisia (ka 3 ja 3,1 arvoasteikolla 1-5), joka erosi hieman opiskelijoiden oman osaamisen käsityksestä. Neljä opiskelijaa seitsemästä saavuttivat oppimistehtävässä uudistetun Bloomin taksonomian mukaisia korkean ajattelun taidon merkkipääljuja. Tutkielman tulosten perusteella voidaan varovasti todeta, että heikko osaaminen fysiikassa ja kemiassa voi vaikuttaa vaikeiden ilmiöiden omaksumista biologiassa heikentävästi. Ainakin tässä tutkielmassa opiskelijat kykenivät tasokkaaseen oppimiseen mahdollisista lievistä haasteista huolimatta, mutta liialliset puutteet eri tieteenalojen osaamisessa kuitenkin estää opiskelijaa ratkaisemasta biologian alan oppimistehtävää. Vaikka osalla tutkielmaan osallistuneella opiskelijalla oli huonoja kokemuksia ainakin fysiikan osaamiseen liittyen, opiskelijoiden kokema innostus ja mielenkiinto biologiaa kohti voitti negatiiviset tunteet.

Avainsanat: luonnontieteet, integraatio, ilmiöoppiminen, osmoosi, uudistettu Bloomin taksonomia, minäpystyvyys

SISÄLLYS

1	Johdanto	1
1.1	Oppiaineiden integraatio ja ilmiöoppiminen kouluissa.....	1
1.2	Biologiassa tarvitaan monipuolista luonnontieteiden ja matematiikan hallintaa	5
1.3	Uudistettu Bloomin taksonomia ja ajattelutaidon tasot.....	8
1.4	Minäpystyvyyden vaikutukset suoriutumiseen	10
1.5	Tutkimuskysymykset ja tutkimuksen tarkoitus.....	13
2	Aineisto ja menetelmät	14
2.1	Tutkimusjoukko	14
2.2	Osmoosia käsittelevät oppimistehtävät	14
2.3	Alkukysely ja tutkimuslupa.....	16
2.4	Tehtävävastausten sisällönanalyysi.....	17
2.5	Haastattelu.....	22
3	Tulokset.....	23
3.1	Opiskelijoiden oma arvio oppiainekohtaisesta osaamisestaan.....	23
3.2	Oppiainekohtainen osaamisen arviointi oppimistehtävävastauksista	24
3.3	Oppiaineintegraation onnistuminen ja osaamistavoitteiden saavuttaminen oppimistehtävissä.....	27
3.4	Minäpystyvyyden vaikutukset osaamiseen ja haastattelun tuomat tarkentavat näkökulmat.....	28
3.4.1	Opiskelijan arvio osaamisestaan suhteessa saatuihin tuloksiin	28
3.4.2	Aihealueen hallinnan kokeminen.....	29
3.4.3	Sosiaalinen vertailu.....	30
3.4.4	Palautteen merkitys.....	30
3.4.5	Opiskelijan emotionaalinen tila	31
4	Pohdinta	32
4.1	Luonnontieteiden ja matematiikan hallinta oppimistehtävissä	32
4.2	Uudistetun Bloomin taksonomian tasojen saavuttaminen oppimistehtävien vastauksissa.....	33
4.3	Arvio opiskelijoiden minäpystyvyyden vaikutuksista oppimistuloksiin	35
4.4	Tulosten luotettavuuden arviointi.....	37
4.4.1	Tutkimusjoukon valinta	37
4.4.2	Tieteenalojen luokittelu ja tieteenalan hallintaa koskevat kriteerit.....	37

4.5	Tulosten merkitys ja miten niitä voidaan hyödyntää jatkossa.....	38
5	Kiitokset.....	39
6	Lähteet.....	40
Liitteet		

1 JOHDANTO

1.1 Oppiaineiden integraatio ja ilmiöoppiminen kouluissa

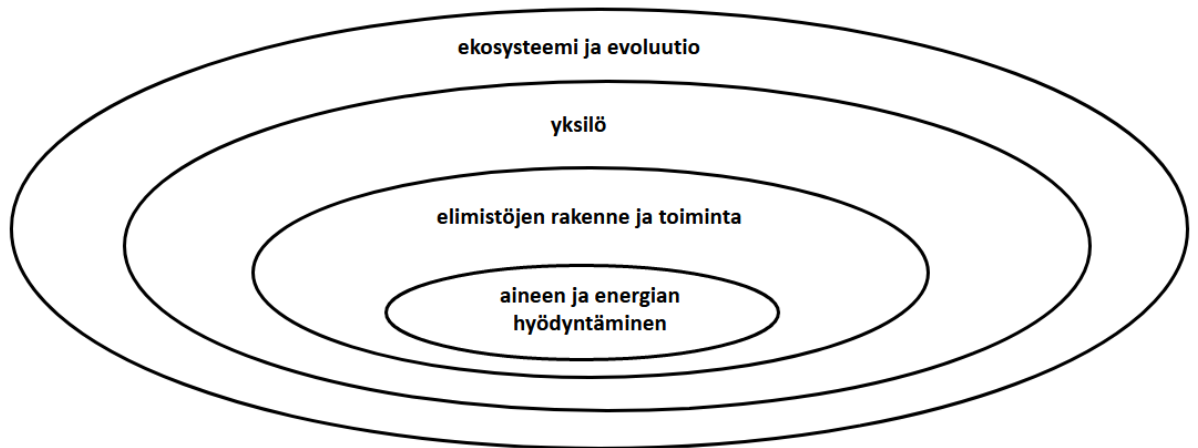
Peruskoulun yläluokilla opiskellaan luonnontieteistä fysiikkaa, kemiaa, maantietoa ja biologiaa sekä toisaalta matematiikkaa erillisinä oppiaineina opetussuunnitelman mukaisesti (Opetushallitus 2014). Lukiossa maantiedon korvaa maantiede, jossa korostuu oppiaineen tieteellinen luonne (Opetushallitus 2015). Peruskoulussa alaluokilla opiskellaan ympäristöoppia, joka yhdistää fysiikan, kemian, biologian ja terveystiedon aiheisältöjä yhtenäiseksi oppiaineeksi, mutta matematiikka on omana oppiaineenaan, jonka opetusmäärä on ympäristöoppiin nähden iso (Opetushallitus 2014). Kouluissa opettavat oppiaineet pohjautuvat tieteenaloille, joiden päämääränä on tiedon luonti omalla tutkimuskentällään.

Matematiikka voidaan nähdä tieteenalana, joka pyrkii löytämään ja ymmärtämään malleja, joita voidaan nähdä paitsi luonnossa, myös ihmismielessä, mutta malleja voi syntyä myös malleista itsestään (Pang & Good 2000). Matematiikka pyrkii siis näkemään johdonmukaisuuksia ja yhteneväisyyksiä systeemeissä loogisen päättelyn avulla (Pang & Good 2000). Matematiikka tieteenalana opettaa myös, miten matemaattisia kaavoja käytetään: miten laskut suoritetaan, mitä matemaattisia merkintätapoja on olemassa ja miten näitä merkkejä käytetään (Zhao 2021).

Luonnontieteet pyrkivät sen sijaan löytämään johdonmukaisuuksia ja yhteneväisyyksiä ulkoisesta maailmasta ja erityisesti luonnosta (Pang & Good 2000). Luonnontieteissä ilmiöitä usein havainnollistetaan matemaattisilla malleilla, mutta luonnontieteissä keskiössä on se, miten erilaiset ilmiöt näkyvät matemaattisissa kaavoissa, erilaisten muuttujien käsitteellistäminen ja niiden välisten suhteiden ymmärtäminen, sekä se, miten kyseiseen matemaattiseen malliin on päädytty (Zhao 2021).

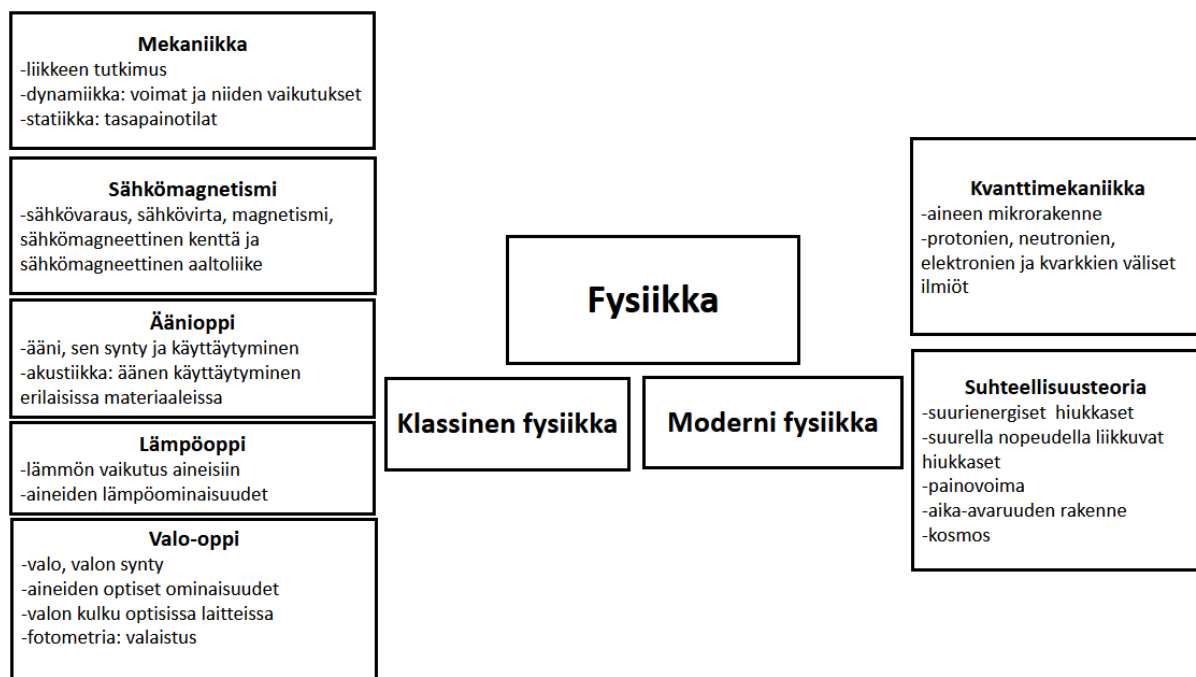
Luonnontieteistä biologia voidaan määritellä esimerkiksi tieteeksi, joka tutkii eliöitä, niiden osia ja eliöiden muodostamia järjestelmiä (Happonen ym. 2020 s.7). Biologiassa elämää voidaan tarkastella erilaisilla tasoilla laajoista kokonaisuuksista, kuten ekosysteemien toiminta, aina pieniä yksityiskohtia tarkastelemaan solubiologiaan (Uitto 2012). Tämä muodostaa biologian sisäistä hierarkiaa, jossa eri biologian tasot ovat

kuitenkin aina vuorovaikutuksessa keskenään (Uitto 2012). Biologia ei ole kuitenkaan koskaan riippumatonta muista luonnontieteistä, sillä mitä mikroskooppisemmalla tasolla biologiaa tarkastellaan, sitä vahvemmin biologia lähenee tieteenalana fysiikkaa ja kemiaa. Tämä on nähtävissä hyvin kuvasta 1, jossa biologian sisäinen hierarkia ja tarkastelutasot on havainnollistettu kaaviolla, jossa alin hierarkia on jo hyvin lähellä fysiikan ja kemian tutkimuskohteita.



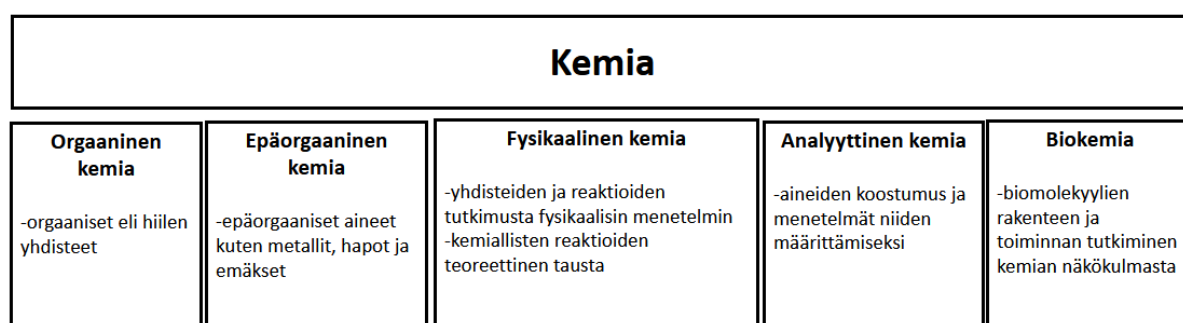
Kuva 1. Biologian tutkimuskohteita eri tarkastelutasoilla. Kuva mukailtu lähteestä Uitto 2012.

Fysiikka ja kemia ovat monelta osin toisiinsa kytkeytyviä tieteenaloja, eikä niiden erottaminen toisistaan ole kovin selvärajaista (Leimu 1974). Fysiikka on tieteenala, joka tutkii luonnonilmiöitä ja niitä selittäviä lainalaisuuksia (Lehto ym. 2018 s. 12) ja toisaalta luonnon toiminnan mittaamistapojen ja –laitteiden kehittämistä (Lehto ym. 2018 s.7). Fysiikan toimintatapoihin kuuluu kuvata luontoa ja sen ilmiöitä malleilla (Viiri 2012). Usein nämä mallit ovat matemaattisia malleja, mutta fysiikassa voidaan käyttää myös muita, fysiikalle tyyppisiä malleja kuten molekyyylimalleja ja esimerkiksi käden liikkeillä kuvattu liikkeen etenemisen malli tai verbaalinen, metaforinen malli (Viiri 2012). Fysiikan tieteenalaan kuuluu paitsi näiden mallien konstruointi, myös ilmiön selittäminen rakennetun mallin avulla ja rakennetuilla malleilla ilmiön ennustamista (Viiri 2012). Fysiikan tutkimuskohteita on esitelty kuvassa 2.



Kuva 2. Fysiikan tutkimuksen osa-alueet. Mukailtu lähteistä Lehto ym. 2005 ja Hatakka ym. 2009.

Kemia taas tutkii aineita ja niiden ominaisuuksia ja niissä tapahtuvia reaktioita (Koskinen & Koskinen 2016 s. 6). Aiemmin fysiikan ja kemian välistä eroa tieteenaloina määriteltiin sillä, että kemiassa aineet muuttuvat toisiksi aineiksi, kun taas fysiikassa muuttuvat vain aineiden ominaisuudet, mutta tämä määritelmä ei ole enää nykyisin kovin tarkoituksenmukainen (Leimu 1974). Kemian tutkimuskenttää havainnollistetaan kuvassa 3, josta huomataan kemian ja fysiikan läheinen yhteys muun muassa yhdisteiden ja reaktioiden tutkimusmenetelmissä.



Kuva 3 Kemian tutkimuksen osa-alueet. Lähde: Kemianliitto ja Helsingin yliopiston tiedekasvatus.

Monialainen oppiminen tarkoittaa koulumaailmassa sitä, että maailmaa tarkastellaan teemoittain. Yksittäinen perinteinen kouluoppiaine tarjoaa teemaan vain yhden näkökulman, mutta teemojen kokonaisvaltaiseen ymmärtämiseen tarvitaan usean eri oppiaineiden näkökulmien yhdistämistä eli oppiaineiden integraatiota (Cantell 2015).

Ilmiöpohjainen oppiminen tarkoittaa juuri tällaista monialaista oppimista, jossa tarjolla olevaa ilmiötä ratkaistaan monitieteellisesti (Lonka ym. 2018). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa monialaisuus ja oppiaineiden integrointi mainitaan yhdeksi tärkeäksi osaksi, joka tukee opiskeltavien oppiaineiden välisten suhteiden ja keskinäisten riippuvuuksien ymmärtämistä ja kokonaiskuvan luomista ympäröivästä maailmasta (Opetushallitus 2014).

Perusopetuksessa oppiaineiden integraatiota tulee toteuttaa tarjoamalla perusopetuksessa olevalle oppilaalle vähintään kerran lukuvuodessa yksi monialainen oppimiskokonaisuus, jossa jotakin ilmiötä tai teemaa tarkastellaan monialaisesti oppiaineiden rajat ylittäen (Opetushallitus 2014). Monialaisuus ja monialaiset oppimiskokonaisuudet ovat peruskoulussa yksi tärkeä keino saavuttaa opetussuunnitelman perusteissa mainittuja laaja-alaisia oppimistavoitteita ja siten yleissivistystä (Opetushallitus 2014). Nyt voimassa olevassa lukion opetussuunnitelman perusteissa esitetään teemaopintoja ja niihin laadittuja kurseja, jotka mm. edistävät monitieteellistä ajattelua (T01) ja aihekokonaisuudet, jotka ovat oppiainerajat ylittäviä teemoja, jotka tukevat niin ikään opiskelijan laaja-alaista osaamista ja yleissivistystä (Opetushallitus 2015). Uudessa voimaan tullessa lukion opetussuunnitelmassa monitieteinen ja luova osaaminen on myös yksi opetuksen laaja-alaisista osatavoitteista, jolla pyritään hyvään yleissivistykseen, kestävän tulevaisuuden rakentamiseen ja esimerkiksi vahvoihin työelämätaitoihin (Opetushallitus 2019). Monialaiset ilmiöt ovat siis yksi opetussuunnitelmien ja nykypäivän osaamisen kulmakiviä.

Tieteenalojen integraatiota on käsitteenä vaikea määritellä, koska sitä voi toteuttaa monella eri tavalla sen määritelmästä riippuen (Hurley 2001). Integraatio voidaan muodostaa luonnontieteiden ja matematiikan välillä viidellä eri tasolla, joista löyhin käytäntö tarkoittaa aiheen käsittelyä eri luonnontieteenalojen ja matematiikan kannalta peräkkäin (Hurley 2001). Näkökulmia voidaan käsitellä myös rinnakkain samanaikaisesti (Hurley 2001). Toisaalta luonnontieteitä ja matematiikkaa voidaan opettaa osittain yhdessä ja osittain erikseen yksittäisten tieteenalojen näkökulmasta (Hurley 2001). Tehostetusti integroiduksi opetuksiksi katsotaan sellainen opetus, jossa on jokin pääasiallinen näkökulma joko luonnontieteistä tai matematiikasta, mutta muita tieteenaloja esiintyy tehtävänannossa pääasiallisen tieteenalan lisäksi (Hurley 2001). Syvin integraation muoto on sellainen, että kaikkia tieteenaloja opetetaan samanaikaisesti niin, että kaikkien tieteenalojen painotus on yhdenvertaista, eli niin kutsuttu totaalinen

integraatio (Hurley 2001). Aikaisemmissa kvantitatiivisissa tutkimuksissa luonnontieteiden ja matematiikan integraatio on tuottanut kontrolliryhmiin nähden vain pieniä tai korkeintaan keskinkertaisia hyötyjä, eivätkä kvalitatiiviset tutkimukset ole tuoneet juurikaan lisäarvoa kvantitatiivisilla tutkimuksilla saatuun käsitykseen integraation tehokkuudesta oppimismenetelmänä (Hurley 2001). Luonnontieteissä uusimmat tutkimukset kuitenkin näyttävät, että integroitu opetus luonnontieteissä ja matematiikassa saavuttaisi parempia tuloksia, kuin aiemmat tutkimukset ennen 1980-lukua (Hurley 2001). Integroidun opetuksen tehokkuus perinteisiin opetusmenetelmiin nähden käy ilmi silloin, kun tarkastellaan eri integraation tasojen vaikutusta oppimistuloksiin (Hurley 2001). Totaalinen integraatiomenetelmä on integraatiomenetelmistä selvästi tehokkain integraatiomuoto ja tehostettu integraatiomuoto toiseksi tehokkainta, ollen kuitenkin muita integraatiomuotoja selvästi parempi (Hurley 2001). Tutkimusten perusteella integroitu luonnontieteiden ja matematiikan opetus tuottaa parempia oppimistuloksia luonnontieteissä, kuin matematiikassa (Hurley 2001). Parhaat oppimistulokset saavutetaan sillä, että opiskelija osaa yhdistää matemaattisen näkökulman luonnontieteelliseen näkökulmaan opetuksen yhteydessä, kun hän opiskelee jotakin ilmiötä (Zhao 2021). Opiskelijoilla on kuitenkin tutkimuksessa havaittu olevan vaikeuksia matemaattisen kaavan ja ilmiön toisiinsa yhdistämisessä, jolloin oppiminen jää vaillinaiseksi (Zhao 2021). Tutkielmassa esille tulevaa integraatiota tutkitaan kohteena olevasta biologian alan oppimistehtävästä, joka on luonteeltaan tehostettua integraatiota.

1.2 Biologiassa tarvitaan monipuolista luonnontieteiden ja matematiikan hallintaa -esimerkkinä osmoosi

Luonnontieteet ja matematiikka ovat luonteeltaan monessa suhteessa samankaltaisia, koska ne esimerkiksi pyrkivät löytämään johdonmukaisuuksia maailmassa, selittämään asioiden välisiä suhteita ja lisäksi ne perustuvat samankaltaisiin tiedonhankintamenetelmiin ja ongelmanratkaisuun (Pang & Good 2000). Siten on perusteltua, että juuri luonnontieteitä ja matematiikkaa kannattaa käyttää integroituna, kun opiskelija yrittää ratkaista johonkin luonnonilmiöön liittyvää tehtävänasettelua (Pang & Good 2000). Biologian kannalta tärkeimpiä lähitieteitä ovat matematiikka ja

luonnontieteistä fysiikka ja kemia. Fysiologia on biologian haara, joka tutkii eliöiden ja niiden osien toimintaa (Roux 2014) ja jossa tarkastellaan ilmiötä, joiden tarkastelussa kohtaa välillä myös fysiikan, kemian ja matematiikan käsitteisiin ja menetelmiin. Yksi sellainen ilmiö on osmoosi, jonka periaatteen ymmärtäminen vaatii monenlaista osaamista eri tieteenaloista (Marbach & Bocquet 2019). Tällöin opiskelijan osaaminen näissä tieteenaloissa voi vaikuttaa opiskelijan suoriutumiseen biologian oppimistehtävässä, jossa osmoosi pitäisi ilmiönä ymmärtää.

Osmoosi määritellään veden diffuusioksi puoliläpäisevän kalvon läpi, jolloin kalvon eri puolien väkyyserot tasoittuvat vesimolekyylien siirtyessä laimeammasta systeemistä väkevämpään (Tieteen termipankki 2023a). Vesimolekyylien liike perustuu molekyylien lämpöliikkeeseen, joka on lämpöoppia ja siten fysiikan tutkimusalaa (kuva 2), veden väkyyteen vaikuttavat erilaiset siihen liukenevat molekyylit, kuten NaCl eli suola, joka liukenee veteen Na^+ ja Cl^- ioneina, veden toimiessa liuottimena. Liuokset, niiden ominaisuudet ja aineiden vuorovaikutus liukenemisprosessissa ovat kemian tutkimusalaa (Koskinen & Koskinen 2016 s. 6). Veden siirtyessä puoliläpäisevän kalvon läpi laimeammasta liuksesta väkevämpään liukseen tilavuus väkevämmän liuoksen puolella kasvaa. Veden liikkeen vastustukseen tarvittava voima vastaa osmoottista painetta (Marbach & Bocquet 2019). Paine taas on fysiikan käsite (Tieteen termipankki 2023b).

Biologisessa systeemissä puoliläpäisevänä kalvona toimii solukalvo, joka säätelee valikoivasti muun muassa ionien kulkua solusta sisään ja ulos (Tirri ym 2001 s. 658). Punasolut hemolysoituvat eli rikkoutuvat, jos ne joutuvat itseään laimeampaan eli hypotoniseen liukseen, sillä hypotonisen liuoksen matalampi osmoottinen paine eli kyky vastustaa veden osmoosia ajaa vesimolekyylit kulkeutumaan punasoluja ympäröivästä liuksesta punasoluihin (Tirri ym. 2001 s.515). Nykyisin osmoottisen paineen sijasta käytetään usein myös käsitettä osmoottinen potentiaali, joka perustuu liuoksen aineen määrästä johtuvaan vettä vetävään voimaan (Tirri ym. 2001 s. 515). Liuoksen osmoottinen paine ja osmoottinen potentiaali siis määrittyy siihen liuoksesta osmoottisesti vaikuttavista osasista kuten ioneista, jotka muodostavat liuoksen osmolaariteettin eli liuoksen osmoottisen väkyyden, joka ilmaistaan partikkelien määränä litraa kohden (Science direct). Liuoksien pitoisuus yleensä ilmoitetaan konsentraationa eli molaarisuutena, joka kertoo liuoksen väkyyden mooleina liuennutta ainetta kilossa liuotinta (Tirri ym. 2001 s. 459). Osmoosi on ilmiönä tärkeä myös

kasveissa, sillä kasvin kyky imeä itseensä vettä ympäristöstään eli kasvisolukon vesipotentiaali perustuu osmoottiseen potentiaaliin (Tirri ym. 2001 s.515).

Osmoosiin perustuvien ilmiöiden tutkimiseen käytetään erilaisia luonnontieteellisiä menetelmiä laboratorioissa. Esimerkiksi puntarilla saadaan selville tietyn tasakokoisen kasvinäytteen paino, josta voidaan tehdä päätelmiä solukon vesipitoisuudesta. Jos punasoluja sekoittaa konsentraatioiltaan eripitoisiin liuoksiin, punasolujen hemolysoitumisastetta voidaan määrittää hemolyysin yhteydessä liuokseen vapautuvien hemoglobiinimolekyylien perusteella, jotka värjäävät liuoksen punaiseksi. Sentrifugilla voidaan erotella keskipakovoiman avulla liuoksesta ehjät punasolut, jolloin koeputkista näkyy suoraan, jos koeputken pohjalle kasautuu hemolysoimattomia punasoluja pelletiksi. Tällöin hyödynnetään fysiikkaa, sillä erottelu perustuu kappaleiden ominaisuuksiin, kuten tiheyteen ja kokoon. Eroteltujen partikkeleiden päälle jää tällöin faasi, jota kutsutaan supernatantiksi. Spektrofotometriassa hyödynnetään fysiikkaa mittaamalla aineksen kykyä imeä itseensä valon aallonpituuksia, joten supernatantista voidaan spektrofotometrialla erittäin tarkasti määrittää punasolujen hemolysoitumisaste vapautuneen hemoglobiinin määrän perusteella

Lukion oppikirjat käsittelevät osmoosia kemiassa erityisesti veden liuot ominaisuuden ja lämpöliikkeen vuoksi tapahtuvasta puoliläpäisevän kalvon eri puolien pitoisuuserojen tasoittumisen näkökulmasta (Koskinen ja Koskinen 2016) ja biologiassa osmoosi on määritelty veden diffuusioksi puoliläpäisevän kalvon, eli solukalvon läpi ja asiaa tarkastellaan solun ja solukalvon toiminnan yhteydessä. (Happonen ym. 2020). Perusopetuksessa fysikaalisia perusilmiöitä, kuten lämpöliikettä käsitellään jo ympäristöopin oppisisällöissä viimeistään vuosiluokilla 3-6 (Opetushallitus 2014).

Osmoosi on ollut perinteisesti hankala ilmiö opiskelijoille hahmottaa (Yusof ym. 2016). Pääsyy on se, että mikroskooppisen pienien asioiden visualisointi on opiskelijoille hankalaa, mutta myös perusosaaminen luonnontieteissä on heikkoa ja luonnontieteellisiä käsitteitä ei ymmärretä tarpeeksi hyvin (Yusof ym. 2016). Lisäksi opiskelijoilla on usein väärinymmärryksiä hiukkasten käyttäytymiseen liittyen (Yusof ym. 2016). Biologian peruskouluopetuksessa usein puuttuu yhteys fysiikkaan ja kemiaan, jolloin esimerkiksi osmoosin merkitys hengityksessä ymmärretään vaillinaisesti (Uitto 2012).

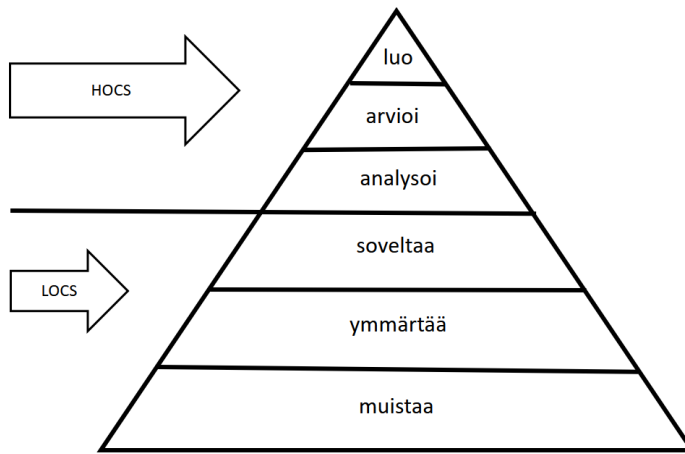
1.3 Uudistettu Bloomin taksonomia ja ajattelutaidon tasot

Alun perin Benjamin Bloom kehitti Bloomin taksonomian kehykseksi, jonka tavoitteena oli kuvata sitä, mitä opiskelijan tulisi oppia oppimisprosessin aikana ja miten tätä voidaan mitata (Krathwohl 2002). Myöhemmin tämä taksonomia uudistettiin niin, että se jaettiin kahteen eri ulottuvuuteen, joista toinen kuvastaa ajattelutaidon tasoja ja toinen tiedon tasoja (Krathwohl 2002). Tätä uudistettua versiota yleensä kutsutaan uudistetuksi Bloomin taksonomiaksi (Krathwohl 2002). Uudistettu Bloomin taksonomia on yleisesti käytetty arviointimenetelmä, jota käytetään myös tässä tutkimuksessa opiskelijoiden suoritusten arviointiin.

Uudistettu Bloomin taksonomia on luonteeltaan hierarkkinen järjestelmä, johon kuuluu kuusi eritasoista ajattelutaidon tasoa ja neljä tiedon tasoa, joista helpoin taso täytyy hallita ennen, kuin voi onnistua seuraavalla tasolla (Krathwohl 2002). Ajattelutaitojen kuusi tasoa ovat helpoimmasta tasosta vaikeimpaan: muistaa, ymmärtää, soveltaa, analysoida, arvioida ja luoda (Krathwohl 2002). Analysointi, arviointi ja luominen ovat niin kutsuttuja korkeamman kognitiivisen ajattelutaitojen tasoja eli HOCS- taitoja (higher order cognitive skills), kun taas muistaa, ymmärtää ja soveltaa ovat alemman tason ajattelutaitoja eli LOCS-taitoja (lower order cognitive skills) (Aksela ym 2012).

Muistaa -tasolla opiskelija kykenee kaivamaan pitkäkestoisesta muistista tarvitsemiaan tietoja ja palauttamaan ne mieleen ja ymmärtää -tasolla opiskelija pystyy muodostamaan merkityksiä annetulle tiedolle, joka voi olla esimerkiksi kirjoitettua tai graafisena esityksenä annettua tietoa (Krathwohl 2002). Ymmärtää -taso on laaja ja se voidaan luokitella edelleen tulkitsemiseksi, esimerkkien antamiseksi, luokitteluksi, yhteenvetojen tekemiseksi, päättelämiseksi, vertailemiseksi ja perustelemiseksi (Krathwohl 2002). Soveltaa -tasolla opiskelijan tulee osata käyttää jotakin toimintatapaa tai menetelmää jossakin annetussa tilanteessa (Krathwohl 2002). Analysoi tasolla aineisto tulee pystyä pilkkomaan pienempiin osatekijöihin, joiden väliset suhteet tulee ymmärtää ja osata selittää niiden merkitys kokonaisuudessa (Krathwohl 2002). Arvioi -taso jaetaan edelleen tarkistamiseen ja kritisointiin, joista jälkimmäiseen kuuluu esimerkiksi arvioiden tekeminen tiettyjen standardien mukaan (Krathwohl 2002). Uudistetun Bloomin taksonomian ylin ajattelutaso luoda tarkoittaa sitä, että opiskelija pystyy eri osasista kokoamaan uudenlaisen kokonaisuuden tai kokonaan uuden alkuperäisen tuotteen

(Kathwohl 2002). Uudistetun Bloomin taksonomian hierarkkinen taso on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Bloomin taksonomian hierarkkinen järjestelmä, jossa alemmat tasot tulee hallita ennen seuraavan tason omaksumista.

Vanhempaa Bloomin taksonomiaa on käytetty arvioimaan biologian aiheisällön osaamista taksonomiatasoin, jotta esimerkiksi opettajat pystyvät paremmin arvioimaan oppilaan osaamisen tasoa ja pystyvät paremmin kehittämään tehtäviä, jotka tukevat opiskelijan mahdollisimman tasokasta oppimista (Crowe ym. 2008). Tässä tutkielmassa tarvitaan kuitenkin nykyaikaisempaa uudistettua Bloomin taksonomiaa ja huomioon tulee ottaa myös muut luonnontieteet ja matematiikan tehtävän hallitsemisessa.

Uudistetun Bloomin taksonomian pohjalta on luotu luonnontieteisiin soveltuva kehys, jossa on eritelty, miten uudistettu Bloomin taksonomia esiintyy erityisesti luonnontieteissä (Aksela ym. 2012). Muistaa -tasolle kuuluu esimerkiksi alkuaineiden kemiallisten merkkien tunnistaminen ja yksiköiden symbolien mieleen palauttaminen (Aksela ym. 2012). Ymmärtää -tasolla tulkitseminen voi olla esimerkiksi sitä, että osaa muodostaa sanallisesta tehtävänannosta laskun tai tulkita graafisia esityksiä (Aksela ym. 2012). Esimerkin antaminen tarkoittaa luonnontieteen kontekstissa sitä, että osaa antaa opitusta käsitteestä jonkin esimerkin, vaikka nimeämällä nisäkäslajin (Aksela ym. 2012), luokittelu voi olla esimerkiksi eliökunnan luokittelua (Aksela ym. 2012). Lisäksi yhteenvedojen laatiminen sekä luonnontieteellisten käsitteiden vertaaminen kuuluu ymmärtämiseen (Aksela ym. 2012). Tutkielmassa esimerkin antaminen, luokittelu, yhteenvedot tai vertaaminen eivät ole merkittäviä taitoja. Sen sijaan tärkeitä ymmärtää -tason taitoja ovat päättely, joka luonnontieteissä tarkoittaa tiedon perusteella tehtäviä loogisia johtopäätöksiä esimerkiksi voiman vaikutuksen päättely sekä perusteleminen,

jossa osataan selittää erilaisia syy-seurausmalleja, kuten esimerkiksi tasapainoreaktion suunnan perusteleva (Aksela ym. 2012). Soveltaa -tasolla menetelmän toteuttaminen on esimerkiksi laskukaavojen käyttöä ja menetelmän käyttäminen on ongelmanratkaisussa valitun menetelmän käyttöä esimerkiksi laboratoriotyöskentelyssä (Aksela ym. 2012). Analysoi tasolla opiskelija joko erottelee tietomäärästä tehtävän kannalta olennaiset asiat, muodostaa asiaan liittyvistä perusosista johdonmukaisia kokonaisuuksia tai kykenee tunnistamaan esitetyn tiedon takaa kirjoittaja omia asenteita, arvoja tai aikomuksia (Aksela ym. 2012). Arvioi -tasolla tarkistaminen on sitä, että pystyy arvioimaan, onko tehdyt johtopäätökset johdonmukaisia (Aksela ym. 2012). Arvioi – tasoon kuuluu myös arvosteleminen, jolloin oppija pystyy arvioimaan esimerkiksi menetelmien hyviä ja huonoja puolia (Aksela ym. 2012). Luoda –tasolla opiskelija pystyy luomaan hypoteeseja ja suunnitella ratkaisutapoja tehtävän ratkaisemiseksi ja tuottaa tehtävään omaperäisen tuotoksen, kuten esseevastauksen (Aksela ym. 2012).

Korkeat ajattelutaidon tasot kuvastavat siis opiskelijan parempaa osaamista opiskeltavassa aihealueessa. Nämä luonnontieteeseen soveltuvat esimerkit ovat olleet pohjana tutkielmassa, kun opiskelijoiden ajattelutaidon tasoa on määritetty opiskelijoiden opiskellessa osmoosia ilmiönä, joka vaatii monipuolista luonnontieteellistä ja matemaattista osaamista.

1.4 Minäpystyvyyden vaikutukset suoriutumiseen

Opiskelijan menestystä opinnoissa ei selitä yksistään opiskelijan tosiasiallinen osaaminen, vaan oppimistuloksiin voi vaikuttaa esimerkiksi opiskeluun käytetty aika ja henkilökohtaiset kiinnostuksen kohteet. Minäpystyvyys on käsite, jonka Albert Bandura loi kuvaamaan sitä ilmiötä, että yksilön uskomukset ja käsitykset omista kyvyistään vaikuttavat käyttäytymiseen (Usher & Pajares 2008). Itseensä ja omiin kykyihinsä luottavat opiskelijat ovat yleensä sinnikkäämpiä ja tehokkaampia ratkomaan haasteita, kuin opiskelijat, joiden minäpystyvyys on huono (Usher & Pajares 2008).

Minäpystyvyys rakentuu neljästä osa-alueesta, joista ensimmäinen ja voimakkaimmin aikaisempien tutkimusten perusteella vaikuttava osa-alue muodostuu opiskelijan aikaisemmista kokemuksista eli aihealueen hallinnan kokemuksesta (Usher & Pajares

2008). Tämä muodostuu siitä, että opiskelija tulkitsee ja arvioi suoritustaan tehtävässä ja mikäli hän on ylittänyt tavoitteisiinsa, hänen luottamuksensa samankaltaisissa tehtävissä tulevaisuudessa kasvaa ja mikäli opiskelija ei saavuta tavoitteitaan, hänen itseluottamuksensa heikkenee (Usher & Pajares 2008). Kokemus tietyn aihealueen hallinnasta vaikuttaa pitkälle opiskelijan tulevaisuuteen (Usher & Pajares 2008). Kokemus ei ole kuitenkaan pysyvää vaan voi muuttua, kun opiskelija huomaa oman edistymisensä tai esimerkiksi ratkoessaan jonkin erityisen haastavan tehtävän (Usher & Pajares 2008). Toisaalta myös tehtävään kulutettu aika ja vaivannäkö ja muilta saama apu vaikuttaa kokonaisuudessaan siihen, miten hyvin opiskelija kokee hallitsevansa aihealuetta (Usher & Pajares 2008).

Minäpystyvyyden toinen tärkeä lähde on sosiaalinen vertailu (Usher & Pajares 2008). Tämä tapahtuu esimerkiksi vertailemalla itseään vertaisiin, jolloin opiskelija määrittelee omaa suoritustaan suhteessa muiden suorituksiin ja tekee sen perusteella päätelmiä omasta osaamisestaan (Usher & Pajares 2008). Toisaalta sosiaalinen vertailu voi tapahtua myös seuraamalla jotakin sosiaalista mallia, kuten luokkakaveria, jonka tarkkailija kokee samantasoiseksi itsensä kanssa (Usher & Pajares 2008). Jos tällainen henkilö vaikeuksista huolimatta on ratkaissut tehtävän, tarkkailijan luottamus omaan osaamiseen voi kasvaa (Usher & Pajares 2008).

Kolmas minäpystyvyyden osa-alue perustuu sosiaalisista suhteista saatuun palautteeseen ja tukeen, joka voi olla esimerkiksi opettajan tai vanhempien rohkaisua tai kannustavaa palautetta (Usher & Pajares 2008). Palaute voi parantaa opiskelijan itseluottamusta tehtävästä, varsinkin, jos hän saa samalla tehtävään ohjeistusta, mutta varsinkin nuorilla, joilla oma käsitys omasta osaamisesta on vasta muodostumassa palaute voi vaikuttaa myös negatiivisesti opiskelijan itseluottamukseen (Usher & Pajares 2008).

Viimeinen merkittävä osa-alue, josta opiskelijan minäpystyvyys muodostuu, on opiskelijan oma fyysinen ja emotionaalinen tila (Usher & Pajares 2008). Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi stressi, uupumus ja ahdistus (Usher & Pajares 2008). Tehtäviin kohdistuva tunnereaktio ennustaa, miten opiskelija tehtävästään suoriutuu esimerkiksi siten, että voimakas ahdistus heikentää opiskelijan minäpystyvyyttä (Usher & Pajares 2008). Yleisesti ahdistunut mielentila yhdistetään herkästi virheellisesti omaan kyvyttömyyteen, jolloin suorituksen ennustekin huonontuu (Usher & Pajares 2008). Toisaalta hyvä mieliala lisää minäpystyvyyttä ja motivaatiota, joka voi johtaa positiiviseen kierteseen (Usher & Pajares 2008).

Minäpystyvyyden eri osa-alueet vaikuttavat opiskelijasta riippuen hieman eri tavoin, sillä toisilla eri osa-alueet painottuvat enemmän kuin toiset riippuen tavasta, miten he tulkitsevat ja painottavat asioita (Usher & Pajares 2008). Minäpystyvyyden vaikutusta luonnontieteissä on arvioitu ja vaikuttaisi siltä, että nämä neljä osa-aluetta selittää opiskelijan minäpystyvyyttä myös luonnontieteissä parhaiten (Chen & Usher 2013). On näyttöä kuitenkin siitä, että luonnontieteissä parhaimmat saavutukset on niillä opiskelijoilla, joiden minäpystyvyys muodostuu minäpystyvyyden kaikista osa-alueista (Chen & Usher 2013).

Myös asenteilla on merkitystä oppimistuloksissa (Tähkä 2012). Asenne määritellään minäpystyvyyttä laajemmin, sillä siihen lukeutuu minäpystyvyyden lisäksi oppiaineesta pitäminen ja kuinka hyödylliseksi oppiaineen opiskelu koetaan (Tähkä 2012). Keskimäärin opiskelijat suhtautuvat biologian opiskeluun peruskoulussa myönteisesti, mutta fysiikkaan ja kemiaan varauksellisesti (Uitto 2012). Kemiaa kohtaan oppilaat suhtautuvat negatiivisemmin kuin biologia kohtaan, mutta kuitenkin positiivisemmin kuin fysiikkaa kohtaan (Tähkä 2012). Oppilaan asenteet fysiikkaa kohtaan ovat keskimäärin kielteisiä (Kärnä 2012).

Peruskoulussa oppilaiden todellista osaamista fysiikassa selittää se, pitääkö oppilas fysiikasta ja kokeeko hän sen hyödyllisenä (Kärnä 2012). Kuitenkin fysiikan osaamista selittää voimakkaimmin se, mikä on oppilaan oma käsitys omasta fysiikan osaamisestaan (Kärnä 2012).

Fysiikassa peruskouluoppilailla on kuitenkin vaikeuksia etenkin korkeamman ajattelutaidon tasoilla ja ilmiöiden selittämisessä mallien avulla (Viiri 2012). Tätä voidaan kuitenkin parantaa suosimalla kokeellisia työmenetelmiä, jotka pakottavat oppilaita pohtimaan ilmiön syitä ja seurauksia (Viiri 2012). Kokeellisia tutkimuksia parempi vaihtoehto voi kuitenkin olla erilaiset simulaatiotehtävät, joissa oppilaat eivät tee mittauksia itse, vaan mittaustulokset annetaan valmiina, koska tällöin oppilaan huomio ei mene mittausten tekniseen suorittamiseen (Viiri 2012). Myös biologiassa peruskoulu opiskelijoiden mielestä hankalaa on ilmiöiden selittämistä vaativat tehtävät (Uitto 2012).

Aikaisemmassa tutkimuksessa ensimmäisen vuoden sairaanhoitajaopiskelijoilla ainakaan viimeisenä opiskeluvuotena opiskeltu luonnontiedeopinnot eivät vaikuttaneet sairaanhoitajaopiskelijoiden minäpystyvyyteen luonnontieteissä (Andrew 1998). Tämä on syytä ottaa huomioon, kun arvioidaan tutkielmaani osallistuneiden opiskelijoiden

erilaisia opiskelutaustoja. Tutkimuksessa, jossa suomalaiset nelosluokkalaiset raportoivat matemaattisia päättelytehtäviä tehdessään heidän kiinnostuksen tasoa tehtävän aikana, saatiin tulokseksi, että kiinnostuneisuus tehtävätilanteessa vaikutti opiskelijoiden minäpystyvyyteen ja tehtävän suorittamiseen (Nuutila ym. 2020). Kiinnostus matematiikkaan on osoitettu myös toisessa tutkimuksessa, jossa kiinnostus matematiikkaan nousi minäpystyvyyttä tärkeämmäksi tekijäksi kahdeksaluokkalaisten kiinalaisten opiskelijoiden suorituksessa, mutta vaikutus syntyi osin myös minäpystyvyyden kautta (Zhang & Wang 2020).

1.5 Tutkimuskysymykset ja tutkimuksen tarkoitus

Tutkielmani tarkoituksena on saada kokonaisnäkemys siitä, miten hyvin eri tieteenaloja integroivassa biologian alan oppimistehtävässä pystytään hyödyntämään biologian lähitieteitä ja pystyvätkö nämä lähitieteet tukemaan biologian oppimista. Tutkimuskysymykset ovat:

1. Auttaako biologiaa lähimpänä olevien luonnontieteiden eli kemian ja fysiikan sekä toisaalta matematiikan osaaminen omaksumaan paremmin osmoosia ilmiönä biologisessa systeemissä?
2. Miten biologian, fysiikan, kemian ja matematiikan tieteenalakohtainen hallinta näkyy luokanopettajaopiskelijoiden biologian alan oppimistehtävän vastauksissa?
3. Pääsevätkö hyvin luonnontieteitä ja matematiikkaa hallitsevat opiskelijat korkeamman ajattelutaidon tasoille biologian oppimistehtävässä, kuin opiskelijat, jotka hallitsevat niitä heikommin?
4. Vaikuttaako opiskelijoiden minäpystyvyys opintotehtävässä suoriutumiseen?

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tutkimusjoukko

Tutkimukseen osallistui seitsemän luokanopettajan tutkintoa suorittavaa opiskelijaa, jotka opiskelevat sivuaineenaan biologiaa. Nämä opiskelijat ovat osallistuneet biologian laitoksen järjestämään XBIO4098 Eliöiden rakenne, toiminta ja perinnöllisyys - verkkokurssille vuonna 2021, jossa on laboratoriosimuloituja oppimistehtäviä biologian perusopintojen aihepiireistä. Kurssi kuuluu luokanopettajaopiskelijoiden biologian perusopintoihin, jotka suorittuaan opiskelija saa pätevyyden opettaa biologiaa yläkoulussa (Turun yliopiston opinto-opas 2020-2022). Näistä seitsemästä opiskelijasta neljä osallistui lisäksi tutkimushaastatteluun.

Paitsi, että tutkimusjoukon opiskelijat ovat eri vaiheessaan opinnoissaan, myös muuten opiskelijoiden taustat vaihtelevat. 43% opiskelijoista on suorittanut opettajankoulutuslaitoksen perusopetuksessa opettavien aineiden ja aihekokonaisuuksien monialaiset opinnot –kokonaisuuden, 71% biologian laitoksen järjestämän eläinfysiologian perusteet ja kaikki tutkimukseen osallistuneet opiskelijat ovat suorittaneet kasvifysiologian perusteet. Kaikkien opiskelijoiden taustoista ei ole tarkempaa tietoa, mutta ainakin yksi tutkimukseen osallistunut opiskelija on taustaltaan sairaanhoitaja ja ainakaan yksi opiskelija ei ole suorittanut ylioppilastutkintoa.

2.2 Osmoosia käsittelevät oppimistehtävät

Turun yliopiston biologian laitoksen perusopintoihin kuuluvalla XBIO4098 Eliöiden rakenne, toiminta ja perinnöllisyys -verkkokurssilla (Turun yliopiston opinto-opas 2020-2022) tehdään oppimistehtäviä, joissa osmoosia tarkastellaan kahdessa eri tehtävänasettelussa. Tutkielman aineistona käytetään luokanopettajaopiskelijoiden vastauksia näihin oppimistehtäviin. Punasolujen hemolyysi -tehtävän ensimmäisessä osatehtävässä opiskelijan tulee tarkastella silmämääräisesti valokuvia koeputkista, joissa on sekoitettuna verta väkevyyksiltään erilaisiin suolaliuoksiin, muodostaen laimennossarjan. Kuvasta opiskelijan pitää päätellä, missä konsentraatiossa hemolyysiä on tapahtunut ja perustella miten putkien ulkonäkö liittyy hemolyysiin ja koeputken

liuoksen osmolaarisuuteen. Osatehtävässä 2 valokuvien koeputkia on sentrifugoitu 10 minuuttia. Opiskelijan tulee taas silmämääräisesti päätellä, miten hemolyysi näkyy koeputkissa perustuen siihen, että koeputkissa näkyy kokonaisten punasolujen muodostama pelletti ja hemoglobiinin punaiseksi värjäämä supernatantti. Viimeisessä osatehtävässä sentrifugoitujen näytteiden supernatantista tehdään näyte spektrofotometriä varten ja niiden absorbanssi mitataan hemoglobiinin absorptiomaksimia vastaavalla aallonpituudella 578nm. Kurssimateriaaleissa on esitetty tuloksista taulukko ja kuvaaja, joissa näkyy eri konsentraatioista saadut absorbanssilukemat. Kuvaajasta opiskelijan tulee päätellä, missä konsentraatioissa hemolyysiä on tapahtunut ja missä konsentraatioissa kaikki punasolut ovat hemolysoituneet. Opiskelijan tulee pohtia vastauksessaan, miten absorbanssilukemat vastasivat opiskelijan omia silmämääräisiä havaintoja ja johtopäätöksiä.

Perunoiden vesipotentiaali -tehtävässä on myös tehty suolaliuoksen laimennossarja, johon upotetaan kahdeksi tunniksi tasamittaisia perunanpalasia sekä vanhoista, että tuoreista perunoista. Perunanpalasten paino punnitaan ennen liotusta, sekä liotuksen jälkeen. Tästä on niin ikään valmis materiaali kurssin verkkosivuilla (liite 3). Perunoiden vesipotentiaali -tehtävässä opiskelijan tulee laskea kunkin laimennossarjaan kuuluvan suolaliuoksen osmolaarisuus ja osmoottinen potentiaali, perunanpalasten painon muutos liotuksen jälkeen, sekä määrittää perunanpalasten solukon vesipotentiaali piirtämällä kuvaaja, jossa on perunanpalasten painonmuutos suhteessa suolaliuoksen osmoottiseen potentiaaliin. Kuvaajalta opiskelijan tulee osata tulkita missä suolapitoisuudessa perunanpalasten paino ei muutu, joka vastaa siis perunan kasvisolukon vesipotentiaalia. Lopuksi opiskelijan tulee pohtia, eroavatko vanhan ja tuoreen perunan vesipotentiaalit toisistaan ja onko mittaustuloksissa epäloogisia tuloksia ja niiden mahdollista alkuperää. Lisäksi opiskelijan tulisi pohtia, miten vääriä tuloksia voitaisiin ehkäistä, ja olisivatko kokeen tulokset olleet erilaisia, mikäli virheellistä mittausta ei olisi ollut mukana. Oppimistehtävien tarkempi kuvaus on liitteissä 4 ja 5, joissa on esitetty kokonaisuudessaan kurssin oppimistehtävien tehtävänanto. Punasolujen hemolyysiin ja perunan vesipotentiaaliin liittyvien oppimistehtävien oppimistavoitteena on syvällisesti ymmärtää osmoosin merkitys biologian kontekstissa käyttäen hyödyksi osmoosiin liittyviä käsitteitä ja tutkimusmenetelmiä biologian, kemian, fysiikan ja matematiikan tutkimuskentiltä. Oppimistehtävissä esille tulevia käsitteitä ja menetelmiä on koottuna taulukkoon 1 tieteenalakohtaisesti, joka perustuu kuvissa 1-3 esitettyyn jaotteluun ja tieteenalan luonteeseen, joka on kuvattu edellisessä kappaleessa.

Taulukko 1. Turun yliopiston biologian laitoksen XBIO4098 Eliöiden rakenne, toiminta ja perinnöllisyys - verkkokurssilla oppimistehtävissä esille tulevia luonnontieteiden ja matematiikan käsitteitä ja menetelmiä.

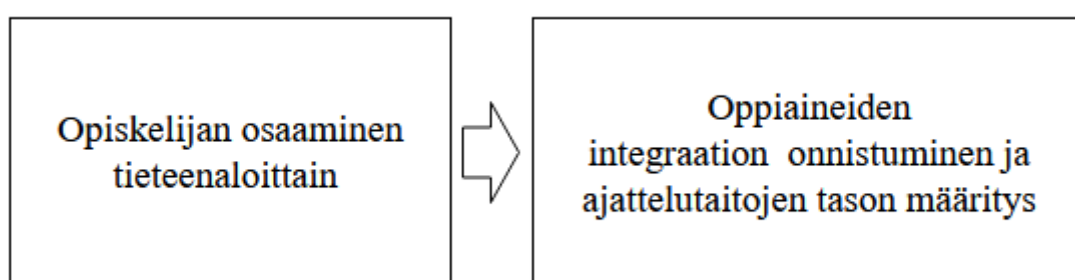
Matematiikka	Fysiikka	Kemia	Biologia
laskukaavat	keskipakoisvoima	osmoosi	isotoninen
kuvaajan laatiminen	lämpöliike	osmolaarisuus	hypotoninen
kuvaajan tulkitseminen	kappaleen tiheys	suolaliuos	hypertoninen
yksiköiden käyttäminen	aineiden absorbaatio	liukeneminen	hemoglobiini
yksiköiden muuntaminen	sentrifugointi	konsentraatio	puoliläpäisevä kalvo
mittaaminen	spektrofotometria		soluseinä
	osmoottinen paine		hemolyysi
	osmoottinen potentiaali		
	vesipotentiaali		
	valon kulku liuoksessa		

2.3 Alkukysely ja tutkimushupa

Ennen kurssin alkua opiskelijoilta on kartoitettu heidän omia ennakkokäsityksiään omasta osaamisestaan kurssin oppimistehtävissä vaaditusta luonnontieteiden ja matematiikan osaamisestaan alkukyselylomakkeella, jossa arvio tehtiin sanallisessa muodossa asteikolla heikko, välttävä, tyydyttävä, hyvä ja erinomainen, jotka arvioitiin sanallisesti heikko, välttävä, tyydyttävä, hyvä, erinomainen, jotka tutkielmassa käsiteltiin arvosanoin 1-5 (Liite 1). Samalla opiskelijat antoivat luvan käyttää tutkielmassa hyödyksi heidän laatimiaan oppistehtävien vastauksia. Alkukyselyssä opiskelijoilta kartoitettiin myös heidän aikaisempaa opintotaustaansa yliopistolla, jotta saatiin käsitys heidän aiemman osaamisen tasosta. Alkukyselyn itsearviota käsitellään tässä tutkielmassa tulosten yhteydessä.

2.4 Tehtävävastausten sisällönanalyysi

Aineistona tutkielmassani käytän seitsemän (n=7) kurssille osallistuneen opiskelijan vastauksia oppimistehtäviin, jotka koskevat punasolujen hemolyysin tarkastelua ja perunoiden vesipotentiaalin määrittämistä ja tarkastelua. Opiskelijoiden vastauksista tehtiin kahdessa vaiheessa teorialähtöinen sisällönanalyysi, joka kuuluu laadullisiin tutkimusmenetelmiin (Tuomi & Sarajärvi 2018). Analyysin erilliset vaiheet ovat kuvattuna kuvassa 5.



Kuva 5. tutkielman sisällönanalyysin vaiheet.

Opiskelijoiden tieteenalakohtaista osaamista oppimistehtävissä arvioitiin sisällönanalyysin ensimmäisessä vaiheessa. Sisällönanalyysissä oppimistehtävien vastausten perusteella muodostettiin oppimistehtävien osaamistavoitteiden saavuttamiseen vaadittavien eri tieteenaloihin luokiteltavien käsitteiden ja taitojen mukaan kriteerit.

Opiskelijoiden osaamisen tasoa eri tieteenaloissa arvioitiin määrittämällä jokaisesta tieteenalasta sellaiset osaamisen kriteerit, jotka opiskelijan tulisi vähintään oppimistehtävissä hallita, jotta tehtävän pystyy ratkaisemaan kysymyksen asettelua vastaavalla tavalla. Nämä kriteerit ovat taulukoituna taulukoissa 2-5 yhdessä esimerkkien kanssa, millaisella vastauksella kriteerit täyttyvät ja millaisilla eivät. Kriteerit on määritelty tieteenaloittain perustuen taulukossa 1 esitettyyn tieteenalakohtaiseen jaotteluun.

Taulukko 2. Punasolujen hemolyysi -tehtävän ja perunan vesipotentiali -tehtävän osaamistavoitteet biologiassa tehtävien ratkaisemiseksi Bloomin taksonomian LOCS -tasoilla.

Osaamistavoite	Esimerkki kriteerin täyttymisestä	Esimerkki hylätystä suorituksesta
muistaa , että hemoglobiini on punainen biomolekyyl	<i>“hemolyysiä eli punasolujen hajoamista tapahtuu parhaiten ja hemoglobiinia vapautuu liukseen ja värjää sen punaiseksi”</i>	Ei ole mainittu
Muistaa ja ymmärtää , että solukalvo on puoliläpäisevä kalvo	<i>“Punasolun puoliläpäisevän kalvon läpi siis virtaa laimeammasta punasolua ympäröivästä liuksesta vettä konsentraatiogradienttia alaspäin punasolun sisälle”</i>	Ei ole mainittu
ymmärtää solunsisäisen nesteen olevan osmolaarisuudessa vertailtava liuos	<i>“kun punasoluja ympäröivä liuos on hypotonista, eli solun sisältöä laimeampaa, punasoluihin virtaa vettä”</i>	<i>“laimeampaa ainetta virtaa veren soluihin”</i>
ymmärtää , että hemolyysi tapahtuu, kun solukalvo ei enää kestä osmoottista painetta ja rikkoutuu	<i>“Mitä laimeampaa liuos on, sitä enemmän tapahtuu hemolyysiä, eli veren punasoluja hajoaa osmoottisen paineen seurauksena”</i>	N/A

Taulukko3. Punasolujen hemolyysi -tehtävän ja perunan vesipotentiali -tehtävän osaamistavoitteet kemiassa tehtävien ratkaisemiseksi Bloomin taksonomian LOCS -tasoilla.

Osaamistavoite	Esimerkki kriteerin täyttymisestä	Esimerkki hylätystä suorituksesta
Muistaa ja ymmärtää , että konsentraatio ilmaisee liuennon aineen pitoisuutta	<i>“Hemolyysiä on havaittavissa kaikissa liuksissa, joissa suolaliuos oli laimeampaa kuin 0,15M. Konsentraatiot, joissa punasolut ovat hemolysoituneet ovat ne liukset, joissa NaCl-konsentraatio on 0-0,75M.”</i>	Ei ole mainittu
ymmärtää , että osmolaarisuus on liuennon aineiden lukumäärä tilavuutta kohti	<i>“Koepukissa, joissa NaCl-konsentraatiot ovat eri, ovat myös osmolaarisuudet erisuuret”</i>	<i>“laimeampaa ainetta virtaa veren soluihin”</i>
ymmärtää , että osmoosi on veden siirtymistä puoliläpäisevän kalvon läpi	<i>“Punasolun puoliläpäisevän kalvon läpi siis virtaa laimeammasta punasolua ympäröivästä liuksesta vettä konsentraatiogradienttia alaspäin punasolun sisälle”</i>	<i>“laimeampaa ainetta virtaa veren soluihin”</i>

Taulukko 4. Punasolujen hemolyysi -tehtävän ja perunan vesipotentiali -tehtävän osaamistavoitteet fysiikassa tehtävien ratkaisemiseksi Bloomin taksonomian LOCS -tasoilla.

Osaamistavoite	Esimerkki kriteerin täyttymisestä	Esimerkki hylätystä suorituksesta
ymmärtää , että liuenneet aineet vaikuttavat valon kulkuun liuoksessa	<i>“Silmämääräisesti huomataan, että mitä suolapitoisempi liuos on, sitä sameampi liuos on.”</i>	Vastaus on ristiriitainen
ymmärtää , että aineet voivat absorboida valoa	<i>“Kun sentrifugoitujen näytteiden supernatanttien absorbanssi mitataan hemoglobiinin absorptiomaksimia vastaavalla aallonpituudella (578nm) nähdään, että 0.025M, 0.05M ja 0.075M NaCl-liuoksessa kaikki punasolut ovat hemolysoituneet.”</i>	Ei ole mainittu
ymmärtää , että tiheys ilmaisee kappaleen massan suhteessa sen tilavuuteen	<i>“Putkiloissa missä hemolyysi on tapahtunut, on punaista väriä kaikkialla, joten voidaan päätellä hemoglobiinin olevan tiheydeltään suolaliuosta vastaava”</i>	<i>“painavimmat eli tiheimmät aineet ovat hajonneet keveämmiksi osiksi”</i>
ymmärtää , että keskipakovoiman avulla pystytään erottelemaan erilaisia partikkeleita toisistaan	<i>“Sentrifugi erottelee nestepitoisesta seoksesta eri tiheyttä olevat aineet keskipakovoiman avulla”</i>	Ei ole mainittu
soveltaa spektrofotometrian periaatetta tehtävänratkaisuun	<i>“Mitä korkeampi on mitattavan aineen määrä liuoksessa, sitä enemmän se absorboi valoa ja sitä suurempi on sen absorbanssi.”</i>	<i>“Jos mittavirheitä ei ole tapahtunut, jokaisessa on edes vähän hemolyysiä tapahtunut. Se, että onko kaikki punasolut hemolysoituneet on mahdotonta tästä päätellä. Pitäisi tietää alkuperäisen veren hemoglobiinin määrä ja laskea siitä onko näytteessä vastaava määrä hemoglobiinia.”</i>
soveltaa sentrifugoinnin periaatetta tehtävänratkaisuun	<i>“Sentrifugilla pystytään erottelemaan aineita toisistaan. Sentrifugoinnin jälkeen väkevimmissä suolaliuoksissa putken pohjalle on kerääntynyt saostuma, pelletti, jonka yläpuolella oleva liuosta kutsutaan supernatantiksi. Erottumiseen vaikuttaa aineiden partikkelien koosta, tiheydestä ja muodosta.”</i>	<i>“Sentrifugoinnin jälkeen putket näyttävät jo ihan erilaisilta”</i>

Taulukko 5. Punasolujen hemolyysi -tehtävän ja perunan vesipotentiaali -tehtävän osaamistavoitteet matematiikassa tehtävien ratkaisemiseksi Bloomin taksonomian tasoilla.

Osaamistavoite	kriteerin täytyminen	Esimerkki hylätystä suorituksesta
Ymmärtää , miten osmolaarisuuden laskukaava muodostetaan sanallisesta tehtävänannosta	Laskukaava on oikein muodostettu tai annettu oikea vastaus suoraan, josta voidaan päätellä oikea kaava	Vastaus on väärin tai sitä ei ole laskettu. Pilkkuvirheitä ei huomioitu vääräksi vastaukseksi.
Ymmärtää , miten muunnetaan lämpötila celsiusasteista kelvineiksi	Muunnos on tehty	Muunnosta ei ole tehty
Ymmärtää , mikä on oikea laskukaava a) osmoottisen potentiaalin laskemiseksi B) painonmuutoksen laskemiseksi	Oikea laskukaava on valittu	Väärä laskukaava valittu
Ymmärtää laimennossarjan konsentraatioiden suuruuksia vertailemalla niitä	“Mitä laimeampaa liuos on, sitä enemmän tapahtuu hemolyyysiä, eli veren punasoluja hajoaa”	“Kun tarkastelee putkia huomaa, että neljä putkea vasemmalta ovat kirkkaita ja kaksi oikealta ovat sameita (kirjaa vasten katsottaessa). Hemolyyysiä on tapahtunut kirkkaissa koeputkissa.”
ymmärtää , että vesipotentiaalin määrittäminen kuvaajasta tapahtuu määrittämällä suoran ja X-akselin leikkauskohta, jossa perunanpalan paino ei muutu	Leikkauskohta osoitettu kuvaajalla tai annettu oikea arvo	Määrittämistä ei ole
Ymmärtää , miten määritetään kuvaajasta absorbanssiarvo eri konsentraatioissa	<i>“Kun sentrifugoitujen näytteiden supernatanttien absorbanssi mitataan hemoglobiinin absorptiomaksimia vastaavalla aallonpituudella (578nm) nähdään, että 0.025M, 0.05M ja 0.075M NaCl-liuoksessa kaikki punasolut ovat hemolysoituneet. 0.125M pitoisuudessa hemolyyysiä on tapahtunut vielä jonkin verran ja 0.15M pitoisuudessa hemolyyysiä ei enää tapahdu”</i>	<i>“Jos mittavirheitä ei ole tapahtunut, jokaisessa on edes vähän hemolyyysiä tapahtunut. Se, että onko kaikki punasolut hemolysoituneet on mahdotonta tästä päätellä.”</i>
Soveltaa laskukaavaa, jolla ratkaistaan a) osmolaarisuus, b) osmoottinen potentiaali ja c) painonmuutos	Oikea vastaus lopputulokseksi	Väärä vastaus lopputulokseksi
Soveltaa osaamistaan ja laatii kuvaajan vesipotentiaalin ratkaisemiseksi	Kuvaajassa on kaikki olennainen tieto, ja se on ymmärrettävä	Kuvaajaa ei pysty tulkitsemaan tai se on väärin laadittu
Arvioimalla suureen muuttumisen määrää huomaa virhetuloksen datasta tai kuvaajasta	<i>“Uusien perunoiden 0,3M liuoksessa ollut perunan paino kasvoi odotusten vastaisesti.”</i>	N/A

Jokaisen opiskelijan vastauksista laskettiin kuinka monta kriteeriä opiskelija täyttää vaaditusta minimitasosta, jonka jälkeen heidän osaaminen arvioitiin asteikolla 1-5 siten, että jos kriteereistä täyttyy 0-20% saa arvosanan 1 (heikko osaaminen), 21-40% saa arvosanan 2 (välttävä osaaminen), 41- 60% saa arvosanan 3 (tydyttävä osaaminen), 61-80% saa arvosanan 4 (hyvä osaaminen) ja 81-100% niin saa arvosanan 5 (erinomainen osaaminen).

Analyysin toisessa vaiheessa opiskelijoiden laatimista vastauksista selvitettiin sisällönanalyysin avulla, miten hyvin opiskelijat kykenivät yhdistämään eri tieteenalojen osaamista punasolujen hemolyysi -tehtävässä. Tämä tehtiin erikseen punasolujen hemolyysi -tehtävän osatehtävistä 1-3, koska näissä kaikissa osatehtävissä vaadittiin hieman erilaisia taitoja. Nämä osaamistavoitteet ovat eriteltynä taulukossa 6. Taulukossa 6 esitetyt osaamistavoitteet perustuvat taulukossa 1 esitettyyn tiedealakohtaiseen osaamiseen, joista on apua integraatiota vaativien päätelmien tueksi. Opiskelijan tulee täyttää kaikki osaamistavoitteet, jotta opiskelija osoittaa tuloksissa taidon.

Taulukko 6. Punasolujen hemolyysi -tehtävässä vaadittuja osaamistavoitteita tehtävien ratkaisujen päättämiseksi ja mihin tieteenalaspesifiseen osaamiseen ne perustuvat.

Osaamistavoite	Osatehtävä 1	Osatehtävä 2	Osatehtävä 3
	Opiskelija päättelee kurssitehtävän kuvasta, missä putkissa hemolyysiä on tapahtunut vertaamalla laimennossarjan konsentraatioiden (kemia) suureiden arvoja (matematiikka) ja osaa verrata eri konsentraatioiden vaikutuksia soluihin (biologia) arvioimalla valon etenemistä liuoksessa sen sameusasteen perusteella (fysiikka).	Vertaamalla laimennossarjan konsentraatioiden (kemia) suureiden arvoja (matematiikka) ja ymmärtämällä mitä sentrifugoinnin aikana tapahtuu (fysiikka) opiskelija: Päättelee, että pelletti on kokonaisia punasoluja (biologia) Päättelee, että supernatantissa on punasoluista vapautunutta hemoglobiinia (biologia) c) Päättelee kurssitehtävän kuvasta, missä putkissa hemolyysiä on tapahtunut (biologia)	Määrittää arvoja kuvaajasta (matematiikka), missä konsentraatioissa (kemia) hemolyysiä tapahtuu ja tulkitsee missä konsentraatioissa (kemia) kaikki punasolut ovat hemolysoituneet soveltaen spektrofotometrian periaatteita (fysiikka) ja aineiden absorbaation lainalaisuuksia (fysiikka).

Lisäksi opiskelijoiden vastauksista selvitettiin teoriapohjaisen sisällönanalyysin avulla, yltääkö opiskelija punasolujen hemolyysi -tehtävässä uudistetun Bloomin taksonomian korkean ajattelutaidon tasoille. Sisällönanalyysin teoriapohjana käytettiin valmista luokittelua siitä, miten eri luonnontieteissä ja matematiikassa korkeimmat ajattelunaidot voidaan luokitella Bloomin taksonomian mukaan (Kärnä 2012). HOCS-tasojen täyttymistä arvioitiin taulukossa 7 annettujen kriteerien perusteella. Tässä analyysissä huomioitiin kaikki kolme osatehtävää yhdessä.

Taulukko 7. Uudistetun Bloomin taksonomian HOCS- tason arviointimatriisi Punasolujen hemolyysi - oppimistehtävssä.

	Kriteeri täyttyy	Kriteeri ei täyty
HOCS-tasojen saavuttaminen	Opiskelija laatii vastauksen, joka osoittaa opiskelijan ymmärtäneen osatehtävien oleelliset tiedonosat (analysoi). Jos osatehtävien välillä on ristiriitaisuuksia, opiskelija on lopulta kokonaisuudessaan osoittanut vastauksellaan ymmärtäneensä kokonaisuuden ja ratkaissut tehtävän (luo), vaikka ei olisi välttämättä kaikkia ristiriitaisuuksia korjannut osatehtävien vastauksiin (arvioi).	Opiskelijan eri osatehtävien vastauksien välillä on selittämättömiä ristiriitaisuuksia, jonka vuoksi oppimistehtävän vastauksesta ei voi päätellä, onko opiskelija ymmärtänyt kokonaisuutta vai ei. Opiskelija epäonnistuu johdonmukaisessa vastauksen luomisessa.

2.5 Haastattelu

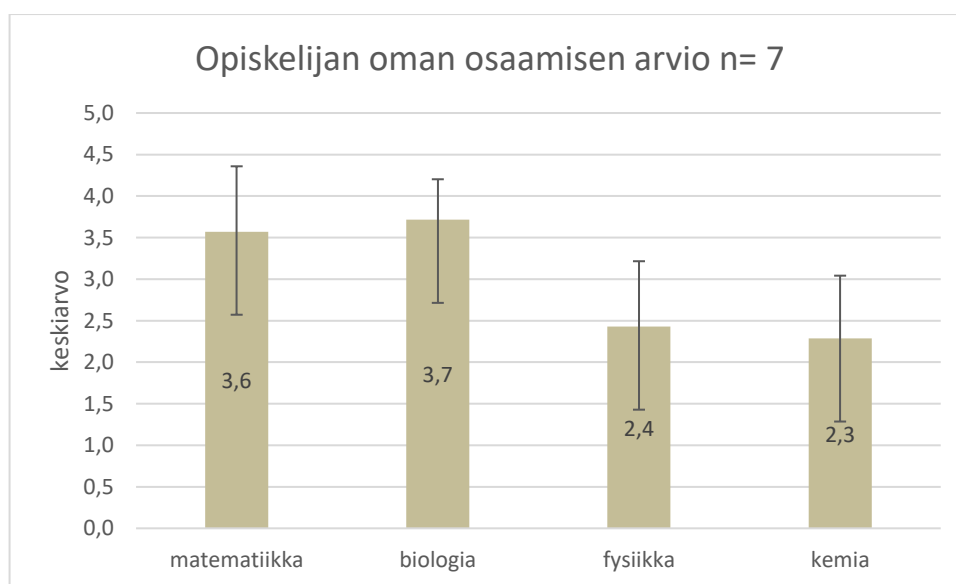
Haastattelut toteutettiin noin 4-6 viikkoa oppimistehtävien viimeisen palautuspäivän jälkeen. Haastattelu sisälsi kaksi erilaista teemaa, joista ensimmäinen koski opiskelijan tunteita ja minäpystyvyyttä ja toinen teema opiskelijoiden tiedollisia valmiuksia kurssin suorittamiseen. Haastattelurunko on liitteessä 2, mutta haastattelussa esitettiin myös täsmentäviä kysymyksiä opiskelijoiden antamien vastauksien mukaan. Teemahaastattelujen perusteella selvitettiin tarkemmin, millaisia minäpystyvyyteen liittyviä osa-alueita tuli ilmi opiskelijoiden opiskellessa ja laatiessa vastauksia kurssin tehtävien kysymyksiin. Näin saatiin kokonaisvaltainen käsitys siitä, miten minäpystyvyys vaikutti kurssilla suoriutumiseen. Analyysi laadittiin lukemalla litteroidut haastattelut ja poimimalla opiskelijoiden pohdinnoista sellaiset ajatukset, jotka ilmaisivat jotakin

minäpystyvyyden osa-aluetta. Analyysin tulokset koottiin lopulta minäpystyvyyden osa-alueittain yhteen.

3 TULOKSET

3.1 Opiskelijoiden oma arvio oppiainekohtaisesta osaamisestaan

Opiskelijoiden alkukyselyssä (liite 1) antama itsearvio omasta osaamisestaan biologiassa, fysiikassa, kemiassa ja matematiikassa kertoo opiskelijoiden aiemmista kokemuksista ja käsityksistä, joita heillä on muodostunut näiden tieteenalojen osaamisesta. Kuvassa 5 näkyy, että opiskelijat arvioivat kemian olevan heille vaikeinta tarkasteltavista aineista ja toisaalta opiskelijat pääsääntöisesti kokevat matematiikan ja biologian osaamisen olevan vahvoja. Opiskelijoiden välillä oli kuitenkin jonkin verran eroavaisuutta siinä, missä tieteenaloissa he kokivat itsensä heikoksi tai vahvaksi (Kuva 6).



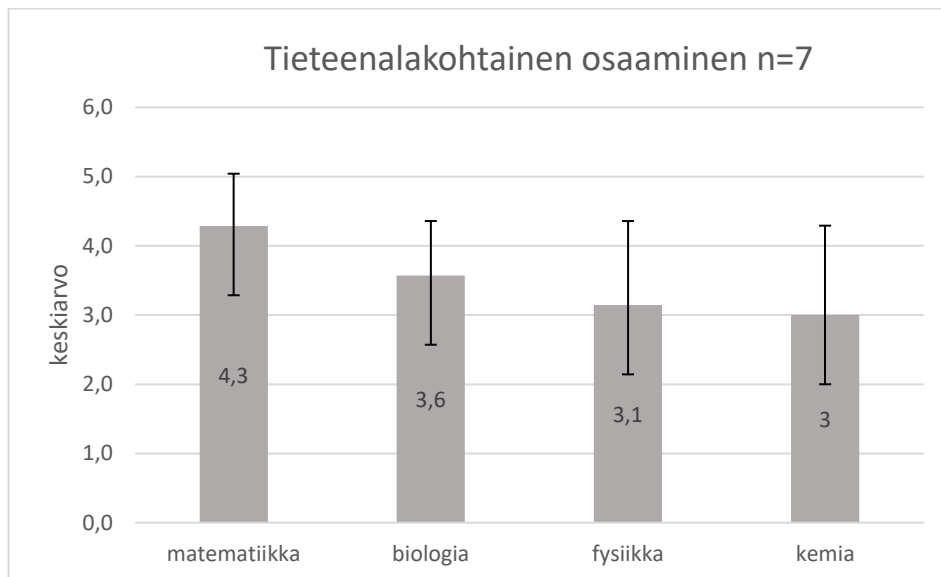
Kuva 5. Opiskelijoiden käsitys omasta osaamisestaan eri tieteenaloissa ennen kurssin alkua.



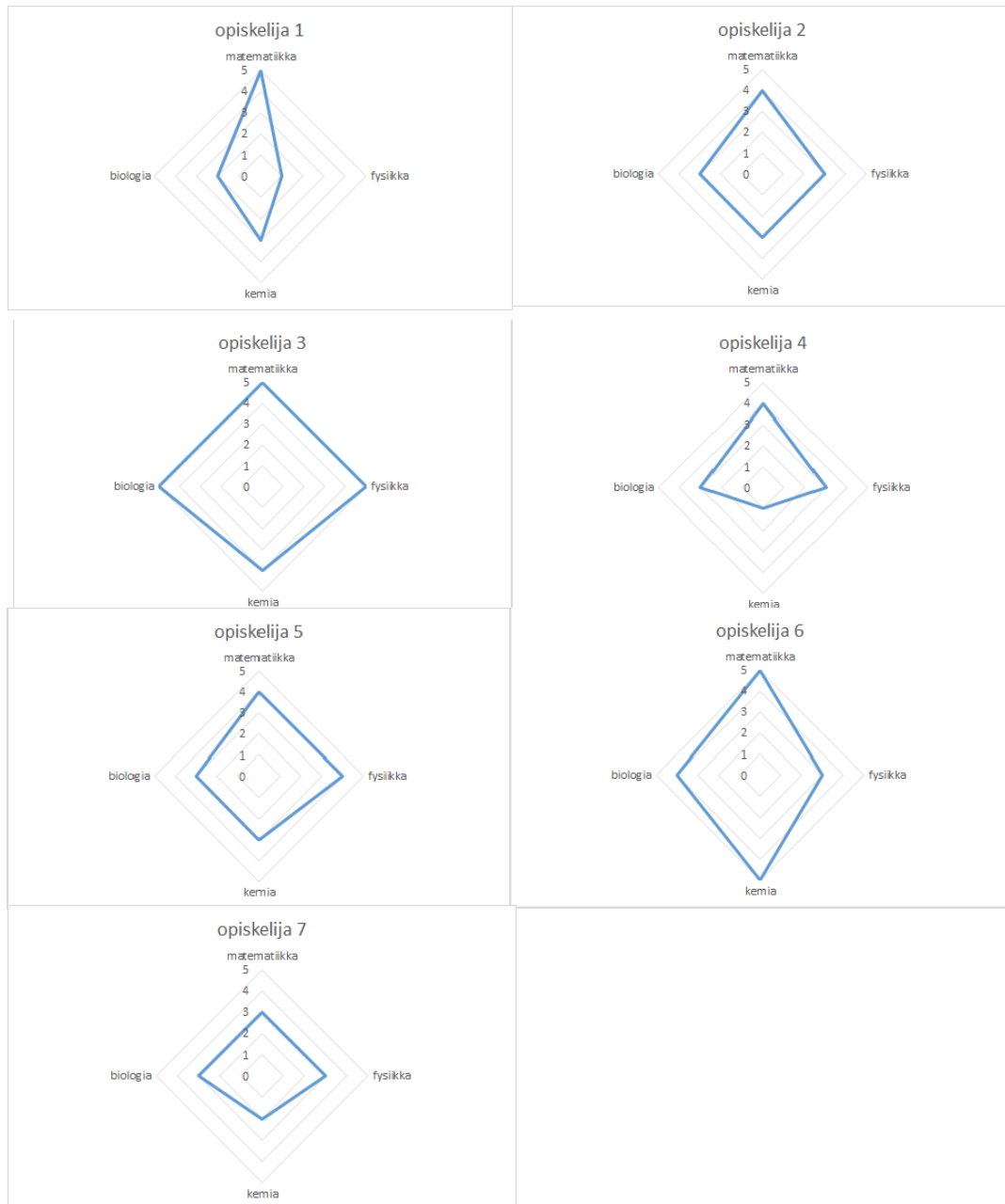
Kuva 6. Opiskelijoiden oma arvio osaamisestaan tieteenaloittain ennen kurssin alkua.

3.2 Oppiainekohtainen osaamisen arviointi oppimistehtävävastauksista

Parhaiten opiskelijoilla oli hallussa matemaattinen osaaminen ja heikointa fysiikan ja kemian osaaminen. Kaikkein heikointa oli kemian osaaminen (kuva 7). Kuvassa 8 on jokaiselle opiskelijalle piirretty oma kaavio, miten hyvin oppimistehtävissä tulee ilmi heidän osaamisensa biologiassa, matematiikassa, fysiikassa ja kemiassa.



Kuva 7. Opiskelijoiden tieteenalakohtainen osaaminen oppimistehtävissä keskiarvoina.



Kuva 8. Opiskelijoiden osaaminen tieteenaloittain Punasolujen hemolyysi ja perunan vesipotentiaali - oppimistehtävissä.

3.3 Oppiaineintegraation onnistuminen ja osaamistavoitteiden saavuttaminen oppimistehtävissä

Taulukossa 8 on esitetty, miten Punasolujen hemolyysi -tehtävän osaamistavoitteet eri osatehtävissä toteutuivat taulukon 6 kriteerien mukaisesti. Taulukkoon 8 on myös merkitty, onko opiskelija pystynyt luomaan yhtenäisen ja järkevän tehtävävastauksen taulukon 7 kriteerien mukaisesti, jolloin opiskelijan katsotaan yltävän Bloomin ajattelutaitojen korkeammille tasoille.

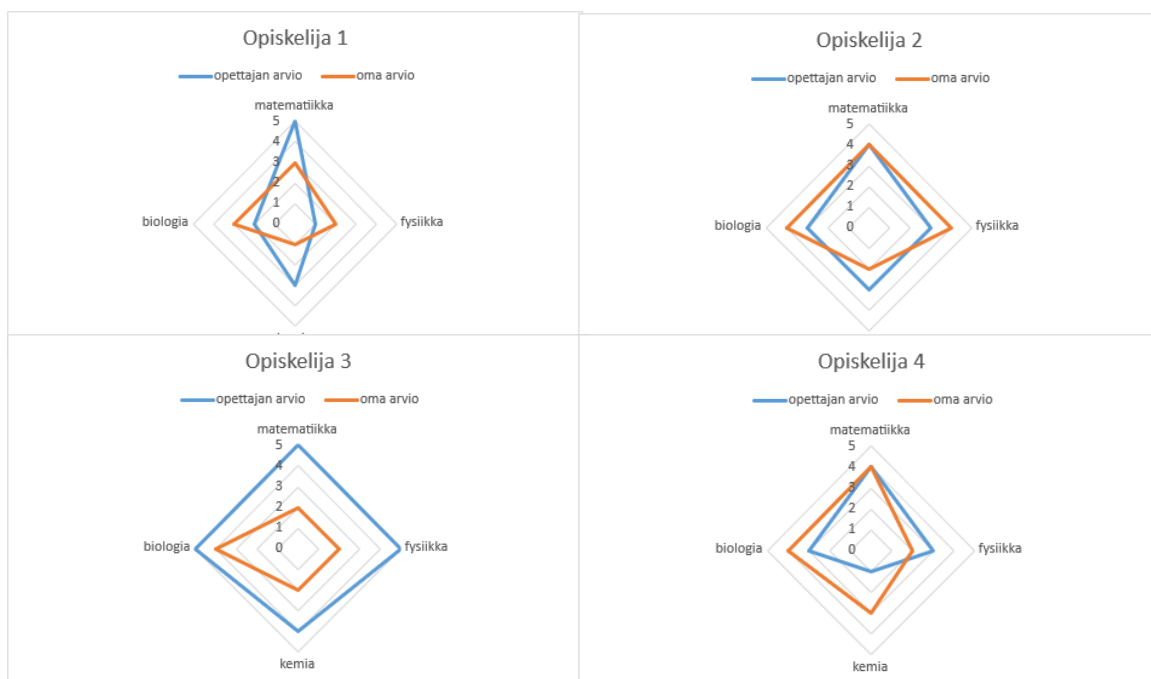
Taulukko 8. Opiskelijoiden osatehtäväkohtaisten osaamistavoitteiden saavuttaminen ja eheän vastauskokonaisuuden luominen eli korkeimpien kognitiivisten tasojen (HOCS) saavuttaminen punasolujen hemolyysi -tehtävässä. Rastilla on määritelty ne opiskelijat, jotka täyttävät vaaditut kriteerit.

opiskelija	Osatehtävä 1	Osatehtävä 2	Osatehtävä 3	HOCS-tasojen saavuttaminen
1	X	X	X	X
2	X	X		
3	X	X	X	X
4	X		X	X
5				
6		X	X	
7	X	X	X	X

3.4 Minäpystyvyyden vaikutukset osaamiseen ja haastattelun tuomat tarkentavat näkökulmat

3.4.1 Opiskelijan arvio osaamisestaan suhteessa saatuihin tuloksiin

Kuvassa 9 on vertailtu toisiinsa opiskelijan omaa arviotaan tieteenalakohtaisessa osaamisessaan ennen kurssin alkua siihen, miten he loppujen lopuksi suoriutuivat tutkielman tulosten perusteella.



Kuva 9. Opiskelijan oma arvio omasta osaamisestaan verrattuna tutkielmassa saavutettuun osaamiseen.

Opiskelija 1 arvioi osaamisensa olevan heikkoa kemiassa, välttävää fysiikassa. Haastattelussa käy ilmi, että vaikka opiskelija pitää fysiikkaa ja kemiaa itselleen haastavina, niin hän uskoo kuitenkin kykenevänsä niitä kehittämään. Biologiassa ja matematiikassa opiskelija 1 kokee osaamisensa olevan tyydyttävää. Tehtävissä esille tuleva osaaminen oli kuitenkin kemiassa ja matematiikassa kaksi arvosanaa omaa arviota parempi. Sen sijaan tehtävissä fysiikan ja biologian osaaminen oli todellisuudessa yhden arvosanan verran heikompaa.

Opiskelija 2 osallistui kurssille ennakkoluulottomasti, mutta alkukyselyn käsitys omasta välttävästä kemian osaamisesta kuulemma vain vahvistui kurssin edetessä. Todellisuudessa opiskelijan kemian osaaminen oli kuitenkin tyydyttävää. Opiskelijan

suoriutuminen biologiassa ja fysiikassa oli tyydyttävää oman arvion hyvän sijaan. Opiskelijan kokemuksilla tieteenalan hallinnasta ei todennäköisesti ollut kovinkaan suurta merkitystä tehtävän suorittamiseen.

Opiskelija 3 arvioi oman biologian osaamisensa olevan hyvää ja tehtävissä esiintynyt biologian osaaminen olikin erinomaista. Fysiikassa, kemiassa ja matematiikassa hän arvioi osaamisensa olevan välttävää, mutta matematiikan ja fysiikan tieteenalakohtainen hallinta oli erinomaista ja kemiassa hyvää. Opiskelija 3:n käsitys omista kyvyistään ei siis ainakaan realisoitunut huonona osaamisena kurssitehtävissä.

Matematiikassa ja biologiassa opiskelija 4 arvioi osaamisensa olevan hyvää ja kemiassa tyydyttävää, mutta fysiikassa vain välttävää. Todellisuudessa kemian osaaminen oli heikkoa, biologian ja fysiikan tyydyttävää.

3.4.2 Aihealueen hallinnan kokeminen

Aiempien kokemusten osalta opiskelija 1 kokee, että hänen perustietämyksensä biologian osalta ei ole välttämättä ihan riittävää. Opiskelija on erityisesti kiinnostunut ympäristötieteistä, jonka vuoksi kurssitehtävissä esille tulleet aihealueet tulivat opiskelijalle opintojen aikana vähän ehkä yllätyksenäkin. Matematiikassa opiskelija kertoo olevansa tottunut pyörittelemään erilaisia kaavioita.

Opiskelija 3: Aiemmat käsitykset kuitenkin näkyivät opiskelijan suhtautumisessa tehtävien tekoon ennakkoon ahdistuksena:

“lähinnä just se ehkä henkinen kynnys liittyen kemiaan ja matematiikkaan ja siihen liittyviin asioihin et ylipäättänsä saa itsensä pohtimaan niitä” -Opiskelija 3

Opiskelija 4 ei luottanut omiin kykyihinsä, sillä haastattelussa hän toistuvasti palaa siihen toivottomaan tunteeseen, ettei selviä tehtävistä itsenäisesti:

“mä oon vähän semmonen et et et aluks voi tuntuu silt et mä oon ihan huono ja mä en osaa mitään mut sit se meneeki ehkä iha hyvin” -Opiskelija 4

“ja sitte mh mä laitoin sinne flingaan pari kysymystä ja ei niihin oikee vastattu tai niinku en mä oikee kokenu et mä tai niinku nii mitää hyöttyy vaik mä yritin kysyy sitä apuaki” -Opiskelija 4

3.4.3 Sosiaalinen vertailu

Opiskelija 4 oli ainoa, jolla sosiaalinen vertailu ilmeni haastattelujen perusteella minäpystyvyyden lähteenä. Hän kertoo verranneensa tehtävistä saamiaan ratkaisuja muiden kurssilaisten kanssa ja iloitsi, kun huomasi tehneensä tehtävissä samankaltaisia johtopäätöksiä muiden opiskelijoiden kanssa. Opiskelija 4 kertoi käyttäneensä paljon aikaa tehtäviin ja oli epävarma muiden ajankäytöstä.

3.4.4 Palautteen merkitys

Opiskelija 1 toi haastattelussa ilmi usein, että olisi kaivannut kurssin suorittamiseen lisää tukea. Kurssin suorittamisen aikana opiskelija käytti esimerkiksi googlea apunaan, kun hän haki varmistusta omalle osaamiselleen. Tukea opiskelija sai kuitenkin kurssikavereiden kanssa juttelusta ja opettajan antamasta palautteesta ensimmäisten tehtävien jälkeen, jolloin opiskelija vasta ymmärsi, miten tarkkoja vastauksia kurssitehtävissä haetaan. Opiskelu kasvatustieteissä ja luonnontieteissä eroavat niin merkittävästi toisistaan, että oppimistehtävien suorittamisen kannalta yksi suurimmista haasteista oli vaihtaa ajattelu laajoista kokonaisuuksista, joita kasvatustieteissä käsitellään, eksakteihin luonnontieteisiin.

Myös opiskelija 2 koki kurssin suoritustavan ongelmalliseksi ja olisi kaivannut lähikontaktia opettajaan. Vaikka opiskelija 2 koki tehtävät haastavina ja turhauttavina, hän koki myös tehtävien tekemisen palkitsevana onnistumisentunteiden myötä:

“ne oli hyvin haastavii myös et todellaki niinku kyl sii turhautumisii molemmis tehtävis tuli mut ei missään vaihees ollu semmone välil oli semmone en mä millään saa tätä tehtyy” - Opiskelija 2

Opiskelijan 4 minäpystyvyyteen vaikutti heikon itseluottamuksen lisäksi tuen puute. Opiskelija 4 olisikin mieluummin suorittanut kurssin lähiopetuksena.

Tuen puute olikin haastatteluissa kolmella opiskelijalla esille noussut ongelma kurssilla. Opiskelija 3 oli ainoa, joka ei kokenut kurssilla tuen puutteen haittaavan suoritustaan, vaan opiskelija pärjäsi hienosti kurssimateriaaleilla ja tiedonhakupalveluiden käytöllä.

3.4.5 Opiskelijan emotionaalinen tila

Opiskelija 1 ei kokenut negatiivisia tunteita kurssin aikana, eikä hänellä ollut kurssiin liittyviä negatiivisia ennakkokäsityksiä. Opiskelija ei tuonut haastattelussa esille myöskään negatiivisia asenteita mitään tieteenalaa kohtaan. Opiskelija pikemminkin kertoi kurssin olleen mielenkiintoinen ja innostava:

“perunatehtävässä ni siitähän mä nautin oikee tosi paljon, et se oli mun mielestä hauska, hauska tehtävä ku siin pääsi oikeesti laskemaan” -Opiskelija 1

Myös opiskelija 3 piti kurssitehtäviä haasteellisuutensa vuoksi kuitenkin erittäin palkitsevana, kun tehtävän sai ratkaistua. Haastattelun perusteella opiskelijan 4 todellisuutta parempi käsitys kemiassa saattoi pohjautua opettajakoulutuslaitoksen kursseihin, joista opiskelija kertoi haastattelussa todella pitäneensä ja pärjänneensä niissä hyvin. Toisaalta opiskelija kertoo haastattelussa fysiikan ja kemian olevan haasteellista:

“joo mä oon tienny just noi fysiikka kemia on mul heikkoja ja tuli todistettua et ne on” -
Opiskelija 4

4 POHDINTA

4.1 Luonnontieteiden ja matematiikan hallinta oppimistehtävissä

Tiedevalikohtainen osaaminen oli heikointa kemian ja fysiikan alalla. Nämä tulivat esille oppimistehtävien vastauksissa huonona käsitteiden hallintana ja siinä, että päätelmiä ei kovin paljon perusteltu selittämällä ilmiötä tieteenalakohtaisen tiedon kautta. Parhaiten opiskelijat hallitsivat matemaattiset taidot. Tämä voi johtua siitä, että matematiikkaa on harjoiteltu jo alaluokilta lähtien ja luokanopettajaopiskelijoina he opettavat myös paljon matematiikkaa. Toisaalta tehtävässä vaaditut matemaattiset suoritukset ovat alakoulu-yläkoulu- ja lukiotasoa vastaavia suorituksia, joten se voi myös selittää opiskelijoiden hyvää matematiikan hallintaa oppimistehtävissä. Tehtävissä esille tuleva osaaminen ei myöskään vastaa missään nimessä koko tieteenalan osaamista, vaan murto-osaa siitä, joten opiskelijoiden kokonaisvaltaista tieteenalakohtaista osaamista on vaikea arvioida muuten, kuin oppimistehtävissä esiintyvien tietojen kautta.

Fysiikan osaaminen taas vaatii osaamista, jota ei välttämättä opiskelijat ole kohdanneet ennen yliopistoa, kuten spektrofotometrian menetelmäosaaminen. Osa opiskelijoista on mahdollisesti jo tutustunut tehtävissä esille tulleisiin käsitteisiin biologian perusopinnoissa kasvifysiologian perusteissa ja eläinфизиologian perusteissa, kun taas osa asioista olivat ainakin osalle opiskelijoista täysin uusia. Tämä saattaa selittää heikompa suoriutumista fysiikassa, mutta myös biologiassa, sillä neljä opiskelijaa suoriutui biologian osaamisessa vain tyydyttävästi ja yksi välttävästi. Vain kahden opiskelijan osaaminen biologiassa oli lopulta hyvä tai erinomainen. Tästä voi varovaisesti päätellä, että osmoosin ymmärtäminen yliopistotasolla vaatii etenkin fysiikan ja kemian riittävää hallintaa, joka voi vaikuttaa biologian oppimistehtävien suorittamiseen haittaavasti. Matematiikan hallinta oli tutkielman aineistossa niin hyvällä tasolla, ettei se luultavasti ole opiskelijoiden oppimista rajoittava tekijä

4.2 Uudistetun Bloomin taksonomian tasojen saavuttaminen oppimistehtävien vastauksissa

Tutkielmassani heikko tiedealakohtainen osaaminen ei estänyt opiskelijoita integroimaan tieteenalakohtaista tietoa ja saavuttamaan oikeanlaisia päätelmiä oppimistehtävän 1 ratkaisemiseksi. Vaikka opiskelijat kykenivät vastauksissaan tekemään päätelmiä, jotka vaativat eri tieteenalojen yhdistämistä, opiskelijat eivät välttämättä vastauksissaan käyttäneet tieteenalakohtaisia käsitteitä tai avannut kaikkia päätelmiään sanoin. Opiskelijat eivät välttämättä vastanneet kaikkiin tehtävissä esitettyihin kysymyksiin, esimerkiksi osatehtävässä 1 opiskelijoista kaikki ei ollut selittänyt, miten osmolaarisuus liittyy tarkasteltavaan ilmiöön eli hemolyysiin. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että opiskelijan osaaminen kemiassa on heikkoa tai opiskelijan itseluottamus avata kemian käsitteitä ei ole riittävä, jotta uskaltaisi niitä yrittää avata. Vastauksissa esiintyi myös selviä virheitä matematiikan, kemian ja fysiikan käsitteiden käytössä, vaikka varsinaiset päätelmät oli tehty oikein. Oikeisiin päätelmiin voidaan tulla mahdollisesti hyödyntämällä osaamista muissa tieteenaloissa ja kiertämällä siten vaikeita asioita, joita tehtävässä tulisi hallita.

Osatehtävän 3 osaaminen merkitsee kaikkein eniten, ylittääkö opiskelija tehtävässä uudistetun Bloomin taksonomian korkeimmille ajattelunaidon tasoille. Tämä johtuu siitä, että tämä osatehtävä vaatii eniten menetelmäosaamista ja tieteenalakohtaista osaamista. Osatehtävän 3 hallitseminen vaatii myös kahden aikaisemman tehtävän hallitsemista muunmuassa siksi, että osatehtävän 3 tuloksia täytyy osata verrata osatehtävän 1 ja osatehtävän 2 tuloksiin. Esimerkiksi uudistetun Bloomin taksonomian tasolla arvioi opiskelijan tulee osata arvioida saamiaan tuloksia jokaisen osatehtävän välillä, joka on esitetty kysymyksenasettelussa osatehtävässä 3.

Opiskelija 6 ei pääse uudistetun Bloomin taksonomian korkeimmille tasoille ainoastaan siitä syystä, että osatehtävässä 1 hän selittää ristiriitaisesti, missä putkissa hemolyysiä tapahtuu, eikä myöhemminkään korjaa virhettään tai tuo vastauksessaan mitenkään ilmi, että on päätelty hemolyysiä tapahtuvan osatehtävässä 1 ehkä alun perin väärin. Opiskelija 4 olisi luultavasti osannut tehdä oikeat johtopäätökset osatehtävässä 2, mutta ei ole jostain syystä varsinaisesti vastannut kysymykseen, missä putkissa on tapahtunut hemolyysiä ja

miten se näkyy kuvissa. Jostain syystä opiskelija vain kuvailee putkien sisältöä. Opiskelija kuitenkin huomaa, että pelletti muodostuu vain liuossarjan väkevimmissä liuoksissa. Sen sijaan opiskelijan 2 tyydyttävä tieteenalakohtainen hallinta matematiikassa, fysiikassa ja kemiassa tai hyvä tieteenalakohtainen hallinta matematiikassa ei riitä saamaan opiskelijaa uudistetun Bloomin taksonomian korkeille ajattelutaidon tasoille, koska hän ei pysty hyödyntämään riittävästi spektrofotometrian menetelmäosaamista, joka kuuluu uudistetun Bloomin taksonomian tasolle soveltaa. Siten hän ei pysty tekemään oikeanlaisia johtopäätöksiä osatehtävässä 3, eikä arvioimaan osatehtävän 3 lopputuloksia osatehtävien 1 ja 2 lopputuloksiin. Opiskelijalla 5 tyydyttävä tieteenalakohtainen hallinta biologiassa ja kemiassa sekä hyvä tieteenalakohtainen hallinta fysiikassa ja matematiikassa ei riitä, jotta opiskelija kykenisi ratkaisemaan osatehtäviä, sillä hän tekee vääränlaisia päätelmiä osatehtävissä 1 ja 3, eikä anna vastausta ollenkaan osatehtävässä 2. Sen sijaan opiskelija keskittyy kuvailemaan osatehtävissä esiintyviä fysiikan menetelmiä ja kemian käsitteitä, mutta integraatio epäonnistuu.

Asiavirheet tieteenalakohtaisessa osaamisessa tai muuten heikko tieteenalakohtainen osaaminen eivät siis tutkielmassani estäneet opiskelijoita saavuttamasta uudistetun Bloomin taksonomian korkeimpia tasoja. Opiskelijan 5 vastauksista kuitenkin huomaa, että jos osaamisessa on liikaa aukkoja, oppimistehtävän ratkaiseminen käy mahdottomaksi. Jos analyysissä olisi huomioitu kaikkien tieteenalakohtaisten käsitteiden ymmärtämisen ja tarkoituksenmukaisen käytön opiskelijoiden laatimissa vastauksissa, opiskelijat eivät kuitenkaan olisi saavuttaneet uudistetun Bloomin taksonomian korkeampia tasoja, lukuunottamatta opiskelijaa 3, jonka tieteenalakohtainen osaaminen oli erinomaista. Aiemmassa tutkimuksessa on todettu, että teeman ympärille rakentuva luonnontieteitä integroiva opetus edistää opiskelijoiden kriittistä ajattelua, joka kuuluu uudistetun Bloomin taksonomian arvioi -tasolle (Pursitasari ym. 2015). Voi olla, että kurssilaiset ovat tästäkin syystä saavuttaneet uudistetun Bloomin taksonomian korkeimpia ajattelutaidon tasoja, vaikka kaikki tieteenalat eivät olleetkaan hyvin hallussa.

4.3 Arvio opiskelijoiden minäpystyvyyden vaikutuksista oppimistuloksiin

Opiskelijoiden oma arviointi ja todellinen osaaminen eri tieteenaloissa olivat pääosin yhteneväisiä, sillä suurin osa opiskelijoiden omista arvioista osuivat samoiksi tai yhden arvosanan päähän tehtävässä mitattua suoritustasoa. Kuitenkin erityisesti kemiassa oli suurempia eroja. Kolme opiskelijaa suoriutui kemiassa kaksi arvosanaa paremmin, kuin mitä he itse arvioivat osaamisensa olleen. Yksi opiskelija taas arvioi kemian osaamisensa kaksi arvosanaa paremmaksi, kuin mitä oppimistehtävien vastauksista voitiin päätellä. Toisaalta kemian osaamisen kriteeristö ei ole tutkimuksessa kovin luotettava kriteerien pienen määrän vuoksi.

Opiskelijan 1 minäpystyvyys ei vaikuttanut haitallisesti opiskelijan suoriutumiseen, vaikka opiskelija koki kemian ja fysiikan osaamisen heikoksi. Pikemminkin opiskelijan innostus biologiaa kohtaan innosti opiskelijaa suorittamaan kurssitehtävissä ja siten hänen kohdallaan positiiviset tunteet olivat opiskelijaa tukeva minäpystyvyyden osatekijä, joka vaikutti tehtävästä suoriutumiseen positiivisesti. Opiskelijalla 2 suurin minäpystyvyyteen vaikuttava osa-alue tehtäviä suorittaessa oli fyysinen ja emotionaalinen tila, sillä haasteista selviäminen antoi opiskelijalle niin suuria onnistumisentunteita, että loppujen lopuksi hän piti kurssia lempikurssinaan biologian laitoksella. Tuen ja palautteen puute aiheutti opiskelijalle haasteita, joka saattoi edesauttaa opiskelijan haasteita punasolujen hemolyysi -oppimistehtävän osatehtävässä 3. Opiskelijan 3 osaaminen oli todellisuudessa hyvä ja suoriutui tehtävässä mainiosti Bloomin taksonomian ajattelutasoilla, vaikka hänen oma arvio oli välttävä kemiassa fysiikassa ja matematiikassa. Syynä voi olla esimerkiksi aiempi tausta, sillä hän on entinen sairaanhoitaja. Myös opiskelijalla 3 tunnetilat olivat tehtäviä suorittaessa kaikkein hallitsivin minäpystyvyyden osa-alue, sillä opiskelija pystyi voittamaan ahdistavat ennakoajatukset kurssisuorituksen aikana, kun onnistumisentunteita alkoi ilmaantua. Opiskelijalla 4 Sosiaalinen vertailu vaikutti olevan oppimistehtävässä minäpystyvyyteen vaikuttavana tekijänä, merkittävästi suoritusta tukevasti. Opiskelija vertaili vastauksiaan muiden opiskelijoiden suorituksiin ja huomasi pärjänneensä ja tämä todennäköisesti paransi hänen käsitystään selvitä tehtävästä. Sen sijaan kokemus tieteenalojen huonosta hallinnasta ja tuen puute lannisti opiskelijaa, mutta se ei merkittävästi haitannut

opiskelijaa suoriutumasta oppimistehtävän 1 osatehtävissä tai estänyt häntä saavuttamasta uudistetun Bloomin taksonomian korkean ajattelutaitojen tasoja.

Opiskelijoiden tausta vaikuttaa siihen, millaisiin tieteenalan tehtäviin ja tieteenalakohtaisiin kokemuksiin hän on aiemmin törmännyt ja siten opiskelijat perustavat arvion omasta osaamisestaan todennäköisesti varsin erilaisille asioille. Esimerkiksi opiskelija 3 on sairaanhoitajana varmasti törmännyt aiemmissa opinnoissaan haastaviin fysiikan ja kemian vaatimuksiin, ja muodostanut siitä arvion oman osaamisensa tasosta välttäväksi matematiikassa, fysiikassa ja kemiassa. Osmoosi ja hemolyysi ovat sairaanhoitajalle entuudestaan tuttuja ilmiöitä ja siten suoriutuminen siihen liittyvässä oppimistehtävässäkin on hyvä tai erinomainen, koska asia on opittu jo aiemmin, sekä niihin liittyvät fysiikan ja kemian käsitteet ja menetelmät.

Yhteenvedon voidaan todeta, että opiskelijoiden innostus biologiaa kohtaan voitti useimmilla opiskelijoilla fysiikkaa ja kemiaa kohtaan tuntemat negatiiviset ennakkokäsitykset ja kurssin aikana esiintyneet turhautumiset. Tutkielmassa merkittävä rooli opiskelijoiden oppimiseen onkin mahdollisesti asenteilla, sillä nekin vaikuttavat merkittävästi opiskelijoiden suoriutumiseen ja oppimiseen (Tähkä 2012). Tutkielmassani merkittävin minäpystyvyyden osatekijä oli fyysinen ja emotionaalinen tila, joka koostui opiskelijoiden innostuksesta, kiinnostuksesta ja onnistumisen tunteista oppimistehtävissä ja oli siten opiskelijoiden oppimista tukeva voimavara. Toinen tärkeä minäpystyvyyden osa-alue oli sosiaalinen tuki, sillä haastattelujen perusteella kolme neljästä opiskelijasta olisi kaivannut kontaktiopetusta ja konkreettista apua. Tutkielman tulos eroaa siis jonkin verran aikaisemmista tutkimuksista, joissa aiemmat kokemukset omasta osaamisen tasosta on ollut merkittävin minäpystyvyyttä selittävä tekijä (Usher & Pajares 2008). Voi olla, että tutkielmassa korostui sosiaalisen tuen puute kurssin verkkomaisesta luonteesta johtuen, joka pakotti opiskelijoita selviämään työssä lähes yksin. Opiskelijoiden oma arvio heikosta osaamisesta kemiassa todennäköisesti kuitenkin vaikutti vastauksissa, sillä kemian käsitteitä käytettiin heikosti vastauksissa. Tieteenalakohtainen heikko osaaminen ei estänyt opiskelijoita tekemästä oikeanlaisia päätelmiä kurssitehtävässä, sillä jopa neljä opiskelijaa seitsemästä ylsi uudistetun Bloomin taksonomian korkeamman ajattelutaitojen tasolle tehtävien ratkaisussa. Tämä perustuu opiskelijoiden kykyyn ymmärtää käsiteltävää ilmiötä riittävän hyvin kykenemättä välttämättä käyttämään kaikkia siihen liittyviä käsitteitä tarkoituksenmukaisesti. Tämä viittaa siihen, että opiskelijoiden tieteenalakohtainen osaaminen olisi ollut oikeasti tutkielmassa saavutettua

tasoa parempi ja opiskelijoiden minäpystyvyys vaikutti oppimistehtävissä tieteenalakohtaisessa osaamisessa, eikä niinkään tehtävän oppimistavoitteissa suoriutumiseen. Voi myös olla, että jonkin tieteenalan parempi hallinta on kompensoinut toisen tieteenalan heikkoutta siten, että yhden tieteenalan näkökulmalla opiskelija on voinut selittää ilmiön tapahtumia riittävästi tai kyennyt omaksumaan heikon tieteenalan tietoa toisen vahvemman tieteenalan tiedon avulla

4.4 Tulosten luotettavuuden arviointi

4.4.1 Tutkimusjoukon valinta

Tutkielmaan sisältyy jonkin verran huomioon otettavia seikkoja, kun arvioidaan tulosten merkittävyyttä. Tutkimukseen osallistuneiden opiskelijoiden määrä on melko pieni. Kurssilla on normaalisti aina joitain opiskelijoita, jotka päättävät lopettaa kurssin kesken. Tutkielmaa varten juuri heikoimpien opiskelijoiden vastausten tulkinta ja haastattelu olisi voinut antaa minäpystyvyydestä erilaisen kuvan, mutta voi olla, että heikoimmat opiskelijat eivät myöskään kovin mielellään osallistu tämänkaltaiseen tutkimukseen. Toinen tärkeä huomio kohdistuu tieteenalakohtaiseen luokitteluun ja niistä koostuvien kriteerien määrään.

4.4.2 Tieteenalojen luokittelu ja tieteenalan hallintaa koskevat kriteerit

Ensinnäkin luokittelu tieteenaloista on tämäntyyppisessä aineistossa hankalaa ja osin keinotekoistakin, jolloin rajaa tieteenalakohtaisen tiedon välillä on vaikea vetää, sillä oppimistehtävät integroivat luonnontieteitä ja matematiikkaa taidokkaasti. Osmolaarisuuden laskukaavan muodostaminen sanallisesta tehtävänannosta integroi kemiaa ja matematiikkaa siinä määrin, että luokittelu kumpaan vaan tieteenalaan on lopulta perusteltua. Laskukaavan muodostaminen ja siihen käytettävät merkinnät ovat matematiikkaa (Zhao 2021), mutta vaatii tietoa kemiasta, jotta ymmärtää, mistä lasku muodostuu, joka on luonnontieteelle tyypillinen tapa mallintaa ilmiöitä matemaattisin mallein (Zhao 2021). Esimerkiksi spektrofotometria on tutkimusmenetelmä, jossa

hyödynnetään fysiikalle tyypillisiä keinoja, kuten valoa ja aineiden kykyä absorboida valoa. Kuitenkin spektrofotometria on yleisesti käytetty menetelmä kemiassa ja biologiassa aineiden ominaisuuksia tutkittaessa. Esimerkiksi lukion oppikirjoissa absorbanssia ja spektrofotometriaa käsitellään lukion kemian kirjassa (Koskinen & Koskinen 2017). Vastaavasti osmoosia on vaikea lokeroida minkään tieteenalan sisään, sillä osmoosi on ilmiönä kemiallinen ja perustuu aineiden liukenemisominaisuuksiin, liuottimen siirtymiseen ja pitoisuuserojen tasoittuminen on fysikaalista perustuen molekyylien lämpöliikkeeseen, mutta toisaalta osmoosi on tärkeä ilmiö biologisissa systeemeissä. Osmoosin ymmärtäminen vaatiikin useiden tieteenalojen hallintaa, joten tämän kriteerin olisi voinut yhtä perustellusti jättää pois.

Lisäksi kemian osaamiseen liittyviä välttämättömiä kriteereitä on tutkielmassa lopulta vain 3, jolloin jokaisen kriteerin täytyminen tai täyttämättä jääminen vaikuttaa arvioon opiskelijan osaamisesta kyseisessä tieteenalassa suhteessa enemmän, kuin muissa tieteenaloissa. Lisäksi kriteerit tieteenaloittain eivät ole välttämättä keskenään vertailukelpoisia, mitä tulee kriteerien painoarvoon tehtävän ratkaisemisessa.

Tieteenalakohtaisen osaamisen kriteerien mielekkyys on myös ongelma tutkielmassa. On erittäin vaikeaa sanoa, mikä on oleellista osaamisaluetta tehtävänratkaisun kannalta aineistossa, joka on monin osin niukkasanaista ja ristiriitaista. Esimerkiksi sentrifugointimenetelmän kannalta olisi mielekästä ymmärtää käsitteitä, kuten tiheys, mutta opiskelijoiden vastauksissa sentrifugoinnin periaatetta käytettiin vastauksissa virheettömästi, kun taas toisaalta samanaikaisesti tiheyden käsitettä käytettiin epämääräisesti. Vastauksista on siis vaikea lopulta päätellä, mikä on opiskelijan todellista osaamista, sillä kriteerien täytyminen oli tulkinnanvaraista, jossa tutkijan subjektiivisuus vaikuttaa helposti tulkinnan lopputulokseen (Tuomi & Sarajärvi 2018).

4.5 Tulosten merkitys ja miten niitä voidaan hyödyntää jatkossa

Tulosten perusteella on vaikea tehdä lopullisia johtopäätöksiä opiskelijoiden todellisesta osaamisesta tieteenaloissa, vaan tämän selvittäminen vaatisi tarkempaa kriteeristöä sekä laajempaa otosta, jossa keskeiset kriteeristöt nousisivat paremmin esiin ja mahdollisesti pystyttäisiin vetämään luotettavampia johtopäätöksiä siitä, miten tieteenalakohtainen

osaaminen auttaa opiskelijoita saavuttamaan uudistetun Bloomin taksonomian korkeimpia ajattelutaidon tasoja.

Tutkimuksesta käy kuitenkin ilmi, että mitä tiiviimpää tieteenalojen integraatiota tehtävissä esiintyy, sen varmemmin opiskelijan on pakko esittää osaamisensa myös tehtävävastauksessa, kuten esimerkiksi osmolaarisuuden laskukaavan muodostaminen sanallisesta tehtävänannosta, jossa opiskelijan on hallittava matematiikan merkintätapoja ja ymmärtää, mistä osmolaarisuus johtuu. Tämä on linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa, jossa opiskelijoiden oppiminen tehostuu ja ymmärrys lisääntyy, kun integraatio on tiivistä (Hurley 2001). Tämä tulee ottaa huomioon myös oppimistehtäviä suunniteltaessa biologian laitoksella, jos halutaan, että osmoosi ilmiönä opitaan biologiassa syvällisesti hyödyntäen muita luonnontieteitä ja matematiikkaa. Tärkeää on tehtävänannossa huolehtia, että opiskelija joutuu tehtävässään antamaan vastauksen lisäksi perustelu, jolloin opiskelijan tulisi hyödyntää monipuolisesti eri tieteenaloja perustelussaan. Tämä tulee esille myös aikaisemmissa tutkimuksissa, joissa integraatio otetaan huomioon jo tehtävänasettelussa ja opettajan antamissa ohjeissa (Zhao 2021).

5 KIITOKSET

Kiitokset ohjaajilleni Minna Vainiolle ja Veli-Matti Vesteriselle, jotka ovat tarjonneet tärkeitä näkökulmia tutkielmani luomiseen. Kiitos myös Sanoma Prolle oikeuksista tarkastella oppimateriaalien digiaineistoa, jotta sain kattavan käsityksen tutkielman aihepiirin opetuksesta peruskoulun alaluokilta lukioon.

6 LÄHTEET

- Aksela M, tikkanen G & Kärnä P (2012): Mielekäs luonnontieteiden opetus: miten tukea oppilaiden ajattelua ja ymmärtämistä? Teoksessa: Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012. *Opetushallituksen koulutuksen seurantaraportit 2012:10* s.9-19
- Andrew, Sharon (1998): Self-efficacy as a predictor of academic performance in science. *Journal of advanced nursing*, 1998-03, Vol.27 s.596-603
- Cantell H (2015): Näin rakennat monialaisia oppimiskokonaisuuksia. *PS-kustannus*
- Chen J & Usher E (2013): Profiles of the sources of science self-efficacy. *Learning and individual differences*, 2013-04, Vol.24 s.11-21
- Crowe A, Dirks C, & Wenderoth M (2008): Biology in bloom: Implementing Bloom's Taxonomy to Enhance Student learning in Biology. *CBE-Life sciences education* 2008-04, Vol.7 s.368-381
- Ekonen M, Hassinen S, Hemmo K & Taskinen K (2019): Lausekkeet ja yhtälöt. Tekijä lyhyt matematiikka 2, *Sanoma pro* s.7
- Happonen P, Holopainen M, Sotkas P, Tenhunen A, Tihtarinen-Ulmanen M & Venäläinen J (2020): Bios 1 Elämä ja evoluutio, *Sanoma Pro* s. 7
- Hassinen S, Hemmo K & Pirttimaa M (2019): Matemaattinen analyysi: Tekijä lyhyt matematiikka 7, *Sanoma Pro* s.7
- Hatakka J, Saari H, Sirviö J, Viiri J & Yrjänäinen S (2009): Physica, *WSOY* s. 14-15
- Helsingin yliopiston tiedekasvatus <<https://kemianhistoria.luma.fi/analyyttinen-kemia/>> [luettu 24.3.2023]
- Hurley M (2001): Reviewing Integrated Science and Mathematics: The Search for Evidence and Definitions From New Perspectives. *School science and mathematics*, 2001-05, Vol.101 s.259-268
- Häkkinen K, Hänninen L, Malinen K, Ranta P, Sohlman L & Vallo L: Milli 5b, *Sanoma Pro* s. 120-172
- Kemian liitto <https://www.kemianliitto.fi/kemian-alalla-tyoskentely/> [luettu 24.3.2023]
- Koeppen B & Stanton B (2013): Physiology of Body Fluids. Teoksessa: *Renal Physiology* 5.painos s.1-14
- Koskinen A & Koskinen P (2016): Lukion kemia 1 Kemiaa kaikkialla, *Sanoma Pro* s. 6
- Koskinen A & Koskinen P (2017): Kemialliset analyysimenetelmät. Lukion kemia 2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa, *Sanoma Pro* s. 29

Krathwohl D (2002): A revision of Bloom's taxonomy: An Overview. *Theory into practice*, 2002-11-01, Vol.41 s.212-218

Kärnä P (2012): Peruskoululaisten asenteet fysiikan opintoja kohtaan -mitä tehdä, kun fysiikasta ei pidetä. Teoksessa: Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012. *Opetushallituksen koulutuksen seurantaraportit* 2012:10 s. 121-144

Lehto H, Maalampi J, Havukainen R & Leskinen J (2018): Teoksessa: Fysiikka 1 Fysiikka luonnontieteenä, *Sanoma Pro* sivut 7 ja 12

Lehto H, Luoma T & Eloranta K (2005): Fysiikka 1, *Tammi* s. 12-13

Leimu R (1974): Kemiaa aikuisopiskelijoille. *Otava* s.11

Lonka K, Berg M, Hietajärvi L, Kruskopf M, Lammassaari H, Makkonen J, Maksniemi E, & Vaara L (2008): Phenomenal learning from Finland. *Otava Book Printing Ltd* 1. painos

Marbach S & Bocquet L (2019): Osmosis, from molecular insights to large-scale applications. *Chemical Society reviews*, 2019, Vol.48, s.312-3144

Nuutila K, Tapola A, Tuominen H, Kupiainen S, Pásztor A, Niemivirta M (2020): Reciprocal Predictions Between Interest, Self-Efficacy, and Performance During a Task. *Frontiers in education* (Lausanne), 2020-04-16, Vol.5

Opetushallitus (2015): Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015.
<<https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/lukion-opetussuunnitelmien-perusteet>>
[luettu 25.5.2022]

Opetushallitus (2019): Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019.
<<https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/lukion-opetussuunnitelmien-perusteet>>
[luettu 25.5.2022]

Opetushallitus (2014): Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014
<<https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/perusopetuksen-opetussuunnitelman-perusteet>> [luettu 25.5.2022]

Pang J & Good R (2000): A Review of the Integration of Science and Mathematics: Implications for Further Research. *School science and mathematics*, 2000-02, Vol.100 s.73-82

Pursitasari I, Nuryanti S & Rede A (2015): Promoting of Thematic-Based Integrated Science Learning on the Junior High School. *Journal of Education and Practice*, 2015, Vol.6, s.97

Roux E (2014): The concept of function in modern physiology. *The Journal of physiology*, 2014, Vol.592, s.2245-2249

Tieteen termipankki (2023a)
<<https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:osmoosi>> [luettu 14.3.2023]

Tieteen termipankki (2023b) <<https://tieteentermipankki.fi/wiki/Fysiikka:paine>> [luettu 14.3.2023]

Tirri R, Lehtonen J, Lemmetyinen R, Pihakaski S & Portin P (2001): Biologian sanakirja. *Otava* 2001

Turun yliopiston opinto-opas 2020-2022 <<https://opas.peppi.utu.fi/fi/ohjelma/17943?period=2020-2022>> luettu [10.3.2023]

Tähkä T (2012): Asennetta kemian opiskeluun. Teoksessa: Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012. *Opetushallituksen koulutuksen seurantaraportit 2012:10* s.159-171

Tuomi J & Sarajärvi A (2018): Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi, *Tammi* 2018

Uitto A (2012): Näkökulmia biologian oppimisen kehittämiseksi. Teoksessa: Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012. *Opetushallituksen koulutuksen seurantaraportit 2012:10* s. 29-47

Usher, E & Pajares F (2008): Sources of Self-Efficacy in School: Critical Review of the Literature and Future Directions. *Review of educational research*, 2008-12-01, Vol.78 s.751-796

Viiri J (2012): Fysiikan opettaminen ja oppiminen. Teoksessa: Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012. *Opetushallituksen koulutuksen seurantaraportit 2012:10* s. 105-119

Yusof M, Halimin N & Shamsudin N (2016): Understanding of diffusion, osmosis and particulate theory of matter conceptions among pre-service biology teachers. *7Th international conference on university learning and teaching (InCult 2014) proceedings*, s. 183-195

Zhang D & Wang C (2020): The relationship between mathematics interest and mathematics achievement: mediating roles of self-efficacy and mathematics anxiety. *International journal of educational research*, 2020, Vol.104

Zhao F, Chau L & Schuchardt A (2021): Blended and more: instructors organize sensemaking opportunities for mathematical equations in different ways when teaching the same scientific phenomenon. *International journal of STEM education*, 2021, Vol. 8

LIITTEET

LIITE 1 Ennakkokysely

Tutkimuslupa tietojeni käyttöön biologian aineenopettajaopiskelijan Miia Alinikulan opinnäytetyössä

Pakolliset kysymykset merkitty tähdellä (*)

Olen biologian pääaineopiskelija Turun yliopistosta ja olen tekemässä pro gradu -tutkielmaani fysiologisten ilmiöiden monialaisesta ilmiöoppimisesta. Opinnäytetyössäni selvitän, mitä monitieteellistä osaamista fysiologisten ilmiöiden ymmärtäminen vaatii ja miten luokanopettajaopintoihin kuuluvat monialaiset opinnot antavat valmiuksia ymmärtää fysiologisia ilmiöitä. Arvostaisin suuresti, jos annat minulle luvan käyttää kurssin "XBIO4098 Eliöiden rakenne, toiminta ja perinnöllisyys" aikana laatimiasi kurssivastauksia aineistona tutkielmaani varten. Luvan antamiseen menee vain muutama minuutti!

Ystävällisesti, Miia Alinikula

1. Yhteystiedot *

Etunimi

Sukunimi

Sähköposti

Henkilötietoja käytetään vain tähän opinnäytetyöhön. Kaikki vastaukset koodataan anonymiksi ja henkilötiedot poistetaan tutkimuksen päätyttyä.

2. Kurssivastauksiani saa käyttää opinnäytetyöhön *

- Kyllä
- Ei

3. Minuun saa tarvittaessa ottaa yhteyttä tutkimushaastattelua varten *

- Kyllä
- Ei

Tutkimushaastattelussa pyrimme syventymään siihen, millaista osaamista opintotehtävien suorittaminen vaatii ja miten hyvin aiemmat opinnot tukevat tehtävistä suoriutumista.

4. Olen jo suorittanut seuraavat kurssit (yksi tai useampi):

Perusopetuksessa opettavien aineiden ja aihekokonaisuuksien monialaiset opinnot -kokonaisuus 60 op

- BIOL1201 Eläinfysiologian perusteet, 3 op
 KABI3001 Kasvifysiologian perusteet, 2 op
 En mitään näistä

Jos olet suorittanut yllämainittuja kursseja osittain tai jos sinulta puuttuu esimerkiksi pelkkä kurssimerkintä, voit tarvittaessa selventää tilanteesi alle.

5. Lisätietoja

6. Arvio omasta osaamisestani eri oppiaineissa

	heikko	välttävä	tydyttävä	hyvä	erinomainen
biologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
matematiikka	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
fysiikka	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kemia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

LIITE 2 haastattelurunko

Haastattelukysymykset

Mitä pidit kurssista?

Haastattelun alussa katsotaan kurssitehtävät yhdessä muistin virkistämiseksi.

Teema 1. Tunnepuoli ja minäpystyvyys

Millaisella asenteella lähdit kurssiin? Millaisena koit tehtävät?

Oliko kurssitehtävissä jotakin entuudestaan tuttua? Minkälaisia asioita? Jotain uutta? Mitä?

Koitko kurssin aikana onnistumisen tunnetta jostakin? Mikä/miksi? Oliko jokin erityisen haastavaa? Mikä/miksi?

Koetko, että käytit tehtävän tekemiseen tarpeeksi aikaa? Minkälaiset tekijät takana, jos et?

Teema 2. Monialaisuuden tarjoamat valmiudet

Miten koet, aikaisemmin suoritettujen kurssien (OKL monialaiset opinnot) tukeneen sinua kurssitehtävistä suoriutumisessa? Millaisissa asioissa ja miksi?

Tukivatko kurssimateriaalit hyvin tehtävistä suoriutumista?

Koitko, että kurssimateriaalit ja monialaiset opinnot ovat riittävä tietopohja suoriutua näistä kahdesta tehtävästä kurssilla?

Olisiko jotain, mitä olisit kaivannut kurssille lisää?

Auttoivatko kurssitehtävät hahmottamaan, miten kemia ja fysiikka liittyy biologisiin ilmiöihin? Koetko, että sinulle muodostui käsiteltävästä asiasta kokonaiskuva?

Minkälaiset tekijät auttoivat sinua luomaan kokonaiskuva ?

Onko oma käsityksesi muuttunut matematiikan, fysiikan, kemian tai biologian hallitsemisen osalta?

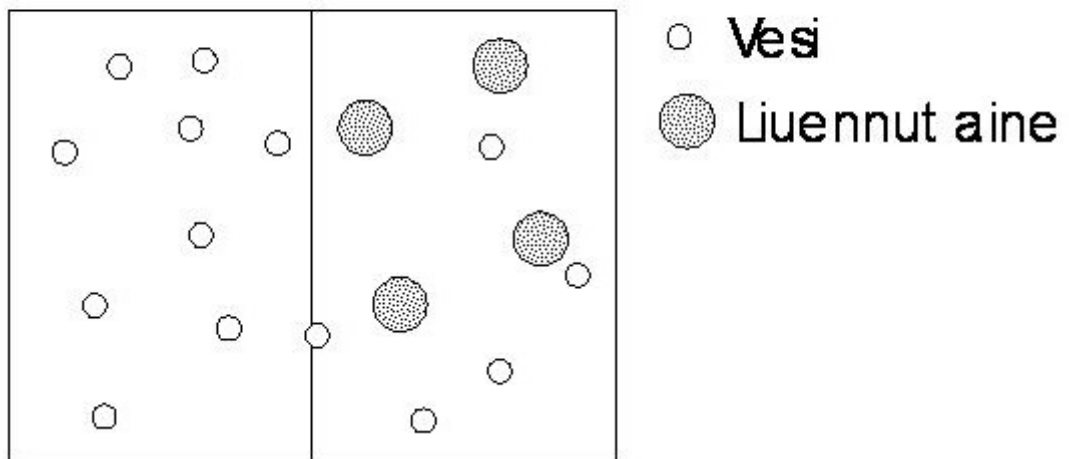
LIITE 3 Oppimistehtävän aineisto: osmoosi ja vesipotentiaalin muodostuminen

Osmoosi

Osmoosi ja osmoottinen paine

Liuenneiden aineiden molekyylit täyttävät käytössään olevan tilan lämpöliikkeensä vuoksi samaan tapaan kuin kaasumolekyylit täyttävät kaasusäiliön. Ilmiötä nimitetään **diffuusioksi**. **Puoliläpäisevä kalvo** päästää toiset aineet diffundoitumaan lävitseen, mutta ei kaikkia. Biologiset lipidikalvot (solukalvo, vakuolin, mitokondrion ja kloroplastin kalvot) ovat puoliläpäiseviä. Läpi pääsevät vesi, kaasut ja pienimolekyyliset neutraalit liuenneet aineet, kun taas suuret molekyylit (esimerkiksi proteiinit) tai sähkövarauksen omaavat ionit eivät pääse. Liuotti men siirtymistä puoliläpäisevän kalvon läpi laimeammasta liuoksesta väkevämpään kutsutaan **osmoosiksi**. Biologisissa systeemeissä osmoosi on siis veden diffuusiota biologisen kalvon läpi. Tarkastellaan nyt veden ja liuenneen aineen käyttäytymistä, kun puoliläpäisevän kalvon vasemmanpuoleinen osasto täytetään vedellä ja oikea puoli liuoksella.

Puoliläpäisevä kalvo



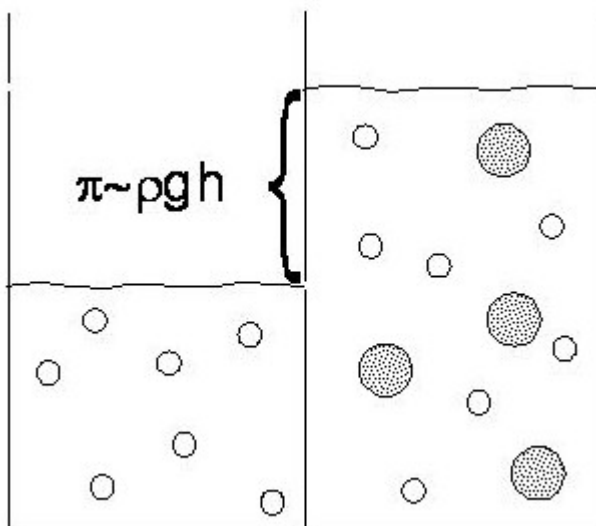
Kuva 1. Puoliläpäisevällä kalvolla kahteen osaan jaetun astian toinen puoli on juuri täytetty vedellä, toinen puoli liuoksella.

Vesimolekyylit törmäilevät toisiinsa ja astian seiniin mutta eivät tunne puoliläpäisevää kalvoa, joten veden pitoisuus pyrkii tasoittumaan samaksi koko tilavuudessa. Liuennut aine pysyy oikealla puolella.

Kuva 2. Veden pitoisuus pyrkii tasoittumaan samaksi koko astiassa.

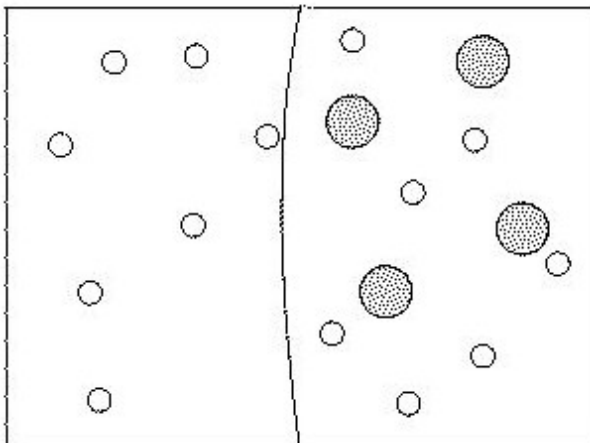
Oikealle puolelle pakkautuu enemmän molekyylejä (vesimolekyylejä ja liuenneen aineen molekyylejä) kuin vasemmalle, joten oikealla puolella on korkeampi paine. Oikean ja vasemman puolen paine-eroa nimitetään **osmoottiseksi paineeksi**.

Osmoottinen paine voidaan mitata esimerkiksi poistamalla astioista kannet, jolloin oikean puolen korkeampi paine pullistaa vesipatsasta ilmanpainetta vastaan.



Kuva 3. Oikeamman puolen korkeampi hydrostaattinen paine nostaa liuospatsaan korkeammalle kuin vasemman puolen puhtaan vesipatsaan.

Liuenneen aineen vaikutus osmoottiseen paineeseen on (lähes) sama aineesta riippumatta. Mikäli puoliläpäisevä kalvo on elävän solun osa, aineiden pitoisuudet poikkeavat tasapainoasemasta aktiivisten kuljetusprosessien vuoksi.



Osmoottinen paine määritellään analogisesti kaasun paineen kanssa. Kaasun paine on suoraan verrannollinen kaasumolekyylien lukumäärään n tilassa V .

Lisäksi paine riippuu voimasta, jonka kaasumolekyylit kohdistaa seinään siihen törmätessään; tämä voima on suoraan verrannollinen lämpötilaan T . Kaasulle pätee siis $pV=nRT$, missä kaasuvakio R ($R=0.00831441 \text{ L Mpa/mol K}$) yhdistää paineen yksikön Kelvin-asteikkoon. Yhtälössä n on aineen ainemäärä (mol). Käsiteltäessä liuenneen aineen molekyylejä samoin kuin kaasumolekyylejä ja korvattaessa p osmoottisella paineella saadaan

Osmoottinen paine

$$pV = nRT$$

eli osmoottinen paine

$$=cRT.$$

Konsentraatiota c ($c = n/V$) laskettaessa on huomattava, että **käsiteltäessä dissosioituvia suoloja, happoja ja emäksiä osmoottisesti aktiivisten ionien konsentraatio voi olla korkeampi tai matalampi kuin suolan, hapon tai emäksen konsentraatio**. Esimerkiksi valmistettaessa 1 M NaCl-liuos saadaan osmoottiseksi paineeksi $2 \text{ mol/L} \times R \times T$, koska NaCl:n dissosioituessa vapautuvat Na^+ ja Cl^- -ionit vaikuttavat molemmat osmoottiseen paineeseen. Liuenneiden aineiden osmoottisesti vaikuttavien pitoisuuksien summaa nimitetään liuoksen **osmolaarisuudeksi (osmmol/l)**. Dissosioituminen otetaan huomioon kertomalla paineen määritelmän oikea puoli liuenneen yhdisteen rakenteesta ja käyttäytymisestä riippuvalla vakiolla i , jolloin osmoottinen paine $=icRT$. NaCl:lla $i = 2$.

Vesipotentiaali

Vesipotentiaali on veden potentiaalienergia laskettuna tilavuusyksikköä kohti.

Esimerkki:

- Voimalaitoksen patoaltaan pinta on 3 m korkeammalla kuin alisen veden pinta.
- Vettä on patoaltaassa 500 000 kg.
- Tällöin veden potentiaalienergia = massa kertaa korkeus kertaa maan vetovoiman kiihtyvyys eli $(500\,000 \text{ kg}) \times (3 \text{ m}) \times (9.81 \text{ m/s}^2)$.
- Yhtä vesikuutiometriä kohti potentiaalienergia on siis $(500\,000 \text{ kg}) \times (3 \text{ m}) \times (9.81 \text{ m/s}^2) / (500 \text{ m}^3) = 29430 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$.

Tuloksen laatu, $\text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$, on SI-järjestelmän paineen yksikkö Pascal (Pa).

Sanomme, että patoaltaan **vesipotentiaali** on 29 kPa, kun vertailutasona on alempi vesipinta. Yhtä hyvin voisimme valita nollassa patoaltaan ja todeta, että alisen altaan vesipotentiaali on -29 kPa. Esimerkki paljastaa, että

- Vesi liikkuu korkeammasta vesipotentiaalista alempaan.
- Vesipotentiaalilin nollassa voi valita vapaasti.

Puoliläpäisevän kalvon laimeamman puolen vesi pyrkii siirtymään väkevämmälle puolelle. Tähän pyrkimykseen liittyvä potentiaalienergia (laskettuna veden tilavuusyksikköä kohti) on yhtä suuri kuin osmoottisen paineen ero kalvon eri

puolilla. Vesipotentiaalin nollassoksi valitaan yleensä puhdas vesi, joten liuoksen **osmoottinen potentiaali** on negatiivinen, $-icRT$.

Elävä kasvisolu on yleensä ympäristöään väkevämpi, joten solu imee osmoottisesti vettä. Tällöin solun seinät venyvät vastustaen veden siirtymistä soluun. Seinien vaikutusta kuvataan (positiivisena) **painepotentiaalina**. Painepotentiaalin vuoksi elävän kasvisolun vesipotentiaali on vähemmän negatiivinen kuin solun osmoottinen potentiaali.

Elävän kasvisolun vesipotentiaalia laskettaessa korkeuseroihin liittyvä potentiaalienergia on vähäinen, joten kasvisolun vesipotentiaali muodostuu kahdesta osasta

Osmolaarisuudesta johtuva osa =

osmoottinen potentiaali Seinän

rakenteesta johtuva osa =

painepotentiaali

vesipotentiaali = osmoottinen potentiaali

+ painepotentiaali, missä osmoottinen

potentiaali = $-icRT$.

Kasvisolun täytyessä vedestä pinkeäksi soluun muodostuu paine, jota kutsutaan **turgoripaineeksi**.

Kasvi-, eläin- ja mikrobisolu

Solunesteen osmolaarisuuden ja solunesteen koostumuksen täytyy pysyä melko vakaana. Solukalvon ulkopuoli voi olla solunestettä laimeampi (kasvisolut), lähes sama (kudoksen ympäröimä eläinsolu) tai

väkevämpi (suolajärven asukki). Solu pitää osmolaarisuuden ja aineiden konsentraatiot oikeina pumppaamalla aineita solukalvon läpi.

Eristetyn biologisen materiaalin säilytysliuoksen tulee yleensä olla **isotonista** materiaalin kanssa, jolloin näyte ei menetä eikä ime vettä liuoksesta. Isotonisella liuoksella on sama osmolaarisuus kuin solun sisäpuolen liuoksella.

Kasvisolussa on jäykkä, hiukan joustava solunseinä, joten kasvisolun vesipotentiaalin lauseke on osmoottisen potentiaalin ja painepotentiaalin summa. Kasvisolukon mekaaninen jäykkyys perustuu

paljolti solujen turgoripaineeseen. Jos kasvisolukko joutuu solun sisältöä väkevämpään (**hypertoniseen**) liuokseen, se menettää vettä ja veltostuu, mutta kutistuu vain vähän. Vastaavasti solun sisältöä laimeammassa (**hypotonisessa**) liuoksessa solukko jäykistyy ja sen tilavuus kasvaa hiukan. Kasvisolun soluneste ei ole yhtä osastoa, vaan tyypillisessä kasvisolussa on suuri vakuoli, jonka puoliläpäisevä kalvo erottaa solulimasta. Vakuolin ja soluliman väkevyyserot pyrkivät tasoittumaan.

Eläinsolu on seinätön, joten sille vesipotentiaali on sama kuin osmoottinen potentiaali. Hypertonisessa liuoksessa eläinsolut kutistuvat ja hypotonisessa liuoksessa ne turpoavat ja lopulta purskahtavat rikki. Samoin käy sekä kasveista että eläimistä eristetyille kalvallisille soluorganelleille.

Useimmissa **bakteeri- ja arkkisoluissa** on seinä, joten ne muistuttavat jäykkyytensä puolesta kasvisoluja

Pohdintatehtävä: Verenkierto ja hengitys

Tehtävät 1-3

Johdanto

Veri ja erityisesti veren punasolut kuljettavat happea keuhkoista kudoksille. Happi kulkee kiinnittyneenä punasolujen hemoglobiiniproteiiniin. Hemoglobiini sijaitsee solujen solulimassa. Veressä soluja ympäröi plasma, jossa on paljon proteiineja ja ioneja. Ionit huolehtivat veren osmoottisesta tasapainosta. Jos punasoluja siirretään liuokseen, jonka osmolaarisuus on alhaisempi kuin solujen, vesi virtaa soluihin ja ne paisuvat. Paisumisen seurauksena voi tapahtua **hemolyysi** eli punasolujen hajoaminen, jolloin punasolujen sisältämä hemoglobiini vapautuu ympäröivään liuokseen. Kun ympäröivän liuoksen osmolaarisuus on suurempi kuin solujen, soluista vuotaa vettä ulos ja ne kurtistuvat. Lue ensin aineisto **Osmoosi ja vesipotentiaalin muodostuminen**, tutustu alla esitettyyn kuvasarjaan ja vastaa kysymyksiin.

Koesarja

Alla esitetyssä harjoitustyössä tutkitaan ympäröivän liuoksen osmolaarisuuden vaikutusta verisoluihin.

Välineistö

- NaCl - laimennossarja (8 putkea, 5 ml/putki): 0,025M, 0,050M, 0,075M, 0,100M, 0,125M, 0,150M, 0,175M ja 0,200M

- verta (teurastamolta, naudan tai sian)
- sentrifuugi
- spektrofotometri, kyvettejä

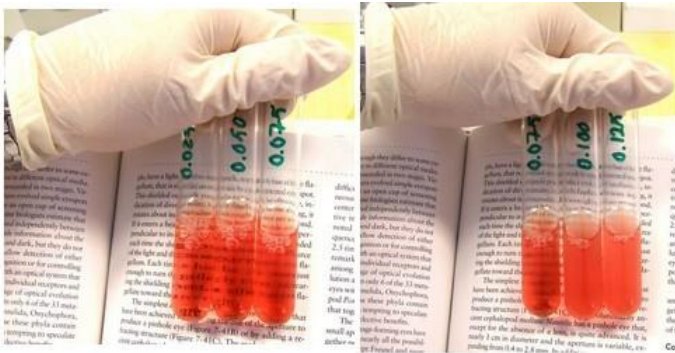
Liuosten valmistaminen ja kokeen aloittaminen



Verta sisältävä putki sekoitetaan huolellisesti kääntelemällä (verisolut ovat putkea seisotettaessa laskeutuneet putken pohjalle). Lisätään 40 µl verta jokaiseen NaCl-putkeen. Koepuket sekoitetaan huolellisesti vorteksilla tai kääntelemällä ja annetaan seistä 5 min (inkuboidaan 5 min).

Tehtävä 1: Ensimmäinen silmämääräinen tarkastelu

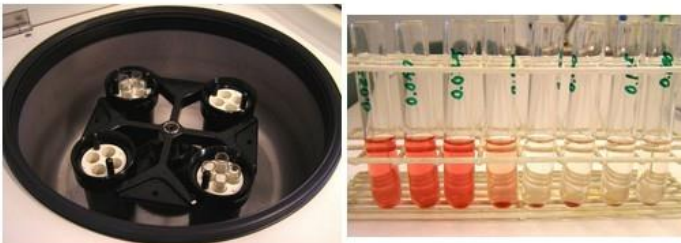
Viiden minuutin inkubaatioajan jälkeen putket jälleen sekoitetaan ja niitä tarkastellaan silmämääräisesti. Putkia voidaan tarkastella esimerkiksi tekstisivua vasten sameuden määrittämiseksi. Tällöin pystytään erottamaan erot putkien sameusasteessa eri suolapitoisuuden omaavissa putkissa.



Tehtävän 1 vastauksessa tulee käydä ilmi, millaisia eroja olet havainnut putkien sameusasteissa, miten putkien sameus liittyy tarkasteltavaan ilmiöön (liuosten osmolaarisuus ja hemolyyysi), ja missä konsentraatiossa hemolyyysiä aletaan havaita silmämääräisen tarkastelun avulla.

Tehtävä 2: Putkien tarkastelu sentrifugoinnin jälkeen

Putket sentrifugoidaan 10 min, 2500 rpm (kierrosnopeus vaihtelee eri sentrifugeja käytettäessä, n. 1000 g). Putket laitetaan sentrifuugiin siten, että jokaisella putkella on vastaputki. Alakuvassa putket sentrifugoinnin jälkeen. Tarkastele putkia.



Tehtävän 2 vastaukseen kirjoitetaan, miltä putket näyttivät sentrifugoinnin jälkeen ja mitä putkissa on tapahtunut. Miten tarkasteltava ilmiö (hemolyyysi) ilmenee putkissa?

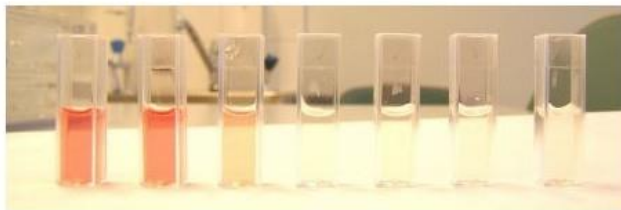
Väkevimmässä suolalioksissa putken pohjalla on saostuma, jota kutsutaan pelletiksi. Pelletin yläpuolella olevaa liuosta kutsutaan supernatantiksi.



Tehtävä 3: Supernatanttien absorbanssin mittaaminen

Mitataan sentrifugoitujen näytteiden päällysluosten (supernatanttien) absorbanssi hemoglobiinin absorptiomaksimia vastaavalla aallonpituudella (578 nm).

Kyvettiin otetaan pipetillä 2 ml näytettä sentrifugoidusta putkesta varoen mahdollisesti putken pohjalla olevaa pellettä. Absorbanssi mittaa näytteeseen imeytyneen säteilyn määrää ja absorptiomaksimi on se valon aallonpituus, jota ko. aine absorboi parhaiten. Absorbanssi siis kertoo supernatantissa olevan hemoglobiinin määrän.



Spektrofotometriatuloksista on esitetty [taulukko](#)(linkki). Absorbanssien perusteella on piirretty kuvaaja, jossa X = NaCl-liuoksen konsentraatio (M) ja Y = mitattu absorbanssi (A).

Tehtävässä 3 kuvaajasta määritetään se NaCl -konsentraatio, jossa hemolyyysiä on havaittavissa. Lisäksi määritetään ne konsentraatiot, joissa kaikki punasolut ovat hemolysoituneet. Pohditaan, miten hyvin numeeriset absorbanssitulokset vastasivat omia silmämääräisiä havaintoja ja niistä tehtyjä johtopäätöksiä.

Pohdintatehtävä: Kasvisolukon vesipotentiaali

Tehtävät 1- 4

Erityisesti ruohovartiset kasvit tarvitsevat vettä yhteyttämisen lisäksi myös rakenteitaan tukemaan. Täyttyessään vedellä kasvisolut puristuvat soluseiniä vasten ja osaksi tämän turgoripaineen vaikutuksesta kasvit pysyvät pystyssä. Myös ruokakaupan tiskillä voi huomata eron tuoreen porkkanan ja nahistuneen, vettä menettäneen porkkanan olemuksessa.

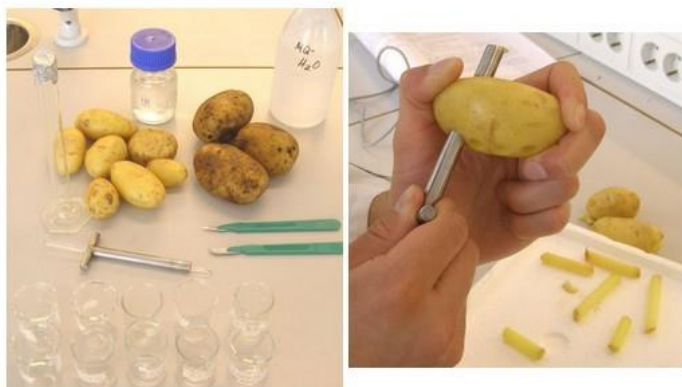
Lue ensin aineisto **Osmoosi ja vesipotentiaalimuodostuminen**. Kasvisolukon vesipotentiaali voidaan määrittää tunnetun liuosarjan avulla. Sen liuoksen, jossa solukossa ei tapahdu tilavuuden tai massan muutoksia, osmoottinen potentiaali vastaa solukon vesipotentiaalia.

Koesarja

Materiaali: perunoita ("vanhoja" ja "uusia" perunoita)

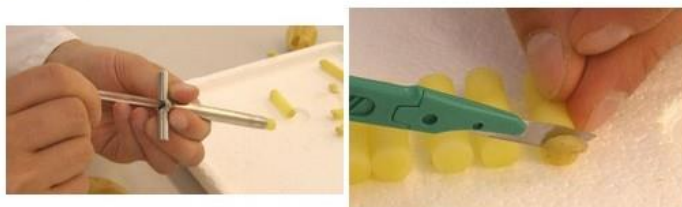
Välineet: korkkipora (läpimitta 5-10 mm), pieniä dekantterilaseja, preparointiveitsi (skalppeli), vaaka, viivoitin, mittalasi tai pipettejä

Reagenssit: NaCl-laimennossarja (0.025 M, 0.1 M, 0.2 M, 0.3 M, 0.4 M)



Työn suoritus

Tehdään NaCl-laimennossarja. Dekat merkitään asianmukaisesti. Jokaiseen dekkaan lisätään 15 ml tarvittavaa liuosta. Perunasta leikataan korkkiporalla 15 sylinteriä. Sylinterit tasataan kuorettomiksi ja samanpituisiksi (n. 1,5 cm).



Sylinterit kuivataan kevyesti ja punnitaan kolmen erissä. Punnitustulokset kirjataan ylös (taulukko, 1. punnitus). Jokainen kolmen sylinterin erä laitetaan omaan dekkaansa asianomaiseen suolaliuokseen. Huoneen lämpötila mitataan (24 °C). Tätä tarvitaan osmoottisen potentiaalilaskemisessa. Kahden tunnin kuluttua sylinterit punnitaan uudelleen kevyen kuivaamisen jälkeen ja tulokset kirjataan (taulukko, 2. punnitus).



Tehtävä 1: Laske kunkin suolaliuoksen osmolaarisuus ja osmoottinen potentiaali. (Muista laskuissa NaCl:n liukeneminen ja lämpötilan muutos Kelvineiksi.)

Tehtävä 2: Laske perunasyntereiden painon muutos kussakin suolaliuoskonsentraatiossa

Tehtävä 3: Määritetään solukon vesipotentiaali. Tuloksista piirretään kuvaaja (ks. esimerkki), jossa on Y-akselilla painon muutos grammoina (=loppupaino miinus alkupaino) ja X-akselilla NaCl-liuoksen osmoottinen potentiaali. Kuvaajan pisteiden avulla piirretään suora (esim. Excelissä trendiviiva/ trend line). Suoran avulla määritetään X-akselilta kohta, jossa sylinterien painossa ei tapahdu muutosta. Tämä kohta on solukon vesipotentiaali.

Tehtävä 4: Selvitä, eroavatko uuden ja vanhan perunan vesipotentiaalit toisistaan. Onko punnitustuloksissa mielestäsi poikkeavia tai epäloogisia tuloksia? Mistä tällaiset tulokset voivat johtua? Mitä tapahtuu, jos "väärä" tulos poistettaisiin tarkastelusta ja muuttaisiko poistaminen kokeen lopputulosta? Miten tämä "väärrien" tulosten ongelma pystyttäisiin välttämään ja ennakoimaan kokeen suunnittelussa?