

Milka-Maarika Salo

**KOKEELLISIA TÖITÄ LUKION KEMIAN
ENSIMMÄISISSÄ MODUULEISSA**
Kehittämistutkimus

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Riikka Lahtinen
Huhtikuu 2021

TIIVISTELMÄ

Milka-Maarika Salo: Kokeellisia töitä lukion kemian ensimmäisissä moduuleissa, kehittämistutkimus

Chemistry experiments for first chemistry modules in secondary high school

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Tekniikan ja luonnontieteiden TkK-tutkinto-ohjelma, teknis-luonnontieteellinen
Huhtikuu 2021

Tämän kehittämistutkimuksen tavoitteena oli kehittää kokeellisia töitä lukion kemian opetukseen ja erityisesti kaikille lukio-opiskelijoille yhteisiin kahteen ensimmäiseen kemian moduuliin. Tarve tölle syntyi toisen asteen opintoja koskevan lainsäädännön muuttuessa, kun koulutus muutettiin ilmaiseksi elokuusta 2021 lähtien. Kandidaatintyön kehittämistuotoksena syntyneet kokeelliset työt ovat osa ilmaista verkkomateriaalia.

Tutkimusongelmaa lähestyttiin teoreettisessa ongelma-analyysissä perehtymällä kemian kokeellisuuteen kemiallisen tiedon kolmen tason kautta. Lisäksi syvennyttiin kokeellisen kemian opetukseen ja erityisesti sen haasteisiin sekä motivaation ja tunteiden vaikutuksiin kokeellisen kemian opiskelussa. Tämän jälkeen empiirisessä ongelma-analyysissä tutkittiin ensin syksyllä 2021 voimaan tulevan opetussuunnitelmaa kokeellisuuden ja kemian osalta. Tarkemmin syvennyttiin kokeellisuuden arviointiin ja kahteen ensimmäiseen kemian moduuliin. Lisäksi empiirisessä ongelma-analyysissä tutkittiin lukion kemian opettajien käsityksiä kokeellisuuden toteuttamisesta lukion kemian opetuksessa ja analysoitiin lukion kemian oppikirjaa erityisesti kokeellisuuden osalta.

Kehittämispöessi jatkui ongelma-analyysien jälkeen kehittämistuotoksen suunnittelulla ja testaamisella. Ensimmäisten testausten jälkeen kehittämistuotosta jatkojalostettiin. Lopuksi testiryhmänä toimi kemian pääaineopiskelijoita sekä matemaattisten aineiden opettajaopiskelijoita. Testauksen tuloksiin ja testiryhmälle esitetyn kyselyyn perustuen kehittämistuotokseen tehtiin vielä viimeiset muokkaukset. Kehittämistuotoksen tuloksena on kuusi erilaista kokeellista työtä, jotka kehitettiin ongelma-analyysien tuloksiin perustuen. Myös COVID-19 pandemia vaikutti siihen, että iso osa kokeellista töistä suunniteltiin tehtävän kotona oppilaslaboratorion sijaan.

Tutkimuksen tulosten mukaan lukiossa kemian kokeellisten töiden tulee olla yhteydessä opiskeltuun teoriaan ja riittävän lähellä opiskelijoiden arkea. Tällöin opiskelu on mielekästä, opiskelijoiden on mahdollista muodostaa asioista yhtenäinen kokonaisuus ja kokeellisuus tukee kemian oppimista. Tutkimuksen mukaan opiskelijoiden on mahdollista suorittaa kokeellisia töitä myös kotona käyttäen arjen aineita. Opettajajohtoisesti on hyvä suorittaa herätteleviä lyhyitä demotöitä, joihin oppilaita tulisi osallistaa esimerkiksi kysymyksiin. Kokeellinen työskentely ja sen avulla mahdollisesti opittava ryhmätyöskentely ovat osa lukion opetussuunnitelmaa.

Tutkimuksen voi arvioida vastanneeseen todelliseen tarpeeseen ja onnistuneen melko hyvin. Testiryhmä, jolla kehittämistuotosta testattiin, oli pienehkö ja jo valmiiksi luonnontieteisiin orientoitunutta, eikä töitä testattu lukio-opiskelijoilla, joten tuloksiin on suhtauduttava pienellä kriittisyydellä.

Avainsanat: Kemian opetus, kehittämistutkimus, kokeellinen työ, arjen kemia, lukio-opetus

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	KEHITTÄMISTUTKIMUS	3
	2.1 Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä	3
	2.2 Kehittämistutkimuksia kemian opetuksesta	6
3.	TEOREETTINEN ONGELMA-ANALYYSI	8
	3.1 Kemiällisen tiedon kolme tasoa kokeellisuudessa	8
	3.2 Kokeellisuus kemian opetuksessa	10
	3.2.1 Kokeellisuuden haasteet	11
	3.2.2 Motivaatio ja tunteet kemian kokeellisessa opiskelussa	12
4.	EMPIIRINEN ONGELMA-ANALYYSI	15
	4.1 Opetussuunnitelma kokeellisuuden osalta	15
	4.1.1 Arviointi	16
	4.1.2 Ensimmäinen moduuli	17
	4.1.3 Toinen moduuli	17
	4.2 Kyselytutkimus lukion opettajille kokeellisuudesta	18
	4.3 Oppikirja-analyysi	19
5.	KEHITTÄMISPROSESSI	21
	5.1 Kehittämisprosessin toteuttaminen	21
	5.2 Kehittämisprosessin luotettavuuden arviointi	26
6.	KEHITTÄMISTUOTOS	27
	6.1 Lopullisen kehittämistuotoksen esittely	27
	6.2 Kehittämistuotoksen arviointi	29
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET	31
	LÄHTEET	33
	LIITE 1 KYSELY LUKION KEMIAN OPETTAJILLE	37
	LIITE 2 OPPIKIRJA-ANALYYSI	42

LIITE 3 KYSELY KOKEELLISISTA TÖISTÄ	48
LIITE 4 SUKLAAMUKIKAKKU MIKROSSA.....	51
LIITE 5 KODIN AINEIDEN LIUKOISUUS.....	54
LIITE 6 SUOLAN JA HIEKAN EROTTAMINEN	57
LIITE 7 AINEIDEN OMINAISUUKSIEN TUTKIMINEN	61
LIITE 8 LIUOKSEN VALMISTAMINEN JA KONSENTRAATIO	65
LIITE 9 HAPPAMIA, EMÄKSISIÄ JA NEUTRAALEJA AINEITA.....	70

1. JOHDANTO

Nyky-yhteiskunnassa työllistyminen vaati yhä useammin ammatti- tai korkeakoulututkintoa. Tasavertaisemmat mahdollisuudet kouluttautua ovat olleet viime vuosina puheenaiheena, sillä vähävaraisemmista olosuhteista tuleville oppilaille opiskelu on peruskoulun jälkeen välillä keskeytynyt tai hankaloitunut esimerkiksi kalliiden oppimateriaalien ja – välineiden vuoksi. Yleisessä keskustelussa ammatillisen koulutuksen ja lukion korkeita kustannuksia onkin kritisoitu, sillä niiden on koettu eriarvoistavan oppilaiden mahdollisuuksia opiskeluun. Vuonna 2017 aloitettu kansalaisaloite maksuttomasta toisen asteen koulutuksesta keräsi tarvittavat yli 50 000 ääntä ja eteni eduskunnan käsittelyyn [1]. Keväällä 2020 päätöstä sekä maksuttomasta toisesta asteesta että oppivelvollisuuden nostamisesta 18 ikävuoteen on valmisteltu eduskunnassa. Uusi oppivelvollisuutta laajentava laki astuu voimaan 1.8.2021. [2]

Kokeellisuus on olennainen osa erilaisten kemiallisten ilmiöiden ymmärtämisessä. Sekä nykyisessä [3] että 1.8.2021 voimaan tulevassa lukion opetussuunnitelmassa [4] kokeellisuus on nostettu oleelliseksi osaksi teoreettisen osaamisen rinnalle: ”Kokeellisuus eri muodoissaan tukee käsitteiden omaksumista ja ymmärtämistä, tutkimisen taitojen oppimista ja luonnontieteiden luonteen hahmottamista.” Kokeellisuuden avulla voidaan muokata jo olemassa olevia oletuksia oikeellisemmaksi ja esittää niitä konkreettisesti [5]. Sen onkin todettu olevan tärkeä osa esimerkiksi käsitteiden ja ilmiöiden yhdistämisessä kokonaisuuksiksi [6, 7]. Kemian opetuksessa kemiallista tietoa tulisi Johnstoneen [7,8] mukaan käsitellä opetettaessa kolmella eri tasolla, joista kemiallinen tieto rakentuu. Nämä tasot ovat *makroskooppinen*, *submikroskooppinen* sekä *symbolinen taso* ja ne tulee ottaa huomioon myös kokeellisuudessa.

Annika Stenvall on suunnitellut diplomityönään [9] Riikka Lahtisen ohjaamana lukion ensimmäiselle kemian kurssille, Kemiaa kaikkialla, ilmaiseen sähköiseen materiaaliin [10] teoriaosuudet. Tämän kandidaatintyön tutkimusmenetelmänä on kehittämistutkimus, jonka kehittämistuotoksena ovat kokeelliset kemian työt lukion KE1-kurssille sähköiseen oppimateriaaliin. Työn tarkoituksena on kehittää kurssin aihealueisiin sopivia eritasoisia kokeita, joita voidaan suorittaa sekä opettajajohtoisesti koulussa että vaihtoehtoisesti itsenäisesti kotona. Tavoitteena on suunnitella kokeita, joiden avulla kurssin

teoriaa voidaan soveltaa käytäntöön ja saada kemiallisia ilmiöitä näin oppilaille konkreettisemmiksi ja helpommin lähestyttäviksi. Syntyvää kehittämistuotosta testataan yliopiston kemian pääaineopiskelijoilla sekä matemaattisten aineiden opettajaopiskelijoilla ja arvioidaan kehittämistuotoksen soveltuvuutta lukioon testausten perusteella. Tämän jälkeen kehittämistuotosta muokataan vielä testaajien kommenttien perusteella. Tutkimuksessa pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitä tulee ottaa huomioon suunniteltaessa kokeellisia kemian töitä?

1.1 Millaisia kokeita opiskelijat voivat tehdä kotona?

1.2 Millaiset kemian työt on hyvä suorittaa opettajan johdolla?

2. Millaiset kemian työt tukevat kemian oppimista?

2.1 Miten kokeelliset työt vastaavat opetussuunnitelman tavoitteita?

2.2 Millaiset kokeelliset työt ovat mielekkäitä opiskelijoille?

Johdannon jälkeen luvussa 2 perehdytään tarkemmin kehittämistutkimukseen tutkimusmenetelmänä. Luvussa 3 perehdytään teoreettiseen ongelma-analyysiin ja luvussa 4 empiiriseen ongelma-analyysiin. Teoreettisessa ongelma-analyysissä tarkoitus perehtyä kemian kokeelliseen opettamiseen, sen hyötyihin ja arviointiin. Oleellinen osa teoreettista ongelma-analyysia on kemiallisen tiedon kolmitaso, joista Johnstonen [6, 7] mukaan kemiallinen tieto rakentuu. Lukuun 3 tulee myös kappale opiskelijoiden motivaatiosta ja tunteista kokeellisessa opiskelussa. Empiirisessä ongelma-analyysissä perehdytään puolestaan lukion kemian oppikirjaan ja lukion opetussuunnitelmaan erityisesti niiltä osilta, joissa kokeellisuudella on vaikutusta. Osana empiiristä ongelma-analyysia on myös lukion kemian opettajille tehdyn kyselytutkimuksen tuloksiin syventyminen. Luvussa 5 esitellään koko kehittämisprosessi. Kokeelliset työt testattiin matemaattisten aineiden opiskelijoilla luvussa 5 on esitetty myös testauksesta sadut tulokset. Luvussa 6 esitellään lopullinen kehittämistuotos. Lopuksi luvussa 7 on esitelty tutkimuksen johtopäätökset.

2. KEHITTÄMISTUTKIMUS

Alaluvussa 2.1 perehdytään kehittämistutkimukseen yleisesti tutkimusmenetelmänä. Tämän jälkeen alaluvussa 2.2 esitellään joitakin kemian opetukseen liittyviä kehitystutkimuksia ja niiden tuloksia.

2.1 Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä

Kehittämistutkimusta (eng. *design-based research*) on määritelty esimerkiksi seuraavasti: Kehittämistutkimus on systemaattinen ja joustava tieteellinen menetelmä, jonka pyrkimyksenä on parantaa opetuksen käytänteitä. Parannuksia pyritään tekemään toistuvan analyysiin, suunnittelun, kehittämisen ja sovellusten avulla. Tutkimus perustuu eri alojen asiantuntijoiden ja tutkijoiden yhteistyöhön käytännönläheisissä olosuhteissa, jolloin tulokset johtavat kehittyneempiin periaatteisiin sekä teorioihin. [5]

Kehittämistutkimus on saanut alkunsa 1990-luvun alun Yhdysvalloissa, joten tutkimusmenetelmänä se on vielä varsin tuore. 1990-luvulla kehittämistutkimus oli kuitenkin menetelmänä verrattain tuntematon ja ennen 2000-lukua kehittämistutkimuksia oli julkaistu vain joitakin kymmeniä. [6] Kehittämistutkimus on vakiinnuttanut paikkansa opetuksen tutkimuksessa ja 2000-luvulla tehtyjen kehittämistutkimusten määrä oli jatkuvasti nousussa. [6, 11]

Luonnontieteiden opettamiseen liittyviä tutkimuksia on kritisoitu siitä, että ne eivät vastaa todellisia opetustilanteita eivätkä niiden tulokset näin ollen ole erityisen hyvin sovellettavissa varsinaisessa opetuksessa. Opetuksen tutkimuksen ja käytännön välistä eroa on haluttu kuroa umpeen, joten tutkimusta on siirrytty tekemään kentälle. Näin ollen tutkijat pystyvät tuottamaan opettajille käytännönläheisempää tietoa. Luonnontieteiden opetuksen kehittämistutkimuksissa tavoitteena on ollut kehittää opetusta selkiseksi, että lähtökohtana ovat oikean elämän ilmiöt, teorian soveltaminen käytäntöön ja tietojen yhdistely. Kun opetuksen lähtökohtana on kokonaisuuksien hahmottaminen, opitut asiat eivät jää oppilaille niin irrallisiksi ja teoriassa opittujen asioiden vaikutusta arkielämään ymmärretään paremmin. [6, 12, 13]

Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä on kohdannut kritiikkiä tieteellisestä luotettavuudesta. Tutkimukset koetaan välillä liiankin käytännönläheisiksi, vaikka kehittämistutkimus menetelmänä syntyikin juuri käytännönläheisyyden tarpeesta. Koska lähtökohtana on tarkastella kehitettävää ilmiötä todellisessa toiminnallisessa ympäristössä,

ovat jotkin virhelähteet välttämättömiä. Ongelmallista on esimerkiksi se, että kehittämistutkimukselle ei ole määritelty yhteneviä tutkimuskäytänteitä. [6] Aihetta kritiikkiin antavat myös tutkimusten hankala vertailtavuus sekä suuret tietomäärät, joita on haastava yhdistellä kvantitatiivisesti pätevästi. Suuri määrä dataa aiheuttaa usein tutkijoille haasteita objektiivisessa ja puolueettomassa tiedon analysoinnissa. Käytännön toteutuksessa ongelmalliseksi on todettu se, että oikean elämän ilmiöt ovat välillä hyvin monimutkaisia mallinnettavaksi laboratorioympäristössä. [6, 12] Kritiikkiä on saanut myös varsin pienet otoskoot, joilla kehittämistutkimuksia usein toteutetaan [6,14].

Perinteisesti tieteellisten tutkimusten luotettavuutta on arvioitu validiteetin ja reliabiliteetin avulla. Nämä käsitteet eivät kuitenkaan sovellu samalla tavalla laadulliseen kehittämistutkimukseen. Kehittämistuotosta arvioidaankin usein uskottavuuden, siirrettävyyden, luotettavuuden ja varmuuden sekä vahvistettavuuden näkökulmista. Huomioon on otettava avoimuus ja monimutkaisuus, jotka kuitenkin tekevät haastavammaksi kehittämistutkimuksen luotettavuuden arvioinnin. Kehittämistutkimuksessa on huomioitava jokaisen sosiaalisen tapahtuman erilainen luonne ja voimassa olevat sosiaaliset hierarkiat. [6]

Kaiken kaikkiaan kehittämistutkimusta on ollut haastavaa määrittää yksiselitteisesti ja tulkintoja ja selityksiä on useampia. Kehittämistutkimusta ja sen prosessia on määritelty myös syklisenä prosessina, jossa yhdistyvät ongelman tutkiminen, mahdollisten ongelmakohtien huomaaminen ja kehittäminen. Edelson [14] jaottelee kehittämistutkimuksen kolmeen seuraavasti:

1. Ongelma-analyysi

2. Kehitysprosessi

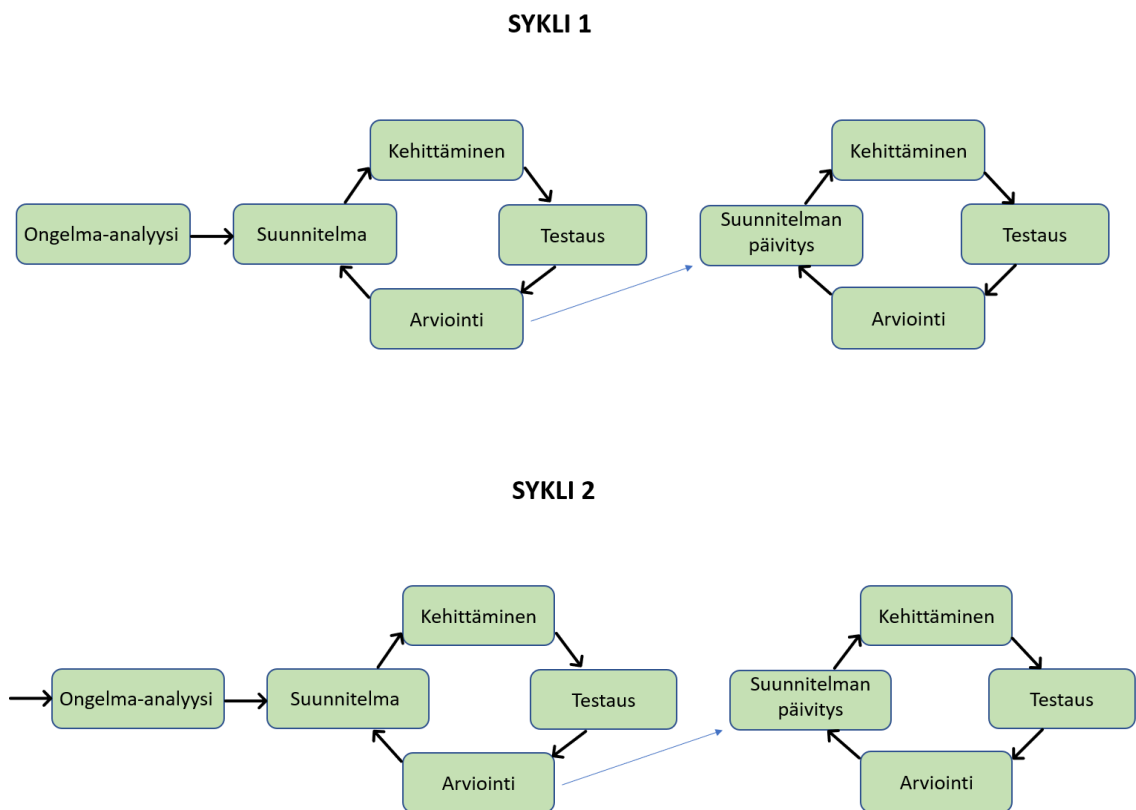
3. Kehittämistuotos

Ongelma-analyysiin kuuluu sekä teoreettinen, että empiirinen ongelma-analyysi. Näiden avulla määritellään, mikä on tutkimusongelma ja millaiset ovat sen kehittämistarpeet. Tutkimusongelman tulisi perustua aitoon ongelmaan ja tarpeeseen [6, 13, 14]. Edelsonin [14] mukaan ongelma-analyysissä tulisi myös määrittää tutkimuksen mahdollisuudet ja haasteet. Ongelma-analyysin pohjalta tutkimukselle syntyy suunnitelma, jota työstetään kehitysprosessissa. Kehitysprosessiin kuuluu koko tutkimuksen suunnittelu. Siinä määritellään tutkimukseen osallistuvien eri alojen asiantuntijoiden työnjakoa ja syntyy tutkimusta ohjaavia teorioita. Kehitysprosessin tuloksena syntyy kehittämistuotos. Kehittämistuotoksen suunnittelun vaiheessa pohditaan, millaiseen kehittämistuotokseen tutkimus johtaa. Ensimmäistä kehittämistuotosta testataan ja tämän jälkeen

tuotosta arvioidaan ja analysoidaan, jolloin suunnitelmaa päivitetään ja alkaa uusi kehittämisyksi. [14]

Edelsonin [14] mukaan käytännössä kehittämistutkimus on syklinen ja sillä on kolme päävaihetta: *kehittämis-, arviointi- ja raportointivaihe*. Kun kehittämistutkimus etenee, kuuluu siihen jatkuvaa arviointia, ongelma-analyysin syventämistä ja muokkaamista. Kehittämistuotosta voidaan testata ja arvioida tarvittaessa useaan otteeseen, jotta saavutetaan lopulta mahdollisimman virheetön kehittämistuotos. Aiemmin ongelma-analyysissä esille nousseet haasteet voidaan myös nostaa tavoitteiksi, jotka halutaan ratkaista.

Perna [6] on esittänyt Edelsonin kuvaamaa sykliä tarkemmin kuvan 1 mukaisella tavalla. Kuvasta tulee hyvin ilmi, miten kehittämistutkimuksessa voi olla useampia erillisiä syklejä, jolloin testivaiheessa havaitut ongelmat voivat arvioinnissa johtaa suunnitelman muutokseen ja jälleen uuteen suunnitteluun, kehittämiseen ja testaamiseen, kunnes haluttu lopputulos saavutetaan.



Kuva 1. Edelsonin kehittämisyksit Pernan mukaan. Muokattu lähteestä [6].

Koska kehittämistutkimus on syklistä, kuten kuva 1 esittää, on kehittämistä mahdollista jatkaa ja suunnata eri alueisiin havaintojen, testauksen ja uudelleen arvioinnin jälkeen. Lopullinen kehittämistuotos saattaa vaatia hyvin monia kehittämissyklejä.

2.2 Kehittämistutkimuksia kemian opetuksesta

Kehittämistutkimusta on käytetty tutkimusmenetelmänä aiemminkin monissa eri kemian lukio-opetukseen liittyvissä eri tasoissa opinnäytetöissä [15–22]. Myös kokeellisesta kemiasta ja sen kehittämisestä lukio-opetuksessa on tehty useita kehittämistutkimuksia [23–25]. Ruokaan ja opetukseen liittyviä kehittämistutkimuksia [26–29] on tehty useita ja esimerkiksi keittiökemia opetuksessa on ollut aiheena suosittu. Keittiökemiaan liittyvästä molekyyliogastronomiasta löytyy myös kansainvälisiä tutkimuksia [29].

Pro gradu tutkielmassaan Huusko [24] on suunnitellut nanoteknologiaan liittyviä kokeellisia töitä yläkouluun ja lukioon. Huusko on ottanut kokeellisen työskentelyn pohjaksi osittain opiskelijoiden arkipäivän ja elinympäristön käsiteltäessä hydrofobisia pintoja, kuten esimerkiksi vettähylkivät tekstiilit ja erilaiset pinnoitteet. Tarkemmin suunnitellun kokeellisen työn aiheena oli tekstiilien likaantuminen. Aiheiden liittämistä arkielämään on koettu mahdollisesti kasvattavan oppilaiden kiinnostusta niitä kohtaan. Huuskon tutkimuksen mukaan opettajat toivoivat nanoteknologian opetusmateriaaliksi erityisesti kokeellisia töitä.

Laamasen [25] pro gradu tutkielmassa tutkittiin puskuriliuoskäsitteen oppimisen tukemista kokeellisuuden avulla. Puskuriliuoksista valittiin veri, josta oli tavoitteena tuottaa kokeellinen materiaali avustamaan puskuriliuoskäsitteen oppimista. Kontekstuaaliseksi lähestymistavaksi valikoitui veri, sillä kontekstuaalisten oppimateriaalien on todettu aiemmin lisäävän myönteisiä asenteita. Tutkimuksessa selvisi, että lukion oppikirjoissa oli hyvin vähän veren puskuriominaisuuksiin liittyviä tehtäviä ja ei ollenkaan kokeellisia tehtäviä aiheesta. Kehittämistuotosta testattiin testiryhmällä ja suurella osalla testiryhmää kokeellisuuden koettiin parantaneen tai edesauttaneen puskuriliuoskäsitteen oppimista ja ymmärtämistä.

Laasalan [27] pro gradu tutkielman aihe oli keittiökemian soveltaminen kontekstilähtöisessä monialaisessa kemian opetuksessa. Tutkimuksessa perehdyttiin keittiökemian ja molekyyliogastronomian historiaan sekä tarkemmin suklaan kemiaa ja ruoanlaitossa esiintyviä kemiallisia ilmiöitä. Suklaan ominaisuuksista muun muassa Maillard-reaktiota sekä karamellisaatioreaktiota todettiin voivan käyttää esimerkiksi orgaanisen kemian opiskelussa. Keittiökemian ja työskentelyn ruuan parissa todettiin voivan parantaa oppilaiden motivaatiota kemian opiskeluun. Tutkimuksen kartoituksen mukaan oppilaat

pitävät kemian kokeellisesta työskentelystä. Tutkimuksen tuloksena todettiin keittiökemian olevan motivoiva työtapa, koska se kiinnostaa oppilaita. Keittiökemian vahvuutena on todettu olevan sen mahdollisuus toteuttaa töitä kotona ja mahdollisten koti-tehtävien antaminen. Tutkimuksen mukaan keittiökemian töitä suunniteltaessa on hyvä huomioida ahaa-elämyksien syntyminen, sillä ne parantavat oppimistuloksia.

Helsingin yliopistossa Tomperi on vuonna 2015 tehnyt kemian laitoksen kemian opettajankoulutusyksikössä väitöskirjan [30], joka käsittelee tutkimuksellista kokeellista kemian opetusta. Väitöskirja tehtiin käyttäen kehittämistutkimusta ja sen päätutkimuskysymyksinä pohdittiin esimerkiksi kokeellisen opetuksen tuomia haasteita lukion kemian opettajille, mahdollisuuksia kemian tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen tukemiseen sekä miten edistää lukion opettajien koulutusta tutkimuksellisen kokeellisuuden suhteen. Tutkimuksen mukaan opettajat tarvitsevat eripituisia koulutusmalleja. Jos koulutuksessa opitut asiat sopivat jo valmiiksi opettajan oppimiskäsitykseen, voidaan uudet käytännöt ottaa käyttöön nopeasti. Jos opettajan aiemmat käsitykset oppimisesta ja opettamisesta ovat ristiriidassa koulutuksen oppimiskäsitysten kanssa, tarvitsee opettaja ohjausta ja tukea opetuksensa muokkaukseen pidemmän ajan.

3. TEOREETTINEN ONGELMA-ANALYYSI

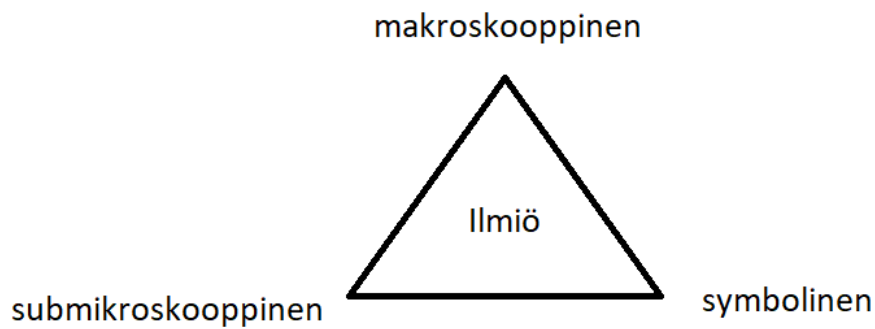
Teoreettisessa ongelma-analysissä perehdytään ensin kemiallisen tiedon erilaisiin tasoihin, joiden avulla kemiaa opetetaan. Tämän jälkeen paneudutaan siihen millaista kokeellisuuden opetuksen tulisi olla ja erityisesti kokeellisuuden haasteisiin. Näiden lisäksi selvitetään oppilaiden ja opiskelijoiden tunteiden sekä motivaation vaikutusta kokeellisen kemian opiskeluun.

3.1 Kemiallisen tiedon kolme tasoa kokeellisuudessa

Kemiallista tietoa tulisi Johnstonen mukaan käsitellä opetettaessa kolmella eri tasolla, jotka ovat *makroskooppinen*, *submikroskooppinen* sekä *symbolinen taso*. Makroskooppinen taso käsittelee kemiallisia ilmiöitä konkreettisella tasolla. Makroskooppinen taso, on se, jonka voimme nähdä, maistaa, haistaa tai muuten kokea jokapäiväisessä elämässämme. Submikroskooppiseen tasoon kuuluvat molekyyli- ja atomitason muutokset. Submikroskooppisella tasolla siirrytään ymmärtämään ja tutkimaan syitä makroskooppisten ilmiöiden takana, jolloin tarvitaan myös kykyä abstraktiin ajatteluun. Esimerkiksi kemialliset reaktiot ja kinetiikka kuuluvat submikroskooppiseen tasoon. Symbolisen tason muodostavat kemialliset sekä matemaattiset merkinnät, kuten aineen nimet, reaktioyhtälöt, laskut ja graafiset käyrät. [7, 8] Molekyylihallinnusohjelmien käyttäminen ja aineiden tutkiminen niiden avulla yhdistelee niin symbolista, submikroskooppista ja myös makroskooppista tietoa. Erilaisilla malleilla voidaan kuvata makroskooppisia ilmiöitä mikrotasolla ja symbolisesti. [31] Kemiallisen tiedon kolme tasoa ovat oleellinen osa tämän päivän kemian opetusta. Kemiallisen tiedon kolmitasolla Johnstone on pyrkinyt kuvaamaan kemiallisen tiedon rakentumista. [7, 8]

Esimerkiksi jääpalan sulamisreaktiossa makroskooppista tasoa on muun muassa jääpala, jonka olomuodon muutoksen vedeksi voimme havaita silmin. Submikroskooppisesta tasoa olisi se, miten vesimolekyylit ovat asettuneet jääpalassa ja miten niiden järjestäytyminen, värähtely ja liike muuttuvat, kun veden lämpötila hiljalleen nousee. Symbolisella tasolla voitaisiin esittää esimerkiksi reaktioyhtälö, jossa kiinteät H_2O -molekyylit muuttuvat nestemäisiksi ja kertoa, paljonko energiaa reaktioon sitoutuu.

Kemiallisen tiedon kolmea tasoa esitetään usein kuvan 2 mukaisen kolmion avulla. Kolmion keskellä on ilmiö, ja jokaisessa kolmion kulmassa yksi kemiallinen taso, jolla ilmiötä voi esittää.

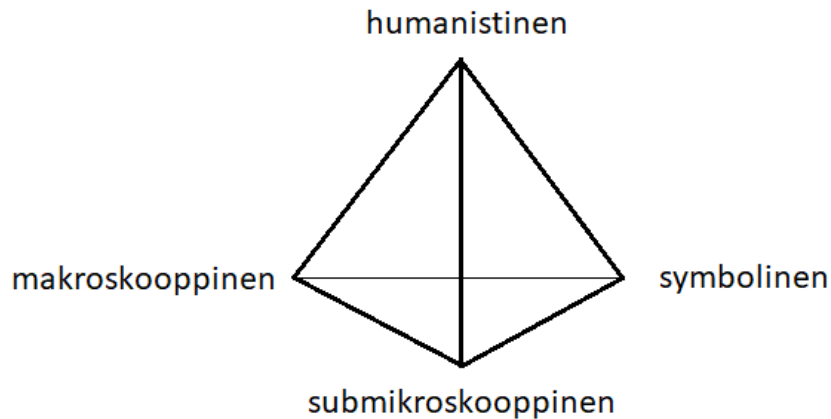


Kuva 2. Kemiallisen tiedon kolmitaso Johnstonen [7, 8] mukaan.

Johnstonen mukaan kemian osaajille ja ammattilaisille ilmiöiden eri osien yhdistely ja liukuminen kolmion sisällä kemiallisesta tasosta toiseen sujuu huomaamatta ja tietoja on helppo yhdistellä. Kuitenkin kemian vasta-alkajalle nämä kolme tasoa voivat sekoitua ja tuntua haastavilta. Tämän vuoksi painotetaan, että opettajien täytyy huomioida, kemian hahmottamisen olevan aluksi opiskelijoille usein haasteellista. Johnstonen mukaan kemian opettamisen pohjana tulisi olla oppilaiden jo olemassa olevat tiedot, jotka usein sijoittuvat makroskooppiselle tasolle. Opettaessa kemiaa erityisesti siirtyminen konkreettisesta makroskooppisesta tasosta submikroskooppiselle tasolle voi olla vaikeaa niin oppilaille kuin opettajallekin. [7,8]

Johnstone esittääkin, että kolmiomalli on hyvä opettaa oppilaille, jolloin heidän saattaa olla helpompi jäsenellä tietoa. Tällöin myös ilmiöt alkavat helpommin jäsentyä loogiseksi kokonaisuuksiksi, kun oppilas voi mielessään sijoittaa ilmiön eri osa-alueet kolmion eri osuuksiin. [7, 8] Johnstone painottaa, että kokeellisten töiden tulisi lähteä liikkeelle oppilaille jo tutuista asioista, jolloin mukaan voi ottaa myös hieman submikroskooppista tasoa [8].

Kemiallisen tiedon kolmen tason lisäksi esitetään välillä myös neljäs taso. Maffay [32] toi tämän *humanistisen* tai *ihmisen tason* esiin vuonna 2004 kuvan 3 mukaisen tetrædrin avulla.



Kuva 3. Kemiallisen tiedon neljä tasoa Maffeyn mukaan. Muokattu lähteestä [32]

Humanistiseen tasoon kuuluu kemian historia, asema ja kehitys yhteiskunnassa sekä ihmisten ennakkokäsitykset ja arjen kokemukset kemiasta. Neljännen tason avulla on haluttu tuoda esille, että kemiallinen tieto on osana yhteiskuntaa ja ympäröivää maailmaa, eikä vain irrallista tietoa, joka ei vaikuta ihmisten elämään. [32]

3.2 Kokeellisuus kemian opetuksessa

Kokeellisten töiden, jotka liittyvät jokapäiväisiin ilmiöihin on todettu johtavan parempiin oppimistuloksiin, parantavan oppilaiden motivaatiota opetusta kohtaan sekä kasvattavat heidän mielenkiintoaan kemiaa kohtaan [35–37]. Oppilaiden on myös todettu olevan motivoituneempia tekemään kokeellisia töitä, kun kokeellisista töistä saatava hyöty on oleellinen heille tai heidän lähipiirilleen [35, 38, 39]. Monilla eri yhteisöillä, ammatinharjoittajilla ja yksityisillä ihmisillä on eri motiiveja, miksi kemiaa ja luonnontieteitä pitäisi osata. Kokeellisten töiden tulisi kuitenkin olla relevantteja oppilaille juuri heidän lähtökohtiaan ja kiinnostuksenkohteita ajatellen, jotta ne ovat mielekkäitä toteuttaa. [33]

Kokeelliselle työskentelylle on usein asetettu erilaisia tavoitteita tai odotuksia sen erilaisen ja erityisen opetuksellisen luonteen vuoksi. Yhtenä päätavoitteista on ajateltu olevan oppilaiden tieteellisen ajattelun lisääminen [39]. Hofstein ja Lunetta ovat tutkineet kemian laboratorio-opetusta useaan otteeseen. Viimeisimmässä laboratorio-opetuksen tutkimuksessaan he ovat asettaneet kokeelliselle opetukselle seuraavat 5 tavoitetta:

- **tieteellisten käsitteiden ymmärtäminen**
- **kiinnostuksen ja motivaation lisääminen**
- **käytännöllisten tieteellisen taitojen sekä ongelmaratkaisukyvyyn parantaminen**

- **ymmärrys tieteellisistä ja kemiallisista tavoista**
- **tieteellisen tiedon luonteen ymmärtäminen.**

Yllä mainittujen lisäksi Hofsteinin ja Lunettan mielestä lukion opetuksen pitäisi tarjota myös kokemuksia tieteellisen tutkimuksen ja päättelyn erilaisista menetelmistä. Opiskelijoilla pitäisi olla myös tietoa, millaisia tieteellisiä sovelluksia vaikuttaa ympärillämme arkielämässämme. [39]

Kokeellisia töitä tehdessä tulee huomioida samoja asioita kuin kemian opetuksessa yleensäkin. Tietoa ei pidä tulla kerralla liikaa ja se tulee olla mahdollista yhdistää johonkin aiemmin opittuun. [33] Irralliset ja erillisesti esitetyt faktat eivät jää oppilaiden mieleen, joten Maffayn esittelemän kemiallisen tiedon humanistinen taso on oleellinen. Kun opiskelijoilla on valmiiksi olemassa ennakkokäsityksiä ja kokemuksia, omaksutaan ja muokataan uutta tietoa helpommin. [32, 33] Oppilaiden on usein haastavaa soveltaa saamaansa tietoa toiseen samankaltaiseen tapaukseen, joten heitä pitäisi opettaa soveltamaan tietoaan. Kemian merkitys yhteiskunnassa ja elämässä jää oppilaille usein irralliseksi eikä ymmärretä, miten moneen asiaan se vaikuttaa. [33]

3.2.1 Kokeellisuuden haasteet

Kuten aiemmin luvuissa 3.1 ja 3.2 on todettu, kokeellisten töiden suorittamisen teorian opiskelun lisäksi on huomattu hyödyttävän ja parantavan monia opiskeluun liittyviä osia, kuten tietojen yhdistelyä, motivaatiota ja kiinnostusta opittavaan aiheeseen sekä oppimistuloksia. Kokeellisuuteen liittyy kuitenkin myös useita haasteita.

Yhtenä kokeellisuuden haasteena on saada opiskelijat ymmärtämään, miksi kokeellisia töitä tehdään. Joillakin oppilailla on huomattu olevan virheellinen käsitys siitä, mikä kokeellisten töiden perimmäinen tarkoitus on. Virheellisiä ajatuksia ovat esimerkiksi, että laboratoriotöiden tarkoitus on vain seurata ohjeita tai saada oikeat vastaukset ja lopputulokset. Tämä voi johtaa välineiden tai saatujen mittaustulosten manipulointiin ja muokkaamiseen oikeammiksi ja oppilaiden odotuksia vastaaviksi, sen sijaan, että pohdittaisiin, mistä erot ja virheet mittauksissa johtuvat. Kun oppilaat eivät ymmärrä tarkoitusta kokeellisten töiden taustalla, eivät he myöskään kykene yhdistämään tietoa osaksi aiempaan olemassa olevaan tietoonsa. [39]

Oppilaat kokevat opettajan tekemät havainnollistavat työt yleensä viihdyttävinä. Tämä ei kuitenkaan ole pelkästään positiivinen asia. Vaarana on, että oppilaat katsovat in-

noistaan esimerkiksi näyttävää reaktiota, mutta unohtavat kokonaan pohtia, mitä reaktiossa tapahtuu kemiallisella tasolla ja miksi. [38] Toisaalta positiivisten tunteiden on myös todettu vaikuttavan siihen, kuinka hyvin oppilaat muistavat tapahtumat [40].

On todettu, että vasta opettamisen aloittaneiden opettajien pedagoginen sisällön tuntemus ei ole vielä samalla tasolla, kuin kokeneiden kollegoiden. Tällöin eroja on esimerkiksi siinä, kuinka opettajat osaavat auttaa oppilaita ymmärtämään erityisiä aihealueita. Kokeneemmat opettajat pystyvät usein paremmin auttamaan aihepiireihin liittyvien tietojen kanssa ja ongelmanratkaisussa. Kokemuksen vuoksi he pystyvät myös arvioimaan paremmin oppilaiden kiinnostusta ja esittämään selkeitä ohjeita. [38]

Hopea-Manner on vuonna 2018 tehnyt pro gradussaan [41] kartoituksen kemian opettajien käsityksistä. Työssä perehdytään myös resursseihin, jotka vaikuttavat opetukseen. Työssä todetaan, että koulujen tiloille ei ole määritelty tarkkoja määräyksiä opetushallituksen puolesta. Tiloille on olemassa vain suosituksia. Suomessa puutteita kokeellisen työskentelyn tiloissa on ollut jo yli 25 vuoden ajan. Puutteita on esimerkiksi työskentelytilojen tai oppilasryhmien koissa ja työturvallisuuden kannalta tärkeissä asioissa.

Tutkimuksen mukaan opettajien näkemykset opettamisesta muuttuvat ajan myötä ja opettajat kehittyvät kokemukset kautta. Suurin este kokeellisten töiden teettämiselle oli ajan puute, vaikka opettajat voivatkin itse suunnitella aikataulun. Joidenkin opettajien mielestä opiskelijat eivät työskentele tarpeeksi turvallisesti tai esimerkiksi opiskelijoiden suomen kielen taito on liian heikko, jotta työskentely olisi turvallista. [41]

3.2.2 Motivaatio ja tunteet kemian kokeellisessa opiskelussa

Kuten aiemmin aluvuossa 3.2 on todettu, kokeellisten töiden on koettu parantavan oppilaiden motivaatiota kemian opiskelua kohtaan. Motivaatiolla voidaan kuvata sitä, kuinka vireästi ihminen toimii ja mihin hänen mielenkiintonsa suuntautuu. Pedagogisessa psykologiassa motivaatio on tärkeässä osassa, sillä sen avulla pystytään paremmin ymmärtämään ja ennustamaan niin oppilaiden kuin opettajienkin käytöstä ja pyrkiä myksiä. [40]

Motivaatiota itsessään on hankala havaita, mutta motivaation seuraukset ovat selkeämmin havaittavissa. Motivaatiota voidaan luokitella joko *välitteleväksi* tai *lähestyväksi* motivaatioksi. Ihmisillä voisi siis sanoa olevan motivaatiota joko asioita kohtaan tai niistä poispäin. [40]

Joillakin opettajilla ja vanhemmillä voi olla virheellisiä käsityksiä, siitä, että painostamalla oppilaita suoriutumaan opiskelusta hyvin arvosanoin, myös oppilaan oma motivaatio ja kiinnostus aiheeseen kestää ja kasvaa. Usein ulkoinen painostus kuitenkin saa aikaan vain lyhyen motivaation, joka saattaa kestää esimerkiksi vain seuraavaan kokeeseen. Kun vanhemmat ja opettajat ovat tyytyväisiä koetulokseen, oppilas voi kokeen jälkeen unohtaa asiat. Tällainen ulkoinen motivaatio on pitkällä tähtäimellä siis usein välttävää. Opettajan tavoitteena onkin rohkaista oppilaita ilman pakottamista. Jos opettaja onnistuu luomaan riittävän innostavan ja luovan ympäristön oppimiseen, on todennäköisempää, että oppilaille kehittyy pidempi aikainen motivaatio opittavaa aihetta kohtaan. [42]

Luonnontieteiden vahvuutena on mahdollisuus tutkia ilmiöitä suhteellisen helposti laboratoriossa, jolloin lyhyen kiinnostuksen herättäminen oppilaissa on suhteellisen helppoa. Jos lyhyt kiinnostus pystytään kehittämään pidempi aikaiseksi kiinnostukseksi, voidaan sanoa tapauskohtaisen kiinnostuksen muuttuneen henkilökohtaiseksi kiinnostukseksi. Näin voidaan saavuttaa myös opiskelijoiden pidempi aikaisen motivaation syntyminen, jolloin palaute ja arvosanat eivät ole enää pelkästään ainoa päämäärä, johon opiskelija pyrkii. [42]

Motivaation syntymisessä opiskelua kohtaan noin 11–15 vuotiailla nuorilla on huomioitava erityisesti:

1. Opiskelijoiden älyllinen kehitystaso

2. Olemassa olevat asenteet kemiaa ja kemian oppitunteja kohtaan

3. Olemassa olevat käsitykset luonnon tai laboratorion ilmiöistä

Kun nämä seikat huomioidaan, on opettajan mahdollista helpommin ohjata oppilaita pitkäaikaisen motivaation syntyyn. [40] Mafaffyn [32] esittelemä kemiallisen tiedon humanistisen taso, eli olemassa olevat käsitykset ja asenteet voi näin ollen vaikuttaa myös opiskelijoiden motivaatioon. [40]

Tunteet säätelevät vahvasti ihmisten kokemuksia. Tämä pätee myös vahvasti oppimisessa. Salkind ja Rasmussen esittävät, että tunteet vaikuttavat vahvasti siihen, kuinka paljon ja kuinka yksityiskohtaisesti ihmiset muistavat asioita. Kun ihmiset kokevat positiivisia tunteita, ovat he paljon vastaanottavaisempia uutta tietoa kohtaan, kuin negatiivisia tunteita kokevat. Tunteilla on todettu olevan tärkeä rooli siinä, siirtyykö opittu asia pysyvään muistiin vai pyritäänkö asia sulkemaan pois. [40]

Ihmiset liittävät muistoja ja näin myös tietoa helpommin hetkiin, joista heille on muodostunut selkeä tunne. Huumorin avulla opettajat voivat ratkoa ongelmallisia tilanteita, joihin liittyy negatiivisia tunteita. Leikillisyydellä ja huumorilla voidaan pyrkiä vähentämään opiskelijoiden stressin ja ahdistuksen tunteita. Liiallinen stressi voi alentaa suoriutumista kokeista ja testeistä ja heikentää ongelmanratkaisukykyä laboratorioympäristössä. Se voi myös myöhemmin vaikuttaa uravalintoihin muistojen kautta. Huumorin avulla on myös mahdollista luoda opiskeluryhmille yhteenkuuluvuuden tunnetta. [43]

Positiiviset tunteet ovat myös tärkeä osa pidempi aikaisen motivaation kehittymistä. Kokeellinen työskentely joko opettajan osalta tai itse tutkien toimii usein positiivisten tunteiden synnyttäjänä ja näin ollen kemian opiskelussa positiivisten tunteiden synnyttämien ei pitäisi olla haaste. [42]

4. EMPIIRINEN ONGELMA-ANALYYSI

Empiirisen ongelma-analyysin alaluvuissa 4.1. perehdytään lukion uuteen opetussuunnitelmaan, joka astuu voimaan elokuussa 2021. Opetussuunnitelmaan tutustutaan kemian kokeellisuuden osalta ja kokeellisuuden arvioinnin näkökulmasta. Työssä perehdytään erityisesti kahden pakollisen moduulin keskeisiin sisältöihin sekä oppimistavoitteisiin kokeellisuuden näkökulma huomioon ottaen. Alaluvussa 4.2 esitellään lukion opettajille suunnatun kemian kokeelliseen liittyvän kyselyn tuloksia ja pohditaan kehittämistuotoksen tekemistä opettajien kommenttien pohjalta. Alaluvussa 4.3. perehdytään vanhan opetussuunnitelman mukaisen kemian oppikirjan kokeellisiin töihin, jotta suunniteltavia töitä varten saatiin vertailupohjaa ja käsitystä esimerkiksi kokeellisten töiden tasosta ja kestosta lukiossa.

4.1 Opetussuunnitelma kokeellisuuden osalta

Opetussuunnitelman analysoinnissa tarkastellaan uutta, vuoden 2019 lukion opetussuunnitelmaa [4], joka otetaan käyttöön elokuussa 2021. Suurin ero edelliseen opetussuunnitelmaan on kaikkien kurssien muuttuminen erikokoisiksi moduuleiksi, joista saa vaihtelevan määrän opintopisteitä riippuen moduulin laajuudesta. Kemiassa pakollisia moduuleja on kaksi, joista molemmat ovat yhden opintopisteen laajuisia. Tämän työn kehittämistuotoksena on tuottaa kokeellisia töitä näihin moduuleihin.

Kemian opetuksen tulee tukea opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun ja nykyaikaisen maailmankuvan kehittymistä. Opetuksen tulisi ohjata ymmärtämään kemian ja sen sovellusten merkitystä arjessa, yhteiskunnassa ja ympäristöhaasteiden ratkaisemisessa. Opetuksen tavoite on myös herättää kiinnostusta kemian opiskelua ja kemian alan ammatteja kohtaan. Opiskelijan pitäisi ymmärtää kemian kolmitasoa ja pystyä luomaan loogisia kokonaisuuksia. [4]

Opetussuunnitelman mukaan kokeellisuuden eri muodoissaan tulee tukea käsitteiden omaksumista ja ymmärtämistä, tutkimisen taitojen oppimista sekä luonnontieteiden ymmärtämistä. Kemian opetuksen keskeisiä lähtökohtia tulisi olla tutkiminen ja havainnointi. Tutkimisen taitojen perustana tulisi olla kysymysten sekä havaintojen tekeminen. Kokeellisuuden ja tutkimuksen avulla opiskelija voi kehittää kriittistä ajattelukykyään, yhteistyötaitojaan sekä pitkäjänteisyyttään. Kokeellinen työskentely myös innostaa opiskelijaa kokeellisuuteen ja havainnointiin. [4]

Kemiassa, kuten nykyään jokaisessa aineessa, tulisi käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa osana laaja-alaista oppimista. Teknologiaa tulisi käyttää esimerkiksi tiedon etsimiseen, kokeellisten havaintojen keräämiseen, mittaustulosten käsittelyyn ja tulkitsemiseen, tuotosten laatimiseen ja esittämiseen, mallintamiseen ja simulointiin. Vaikka lukioidissa on siirrytty suureksi osaksi sähköisiin järjestelmiin ja ylioppilaskokeet ovat sähköiset, ei opetussuunnitelmassa ole sähköisille ohjelmille tarkkoja edellytyksiä. Opetussuunnitelman mukaan kemian moduuleiden jälkeen opiskelija ”osaa käyttää monipuolisesti asianmukaisia ohjelmia mallintamiseen, laskennallisten ja graafisten ratkaisujen sekä tulosten ilmaisemisen välineenä”. [4] Esimerkiksi molekyylihallinnukselle ja sen osaamiselle ei ole opetussuunnitelmassa annettu tarkempia vaatimuksia.

Kemian opetuksen yleiset tavoitteet voidaan jakaa kolmeen pääalueeseen. Nämä alueet ovat merkitys, arvot ja asenteet, tutkimisen taidot sekä kemian tiedot ja niiden käyttäminen. Ensimmäisen alueen tavoitteena on esimerkiksi, että opiskelija saa ohjausta omien tavoitteidensa asettamisessa ja erilaisten oppimishaasteiden kohtaamisessa. Opiskelijan tulisi osata arvioida kemian merkitystä eri näkökulmista ja vastavuoroisesti opiskelijoille pitäisi olla myös mahdollisuuksia päästä perehtymään kemian sovelluksiin esimerkiksi korkeakoulu- tai yritys yhteistyön kautta. Tutkimisen taitojen tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää kemian asemaa ja luonnetta luonnontieteenä. Opiskelija pysyy esimerkiksi esittämään kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä ja käsitellä vastauksia ja tuloksia analyyttisesti ja arvioiden. Viimeisen osa-alueen, kemian tietojen ja niiden käyttämisen, tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää kemian keskeisiä käsitteitä ja kykenee käyttämään niitä ja erilaisia malleja ilmiöiden kuvaamisessa ja selittämisessä. Opiskelijan tulee myös kyetä käyttämään erilaisia tietoteknisiä ohjelmia ja monipuolisia tietolähteitä sekä arvioimaan tietoa kriittisesti kemian osaamisensa avulla. [4]

4.1.1 Arviointi

Kemian arvioinnin lukiossa pitäisi perustua moduulikohtaisten tavoitteiden saavuttamiseen sekä kemian yleisten tavoitteiden täyttymiseen. Arviointia tulisi olla myös oppimisprosessin aikana, jolloin palaute ja itsearviointi tukevat oppilasta tietojensa ja taitojensa tiedostamisessa ja kehittämisessä.

Arvioinnin tulee olla monipuolista. Sen tulisi perustua monipuoliseen osaamiseen, ymmärtämiseen ja havainnollistamiseen. Erilaisen osaamisen lisäksi myös opiskelijoiden työskentely, kuten kysymysten muodostaminen ja tutkimisen taidot ovat arvioinnin kohteena.

Arvioinnissa tulee ottaa huomioon myös kokeellinen työskentely. Kokeellisuuden arvioinnista lukion opetussuunnitelma ei kuitenkaan anna tarkempia ohjeistuksia, joten voidaan olettaa, että sen tulee opetussuunnitelman nojalla olla osana muun oppimisen arviointia. [4]

4.1.2 Ensimmäinen moduuli

Ensimmäisessä moduulissa on tarkoitus vahvistaa opiskelijan aiempaa kemian osaamista ja tuoda kemian merkitys arjessa ja opiskelijan omassa elämässä esille. Kokeellisessa työskentelyssä tulee harjoitella erityisesti turvallista ja huolellista työskentelyä. [4]

Moduulin tavoitteena on herättää opiskelijan kiinnostusta kemiaa kohtaan ja tutustua kemian tarjoamiin työelämän mahdollisuuksiin. Tärkeänä tavoitteena on erilaisten turvallisuusnäkökohdat niin laboratoriotyöskentelyssä kuin arjen valinnoissakin. Opiskelijoiden tulisi myös osata käyttää jaksollista järjestelmää päättelyjen apuna ja käyttää sekä soveltaa erilaista tietoa aineiden ominaisuuksista.

Moduulin keskeisiä sisältöjä ovat esimerkiksi arjen aineiden turvallisuus ja kemian merkitys omassa elämässä, kemian merkitys jatko-opinnoissa, jaksollinen järjestelmä, puhtaat aineet ja seokset sekä erotusmenetelmät ja ainemäärä sekä konsentraatio. [4]

4.1.3 Toinen moduuli

Uuden lukion opetussuunnitelman [4] toisessa kaikille opiskelijoille pakollisessa moduulissa opiskelijoiden käsitystä kemiallisista sidoksista ja niiden vaikutuksista aineiden ominaisuuksiin syvennetään. Kokeellinen työskentely on mainittu erikseen ja siinä on tarkoitus keskittyä johtopäätösten tekemiseen havaintojen perusteella.

Moduulin tavoitteena on, että opiskelija saa kokemuksia, jotka luovat kiinnostusta kemiaa kohtaan ja herättävät pohtimaan kemian merkitystä kestävässä elämässä. Tavoitteena on myös tutustua kemian luonnontieteellisen tiedon luonteeseen, tapoihin tuottaa tietoa ja tuottaa itse tietoa kokeellisesti työskennellen. Opiskelijoiden tulisi osata soveltaa erilaisia malleja aineiden rakenteista ja pystyä rakenteiden perusteella vertailemaan aineiden erilaisia ominaisuuksia. [4]

Toisen moduulin keskeisiä sisältöjä ovat esimerkiksi kestävään elämäntapaan tutustuminen, aineen rakenteen erilaisten mallien ja yhdisteiden kaavojen esittäminen. Keskeistä moduulissa on myös vahvat ja heikot sidokset alkuaineissa sekä yhdisteissä ja poolisuus. Kokeellisuuden osalta tärkeitä sisältöjä ovat esimerkiksi erilaisten sidosten

tutkiminen ja selittäminen sekä aineiden ominaisuuksien tutkiminen ja selittäminen aineiden rakenteiden perusteella. [4]

4.2 Kyselytutkimus lukion opettajille kokeellisuudesta

Tähän kehittämistutkimukseen kuuluu lukion kemian opettajille suoritettu kyselytutkimus kokeellisuudesta (Liite 1). Jotta kokeelliset työt vastaavat mahdollisimman hyvin tarpeeseen, on oleellista selvittää, millaisia töitä kemian ensimmäiseltä lukiokurssilta toivotaan.

Kyselytutkimus sisälsi 12 kysymystä, joista suurin osa oli monivalintakysymyksiä ja muutama avoimia kysymyksiä. Kysymyksillä kartoitettiin opettajien työkokemuksen lisäksi heidän kokemuksiaan kokeellisten töiden tärkeydestä, toimivuudesta ja haasteista. Lisäksi otettiin selvää, miten paljon kokeellisia töitä käytetään opetuksessa eri tavoin ja millaisia töitä opettajat toivoisivat sähköiseen materiaaliin. Lopuksi tiedusteltiin vielä, olisiko joukossa halukkaita opettajia, joiden luokassa töitä voisi testata. Yhteensä vastauksia Forms-kyselyyn saatiin lopulta 22. Vastanneita olisi voinut olla enemmänkin, mutta aineisto on varsin riittävä kandidaatintyöhön.

Liitteessä 1 esitettyyn kyselytutkimukseen lukion kemian opettajille vastanneista opettajista yli kaksi kolmasosaa on opettanut kemiaa yli 10 vuotta, joten kokemusta kokeellisista töistä ja erilaisista ryhmistä osalla vastaajista on hyvin paljon. Opetussuunnitelma on kuitenkin muuttumassa, joten ensimmäisen kurssin sisältökin muuttuu jonkin verran. Kokeellisista töitä toivottiin eniten töitä arjen kemiasta, erotusmenetelmistä sekä poolisuudesta ja poolittomuudesta.

Kyselytutkimuksessa opettajien mainitsemaksi käytännön ongelmakohtiksi nousivat hyvin suuret ryhmäkoot, liian pienet tilat ja sopivien välineiden vähäinen määrä. Mainituiksi haasteiksi nousivat myös jotkin turvallisuus seikat, kuten liian vähäinen suojalasien määrä sekä kaasupolttimen käyttö.

Kaikki kyselyyn vastanneet toivoivat kokeellisten töiden olevan yli 10 minuuttia pitkiä. Vaihtoehdot oli aseteltu kymmenen minuutin välein. Suurin osa vastauksista sijoittui 10–30 minuutin alueelle, mutta noin neljäsosa vastaajista toivoi myös yli 30 minuuttia kestäviä töitä. Mainintana oli myös, että töiden toivottaisiin olevaan keskenään eri pituisia. Itse kokeellisten töiden tekemiselle opettajat olivat varanneet viikoittain hyvin eri verran aikaa. Vastaukset hajaantuivat nolasta yli kuuteenkymmeneen minuuttiin hyvin laajalle alueelle. Suurin osa vastauksista sijoittui kuitenkin 10–30 minuutin alueelle.

Useimmat opettajista pitivät oppikirjantekijöiden kokeellista töistä ja ongelmana pidettiin usein sitä, että aikaa ei riitä tehdä kaikkia hyviä tarjolla olevia töitä. Muina ongelmakohdina esille nousivat myös puutteellisesti varustellut luokat, jolloin kaikkia töihin tarvittavia välineitä ei ole. Kyselytutkimuksessa nousi useamassa kohdassa esille se, että ensimmäisessä kurssissa on ollut liikaa asiaa, jolloin kokeellinen puoli on ajanpuutteen vuoksi kärsinyt. Jotkut pitivät kirjantekijöiden kokeita myös liian työläinä ja pitkinä ensimmäiselle kurssille. Molekyylihallinnusohjelmia kokeellisten töiden yhteydessä oli käyttänyt noin kaksi kolmasosaa opettajista.

Vaikka kaikki opettajan eivät olleet varanneet kokeellisille töille viikoittain lainkaan aikaa, koetaan kokeellisuus lukion ensimmäisellä kurssilla hyvin tärkeänä. Kun asteikossa 5 tarkoitti ”erittäin tärkeää” ja 1 ”ei ollenkaan tärkeää” tuli vastauksien keskiarvoksi 4,14. Joukosta ei löytynyt myöskään yhtään ”1” tai ”2” vastausta. Tosin kyselyyn vastaamaan lähtenyt joukko opettajia oli luultavammin jo valmiiksi keskimääräistä opettajaa kiinnostuneempia kokeellisuudesta, joten tämä on huomioitava.

Noin puolet vastanneista opettajista arvioi, että oppilaat pääsevät tekemään kokeellisia töitä itse oppitunneilla noin kahdesta kolmeen kertaan kurssin aikana. Noin neljäsosa pääsi harjoittelemaan kokeellisuutta 4–5 kertaa kurssin aikana. Vastaukset vaihtelivat jonkin verran ja joissakin kouluissa oppilaat pääsivät itse tekemään lähes joka tunnilla, ja toisaalla saattaa olla, että kokeellisia töitä ei päästä tekemään kuin kerran tai ei ollenkaan. Vain noin puolet opettajista oli antanut kokeellisia tehtäviä kotitehtäviksi.

4.3 Oppikirja-analyysi

Oppikirja-analyysissä tarkasteltiin vuoden 2015 lukion opetussuunnitelman [3] mukaan valmistettua oppikirjaa. Lukion oppikirjan Mooli 1 Kemiaa kaikkialla [44] kokeellisten töiden aihe, töissä tarvittavat välineet, töiden mahdollinen toteutuspaikka sekä arvioitu kesto on esitetty taulukossa liitteessä 2. Kokeellisten töiden ohjeita kirjassa oli yhteensä 17 kappaletta.

Yhteenvedona vuoden 2015 opetussuunnitelmaan [3] perustuvassa Mooli 1 kirjassa [44] oli paljon melko pitkiä kokeellisia töitä, jotka vaativat laboratorio-olosuhteet. Kirjasta ei löytynyt oppilaille suunnattuja työohjeita lyhyempiin tai herätteleviin demotöihin, joilla voisi herättää oppilaiden mielenkiintoa uutta aihetta kohtaan. Suuressa osassa kirjan töitä tarvitaan hyvin paljon erilaisia kemikaaleja ja välineitä. Osa käytetyistä kemikaaleista on myös hankala hävittää oikein, joten niiden soveltuvuutta lukio-opetuksessa voisi pohtia tarkemmin. Itse kokeellinen osuus vaati kirjan kokeellisissa töissä aina la-

laboratorio-olosuhteita, ja kotona tehtävät kokeellisuuteen liittyvät työt olivat lähinnä valmiiden tietojen ja taulukoiden tulkintaa. Osa kokeellisista töistä on mielestäni myös hieman liian laajoja ja turhan haastavia, sillä kurssi on jokaiselle pakollisen ensimmäinen kemian kurssi.

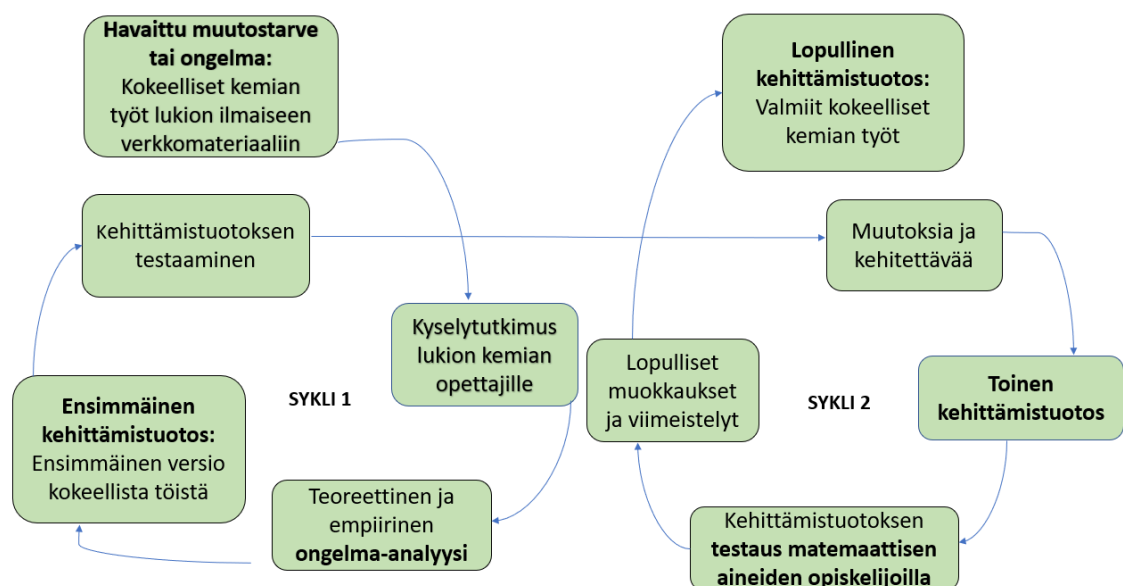
5. KEHITTÄMISPROSESSI

Alaluvussa 5.1 on kuvattu tämän tutkimuksen kehittämisprosessin toteuttaminen eri tutkimuksen vaiheissa. Tämän jälkeen alaluvussa 5.2 on pohdittu hieman tämän kehittämistutkimuksen luotettavuutta.

5.1 Kehittämisprosessin toteuttaminen

Tässä luvussa kuvataan työn kehittämisprosessi ja käydään läpi paremmin sen toteuttamista. Tutkimuksen tutkimusmenetelmäksi valittiin kehittämistutkimus sillä luvussa 2 mainittujen kehittämistutkimuksen erityispiirteiden vuoksi se soveltuu hyvin tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmäksi. Kehittämistutkimuksen avulla pystytään vastaamaan koulumaailman muuttuviin tarpeisiin, kun toinen aste muuttuu maksuttomaksi. Kehittämistuotoksena on yksinkertaisia kokeellisia töitä lukioon, joista osan voi suorittaa myös kotona. Taustalla kotona suoritettavien töiden ideoinnissa on ollut myös COVID19-pandemia, joka on aiheuttanut haasteita kokeellisuuteen, sillä monissa lukioissa on siirrytty etäopetukseen, jolloin kokeellisten töiden suorittaminen on jäänyt yksin opiskelijoiden vastuulle.

Tämän kandidaatintyön kehittämisprosessi eteni hyvin pitkälti Edelsonin kehittämissyklin mukaisesti. Työn kehittämissykli on esitelty pääpiirteissään kuvassa 4.



Kuva 4. Tämän kehittämistutkimuksen kehittämissykli pääpiirteissään

Tarve ilmaisille oppimateriaaleille on tunnistettu laajemmin yhteiskunnassa, minkä seurauksena ongelmana on ilmaisten materiaalien puute toiselle asteella. Työn tavoitteeksi tulikin kehittää kokeellisia töitä sähköiseen oppiympäristöön. Kun kehittämistarve oli selvillä, suoritettiin kokeellisen töiden osalta kyselytutkimus lukion kemian opettajille, jotta tutkimus vastaisi oikeaan tarpeeseen ja olisi käytännönläheinen. Kyselytutkimuksessa kartoitettiin opettajien mielipiteitä esimerkiksi kokeellisten töiden tärkeydestä sekä kokeellisuuden ongelmakohdista, jotta näihin voitiin töitä suunniteltaessa kiinnittää huomiota. Kyselytutkimuksen tulkinta on osa ongelma-analyysia, jota siirryttiin työstämään seuraavaksi.

Ongelma-analyysin teoreettisessa osassa perehdyttiin eri kirjallisuuslähteisiin, joissa on tutkittu ja perehdytty esimerkiksi kemialliseen tietoon ja sen opettamiseen, motivaation ja tunteiden vaikutuksesta kemian opiskelussa sekä kokeellisuuteen ja sen haasteisiin kemian opetuksessa. Teoreettisen ongelma-analyysin tavoitteena on perehtyä siihen, miten kemiaa tulisi opettaa ja mitä kokeellisuudessa tulee ottaa huomioon, jotta esimerkiksi kaikki kemiallisen tiedon tasot tulee huomioida myös kokeellisia töitä tehdessä.

Alaluvussa 3.1 esitelty Johnstonen kemiallisen tiedon kolmitaso [7, 8] on tärkeä osa tämän tutkimuksen ongelma-analyysia, sillä myös Stenvall on kehitellessään sähköiseen materiaaliin teoriaosuutta [11] käsitellyt asioita vahvasti kemiallisen tiedon kolmen tason kautta. Tämän vuoksi on oleellista, että kaikki nämä tasot huomioidaan myös kokeellisia töitä suunnitellessa, jotta lopullinen sähköinen materiaali on yhtenäinen.

Jotta kokeelliset työt ovat mahdollisimman mielekkäitä ja hyödyllisiä, suunniteltaessa kokeellisia töitä, kemiallinen kolmitaso tulee huomioida niin itse töiden suunnittelussa kuin töihin liittyvien kysymysten asettelussa. Kokeellisissa töissä ilmiöiden ja tapahtuvien muutosten havainnointi kuuluvat selkeästi makroskooppiselle tasolle. Myös oppilaiden olemassa olevat kokemukset ja tiedot sijoittuvat varmasti lähinnä tälle tasolle.

Alaluvussa 3.1. esiteltiin myös kemiallisen tiedon neljäs, humanistinen taso. Kokeellisuuden avulla on myös mahdollista muokata juuri ihmisten ennakkokäsityksiä, tietoja ja kokemuksia kemiasta, joten humanistisen tason voi ajatella muokkautuvan läpi opintojen ja koko elämänkin. Kokeellisten töiden osuus kemian humanistisen tason muovautumisessa on näin ajatella olevan merkittävä. Jotta kemiallisen tiedon kolmitaso on tarpeeksi läsnä myös kokeellisissa töissä, on ne huomioitava kysymysten asettelussa riittävän selkeästi.

Alaluvuissa 3.2, 3.2.1 sekä 3.2.2 perehdyttiin kokeelliseen kemiaan opetuksessa, sen haasteisiin sekä tunteiden ja motivaation vaikutusta opiskeluun. Yleisesti todettiin, että

kemian ja kokeellisten töiden, tulisi olla lähellä oppilaiden arkielämää, voisi helppoja kokeellisia töitä tehdä kotona, soveltaen joka kodista löytyviä tarvikkeita. Esimerkiksi ruuanlaittoon liittyy monia helposti kotona sovellettavia kemiallisia reaktioita. Ruuanlaiton lisäksi arkisia kemiallisia reaktioita, joita kotona voisi tehdä saa aikaan esimerkiksi kodista löytyvillä hapoilla ja emäksillä. Happojen ja emästen käyttöä voisi soveltaa esimerkiksi siivoamiseen ja kehittää niihin liittyvän kokeellisen työn, jonka voisi myös tehdä kotona.

Teoreettisessa ongelma-analyysissä saatiin tulokseksi, että kaikki kokeelliset työt eivät sovi oppilaiden itse suoritettaviksi. Osa kokeellisista töistä voi olla haastava saada onnistumaan tai käytettävät välineet tai aineet eivät sovi oppilaskäyttöön. Jotkin aineet voivat esimerkiksi olla hyvin reaktiivisia ja reaktio kiivas. Tällöin on parempi, että opettaja suorittaa kokeet luokan edessä turvallisesti ja oppilaita osallistetaan aktiivisesti kokeen eri vaiheiden havainnointiin sekä tehtävien, että keskustelun kautta. Opettajan suorittamat työt ovat myös helpommin järjestettävissä, sillä muun muassa niihin kuluva aika ja resurssit ovat vähäisemmät.

Koska oppilaiden on todettu kokevan opettajan tekemät havainnollistavat työt yleensä viihdyttävänä, on opettajien hyvä sisällyttää niitä opetukseensa, sillä positiivisten tunteiden on todistettu vaikuttavan asioiden muistamiseen ja lisäävän opiskelijoiden sisästä motivaatiota asioiden oppimiseen. Opettajan suorittamien demotaiden avulla voitaisiin pyrkiä pitämään myös oppilaiden mielenkiintoa ja keskittymistä yllä. Sen lisäksi, että työt olisivat mielekkäitä oppilaille, olisivat ne samalla hyödyllisiä myös oppimisen kannalta, sillä niiden avulla pystyttäisiin säilyttämään positiivista ilmapiiriä. Vaarana on kuitenkin myös se, että oppilaat katsovat innoistaan esimerkiksi näyttävää reaktiota, mutta unohtavat kokonaan pohtia, mitä reaktiossa tapahtuu kemiallisella tasolla ja miksi. Haasteellista onkin varmasti löytää sopiva tasapaino, jossa oppilaat viihtyvät ja nauttivat kokeellisista töistä, mutta myös suuntaavat keskittymisensä itse oppimiseen ja ilmiöihin, joita tutkitaan.

Oppilailla oli myös todettu olevan virheellisiä ajatuksia siitä, mikä laboratoriotöiden tarkoitus ja tavoite oli. Osalla tavoitteena on seurata vain ohjeita ja saada mahdollisimman oikeat vastaukset. [36] Monet oppilaat siis osittain sivuuttavat laboratoriotöille erittäin tärkeän havainnoinnin ja päättelyn oleellisuuden.

Yhtenä ratkaisuna näihin kokeellisuuden haasteisiin voisi olla ennen kokeiden tekemistä esitetyt selkeät osaamistavoitteet töille. Tavoitteita voisi käydä yhdessä läpi, jolloin ne varmasti selkeytyisivät oppilaille tehokkaammin, ja niihin ymmärrettäisiin kiinnit-

tää huomiota myös työtä tehdessä. Oppilaiden osallistaminen myös pelkästään opettajan tekemiin demotöihin on tärkeää. Kokeisiin liittyvien kysymyksien asettelussa tulee huomioida mahdolliset mittausvirheet esimerkiksi kohdentamalla niihin suoria kysymyksiä, sillä on todettu, että usein mittavirheitä saatetaan yrittää muokkailla. Tämä saattaisi auttaa ymmärtämään, että mittausvirheet ja pienet erot mittaustuloksissa ovat normaaleja. Huomio kiinnittyisi ehkä paremmin mittavirheitä aiheuttaviin tekijöihin, eikä vain itse virheeseen, jolloin tulosten manipulointi saattaisi vähentyä.

Koska kokeellisten töiden tekeminen on teorialähteiden sekä aiemman tutkimuksen perusteella [25] koettu opiskelijoiden mukaan mielekkääksi, voivat ne toimia osana positiivisen ilmapiirin luomista luokassa. Näin niiden avulla on mahdollista luoda opetusta vastaanottavampaa ilmapiiriä ja toivottavasti auttaa opiskelijoita siirtämään opittu tieto pysyvään muistiin. Koska kokeellinen työskentely on koettu kiinnostavaksi ja lyhyt kiinnostus opiskelijoissa on mahdollista herättää opiskelijoissa suhteellisen helposti, voitaisiin mielekkäiden kokeellisten töiden avulla pyrkiä myös muuttamaan oppilaiden lyhyempää kiinnostusta henkilökohtaisemmaksi kiinnostukseksi ja sisäisesti motivoituneeksi kiinnostukseksi.

Ongelma-analyysin empiirisessä osassa perehdyttiin vuoden 2019 lukion opetussuunnitelman yleisesti sekä kahteen ensimmäiseen kemian moduuliin, jotka kaikkien lukio-opiskelijoiden tulee suorittaa. Moduuleissa mainittuja oppimistavoitteita sekä tärkeitä sisältöjä yritettiin sisällyttää kokeellisiin töihin niitä suunniteltaessa, jotta keskeisiä asioita käytäisiin läpi myös kokeellisuuden avulla. Tärkeänä osana empiiristä ongelma-analyysia oli lukion opettajille suunnatun kyselytutkimuksen tulosten tulkitseminen. Kyselytutkimuksen tulokset vaikuttivat vahvasti esimerkiksi siihen, että suunniteltavan kehitystuotoksen kemikaalit ovat pääasiassa kotoa löytyviä ja helposti hävitettäviä aineita. Empiirisessä ongelma-analyysissa perehdyttiin myös aiemman opetussuunnitelman pohjalta valmistettuun lukion oppikirjaan, jotta suunniteltaville kokeellisille töille on vertailupohjaa.

Alaluvuissa 4.1.2. ja 4.1.2 esitellään lukion ensimmäisiä kemian moduulien oppimistavoitteita sekä keskeisiä sisältöjä. Koska nämä moduulit ovat kaikille yhteisiä voi mielestäni kokeellisessa työskentelyssä käytettävät välineet ja aineet olla osittain arkisia ja kodeista löytyviä.

Ensimmäisen moduulin keskeisistä sisällöistä on mahdollista kehittää monenlaisia ja eri tasoisia kokeellisia töitä, joiden tasoon ja keston voi myös vaikuttaa omalla kiinnostuksella ja aktiivisuudella. Esimerkiksi joidenkin kokeellisten töiden tutkittavien aineiden määrää voi muuttaa ja muokata paljon opiskelijan oman kiinnostuksen mukaan. Arjen

aineiden turvallisuudesta ja ominaisuuksista sekä kemian merkityksessä omassa elämässä on myös helposti suunniteltavissa töitä, joita on mahdollista tehdä kotona, mahdollisesti kotitehtävinä ja koska nämä kuuluvat ensimmäisen moduulin keskeisiin sisältöihin, on kotona löytyvien aineiden käyttö työskentelyssä mielestäni perusteltua.

Toisessa moduulissa kokeellisen työskentely on erityisesti mainittu ja tavoitteeksi asetettu johtopäätösten tekeminen havaintojen perusteella. Tämä on oleellinen asia huomioida tehtävien asettelussa. Toisen moduulin keskeiset aiheet eivät sovellu kaikilta osin yhtä hyvin kokeelliseen työskentelyyn kotona.

Alaluvussa 4.2 esitetyssä kyselytutkimuksessa lukion kemian opettajille kokeellisuuden ongelmiksi nousivat esimerkiksi puutteelliset välineet sekä tilat, suuret ryhmäkoot ja ajanpuute sekä liian työläät kokeelliset työt. Alaluvun 4.3. oppikirja-analyysi vahvisti käsitystä siitä, että monet lukioihin suunnitellut työt vaativat lukioilta kattavia työskentelytiloja sekä kunnollisia työvälineitä. Monet töistä vaikuttivat myös hyvin pitkäkestoisilta ja työläiltä.

Pohtiessa sopivia kokeellisia töitä, on tärkeä huomioida, mistä opettajien nostamat haasteet aiheutuvat ja miten niitä pystyttäisiin välttämään. Näihinkin edellä mainittuihin ongelmiin yhtenä hyvänä ratkaisuna voisi olla se, että osa kokeellisista töistä tehtäisiin kotona. Jos kokeellisten töiden suorittaminen siirtyisi osittain kotiin, suuret ryhmäkoot ja puutteelliset välineet eivät häiritse kokeellisuutta. Samalla kokeiden suunnittelussa tulisi huomioida, millaisia tuotteita kotoa löytyy, mikä sopisi myös uuden opetussuunnitelman lukion ensimmäisen kemian moduulin [4] keskeisiin sisältöihin. Jos kokeellisia töitä tehtäisiin enemmän kotona, myös oppilaille tulisi selväksi, että kemia on hyvin lähellä arkielämää ja jokapäiväisiä tilanteita kotona. Tämä voisi mahdollisesti lisätä mielenkiintoa kemian opiskelua kohtaan tuomalla ensimmäisen moduulin aiheet lähelle opiskelijaa ja helpommin ymmärrettäviksi.

Ongelma-analyysien jälkeen pohjatyö kokeellisten töiden suunnittelua varten oli tehty, joten seuraavana oleellista oli kokeellisten töiden määrän ja aiheiden suunnittelu. Käyttäen pohjana ongelma-analyysissä perehdyttyä teoriaa sekä empiiristä aineistoa lähdin suunnittelemaan ensimmäisiä kokeellisia töitä, perehtyen vielä samalla syvällisemmin ongelma-analyysiin. Hahmottelin töiden työhjeita sekä opettajille että opiskelijoille, ja kun ensimmäiset kehittämistuotokset eli hahmotelmat työhjeista olivat valmiita, testasin töitä mahdollisuuksien mukaan itse ja muokkasin työhjeita havaintojeni perusteella. Pyrin liittämään työhjeisiin myös teoriakysymyksiä, jotta kokeellisten töiden tu-

lokset liitettäisiin heti myös teorian yhteyteen. Kehittäminen tapahtui sykleittäin ja muutoksia kehittämistuotokseen tehtiin, kun omaksuttiin uutta tai syventävää tietoa aihepiiristä.

Kun kehittämistuotos oli ongelma-analyysin pohjalta saatu valmiiksi, olisi seuraavaksi kehittämistuotosta olisi ollut luotettavin testata lukio-opiskelijoilla, jotta tulokset ja tulkinnot olisivat mahdollisimmat oikeellisia ja peräisin opiskelijoilta. Tämä ei kuitenkaan onnistunut, joten muokkausten jälkeen töitä testattiin kemian pääaineopiskelijoilla ja maattisen aineiden opettajaopiskelijoilla. Testattavia töitä olivat kotiooloissa helposti suoritettavat Suklaamukikakku mikrossa, Kodin aineiden liukoisuus sekä Happamia, emäksisiä ja neutraaleja aineita. Testattavat työt ovat esitelty tarkemmin luvussa 6.

Töiden testaamisen jälkeen testiryhmälle suoritettiin liitteessä 3 esitetty kysely, jossa testiryhmää pyydettiin arvioimaan kokeellisten töiden ja työohjeiden vaikeustasoa, selkeyttä sekä soveltuvuutta lukion kahteen ensimmäiseen moduuliin. Taustatietona vastaajille oli annettu kokeellisten töiden työohjeet sekä tietoa uuden opetussuunnitelman kahden ensimmäisen kemian moduulin keskeisistä sisällöistä ja oppimistavoitteista.

5.2 Kehittämisen prosessin luotettavuuden arviointi

Koska testiryhmä, jolla kokeellisia töitä testattiin, on valmiiksi kiinnostunut opetuksesta ja luonnontieteistä, ei esiin nouse samanlaisia asioita, joita lukio-opiskelijat olisivat pohjineet. Tämä johtaa pieneen heikkouteen tutkimuksen luotettavuutta ajatellen. Myös testiryhmän henkilöiden määrä on pieni, joten tämäkin aiheuttaa aihetta kritiikkiin tutkimuksen toistettavuuden ja luotettavuuden kannalta. Tutkimuksen kehittämistuotoksen arvioiminen oppilaiden ja heidän opettajiensa kanssa olisi tuottanut luotettavampia ja paremmin yleistettäviä tutkimustuloksia. Lisätutkimus töiden osalta voisikin olla tutkimustuloksien kannalta hyödyllistä. Mielenkiintoista voisi olla myös tutkia, miten onnistuneina opettajat näkevät syntyneet materiaalit.

Työn luotettavuus ja uskottavuus perustuu kirjallisuuden, sekä opettajille että kokeellisten töiden kyselytutkimusten avulla kehitettyihin kokeellisiin töihin. Tutkimuksen luotettavuuden, varmuuden sekä vahvistettavuuden kannalta kehittämistuotoksen muokaus ja kehittäminen oli syklistä. Luotettavuuteen ja uskottavuuteen vaikuttaa se, että valmiita kokeellisia töitä ei testattu opiskelijoilla, jolloin aiheutuu epäily, onko suunnitellut työt motivoivia, kiinnostavia ja opitaanko niiden avulla tavoitteiden mukaisia asioita. Syklisestä kehittämisestä olisi voinut olla näkyvillä tarkemmin, mitä osaa kehitystuotoksesta on muokattu.

6. KEHITTÄMISTUOTOS

Luvussa 6 esitellään ensin syntyneet kokeelliset työt eli lopullinen kehittämistuotos. Tämän jälkeen arvioidaan kehittämistuotoksen tuloksia sekä niiden luotettavuutta.

6.1 Lopullisen kehittämistuotoksen esittely

Jokaisessa kehittämistuotoksen kokeellisessa työssä on erikseen osa opettajalle ja opiskelijoille. Opettajille työn tavoitteita on ja suoritustapaa on kuvailtu enemmän. Opiskelijoiden ohjeessa painottuu työohjeet töiden suorittamiseen sekä työhön kuuluvat kysymykset, tiedonhaku ja pohdinta. Taulukkoon 1 on listattu suunnitellut kokeelliset työt ja töiden tavoitteet.

Taulukko 1: *Suunniteltujen kokeellisten töiden sekä niiden keskeisten sisältöjen ja tavoitteiden esittely.*

Työn nimi	Keskeiset sisällöt ja työn tavoitteet.
Suklaamukikakku mikrossa	Työn keskeinen sisältö on arjen kemian huomioiminen. Oppimistavoitteena on opetella ajattelemaan ja omaksumaan kemiallista tietoa kemia kemiallisen tiedon kolmitason avulla.
Kodin aineiden liukoisuus	Työn keskeinen sisältö ja oppitavoite on poolittomuuden ja poolisuuden käsitteiden ymmärtäminen ja niihin tutustuminen arjen aineiden avulla, tuoden kemia lähelle arkea.
Suolan ja hiekan erottaminen	Työn tavoitteena on tutustua yksinkertaisiin erotusmenetelmiin. Opiskelijoiden tavoitteena on oppia massaprosenttilaskuja sekä päätelmien tekemistä kokeellisista tuloksista.
Aineiden ominaisuuksien tutkiminen	Työn keskeisenä sisältönä on erilaisten sidosten luonne ja käyttäytyminen erilaisissa olosuhteissa. Tavoitteena on oppia, miten sidokset vaikuttavat aineiden ominaisuuksiin.
Liuoksen valmistaminen ja konsentraatio	Työn keskeinen tavoite on ymmärtää ainemäärän ja konsentraation käsitteet ja opetella liuoksen valmistamisen käytänteet.
Happamia, emäksisiä ja neutraaleja aineita	Tavoitteena on perehtyä indikaattorin toiminnan periaatteisiin sekä happamuuden, emäksisyyden ja neutraaliuuden käsitteisiin.

Ensimmäinen kokeellisista töistä on suklaamukikakku mikrossa, joka on esitelty liitteessä 4. Sen avulla perehdytään arkiseen kemiaan, joka on osa päivittäistä elämää. Työ on hyvin yksinkertainen ja sen tavoitteena onkin lähinnä herätellä opiskelijoita ymmärtämään, missä kaikkialla kemiaa tarvitaan. Kehittämistuotos sisältää lyhyen kuvauksen työstä, ohjeet suklaamukikakun valmistamiseen sekä työhön liittyviä kysymyksiä. Koska varsinaisen työn suorittamiseen ei kulu pitkä aikaa, on painotus asetettujen kysymysten pohdinnassa. Kysymyksissä on huomioitu kemiallisen tiedon kolmitaso. Tavoitteena on myös tutkia ja etsiä tietoa muista ruuanlaittoon liittyvistä kemian ilmiöistä.

Liitteen 5 Kodin aineiden liukoisuus -työssä opiskelijat pääsevät tutkimaan kotona löytyvien aineiden poolisuutta ja poolittomuutta liukoisuuskokeilla veteen ja ruokaöljyyn. Työssä tarvittavat välttämättömät välineet ovat vesi, ruokaöljy ja astioita, joten jokaisessa kodista luulisi löytyvän nämä välineet. Opiskelijat voivat testailta eri aineita riippuen paljon omasta kiinnostuksestaan. Työn avulla voi siis myös hieman eriyttää opiskelijoita. Työohjeessa on kerrottu työn tavoitteet, työssä tarvittavat välineet, ohje työn suorittamiseen sekä havaintoihin liittyviä kysymyksiä. Lisäksi on kerrottu esimerkkejä aineista, joita kokeissa voisi mahdollisesti testata sekä ohjeistettu käyttämään taulukkoa havaintojen kirjaamiseen. Havainnointiin liittyvissä kysymyksissä pyritään painottamaan, että kaikki tutkimustulokset eivät ole yksiselitteisiä ja kehoitetaan perehtymään epäselviin tapauksiin Internetin avulla. Tällä pyritään kriittisen ajattelun lisäämiseen ja ymmärrykseen siitä, että kokeellisissa töissä on erilaisia virhelähteitä.

Suolan ja hiekan erottaminen, joka on esitetty liitteessä 6, vaatii suorittamiseen laboratorion, sillä käytössä on keittolevyt. Oppilaiden on tarkoitus työskennellä ryhmissä, sillä opetussuunnitelmassa [4] ryhmätyöskentelytaidot olivat yksi asia, jota lukiossa tulisi oppia. Työssä tutustutaan yksinkertaisista erotusmenetelmistä suodatukseen ja haihdutukseen. Lisäksi työhön on suunniteltu myös analyysiväian käyttöä ja massaprosenttilaskuja, sillä opettajille suoritettussa kyselytutkimuksessa (Liite 1) massaprosenttilaskuista toivottiin kokeellista työtä. Kyselytutkimuksessa esille nousi myös käytettävien aineiden ongelmat ja saatavuus, ja sen takia veteen liukenevaksi aineeksi valikoitui tavallinen ruokasuola. Työn tavoitteena on harjoitella huolellista ja turvallista laboratoriotyöskentelyä ja liittää kokeellisia havaintoja teoriaan laskujen ja pohdinnan avulla. Kehittämistuotos sisältää lyhyen kuvauksen työn tavoitteista, listan tarvittavista välineistä sekä tarkat työohjeet opiskelijoille. Tehtäviin on liitetty myös suolankiderakenteen mal-

lintaminen molekyylimallinnusohjelmalla. Tämä on mahdollisesti myös kotona suoritettava osa työtä. Tarkoituksena on liittää myös teoreettinen molekyylimallinnus paremmin kokeellisuuteen.

Liitteessä 7 on esitelty aineiden ominaisuuksien tutkiminen -työ, jonka avulla on tarkoitus tutkia erilaisten sidosten vaikutusta aineiden sulamispisteeseen, liukenemiseen ja sähkönjohtavuuteen. Työohje on jaettu osiin sen mukaan, mitä ominaisuutta on tarkoitus tutkia. Työ on tarkoitus suorittaa laboratoriossa ja siinä vaaditaan kaikista kehittämistuotoksen kokeellisista töistä eniten erilaisia kemikaaleja ja erilaisia välineitä, jolloin se ei välttämättä sovellu suoritettavaksi kaikissa lukioissa yhtä hyvin. Työssä harjoitellaan myös tulosten taulukointia. Jotta suoritettu kokeellinen osuus saataisiin liitettyä teoriaan, on kehittämistuotoksessa myös aineiden sidoksiin liittyviä teoriatehtäviä.

Liuoksen valmistaminen ja konsentraatio työ on mahdollista suorittaa sekä kotiloissa, että laboratoriossa. Liitteen 8 kehittämistuotoksessa on esitetty työn tavoite, tarvittavat välineet sekä kotona ja laboratoriossa sekä työohjeet molempiin tapauksiin. Työn tavoitteena on oppia yksinkertaisten liuosten valmistus ja perehtyä liuosten merkintätapoihin. Tavoitteena on myös oppia ymmärtämään paremmin ainemäärän ja konsentraation käsitteitä, jotka olivat liitteen 1 opettajille esitetyn kyselytutkimuksen mukaan monille opiskelijoille haastavia hahmottaa.

Viimeinen suunnitelluista kokeellisista töistä on liitteessä 9 esitetty happamia, emäksisiä ja neutraaleja aineita. Työssä on tarkoitus tutustua erilaisiin kodin aineisiin tutkien niiden pH:ta joko punakaali-indikaattorin tai pH-paperin avulla. Tavoitteena on syventyä käsitteisiin: hapan, emäksinen, neutraali ja indikaattori, käyttäen apuna kokeellisuutta. Kehittämistuotoksessa on esitetty työn tavoite, tarvittavat välineet sekä ohjeet työn suoritukseen. Kehittämistuotoksessa olevien teoria kysymysten avulla on tarkoitus perehtyä tarkemmin indikaattorin toimintaan ja happamien ja emäksisten aineiden vaikutukseen ympäristölle.

6.2 Kehittämistuotoksen arviointi

Ensimmäistä kehittämistuotos muodostettiin ongelma-analyysien pohjalta ja sitä muokattiin töiden testauksessa tehtyjen omien havaintojeni perusteella. Jokainen yksittäinen kokeellinen työ, joita pystyin testaamaan, oli toimiva, mutta pyrin vielä selkeyttämään ohjeita sekä kirjoittamaan opettajille selkeämmät johdannot töiden suoritusta varten. Laboratorioissa suoritettavista töistä ei ole samanlaista testausdataa kuin kotona suoritettavista töistä, joten niiden toimivuudesta ei ole samanlaista varmuutta.

Kehittämistuotoksen kotona suoritettavissa töissä tarvitaan useita erilaisia elintarvikkeita ja muita kodin tarvikkeita. Kun kehittämistutkimuksen lähtökohtana on vahvasti tavoite ilmaisista oppimateriaaleista lukioon, voidaan hieman kyseenalaistaa, että voidaanko jokaisessa kodissa olettaa olevan valmiudet kaikkiin kehittämistuotoksen kotona suoritettaviin töihin. Vaikka tarvittavat aineet eivät ole kalliita, syntyy kuitenkin pieni ristiriita ilmaisen koulutuksen kanssa.

Oppilaiden kiinnostuksen ylläpidon kannalta tutkimuksessa olisi voitu pyrkiä suunnittelemaan myös opettajajohtoisia kokeellisia demotöitä. Niitä olisi voinut käyttää positiivisten tunteiden synnyttäjinä ja mahdollisesti pidempi aikaisen motivaation kehittämässä. Ne voisivat olla yksi jatkokehityksen kohteista. Jatkokehityksen kohteena voisi olla myös esimerkki vastausten laatiminen kokeellisten töiden teoriakysymyksiin ja pohdintoihin, sillä on huomioitavaa, että kemiaa opettavat myös monet opettajat, jotka eivät ole välttämättä opiskelleet juurikaan kemiaa.

Vaikka kehittämistuotoksen testausta ei voitu suorittaa niin, että olisi saatu tuloksia lukio-opiskelijoilta, saatiin ongelma-analyyseihin perustuen kuitenkin kehitettyä varsin hyvin kokeellisia töitä. Kokeellisissa töissä huomioitiin teoreettisen ongelma-analyysin pohjalta erityisesti kemiallisen tiedon kolmitaso, kokeellisuuden haasteet sekä opiskelijoiden tunteet sekä motivaatio kokeellisuuden opiskelussa. Empiirisen ongelma-analyysin avulla saatiin varmistettua, että kehittämistuotos vastaa opetussuunnitelman kriteereitä ja lukion kemian opettajien tarpeita. Tutkimuksessa saadut tulokset vastaavat hyvin aiemmin suoritettujen tutkimusten tuloksia. Esimerkiksi keittiökemiasta, arkisten ilmiöiden käytöstä opetuksessa ja kyselytutkimuksesta lukion kemian opettajille saatiin vastaavia tuloksia aiempien tutkimusten kanssa. Näin voidaan todeta, että tutkimuksen tulokset ovat varsin luotettavia, vaikka kehittämistuotoksen testaus olisi voinut olla onnistuneempi.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tarve ilmaisille materiaaleille on tunnustettu laajemmin yhteiskunnassa, ja tämä on johdantanut opetukseen ja koulutukseen liittyviin lakimuutoksiin. Tämän tutkimuksen voidaan todeta vastaavan todelliseen tarpeeseen kokeellisista töistä ja ilmaisista oppimateriaaleista lukioon. Tutkimuksen kehittämistuotoksen voisi tämän perusteella arvioida olevan hyödyllinen ja merkityksellinen.

Tämän tutkimuksen tutkimuskysymyksiä olivat:

1. Mitä tulee ottaa huomioon suunniteltaessa kokeellisia kemian töitä?

1.1 Millaisia kokeita opiskelijat voivat tehdä kotona?

1.2 Millaiset kemian työt on hyvä suorittaa opettajan johdolla?

2. Millaiset kemian työt tukevat kemian oppimista?

2.1 Miten kokeelliset työt vastaavat opetussuunnitelman tavoitteita?

2.2 Millaiset kokeelliset työt ovat mielekkäitä oppilaille?

Päätutkimuskysymysten pohjalta tutkimuksessa selvitettiin vastausta tutkimuskysymyksiin ongelma-analyysien avulla. Seuraavaan on koottu tärkeimpiä asioita, jotka tutkimuksessa selvisi

1. *Kokeelliset työt tulee liittää mahdollisimman hyvin opiskeltuun teoriaan, jotta teoria-tieto ja kokeelliset havainnot voidaan ymmärtää eheänä kokonaisuutena.*
2. *Opiskelijoiden on mahdollista suorittaa arkisten aineiden tutkiminen ja erilaiset keittökemian työt itsenäisesti kotona.*
3. *Opettajajohtoisesti on hyvä suorittaa kiinnostusta ja motivaatioita herätteleviä lyhyitä demotöitä, joihin oppilaita on tärkeä osallistaa kysymysten avulla.*
4. *Kokeellisten töiden tulee olla riittävän lähellä opiskelijoiden arkielämää ja oikealla tasolla heidän ymmärryskykynsä nähden, jotta työt koetaan mielekkäinä ja ne tukevat kemian oppimista.*
5. *Kokeellinen työskentely ja laboratoriotyöskentelyssä mahdollisesti opittavat ryhmätyötaidot ovat osa lukion opetussuunnitelmaa.*

Kohdat 1–4 saatiin vastauksiksi tutkimuskysymyksiin perehtymällä aiheeseen liittyvään teoriaan ongelma-analyseissä, tutkimalla ja tulkitsemalla lukion opetussuunnitelmaa ja lukion kemian opettajille esitetyn kyselytutkimuksen avulla. Kohta 5 on saatu vastaukseksi suoraan uudesta lukion opetussuunnitelmasta.

Kokeellisilla töillä on merkittävä potentiaali mielekkäässä kemian opiskelussa. Niiden avulla on mahdollisuus saada opiskelijat innostumaan ja motivoitumaan opiskeluun sekä tehdä hankalista käsitteistä ja teorioista helpommin ymmärrettäviä ja konkreettisia.

Tämän tutkimuksen tulokset ovat samankaltaisia aiempien kemian opetukseen liittyvien tutkimusten kanssa. Useiden tutkimuksien tuloksissa on esimerkiksi todettu keittökemian positiiviset vaikutukset oppimiseen sekä arkielämän ilmiöiden tutkimisen kasvattavan oppilaiden kiinnostusta oppimista kohtaan ja mahdollistavan teorian ja kokeellisuuden yhdistämisen eheäksi kokonaisuudeksi.

Tämä kehittämistutkimus jättää mahdollisuuksia erilaisille lisä- ja jatkotutkimuksille samoista aiheista. Erityisesti sähköisten välineiden ja tietotekniikan hyödyntäminen kokeellisessa työskentelyssä voisi olla tulevaisuudessa oleellinen tutkimuskohde, sillä lukio-opiskelu tapahtuu pääasiassa pelkkiä elektronisia laitteita käyttäen.

LÄHTEET

- [1] Kansalaisaloite: Maksuton toisen asteen koulutus kaikille, Saatavissa (viitattu 9.6.2020): <https://www.kansalaisaloite.fi/fi/aloite/2607>
- [2] Oikeus- ja kulttuuriministeriö, Oppivelvollisuuden laajentamista koskeva lakiesitys lähetettiin lausuntokierrokselle, Saatavissa (viitattu 9.6.2020): https://mi-nedu.fi/artikkeli/-/asset_publisher/oppivelvollisuuden-laajentamista-koskeva-lakiesitys-lahetettiin-lausuntokierrokselle
- [3] Opetushallitus, Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015, Helsinki, Saatavissa (viitattu 9.6.2020): https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf
- [4] Opetushallitus, Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019, Helsinki, Saatavissa (viitattu 9.6.2020): https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2019.pdf
- [5] F. Wang, M. J. Hannafin, Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 2005, 53(4), 5–23.
- [6] J. Perna, Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä, in: J. Perna (ed.), *Kehittämistutkimus opetuslalla*, PS-kustannus, Jyväskylä, 2013, pp. 9–26.
- [7] A.H. Johnstone, Teaching of chemistry- logical or psychological? *Chemistry education: research and practice in Europe*, 2000, 1(1), 9-15
- [8] A.H. Johnstone, The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand, *Journal of Chemical Education*, Vol. 70, Iss. 9, 1993, pp. 701
- [9] T. Anderson, J. Shattuck, Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational researcher*, 2011, 41(1), 16-25.
- [10] A. Stenvall, *Kehittämistutkimus: avoin sähköinen oppimateriaali lukion kemian kurssille*, julkaisematon diplomityö, Tampereen yliopisto 2021
- [11] *Kemiaa kaikkialla*, Tampereen yliopisto, sähköinen oppimateriaali Saatavissa (viitattu 22.4.2021): <https://tim.jyu.fi/view/tau/toisen-asteen-materiaalit/kemia/ke1/ke1>
- [12] A. Collins, D. Joseph, K. Bielaczyc, *Journal of the Learning Sciences*, 2004-01-01, Vol.13 (1), p.15-42
- [13] K. Juuti, J. Lavonen, *Design-based research in science education: One step towards methodology*, University of Oslo, 2012

- [14] D.C. Edelson, Design Research: What We Learn When We Engage in Design, *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 11, Iss. 1, 2002, pp. 105–121.
- [15] T. Asikainen, Kehittämistutkimus: Muovien kierrätyksen opettaminen ongelmalähtöisen oppimisen avulla lukio-opetuksessa, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2016, 70 p.
- [16] E. Jeskanen, Eheyttävä kemian opetus nuorten kiinnostuksen tukena: esimerkkinä kiertotalous, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2015, 54 p.
- [17] L. Kabata, Kehittämistutkimus: Verkkomateriaali jätevedenpuhdistukseen ongelmalähtöiseen opetukseen, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2014, 67 p.
- [18] H. Leskinen, Lämpöenergian ymmärtämisen tukeminen mittausautomaation avulla lukion kemian opetuksessa, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2007, 69 p.
- [19] A. Myllyviita, Lääkeaineiden analytiikka ja lukion kemian opetus – Kromatografian ja spektroskopian www-aineisto opettajille, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2005, 62 p.
- [20] J. Pernaa, Hyönteisten kemiaa lukion kemian opetuksessa, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2008, 84 p.
- [21] T. Rajala, Kehittämistutkimus: kolmiulotteisesti tulostetut molekyyli mallit optisen isomerian opetuksessa, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2019, 63 p.
- [22] L. Vihma, Tietokonesimulaatioita kaasujen ymmärtämisen tukemiseen kemian lukio-opetuksessa, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2006, 64 p.
- [23] N. Heiskanen, Kehittämistutkimus: Tutkimisen taitojen edistäminen tutkimuksellisella spektrofotometrian oppimiskokonaisuudella lukion kemian opetuksessa, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2016, 83 p.
- [24] J. Huusko, Nanoteknologian kokeelliset työt kemian opetuksessa, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2014, 56 p.
- [25] J. Laamanen, Kehittämistutkimus: Puskuriliuoskäsitteen oppimisen tukeminen kokeellisuuden avulla, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2015, p. 76.
- [26] S. Meriläinen, Kehittämistutkimus: mustikan ja puolukan kemiaa kokeellisten kotehtävien kontekstina, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2017, 87 p.
- [27] R. Laasala, Keittiökemian soveltaminen kontekstilähtöisessä monialaisessa kemian opetuksessa, pro gradu -tutkielma, Jyväskylän yliopisto, 2018, 117 p.
- [28] R. Ahvenniemi, Molekyyli gastronomia opetuksessa: Kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukeminen kokeellisuuden avulla, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2009, 42 p.
- [29] J. Dittmar, C. Zowada, S. Yamashita, I. Eilks, Molecular gastronomy in the chemistry classroom,

- [30] P. Tomperi, Kehittämistutkimus: Opettajan ammatillisen kehittymisen tutkimusperustainen tukeminen käyttäen SOLO-taksoniaa – esimerkkinä tutkimuksellinen kokeellinen kemian opetus, Väitöskirja, Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Kemian opettajankoulutusyksikkö, 2015, 133 p.
- [31] J. Lundell, M. Aksela, Molekyylimallinnus kemian opetuksessa Osa 1: Molekyylimallinnus ja kemian opetus, *Dimensio*, 5/2003, p. 47-49
- [32] P. Mafaffy, The future shape of chemistry education, *Chemistry Education: Research and Practice*, Vol. 5, No. 3, 2004, pp. 229-245
- [33] V-M. Ikävalko, M. Aksela, Contextual, relevant and practical chemistry teaching at upper secondary school level textbooks in Finland, *Lumat: International Journal of Math, Science and Technology Education*, 2015-07-30, Vol.3 (3), p.304-315
- [34] J.K. Gilbert. On the nature of 'context' in chemical education. *International Journal of Science Education*, Taylor & Francis (Routledge), 2007, 28 (09), pp.957-976. [ff10.1080/09500690600702470](https://doi.org/10.1080/09500690600702470). [ffhal-00513318f](https://doi.org/10.1080/09500690600702470)
- [35] J. Kuhn, A. Müller, Context-based science education by newspaper story problems: A study on motivation and learning effects, *Perspectives in science*, 2014
- [36] A. M. W. Bulte, H. B. Westbroek, O. de Jong, A. Pilot, A Research Approach to Designing, *Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts*. *International Journal of Science, Education*, 2006, 28, p.1063–1086.
- [37] J. Bennet, F. Lubben, S. Hogarth, Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching, *Science education (Salem, Mass.)*, 2007, Vol.91 (3), p.347-370
- [38] B. Wei, H. Liu, An experienced chemistry teacher's practical knowledge of teaching with practical work: the PCK perspective, *Chemistry education research and practice*, 2018, Vol. 19 (2), p.452-462
- [39] A. Hofstein, V. N. Lunetta, The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century, *Science education (Salem, Mass.)*, 2004, Vol.88 (1), p.28-54
- [40] N. J. Salkind, K. Rasmussen, *Encyclopedia of Educational Psychology*, Thousand Oaks, Calif: SAGE Publications, 2008, p.1022
- [41] A. Hopea-Manner, Kemian opetuksen tila vuonna 2018: Kartoitus opettajien käsityksistä, pro gradu -tutkielma, Kemian opettajankoulutusyksikkö, Helsingin yliopisto, 2019, p. 94
- [42] H.-D. Barke, G. Harsch, S. Schmid, H. Gerdau, *Essentials of Chemical Education*, 2012
- [43] J. Lamminpää, V.-M. Vesterinen, The use of humor during a collaborative inquiry, *International Journal of Science Education*, 2018, 40:14, pp.1718-1735

- [44] K.Lehtiniemi, L. Turpeenoja, Mooli 1 KE1 Kemiaa kaikkialla, Kustannuskeskus Otava, Helsinki, 2016, 1.painos

LIITE 1 KYSELY LUKION KEMIAN OPETTAJILLE

Kysely lukion kemian opettajille

Lukiossa opiskelu on tarkoitus saada opiskelijoille maksuttomaksi ja lain tätä koskien pitäisi astua voimaan 1.8.2021. Tämän vuoksi Tampereen yliopistossa on suunniteltu lukion ensimmäiselle kemian kurssille (KE1) ilmaista sähköistä oppikirjaa diplomityönä (<https://aoe.fi/#/materiaali/134>). Tarkoitukseni on tehdä kandidaatintyönäni kehittämistutkimus kokeellisuudesta lukion KE1-kurssilla ja tuottaa kokeelliset osuudet sähköiseen oppikirjaan. Tämä kysely on suunnattu lukiossa kemiaa opettaville ja aineistoa on tarkoitus käyttää kandidaatintyön osana. Kaikki vastaukset käsitellään anonyymisti.

KE1-kurssin keskeiset sisällöt ovat:

- arjen aineiden turvallisuuden arviointi ja kemian merkitys omassa elämässä
- kemian merkitys työelämässä ja jatko-opinnoissa
- jaksollinen järjestelmä ja atomin rakenne elektronikuorimallin avulla
- puhtaat aineet, seokset ja erotusmenetelmät
- ainemäärä ja konsentraatio

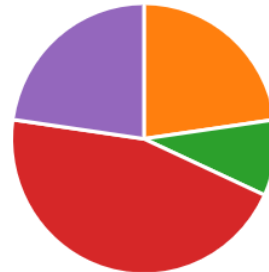
Lisätietoja voi kysellä sähköpostitse osoitteesta milka-maarika.salo@tuni.fi.

Kiitos kaikille kyselyyn vastaajille ja hyvää kesän jatkoa!

1. Kuinka kauan olet opettanut kemiaa?

Lisätietoja

● alle vuoden	0
● 1-5 vuotta	5
● 5-10 vuotta	2
● 10-20 vuotta	10
● yli 20 vuotta	5



2. Mistä lukion KE1-kurssin aiheesta toivoisit kokeellista työtä? Mitkä lukion KE1-kurssiin aihealueet ovat olleet haastavia kokeellisissa töissä? (esim. haastava löytää sopivaa työtä, työt vaikeasti toteutettavissa tai työt ovat vaikeaselkoisia oppilaille)

Olisi hyvä, jos tarjolla olisi enemmän töitä, joissa ei tarvita sellaisia kemikaaleja, jotka täytyy kerätä jätteisiin

Konsentraatio on aina ollut opiskelijoista hanjalaa.

Arjen aineiden turvallisuuden arviointi ja kemian merkitys omassa elämässä

Erotusmenetelmät, tunnistamista.

Ainemäärä ja konsentraatio (kuuluuko tämä Ke1 sisältöön?)..
Kokeellisuuden suurin haaste on isot ryhmäkoot.

Olen kokenut, että pienet ja nopeat työt mahdollisimman erilaisilla välineillä ovat hyviä kemiallisiin reaktioihin tutustumiseen ja havainnoinnin opetteluun. Välineet eivät ole kaikille tuttuja. Kiertävän työpistetyöskentelyn olen kokenut hyväksi, kun välineitä ei riitä kaikille yhtä aikaa. Töissä olisi hyvä olla valinnan varaa, joskus ehtii vain lyhyen työn, joskus olisi aikaa pidemmällekin työlle.

Poolisten ja poolittomien aineiden liukoisuus veteen ja bensiiniin.

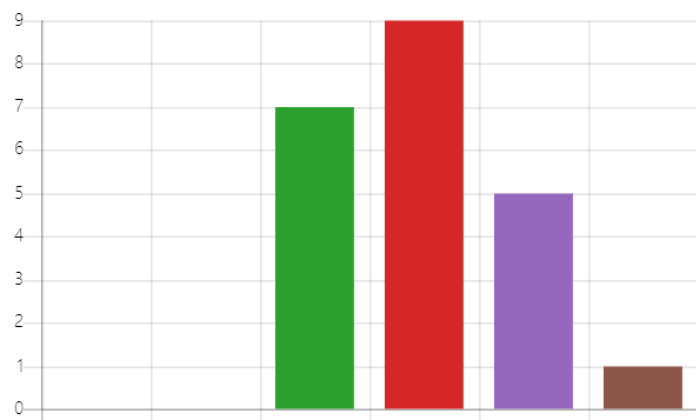
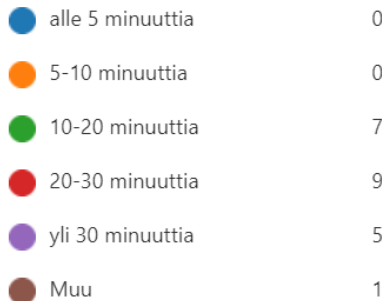
Erotusmenetelmät yhdistävä työ

Jaksollisen järjestelmän jaksot ja ryhmät, poolisuuteen liittyvät työt,

<p>Erotusmenetelmät - jonkun seoksen koostumuksen selvittäminen Liuoksen valmistaminen Sen laimentaminen Liekkikokeet on kiva työ Joku aineiden haitallisuutta konkretisoiva työ (valkuaisen denaturoituminen / pitoisuuden vaikutus = liikaa tai liianvähän jotakin)</p>	<p>Liuosten valmistus (onnistuu myös ison ryhmän kanssa). Erotusmenetelmistä haastava tehdä kokeellista työtä ison ryhmän kanssa ja lisäksi haluaisin, että erotusmenetelmätyössä olisi jotain uutta verrattuna peruskoulun töihin.</p>
<p>Koen jotenkin koomisena, että tässä puhutaan ke1 kurssista, vaikka opetussuunnitelma todennäköisesti tulee muuttumaan ennen kirjan valmistumista ja siirrymme moduuleihin. Näistä KE1 ja KE2 (1op molemmat) ovat pakollisia... Näihin kursseihin liittyen toivoisin töitä vahvojen/heikkojen sidosten havainnollistamiseen, seoksiin sekä erityisesti niiden erotusmenetelmiin liittyen.</p>	<p>Poolisuus / poolittomuus helposti hävitettävän kemikaalein.</p>
<p>Minusta erotusmenetelmät on haastava, vaikka toki paperikromatografia työtä on tehty. KE 1 -kurssin töiden haastavuus on siinä, että ryhmät ovat isoja ja niiden jakaminen labratyön ajaksi vaatii muulle muuta itsenäistä ohjelmaa. Siis samaan työpakettiin myös ohjelma ryhmän toisen puoliskon itsenäiseen työskentelyyn.</p>	<p>Erotusmenetelmät (hyvä työ on ollut salmiakin, suolan ja hiekan erottaminen, ohje Moolissa)</p>
<p>Jaksollinen järjestelmä</p>	<p>Tuo arjen aineet on uutta, siihen pitää löytää hyvä yhdistelmä aineita, joita kotoa löytyy.</p>
	<p>Toivoisin erotusmenetelmistä jonkin innostavan työ! Mielellään käytettäisiin arkisia aiheita ja lisäksi saisi laskea massa %- ja tilavuus% -laskuja!</p>
	<p>Happo-emäs -titraus, sidosten ominaisuuksia, liuoksen valmistus, joku näkyvä/näyttävä reaktio, joku erotusmenetelmä. Poolisuus on varmaan haastavin opittava, seuraavaksi elektronegatiivisuus. Heikot sidokset.</p>

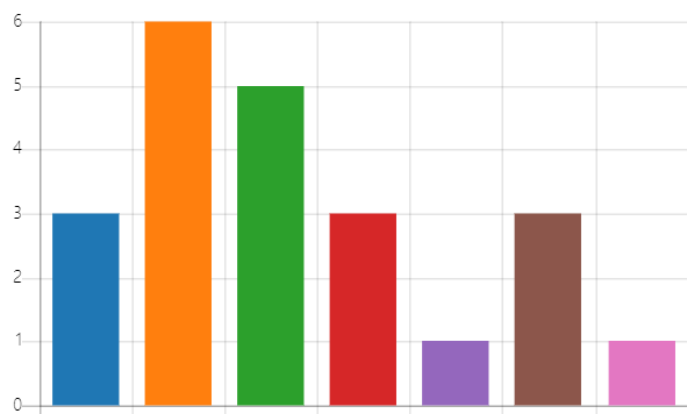
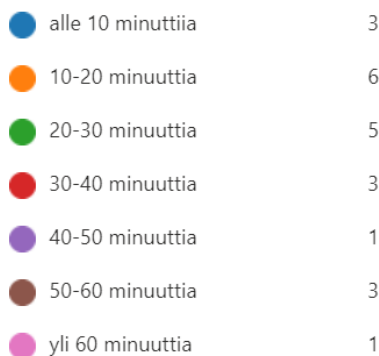
3. Kuinka pitkiä toivoisit kokeellisten töiden olevan?

Lisätietoja



4. Kuinka paljon aikaa olet keskimäärin varannut kokeellisten töiden suorittamisille viikoittain?

Lisätietoja



5. Kuinka tärkeäksi koet kokeelliset työt KE1-kurssilla? (5 = erittäin tärkeäksi ja 1 = ei lainkaan tärkeäksi)

[Lisätietoja](#)

22
Vastaukset

4.14
Keskiarvo

6. Kuinka usein oppilaat itse tekevät kokeellisia töitä tunneilla?

[Lisätietoja](#)

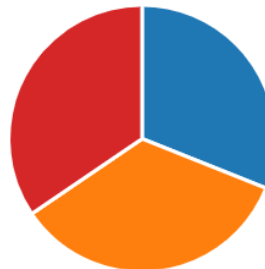
● joka tunti	1
● joka viikko	2
● n. 4-5 kertaa kurssin aikana	6
● n. 2-3 kertaa kurssin aikana	11
● kerran tai ei ollenkaan	2



7. Annetaanko oppilaille kemian kokeellisia töitä kotitehtäväksi? Jos oppilaille annetaan kokeellisia töitä kotitehtäväksi, kertoisitko Muu-kohtaan tarkemmin kuinka usein ja millaisia tehtäviä.

[Lisätietoja](#)

● kyllä	9
● ei	10
● en osaa sanoa	0
● Muu	10



["Keittiökemiaa kerran jaksossa", "kyllä"]	["Perinteisesti kerran kurssin aikana. Seoksen tekeminen ja luokittelu. Kuva/video palautus. ", "kyllä"]
["Yksinkertaista keittiökemiaa, esim etikan ja ruokasoodan reaktio.", "kyllä"]	["Esim eka kurssiin kuuluu esityksen teko, osa aiheista on kotilabroja, esim suklaakakku mukissa, kananmuna etiikassa, muita ruokaan liittyviä, kuvaavat tai videoivat ja selittävät", "kyllä"]
["Digiversion videon katsominen ja pieni raportti.", "kyllä"]	["Joskus, esim. Tuoteselosteisiin tutustumiset. pH- mittauksia. Tahrannoisto. Hopean puhdistus sähkökemian avulla."]
["Silloin tällöin ja voivat olla vapaaehtoisia. Indikaattoreihin ja poolisuuteen ovat usein liittyneet. ", "kyllä"]	
["joskus, esim. paperikromatografia"]	

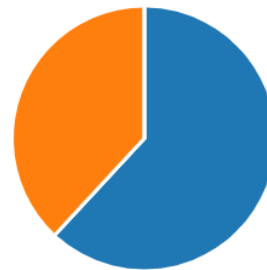
8. Oletko havainnut erityisiä ongelmakohtia työturvallisuudessa koulussa?

Isot ryhmäkoot johtavat siihen, että luokka pitää jakaa kahtia (ja siten varata myös kaksinkertainen aika labratöiden tekemiseen)	Isojen ryhmäkokojen vuoksi täytyy suunnitella tarkemmin töiden suoritus, esim.jakamalla porukan puoliksi. Huolellinen ohjeistus on tärkeää kaasupolttimen käytössä ja kemikaalijätteiden käsittelyssä.
Kieliongelmiä. Opiskelijoideni suomenkielen taito ei riitä palavaan tikkuun.	En
Liian suuret ryhmäkoot vaikeuttavat kokeellisten töiden tekemistä, koska tilanpuutteen vuoksi osaa kokeellisista töistä ei voi tehdä.	Nope
Ryhmät koulussamme 36 opp. Puolet porukasta tekee lab.työtä ja puolet samanaikaisesti omatoimisesti lukualue. Suuri ryhmäkoko eli 18 kpl kerrallaan tarkoittaa että hyvin on suunniteltava ettei tule turhaa liiikkumista.	Liian pienet tilat
Jos ryhmäkoko on suuri, täytyy työskennellä puolikkaan ryhmän kanssa labrassa ja työllistää siksi aikaa muut luokkaan.	Tilan ahtaus, ryhmäkoko
Iso ryhmä ja ahtaus voivat aiheuttaa vaaratilanteita.	En
En, paitsi suojalasien määrä on liian vähäinen.	Kaasupolttimen käyttö
Isot ryhmät	Liikaa opiskelijoita pienissä tiloissa
Jos on iso ryhmä ja käytetään tulta	Isot ryhmät, ykköskemiassa noin 30 opiskelijaa on itsellä suurin riski. Malttamattomat, innokkaat opiskelijat, varsinkin he, jotka eivät ole etukäteen tutustuneet KOKO työohjeeseen (on kotitehtävänä aina ennen työtä).
	Olen työskennellyt väistötiloissa viim 4v ja tilat ovat olleet erittäin haastavat.
	Liian isot ryhmät, joten labtätöihin joutuu jakamaan ryhmän kahtia.

9. Oletko käyttänyt sähköisiä molekyylihallinnusohjelmia kokeellisten töiden yhteydessä?

Lisätietoja

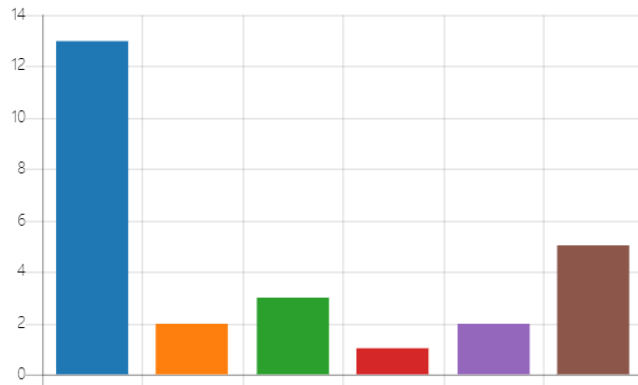
● kyllä	13
● en	8
● en osaa sanoa	0



10. Onko perinteisissä oppikirjoissa mielestäsi riittävästi hyviä kokeellisia töitä? (Muu-kohtaan voit halutessasi kirjoittaa lisätietoa)

Lisätietoja

● Kyllä, kaikkia hyviä töitä ei ehd...	13
● Kyllä, sopivasti.	2
● Ei, en pidä kirjantekijöiden kok...	3
● Ei, kokeita on liian vähän.	1
● En osaa sanoa.	2
● Muu	5



["Monet kirjantekijöiden kokeista ovat liian pitkiä ja työläitä ykköskurssille (toki riippuu kirjasarjasta)", "Ei, en pidä kirjantekijöiden kokeista."]

["Työt ovat usein paljon aikaa vieviä. Lukiossa ei ole välineitä/materiaaleja/aikaa opiskelijatöille"]

["Yhdistän töitä eri lähteistä ja muokkaan sopivan mittaisiksi.", "Kyllä, kaikkia hyviä töitä ei ehditä edes käymään läpi."]

["Onhan niitä hyviä töitä, mutta monissa on joku juttumuotoon niitä ei sitten joko voi tehdä tai ei tule tehtyä", "En osaa sanoa."]

["Töitä on paljon, mutta useimmat vaativat hyvinvarustellun luokan, jota ei ole usein tarjolla!"]

11. Olisitko valmis osallistumaan syntyvien kokeellisten töiden testaamiseen luokkasi/ryhmäsi kanssa syksyllä? Mikäli kiinnostusta töiden testaamiseen on, voit jättää yhteystietosi Muu-kohtaan.

Lisätietoja

● kyllä	6
● ei	7
● ehkä	9
● Muu	8



12. Vapaa sana

Hienoa, että kandi- ja dippatöitä tehdään opetukseen liittyen. Osallistun aina mielelläni näihin tutkimuksiin :)
-
1 kurssi on törkyisen täynnä asiaa, mikä merkittävästi rajaa kokeellisten töiden tekemistä...
Mahtava aihe! Tsemppiä aherrukseen!

Koululta löytyvien reagenssien ja työvälineiden puitteissa olen kiinnostunut kokeilemaan uusia kokeellisia töitä.

Kemian käytännön työt ovat tärkeä sisäänheittäjä sitä ajatellen, jatkaako opiskelija kemian opiskelua vai ei. Lukio on teoriapainotteinen, joten kemia tuo tähän vaihtelua. Opettajana olen aina tykännyt siitä, kuinka opiskelijat kokevat onnistumisia töiden suorituksessa ja sitten kiinnostuvat lisää. Työtunneilla on hyvä meininki, keskustelua syntyy ja hyviä jakamistilanteita.

Kiitos jo etukäteen! Uskoisin, että monia kiinnostaisi kokeelliset työt, joita voisi tehdä huonomminkin varustetussa luokassa tai jopa kotona.

Tämä on hieno idea. Onnea hankkeellesi!

LIITE 2 OPPIKIRJA-ANALYYSI

Työn aihe	Tarvittavat välineet	Toteutuspaikka	Kesto (arvio)
Turvallisen työskentelyn harjoittelu, yhdisteiden ja kaavojen kertaus ja havainnointi. Monta pientä koetta, joissa erilaista havainnointia.	Koeputkia, koeputkitelineitä, pipettejä, mittalaseja, dekantterilaseja, statiivi, koura, pH-paperi, spaatteli, pinsetit, lämpömittari, suojalasit, kaasupoltin, pumpuli, kuumailmapuhallin, lasisauva sekä kemikaaleja ja aineita, joilla kokeet suoritetaan. Tarvittavat välineet vaihtelevan tehtävän pienen kokeen mukaan.	Laboratorio	Riippuu paljon, kuinka monta pientä koetta tehdään.
Arkipäivän ioniyhdisteiden kemia. Tutustutaan myös varoituserkkeihin, tutkimussuunnitelman tekoon sekä käyttöturvallisuustiedotteisiin. Tunnistamista erilaisien kokeiden avulla, joiden teoria työssä on esitetty.	Tutkittavat aineet: salmiakkijauhe, ruokasuola, leivinjauhe, kukkaravinneliuos, valkaisuaineliuos ja jalkakylpysuola. Muut käytettävissä olevat aineet ja välineet: $\text{AgNO}_3(\text{aq})$, $\text{HCl}(\text{aq})$, $\text{KI}(\text{aq})$, $\text{NaOH}(\text{aq})$, $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})$, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}(\text{aq})$, vesi, etanoli, spaatteleita, lasisauvoja, pH-paperia, koeputkia, Pasteur-pipettejä, kaasupoltin, tuikkukynttilänkuoria.	Laboratorio	Riippuu tunnistettavien aineiden määrästä. Arviolta 15 minuutista ylöspäin.
Tuoremehun C-vitamiinipitoisuus. Harjoitellaan väriin perustuvien havaintojen tekemistä sekä mikromittakaava työskentelyä. Sovelletaan matematiikasta tuttua	Tuoremehunäyte, jodiliuos, C-vitamiiniliuos, jonka pitoisuus on 1,0 mg/ml, 4x6 kennolevy, Pasteur-pipettejä ja hammastikkuja.	Laboratorio	30 min

verranottoa pitoisuuden ratkaisemisessa.			
Suolaliuoksen pitoisuus. Tutustutaan erotusmenetelmistä haihduttamiseen. Harjoitellaan analyysivaa'an käyttöä ja lasketaan massaprosentteja.	Tutkittava natriumkloridiliuos NaCl(aq), haihdutusmalja, upokaspihdit, mittalasi (10 ml), keittolevy, analyysivaaka, suojalasit	Laboratorio	yli 30min
Kidesoodan kideveden massaprosenttinen osuus. Tutustutaan kidevedellisiin ioniyhdisteisiin, harjoitellaan analyysivaa'an käyttöä ja massaprosenttien laskemista.	Kidesoodaa $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, haihdutusmalja, upokaspihdit, keittolevy, analyysivaaka, (eksikaattori) ja suojalasit	Laboratorio	yli 30 min
Seoksen komponenttien erotusmenetelmiä: sublimointi, dekantointi, suodatus ja haihdutus. Harjoitellaan massaprosenttiosuuden laskemista, analyysivaa'an käyttöä, taulukon laadintaa sekä tulosten käsittelyä.	Kolmen aineen seos (NaCl, NH_4Cl ja SiO_2), vettä, analyysivaaka, dekantterilaseja (100 ml ja 250 ml), haihdutusmalja, upokaspihdit, mittalasi, lasisauva. Pasteur-pipetti, keittolevy, suodatusvälineet, jääkuutioita, suojalasit	Laboratorio	yli 30 min
Elintarvikevärien ohutlevykromatografia. Hyödynnetään	Elintarvikeväri-liuoksia, ajoliuos (1-butanolin, etanolin ja ammoniakkin vesiliuoksen seos 3:1:1),	Laboratorio	20 min

ohutlevykromatografiaa seoksen erotusmenetelmänä. Harjoitellaan R_f -arvon laskemista.	dekanterilasi (250 ml), petri-maljankansi tai alumiinifoliota, silikageelillä päällystettyjä ohutlevyjä, kapillaaripipettejä ja suojalasit		
Elektronien viritystila ja viritystilan purkautuminen. Havainnollistetaan, miten elektroneja voi virittää lämmön avulla. Nähdään sähkömagneettisen säteilyn vapautuminen valona viritystilan purkautuessa. Tutustutaan säteilyn näkyvän valon spektriin.	Suolahapon 5% liuos $\text{HCl}(\text{aq})$, etanoli $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{aq})$, litiumkloridi $\text{LiCl}(\text{s})$, kaliumkloridi $\text{KCl}(\text{s})$, kalsiumkloridi $\text{CaCl}_2(\text{s})$, strontiumkloridi $\text{SrCl}_2(\text{s})$, bariumkloridi $\text{BaCl}_2(\text{s})$, kupari(II)kloridi $\text{CuCl}_2(\text{s})$, natriumkloridi $\text{NaCl}(\text{s})$, tuikkukynttilän kuoria, spaatteleita tai lusikoita, Pasteur-pipettejä, tulitikut ja suojalasit	Laboratorio	30min
Kivennäisveden kalsium- ja magnesiumpitoisuus. Atomiabsorbtiometria analyysimenetelmänä. Opitaan kuvaajien laadintaa ja tulkintaa. Laimennus-suhteen huomiointi pitoisuutta laskettaessa, ppm-pitoisuus.	Muistiinpanovälineet	Luokkahuone tai koti	30 min
Erlaisia aineita, erilaisia ominaisuuksia. Harjoitellaan havaintojen tekemistä ja mittaustulosten tulkintaa. Harjoitellaan	Kolme tutkittavaa näytettä, vettä, bensiiniä, koeputkia ja koeputkiteline, lasisauvoja, spaatteleita tai lusikoita, kellolaseja tai petrimaljoja, statiivi ja kouria koeputken kiinnitykseen,	Laboratorio	yli 30min

<p>ilmiöiden selittämistä kemian kielellä. Opi-taan, miten aineen rakenne vaikuttaa sen ominaisuuksiin.</p>	<p>kuumailmapuhallin, johtokyky-mittari tai jännitelähde, johtimia ja virtamittari, mikroskooppi ja suojalasit</p>		
<p>Molekyylilyhdisteiden poolisuus. Harjoitel-laan havaintojen te-kemistä ja havainnol-listetaan pysyvien di-polien olemassaoloa. Luokitellaan yhdis-teitä poolisiin ja poo-littomiin.</p>	<p>Vettä, etanolia, heksaania, pro-panonia eli asetonia, byrettejä, statiiveja ja kouria, dekantterila-seja, muovikampa ja suojalasit</p>	Laboratorio	yli 20 min
<p>Samanlainen liuottaa samanlaista. Tutki-taan aineen raken-teen vaikutusta liu-koisuuteen. Testa-taan poolisten ja poolittomien liuotti-mien kykyä liuottaa erilaisia aineita.</p>	<p>Kaliumjodidi KI(s), jodi I₂(s), glukoosia C₆H₁₂O₆(s), bensii-niä, vettä, koeputkiä ja koepu-tkiteline, koeputkiin tulppia, Pas-teur-pipettejä, lasisauvoja, spaatteleita tai lusikoita ja suo-jalasit. Lisäksi tarvitaan erilaisia näyteaineita, joiden liukoisuutta testataan: esimerkiksi huuli-puna, kynsilakka, poretabletti ja merisuola.</p>	Laboratorio	Vaihtelee riippuen tut-kittavien ai-neiden luku-määrästä. Keston ar-viona 20 mi-nuutista eteenpäin.
<p>Talousvesien laadun vertailu. Tutustutaan talousveden laadun-valvontaan. Harjoitel-laan erilaisia tiedon-käsittelytaitoja ja tu-losten vertailua sekä analysointia.</p>	<p>Valmiit taulukkoarvot, joihin pe-rehdytään.</p>	Luokka-huone tai koti	yli 20 min

<p>Osmoosin tutkiminen perunalla. Tutustutaan osmoosiin biokemiallisena ilmiönä. Harjoitellaan taulukon ja pylväsdiagrammin laatimista. Harjoitellaan liuosten laimentamista ja laimennuslaskuja.</p>	<p>Raakoja perunoita, 5 % natriumkloridiliuosta, tislattu vesi, koeputkia ja koeputkiteline, mittalaseja (10 ml), Pasteur-pipettejä, terävä veitsi, leikkuualusta, analyysivaaka ja kello</p>	<p>Laboratorio</p>	<p>yli 30 min</p>
<p>Luonnonvesitutkimus ja luonnon veden ominaisuuksiin tutustuminen. Tutustutaan tiedonkeräimeen ja erilaisiin antureiden käyttöön. Harjoitellaan liuoksen tiheyden laskemista.</p>	<p>Vesinäytteet, mittapulloja (50 ml), dekantterilaseja (100 ml), Pasteur-pipettejä, analyysivaaka sekä tiedonkeräin ja siihen sopiva lämpötila-anturi, pH-elektrodi, johtokykyelektrodi ja kloridi-ioniselektiivinen elektrodi</p>	<p>Laboratorio</p>	<p>yli 20 min</p>
<p>Ilman kaasujen valmistus ja tunnistus. Opitaan valmistamaan pieniä määriä kaasuja ja tunnistamaan vety, happi ja hiilidioksidi. Harjoitellaan havainnointia.</p>	<p>Vetyperoksidiliuosta $H_2O_2(aq)$ (30 %), Mangaanidioksidi $MnO_2(s)$, magnesiumnauhaa $Mg(s)$, suolahappoliuosta $HCl(aq)$ (5 %), natriumkarbonaattia $Na_2CO_3(s)$, koeputkia ja koeputkiteline, koeputkiin kumitulppia, spaatteleita tai lusikoita, Pasteur-pipettejä, tulitikkuja ja suojalasit.</p>	<p>Laboratorio</p>	<p>yli 30min</p>
<p>Mineraalitutkimus. Tutustutaan erilaisiin ionien ositusreaktioihin. Opetellaan lukemaan kemian merkikieltä. Harjoitellaan</p>	<p>Taulukkokirja, muistiinpanovälineet ja annettu taulukko.</p>	<p>Luokahuone tai koti</p>	<p>15–20 min</p>

tiedonkäsittelytaitoja, taulukkokirjan käyttöä sekä johtopäätösten tekoa.			
--	--	--	--

LIITE 3 KYSELY KOKEELLISISTA TÖISTÄ

Kysely kokeellisista töistä

Kysely suoritetaan kokeellisia töitä testanneille matemaattisten aineiden opiskelijoille. Testattavia töitä olivat kotiloissa helposti suoritettavat Suklaamukikakku mikrossa, Kodin aineiden liukoisuus sekä Happamia, emäksisiä ja neutraaleja aineita.

Lukion opetussuunnitelman perusteet (Saatavissa:

[/https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2019.pdf](https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2019.pdf)) asettaa tavoitteita ja keskeisiä sisältöjä kahdelle ensimmäiselle moduudille, jotka ovat kaikille lukio-opiskelijoille yhteiset.

Ensimmäisen moduulin tavoitteet ja keskeiset sisällöt:

Moduulin tavoitteena on, että opiskelija

- saa kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan, ja tutustuu kemian alan ammatteihin ja jatko-opintomahdollisuuksiin
- saa valmiuksia osallistua kemiaan liittyvään yhteiskunnalliseen keskusteluun ja osaa arvioida tietolähteiden luotettavuutta
- oppii käyttämään jaksollista järjestelmää kemiallisen päättelyn apuna
- osaa käyttää ja soveltaa tietoa aineiden ominaisuuksista ja niiden turvallisuudesta arjen valinnoissa
- osaa tutkia kokeellisesti seoksen koostumusta ja pitoisuutta sekä ottaa huomioon työturvallisuusnäkökohdat.

Keskeiset sisällöt

- arjen aineiden turvallisuuden arviointi ja kemian merkitys omassa elämässä
- kemian merkitys työelämässä ja jatko-opinnoissa
- jaksollinen järjestelmä ja atomin rakenne elektronikuorimallin avulla
- puhtaat aineet, seokset ja erotusmenetelmät
- ainemäärä ja konsentraatio

Toisen moduulin tavoitteet ja keskeiset sisällöt:

Moduulin tavoitteena on, että opiskelija

- saa kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan, ja tutustuu kemian merkitykseen kestävän elämäntavan edistämisessä
- tutustuu luonnontieteellisen tiedon luonteeseen ja sen kehittymiseen sekä tieteellisiin tapoihin tuottaa tietoa
- osaa tutkia aineen ominaisuuksia kokeellisesti
- osaa soveltaa aineen rakenteen malleja aineen ominaisuuksien vertailussa
- ymmärtää kemian merkityksen ympäristölle ja yhteiskunnalle ratkaisujen tarjoajana yhdessä muiden luonnontieteiden kanssa.

1. Kuinka monta kurssia opiskelit kemiaa lukiossa

[Lisätietoja](#)

● 1-2	1
● 3-4	0
● 5 tai enemmän	4



2. Kuinka hyvin testatut kokeelliset työt tukevat moduulien oppimistavoitteita ja keskeisiä sisältöjä?

[Lisätietoja](#)

5

Vastaukset



8.20 Yleisarvosana

3. Mitä mieltä olet kokeellisten töiden tasosta lukion ensimmäisiin moduuleihin ja kotona suoritettaviin töihin?

[Lisätietoja](#)

● Liian haastava	0
● Haastavahko	1
● Sopiva	2
● Helpohko	2
● Liian helppo	0



4. Vapaa sana kysymyksistä 1-3

3 Vastaukset

Keskeiset sisällöt

- tutustuminen joihinkin esimerkkeihin kestävä elämäntavan edistämiseksi luonnontieteissä
- aineen rakenteen mallien ja yhdisteen kaavan esittäminen
- alkuaineiden ja yhdisteiden vahvat ja heikot sidokset sekä poolisuus
- aineiden ominaisuuksien tutkiminen kokeellisesti ja selittäminen aineen rakenteen avulla

5. Kuinka selkeät kokeellisten töiden ohjeet ovat?

[Lisätietoja](#)

5

Vastaukset



9.20 Yleisarvosana

6. Kuinka hyvin kokeellisiin töihin liitetyt tehtävät tukevat kokeellisten töiden sisällön oppimista?

[Lisätietoja](#)

5

Vastaukset



8.80 Yleisarvosana

7. Vapaa sana ja kehitysehdotuksia kokeellisiin töihin ja työohjeisiin

1 Vastaukset

Tunnus ↑	Nimi	Vastaukset
1	anonymous	Tarvikkeet ja työohjeet ovat selkeät ja kysymykset johdattelevat hyvin siihen, mistä työssä on oikeasti kyse. Lisäksi ohjeistetaan oppilasta tutkimaan asiaa enemmän. Työt olivat tarpeeksi yksinkertaisia, eivätkä vaadi paljoa aikaa tai tarvikkeita, joita olisi vaikeaa tai liian työlästä hankkia. Erityisesti plussaa siitä, että mikrosuklaakakku oli herkullista.

LIITE 4 SUKLAAMUKIKAKKU MIKROSSA

SUKLAAMUKIKAKKU MIKROSSA

Opettajan ohje:

Suklaamukikakku on helposti kotona tehtävä työ, joka soveltaa arkipäivän kemiaa. Havainnointi reaktiona on leivinjauheen reaktio lämmitettäessä, jolloin tuotteena syntyy hiilidioksidia sekä vesihöyryä. Työhön tarvittavat välineet löytyvät useimmista kodeista.

Varsinaisen kokeellisen työosuuden kesto on noin 5 minuuttia, minkä lisäksi työhön sisältyy havaintojen analysointia sekä pohdintaa ja muita ruuanlaittoon liittyviä kysymyksiä kemiasta.

Tavoitteena on tuoda kemia lähelle opiskelijan arkea yksinkertaisen reaktion avulla ja saada näin opiskelijat pohtimaan kemian merkitystä jokapäiväisessä elämässä. Työ pyrkii innostamaan kokeilemaan kemiaa myös kotikeittiössä.

Tarvikkeet:

- Mikro
- Muki
- Ruokalusikka
- Teelusikka
- Vehnäjauho
- Tumma sokeroimaton kaakaojauhe
- Sokeri
- Suola
- Leivinjauhe
- Maito/kasvimaito
- Ruokaöljy
- (Maun mukaan vaniljasokeria ja 1–2 palaa suklaata)

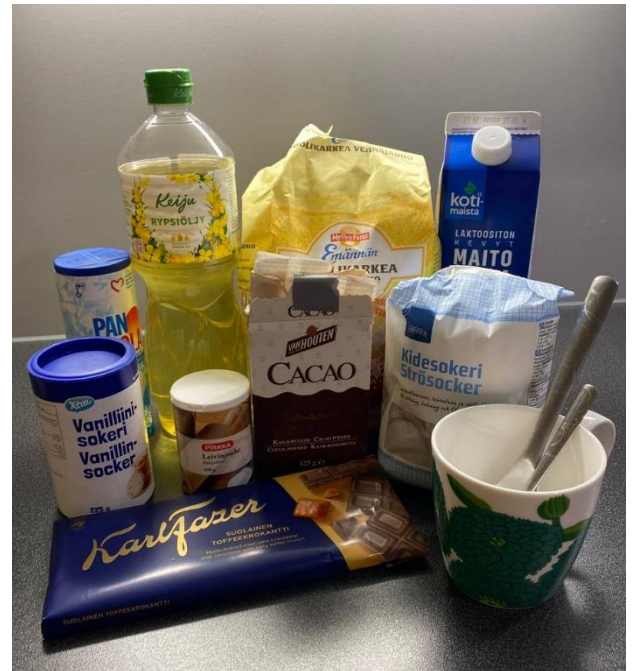
SUKLAAMUKIKAKKU MIKROSSA

Opiskelijan ohje:

Työn tarkoituksena on leipoa suklaamukikakku mikrossa ja pohtia kemian merkitystä arjessa. Samalla tutustutaan myös kemian muihin ilmiöihin ja mahdollisuuksiin kokkauksessa.

Tarvikkeet:

- Mikro
- Muki
- Ruokalusikka
- Teelusikka
- Vehnäjauho
- Tumma sokeroimaton kaakaojauhe
- Sokeri
- Suola
- Leivinjauhe
- Maito/kasvimaito
- Ruokaöljy
- (Maun mukaan vaniljasokeria ja 1–2 palaa suklaata)



Resepti

2 rkl vehnäjauhoja

1 rkl sokeroimatonta tummaa kaakaojauhetta

1 rkl sokeria

½ tl leivinjauhetta

(½ tl vaniljasokeria)

ripaus suolaa

2 rkl maito/kasvimaito

1 rkl ruokaöljy

(1–2 palaa suklaata)

1. Sekoita kuivat aineet mukissa keskenään.

2. Lisää maito ja ruokaöljy ja sekoita tasaiseksi. Halutessasi laita taikinan joukkoon 1–2 palaa suklaata.

3. Laita taikina mikeroon ja lämmitä sitä noin minuutin ajan täydellä teholla.

4. Havainnoi, vastaile kysymyksiin ja syö suklaakakkusi esimerkiksi jäätelön tai marjojen kanssa tai sellaisenaan.

**Kysymyksiä:**

1. Mitä taikinalle tapahtuu mikrossa? Millainen kemiallinen reaktio leivinjauheelle mikrossa tapahtuu? Mikä aiheuttaa kakun kohoamisen? Kirjoita tapahtuvan kemiallisen reaktion reaktioyhtälö.
2. Miten jaottelisit kysymyksen 1 vastaukset kemiallisen tiedon kolmitasolle?
3. Mitä muita kemiallisia reaktioita leipoessa voi tapahtua? Oletko miettinyt, mistä esimerkiksi kinuskin tai pullien ruskea väri syntyy? Mitä on molekyyli gastronomia? Ota selvää.

LIITE 5 KODIN AINEIDEN LIUKOISUUS

KODIN AINEIDEN LIUKOISUUS

Opettajan ohje:

Työssä opiskelijat pääsevät tutustumaan arjen aineisiin ja niiden liukoisuuteen veteen ja ruokaöljyyn. Työ on suunniteltu tehtäväksi kotona ja vaihtelevasti niillä aineilla, joita kunkin opiskelijan kotoa löytyy. Hyviä tutkittavia aineita voisivat olla esimerkiksi pesuainepulveri, vartalorasva, voi, huulipuna, maito, sokeripala, vitamiinikapseli, poretabletti, muotovaahdo ja kynsilakka. Samalla opiskelijat voivat tutustua mahdollisiin turvallisuusmerkintöihin arjen aineiden pakkauksissa.

Tavoitteena on syventää sekä poolisuuden ja poolittomuuden että ionirakenne-käsitteiden ymmärtämistä tutustumalla kotoa löytyviin aineisiin ja tuoda kemiaa lähemmäksi arkielämää. Työskentelyssä opitaan havaintojen tekemistä sekä tulosten kirjaamista taulukkoon ja tulosten tulkitsemista.

Työn kokeellinen osuus on noin 15-20 minuuttia, riippuen opiskelijan kiinnostuksesta ja tutkittavien aineiden määrästä.

Tarvikkeet:

- vesi
- ruokaöljy
- astioita/juomalaseja
- lusikoita
- tutkittavia aineita



Kokeen tulokset voi esittää esimerkiksi seuraavanlaisen taulukon avulla.

Aine	Liukoisuus veteen	Liukoisuus ruokaöljyyn	Pooliton vai poolinen molekyyli vai ioni	Muita havaintoja	Turvallisuusmerkinnät
Aine 1					
Aine 2					
jne.					

KODIN AINEIDEN LIUKOISUUS

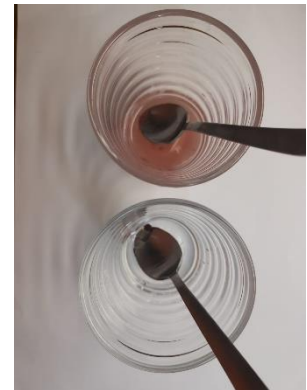
Opiskelijan ohje:

Tutustu erilaisten kotoa löytyvien aineiden liukoisuuteen veteen ja öljyyn. Työn tarkoituksena on erotella kodin aineita poolisiin ja poolittomiin molekyylilyhdisteisiin sekä ioniyhdisteisiin. Tutkittavia aineita voivat olla esimerkiksi pesuainepulveri, vartalorasva, voi, huulipuna, maito, sokeripala, vitamiinikapseli, poretabletti, muotovaaho ja kynsilakka.



Tarvikkeet:

- vesi
- ruokaöljy
- astioita/juomalaseja
- lusikoita
- tutkittavia aineita



Tulokset esitetään taulukkomuodossa seuraavanlaisen taulukon avulla.

Aine	Liukoisuus veteen	Liukoisuus ruokaöljyyn	Pooliton vai poolinen molekyyli vai ioniyhdiste	Muita havain-toja
Aine 1				
Aine 2				
jne.				

Työohjeet:

1. Etsi kotoa sopivia aineita testattavaksi ja kopioi edellä ollut taulukkopohja muistiinpanoihisi. Luo jokaiselle tutkittavalle aineelle oma rivinsä.

2. Tutki jokaisen aineen liukoisuutta sekä veteen että ruokaöljyyn.

- Ota toiseen astiaan hieman vettä ja toiseen ruokaöljyä.
- Lisää pieni määrä tutkittavaa aineita ensin veteen ja sekoita lusikalla.
- Toista sama tutkittavalle aineelle ja öljylle.
- Näytteitä voi joutua sekoittamaan hetken, ennen kun mahdollinen liukeneminen tapahtuu.



3. Havainnoi ja merkitse liukoisuuden tulokset taulukkoon kokeidesi mukaisesti. Aina tulokset eivät ole yksiselkoisia. Perehdy epäselviin tapauksiin Internetin avulla.

4. Pohdi ja selitä, mitä aineiden liukenemisessä tapahtuu molekyylitasolla. Havainnollistavat kuvat voivat helpottaa selittämistä.

5. Millaisia turvallisuusmerkintöjä löytyy erilaisista kodin aineista?

LIITE 6 SUOLAN JA HIEKAN EROTTAMINEN

SUOLAN JA HIEKAN EROTTAMINEN

Opettajan ohje:

Työssä opiskelijoiden tehtävänä on saada ruokasuola erotettua hiekan joukosta mahdollisimman tarkasti. Työ on suunniteltu tehtäväksi laboratoriossa, sillä käytössä on keittolevyt. Oppilaiden on tarkoitus työskennellä noin kolmen hengen ryhmissä, joten työskentelyssä on huomioitu myös ryhmätyötaitojen kehittäminen.

Työn tavoitteena on tutustua yksinkertaisiin erotusmenetelmiin, kuten suodatukseen ja haihdutukseen. Näiden lisäksi opetellaan analyysivaan käyttöä ja massaprosenttilaskuja. Kokeellisen työn kesto on yli 30 minuuttia ja lisäksi aikaa kuluu laskuihin ja mahdolliseen molekyylihallinnukseen.

Tarvikkeet:

- ruokasuola
- hiekka
- 1kpl dekantterilasi (100 ml)
- suppilo
- upokas
- upokaspihdit
- keittolevy
- suojalasit
- kynä, jolla voi kirjoittaa lasiastioihin
- (tislattu)vesi
- suodatinpaperi
- lasisauva
- analyysivaaka

Työn suoritus:

Opiskelijat punnitsevat ensin käytettävät astiat; dekantterilasin ja upokkaan. Sitten he punnitsevat noin 2 g suolaa ja 2 g hiekkaa samaan 100 ml dekantterilasiin ja mittaavat tarkat lukemat ylös. Näistä alkuperäisistä luvuista lasketaan suolan massaprosentti seoksessa.

Seokseen lisätään vähän vettä ja sekoitetaan niin, että suola liukenee veteen. Seos kaadetaan suodatinpaperin läpi upokkaaseen ja dekanterilasin pohjalta pestään kaikki mukaan. Suodatinpaperiin jäävää hiekkaa ”pestään” vedellä muutamaan kertaan lasisauvan avulla, kunnes suola on saatu mahdollisimman tarkasti nesteen mukana upokkaaseen. Vettä ei kuitenkaan tule käyttää liikaa, koska silloin haihdutuksessa tulee kestämään pitkään.

Kun vesi on valunut, hiekka nostetaan suodatinpaperissa sivuun. Upokas, jossa suolavesi on, laitetaan keittolevylle ja laitetaan keittolevy matalalle lämmölle. Tässä vaiheessa on huomioitava, että kaikilla opiskelijoilla on suojalasit käytössä. Kun vettä on jäljellä vähän, tulee olla tarkkana, ettei suolaa räisky pois upokkaasta ja pitää keittolevyä vain miedolla lämmöllä. Kun kaikki vesi on haihtunut, upokas nostetaan upokaspih-tien avulla jäähtymään. Kun, upokas on jäähtynyt huoneenlämpötilaan, upokas punnit-taan ja lasketaan jäljellä olevan suolan massa ja vertaillaan tätä alkuperäiseen mas-saan.

SUOLAN JA HIEKAN EROTTAMINEN

Opiskelijan ohje:

Työn tavoitteena on tutustua yksinkertaisiin erotusmenetelmiin, suodatukseen ja haihdutukseen. Lisäksi opetellaan analyysivaa'an käyttöä ja massaprosenttilaskuja. Työssä erotetaan ruokasuola ja hiekka mahdollisimman tarkasti toisistaan ja vertaillaan aineiden lopullisia määriä toisiinsa.

Tarvikkeet:

- Ruokasuola
- Hiekka
- 1kpl dekantterilasi (100 ml)
- suppilo
- upokas
- upokaspihdit
- keittolevy
- suojalasit
- kynä, jolla voi kirjoittaa lasiastioihin
- (tislattu)vesi
- suodatinpaperi
- lasisauva
- analyysivaaka

Työohjeet:

1. Punnitse dekantterilasi sekä upokas ja merkitse astioiden tarkat massat ylös.
2. Punnitse 100 ml dekantterilasiin ensin n. 2 g suolaa ja lisätkää sitten joukkoon n. 2 g hiekkaa. Merkitse molempien aineiden tarkat massat ylös.
3. Laske suolan massaprosentti suolahiekkaseoksessa 3 desimaalin tarkkuudella.
4. Tavoitteena on erottaa suola ja hiekka toisistaan. Lisää n.10 ml vettä ja sekoita lasisauvalla, niin että suola liukenee veteen. Vettä ei tule lisätä liikaa.
5. Taittele suodatinpaperista suppiloon paperi niin, että voit kaataa hiekkasuolavesiseoksen sen läpi upokkaaseen niin, että hiekka jää suodatinpaperiin ja suolavesiliuos menee läpi.

6. Kaada seos suppilossa olevan suodatinpaperin läpi upokkaaseen ja huuhtelee pienemmän dekanterilasin pohjalta kaikki hiekka ja suolavesi mukaan.
7. ”Pese” suodatinpaperiin jäänyttä suppilossa olevaa hiekkaa vielä varovasti vedellä käyttäen apunasi lasisauvaa, kunnes suola on saatu mahdollisimman tarkasti nesteeseen mukana upokkaaseen. Vettä ei tule kuitenkaan käyttää liikaa, sillä tällöin haihdutusaika kasvaa.
8. Odota, että vesi on tippunut hiekan ja suodatinpaperin läpi. Siirrä hiekka suodatinpaperissa sivuun.
9. Laita suojalasit päähäsi.
10. Laita upokas keittolevylle ja keittolevy päälle. Vesi alkaa haihtua.
11. Kun vettä on jäljellä enää vähän, laske keittolevyn lämpö hyvin matalaksi, jotta suolaa ei räisky pois upokkaasta.
12. Kun kaikki vesi on haihtunut, nosta upokas varovasti jäähtymään upokaspihtien avulla.
13. Kun upokas on jäähtynyt, punnitse se ja siinä oleva suola. Laske jäljellä olleen suolan massa.

Kysymyksiä ja pohdittavaa:

1. Vertaa lopullista suolan massaa alkuperäiseen. Montako prosenttia suolasta on jäljellä? Mistä erot alkuperäisen ja lopullisen suolan määrän välillä johtuvat? Mitkä seikat ovat voineet aiheuttaa työn mittauksiin virheitä tai epätarkkuutta?
2. Mistä tiedämme, että suolaa, ei haihtunut upokkaasta samalla tavalla kuin vettä? Perustelee suolan kiderakenteen avulla ja mallinna rakennetta molekyyli mallinnusohjelman avulla.

LIITE 7 AINEIDEN OMINAISUUKSIEN TUTKIMINEN

AINEIDEN OMINAISUUKSIEN TUTKIMINEN

Opettajan ohje:

Tässä työssä tutkitaan aineiden ominaisuuksia ja päätellään sen perusteella, millaisia sidoksia aineessa on. Työssä tutkitaan ja tunnistetaan aineita niiden erilasten ominaisuuksien avulla. Tunnistamismenetelminä on sulamispisteen, liukoisuuden sekä sähkönjohtavuuden tutkiminen. Työ tulee suorittaa laboratoriossa.

Tavoitteena on kokeellisuuden avulla syventää opiskelijoiden ymmärrystä erilaisista sidostyypeistä ja niiden vaikutuksesta yhdisteiden eri ominaisuuksiin.

Jokaisessa työn osassa tarvitaan tutkittavia kiinteitä aineita (esim. sakkaroosi, NaCl, CaCl₂, KI, sitruunahappo, sooda, rikki, glukoosi) ja puhtaat lusikat jokaiselle tutkittavalla yhdisteelle. Muut työssä tarvittavat välineet vaihtelevat riippuen siitä, mitä yhdisteen ominaisuutta tutkitaan. Tarvittavat välineet on ilmoitettu jokaisessa osassa erikseen. Yhdisteen ominaisuudet kootaan taulukkoon.

Yhdiste	Yhdisteen nimi	Kuvaus	Sulamispiste (matala/korkea)	Liukenee veteen (hyvin/huonosti)	Vesiliuoksen sähkönjohtavuus (hyvä/huono)	Sidostyyppi
1						
2						
3						
4						
5						

Työn kesto riippuu hyvin paljon tutkittavien aineiden määrästä ja siitä, kuinka monella eri tavalla aineita tutkitaan. Työ on mahdollista suorittaa hyvinkin eri laajuisina.

Opiskelijan ohje:

Työssä tutkitaan ja tunnistetaan aineita niiden erilasten ominaisuuksien avulla ja päätellään, millaisia sidoksia aineilla on. Tunnistamismenetelminä on sulamispisteen, liukoisuuden sekä sähkönjohtavuuden tutkiminen.

Jokaisessa työn osassa tarvitaan tutkittavia kiinteitä aineita (esim. sakkaroosi, NaCl, CaCl₂, KI, sitruunahappo, sooda, rikki, glukoosi) ja puhtaat lusikat jokaiselle tutkittavalla yhdisteelle. Muut työssä tarvittavat välineet vaihtelevat riippuen siitä, mitä yhdisteen ominaisuutta tutkitaan. Tarvittavat välineet on ilmoitettu jokaisessa osassa erikseen. Yhdisteen ominaisuudet kootaan taulukkoon.

Osa 1: Sulamispiste**Tarvittavat välineet:**

- Kaasupoltin ja tulitikut
- Kolmijalka tai statiivi, koura ja metallirengas
- Palanen kaksin- tai kolminkerroin taitettua alumiinifoliota

Työohjeet:

1. Aseta alumiinifolion palanen kolmijalan tai metallirenkaan päälle. Tarkista myös, että kaasupoltin mahtuu alumiinifolion alapuolelle.
2. Aseta lusikankärjellinen jokaista tutkimaasi ainetta alumiinifolion päälle. Varmista, etteivät aineet sekoitu ja pidä huolta, että tiedät mikä aine on missäkin kohdassa.
3. Sytytä kaasupoltin ja aseta se varovasti alumiinifolion alapuolelle.
4. Tee havaintoja, kun aineet alkavat lämmetä. Kirjaa ylös järjestys, jossa aineet sulavat.
5. Noin kolmen minuutin jälkeen sammuta kaasupoltin ja merkitse ylös, mitkä aineet eivät sulaneet.
6. Täydennä taulukkoon kunkin aineen kohdalle sulamispisteeksi "matala" tai "korkea". Pohtikaa yhdessä, mikä on tässä kokeessa järkevä matalan ja korkean raja.

Osa 2: Liukoisuus veteen

Tarvittavat välineet:

- Jokaista tutkittavaa ainetta kohden pieni puhdas dekanterilasi
- Lasisauva tai lusikka
- Vettä (tislattua)

Työohjeet:

1. Merkitse dekanterilasit, jotta tiedät mihin laitetaan mitäkin ainetta
2. Kaada jokaiseen dekanterilasiin vettä noin 1–2 cm.
3. Laita kuhunkin dekanterilasiin lusikan kärjellinen ainetta.
4. Sekoita lasisauvalla ja tarkkaile aineen liukenemistä. Kirjoita havaintosi ylös.
Puhdista lasisauva aina siirtäessäsi sitä eri dekanterilasiin!
5. Täydennä taulukko veteen liukenevuuden osalta.
6. Älä kaada vesiliuoksia pois! Tarvitset niitä myös seuraavassa kokeessa.

Osa 3: Sähkönjohtavuus

Tarvittavat välineet:

- Johtokyky mittari tai sähkönjohtavuuslaitteisto
 - paristo
 - led-valo
 - 2 kpl elektrodeja
 - johtimia
 - hauenleukoja

Työohjeet:

1. Suunnittele kuinka rakennat sähkönjohtavuuslaitteiston. Piirrä kaavio laitteistostasi ja esitele se opettajalle. Opettajan hyväksynnän jälkeen rakenna laitteisto.
2. Testaa vesiliuoksien sähkönjohtavuus yksitellen. Kirjaa havaintosi muistiin.
Huuhtelee elektrodit huolellisesti jokaisen mittauksen välissä! Jos ensimmäisellä mittauskerralla mikään liuoksista ei johda sähköä, lisää kaikkiin liuoksiin saman verran näytettä ja mittaa uudelleen, jotta liuosten keskinäiset konsentraatiot säilyvät yhtä suurina.
3. Täydennä taulukko sähkönjohtavuuden osalta.

Tehtäviä:

1. Jaa tutkimasi aineet ioniyhdisteisiin ja molekyyliyhdisteisiin saamiesi tulosten perusteella. Kirjaa nämä taulukkoon.
2. Jaa molekyyliyhdisteet vielä poolisiin ja poolittomiin.
3. Perustelee millä perusteella jaottelit aineet ioniyhdisteisiin, poolisiin ja poolittomiin molekyyliyhdisteisiin.
4. Kerro myös millaisia sidoksia näissä aineissa on ja piirrä yhdisteistä kuvia, jotka havainnollistavat niistä olevien sidoksia.
5. Listaa kokeellisessa työssä esiintyneiden sidostyyppien keskeiset ominaisuudet.

LIITE 8 LIUKSEN VALMISTAMINEN JA KONSENTRAATIO

LIUKSEN VALMISTAMINEN JA KONSENTRAATIO

Opettajan ohje:

Työssä opiskelijoiden tavoitteena on oppia valmistamaan liuoksia ja tutustua konkreettisemmin konsentraation käsitteeseen. Työn voi suorittaa joko tarkemmin käyttäen laboratoriovälineitä tai vaihtoehtoisesti käyttäen keittiövälineitä kotona.

Opiskelijat muodostavat suolasta ja vedestä kaksi eri konsentraatioista liuosta, joista toinen värjätään lisäksi myös elintarvikevärillä, jotta havainnointi on helpompaa. Kun liuokset on valmistettu, harjoitellaan niiden oikeanlaista merkitsemistä.

Konsentraatiota havainnollistetaan laittamalla suurempi konsentraatioista suolaliuosta astian pohjalle ja tähän päälle varovasti laimeampaa liuosta, johon on myös lisätty elintarvikeväriä. Kun laimeampi konsentraatioista liuosta valutetaan astian reunaa pitkin vahvemman liuoksenpäälle, pitäisi värillisen liuoksen jäädä omaksi kerroksekseen toisen liuoksen päälle konsentraatioeron vuoksi.

Kokeellisen osuuden suorittamiseen kuluu aikaa noin 15 minuuttia.

Tarvittavat välineet laboratoriossa:

- 2 kpl 100 ml mittapulloja
- Dekantterilasi (vähintään 300 ml)
- Elintarvikeväri
- Suolaa
- Pipetti
- Vaaka
- Koeputki
- Koeputkiteline

Tarvittavat välineet kotona:

- 2 kpl samanlaisia noin 2 dl laseja
- Astia lämpimälle vedelle
- Mahdollisimman kapea ja korkea lasi
- Elintarvikeväri tai vesiväri
- Desimitta
- Vaaka
- Ruokalusikka
- Teelusikka



LIUKSEN VALMISTAMINEN JA KONSENTRAATIO

Opiskelijan ohje:

Työssä tavoitteena on oppia valmistamaan liuoksia ja tutustua konkreettisemmin konsentraation käsitteeseen. Työn voi suorittaa joko tarkemmin käyttäen laboratoriovälineitä tai vaihtoehtoisesti keittiövälineitä kotona.

Konsentraatiota havainnollistetaan laittamalla suurempi konsentraatioista suolaliuosta astian pohjalle ja tähän päälle varovasti laimeampaa liuosta, johon on myös lisätty elintarvikeväriä. Kun laimeampi konsentraatioista liuosta valutetaan astian reunaa pitkin vahvemman liuoksenpäälle, pitäisi värillisen liuoksen jäädä omaksi kerrokseksi toisen liuoksen päälle konsentraatioeron vuoksi.

Tarvittavat välineet laboratoriossa:

- 2 kpl 100 ml mittapulloja
- Dekantterilasi (vähintään 300 ml)
- Elintarvikeväri
- Suolaa
- Vaaka
- 2 kpl Pasteur-pipettejä
- Koeputki
- Koeputkiteline

Työohje laboratoriossa:

1. Valmista toiseen 100 ml mittalasiin 0,05 M natriumkloridiliuos ja toiseen 5 M natriumkloridiliuos. Huomioi, että 0,05 M liuokseen tulee myös elintarvikeväriä havainnoinnin helpottamiseksi.

- Laske ensin tarvittavat NaCl:n massat ja sitten liuosten tarkat konsentraatiot todellisilla massoilla.
- Punnituksen jälkeen laita suola mittapulloihin. Lisää toiseen muutama pisara elintarvikeväriä.

- Liuosta valmistaessa huomioi, että suolan tulee liueta ensin pienempään määrää vettä. Jos astiaa lämmittää vesihautteessa samalla kun liuosta sekoittaa, liukeneminen käy nopeammin.
 - Kun suola on liennut kokonaan, täytä mittapullo merkkiin asti ja sekoita. Kirjoita pulloihin oikeat liuosmerkinnät.
2. Pipetoi 5M liuosta koeputken pohjalle noin 3 cm ja tämän jälkeen 0,05 M liuosta varovasti tähän päälle. Päälimmäistä liuosta pipetoitaessa kannattaa koeputkea kallistaa ja liuosta laskea varovasti koeputken kylkeä pitkin muutama pisara kerrallaan.
 3. Suorita liuosten pipetointi niin, että puristat 0,05 M liuoksen voimalla toisen liuoksen päälle.
 4. Havainnoi ja pohdi havaintojasi.
 5. Määrittele konsentraation ja ainemäärän käsitteet.

Tarvittavat välineet kotona:

- 2 kpl samanlaisia noin 2 dl laseja
- Astia lämpimälle vedelle
- Mahdollisimman kapea ja korkea lasi
- Elintarvikeväri tai vesiväri
- Desimitta
- Vaaka
- Ruokalusikka
- Teelusikka

Työohje kotona:

1. Valmista toiseen lasiin 100 ml 0,05 M natriumkloridiliuosta ja toiseen 100 ml 5 M natriumkloridiliuos. Huomioi, että 0,05 M liuokseen tulee myös elintarvikeväriä tai vesiväriä havainnoinnin helpottamiseksi.
 - Laske ensin tarvittavat NaCl:n massat ja sitten liuosten konsentraatiot todellisilla massoilla. Mikäli kotoa ei löydy keittiövaakaa, voidaan yhden teelusikallisen suolaa painoksi arvioida 5 g.
 - Mittaa laseihin 100 ml lämmintä vettä. Lisää toiseen astiaan veden lisäksi myös tilkka väriä.
 - Lisää suola vesien joukkoon. Sekoita suola veden joukkoon käyttäen apuna lusikkaa.

- Pohdi, millaiset liuosmerkinnät tulisi laboratoriossa valmistettuihin liuoksiin.

2. Kaada 5M liuosta mahdollisimman korkean ja kapean lasin pohjalle ja tämän jälkeen lusikoi 0,05 M liuosta varovasti tähän päälle. Päälimmäistä liuosta lusikoitaessa kannattaa lasia kallistaa ja liuosta laskea varovasti lasin kylkeä pitkin muutama pisara kerrollaan.

3. Suorita liuosten yhdistäminen niin, että lusikoit 0,05 M liuoksen toisen liuoksen päälle varovasti.

4. Havainnoi ja pohdi havaintojasi.

5. Määrittele konsentraation ja ainemäärän käsitteet.

Kun molempiin lasihin on mitattu oikea määrä vettä, lisätään toiseen veteen väri, joko vesivärein tai elintarvikeväreillä.

Tehdään värillisestä vedestä laimeampi liuos. Oikeat määrät suolaa sekoitetaan vesien joukkoon niin, että kaikki suola liukenee. Lopulta saadaan kaksi eri vahvuista suolaliuosta



Lasketaan värjättyä liuosta varovasti lusikalla kirkkaan liuoksen päälle valuttaen liuosta lasin sivua pitkin. Lopputuloksena pitäisi olla kahteen kerrokseen erottuneet liuokset.



LIITE 9 HAPPAMIA, EMÄKSISIÄ JA NEUTRAALEJA AINEITA

HAPPAMIA, EMÄKSISIÄ JA NEUTRAALEJA AINEITA

Opettajan ohje:

Työssä tutustutaan pH:n käsitteeseen tutkimalla erilaisia kodista löytyviä aineita. Indikaattorin voi esimerkiksi valmistaa itse punakaalimehusta tai käyttää indikaattoripaperia. Indikaattoripaperia käytettäessä, sitä tulee antaa oppilaille mukaan, jos kokeellinen osuus suoritetaan kotona.

Tavoitteena on kokeellisesti tutustua happamuuden ja emäksisyyden käsitteisiin sekä indikaattorin toimintaan tutkimalla kodista löytyviä aineita. Hyviä tutkittavia aineita ovat esimerkiksi erilaiset pesuaineet, sitrushedelmät, kanamunanvalkuainen, limsa, maito, vesi, leivinjauhe ja sooda. Kiinteät aineet tulee sekoittaa pieneen määrän vettä, ja laittaa sitten hieman tätä liuosta indikaattoriin. Opiskelijat keräävät kokeiden tulokset taulukkoon.

Kokeellisen osuuden suorittamisessa kestää tutkittavien aineiden määrästä riippuen noin 15–30 minuuttia siivouksineen.

Tarvikkeet:

- Indikaattori (esim. indikaattoripaperia tai punakaalimehua)
- Astioita
- Tutkittavia aineita
- Lasisauva tai lusikka
- Vettä

Ohje punakaalimehun valmistamiseen:

1. Pilko hieman punakaalia suurehkoon kattilaan.
2. Peitä kaali vedellä.
3. Keitä seosta noin 15 minuuttia.
4. Siivilöi kaalinpalat pois värjäytyneestä vedestä.
5. Ennen käyttämistä, odota että punakaalimehu jäähtyy.

Opiskelijan ohje:

Työssä tutustutaan pH:n käsitteeseen tutkimalla erilaisia kodista löytyviä aineita. Indikaattorin voi esimerkiksi valmistaa itse punakaalimehusta tai käyttää indikaattoripaperia.

Tavoitteena on kokeellisesti tutustua happamuuden ja emäksisyyden käsitteisiin sekä indikaattorin toimintaan tutkimalla kodista löytyviä aineita. Hyviä tutkittavia aineita ovat esimerkiksi erilaiset pesuaineet, sitrushedelmät, kanamunanvalkuainen, limsa, maito, vesi, leivinjauhe ja sooda. Kiinteät aineet tulee sekoittaa pieneen määrän vettä, ja laittaa sitten hie-man tätä liuosta indikaattoriin.



Tarvikkeet:

- Indikaattori (esim. indikaattoripaperia tai punakaalimehua)
- Astioita
- Tutkittavia aineita
- Lasisauva tai lusikka
- Vettä



Työhjeet:

1. Etsi kotoa sopivia tutkittavia aineita.
2. Jos valitsemasi aineet ovat nestemäisiä, ota muutama tippa ja laita sitä indikaattoriliuokseen tai indikaattoripaperille. Jos aine on kiinteä, tee siitä ensin vesiliuos ja laita sitten liuosta indikaattoriliuokseen tai indikaattoripaperille.
3. Taulukoi saamasi tulokset ja tulkitse niitä.

Tehtäviä:

1. Mihin indikaattorin toiminta perustuu?
2. Määrittele hapan, emäksinen ja neutraaliaine.
3. Millaisia vaikutuksia happamilla ja emäksisillä aineilla on ihmisiin tai ympäristöön?

