

Reaktiokinetiikan opetus lukiossa

Ida Ståhle

Pro gradu – tutkielma

8/2010

Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto

Kemian koulutusohjelma

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

Ohjaaja: Maija Aksela

HELSINGIN YLIOPISTO) HELSINGFORS UNIVERSITET) UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto) Fakultet/Sektion) Faculty Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Laitos) Institution) Department Kemian laitos
Tekijä) Författare) Author Ida Ståhle		
Työn nimi) Arbetets titel) Title Reaktiokinetiikan opetus lukiossa		
Oppiaine) Läroämne) Subject Kemia (kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto)		
Työn laji) Arbetets art) Level Pro gradu - tutkielma	Aika) Datum) Month and year 08/2010	Sivumäärä) Sidoantal) Number of pages 59+13
Tiivistelmä) Referat) Abstract Reaktiokinetiikkaa pidetään yhtenä kemian keskeisimmistä osa-alueista, mutta sen opetusta ja oppimista on tutkittu hyvin vähän. Tässä tutkimuksessa selvitettiin opiskelijoiden ennakkotietoja reaktiokinetiikasta. Lisäksi tutkittiin, vaikuttaako käytetty opetusmenetelmä opittaviin asioihin ja oppimistuloksiin. Toukokuussa 2010 järjestetyssä opetuskokeilussa 8 opiskelijalle opetettiin reaktiokinetiikkaa kokeellisesti ja 16 opiskelijalle teoreettisesti. Kaikki opiskelijat olivat ilmoittautuneet samalle lukion kemian kolmannelle kurssille. Koulu jakoi ryhmän kahtia suuren osallistujamäärän takia. Opiskelijoiden tiedot testattiin ennen opetusta sekä opetuksen jälkeen. Kurssikokeessa oli vielä yksi tehtävän reaktiokinetiikkaan liittyen. Tutkimus toteutettiin kyselytutkimuksena. Opiskelijat vastasivat samaan kyselylomakkeeseen ennen oppitunteja sekä niiden jälkeen. Kurssikokeen tehtävä oli erilainen kuin kyselylomakkeen tehtävät. Tutkimuksessa havaittiin, että opiskelijoiden ennakkotiedot ovat melko vähäiset. Kemiaallisten reaktioiden nopeuksia tutkitaan ja vertaillaan jo alakoulun kemian tunneilla. Myös yläkoulussa yksi opetuksen keskeisistä sisällöistä on reaktionopeuksien vertailu. Aiheen olisi pitänyt olla tutumpi opiskelijoille kuin tutkimustuloksista huomattiin. Opetusmenetelmien välillä ei tutkimuksessa havaittu merkittävää eroa. Opiskelijat oppivat hieman erilaisia asioita opetusmenetelmästä riippuen, mutta lopputuloksena molemmat opetusryhmät paransivat suoritustaan yhtä paljon. Kurssikokeessa kaikki opiskelijat menestyivät hyvin. Tutkimuksen otos oli pieni, joten tuloksista ei voida vetää laajoja johtopäätöksiä. Saman tutkimuksen voisi toteuttaa suuremmalla otoksella jatkotutkimuksena. Suuremmalla otoksella saataisi tilastollisesti luotettavampia tuloksia, joiden perusteella opetusmenetelmiä voisi kunnolla verrata toisiinsa.		
Avainsanat) Nyckelord) Keywords Reaktiokinetiikka, reaktionopeus, reaktionopeuteen vaikuttaminen, lukio, kokeellisuus		
Säilytyspaikka) Förvaringsställe) Where deposited Kemian laitos		
Muita tietoja) Övriga uppgifter) Additional information Tarkastajat: Maija Aksela, Raimo Timonen		

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Reaktiokinetiikka	3
2.1	Määritelmä.....	3
2.2	Reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät	6
2.3	Reaktiokinetiikka opetussuunnitelman perusteissa	10
2.4	Reaktiokinetiikan oppiminen	11
3	Kemian oppimisesta.....	15
3.1	Yleistä kemian oppimisesta.....	15
3.2	Kokeellisuus lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa.....	18
3.3	Kemian oppiminen ja kokeellisuus	19
4	Tutkimus	23
4.1	Tavoitteet.....	23
4.2	Tutkimuskysymykset.....	23
4.3	Menetelmä	23
4.3.1	Kyselytutkimus	24
4.3.2	Aineiston analysointi.....	26
4.3.3	Luotettavuus ja pätevyys.....	27
4.4	Tutkimuksen toteutus	29
4.4.1	Tutkimuksen kulku.....	29
4.4.2	Kohderyhmät.....	29
4.4.3	Opetustunnit	30
5	Tulokset	34
5.1	Opiskelijoiden ennakkotiedot reaktionopeudesta ja siihen vaikuttamisesta	34
5.2	Kokeellisen ja teoreettisen opetuksen oppimistulokset.....	38
5.3	Kokeellisen ja teoreettisen lähestymistavan erot oppimisen kannalta	43
6	Johtopäätökset ja pohdinta.....	48
6.1	Ennakkotiedot.....	48
6.2	Oppiminen ja opetusmenetelmien vertailu.....	50
	LÄHTEET	53
	LIITTEET	58
	Liite 1 Tunnilla käytetty kyselylomake	58
	Liite 2 Kurssikokeen tehtävä	60

Liite 3 T-testi	61
Liite 4 Tutkimuksen kulku ja aikataulu	63
Liite 5 Kotitehtävämoniste.....	64
Liite 6 Kokeellisten töiden työohjeet.....	67
Liite 7 Teoriatunnin PowerPoint-kalvot	69

1 Johdanto

Monet tutkijat ovat todenneet, että kinetiikka on yksi kemian keskeisimmistä aiheista, mutta sen opetusta ja oppimista on tutkittu hyvin vähän (mm. Justi 2002; van Driel, 2002 ja Cakmakci et al. 2006). Justi ja Ruas tekivät vuonna 1997 tutkimuksen, jossa he selvittivät opiskelijoiden käsityksiä muun muassa kinetiikasta. Tutkimuksessa todettiin, että kinetiikan opettaminen tarjoaa mahdollisuuden korjata opiskelijoiden vääriä käsityksiä aineen rakenteesta ja auttaa siten kemian peruskäsitteiden ymmärtämisessä. (Justi, 2002).

Reaktiokinetiikkaa opetetaan sekä kouluissa että yliopistoissa lähes kaikkialla maailmassa (Justi, 2002). Kinetiikka antaa mahdollisuuden tutkia kemiallisten reaktioiden luonnetta ja reaktioprosesseja. Kinetiikan ymmärtäminen auttaa ymmärtämään kemiallisia muutoksia ja muita keskeisiä käsitteitä. (Cakmakci et al. 2006). Suomessa kinetiikkaan tutustutaan ensi kerran jo alakoulussa, jossa muun muassa tutkitaan kiinteän aineen liukoisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Yläkoulussa oppilaat oppivat vertailemaan kemiallisten reaktioiden nopeuksia. (Opetushallitus, 2004). Lukiossa kemian kolmannella kurssilla syvennyttään tarkemmin reaktiokinetiikkaan ja siihen, miksi jotkut tekijät nopeuttavat reaktioita (Opetushallitus, 2003).

Tämä pro gradu –tutkimus on kyselytutkimus, jossa selvitetään opiskelijoiden ennakkokäsityksiä ja tutkitaan niiden muuttamista opetuksen kautta. Ennakkokäsitykset vaikuttavat siihen, miten oppilaat tulkitsevat heille opetettavia uusia asioita (Tynjälä, 2000). Väärät ennakkotiedot saattavat estää uuden tiedon oppimisen. Sen takia on tärkeää huomioida oppilaan aikaisemmat käsitykset kemian opetuksessa. (Lavonen & Meisalo, 2010b). Kemian peruskäsitteiden ymmärtäminen ja ilmiöiden jäsentäminen vaatii monipuolisia työtapoja. Ne ovat edellytys luonnontieteellisen ajattelun kehittymiselle. Kokeellisuus on yksi esimerkki kemian työtavoista. (Aksela & Juvonen, 1999). Tämän takia kokeellisuus valittiin toiseksi lähestymistavaksi tähän tutkimukseen.

Tutkielman ensimmäisessä osassa tutkitaan, millaisia ennakkotietoja lukion kolmatta kemian kurssia käyvillä opiskelijoilla on reaktionopeudesta ja siihen vaikuttamisesta. Toisessa osassa selvitetään, vaikuttaako opetuksen lähtökohta oppimistuloksiin. Toinen tutkimusryhmä lähestyy reaktionopeutta ja siihen vaikuttamista kokeellislähtöisesti itse tekemällä ja

tutkimalla. Toisen ryhmän kanssa käytetään periteisempää opettajälähtöistä teoriapohjaista opetusta, minkä jälkeen opiskelijat ratkaisevat itsenäisesti oppikirjan tehtäviä. Oppitunnin jälkeen kaikki opiskelijat vastaavat samaan kyselylomakkeeseen uudelleen. Lopuksi opetusryhmien tuloksia vertaillaan toisiinsa.

Tutkimuksen kemian teoriaosuus perustuu lukion oppimäärään reaktiokinetiikasta. Luvussa kaksi määritellään ensin käsite reaktiokinetiikka. Sen jälkeen esitellään erilaisia reaktiokinetiikkaan vaikuttavia tekijöitä. Nämä tekijät rajataan lukion oppikirjoja apuna käyttäen. Luvussa kaksi tutkitaan myös reaktiokinetiikan esiintymistä opetussuunnitelmien perusteissa ja kerrotaan aiheesta aiemmin tehdyistä tutkimuksista.

Luvussa kolme käsitellään ensin yleisesti kemian oppimista ja sen jälkeen tarkemmin kemian oppimista kokeellisuuden kautta. Luvussa tutkitaan myös kokeellisuuden esiintymistä lukion opetussuunnitelman perusteissa.

Tutkielman luvuissa neljä ja viisi esitellään tutkimusosuus. Luvussa neljä esitellään tutkimuskysymykset ja tutkimuksen teossa käytetyt menetelmät. Luvussa viisi kerrotaan tutkimuksen tuloksista. Tutkielman viimeisessä luvussa on tutkimuksen johtopäätökset ja pohdinta.

Tutkielman liitteinä ovat tunnilla ja kurssikokeessa käytetyt kyselylomakkeet. Liitteissä on myös kaikki tutkimusoppitunneilla käytetty materiaali, kuten teoriatunnin PowerPoint-esitys, kotiläksyksi annettu moniste reaktionopeuden merkityksestä luonnossa ja teollisuudessa sekä kokeellisten töiden työohjeet.

2 Reaktiokinetiikkaa

Luvussa 2.1 määritellään, mitä reaktiokinetiikalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa. Luvussa 2.2 esitellään joitain reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä. Reaktiokinetiikan esiintyminen peruskoulun ja lukion opetussuunnitelmien perusteissa esitellään luvussa 2.3. Luvussa 2.4 esitellään aiempaa tutkimusta reaktiokinetiikan oppimisesta.

2.1 Määritelmä

Kinetiikka voidaan jakaa fysikaaliseen ja kemialliseen kinetiikkaan. Fysikaalinen kinetiikka tutkii fysikaalisia ilmiöitä kuten diffuusiota ja viskositeettia. Kemiallinen kinetiikka tutkii kemiallisia ilmiöitä kuten kemiallisen reaktion nopeus. (Connors, 1990). Tässä tutkimuksessa keskitytään kemialliseen kinetiikkaan. Kemiallinen kinetiikka käsittelee ajan kuluessa tapahtuvia kemiallisia muutoksia. Muutokset voivat tapahtua missä tahansa olomuodossa. Homogeenin reaktio on sellainen, jossa muutokset tapahtuvat yhdessä faasissa. Heterogeeninen reaktio tapahtuu kahden faasin rajapinnalla. (Steinfeld et al, 1998).

Luultavasti ensimmäisen reaktiokinetiikkatutkimuksen teki Carl Wenzel vuonna 1777. Hän tutki metallien liukenemista happoon ja hapon konsentraation vaikutusta liukenemisnopeuteen. Wenzelin jälkeen monet tutkijat jatkoivat kinetiikan tutkimista. Vuonna 1850 Ludwig Ferdinand Wilhelmy julkaisi ensimmäiset perusteelliset kinetiikkatutkimustulokset. Jacobus Henricus van't Hoff esitti kirjassaan *”Études de dynamique chimique”* katsauksen omien töidensä lisäksi myös muiden töihin vuonna 1884. Teos käsitteli reaktiokinetiikan, reaktiomekanismien ja reaktionopeuden lämpötilariippuvuuden välisiä suhteita. (Hudson, 1995).

Yksi tapa selittää, miksi kemiallisia reaktioita tapahtuu, on törmäysteoria. Sen mukaan reaktiota ei tapahdu, jos molekyylit eivät törmää toisiinsa. Kaikki törmäykset eivät johda kemiallisiin reaktioihin. 1880-luvulla Svante Arrhenius esitteli ensimmäisenä käsitteen aktivoitumisenergia. (esim. Zumdahl & Zumdahl, 2003).

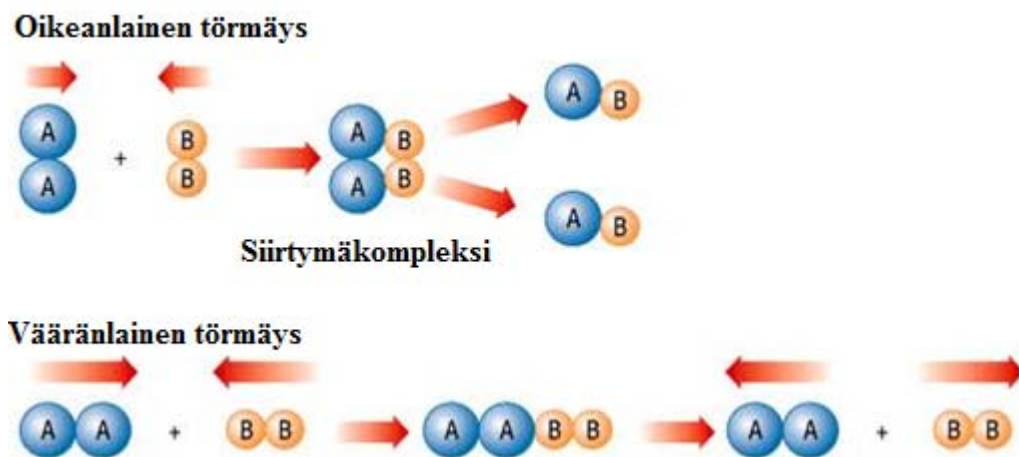
Kuvassa 1 on esitetty eksotermisen reaktion energiaprofiili.



Kuva 1. Eksotermisen reaktion energiaprofiili. Reaktion potentiaalienergian muutos reaktion etenemisen funktiona (Pieniniemi, 2010)

Kuvasta 1 nähdään, että lähtöaineet ovat tietyllä energiatasolla ja tuotteet ovat toisella energiatasolla. Lähtöaineista tulee tuotteita siirtymäkompleksin kautta. Siirtymäkompleksin muodostuminen vaatii energiaa, jota kutustaan aktivoitumisenergiaksi. Aktivoitumisenergian saavuttaminen ei yksin takaa reaktion tapahtumista. Sen lisäksi, että reaktion energian pitää olla tarpeeksi suuri, törmäysten pitää tapahtua oikeassa suunnassa.

Kuvassa 2 esitetään, miten väärässä suunnassa toisiinsa törmäävät molekyylit eivät reagoi keskenään.



Kuva 2. Molekyylit eivät törmäytä oikeassa suunnassa toisiinsa, jotta reaktio tapahtuu. (Talktalk, 2010)

Yhteenvedona törmäysteoriasta voi sanoa, että reaktio vaatii tapahtuakseen energiamäärän, joka ylittää reaktion aktivoitumisenergian ja lisäksi reagoivien molekyylien on törmättävä toisiinsa oikeassa suunnassa. (esim. Zumdahl & Zumdahl, 2003).

Kemiallinen muutos, joka tapahtuu jonkin reaktion kautta, voidaan esittää esimerkiksi näin



jossa pienet kirjaimet (a, b, c ja d) kuvaavat reaktion stoikiometrisiä kertoimia. Reaktionopeus, R , tarkoittaa reaktioseoksen koostumuksen muutosta ajan kuluessa. Reaktion (2-1) lähtöaineille reaktionopeus voidaan laskea seuraavasti

$$R = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} \quad (2-2)$$

Hakasulkeita käytetään kuvaamaan aineen konsentraatiota eli $[X]$ tarkoittaa aineen X konsentraatiota. Miinusmerkki yhtälössä tarkoittaa, että aineen konsentraatio pienenee reaktion edetessä. Plusmerkki kertoo, että aineen konsentraatio kasvaa reaktion edetessä. Reaktiotuotteille voidaan kirjoittaa kaava

$$R = +\frac{1}{c} \frac{d[C]}{dt} = +\frac{1}{d} \frac{d[D]}{dt} \quad (2-3)$$

Kertoimet a, b, c ja d kaavoissa (2-2) ja (2-3) viittaavat reaktion (2-1) stoikiometrisiin kertoimiin. Lähtöaineiden ja tuotteiden konsentraatiot liittyvät reaktioyhtälöön (2-1), joten reaktion nopeus voidaan laskea, jos tiedetään yhdenkin aineen konsentraation ajallinen muutos reaktion kuluessa. (esimerkiksi Steinfeld et al, 1998).

Reaktionopeudelle on monia eri yksiköitä. Reaktionopeuden, R , yksikkö koostuu seuraavista osista

$$[\text{aineen määrä}][\text{tilavuus}]^{-1}[\text{aika}]^{-1}$$

tai

$$[\text{konsentraatio}][\text{aika}]^{-1}$$

SI-järjestelmän mukainen yksikkö konsentraatiolle on moolia per kuutiodesimetri eli mol dm^{-3} . (Steinfeld et al, 1998). Yleinen yksikkö reaktionopeudelle on moolia kuutiodesimetrissä sekunnissa ($\text{mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$). Kaasufaasissa tapahtuville reaktioille voidaan käyttää yksikköä molekyyliä kuutiosenttimetrissä sekunnissa (molekyyli $\text{cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$). Heterogeenisille reaktioille reaktionopeus ilmaistaan usein mooleina kuutiometrissä sekunnissa ($\text{mol m}^{-3} \text{ s}^{-1}$). (esim. Atkins & de Paula, 2010).

2.2 Reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät

Tässä luvussa esitellään joitain reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä. Esiteltäviksi tekijöiksi on valittu ainoastaan ne tekijät, jotka esiintyvät lukion oppikirjoissa. Nämä tekijät tulevat esille kaikilla tutkimustunneilla ja kyselylomakkeessa.

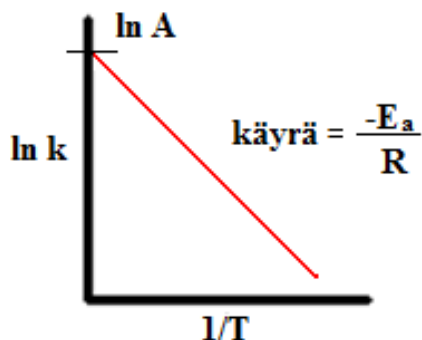
Käytännössä kaikkien reaktioiden reaktionopeus riippuu yhden tai useamman aineen konsentraatiosta. Joissain tapauksissa reaktionopeus voi riippua myös jonkin reaktion välituotteena syntyvän aineen konsentraatiosta. Katalyytit ovat esimerkki aineesta, jota ei näy stoikiometrisessä reaktioyhtälössä, mutta niiden konsentraatio voi olennaisesti muuttaa reaktion nopeutta. (Steinfeld et al, 1998).

Useimpien kemiallisten reaktioiden nopeus on riippuvainen lämpötilasta. Svante Arrhenius esitti ensimmäisenä tämän riippuvuuden kvantitatiivisesti. Arrheniuksen kaavaa käytetään edelleen laajasti. Hän esitti seuraavaa riippuvuutta reaktiokertoimen k ja absoluuttisen lämpötilan T välillä (Amdur & Hammes, 1966)

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (2-4)$$

jossa R on kaasuvakio, A lämpötilasta riippumaton taajuustekijä (törmäystekijä) ja E_a tarkoittaa aktivoitumisenergiaa. Aktivoitumisenergia on pienin reaktion toteutumiseen vaadittava kineettinen energia. Mitä korkeampi reaktion aktivoitumisenergia on sitä, sitä enemmän reaktionopeus riippuu lämpötilasta. Jos aktivoitumisenergia on nolla, reaktio ei riipu lämpötilasta. Joissain tapauksissa aktivoitumisenergia on negatiivinen, mikä tarkoittaa, että reaktio hidastuu lämpötilan kasvaessa. (esim. Atkins & de Paula, 2010).

Arrheniuksen yhtälö voidaan esittää myös kuvaajana kuten kuvassa 3.



Kuva 3. Jos reaktio noudattaa Arrheniuksen yhtälöä, on $\ln k$ ja $1/T$ välinen riippuvuus lineaarinen. (Atkins & de Paula, 2010)

Kuvaajassa 3 esitetään tekijöiden $\ln k$ ja $1/T$ välinen riippuvuus. Kuvaajan ollessa suora on reaktio Arrheniuksen yhtälön mukainen. Kuvaajan suora on kaavan (2-4) mukainen ja siinä oleva termi $-E_a/R$ on suoran kulmakerroin, jossa leikkauspiste $1/T=0$ on kaavan termi $\ln A$. (esim. Atkins & de Paula, 2010).

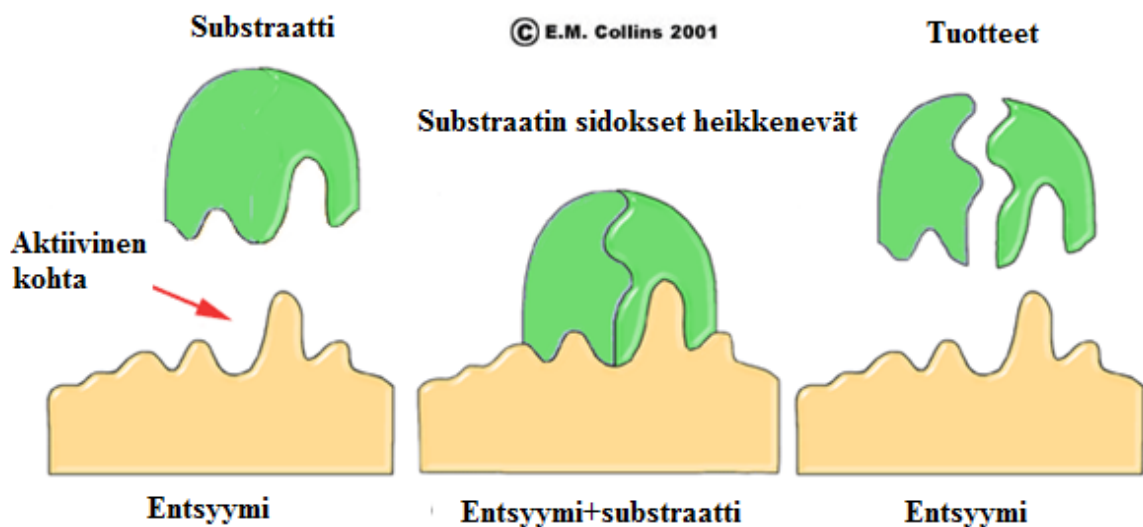
Monilla reaktioilla on jokin reaktiota rajoittava vaihe. Rajoittavalla vaiheella tarkoitetaan vaihetta, joka on merkittävästi hitaampi kuin reaktion muut vaiheet ja se hidastaa siksi kokonaisreaktion nopeutta. Useimmiten haluttu reaktionopeus on samalla suurin mahdollinen nopeus jollekin reaktiolle. Reaktionopeutta voidaan usein nostaa nostamalla lämpötilaa, mutta se ei aina ole järkevä ratkaisu. Suuri lämpötilan nosto saattaa aiheuttaa ei-toivottuja sivureaktioita tai aiheuttaa epäpuhtauksia saantoon. Tällaisissa tilanteissa katalyytti on käytännöllinen ratkaisu. Sana katalyytti on johdettu kahdesta kreikankielen sanasta, jotka tarkoittavat alas ja löystyä. Tällä viitataan katalyytin kykyyn alentaa aktivoitumisenergiaa sekä löysentää kemiallisia sidoksia. (Steinfeld et al, 1998). Katalyytti osallistuu reaktion siirtymätilaan ja vapautuu reaktion lähetessä loppuaan samassa muodossa kuin se oli reaktion alkaessa. Katalysoitu reaktio voidaan määritellä reaktiovaiheiden määrän tai luonteen muutoksena katalyytin vaikutuksesta. (Panchev & Lebedev, 1976). Katalyytin C vaikutus hitaassa reaktiossa $A \rightarrow B$ voidaan kirjoittaa seuraavasti (Steinfeld et al, 1998)



Kaavassa katalyytti on samassa muodossa lähtöaineissa ja reaktiotuotteissa. Se ei muutu reaktion kuluessa.

Biologiset entsyymit ovat elämälle tärkeä katalyyttiluokka. Entsyymit ovat proteiinimolekyylejä, jotka ovat evoluution myötä muuttuneet hyvin spesifeiksi ja tehokkaiksi biokemiallisten reaktioiden toteuttajiksi elävissä organismeissa. (Steinfeld et al, 1998).

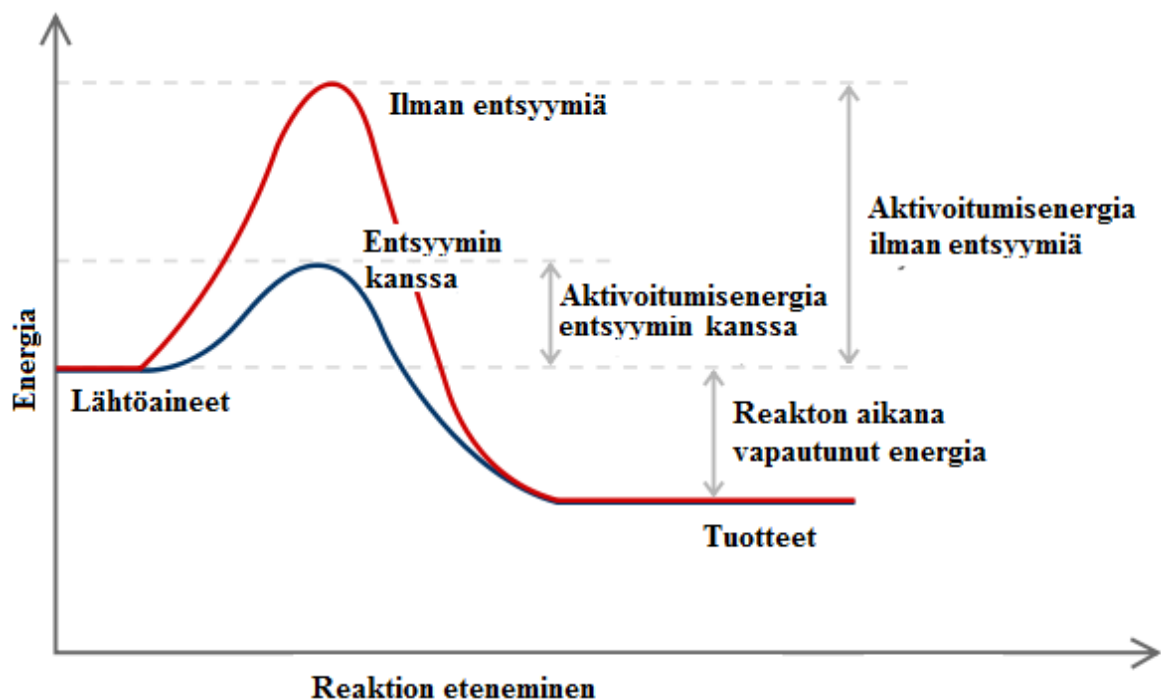
Kuvassa 4 esitetään entsyymin toimintaperiaate.



Kuva 4. Entsyymien toiminta (Wayne's World, 2010).

Entsyymien epätasainen muoto kuvassa 4 kuvaa entsyymien spesifistä rakennetta, johon sopii vain tietynlainen substraatti. Substraatti voi olla mitä tahansa proteiinista yksinkertaiseen sokeriin tai RNA:han tai jopa kokonaiseen soluun. Substraatti sitoutuu entsyymien pinnalle ja sen sidokset heikentyvät. Reaktion lopussa substraatti irtaantuu entsyymistä ja hajoaa reaktiotuotteiksi. Reaktion tapahduttua entsyymi vapautuu muuttumattomana ja voi reagoida uuden substraatin kanssa. (Steinfeld et al, 1998).

Kuvassa 5 esitetään entsyymien, tai jonkun muun katalyytin, vaikutus reaktion kulkuun.



Kuva 5. Entsyymien vaikutus reaktion kulkuun. (AP Biology, 2010)

Kuvasta 5 nähdään, että ilman katalyyttiä reaktion aktivoitumisenergia on korkea ja reaktio etenee hitaasti. Katalyytti muuttaa reaktion kulkureittiä siten, että aktivoitumisenergia pienenee ja reaktio nopeutuu. Katalyytti toimii tarjoamalla reaktiolle vähemmän energiaa vaativan reitin. (esim. Zumdahl & Zumdahl, 2003)

Lukion oppikirjoissa esitellään näiden reaktionopeuteen vaikuttavien tekijöiden lisäksi aineiden kemiallinen luonne, sekoitus, kaasun paine, kiinteän aineen pinta-ala sekä inhibiittori. (esimerkiksi Kalkku et al. 2005 ja Lehtiniemi & Turpeenoja, 2005).

Hannola-Teitto et al. (2006) listaavat reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä lukion kemian kolmannen kurssin kirjassa *Neon 3 – Reaktiot ja energia*. Heidän mukaansa reaktionopeuteen vaikuttavat muun muassa reagoivien aineiden kemiallinen luonne ja olomuoto. Kaasureaktioita voidaan joskus nopeuttaa myös nostamalla kaasun painetta. Liuoksissa reaktion nopeutta voidaan lisätä sekoittamalla. (Hannola-Teitto et al. 2006). Myös Aroluona et al. (2005) mainitsevat sekoittamisen yhtenä reaktionopeutta kasvattavana tekijänä. Heidän mukaansa liuoksen sekoittaminen auttaa reagoivia aineita pääsemään kosketuksiin toistensa kanssa.

Kaila et al. (2006) mainitsevat, että reaktionopeus riippuu kiinteän aineen pinta-alasta. Hienojakoisilla aineilla reagoiva pinta-ala on suurempi ja reaktio tapahtuu nopeammin. (Kaila et al. 2006). Hienojakoisella aineella suotuisia törmäyksiä tapahtuu enemmän aikayksikössä kuin karkeajakoisella aineella (Lehtiniemi & Turpeenoja, 2005).

Lehtiniemi ja Turpeenoja (2005) mainitsevat katalyytit ja inhibiittorit yhtenä esimerkkinä reaktionopeuteen vaikuttavista tekijöistä. Inhibiittorit ovat aineita, jotka voivat estää kemiallisen reaktion kokonaan tai hidastaa sitä. Lääkeaineet toimivat usein elimistössä entsyymien inhibiittoreina. (Lehtiniemi & Turpeenoja, 2005).

2.3 Reaktiokinetiikka opetussuunnitelman perusteissa

Reaktiokinetiikka on tärkeä aihe kemiassa. Sitä opetetaan sekä kouluissa että yliopistoissa lähes kaikkialla maailmassa. Yleisesti kinetiikan opetus toisen asteen kouluissa keskittyy ilmiön kvalitatiiviseen tutkimiseen. Oppilaat tutkivat reaktioiden nopeuksia ja sitä miten esimerkiksi lämpötila tai katalyytti vaikuttaa nopeuteen. Kinetiikka selitetään useimmiten törmäilevien hiukkasten kautta. Myöhemmin ilmiötä aletaan lähestyä myös kvantitatiivisesti. Useimmissa maissa tähän vaiheeseen päästään vasta yliopistossa. (Justi, 2002).

Suomen opetussuunnitelmien perusteissa reaktiokinetiikasta käytetään pelkästään termiä reaktionopeus. Kun perusopetuksen opetussuunnitelmaa vuonna 2004 uudistettiin, alettiin kemiaa opettaa jo viidennellä luokalla. Alakoulussa oppilaat pääsevät ensimmäistä kertaa tekemisiin kemiallisten reaktioiden kanssa. Samalla he myös oppivat joitain seikkoja, joilla voidaan vaikuttaa reaktion nopeuteen. Kuudennen luokan jälkeen oppilaan pitäisi osata tehdä yksinkertaisia kokeita, kuten tutkia kiinteän aineen liukenemiseen vaikuttavia tekijöitä. (Opetushallitus, 2004).

Yläkoulussa jatketaan reaktionopeuden tutkimista opettelemalla vertaamaan erilaisten reaktioiden nopeuksia. Reaktionopeuksien vertaaminen on asetettu yhdeksi keskeiseksi oppimistavoitteeksi yläkoulun kemianopetuksessa. (Opetushallitus, 2004).

Lukiassa reaktionopeuteen ja siihen vaikuttaviin tekijöihin tutustutaan kolmannessa kurssissa ”*Reaktiot ja energia*”. Kurssin tavoitteissa mainitaan muun muassa, että opiskelija osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisten mallien avulla reaktionopeuteen liittyviä ilmiöitä. Tämän lisäksi

kurssin keskeisiin sisältöihin kuuluvat reaktionopeus ja siihen vaikuttavat tekijät. (Opetushallitus, 2003).

2.4 Reaktiokinetiikan oppiminen

Oppilaat ja opiskelijat lähes kaikkialla maailmassa opiskelevat koulussa kemiallista kinetiikkaa. Aiheen oppimista on tutkittu vain vähän. On tehty vain muutamia tutkimuksia kinetiikanoppimista oppilaiden tai opettajien näkökulmasta. (Justi, 2002). Myös van Driel (2002) ja Cakmakci et al. (2006) toteavat tutkimuksessaan, että kinetiikan oppimisesta ja opetuksesta on tehty aiheen merkittävyyteen verrattuna hyvin vähän tutkimuksia.

Justi ja Ruas tekivät vuonna 1997 tutkimuksen, jossa he selvittivät 16-vuotiaiden brasilialaisopiskelijoiden käsityksiä aineen rakenteesta, kemiallisesta reaktiosta ja siitä, miten reaktio tapahtuu ennen kinetiikan opetusta. Tutkimus jatkui kinetiikan opetuksen jälkeen, jolloin selvitettiin, mitä malleja opiskelijat käyttävät kemiallisten reaktioiden nopeuden selittämiseen. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten ennakkotiedot vaikuttavat oppimiseen. Tutkimuksessa selvisi, että 80 prosentilla (n=42) opiskelijoista ei ollut käsitystä aineenrakenteen dynaamisesta mallista. Tämän takia 59 prosenttia opiskelijoista ei osannut käyttää hiukkasmallia selittäessään, miksi jotkut kemialliset reaktiot tapahtuvat nopeammin kuin toiset. Kysyttäessä miksi lämpötilan nosto, katalyytti tai konsentraation muutos vaikuttavat reaktionopeuteen suurin osa opiskelijoista osasi käyttää törmäysteoriaa selityksessään. Opetus oli muuttanut opiskelijoiden käsitystä aineen rakenteesta staattisesta mallista dynaamiseen malliin. Aineen rakenteen dynaamisen mallin ymmärtäminen on keskeinen osa kemian ymmärtämistä. Tutkimuksen perusteella näytti siltä, että kinetiikan opettaminen tarjoaa mahdollisuuden korjata opiskelijoiden vääriä käsityksiä aineen rakenteesta. (Justi, 2002).

Keskeinen osa kinetiikan ymmärtämisessä on ajatus törmäysteoriasta. Cachapuz ja Maskill tutkivat oppilaiden ymmärrystä vuonna 1987. Tutkimukseen osallistui kaksi luokkaa, jotka jaettiin kolmeen ryhmään heidän kemian kokeessa menestymisensä perusteella. Tutkimuksessa käytettiin sana-assosiaatiotestiä oppilaiden ajatusten selvittämiseksi. Kokeessa hyvin menestyneistä oppilaista suurin osa osasi yhdistää sanaan törmäys sanoja reaktio, atomi, nopeus ja molekyyli. Kokeessa huonosti pärjänneistä opiskelijoista vain puolet yhdisti sanan molekyyli sanaan törmäys. Huonosti kokeessa pärjänneet yhdistivät törmäyssanaan

arkipäivästä tuttuja sanoja, kuten onnettomuus, kolari ja auto. Tutkijat selittivät tulosta törmäysteorian abstraktilla luonteella. Näkyvien reaktioiden nopeuden selittäminen mikroskooppisella tasolla tapahtuvilla törmäyksillä ei ole helppoa. Heidän mukaansa heikot opiskelijat voivat ymmärtää reaktionopeuden muutokset makroskooppisella tasolla ja pystyvät selittämään niitä arkipäiväisten käsitteiden ja näkemysten kautta, mutta eivät pysty käsittämään törmäysteoriaa. (Justi, 2002).

Garnett, Garnett ja Hackling tutkivat vuonna 1995 opiskelijoiden (17–19-vuotiaiden) väärinkäsityksiä kinetiikassa. Tutkimuksessaan he huomasivat seuraavat väärinkäsitykset tyypillisimmiksi:

- Etenevän reaktion nopeus kasvaa, kun reaktio ”lähtee kunnolla käyntiin”
 - Etenevän ja palautuvan reaktion nopeuden ovat aina yhtä suuret
 - Etenevä reaktio päättyy ennen kuin palautuva reaktio alkaa
 - Kun reaktio saavuttaa tasapainotilan, etenevän ja palautuvan reaktion nopeus on sama kuin lähtötilanteessa
 - Katalyytti voi vaikuttaa eri tavalla etenevään ja palautuvaan reaktioon ja siksi reaktion tasapainoasema muuttuu
- (alkuperäinen lähde Garnett et al. 1995, s. 81, lainattu teoksesta Justi, 2002, s. 299)

Tutkijoiden mukaan yllä listatut väärinkäsitykset voivat johtua kemian tunnilla tehdyistä kokeellisista töistä tai opiskelijoiden arkipäiväkokemuksista. (Justi, 2002).

BouJaoude tutki vuonna 1993 yliopisto-opiskelijoiden väärinkäsityksiä kinetiikan ja kemialliseen tasapainoon liittyvien tehtävien ratkaisemisessa. Hän totesi, ettei suuri osa opiskelijoista osannut yhdistää kokeellisesti saatua tietoa kemiallisen reaktion nopeuteen ja muodostaa sitä kautta reaktion nopeuslakia. (BouJaoude, 1993).

Kinetiikan opettaminen haastaa opiskelijoiden ennakkokäsityksiä. Reaktionopeuden ymmärtäminen vaatii, että opiskelijat ymmärtävät, että kemiallisen muutoksen tapahtuminen vie aikaa ja tähän aikaan voidaan vaikuttaa esimerkiksi systeemin lämpötilaa muuttamalla tai reagoivien aineiden konsentraatioiden kautta. Konsentraation vaikutus reaktionopeuteen voidaan selittää yksinkertaisen törmäysteorian kautta. Lämpötilan vaikutuksen selittäminen törmäysteorialla oli monille opiskelijoille haastavaa. He ajattelivat lämpötilan noston hidastavan reaktiota, koska kuumennus saa hiukkasten liikkumaan liian nopeasti, jolloin

niiden välisistä törmäyksistä tulee ”*joustavia*” eivätkä ne siksi johda reaktioon. Siirtymätilateorian opettaminen auttaisi tämän väärinkäsityksen korjaamisessa. (van Driel, 2002)

Cakmakci et al. (2006) tutkivat turkkilaisten lukiolaisten ja ensimmäisen ja kolmannen vuoden yliopisto-opiskelijoiden käsityksiä konsentraation ja paineen vaikutuksesta reaktionopeuteen. He havaitsivat, että lukiolaiset pyrkivät selittämään ilmiötä makroskooppisella tasolla ja yliopistolaiset jonkin opitun teorian kautta. Lukiolaiset käyttivät selityksissään arkipäivän käsityksiä ja tautologioita. He saattoivat selittää konsentraation vaikutuksen reaktionopeuteen sanomalla, että konsentraation ollessa suurempi reaktio on nopeampi, koska liuos on väkevämpi. Yliopistolaisilla oli vaikeuksia siirtyä selityksissään yhdestä teoriasta toiseen, ja useat lukiolaisten tekemät virheet toistuivat yliopistolaisten vastauksissa. Kaikilla kolmella ryhmällä oli vaikeuksia eri esitysmuotojen kanssa. He saattoivat antaa hyvän tieteellisen selityksen ilmiölle sanallisesti, mutteivät osanneet ilmaista samaa graafisesti. Tutkijat kannustivat opettajia antamaan opiskelijoille enemmän mahdollisuuksia oppia siirtymään selityksissään kemian eritasoilta, makroskooppiselta, mikroskooppiselta ja symboliselta, toisille. (Cakmakci et al. 2006).

Taştan ja Boz (2010) tutkivat yhteistoiminnallisen oppimisen vaikutusta reaktionopeuden oppimisessa Turkissa. He totesivat tutkimuksessaan, että yhteistoiminnallinen oppiminen kumosi suurimman osan opiskelijoiden väärinkäsityksistä ja auttoi heitä ymmärtämään asian merkittävästi paremmin kuin perinteinen opetus. Tutkimuksessa todettiin, että joitakin väärinkäsityksiä ei pystytty kumoamaan kummallakaan opetustyyllillä. Tällaisia käsityksiä olivat esimerkiksi se, että katalyytti nopeuttaa reaktiota muuttamatta sen reaktiomekanismia, ja että reaktionopeus pienenee aina reaktion edetessä. Lopputuloksena tutkijat toteavat, että oppilaskeskeinen opetus vaatii enemmän työtä opettajalta, mutta tukee merkityksellistä oppimista paremmin kuin opettajakeskeinen opetus. (Taştan & Boz 2010).

Justi (2002) toteaa, että useat oppikirjojen tekijät ovat omaksuneet omanlaisensa mallin kinetiikasta ja siihen liittyvistä teorioista ja historiallisista malleista. Kirjantekijät yhdistävät eri teoreettisia malleja. Justi käyttää kirjantekijöiden yhdistelmäteorioista nimitystä hybridimalli. Nämä hybridimallit sisältävät usein monia sisäisiä ristiriitoja. Kaikkia asioita ei voida aukottomasti selittää hybriditeorian avulla. Tällaiset ristiriitoja sisältävät mallit johtavat

Justin mukaan siihen, että opiskelijat alkavat ajatella tieteellisen tiedon olevan todistettuja teorioita, jotka on vain hyväksyttävä totuuksina ymmärtämättä niitä kunnolla.

Yleinen ajatus on, että opiskelijoilla on vaikeuksia kinetiikan oppimisessa. Siitä huolimatta näitä vaikeuksia ei ole pyritty kunnolla tunnistamaan, vaan on tyydytty opettajien tekemiin huomioihin opetustilanteissa. Lisäksi on tärkeää selvittää, johtuvatko vaikeudet kinetiikan oppimisessa vaikeuksista muiden kemian osa-alueiden ymmärtämisessä. Kinetiikan ymmärtäminen vaatii ymmärrystä kemian peruskäsitteistä kuten aineen hiukkasrakenteesta. (Justi 2002).

3 Kemian oppimisesta

Tässä luvussa käsitellään kemian oppimista. Luvussa 3.1 käsitellään oppimista ja erityisesti kemian oppimista yleisellä tasolla. Luvussa 3.2 perehdytään siihen, mitä lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa sanotaan kokeellisuudesta osana kemian opetusta. Luku 3.3 käsittelee kemian oppimista kokeellisuuden kautta ja vertaa samalla kokeellisuuteen pohjautuvaa opetusta teorialähtöiseen opetukseen.

3.1 Yleistä kemian oppimisesta

Opetus on monimutkainen ilmiö, joka voidaan määritellä monella eri tavalla. Keskeinen opetuksen piirre on vuorovaikutus. Kaikki vuorovaikutus ei ole opetusta. (Uusikylä & Atjonen, 2005). Yleisesti opetuksella tarkoitetaan tavoitteidensuuntaista ja tarkoitushakuista vuorovaikutusta. Opetuksella pyritään saamaan pysyviä muutoksia oppilaan käyttäytymiseen. (Hirsijärvi, 1990). Oppilaan auttaminen uuden tiedon oivaltamisessa ja ymmärtämisessä ovat aidon opetuksen tarkoituksia (Puolimatka, 2002).

Eri oppimisteorioiden näkökulmat ja lähestymistavat poikkeavat toisistaan, eikä ole olemassa yhtä yhteistä teoriaa oppimisesta (Lavonen & Meisalo, 2010a). Oppimisen perusta on aivoissa, mutta oppiminen on aina ympäristösidonnaista. On tärkeää erottaa oppiminen ja opiskelu toisistaan. Oppimista tapahtuu koko ajan, tahattomastikin, kun taas opiskelu on tietoista toimintaa, jota ohjaa jokin päämäärä. (Uusikylä & Atjonen, 2005). Oppiminen ei ole vain yksilöllistä vaan myös sosiaalista toimintaa. Luova toiminta, ajattelu ja osallistuminen yhteisölliseen toimintaan nähdään tieteellisen tutkimuksen piirissä olennaisena osana opetusta ja oppimista. Nykyisen konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan ajatellaan, että oppiminen vaatii oppilaalta aktiivista tiedon konstruointia. (Tynjälä, 2000). Konstruktivismi sana tulee sanasta konstruoida eli rakentaa. Konstruktivismissa painopiste on siinä, mitä oppilas rakentaa ja tuottaa aktiivisesti eikä siinä, mitä hän vastaanottaa opetuksen kautta. (Puolimatka, 2002). Oppiminen ei ole tiedon siirtoa opettajan päästä oppijan päähän, vaan opettajan antaman tiedon konstruointia oppijan mielessä. Tämä herkkä prosessi on vaikutuksille altis. Oppilaan aiemmat tiedot, uskomukset ja väärinymmärrykset aiheesta vaikuttavat lopputulokseen merkittävästi. (Johnstone 1997).

Luonnontieteiden tavoitteena on selittää luonnonilmiöitä mahdollisimman tarkasti. Kokeellisen ja teoreettisen tutkimuksen vuorovaikutus on luonnontieteiden edistymisen perusta. (Lavonen & Meisalo, 2010a). Luonnon vuorovaikutus- ja riippuvuussuhteista on saatu tietoa yhdistämällä luonnossa tehtyjä havaintoja teoreettisiksi malleiksi. Ajan kuluessa tieteellisen tiedonhankinta on siirtynyt luonnosta laboratorioon, jossa olosuhteita on helpompi hallita. Koulussa näitä laboratoriokokeita vastaavat demonstraatiot ja oppilastyöt. (Meisalo & Erätuuli, 1985).

Luonnontieteellisen ajattelun oppimista pidetään kaikkien luonnontieteiden opetuksen keskeisenä tavoitteena. Tähän ajatteluun kuuluu keskeisenä ymmärrys siitä, että luonto on tiedonlähde, josta saadaan tietoa muun muassa havaintojen ja mittausten kautta. Oppilaan elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havaitseminen ja tutkiminen ovatkin kemian opetuksen keskeisiä tavoitteita. Näistä havainnoista voidaan edetä aineiden ominaisuuksien tutkimiseen ja kemian peruskäsitteiden oppimiseen. (Meisalo & Lavonen, 2010). Myös Akselan (2005) mukaan kemian opetuksen tärkeimpiä tavoitteita on opettaa oppilaille kemian tapaa tuottaa tieteellistä tietoa tutkimusten kautta sekä perehdyttää heitä kemiallisen tiedon luonteeseen. Akselan mukaan nämä tavoitteet saavutetaan parhaiten tukemalla oppilaiden korkeamman tason ajattelutaitoja, joita ovat muun muassa soveltaminen, analysointi ja arviointi.

Yhden teorian mukaan oppiminen voidaan jakaa pinta- ja syväoppimiseen. Pintaoppiminen on lähinnä uuden asian mieleen painamista esimerkiksi koetta varten. Pintaoppimista tapahtuu, jos ei kiinnitetä huomiota käsitteiden välisiin suhteisiin. Syväoppiminen pohjautuu merkitysten hakemiseen, ja oppiminen on kumulatiivista eli uusi tieto rakennetaan aiemmin opitun varaan. (Lavonen & Meisalo, 2010a). Kemian tieteellinen ymmärtäminen vaatii korkeamman tason ajattelutaitoja kuten analysointia, arviointia ja soveltamista. Nämä ajattelutaidot ovat välineitä mielekkääseen oppimiseen (syväoppiminen). (Aksela, 2005). Yksi ensimmäisistä mielekkään oppimisen käsitteistä puhuneista tutkijoista on David Ausubel. Hänen määritelmänsä mukaan mielekäästä oppimista tapahtuu silloin, kun oppilas ymmärtää aidosti opetettavan asian. Ausubelin mukaan opettajan ensimmäinen tehtävä on selvittää oppilaiden ennakkotiedot opetettavasta asiasta. Tällä tavoin uuden tiedon voi ankkuroida vanhaan. (Uusikylä & Atjonen, 2005).

Arkikäsitykset (ennakkotiedot, -käsitykset) vaikuttavat siihen, miten oppilaat tulkitsevat heille opetettavia uusia asioita (Tynjälä, 2000). Ennakkotiedot syntyvät havaintojen, kokemusten ja kuulopuheiden pohjalta. Tutkimuksissa on havaittu, että oppilaiden ennakkotiedot ovat yleensä hyvin pysyviä ja usein ristiriidassa tieteellisen tiedon kanssa. On muistettava, ettei oppilaalla ole välttämättä käytössään kaikkia käsitteitä ja termejä, joita opettajalla on. Oppilas saattaa ymmärtää opetettavan asian aivan oikein, mutta hän ei osaa ilmaista asiaa oikeilla käsitteillä. Myös tilanteen idealisointi ja opettajan huono ilmaisu saattavat aiheuttaa ristiriitoja oppilaan ennakkotietojen ja yleisesti hyväksytyn tieteellisen teorian välille. Ennakkotiedot eivät aina ole virheellisiä, vaikka ne siltä vaikuttaisivatkin. (Lavonen & Meisalo, 2010b).

Väärät ennakkotiedot saattavat estää uuden tiedon oppimisen. Sen takia on tärkeää huomioida oppilaan aikaisemmat käsitykset kemian opetuksessa. (Lavonen & Meisalo, 2010b). Ensimmäinen ehto väärän ennakkotiedon korjaamiselle on, että väärä käsitys tiedostetaan aktiivisesti. Tämän jälkeen oppilaille voidaan esittää ennakkotiedon rinnalle tieteellinen käsitys asiasta. Tieteellistä käsitystä verrataan ennakkotietoon, perustellaan sen uskottavuus ja osoitetaan sen hyödyllisyys. Ennakkotietoja voi muuttaa esimerkiksi käsitekarttojen avulla tai soveltamalla tutkivan oppimisen työtapaa. Käsitekarttojen avulla on helppo havainnollistaa eri käsitteiden välisiä yhteyksiä. Tutkiva oppiminen muistuttaa tieteellistä tutkimusta. Molemmissa lähtökohtana ovat itse asetetut kysymykset ja ongelmat. Tavoitteena on pyrkiä ymmärtämään tutkittavaa ilmiötä hypoteesien laadinnan, teorioiden ja havaintojen avulla. Tutkiva oppiminen tukee käsitteen muuttumista rikastamalla oppilaan omia käsitteitä ja muodostamalla yhteyksiä eri käsitteiden välille. Virheelliset ennakkotiedot johtuvat usein puutteista käsitteiden välisissä yhteyksissä. (Tynjälä, 2000).

Ennakkotiedot on huomioitu myös eri kouluasteiden opetussuunnitelman perusteissa. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2004) alakoulun kemian ja fysiikan opetuksen lähtökohtana ovat oppilaan aikaisemmat tiedot, taidot ja kokemukset. Lukion opetussuunnitelman perusteissa (2003) kemian ensimmäisen kurssin kohdalla opiskelijalle asetetaan tavoitteeksi syventää aiemmin oppimiaan kemian tietoja.

Nakhleh (1992) on koonnut yhteen monia tutkimuksia, joissa etsitään syitä kemian oppimisen vaikeuksiin. Kemia on laaja ja monimutkainen tiede. Kognitiivisen kokonaiskuva luominen kemiasta ei ole helppoa. Se vaatii paljon työtä oppilaalta. Tutkimuksissa on havaittu, että oppilaat eivät usein ole opetelleet peruskäsitteitä alemmilla luokilla, joten heillä ei ole pohjaa,

jonka päälle rakentaa uutta tietoa. Aineen rakenteen mallin ymmärtämisen on havaittu olevan erityisen vaikeaa kaiken ikäisille ja eri kulttuureista tuleville oppilaille. Aineen rakenteen mallin mukaan kaikki aine koostuu pienistä yksittäisistä hiukkasista, jotka ovat jatkuvassa liikkeessä ja joiden välissä on tyhjää tilaa. Tämä malli auttaa ymmärtämään kaikkea kemiaan liittyvää kuten kemiallisia reaktioita ja olomuodon muutoksia. Nakhlehin kokoamien tutkimusten mukaan osa oppilaiden väärinymmärryksistä voi johtua siitä, että joillain sanoilla on eri merkitys arkikielessä ja tieteellisessä kielessä (mm. Gabel, 1999). Opettajien tulee painottaa eroja arkimerkityksen ja tieteellisen merkityksen välillä. Vaikeuksia voi aiheuttaa myös se, että yksi käsite voidaan määritellä monella eri tavalla. Esimerkiksi hapettuminen on hapetuslukujen muuttumista, hapen luovuttamista tai vastaanottamista tai elektronien luovuttamista tai vastaanottamista. Nakhlehin mukaan opettajien on oltava erityisen huolellisia, kun he selittävät käsitteitä, joilla on monia määritelmiä.

Gabel (1999) toteaa, että monet kemian käsitteistä ovat vaikeita eikä niitä pysty selittämään ilman malleja ja analogioita. Tämä tekee käsitteistä abstrakteja. Käsitteitä on paljon alakoulusta alkaen, joten niiden abstraktius vaikeuttaa oppimista.

Kemian opetuksella on paljon haasteita. Niitä listataan myös *Kemian opetus tänään* – tutkimusraportissa (Aksela & Juvonen, 1999). Tutkimukseen on osallistunut kemian opettajia ympäri Suomea. Tutkimuksessa kartoitettiin kemian opetuksen tilaa Suomessa. Raportissa mainitaan yhtenä kemian opetuksen ongelmakohtana muun muassa opiskelijoiden huono asenne kemian opiskelua kohtaan. Myös oppituntien vähyys kaikilla kouluasteilla sekä opetussisällön epäselvyys koettiin kemian opetuksen haasteiksi.

3.2 Kokeellisuus lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa

Kokeellinen työskentely on keskeinen osa kemian opetusta. Lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaan yksi kemian opetuksen tarkoituksista on välittää kuva kemiasta tutkivana luonnontieteenä. (Opetushallitus, 2003).

Opetussuunnitelman perusteiden mukaan kemiallisten ilmiöiden ja aineiden tutkiminen ja havaitseminen kokeellisesti on luonteenomaista kemian opetukselle. Kemian opetuksen keskeiseksi tavoitteeksi on asetettu ilmiöiden kokeellinen tutkiminen ja turvallisuusnäkökohtien huomioiminen osana työskentelyä. (Opetushallitus, 2003).

Kemian arviointi perustuu kemiallisen tiedon ymmärtämisen ja soveltamisen lisäksi kokeelliseen tiedonhankintaan, johon kuuluvat muun muassa kokeiden toteutus, turvallinen työskentely laboratoriossa sekä kokeellisuuden kautta saatujen tulosten esittäminen suullisesti ja kirjallisesti. (Opetushallitus, 2003).

Meisalo ja Lavonen (2010) kirjoittavat koulun opetussuunnitelman uudistamista käsittelevässä tekstissään, että luonnontieteelliset tutkimustehtävät ovat tärkeä osa kemian ja fysiikan opetusta. Heidän mukaansa kaikilla kouluasteilla pitää keksittyä teorian lisäksi kokeellisten taitojen harjaannuttamiseen. Meisalon ja Lavosen mukaan kokeellisuuden on havaittu kehittävän muun muassa oppilaiden luonnontieteellisiä ajattelutaitoja, parantavan heidän kykyä jäsenellä tietoa sekä herättävän mielenkiintoa ja parantavan asenteita.

3.3 Kemian oppiminen ja kokeellisuus

Kemia on laaja oppiaine, jonka peruskäsitteiden ymmärtäminen ja ilmiöiden jäsentäminen vaatii monipuolisia työtapoja. Monipuoliset työtavat ovat edellytys luonnontieteellisen ajattelun kehittymiselle. Kokeellisuus on yksi esimerkki kemian työtavoista. (Aksela & Juvonen, 1999). Kokeellisuus kemian opetuksessa voidaan määritellä esimerkiksi oppilaiden omakohtaiseksi työskentelyksi, opettajan tekemiksi demonstraatioiksi, vierailuiksi tai videoiden ja kerronnan avulla tapahtuvaksi toiminnaksi. Kemiassa kokeellisuutta pitää ajatella käytännön työskentelynä, joka alkaa työn suunnittelulla, jatkuu työn tekemisellä ja päättyy tulosten tulkintaan teorian avulla. Näin kokeellisuudesta on suurin hyöty oppimiselle. Kokeellisuuden huolellinen käyttö vie aikaa, mutta ajan käyttö syventää oppimista. (Meisalo & Lavonen, 2010). Demonstraatioissa opettaja tai muutama oppilas näyttävät jonkin kokeellisen työn muulle luokalle, joka tarkkailee tilannetta ja tekee havaintoja. Kokeellisessa työssä kaikki pääsevät osallistumaan aktiivisesti sekä kokeellisen työn tekoon että havainnointiin. (Meisalo & Erätuuli, 1985). Tässä työssä kokeellisuudella tarkoitetaan oppilastöinä tehtäviä kokeellisia töitä ja demonstraatioilla opettajan oppilaille esittämiä kokeellisia töitä.

Kokeellisuutta pidetään maailmanlaajuisesti tärkeänä, ellei jopa välttämättömänä, osana kemian opetusta. Jo vuonna 1875 John Maclean sanoi, että hänen mielestään on mahdotonta ymmärtää kemiaa näkemättä tai kokeilematta sen ilmiöitä käytännössä. Kokeellisuuden

nähdään tarjoavan onnistumisen kokemuksia eritasoisille oppilaille sekä ruokkivan positiivista asennetta kemiaa kohtaan. (Nakhleh et al, 2002).

Vuosien ajan on tehty paljon tutkimusta, jolla on pyritty todistamaan joko kokeellisuuden hyöty tai hyödyttömyys oppimisessa. Tutkijoissa on kaksi ääriryhmää. Toiset ovat sitä mieltä, että kokeellisuuden on oltava hyödyllistä, mutta sen hyödyllisyyttä ei ole vielä kokonaan ymmärretty. Toinen ryhmä on sitä mieltä, että kokeellisuus on resurssien tuhlaamista ja se pitäisi poistaa opetussuunnitelmista kokonaan. Esimerkiksi Gary Bates totesi artikkelissaan ”*The role of laboratory in secondary school science programs*” vuonna 1978, ettei kokeellisen työskentelyn kautta voida saavuttaa mitään, mitä ei voitaisi saavuttaa muilla vähemmän aikaa ja rahaa kuluttavilla työtavoilla. Toinen esimerkki on W. S. Toothackersin vuonna 1983 tekemä tutkimus ”*A critical look at introductory laboratory instruction*”, jossa hän osoitti, etteivät oppilaat saavuttaneet asetettuja tavoitteita kokeellisen työskentelyn kautta. (Nakhleh et al, 2002). Erik Jørgensen kirjoittaa vuonna 1999 julkaistussa artikkelissaan ”*Science, technology and education*”, että käytännön kautta oppiminen antaa oppilaille mahdollisuuden konstruoida aktiivisesti käsitteitä ja niiden merkitystä jokapäiväisessä elämässä. Bob Campbell ja Fiona Wilson kirjoittavat tutkimuksestaan artikkelissa ”*Teacher’s and Pupils’s Perspectives on Practical Work in School Science*” (1999). Heidän tutkimuksensa mukaan oppilaat nauttivat kokeellisesta työskentelystä kemian tunnilla. Se lisäsi oppilaiden kemian opiskelun motivaatiota ja auttoi heitä ymmärtämään kemian käsitteitä.

Suurin osa tutkijoista sijoittuu kokeellisuuden ehdottomien kannattajien ja sen vastustajien välille. Esimerkiksi Nakhleh (1994) toteaa tutkimuksessaan, että merkityksellinen oppiminen laboratoriossa on vaikeaa, muttei mahdotonta. Välimaastoon sijoittuvat tutkijat ymmärtävät, että laboratorio on tutkimusympäristönä hyvin moninainen ja siksi myös ongelmainen. Kokeelliset työt on usein suunniteltu liian laajoiksi, jolloin ne menettävät merkitystään. Kokeellisen työskentelyn tehokkuutta on myös vaikea arvioida. Kokeellisuuden suurimmat hyödyt saattavat olla juuri motivaation kasvattaminen, asenteiden muuttaminen ja motoristen taitojen harjoittelu. Kokeellinen työskentely on pääsääntöisesti myös sosiaalista kanssakäymistä toisten oppilaiden kanssa. (Nakhleh et al, 2002). Oppiminen on sosiaalista toimintaa (Tynjälä 2000).

Monista tutkimukseen liittyvistä ongelmista huolimatta Nakhleh et al (2002) ovat sitä mieltä, että laboratoriolle on paljon potentiaalia tutkimuskenttänä, kun tutkitaan ymmärryksen parantumista, ongelmanratkaisutaitojen kehittymistä ja asenteiden muuttumista positiivisempaan suuntaan. Laboratorio ei heidän mukaansa ole vielä niin tehokas työskentelypaikka kuin se voisi olla, mutta kokeellisen työskentelyn tarjoamat hyödyt kannustavat jatkamaan tutkimusta.

Kokeellisen työskentelyn tavoitteena on oppia muun muassa ymmärtämään luonnontieteellistä maailmankuvaa, tekemään havaintoja, mittauksia ja tutkimuksia sekä soveltamaan tietoa ongelmien ratkaisemiseksi. Tutkimuksissa kokeellisuuden on havaittu kehittävän muun muassa oppilaiden pitkäjänteisyyttä, itseluottamusta, päättelykykyä sekä motorisia taitoja. Kokeellisuus on myös lisännyt mielenkiintoa ja parantanut asenteita kemian kohtaan. (Meisalo & Lavonen, 2010).

Gabel (1999) kirjoittaa, että kokeellisuus on hyvä tapa auttaa oppilaita yhdistämään kemian makroskooppinen, mikroskooppinen ja symbolinen taso. Näiden kolmen tason ja niiden välisten yhteyksien osaaminen on tärkeää kemian ymmärtämisen kannalta. Gabel painottaa, että kokeellisten töiden pitää liittyä selkeästi käsiteltävään teoriaan ja kaikkia kolmea kemian tasoa on aktiivisesti käytettävä työtä tehdessä, jotta oppilaiden kemiallinen ymmärrys lisääntyisi. Gabelin mukaan kokeellisuudessa olisi hyvä käyttää oppilaille arkipäivästä tuttuja aineita. Arkipäiväisyys helpottaa asian ymmärtämistä ja lisää mielenkiintoa aihetta kohtaan.

Nakhlehin (1994) mukaan opettajan kolme päätehtävää kokeellisten töiden yhteydessä ovat lisätä mielekästä oppimista, saada oppilaat aktiivisesti rakentamaan uutta tietoa ja saada oppilaat kantamaan vastuuta omasta oppimisestaan. Avuksi näihin tehtäviin Nakhleh esittää V-diagrammia ja käsitekarttaa. Nämä välineet tarjoavat mahdollisuuden tutkia oppimisprosessia sekä oppimisen lopputuloksia. V-diagrammi auttaa oppilasta yhdistämään kokeellisessa työssä tekemänsä havainnot tunnilla opittuun teoriaan. Käsitekartat auttavat visualisoimaan tiedon rakennetta ja eri käsitteiden välisiä yhteyksiä.

Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden työtapooppaassa Lavonen ja Meisalo (2010a) kirjoittavat, että kokeellinen työskentely voi jäädä helposti opetuksesta irralliseksi. Kokeellisuus ei suoraan tue käsitteiden ymmärtämistä. Heidän mukaansa kokeellisuudella on merkitystä vasta, kun sekä opettaja että oppilas ovat ymmärtäneet työn tavoitteet. Csikósin

(2007) mukaan mielekäs ja tavoitteellinen kokeellisuus on olennainen osa merkityksellistä kemian opetusta. Csikós jatkaa, että oppilaat tarvitsevat mielekkäistä haasteita voidakseen ymmärtää kemiaa syvällisesti ja kehittää korkeamman tason ajattelutaitojaan.

Akselan (2009) mukaan kokeellista työtä suunnitellessa on huomioitava kolme seikkaa. Ensimmäinen näistä on työn tavoitteet, toinen tarvittavat opetusjärjestelyt ja kolmas mitä oppilas työssä oppii ja miten oppimista arvioidaan. Kokeellisuus ei saisi olla reseptimäistä, koska silloin tapahtuu liian vähän oppimista. Oppilaille pitää antaa tarpeeksi aikaa ajatella havaintojaan ja keskustella toistensa kanssa kokeellisen työn aikana. Aksela painottaa, että opettajalla on keskeinen rooli kokeellisuuden tukijana. Hän ohjaa oppilaita kysymään tärkeitä miten ja miksi kysymyksiä. Aksela myös muistuttaa, että yksi hyvin tehty työ on parempi kuin kymmenen huolimattomasti tehtyä työtä.

Meisalo ja Erätuuli (1985) kirjoittavat, että koulussa tehtävä kokeellisuus voidaan jakaa kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen kokeellisuuteen. Kvalitatiivisessa kokeellisuudessa pyritään havaintojen kautta pääsemään haluttuun tulokseen. Kvantitatiivisissa kokeissa tulokseen pyritään tekemällä mittauksia.

Kemiassa voidaan käyttää monia erilaisia lähestymistapoja. Kaksi esimerkkiä ovat induktiivinen ja deduktiivinen lähestymistapa. Induktiivisessa työtavassa tehdään havaintojen ja mittausten perusteella johtopäätöksiä. Kemiassa nämä havainnot tehdään yleensä oppilastöissä tai demonstraatioista. Oppilaiden välinen vuorovaikutus ja itsenäinen työskentely ovat tärkeitä, vaikka käytännössä edetään usein opettajajohtoisesti. Deduktiivisessa työtavassa lähdetään liikkeelle teoriasta, joka sitten todistetaan induktiivisesti eli tekemällä havaintoja ja mittauksia. (Meisalo & Erätuuli, 1985). Tässä työssä opetusryhmä 1 lähestyy reaktionopeutta induktiivisesti eli opettajan avulla, mutta kokeellisia töitä tehden. Opetusryhmä 2 lähestyy aihetta deduktiivisesti eli ensin käydään opettajajohtoisesti läpi aiheeseen liittyvä teoria, jonka jälkeen teoria vahvistetaan tekemällä havaintoja kokeellisissa töissä.

4 Tutkimus

Tässä luvussa esitellään tehty tutkimus. Luvussa 4.1 kerrotaan tutkimuksen tavoitteista ja luvussa 4.2 on tavoitteiden perusteella muodostetut tutkimuskysymykset. Käytetyt tutkimusmenetelmät esitellään luvussa 4.3 ja tutkimuksen kulku luvussa 4.4.

4.1 Tavoitteet

Tässä tutkimuksessa verrataan kokeellisuuslähtöistä opetusta teorialähtöiseen opetukseen. Tutkimuksen tavoitteena on ensin selvittää, millaisia tietoja lukion kolmatta kemiankurssia käyvillä opiskelijoilla on kemiallisesta reaktionopeudesta ja siihen vaikuttamisesta. Tämän jälkeen tavoitteena on tutkia, mitä opiskelijat oppivat reaktionopeudesta ja siihen vaikuttamisesta. Lopuksi selvitetään, vaikuttaako opetuksen lähestymistapa oppimistuloksiin. Tutkimuksen tavoitteet muotoiltiin tutkimuskysymyksiksi, jotka on esitelty luvussa 4.2.

4.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymysten tarkoitus on rajata ja ohjata tutkimuksen tekoa. Tässä tutkimuksessa haetaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- 1) Mitä ennakkotietoja opiskelijoilla on reaktionopeudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä?
- 2) Mitä opiskelijat oppivat reaktionopeudesta ja siihen vaikuttamisesta kokeellisuuslähtöisessä opetuksessa ja teorialähtöisessä opetuksessa?
- 3) Tukeeko kokeellinen opetus oppimista paremmin kuin teoreettinen opetus?

Seuraavissa alaluvuissa kuvaillaan tutkimuksen toteutus käytännössä.

4.3 Menetelmä

Tutkimuksessa käytetään tutkimusmenetelmänä kyselytutkimusta. Tutkimus toteutetaan keräämällä opiskelijoilta vastaukset samoihin avoimiin kysymyksiin ennen ja jälkeen pidetyn

oppitunnin. Kyselylomakkeessa kysytään myös joitain taustatietoja suljetuilla kysymyksillä. Tämän lisäksi kurssikokeessa on yksi pakollinen tehtävä reaktionopeudesta.

4.3.1 Kyselytutkimus

Tässä tutkimuksessa kyselylomakkeen avulla kerätty aineisto käsitellään kvantitatiivisesti. Aineisto kerätään standardoidusti eli kaikille kyselyyn osallistuville esitetään täsmälleen samat kysymykset. Kyselytutkimus on tehokas tapa kerätä tietoa suureltakin ihmisjoukolta. Kyselytutkimuksen tuloksia tarkastellaan yleensä tilastollisesti. Tällaiseen analysointiin on kehitetty erilaisia menetelmiä, joten tutkijan ei tarvitse keksiä analysointi menetelmiä itse. (Hirsjärvi et al. 2005).

Kyselytutkimuksen suurimpana haittana pidetään sitä, ettei tutkija pysty varmistumaan siitä, miten vakavasti vastaajat ovat suhtautuneet kyselyyn ja kuinka huolellisesti he ovat täyttäneet lomakkeen. Vastaajien väärinymmärryksiä on myös vaikea kontrolloida. Nämä seikat on otettavat huomioon kyselytutkimuksen tuloksia tarkastellessa. (Hirsjärvi et al. 2005). Näitä ongelmia ilmenee myös tässä tutkimuksessa. Opiskelijat eivät suhtaudu kyselyyn toivotulla vakavuudella. Opiskelijoiden suhtautumista kuvataan tarkemmin luvussa 5.1.

Kysely toteutetaan informoituna kontrolloituna kyselynä. Tämä tarkoittaa, että tutkija jakaa henkilökohtaisesti tutkimuslomakkeet ja kertoo samalla vastaajille tutkimuksen tarkoituksesta ja vastaa mahdollisiin kysymyksiin. Tällainen kysely voidaan toteuttaa esimerkiksi koulussa, kuten tässä tutkimuksessa tehtiin. (Hirsjärvi et al. 2005).

Tämän tutkimuksen alussa kysytään taustatietoina vastaajien nimeä, sitä kuinka monta kokeellista työtä he ovat tehneet lukion aikana, heidän mielipidettään kemian opiskelun vaikeudesta sekä kokeellisten töiden vaikutuksesta uuden asian ymmärtämiseen ja oppimiseen.

Kyselylomake on olennainen osa kyselytutkimusta. Lomake kannattaa aina tehdä huolellisesti, sillä yksi suurimmista virheiden aiheuttajista tutkimuksissa on kysymysten muotoilu. (Heikkilä, 2008). Kyselylomakkeen laadintaan ei ole olemassa tarkkoja sääntöjä. Kirjallisuudesta löytyy yleisiä ohjeita, jotka ovat syntyneet kyselyiden laatimisen yhteydessä. Tärkeintä lomakkeen laatimisessa ovat selkeys ja täsmällisyys. Monimerkityksisiä ilmaisuja

ja kysymyksiä tulee välttää. Täsmällisiä vastauksia saa täsmällisillä ja lyhyillä kysymyksillä. Kysymysten tulee olla selkeää yleiskieltä, jota vastaajan on helppo ymmärtää ammattitautistaan riippumatta. Kysymysten määrällä ja järjestyksellä on myös merkitystä. Yleiset kysymykset on hyvä sijoittaa lomakkeen alkuun ja yksityiskohtaisemmat kysymykset lomakkeen loppuun. (Hirsjärvi et al. 2005).

Kyselylomakkeen tekoon panostettiin monella tavalla tässä tutkimuksessa. Tutkija kokosi lomakkeen reaktionopeuteen liittyvistä ylioppilastehtävistä. Tutkija kävi läpi ylioppilaskokeet vuosilta 1999 – 2009 ja listasi niissä esiintyneet reaktionopeuteen liittyvät tehtävät. Näistä tehtävistä hän valitsi kyselylomakkeeseen kolme, joiden malliratkaisut vastaavat parhaiten tutkimuskysymyksiin. Esikuvina lomakkeen tehtäville toimivat seuraavat ylioppilaskokeen tehtävät; syys 1999 tehtävä 7, kevät 2001 tehtävä +8 sekä kevät 2007 tehtävä 10a.

Kyselylomake voi muodostua avoimista kysymyksistä, monivalintakysymyksistä sekä asteikkoihin perustuvista kysymyksistä. Avoimissa kysymyksissä esitetään ainoastaan kysymys ja jätetään tilaa vastaukselle. Monivalintakysymyksissä tutkija on laatinut valmiiksi sekä kysymyksen että joitain vastausvaihtoehtoja, joista vastaaja ympyröi tai rastittaa sopivan. Asteikkoihin perustuvissa kysymyksissä esitetään väitteitä ja vastaaja valitsee kuinka samaa tai erimielistä hän on esitetyn väitteen kanssa. (Hirsjärvi et al. 2005). Monivalintakysymysten etuna on niiden helppo jatkokäsittely ja yksiselitteisyys. Niihin vastaaminen on myös helpompaa valmiiksi annettujen vaihtoehtojen takia. Toisaalta monivalintakysymykset sitovat vastaajan tutkijan antamiin vaihtoehtoihin. Avoimien kysymysten avulla voi saada vastauksia, joita tutkija ei ole keksinyt. Vastaaja saa kertoa, mitä todella ajattelee. Avoimet kysymykset näyttävät myös selkeämmin vastaajan tietämättömyyden aiheesta. Avoimien kysymysten vastaukset voivat olla hyvin kirjavia ja vaikeasti käsiteltäviä. (Hirsjärvi et al. 2005). Tässä tutkimuksessa käytetään taustatietojen kysymisen jälkeen pelkästään avoimia kysymyksiä. Kyselylomake on liitteenä 1.

Esitutkimus on välttämätön osa lomakkeen tekemistä. Esitutkimuksella voi tarkastaa lomakkeen ymmärrettävyyden ja korjata mahdollisia epäkohtia. (Hirsjärvi et al. 2005). Esitutkimukseen riittää 5-10 henkeä, jos he todella paneutuvat tutkimaan lomakkeen toimivuutta ja yksiselitteisyyttä. Korjaamisen jälkeen lomake on hyvä näyttää vielä kerran jollakin ulkopuoliselle. Näin varmistetaan, ettei korjauksissa ole tullut virheitä. (Heikkilä, 2008). Lomake esiteltiin Kemian opetuksen ja tutkimuksen – seminaariin osallistuville

opiskelijoille, jotka kommentoivat lomaketta. Lomake arvioitiin selkeäksi. Myös tutkittavan kurssin opettaja tutustui lomakkeeseen etukäteen. Lopullisen lomakkeen kysymykset eivät ole täysin identtisiä esikuvina olleiden ylioppilastehtävien kanssa. Lomakkeen kysymyksiin tehtiin muutama tarkennus saadun palautteen perusteella. Korjausten jälkeen kurssin opettaja kävi vielä lomakkeen läpi.

Opiskelijat vastasivat samaan lomakkeeseen molempien oppituntien alussa. Toisen tunnin alussa heiltä kysyttiin taustatietona ainoastaan nimeä. Tunnit ovat peräkkäisinä päivinä, ja oppilaiden asenteiden ei odoteta muuttuneen niin lyhyessä ajassa. Muilta osin kyselylomake on identtinen ensimmäisen kyselylomakkeen kanssa.

Kurssikokeessa oli reaktionopeuteen liittyvä kysymys erillisenä paperina. Kysymys oli osittain samanlainen kuin lomakkeen ensimmäinen tehtävä. Tehtävä oli erilaisessa kontekstissa ja siihen on liitetty rakennekuvia. Vastauksessa haettiin samoja asioita kuin lomakkeen ensimmäisessä tehtävässä. Tehtävästä tehtiin erilainen kuin alkuperäisessä lomakkeessa, koska haluttiin välttää ulkoa opeteltujen vastausten toistamista. Uudennäköisellä kysymyksellä pyrittiin testaamaan, ovatko opiskelijat todella ymmärtäneet opetetut asiat ja pystyvätkö he soveltamaan oppimaansa tietoa. (Liite 2)

4.3.2 Aineiston analysointi

Kyselytutkimuksen tulokset analysoidaan PASW Statistics 17 (Predictive Analytics Software) tilasto-ohjelmalla. Vastausten pisteistä laskettiin keskiarvot, moodit ja hajonnat. Tutkimuksessa haluttiin verrata opiskelijoiden ennakkotietoja opetuksen jälkeisiin tietoihin, joten esi- ja jälkilomakkeen arvoja verrattiin toisiinsa.

Taustatietokysymyksissä vastaukset pisteytettiin tulosten käsittelyn helpottamiseksi. Kysymys 2 ”Onko kemian opiskelu mielestäsi” pisteytettiin a. helppoa (1) b. ei helppoa eikä vaikeaa (2) ja c. vaikeaa (3)”. Kysymys 3 ”Kuinka paljon kokeellisia töitä olet tehnyt lukiossa” pisteytettiin a. en yhtään (1) b. 1-2 työtä (2) c. 3-4 työtä (3) d. 4-5 työtä (4) ja e. yli 6 työtä (5). Viimeinen taustatietokysymys, kysymys 4, ”Auttavatko kokeelliset työt sinua uuden asian ymmärtämisessä ja oppimisessa” pisteytettiin a. eivät lainkaan (1) b. jonkin verran (2) c. melko paljon (3) ja d. paljon (4).

Avointen kysymysten vastaukset pisteytettiin ennakkoon määriteltyjen luokkien mukaan. Tutkija määritteli ylioppilastehtävien mallivastauksia ja pisteytysohjeita apuna käyttäen asiat, joita opiskelijoiden vastauksista piti löytyä (Montonen & Saarinen, 2008; Montonen, 2007; Saarinen, 2001). Jokainen tehtävä jaettiin kuuteen osaan, joista kaikista saattoi saada pisteeksi joko yhden tai nollan. Yksi tarkoitti, että asia oli mainittu vastauksessa ja nolla tarkoitti, ettei asiaa oltu mainittu. Yhteispistemäärä jokaisesta tehtävästä oli kuusi ja lomakkeen enimmäispistemäärä oli 18.

Kurssikokeen tehtävä pisteytettiin vähentämällä piste jokaisesta asiasta, jota opiskelija ei maininnut. Koetehtävässäkin enimmäispistemäärä oli kuusi pistettä. Täysin pisteisiin vaadittiin maininnat konsentraatiosta, sekoittamisesta, lämmityksestä, katalyytistä, pinta-alasta ja törmäysteoriasta.

4.3.3 Luotettavuus ja pätevyys

Luotettavuuden ensimmäinen edellytys on, että tutkimus on tehty tieteelliselle tutkimukselle asetettujen kriteerien mukaisesti. Mittauksen luotettavuutta kuvataan valideetin ja reliabiliteetin avulla. Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavat muun muassa käsittely- ja mittausvirheet. Mittavälineiden epätarkkuus voi aiheuttaa mittausvirheitä. Tutkimuksen kokonaisvirhe muodostuu otantavirheestä ja ei-otantavirheestä, joka tarkoittaa muiden tekijöiden muodostamaa virhettä. (Heikkilä, 2008).

Valideetti eli pätevyys kuvaa sitä, onko tutkimuksessa onnistuttu mittaamaan sitä, mitä alun perin oli tarkoitus mitata. Kyselytutkimuksessa siihen vaikuttaa ensisijaisesti kysymysten muotoilu. Validius voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen valideettiin. Sisäinen valideetti tarkoittaa sitä, kuinka hyvin mittaukset vastaavat teoriaosuudessa esitettyjä käsitteitä. Ulkoinen valideetti tarkoittaa sitä, että muutkin tutkijat tulkitsevat tutkimustulokset samalla tavalla. Validiutta ei ole helppo tarkastella tutkimuksen tekemisen jälkeen. Edes tarkka käsitteiden rajaaminen ei aina takaa validia tutkimusta. (Heikkilä, 2008).

Metsämuurosen (2005) mukaan paras valideetti saavutetaan, kun kaikki tutkimuksen validiuden uhat pyritään käymään läpi jo ennen tutkimuksen toteuttamista ja eliminoimaan ne. Tässä tutkimuksessa tämä toteutettiin antamalla kyselylomake etukäteen eri ihmisten

tarkastettavaksi. Tutkimuslomakkeesta pyydettiin palautetta sekä kemian opettajaksi opiskelevilta että tutkimuskohteena olevan kemian kurssin opettajalta.

Tutkimuksen ensimmäinen tarkoitus oli testata opiskelijoiden ennakkotietoja kemiallisesta reaktionopeudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Tämä tieto saatiin teettämällä kyselylomake opiskelijoilla ennen opetusta. Lomakkeen kysymykset liittyvät suoraan reaktionopeuteen ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Mukana oli perustehtäviä ja soveltavia tehtäviä. Lomakkeen tehtävät pohjautuvat vanhoihin ylioppilastehtäviin, jotka ovat käyneet läpi tarkan seulan ennen ylioppilaskirjoituksia, ja jotka on testattu tuhansilla opiskelijoilla itse ylioppilaskirjoituksissa. Kysymyksiä voidaan pitää selkeinä ja toimivina. Voidaan sanoa, että tutkimuksessa pystytään mittaamaan sitä, mitä alun perin on tarkoituskin ja näin ollen tutkimusta voidaan pitää pätevänä.

Reliabiliteetti eli luotettavuus viittaa tutkimuksen toistettavuuteen. Jos sama tutkimus toistettaisi useita kertoja, reliabelissa tutkimuksessa tulokset olisivat samoja tai hyvin lähellä toisiaan. (Metsämuuronen, 2005). Reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksen kykyä tuottaa ei-satunnaisia vastauksia. Myös reliabiliteetti voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen reliabiliteettiin. Sisäinen reliabiliteetti voidaan todeta toistamalla saman tilastoyksikön mittaaminen. Ulkoinen reliabiliteetti voidaan todeta toistamalla mittaus muissa tilanteissa tai tutkimuksissa. Reliabiliteetti on riippumaton validiudesta, mutta alhainen reliabiliteetti alentaa myös mittarin validiutta.

Luotettavuutta pyrittiin parantamaan tässä tutkimuksessa selostamalla yksityiskohtaisesti kaikki tutkimuksen vaiheet ja laittamalla käytetyt opetusmateriaalit tämän työn liitteeksi. Tutkimus on mahdollista toistaa. Luotettavuutta vähentää pieni otoskoko. Opetusryhmä 1 on vain kahdeksan opiskelijaa ja opetusryhmä 2:ssa opiskelijoita on 16 opiskelijaa. Lisäksi tutkimusryhmien opiskelijat ovat kurssiarvosanojensa perusteella keskiarvoa parempia opiskelijoita. Tutkimuksen tuloksia ei voida suoraan yleistää koskemaan muita opiskelijoita. Luotettavuutta vähentää myös se, että tutkittavat opiskelijat tiesivät osallistuvansa tutkimukseen. Tämä voi vaikuttaa opiskelijoiden vastauksiin ja vääristää tutkimuksen tuloksia. Tutkimuksen liitteenä 3 on tuloksista laskettu t-testi-taulukko.

4.4 Tutkimuksen toteutus

4.4.1 Tutkimuksen kulku

Opetuskokeilu toteutettiin Helsingin yliopiston Viikin normaalikoulussa, jossa tutkija on töissä. Tutkimuksen suunnittelu aloitettiin alkuvuodesta 2010 kartoittamalla Viikin normaalikoulussa loppulukuvuoden aikana pidettävät kemian kurssit. Reaktionopeutta käsitellään lukiossa kemian kolmannella kurssilla. Vuonna 2010 tämä kurssi pidettiin viidennessä jaksossa kahdelle ryhmälle.

Suunnitteluvaiheessa päädyttiin siihen, että tutkija piti itse kaikki tutkimusoppitunnit oman opettajan tarkkaillessa tilannetta luokan takana. Tutkimustuntien ajankohta määräytyi kurssin opettajan tekemän kurssisuunnitelman pohjalta. Tutkimustunnit pidettiin toukokuun puolivälissä vuonna 2010. Viimeinen aineiston keruu tehtiin kurssikokeen yhteydessä. Koe pidettiin noin kolme viikkoa tutkimustuntien jälkeen. Tarkempi kuvaus tutkimuksen aikataulusta sekä kaavio tutkimuksen kulusta löytyvät liitteestä 4.

4.4.2 Kohderyhmät

Kohderyhmien opiskelijat suorittivat lukion kolmatta kemian kurssia 2010. Kaikki opiskelijat olivat ilmoittautuneet samalle kurssille, joka jaettiin kahdeksi ryhmäksi opiskelijoiden lukujärjestysten mukaan.

Molemmilla opetusryhmillä on sama opettaja. Opettaja on opiskellut pääaineenaan kemiaa ja on työskennellyt opettajan monta vuotta. Opettaja tuntee opiskelijat aiemmilta kursseilta ja on myös opettanut heitä käynnissä olevan kurssin ajan. Hänen mukaansa molemmissa ryhmissä on motivoituneita ja lahjakkaita oppilaita.

Opetusryhmä 1 lähestyi reaktionopeutta ensin kokeellisuuden kautta. Tässä ryhmässä oli kahdeksan oppilasta, joista neljä oli poikia ja neljä tyttöä. Kaikki opiskelijat olivat suorittaneet kaksi kemian kurssia. Opiskelijoiden kurssiarvosanat vaihtelivat kahdeksan ja kymmenen välillä, keskiarvon ollessa 9,4. Kaikki opetusryhmän opiskelijat osallistuivat molemmille tutkimustunneille sekä kurssikokeeseen.

Opetusryhmä 2 lähestyi aihetta ensin teoreettiselta kannalta. Tässä ryhmässä oli lopulta 16 opiskelijaa, joista seitsemän oli poikia ja yhdeksän tyttöjä. Myös Opetusryhmä 2 opiskelijat olivat kaikki suorittaneet kaksi kemian kurssia. Heidän kurssiarvosanansa vaihtelivat yhdeksän ja kymmenen välillä, keskiarvon ollessa 9,8. Tässä ryhmässä oli aluksi 18 opiskelijaa, joista yksi ei tullut toiselle tutkimustunnille. Sen sijaan toisella tunnilla oli kaksi opiskelijaa, jotka eivät olleet ensimmäisellä tunnilla. Kurssikokeessa oli jälleen eri määrä opiskelijoita kuin oppitunneilla. Selvyyden vuoksi tutkimuksessa huomioitiin ainoastaan ne opiskelijat, jotka osallistuvat molemmille tutkimustunneille sekä kurssikokeeseen.

Kaikki tutkimuslomakkeet kerättiin nimettyinä. Opiskelijoille kerrottiin, että kysely on luottamuksellinen, eikä heidän nimensä tule näkyville lopulliseen työhön. Opiskelijat numeroitiin satunnaisesti omassa ryhmässään. Opetusryhmän 1 opiskelijoiden numeron edessä on kirjain A (esimerkiksi opiskelija A7) ja opetusryhmä 2 opiskelijoiden numeron edessä on kirjain B (esimerkiksi opiskelija B12).

Ennakkotietolomakkeen alussa kartoitettiin opiskelijoiden taustatietoja tutkimusta varten. Opetusryhmä 1 opiskelijoiden kemian kurssiarvosanojen keskiarvo oli 9,4 ja opetusryhmä 2 kemian kurssien keskiarvo oli 9,8. Molempien opetusryhmien mielestä kemian opiskelu ei ole helppoa eikä vaikeaa. Tätä kysyttiin taustatietokysymyksessä kaksi, johon kummankin ryhmän vastausten moodi oli ”2: *ei helppoa eikä vaikeaa*”. Kolmantena kysymyksenä kysyttiin kuinka paljon kokeellisia töitä opiskelijat ovat tehneet lukiossa. Vastausten moodi oli molemmilla ryhmillä kolme eli ”3: *3-4 työtä*”. Viimeisenä taustatietona kysyttiin, kuinka hyödylliseksi opiskelijat kokevat kokeellisuuden uuden asian oppimisen ja ymmärtämisen kannalta. Molempien ryhmien antamien vastausten moodi oli ”2: *jonkin verran*”. Ryhmät ovat taustoiltaan lähes identtisiä.

4.4.3 Opetustunnit

Tutkimus suoritettiin kurssin puolivälin jälkeen. Kurssin alun tunteja piti oman opettajan lisäksi kaksi opetusharjoittelijaa. Kurssin alun aiheet eivät liity reaktionopeuteen. Opiskelijat ovat edellisen kerran opiskelleet reaktionopeutta yläkoulussa.

Tutkija suunnitteli kaksi erilaista oppituntia, jotka pidettiin identtisinä molemmille ryhmille. Ainoastaan tuntien järjestys oli eri. Toisella tunnilla reaktionopeutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä lähestyttiin puhtaasti kokeellisten töiden kautta. Toisella tunnilla käytiin läpi aiheeseen liittyvää teoriaa opettajajohtoisesti. Tämän lisäksi tehtiin tehtäviä aiheesta ja luettiin kirjan tekstiä.

Tuntien välissä opiskelijat saivat läksyksi lukea tutkijan kokoaman monisteen reaktionopeuteen vaikuttamisesta luonnossa ja teollisuudessa (ks. liite 5). Moniste koottiin muiden oppikirjasarjojen tiedoista. Siinä esiteltiin muun muassa elintarvikkeiden säilyvyyttä parantavia menetelmiä, teollisuudessa käytettyjä katalyyttejä sekä luontoon ihmisen toimista vapautuvia kemiallisia reaktioita nopeuttavia aineita.

Molempien ryhmien ensimmäiset tutkimustunnit alkoivat tutkijan esittelyllä ja työn tarkoituksen selittämällä. Seuraavaksi kumpikin ryhmä täytti saman kyselylomakkeen, joka esitellään luvussa 4.4.1. Opiskelijoita ohjeistettiin vastaamaan lomakkeen kysymyksiin samalla huolellisuudella kuin koekysymyksiin. Lomakkeella kartoitettiin opiskelijoiden taustatietoja sekä heidän lähtötasonsa. Osa taustatiedoista, kuten suoritettujen kurssien määrä ja arvosanat, saadaan koulussa käytössä olevasta Wilma-järjestelmästä. Wilma on sähköinen oppilastietokanta, johon merkitään muun muassa opiskelijoiden kurssivalinnat, poissaolot ja suoritukset.

Ensimmäisen kyselylomakkeen jälkeen tutkija käytti opetusryhmä 1 kanssa loput oppitunnista (n. 50 minuuttia 75 minuutin oppitunnista) kokeellisten töiden tekemiseen. Tutkija oli testannut kokeelliset työt opiskelijaryhmän kanssa vuonna 2009 opetusharjoittelussa. Töissä tutkittiin eri tekijöiden vaikutusta reaktionopeuteen. Kokeellisuustunnilla oppilaat jaettiin molemmissa opetusryhmissä noin neljän hengen ryhmiin, jotka tekivät töitä omassa tahdissaan. Jokaista työtä pystyi tekemään kaksi ryhmää kerrallaan, joten pahoilta ruuhkilta ja odottelulta vältyttiin. Ennen töiden aloittamista työt käytiin yhdessä läpi. Sekä tutkija että opettaja kiertelivät luokassa ja auttavat opiskelijoita ongelmatilanteissa. He myös varmistivat, että opiskelijat pohtivat vastauksia työohjeissa olleisiin kysymyksiin.

Työohjeet olivat melko yksiselitteiset. Niissä oli ohjeiden lisäksi kysymyksiä, jotka saivat opiskelijat pohtimaan, mitä työssä oikeastaan tapahtui ja miksi. Ensimmäisessä työssä tutkittiin katalyytin vaikutusta vetyperoksidin hajoamisreaktioon. Toisessa työssä tutkittiin

pinta-alan, mekaanisen sekoittamisen ja lämpötilan vaikutusta sokerin liukenemisnopeuteen. Kolmannessa työssä opiskelijat tutkivat, miten liuoksen konsentraatio vaikuttaa reaktionopeuteen. Viimeisessä työssä tutkimuskohteena oli inhibiittorin vaikutus hapettumisreaktiossa. Työohjeet ovat kokonaisuudessaan liitteenä 6.

Opetusryhmä 1 seuraava oppitunti alkoi saman kyselylomakkeen täyttämällä kuin ensimmäinen tutkimustuntikin (n. 30 minuuttia). Lopputunti käytettiin aiheen teoreettiseen opettamiseen ja esimerkkitehtävien ratkaisemiseen.

Teoriatunnin sisällöistä osa oli testattu opetusharjoittelussa keväällä 2009. Tunnilla käytiin läpi tutkijan tekemä PowerPoint-esitys aiheesta (ks. liite 7). Esitys on koottu lukion oppikirjasarjojen teorialietojen perusteella. Tutkija pyrki etenemään tunnilla kyselemällä ja johdattelemalla opiskelijoita. Opiskelijat saivat ladata esityksen itselleen kurssin kotisivuilta tunnin jälkeen, joten tunnin aikana he pystyivät keskittymään pelkästään opetukseen. Keskustelun ja kysymysten lisäksi tunnilla esitettiin demonstraatio törmäysteoriasta sekä tehtiin tehtäviä kurssikirjasta.

Opetusryhmä 2 pidettiin tunnit käänteisessä järjestyksessä. He aloittivat teorialla ja tekivät vasta toisella tunnilla kokeelliset työt. Sisällöiltään molemmat tunnit olivat identtiset.

Molemmilla kokeellisuustunneilla opiskelijat tarvitsivat apua ja tarkennuksia ohjeisiin. Tunnelma tunneilla oli mukava, ja tutkija sai opiskelijoilta hyvää palautetta kokeellisista töistä. Kun opiskelijat kysyivät apua havaitsemiensa ilmiöiden selittämiseen, sekä tutkija että opettaja käyttivät selityksissään teoriatunnin termejä molemmille ryhmille, vaikka opetusryhmä 1 ei vielä ollutkaan pidetty teoriatuntia. Tällä pyrittiin tukemaan kokeen yhdistämistä teoriaan. Suurimmat ongelmat olivat työssä numero 2 (”Elefantin hammastahna”). Monet opiskelijat luulivat pesuaineen toimivan katalyyttinä reaktiossa kaliumjodidin sijaan. Tutkija ja opettaja pyrkivät korjaamaan virhekäsityksiä. Varsinkin opetusryhmä 1 kokeellisuustunnilla opiskelijoista näki selvästi, että he kokivat eräänlaisia ahaa-elämyksiä töitä tehdessään. He yhdistivät mielessään työssä näkemänsä tapahtuman kemialliseen ilmiöön tai käsitteeseen.

Teoriatunnit olivat rakenteeltaan ja tapahtumiltaan hyvin perinteisiä opetustunteja. Kokeellisuustunnilla havaittuja ahaa-elämyksiä ei täällä saatu, vaikka asiat selkenevätkin

opiskelijoille. Opiskelijat osallistuivat molemmissa ryhmissä merkittävästi opetukseen ja keskusteluun. Opetusryhmä 2 osallistui ja keskittyi hieman paremmin kuin opetusryhmä 1. Toisaalta opetusryhmä 1 osasi teoriatunnin asiat paremmin. Kokeellisuustunnilta oli jäänyt jotain opiskelijoiden mieliin.

5 Tulokset

Tutkimustulokset esitellään luvussa viisi tutkimuskysymyksittäin. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tulokset on esitelty luvussa 5.1, toisen tutkimuskysymyksen tulokset luvussa 5.2 ja kolmannen tutkimuskysymyksen tulokset luvussa 5.3.

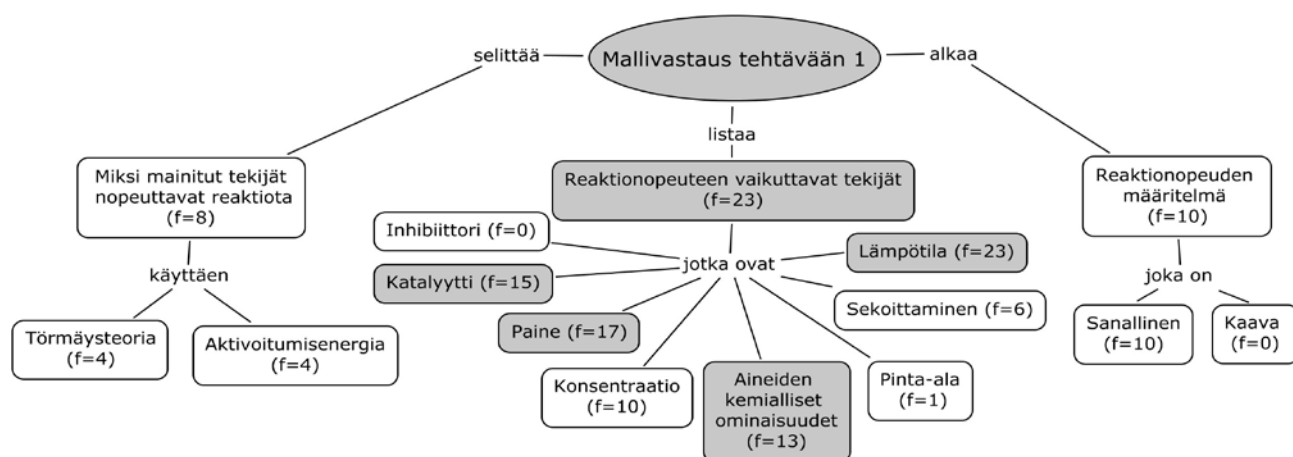
5.1 Opiskelijoiden ennakkotiedot reaktionopeudesta ja siihen vaikuttamisesta

Ensimmäinen tutkimuskysymys koski opiskelijoiden ennakkotietoja reaktionopeudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Reaktionopeuteen vaikuttaminen käsitellään ensimmäisen kerran jo peruskoulussa, joten opiskelijoilla pitäisi olla jonkinlainen käsitys aiheesta (ks. luku 2.3). Tähän kysymykseen haettiin vastausta teettämällä opiskelijoilla kyselylomake ennen opetuksen alkua.

Opetusryhmä 1 vastausten pistemäärien keskiarvo oli 2,8 pistettä 18 mahdollisesta pisteestä. Opetusryhmä 2 keskiarvo oli 3,3 pistettä 18 pisteestä. Molempien ryhmien ennakkotiedot olivat hyvin vähäiset. Ennakkotietolomakkeen vastauksista huomaa selvästi, että osa opiskelijoista ei yrittänytkaan vastata kunnolla. Vastauksina oli esimerkiksi ”emt”, ”ei pysty” tai ”ei osaa sanoa”. Yhteen lomakkeeseen oli jopa kirjoitettu, ettei koetasoisenvastauksen antaminen kylmiltään ole lainkaan motivoivaa.

Molemmille opetusryhmille lomakkeen ensimmäinen tehtävä, jossa piti määritellä reaktionopeus ja kertoa siihen vaikuttavista tekijöistä, on helpoin tehtävä. Yleisin määritelmä molemmilla ryhmillä reaktionopeudelle oli, että reaktionopeus kuvaa nopeutta, jolla reaktio tapahtuu. Tämä ei riitä määritelmäksi eikä siitä siksi saanut pisteitä. Lähes kaikki opiskelijat osasivat luetella vähintään kolme reaktionopeuteen vaikuttavaa tekijää. Opetusryhmä 1 keskiarvo tässä tehtävässä oli 1,8 pistettä kuudesta pisteestä. Opetusryhmä 2 keskiarvo oli 1,6 pistettä kuudesta pisteestä.

Kuvassa 6 on mallivastauksen rakenne käsitekarttana. Käsitekartassa on kaikki asiat, joita alkuperäisten ylioppilaskirjoitustehtävien mallivastausten perusteella odotettiin.



Kuva 6. Molempien opetusryhmien opiskelijoiden vastaukset koottuna mallivastauksitekartaan. Ryhmissä oli yhteensä 24 opiskelijaa. Harmaalla on merkitty asiat, jotka yli puolet opiskelijoista mainitsi vastauksessaan.

Kuvassa 6 esitetty mallivastaus pisteytettiin niin, että jokaisesta keskustasta lähtevästä haarasta oli mahdollista saada kaksi pistettä. Reaktionopeuteen vaikuttavista tekijöistä piti mainita vähintään kolme, jotta opiskelija saa yhden pisteen. Jos mainitsi viisi tai enemmän vaikuttavia seikkoja, sai kaksi pistettä. Käsitekartassa lukee, kuinka moni opiskelija 24:stä mainitsi kyseisen asian vastauksessaan. Jos mainintoja oli yli puolelta opiskelijoista, kyseinen laatikko värjättiin harmaaksi. Käsitekartasta nähdään, että opiskelijat osasivat parhaiten reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä. Yksi opiskelija ei vastaa mihinkään kysymykseen, sen takia reaktionopeuteen vaikuttaviin tekijöihin vastasi ainoastaan 23 opiskelijalta 24:stä. Lähes kaikki opiskelijat osasivat mainita lämpötilan reaktionopeuteen vaikuttavana tekijänä. Myös paineen vaikutus reaktionopeuteen oli opiskelijoilla tiedossa.

Kaksi seuraavaa tehtävää olivat enemmän soveltavia tehtäviä. Kummankaan opetusryhmän opiskelijat eivät osanneet näitä asioita. Tämän takia näistä tehtävistä ei ole käsitekarttoja. Tehtävässä 2 pyydettiin kuvailemaan demonstraatio, jonka avulla voi havainnollistaa katalyytin vaikutusta reaktionopeuteen. Opetusryhmä 1 keskiarvo tässä tehtävässä oli 0,4 ja opetusryhmä 2 keskiarvo oli 0,6 kuudesta pisteestä. Kukaan opiskelijoista ei kysynyt tutkijalta tarkennusta tähän tehtävään. Vastaukset näyttivät siltä, etteivät opiskelijat ymmärtäneet, mitä sana demonstraatio tarkoittaa. Monet vastaukset olivat reaktioita, joita ei voi havaita silmin tai ne olivat muuten todella epäkäytännöllisiä. Useat opiskelijat olivat esimerkiksi ehdottaneet elimistössä tapahtuvia entsyymikatalysoituja reaktioita demonstraatioiksi. Opiskelijat eivät osanneet kuvailla työvaiheita tai edes kertoa työn aikana tehtävistä havainnoista. Tämä

saattaa johtua siitä, etteivät heidän valitsemansa reaktiot sisällä varsinaisesti työvaiheita eikä niitä voi havaita silmin.

Viimeisessä tehtävässä opiskelijoita pyydettiin kertomaan reaktionopeuden merkityksestä luonnossa ja teollisuudessa. Tästä tehtävästä opetusryhmä 1 sai keskiarvokseen 0,6 pistettä kuudesta ja opetusryhmä 2 keskiarvo oli yksi piste kuudesta. Vastaukset olivat lähinnä annettujen termien pyörittelemistä ja ilmiselvyyden toteamista. Vastauksissa sanottiin esimerkiksi ”Katalyytti nopeuttaa reaktiota luonnossa ja teollisuudessa.” tai ” Katalyyteillä on suuri vaikutus luonnossa ja teollisuudessa.”. Koko tutkimusryhmästä ainoastaan yksi opiskelija mainitsi luonnon reaktioiden hidastamisen yhtenä esimerkkinä reaktionopeudesta. Kaikki muut vastaukset keskittyivät reaktioiden nopeuttamiseen.

Opetusryhmä 1 pisteet ja pisteiden keskiarvot on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Opetusryhmä 1 pisteet, pisteiden keskiarvot, moodit ja keskiarvon keskihajonnat ennakkotietokyselyssä.

	1.1	1.2	1.3	YHT
A1	1	0	0	1
A2	1	2	1	4
A3	1	1	1	3
A4	4	0	1	5
A5	3	0	1	4
A6	2	0	1	3
A7	1	0	0	1
A8	1	0	0	1
Keskiarvo	1,8	0,4	0,6	2,8
Keskiarvon keskihajonta	0,9	0,6	0,5	1,3
Moodi	1	0	1	1

Ryhmässä vain yksi opiskelija kahdeksasta osasi määritellä reaktionopeuden sanallisesti. Kukaan opiskelijoista ei tiennyt reaktionopeuden laskukaavaa. Kaikki opiskelijat osasivat mainita vähintään kolme reaktionopeuteen vaikuttavaa tekijää. Kaksi opiskelijaa osasi mainita yli viisi reaktionopeuteen vaikuttavaa tekijää. Kolme opiskelijaa kahdeksasta osasi myös kertoa, miksi jotkut tekijät nopeuttivat reaktiota. Aktivoitumisenergiaa ei maininnut kukaan.

Vain kaksi opetusryhmä 1 opiskelijaa sai pisteitä tehtävästä 2. He osasivat kuvailla demonstraation työvaiheita ja toinen heistä kuvaili myös työn aikana tehtäviä havaintoja.

Muut opiskelijat eivät joko vastanneet tehtävään lainkaan tai käyttivät esimerkkejä, jotka eivät kelvanneet demonstraatioksi (esimerkiksi ruoansulatusentsyymien poistaminen ihmiskehosta).

Viimeisessä tehtävässä viisi opiskelijaa kahdeksasta sai yhden pisteen ja kolme opiskelijaa ei vastannut kysymykseen. Yksi opiskelija kirjoitti, että entsyymit ovat esimerkki luonnon reaktion nopeuttamisesta. Kaksi opiskelijaa totesi, että teollisuudessa reaktioita nopeutetaan lähinnä taloudellisista syistä. Lisäksi kaksi opiskelijaa antoi esimerkin teollisuudessa nopeutettavasta reaktiosta. Nämä ovat kaikki eri opiskelijoiden vastauksia.

Opetusryhmä 1 opiskelijoilla ensimmäisessä ja viimeisessä tehtävässä yleisin pistemäärä oli yksi ja keskimmaisessa tehtävässä yleisin pistemäärä oli nolla.

Opetusryhmän 2 pisteet ja pisteiden keskiarvot on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. Opetusryhmä 2 pisteet, pisteiden keskiarvot, moodit ja keskiarvon keskihajonnat ennakkotietokyselyssä.

	1.1	1.2	1.3	YHT
B1	0	0	0	0
B2	2	0	1	3
B3	2	0	1	3
B4	2	1	3	6
B5	2	0	0	2
B6	1	0	1	2
B7	2	0	2	4
B8	0	0	1	1
B9	3	4	1	8
B10	3	0	0	3
B11	1	1	1	3
B12	2	0	2	4
B13	2	4	0	6
B14	1	0	2	3
B15	2	0	1	3
B16	1	0	0	1
Keskiarvo	1,6	0,6	1,0	3,3
Keskiarvon keskihajonta	0,7	0,9	0,6	1,5
Moodi	2	0	1	3

Ryhmässä kahdeksan opiskelijaa 16 osasi määritellä reaktionopeuden sanallisesti, mutta yksikään opiskelija ei tiennyt reaktionopeuden laskukaavaa. 15 opiskelijaa osasi mainita vähintään kolme reaktionopeuteen vaikuttavaa tekijää. Yli viisi tekijää osasi mainita kaksi opiskelijaa. Vain yksi opiskelija osasi kertoa, miksi jotkut tekijät nopeuttavat reaktiota.

Opetusryhmässä 2 oli lisäksi yksi opiskelija, joka osasi käyttää termiä aktivoitumisenergia reaktionopeuksista puhuttaessa.

Tehtävässä 2 oli havaittavissa samoja ongelmia ja puutteita kuin opetusryhmällä 1. Opiskelijoiden keksiarvo oli 0,6 pistettä. Kaksi opiskelijaa sai neljä pistettä kuudesta. Heidän vastauksistaan jäi puuttumaan ainoastaan työn kemiallinen perusta ja jätteiden käsittely työn jälkeen. Muilta osin vastaukset olivat hyviä. Näiden kahden lisäksi kaksi opiskelijaa sai yhden pisteen tehtävästä. Muut opiskelijat eivät joko vastanneet tehtävään ollenkaan tai eivät saaneet vastauksistaan lainkaan pisteitä.

Viimeisessä tehtävässä 11 opiskelijaa 16:sta onnistui saamaan pisteitä. Yksi opiskelija sai jopa kolme pistettä, kolme opiskelijaa sai kaksi pistettä ja loput seitsemän saivat kukin yhden pisteen. Kahdeksan opiskelijaa oli maininnut taloudelliset syyt reaktioiden nopeuttamiseen teollisuudessa. Entsyymit luonnon reaktioiden nopeuttajina oli maininnut neljä opiskelijaa. Esimerkkejä luonnosta tai teollisuudesta mainitsi kolme opiskelijaa.

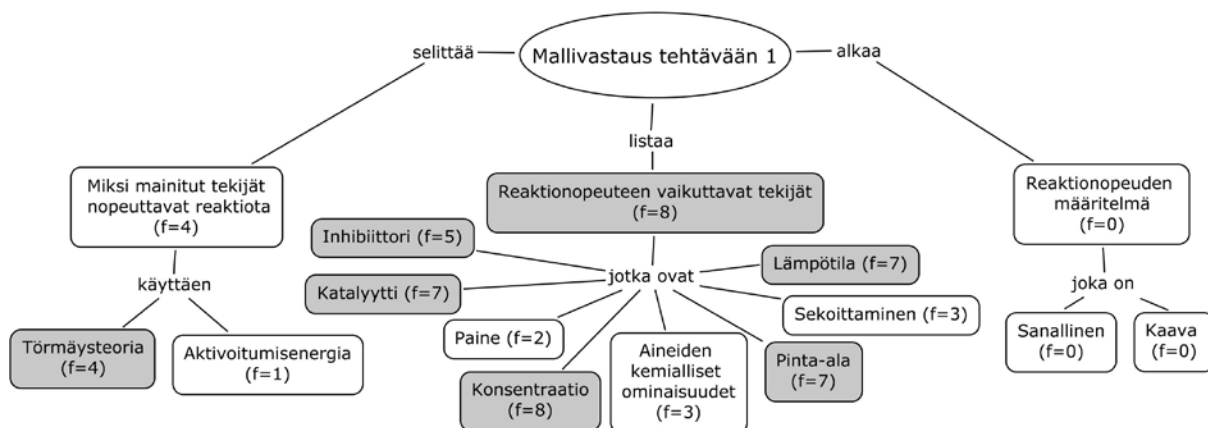
Opetusryhmä 2 opiskelijoiden yleisin pistemäärä ensimmäisessä tehtävässä oli kaksi, toisessa tehtävässä nolla ja viimeisessä yksi piste.

Kokonaisuutena molemmista ryhmistä voi sanoa, että heillä oli hyvin heikot tiedot reaktionopeudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä ennen opetusta. He osasivat luetella joitain reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä, kuten lämpötilan, paineen, katalyytin ja aineen kemialliset ominaisuudet, mutta sen enempää suurin osa opiskelijoista ei tiennyt.

5.2 Kokeellisen ja teoreettisen opetuksen oppimistulokset

Toinen tutkimuskysymys oli, mitä opiskelijat oppiva reaktionopeudesta ja siihen vaikuttamisesta kokeellisen opetuksen kautta ja teorialähtöisen opetuksen kautta. Tähän kysymykseen haettiin vastausta ensimmäisen pidetyn oppitunnin jälkeen, jolloin opiskelijat vastasivat samaan kyselylomakkeeseen kuin ensimmäisellä tunnilla. Ryhmien tuloksia vertailtiin ennen ja jälkeen opetuksen. Opetusryhmä 1 ensimmäisellä oppitunnilla tehtiin vain kokeellisia töitä ja opetusryhmä 2 ensimmäisellä oppitunnilla opiskeltiin aihetta teorialähtöisesti.

Opetusryhmä 1 vastaukset ensimmäiseen tehtävään ovat kuvassa 7. Käsitekartta on sama kuin kuvassa 4. Tällä kertaa siihen on merkitty ainoastaan opetusryhmä 1 vastaukset. Harmaalla väritetyt alueet osoittavat vastaukset, jotka yli puolet opiskelijoista osaa.

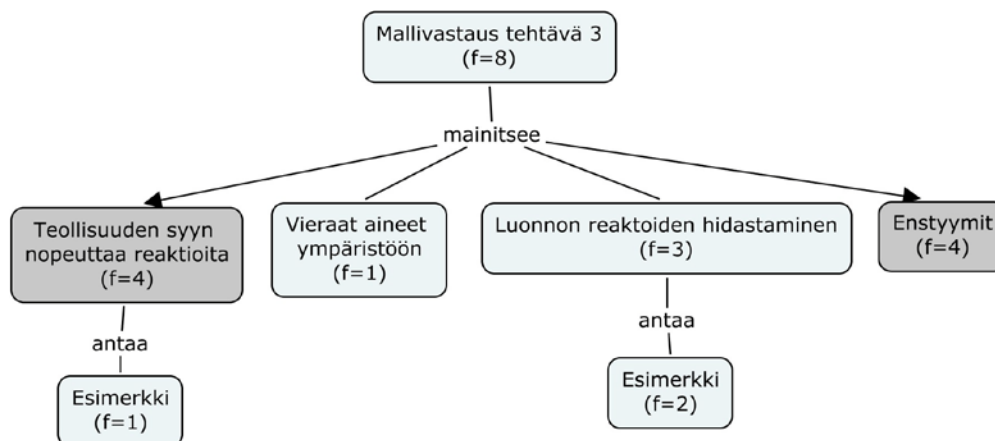


Kuva 7. Opetusryhmä 1 vastaukset ensimmäiseen tehtävään ensimmäisen oppitunnin jälkeen. Suluissa on ilmoitettu kuinka moni opiskelija kahdeksasta on sanonut asian vastauksessaan. Harmaalla värjättyjen laatikoiden vastauksen on antanut yli puolet opiskelijoista.

Käsitekartasta (kuva 7) nähdään, että opiskelijat keksivät enemmän reaktioon vaikuttavia tekijöitä kokeellisen opetuksen jälkeen. Reaktionopeutta he eivät osanneet määritellä. Opiskelijat eivät myöskään osanneet sanoa, miksi jotkut tekijät nopeuttavat kemiallista reaktiota.

Toisessa tehtävässä kuusi opiskelijaa kahdeksasta paransi tulostaan. Opiskelijat oppivat lähinnä mainitsemaan vastauksessaan työturvallisuuteen liittyviä seikkoja. Kukaan opiskelijoista ei saanut yli kolmea pistettä tästä tehtävästä. Vastausten taso oli edelleen heikko.

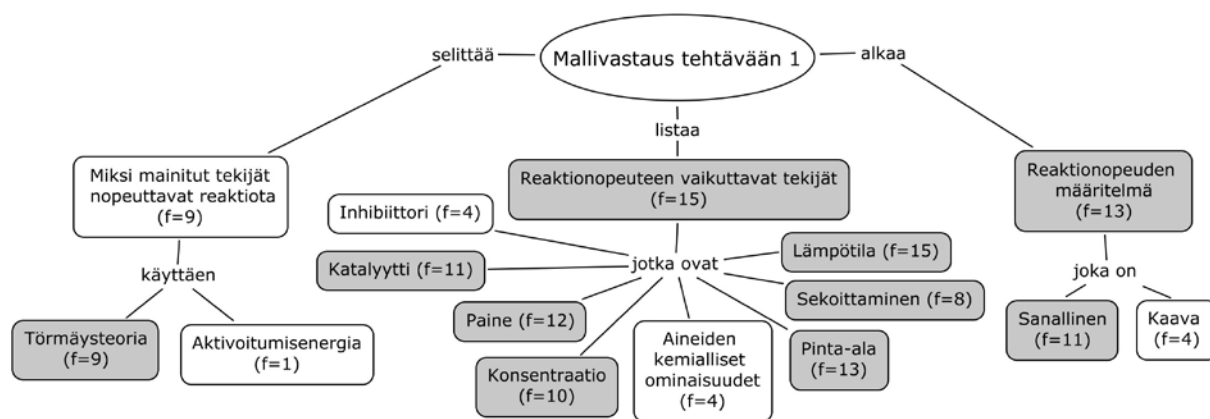
Kuvassa 8 on esitetty opetusryhmä 1 vastaukset tehtävässä kolme ensimmäisen oppitunnin jälkeen. Jos vähintään puolet kahdeksasta opiskelijasta on antanut saman vastauksen, laatikko on värjätty harmaalla.



Kuva 8. Opetusryhmä 1 vastaukset tehtävään kolme ensimmäisen oppitunnin jälkeen. Suluissa on ilmoitettu kuinka moni opiskelija kahdeksasta on sanonut asian vastauksessaan. Harmaalla värjättyjen laatikoiden vastauksen on antanut yli puolet opiskelijoista.

Kolmannesta tehtävästä huomaa, etteivät opiskelijat lue läksyjään. Tehtävän vastaukset annettiin suoraan läksymonisteessa, mutta ryhmän vastausten keskiarvo oli vain 2 pistettä kuudesta. Vain yksi opiskelija kahdeksasta paransi selvästi tulostaan ensimmäiseen kertaan verrattuna. Neljä opiskelijaa mainitsi vastauksessaan teollisuuden syitä reaktioiden nopeuttamiseen. Kolme opiskelijaa osasi mainita luonnon reaktioiden hidastamisen yhtenä esimerkkinä kemiallisten reaktioiden nopeuteen vaikuttamisesta luonnossa. Enstyymit mainittiin esimerkkinä luonnon katalyyttistä neljässä vastauksessa.

Opetusryhmä 2 vastauksen ensimmäiseen tehtävään ovat kuvassa 9. Käsitekartassa lukee kuinka moni opiskelija 16:sta mainitsee asian vastauksessaan. Jos yli puolet opiskelijoista mainitsee asian, laatikko värjätään harmaalla.

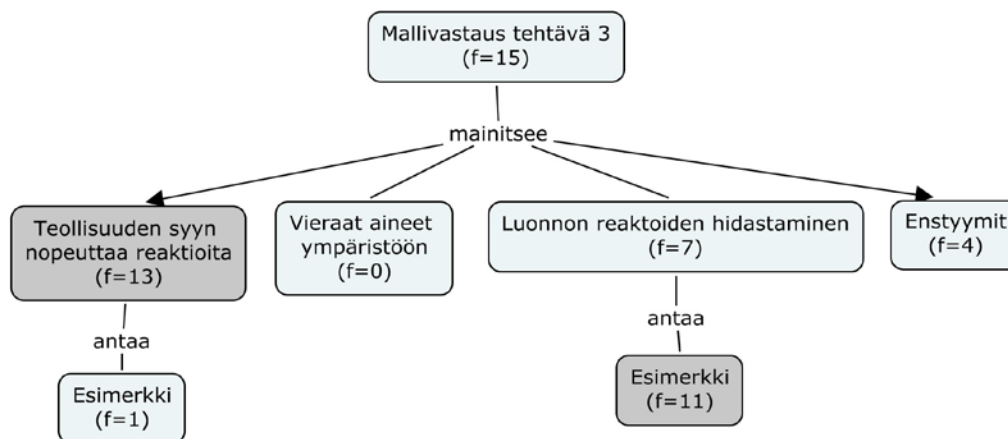


Kuva 9. Opetusryhmä 2 vastaukset ensimmäiseen tehtävään ensimmäisen oppitunnin jälkeen. Suluissa on ilmoitettu kuinka moni opiskelija 16 on sanonut asian vastauksessaan. Harmaalla värjättyjen laatikoiden vastauksen on antanut yli puolet opiskelijoista.

Käsitekartasta (kuva 9) nähdään, että opiskelijat osasivat kertoa paremmin, mitä reaktionopeudella tarkoitetaan. He osasivat myös selittää, miksi jotkut asiat nopeuttavat kemiallista reaktiota. Opiskelijat osasivat myös luetella enemmän reaktionopeuteen vaikuttavia syitä kuin ennakkotietokyselyssä.

Toisessa tehtävässä vain viisi opiskelijaa 16:sta paransi vastauksiaan ennakkotietokyselyyn verrattuna. Nämä viisi osasivat mainita esimerkiksi työturvallisuusnäkökulman, katalyytin vaikutuksen kemiallisen perustan, käytettyjen aineiden nimet sekä kertoa demonstraation aikana tehtävistä havainnoista. Kolme opiskelijaa sai tehtävästä neljä pistettä kuudesta mahdollisesta. Työn kemiallinen perusta ja jätteiden käsittely jäivät mainitsematta kaikilta neljä pistettä saaneilta opiskelijoilta. Ainoastaan kaksi yhden pisteen saanutta opiskelijaa mainitsi katalyytin vaikutuksen kemiallisen perustan opetusryhmässä 2. Muiden osalta vastaukset olivat edelleen heikkoja.

Kuvassa 10 on esitetty opetusryhmä 2 vastaukset tehtävään kolme ensimmäisen oppitunnin jälkeen. Vastaukset, jonka antaa yli puolet opiskelijoista, on värjätty harmaalla.



Kuva 10. Opetusryhmä 2 vastaukset tehtävään kolme ensimmäisen oppitunnin jälkeen. Suluissa on ilmoitettu kuinka moni opiskelija 16 on sanonut asian vastauksessaan. Harmaalla värjättyjen laatikoiden vastauksen on antanut yli puolet opiskelijoista.

Vastauksista huomaa, että opetusryhmän 2 opiskelijat lukevat läksynsä paremmin kuin opetusryhmä 1 opiskelijat. Ryhmässä 14 opiskelijaa 16 paransi vastaustaan vähintään yhdellä pisteellä ennakkotietokyselyyn verrattuna. Kuusi opiskelijaa sai kolme tai neljä pistettä. Kukaan ei saanut enempää kuin neljä pistettä. Lähes kaikki opiskelijat mainitsivat vastauksessaan, että teollisuudessa nopeutetaan kemiallisia reaktioita lähinnä taloudellisista syistä. Moni osasi myös antaa esimerkin luonnon reaktion hidastamisesta, esimerkiksi elintarvikkeiden kylmäsäilytyksen. Kaikki eivät maininneet vastauksessaan, että kyseessä on luonnon reaktion hidastaminen, vaan he vain toteavat, että elintarvike säilyy paremmin kylmässä kuin lämpimässä.

Molempien opetusryhmien tulokset nousivat ensimmäisen opetustunnin jälkeen pidetyssä kyselyssä. Oppimista on tapahtunut molemmissa ryhmissä. Kokeellista opetusta saaneen opetusryhmä 1 opiskelijat oppivat demonstraation selittämisen paremmin kuin toisen opetusryhmän opiskelijat. Teoriapohjaista opetusta saanut opetusryhmä 2 oppi opetuksen avulla määrittelemään reaktionopeuden, kertomaan enemmän reaktionopeuteen vaikuttavia syitä ja selittämään miksi nämä syyt vaikuttavat reaktionopeuteen. He oppivat, että reaktion hidastaminen on myös reaktionopeuteen vaikuttamista ja että teollisuudessa nopeutetaan usein reaktioita taloudellisista syistä.

5.3 Kokeellisen ja teoreettisen lähestymistavan erot oppimisen kannalta

Kolmas tutkimuskysymys oli, tukeeko kokeellinen lähestymistapa oppimista enemmän kuin teoreettinen lähestymistapa. Tähän haettiin vastausta tutkimalla opiskelijoiden vastausten kehittymistä ennakkotietolomakkeen ja toisen kyselylomakkeen välillä sekä vertaamalla opetusryhmien toisen kyselykerran vastauksia ja vastausten kehitystä keskenään. Lisäksi pidemmän aikavälin oppimista testattiin kurssikokeessa olevalla reaktionopeuteen liittyvällä pakollisella tehtävällä. Opetusryhmien tulosten yhteenveto on esitelty taulukoissa 3 ja 4.

Taulukko 3. Opetusryhmä 1 pisteet, pisteiden keskiarvot, moodit ja keskiarvon keskihajonnat toisella kyselykerralla tehtäväkohtaisesti.

	2.1	2.2	2.3	YHT
A1	1	1	1	3
A2	3	3	1	7
A3	2	2	3	7
A4	5	3	5	13
A5	4	0	2	6
A6	2	1	3	6
A7	2	1	0	3
A8	1	0	1	2
Keskiarvo	2,5	1,4	2,0	5,9
Keskiarvon keskihajonta	1,1	1,0	1,3	2,4
Moodi	2	1	1	3

Taulukko 4. Opetusryhmä 2 pisteet, pisteiden keskiarvot, moodit ja keskiarvon keskihajonnat toisella kyselykerralla tehtäväkohtaisesti.

	2.1	2.2	2.3	YHT
B1	0	0	0	0
B2	3	0	2	5
B3	3	1	2	6
B4	2	1	2	5
B5	5	0	1	6
B6	3	1	3	7
B7	4	0	3	7
B8	1	0	2	3
B9	5	4	3	12
B10	3	4	2	9
B11	4	1	1	6
B12	3	2	2	7
B13	2	4	3	9
B14	3	0	4	7
B15	3	3	3	9
B16	3	0	1	4
Keskiarvo	2,9	1,3	2,1	6,4
Keskiarvon keskihajonta	0,8	1,3	0,8	2,0
Moodi	3	0	2	7

Opetustuntien jälkeen opetusryhmä 1 keskiarvo oli 5,9/18 pistettä ja opetusryhmä 2 keskiarvo oli 6,4/18 pistettä. Molempien ryhmien keskiarvot olivat nousseet yhtä paljon ensimmäisen kyselykerran jälkeen, mutta edelleen vastausten taso oli melko heikko. Molempien opetusryhmien keskiarvon keskihajonta kasvoi ensimmäiseen kyselykertaan verrattuna. Opetusryhmällä 1 keskihajonta kasvoi yhteispisteissä 1,1 yksikköä ja opetusryhmällä 2 se kasvoi 0,5 yksikköä. Opetusryhmällä 1 keskihajonta kasvoi eniten kysymyksessä kolme. Osa opetusryhmäläisistä luki läksynsä hyvin ja osa jätti ne lukematta. Opetusryhmä 2 keskihajonta kasvoi eniten kysymyksessä 2. Tähän vaikutti myös läksyjen lukeminen. Oppikirjassa on esimerkki katalyyttidemonstraatiosta, mutta oppitunnilla sellaista ei suoraan käsitelty. Ne oppilaat, jotka lukivat kirjan kappaleen huolellisesti, osasivat vastata kysymykseen kaksi paremmin toisella kyselykerralla.

Toisellakin kyselykerralla osasta vastauksia huomaa, etteivät opiskelijat suhtautuneet vastaamiseen vakavasti. Ensimmäisellä kerralla tulleet ”emt”-tyyliset vastaukset toistuvat myös toisella kyselykerralla. Kaikkein parhaat pisteet sai opetusryhmän 1 opiskelija A4, joka saa 13/18 pistettä ja toiseksi paras pistemäärä oli opetusryhmä 2 opiskelijalla B9 (12/18 pistettä).

Myös toisella kyselykerralla lomakkeen ensimmäinen tehtävä oli kaikkein helpoin opiskelijoille. Kokeellista opetusta saaneen opetusryhmä 1 opiskelijoista 40 prosenttia osasi mainita enemmän reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä kuin ennakkotietokyselyssä. Yksi opetusryhmä 1 opiskelija (A4) sai tästä tehtävästä viisi pistettä kuudesta. Vastausten moodi oli noussut ennakkotietokyselystä yhdellä pisteellä ollen nyt 2 pistettä kuudesta. Keskiarvo nousi 0,8 pistettä 2,5 pisteeseen.

Opetusryhmällä 2 oli reaktionopeuteen vaikuttava taustateoria paremmin hallussa. Heistä myös puolet osasi nimetä enemmän reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä kuin ensimmäisellä kerralla. Kaksi opiskelijaa sai viisi pistettä kuudesta. Vastausten keskiarvo nousi 1,3 pistettä 2,9 pisteeseen ja moodi yhden pisteen kolmeen pisteeseen. Vain kolme opiskelijaa ei parantanut vastauksiaan ensimmäiseen opetuskertaan verrattuna. Kokonaisuutena opetusryhmä 2 paransi tulostaan enemmän kuin opetusryhmä 1 ensimmäisessä tehtävässä. Teoreettinen lähestymistapa tuki tässä tehtävässä oppimista paremmin kuin kokeellinen lähestymistapa.

Tehtävä 2 oli edelleen molemmille opetusryhmille vaikein tehtävä. Ryhmän 1 keskiarvo oli 1,4/6 ja ryhmän 2 keskiarvo on 1,3/6. Opetusryhmä 1 parhaat pisteet sai opiskelija A2 (3/6 pistettä), joka sai jo ennakkotietokyselyssäkin parhaan pistemäärän. Kaksi opiskelijaa opetusryhmä 1 ei saanut yhtään pistettä tehtävästä ja kolme opiskelijaa sai vain yhden pisteen. Opetusryhmässä 2 kolme opiskelijaa sai neljä pistettä kuudesta ja loppujen pistemäärät olivat heikommalla. Kokonaisuutena opetusryhmä 1 paransi tulostaan enemmän kuin opetusryhmä 2. Tässä tehtävässä kokeellinen lähestymistapa tuki oppimista paremmin kuin teoreettinen lähestymistapa.

Viimeisessä tehtävässä ryhmän 1 keskiarvo oli vain kaksi pistettä kuudesta ja ryhmän 2 keskiarvo on 2,1 pistettä kuudesta. Molempien ryhmien vastaukset olivat melko samantasoisia kuin ensimmäisellä kerralla, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Opetusryhmässä 1 parhaat pisteet sai opiskelija A4, joka sai tehtävästä viisi pistettä kuudesta ja opetusryhmässä 2 opiskelija B14, joka sai neljä pistettä kuudesta. Silti vain kaksi opiskelijaa kahdeksasta ei parantanut suoritustaan lainkaan toisella kyselykerralla opetusryhmästä 1. Opetusryhmä 2 kaksi opiskelijaa ei parantanut suoritustaan ja yksi jopa huononsi suoritustaan. Muiden opiskelijoiden pisteet nousivat ennakkotietokyselyn jälkeen opetusryhmässä 2. Kokonaisuutena opetusryhmä 1 paransi tuloksiaan enemmän kuin opetusryhmä 2. Tässä tehtävässä oppitunnin lähestymistapa ei juuri vaikuttanut lopputulokseen, koska molemmat ryhmät saivat vastaukset samasta läksymonisteesta. Tehtävässä mitattiin lähinnä sitä, lukevatko opiskelijat läksynsä.

Koetehtävässä molemmat ryhmät pärjäsivät hyvin. Taulukoissa 5 ja 6 listataan molempien opetusryhmien pisteet, keskiarvot, keskihajonnat ja moodit koetehtävässä.

Taulukko 5. Opetusryhmä 1 pisteet, pisteiden keskiarvot, moodit ja keskiarvon keskihajonnat koekysymyksessä

	Koekysymys
A1	5
A2	4
A3	5
A4	4
A5	5
A6	
A7	5
A8	5
Keskiarvo	4,7
Keskiarvon keskihajonta	0,4
Moodi	5

Taulukko 6. Opetusryhmä 2 pisteet, pisteiden keskiarvot, moodit ja keskiarvon keskihajonnat koekysymyksessä

	Koekysymys
B1	5
B2	5
B3	4
B4	5
B5	5
B6	6
B7	5
B8	5
B9	6
B10	5
B11	6
B12	6
B13	4
B14	3
B15	5
B16	5
Keskiarvo	5,0
Keskiarvon keskihajonta	0,5
Moodi	5

Opiskelija A6 ei osallistunut kurssikokeeseen. Opetusryhmä 1 keskiarvo koetehtävässä oli 4,7 ja opetusryhmä 2 keskiarvo oli tasan viisi. Molempien ryhmien moodi oli viisi. Opetusryhmässä 1 kukaan ei saanut täysiä pisteitä. Opetusryhmässä 2 neljä opiskelijaa sai täydet kuusi pistettä. Keskihajonnat olivat samaa suuruusluokkaa molemmilla opetusryhmillä. Tämä oli merkki opetusryhmien tasavertaisuudesta. Keskihajonta oli myös merkittävästi pienempi kuin toisella kyselykerralla. Oppilaiden osaamiserot olivat tasoittuneet ennen kurssikoetta.

Molempien ryhmien keskiarvot nousivat yhtä paljon ennakkotietokyselyn ja toisen kyselykerran välillä. Tästä voi päätellä, että molemmat ryhmät oppivat kokonaisuutena saman verran. Opetusryhmä 1 paransi enemmän tehtävissä kaksi ja kolme, kun taas opetusryhmä 2 paransi enemmän tehtävässä yksi. Ryhmällä kaksi moodit olivat korkeammat toisessa kyselyssä kuin ryhmällä yksi, tehtävää kaksi lukuun ottamatta, jossa molempien ryhmien moodi on nolla.

T-testin mukaan (liite 3) opetusryhmien pistemäärien muutoksissa ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa. Kemian kurssien keskiarvojen mukaan ryhmät olivat lähes samantasoisia. Kurssikokeessa molemmat ryhmät menestyivät erinomaisesti. Näiden tulosten perusteella voidaan todeta, että molemmat lähestymistavat tukevat oppimista yhtä paljon. Ensimmäisessä tehtävässä esimerkiksi teoreettinen lähestymistapa tukee oppimista paremmin kuin kokeellinen lähestymistapa, mutta toisessa tehtävässä tilanne on päinvastainen.

6 Johtopäätökset ja pohdinta

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään reaktiokinetiikan oppimisen riippuvuutta käytetystä opetusmenetelmästä. Tutkimusryhmänä oli kaksi opiskelijaryhmää, jotka kävivät lukion kolmatta kemian kurssia. Tutkimuksen alussa selvitettiin opiskelijoiden ennakkotiedot reaktionopeudesta ja siihen vaikuttamisesta. Tämän jälkeen toiselle oppilasryhmälle opetettiin kokeellisesti ja toiselle ryhmälle teoreettisesti reaktionopeudesta. Oppitunnin jälkeen molemmat ryhmät vastasivat uudelleen ennakkotietojen keräyksessä käytettyyn kyselyyn.

Tutkimuksen tavoitteena oli ensin selvittää opiskelijoiden ennakkotiedot, sen jälkeen tutkia kahden eri opetusmenetelmän vaikutusta oppimiseen ja lopuksi verrata näitä menetelmiä toisiinsa. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että opiskelijoiden ennakkotiedot olivat melko heikot. Opiskelijat oppivat hieman erilaisia asioita opetusmenetelmästä riippuen, mutta lopulta opetusmenetelmien välillä ei ollut merkittävää eroa.

Tämän luvun ensimmäisessä alaluvussa pohditaan ensimmäisen tutkimuskysymyksen tuloksia ja tehdään johtopäätöksiä niistä. Luvussa 6.2 pohditaan toisen ja kolmannen tutkimuskysymyksen tuloksia. Nämä kysymykset yhdistettiin yhdeksi luvuksi, koska oppiminen ja opetusmenetelmien vertailu sulautuvat luontevasti yhteen. Luvussa 6.2 tehdään myös johtopäätöksiä toisen ja kolmannen tutkimuskysymyksen tuloksista.

6.1 Ennakkotiedot

David Ausubelin mukaan opettajan ensimmäinen tehtävä on selvittää oppilaiden ennakkotiedot opetettavasta asiasta (Uusikylä & Atjonen, 2005). Myös Johnstone (1997) totesi, että oppimisprosessi on vaikutuksille altis ja opiskelijan aiemmat tiedot, uskomukset ja väärinymmärrykset vaikuttavat lopputulokseen. Tässä tutkimuksessa lähdettiin liikkeelle opiskelijoiden ennakkotietojen selvittämisellä. Reaktiokinetiikan pitäisi olla opiskelijoille tuttu aihe jo alakoulusta. Aihe tulee ensimmäistä kertaa esille alakoulun kemian tunneilla, jossa opetellaan muun muassa kiinteän aineen liukenemisnopeuteen vaikuttavia tekijöitä (POPS, 2004). Seuraavan kerran kemiallisten reaktioiden nopeuksia vertaillaan yläkoulussa. Yläkoulussa aihetta käsitellään tarkemmin ja silloin puhutaan jo käsitteestä reaktionopeus. (POPS, 2004). Tästä huolimatta tutkimukseen osallistuneiden opiskelijoiden ennakkotiedot olivat hyvin heikot.

Molempien opetusryhmien keskiarvot ennakkotietokyselyssä jäivät alle neljän pisteen 18 mahdollisesta pisteestä (ks. luku 5.1). Ensimmäisessä tehtävässä opiskelijat osasivat nimetä joitain reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä, kuten katalyytti ja lämpötila (ks. kuva 6). Sekoittaminen saattaa olla reaktionopeutta kasvattavana tekijänä liian ilmiselvä ja opiskelijat jättivät sen siksi pois vastauksestaan. Mainittujen tekijöiden taustalla olevia syitä ei osannut mainita juuri kukaan. Tämä on ymmärrettävää, koska niitä ei varsinaisesti opeteta ennen lukion kolmatta kurssia. Myös reaktionopeuden laskukaava opetetaan vasta lukiossa, joten on ymmärrettävää, ettei sitä tiennyt yksikään opiskelija. Kahdessa muussa tehtävässä molempien ryhmien keskiarvot olivat heikkoja. Keskiarvot olivat lähes kaikissa tehtävissä yhden pisteen alapuolella. Toisessa tehtävässä ongelmana saattoi olla, etteivät opiskelijat tienneet mitä demonstraatio-sana tarkoittaa. Kukaan opiskelijoista ei kysynyt apua tässä tehtävässä.

Tehtävässä kolme kysyttiin muun muassa reaktionopeuden merkityksestä luonnossa (ks. liite 1). Tähän olisi voinut arkipäivästä keksiä ruoan säilönnän tai biologian tunneilta entsyymit. Hyvin harva opiskelija osasi vastata kysymykseen. Opiskelijoilla näytti olevan vaikeuksia yhdistää arkipäivästä tuttuja ilmiöitä ja tapahtumia kemian tunnille. Opiskelijat eivät aina tule ajatelleeksi, kuinka paljon kemia on läsnä kaikessa, mitä he tekevät. Toinen ongelma on oppiainerajat ylittävä tieto. Esimerkiksi biologian tunnilla opittua asiaa entsyymeistä ei osata yhdistää kemialliseksi ilmiöksi.

On mahdollista, etteivät opiskelijat ole alemmilla luokilla opetelleet reaktionopeuteen liittyviä asioita kunnolla. Nakhleh kirjoittaa (1992), että useissa tutkimuksissa on havaittu, etteivät opiskelijat usein opettele kemian peruskäsitteitä alemmilla luokilla. Tämä aiheuttaa heille hankaluuksia kemian oppimisessa ylemmillä luokilla. Toinen selitys on, että opiskelijat ovat ehtineet unohtaa aiemmin oppimansa asiat. Opiskelijat olivat lukion ensimmäisen ja toisen vuoden opiskelijoita, joten yläkoulun kemiantunneista on jo aikaa.

Osatekijä opiskelijoiden heikkoon menestykseen ennakkotietotestissä saattoi olla heidän huono suhtautumisensa testitilanteeseen. Kaikki opiskelijat eivät ottaneet testiä vakavasti. Opiskelijoiden huono asenne voi johtua osittain ryhmien suorituskeskeisyydestä. Opiskelijat eivät kokeneet mielekkäänä pohtia vastauksia kysymyksiin, joihin he eivät osanneet vastata kunnolla. Tutkimuksissa (mm. Aksela & Juvonen, 1999) on myös todettu, että opiskelijoiden yleinen asenne kemiaa kohtaan on yksi kemian opetuksen ongelmista. Näissä ryhmissä

opiskelijoiden suhtautuminen kemian opiskeluun on luultavasti positiivinen, koska kyseessä on kemian kolmas kurssi. Jos opiskelijat eivät haluaisi opiskella kemiaa, he eivät todennäköisesti olisi valinneet kahta vapaaehtoista kurssia.

Yhteenvetona näiden tulosten perusteella voi sanoa, että opiskelijoiden ennakkotiedot reaktionopeudesta ja siihen vaikuttamisesta ovat heikot. Joillekin opiskelijoille oli jäänyt joitain asioita mieleen aiemmasta opetuksesta, mutta suurimmalla osalla aiempi opetus on joko unohtunut tai sitten opiskelijat eivät ole ymmärtäneet tai opetelleet asiaa kunnolla aiemmilla opetuskerroilla. Ennakkotietojen tutkiminen on tärkeää ennen uuden aiheen opetuksen aloittamista. Kun opettaja on tietoinen opiskelijoiden tasosta ja mahdollisista virhekäsityksistä, hän voi suunnitella opetuksen vastaamaan paremmin ryhmän tarpeita.

6.2 Oppiminen ja opetusmenetelmien vertailu

Lavonen ja Meisalo toteavat (2010a), että kokeellisen ja teoreettisen tutkimuksen vuorovaikutus on luonnontieteiden edistymisen perusta. Se on myös luonnontieteiden oppimisen perusta. Tämän tutkimuksen toisessa vaiheessa selvitettiin, oppivatko opiskelijat erilaisia asioita kokeellisen ja teoreettisen lähestymistavan kautta. Kolmannessa vaiheessa verrattiin näitä kahta lähestymistapaa toisiinsa. Molempien opetusryhmien tulokset nousivat ennakkotietokyselystä opetuksen seurauksena (ks. luku 5.3). Molemmissa ryhmissä oli tapahtunut oppimista.

Kokeellisten töiden ongelma on usein se, että ne suunnitellaan liian laajoiksi eikä niillä ole selkeitä tavoitteita (mm. Aksela, 2009; Nakhleh, 1994). Tämän takia kokeellisen ryhmän työt oli suunniteltu melko yksinkertaisiksi. Töissä todettiin pääsääntöisesti yhden reaktionopeuteen vaikuttavan tekijän toimiminen käytännössä (ks. liite 6). Töihin oli liitetty kysymyksiä, joiden tavoitteena oli saada opiskelijat ajattelemaan havaintojaan ja syitä niiden takana. Tämän lisäksi tutkija ja ryhmän oma opettaja kiersivät luokassa auttamassa opiskelijoita ja korjaamassa mahdollisia virhekäsityksiä. Tämä on opettajan keskeinen rooli kokeellisuudessa (Aksela, 2009). Kokeellisuusryhmä oppikin töiden avulla reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä (ks. kuva 7). He eivät oppineet yhdistämään havaintojaan reaktionopeuden määritelmäksi tai sen laskukaavaksi. Määritelmä ja laskukaava eivät tulleet selvästi esille kokeellisissa töissä, joten niiden selvittäminen jäi opiskelijoiden omalle vastuulle läksyjen lukemisen kautta. Työohjeita voisi parantaa lisäämällä määritelmän ja

laskukaavan siihen. Työohjeisiin voisi yhdistää enemmän teoriaa, jotta opiskelijoiden olisi helpompi yhdistää tekemänsä havainnot tieteelliseen teoriaan. Tämän lisäksi opiskelijoilla oli vaikeuksia yhdistää tekemiään töitä mahdollisiksi demonstraatioiksi (ks. luku 5.2).

Teoriaryhmän tunti oli rakennettu deduktiivisen lähestymistavan mukaiseksi (Meisalo & Erätuuli, 1985). Tunti alkoi opettajajohtoisesti aiheeseen liittyvän teorian läpikäynnillä, jonka jälkeen opiskelijat tekivät aiheeseen liittyviä tehtäviä kirjasta. Seuraavalla tunnilla opiskelijat tekivät samat kokeet kuin kokeellisuusryhmä. Tunti ei edennyt täysin opettajajohtoisesti vaan tunnilla pyrittiin tutkijan ja opiskelijoiden väliseen vuorovaikutukseen, joka on opetuksen perusta (Uusikylä & Atjonen, 2005). Teoriaryhmä oppi reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä ja syitä näiden tekijöiden takana. He oppivat myös määrittelemään reaktionopeuden sanallisesti (ks. kuva 9). Teoriatunnilla ei selkeästi esitellyt demonstraatiota, jossa näytettäisiin katalyytin vaikutus. Tämän takia monet opiskelijat eivät osanneet kuvailla mitään demonstraatiota kyselylomakkeen tehtävässä 2 (ks. liite 1).

Viimeisessä tutkimuslomakkeen tehtävässä molemmat ryhmät olivat samalla viivalla, koska kysymys koski läksyksi tullutta monistetta (ks. liite 5). Lähes kaikki opiskelijat pärjäsivät tässä tehtävässä huonosti. Tämä osoittaa, etteivät he lue läksyjään. Tulos ei välttämättä ole tämän tutkimuksen kannalta merkittävä, mutta se auttaa opettajaa ja tutkijaa suunnittelemaan tulevia tunteja paremmin. Monien opiskelijoiden kohdalla pelkkä lukuläksy ei selvästi riitä varmistamaan aiheen kertaamista kotona. Monisteessa olisi voinut olla joitain kysymyksiä, joihin opiskelijoiden on etsittävä vastaukset tekstistä. Tällöin useampi opiskelija olisi ehkä lukenut tekstin.

BouJaoude tutki vuonna 1993 yliopisto-opiskelijoiden kinetiikkaan liittyviä väärinkäsityksiä. Hän totesi, ettei suuri osa opiskelijoista osannut yhdistää kokeellisesti saatua tietoa kemiallisen reaktion nopeuteen ja muodostaa sitä kautta reaktion nopeuslakia. BouJaouden toteamus piti osittain paikkansa myös tässä tutkimuksessa. Opetusryhmä 1 opiskelijat eivät osanneet kuvailla katalyytin vaikutusta esittävää demonstraatiota (ks. liite 1 tehtävä 2), vaikka he olivat tehneet kokeellisen työn aiheesta edellisellä päivänä. Toisaalta opiskelijat keksivät enemmän reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä kokeellisten töiden avulla. Kukaan opetusryhmä 1 opiskelijoista ei osannut määritellä reaktionopeutta tehtyjen kokeiden jälkeen sanallisesti eikä matemaattisesti. Tämä tulos on BouJaouden tutkimustulosten mukainen.

Lähes kaikki opiskelijat olivat opetelleet reaktionopeuteen liittyvät asiat erittäin hyvin pidettyjen oppituntien jälkeen ennen kurssikoetta (ks. luku 5.3). Molempien ryhmien keskiarvo oli noin viisi kuudesta mahdollisesta pisteestä. Tästäkin tuloksesta huomaa opiskelijoiden suorituskeskeisyyden. Tunnilla aiheita ei välttämättä opiskella niin hyvin kuin opettaja toivoisi ja läksyt saattavat jäädä lukematta, mutta kokeeseen opiskelijat panostavat kunnolla. Lopputuloksena molempien ryhmien opiskelijat oppivat hyvin reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöistä ja teorian näiden tekijöiden takana.

Kokeellisesti aihetta lähestyneet opiskelijat oppivat kokeissa selkeästi esille tulleita asioita, mutta heidän oppimisensa jäi melko pintapuoleiseksi. Kokeelliset työt eivät saaneet heitä pohtimaan ilmiöitä tarpeeksi. Töitä pitää kehittää edelleen. Lisäksi opiskelijoille olisi hyvä antaa enemmän aikaa pohtia ja keskustella havainnoistaan. Akselan (2009) mukaan se on tärkeä osa merkityksellistä kokeellisuutta ja sitä kautta merkityksellistä oppimista. Teoria tunnille pitää saada lisää vuorovaikutusta opettajan ja opiskelijoiden välille. Opiskelijat pitää saada pohtimaan tunnin sisältöä entistä aktiivisemmin. Lisäksi tunnille olisi hyvä lisätä demonstraatio, joka esittelee katalyytin vaikutusta reaktionopeuteen.

Molemmat oppitunnit vaativat vielä kehittelyä toimiakseen yksittäisinä oppitunteina. Kun oppitunnit pidetään yhdessä, ne täydentävät toisiaan. Oppituntien jatkokehittämisen jälkeen olisi mielenkiintoista tutkia, muuttuvatko tulokset oppimisen tai opetusmenetelmien paremmuuden suhteen. Tämän tutkimuksen perusteella molemmat opetusmenetelmät tukevat oppimista yhtä paljon. Opiskelijat oppivat hieman erilaisia asioita menetelmästä riippuen, mutta kurssin lopussa molemmilla ryhmillä oli yhtä hyvät tiedot aiheesta.

Justi (2002) listasi artikkelissaan mahdollisia jatkotutkimusaiheita. Hänen mukaansa yleinen ajatus on, että opiskelijoilla on vaikeuksia kinetiikan oppimisessa, mutta näitä vaikeuksia ei ole tutkittu kunnolla. Justin mukaan on tärkeää selvittää, johtuvatko opiskelijoiden vaikeudet esimerkiksi vaikeuksista muiden kemian osa-alueiden ymmärtämisessä. Tässä aiheessa riittää vielä paljon tutkittavaa ja selvitetävää. Reaktiokinetiikka on keskeinen osa kemiaa, joten sen oppimisen tutkimisen tulisi olla tärkeä osa kemian opetuksen tutkimista.

LÄHTEET

- Aksela, M. & Juvonen, R. (1999). *Kemian opetus tänään*. Edita Oy.
- Aksela, M. (2005). *Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking Through Computer-assisted Inquiry: A Design Research Approach*, väitöskirja. Helsingin yliopiston kemian laitos. 2005.
- Aksela, M. (2009). Kokeellisuus kemian oppimisen tukena – teoriaa ja käytäntöä. Kirjassa Aksela, M. & Pernaa, J. (toim) *Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin* (s. 17–22). Helsingin yliopisto, Helsinki.
- Amdur, I. & Hammes, G. (1966). *Chemical Kinetics – Principles and Selected Topics* (s. 19-20). McGraw-Hill Book Company.
- Aroluoma, I. Kanerva, K. Karkela, L. Lampiselkä, J. Mäkelä, R. Sorjonen, T. & Vakkilainen, K-M. (2005). *Kemisti 3 - Reaktiot ja energia*. WSOY.
- Atkins, P. & de Paula, J. (2010). *Atkins' Physical Chemistry* (9. painos, luvut 21-23). Oxford University press
- BouJaoude, S. (1993). *Students' Systematic Errors When Solving Kinetic and Chemical Equilibrium Problems*. Esitelty: Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Atlanta, USA, 16–19 huhtikuuta 1993.
- Cakmakci, G. Leach, J. & Donnelly, J. (2006). Research Report: Students' Ideas about Reaction Rate and its Relationship with Concentration or Pressure. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1795-1851.
- Campbell, B. & Wilson, F. (1999). Teacher's and Pupils's Perspectives on Practical Work in School Science. Kirjassa: Nielsen, K. & Paulsen, A. C. (toim.), *Practical work in science education – the face of science in schools* (s. 30-40). Royal Danish School of Educational Studies.
- Connors, K. A. (1990) *Chemical kinetics – the study of reaction rates in solution*. VCH Publishers.

<http://www.google.com/books?id=nHux3YED1HsC&lpg=PA1&ots=uaY47ofshY&dq=teaching%20reaction%20kinetics&lr&hl=fi&pg=PA1#v=onepage&q&f=false> (viitattu 19.7.2010)

Csikós, J. & Aksela, M. (2007) Mielekästä kokeellisuutta kemian opetukseen. Kirjassa: Aksela, M. & Montonen, M. (toim.), *Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin* (s. 70–76). Opetushallitus.

Driel, J. H. van (2002). Students' Corpuscular Conceptions in the Context of Chemical Equilibrium and Chemical Kinetics. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(2), 201-213.

Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning Through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548–554.

Hannola-Teitto, M. Jokela, R. Leskelä, M. Näsäkkälä, E. Pohjakallio, M. Rassi, M. (2006). *Neon 3 - Reaktiot ja energia*. Edita Oy.

Heikkilä, T. (2008). *Tilastollinen tutkimus*. Edita Oy.

Hirsijärvi, S. (toim.) (1990). *Kasvatustieteen käsitteistö*. Otava.

Hirsijärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2005). *Tutki ja kirjoita*. Tammi.

Hudson, J. (1995). *Suurin tiede – kemian historia* (s.312–318). Art House.

Johnstone, A. H. (1997). Chemistry Learning – Science or Alchemy? *Journal of Chemical education*, 74(3), 262-268.

Justi, R. (2002). Teaching and Learning Chemical Kinetics. Kirjassa: Gilbert, J. K. et al. (toim.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (luku 13). Kluwer Academic Publishers.

Jørgensen, E. (1999). Science, Technology and Education. Kirjassa: Nielsen, K. & Paulsen, A. C. (toim.) *Practical work in science education – the face of science in schools* (s. 24–29). Royal Danish School of Educational Studies.

Kaila, L. Meriläinen, P. Ojala, P. & Pihko, P. (2006). *Lukion kemia – REAKTIO 3, Reaktiot ja energia*. Tammi.

Kalkku, I. Kalmi, H. Korvenranta, J. (2005). *KIDE 3 Lukion kemia - Reaktiot ja energia, KE3*. Otava.

- Lavonen, J. & Meisalo, V. (2010a) *Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden työtapaopas*. Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos.
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotapa> (viitattu 8.7.2010)
- Lavonen, J. & Meisalo, V. (2010b) *Oppilaiden ennakkokäsitykset*. Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/ennakko/> (viitattu 8.7.2010).
- Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2005). *MOOLI 3 – Reaktiot ja energia*. Otava.
- Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Nuorille tarkoitetun lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteet. (2003). Opetushallitus.
- Meisalo, V. & Lavonen, J. (2010). *Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa*. Opetushallitus. Painatuskeskus. Helsinki. http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/ops_opas/main.htm (viitattu 8.7.2010).
- Meisalo, V. & Erätuuli, M. (1985). *Fysiikan ja kemian didaktiikka*. Otava.
- Metsämuuronen, J. (2005). *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä*. International Methepl Ky.
- Montonen, M. (2007). Kemian ylioppilaskirjoitus keväällä 2007. *Dimensio*, 71(6), 45–50.
- Montonen, M. & Saarinen, H. (2008). *Kemian ylioppilastehtävät ratkaisuihin 1999 – 2008*. MFKA.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry? Chemical Misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196.
- Nakhleh, M. B. (1994). Chemical Education Research in the Laboratory Environment - How Can Research Uncover What Students Are Learning? *Journal of Chemical Education*, 71(3), 201-205.
- Nakhleh, M. B., Polles, J. & Malina, E. (2002). Learning Chemistry in a Laboratory Environment. Kirjassa Gilbert, J. K. et al. (toim.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (luku 4). Kluwer Academic Publishers.
- Panchenkov, G. M. & Lebedev, V. P. (1976). *Chemical kinetics and catalysis* (19-22, 371-457). MIR Publishers.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Oppivelvollisille tarkoitetun perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. (2004). Opetushallitus.

Puolimatka, T. (2002). *Opetuksen teoria – Konstruktivismista realismiin*. Tammi.

Saarinen, H. (2001). Kevään 2001 ylioppilaskirjoitusten kemian koe. *Dimensio*, 65(6), 27–32.

Steinfeld, J.I. Francisco J. S. & Hase, W. L. (1998). *Chemical Kinetics and Dynamics*. Prentice Hall.

Taştan, Ö. Boz, Y. (2010). *Effect of Cooperative Learning on Students' Understanding of Reaction Rate*. Socio-cultural and Human Values in Science and Technology Education. XIV IOSTE Symposium 13-18.6.2010, Bled, Slovenia.

Tynjälä, P. (2000). *Oppiminen tiedon rakentamisena, konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Tammer-Paino Oy.

Uusikylä, K. & Atjonen, P. (2005). *Didaktiikan perusteet*. WSOY.

Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S. A. (2003). *Chemistry* (6. painos, luku 12). Houghton Mifflin Company.

Internet-lähteet

Kemian ylioppilaskirjoitusten tehtävät kevät 2009 – kevät 2010, Helsingin Sanomien verkkosivut

<http://www2.hs.fi/extrat/kotimaa/yo09kevat/1803/kemia.pdf>

<http://www2.hs.fi/extrat/kotimaa/yo09syksy/2309/kemia.pdf>

<http://www2.hs.fi/extrat/kotimaa/yo10kevat/1903/kemia.pdf>

(viitattu 20.3.2010)

Kuvalähteet

Kuva 1. Eksotermisen reaktion energiaprofiili, Pieniniemi, 2010

<http://ylivieska.cop.fi/karip/kemia/wwwsivut/Kpl6/KEMIALLINEN%20REAKTIO%20JA%20REAKTIOYHT%C4L%D6.html> (viitattu 28.7.2010)

Kuva 2. Molekyylien törmäyssuunta, Talktalk, 2010

<http://www.talktalk.co.uk/reference/encyclopaedia/hutchinson/m0030471.html> (viitattu 28.7.2010)

Kuva 3. Arrheniuksen yhtälö: Piirretty Atkins & de Paula (2010) mukaan, Fig. 21.11, s.799

Kuva 4. Entsyymien toiminta, Wayne's World, 2010,

<http://waynesword.palomar.edu/molecu1.htm> (viitattu 20.7.2010)

Kuva 5. Entsyymien vaikutus reaktion kulkuun, AP Biology, 2010, <http://apbiology.ygoy.com> (viitattu 26.7.2010)

LIITTEET

Liite 1 Tunnilla käytetty kyselylomake

Tutkimuslomake

Teen Pro Gradu tutkielmaa Helsingin yliopistossa reaktionopeuden opetuksesta lukiossa. Tämä kysely ja siihen liittyvät oppitunnit toimivat tutkielmani aineistona. Toivon, että vastaat mahdollisimman huolellisesti. Lomakkeessa kysytään nimeä siksi, että voin verrata tuloksia ennen ja jälkeen pidettyjen oppituntien. Nimesi ei tule näkymään tutkielmassani. Kiitos avustasi!

Taustatiedot: Ympyröi sopiva vaihtoehto

1. Nimi:
2. Onko kemian opiskelu mielestäsi
 - a. helppoa
 - b. ei helppoa eikä vaikeaa
 - c. vaikeaa
3. Kuinka paljon kokeellisia töitä olet tehnyt lukiossa
 - a. en yhtään
 - b. 1-2 työtä
 - c. 3-4 työtä
 - d. 5-6 työtä
 - e. yli 6 työtä
4. Auttavatko kokeelliset työt sinua uuden asian ymmärtämisessä ja oppimisessa
 - a. eivät lainkaan
 - b. jonkin verran
 - c. melko paljon
 - d. paljon

Tehtäväosuus: Vastaa kysymyksiin mahdollisimman tarkasti ja huolellisesti!

1. Mitä tarkoitetaan kemiallisen reaktion nopeudella, ja mitkä tekijät vaikuttavat reaktionopeuteen ja miksi? (K07/10a)

2. Tehtävänäsi on havainnollistaa yksinkertaisella demonstraatiolla katalyytin vaikutusta reaktionopeuteen. Esitä demonstraation kemiallinen perusta, tarvittavat reagenssit ja mahdolliset työturvallisuuteen vaikuttavat seikat. (S99/5)

3. Tarkastele reaktionopeuden merkitystä luonnon reaktioissa ja teollisuuden prosesseissa. (K01/+8)

Liite 2 Kurssikokeen tehtävä

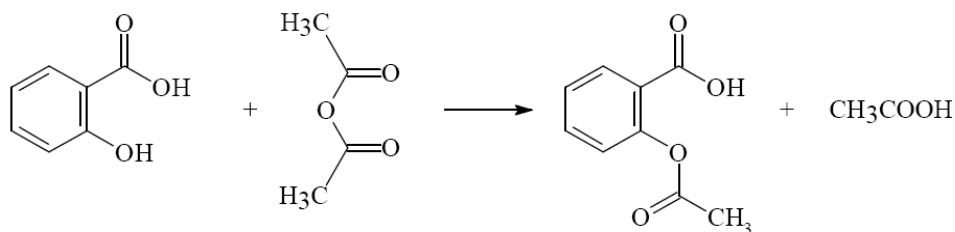
Lukion Kemia III kurssi koe
5.jakso k2010

Pisteet ___ / 36 p Nimi: _____ Kurssi _____

Tehtävä 8 (pakollinen, tehdään tähän paperiin)

Olet töissä lääkefirman laboratoriossa. Tehtävänäsi on kehittää aspiriinin valmistukseen käytettävää reaktiota tehokkaammaksi ja tuottavammaksi nopeuttamalla sitä. Millä kaikilla tavoin voisit nopeuttaa reaktiota? Miksi valitsemasi keinot nopeuttavat reaktiota? Millaisilla teoreettisella mallilla sitä selittäisit?

Aspiriinin valmistus (salisyylihappo + asetanhydridi → aspiriini + etikkahappo)



Laadittu 25.5.2010, MYA

Helsingin Yliopiston Viikin normaalikoulu

Liite 3 T-testi

Testillä vastataan tutkimuskysymykseen kolme: ”*Tukeeko kokeellinen opetus oppimista paremmin kuin teoreettinen opetus?*”

Testissä verrattiin kokeellisuusryhmän (1) ja teoriaryhmän (2) pisteiden muutosta ennakkotestin ja jälkitestin välillä. Nollaoletuksena oli, että oppilaat oppivat paremmin kokeellisuuden avulla.

T-testin tuloksista voidaan todeta, ettei ero ryhmien pisteiden muutoksissa ole tilastollisesti merkittävä. Opetusmenetelmät ovat tämän tutkimuksen perusteella samanarvoisia.

Group Statistics

Ryhmä		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Muutos	1	8	3,00	1,852	,655
	2	16	3,13	1,857	,464

Independent Samples Test

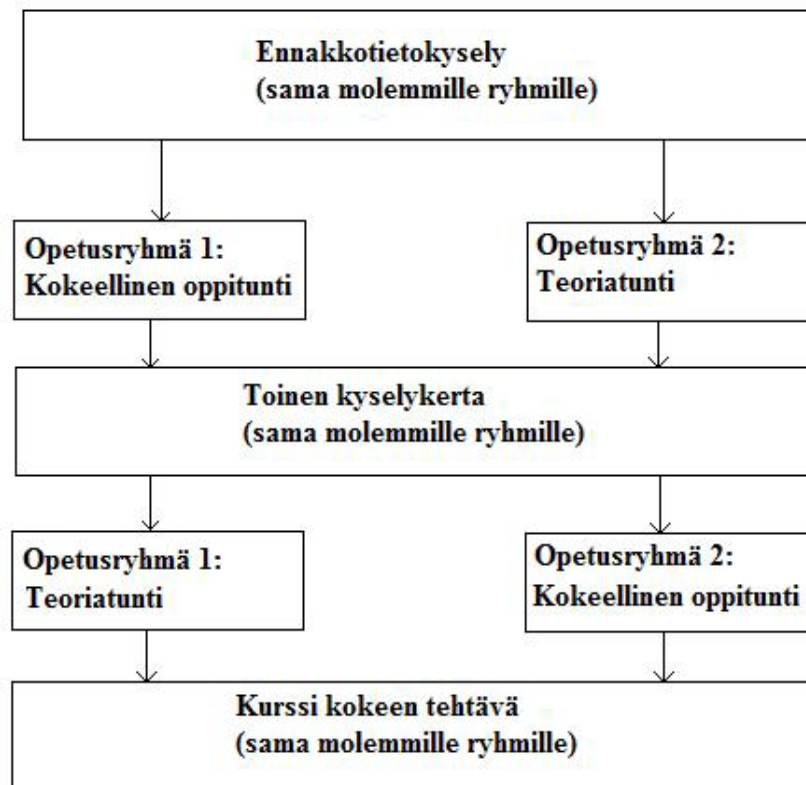
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Muutos	Equal variances assumed	,003	,956	-,156	22	,878	-,125	,803	-1,791	1,541
	Equal variances not assumed			-,156	14,145	,878	-,125	,803	-1,845	1,595

Liite 4 Tutkimuksen kulku ja aikataulu

Tammikuu-huhtikuu 2010: Tutkimuksen ennakkovalmisteluja: aiheen ja tutkimusryhmien valinta, aiempien tutkimusten läpikäyntiä, kyselylomakkeen teko ja testaus, tutkimustuntien suunnittelu

Toukokuu 2010: Tutkimuksen teko (ks. kuva 11): Tutkimustuntien pitäminen, tutkimusaineiston kerääminen

Kesäkuu-elokuu 2010: Tutkimuksen kirjallisenosan kokoaminen, tulosten analysointi



Kuva 11. Tutkimuksen kulku. Opetusryhmä 1 oppitunnit olivat peräkkäisinä päivinä toukokuun puolivälissä. Opetusryhmä 2 oppitunnit olivat perjantaina ja maanantaina. Kurssikoe pidettiin molemmille ryhmille kesäkuun alussa.

Liite 5 Kotitehtävämoniste

Katalyytit luonnossa ja teollisuudessa

Katalyytti on aine, joka nopeuttaa kemiallista reaktiota kuitenkin itse kulumatta reaktiossa. Ne luovat reaktiolle vaihtoehtoisen reaktioreitin, jolla on pienempi aktivoitumisenergia. Aktivoitumisenergia on energia, joka vaaditaan, jotta reaktio voisi tapahtua.

Entsyymit

Entsyymit ovat elollisen luonnon katalyyttejä eli biokatalyyttejä. Ne ovat proteiineja, jotka ovat laskostuneet siten, että proteiiniin jää aukko tai tunneli, jossa reaktio pääsee tapahtumaan. Entsyymit nopeuttavat solujen kemiallisia reaktioita jopa 10^{20} -kertaiseksi verrattuna ilman entsyymiä tapahtuvaan reaktioon verrattuna.

Puhtaita entsyymejä voidaan tuottaa teollisesti bioteknisin menetelmin. Entsyymejä käytetään tuhansissa eri käyttötarkoituksissa, esimerkiksi ruoka-aineiden ja rehujen käsittelyssä, pesuaineissa, selluloosan valmistuksessa ja jopa kosmetiikassa.

Entsyymi	Substraatti	Mitä entsyymi katalysoi?
Amylaasi	Tärkkelys	Tärkkelyksen hajoamista pienemmiksi sokereiksi
Proteaasi	Proteiini	Proteiinimolekyylien hajoamista aminohapoiksi
Lipaasi	Rasva	Rasvamolekyylien hajoamista pienemmiksi molekyyleiksi
Sellulaasi	Selluloosa	Selluloosan hajoamista pienemmiksi sokereiksi



Esimerkkejä yleisesti käytetyistä entsyymeistä (Lähde: Mooli 3)

Teollisuus

Useat jaksollisen järjestelmän sivuryhmien metallit voivat toimia katalyytteinä. Katalyytit ovat tärkeitä kemianteollisuudessa. Sen käyttämiä katalyyttejä ovat muun muassa nikkeli, platina ja palladium. Autojen katalysaattoreissa puolestaan on hienojakoista platina-rodiumseosta.

On esitetty, että metallien kyky toimia katalyytteinä perustuu siihen, että lähtöaineet voivat sitoutua metallin pintaan. Tällainen sitoutuminen heikentää lähtöaineiden sidoksia, eli ne katkeavat helpommin. Jotkut katalyytteinä toimivista metalleista voivat hapettua väliaikaisesti reaktiossa. Kun reaktio loppuu, metalli-ionit pelkistyvät. Näin metallit ovat osallistuneet reaktioon kulumatta siinä itse.

Katalyytti	Käyttö
Rauta, Fe	Ammoniakkisynteesi eli ammoniakin valmistus typestä ja vedystä [esim. lannoitteet, pesuaineet]
Nikkeli, Ni	Hydrausreaktio eli kasvisrasvojen kovettaminen vetyä liittämällä (=hydrausreaktio) [esim. margariinit]
Vanadiini(V)oksidi, V ₂ O ₅	Rikkidioksidin hapettaminen rikkiatrioksidiksi rikkihapon valmistuksessa

Tavallisimpia kemianteollisuuden hyödyntämiä katalyyttejä (Lähde: Mooli 3)

Ruoka-aineiden pilaantumisen estäminen

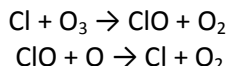
Ruoka-aineiden pilaantuminen johtuu haitallisten mikrobien kasvusta. Mikrobin kasvua pyritään estämään erilaisin keinoin. Helposti pilaantuvia ruokia säilytetään jääkaapissa, niihin voidaan lisätä erilaisia säilyvyyttä parantavia aineita tai niitä voidaan käsitellä kuumentamalla, jolloin säilyvyys parantuu.

Menetelmä	Vaikutustapa	Esimerkkejä
Kuivaaminen	Vesi on välttämätön liuotin kaikille elollisille eliöille	kuivattu kala ja liha, korput, näkkileipä, mausteet, sienet
 Happamuus	Alhainen pH denaturoi mikrobien proteiinit.	puolukka, etikkasäilykkeet, hapanmaitovalmisteet
Suolaus ja sokerointi	Osmoosin vaikutuksesta vesi poistuu soluista.	suolattu liha ja kala, sokeroitunut hillot ja mehut 
Tyhjiöpakkaaminen tai suojakaasut 	Hapen poistaminen pysäyttää soluhengityksen.	lihatuotteet, juustot, kahvi
Kylmäsäilytys	Jääkaapissa kemialliset reaktiot hidastuvat. Pakastus keskeyttää kemialliset reaktiot.	jäätelö, liha, maitotuotteet
Pastörointi ja iskukuumennus	Nopea kuumentaminen tuhoaa mikrobien proteiinirakenteet	maito, olut, vähälaktoosiset tuotteet
Gammasäteilytys	Säteilytys tuhoaa mikrobien perintöaineksen.	kuivatut mausteet
Säilöntäaineet	Säilöntäaineet vaikuttavat eritavoin: sulfiitit (E200-228) estävät hapettumisreaktioita, bentsoaatit (E211-219) alentavat pH-arvoa.	

Erilaisia menetelmiä säilyvyyden parantamiseen (Lähde: Neon 3)

Otsonin tuhoutuminen

Otsonia voivat tuhota useat kemialliset radikaalit, joista tärkeimmät ovat hydroksyyli (OH), typpioksidi (NO) sekä atomaarinen kloori (Cl), bromi (Br) ja vety (H). Näillä kaikilla on sekä luonnollisia että ihmisperäisiä lähteitä. Ihminen on muuttanut otsonin synty- ja tuhoutumisreaktioiden välistä tasapainoa lisäämällä etenkin aktiivisen kloorin ja bromin määrää stratosfäärissä. Näitä alkuaineita on tietyissä orgaanisissa yhdisteissä kuten CFC-yhdisteissä, jotka voivat päätyä stratosfääriin tuhoutumatta troposfäärissä. Yläilmakehässä ultraviolettisäteily hajottaa yhdisteet, jolloin vapautuu kloori- ja bromiatomeja. Nämä puolestaan voivat tuhota otsonia toimimalla katalyytteina esimerkiksi seuraavasti:



Tässä klooriatomi reagoi otsonimolekyylin kanssa irrottaen siitä yhden happiatomin, jolloin syntyy kloorimonoksidia (ClO). Vapaa happiatomi puolestaan muuttaa kloorimonoksidin takaisin klooriksi. Lopputuloksena otsoni on muuttunut hapeksi, mutta kloori ei ole kulunut reaktiossa. Muut katalyytit toimivat vastaavalla tavalla. Yksi klooriatomi voi tuhota jopa satatuhatta otsonimolekyyliä, ennen kuin se kulkeutuu takaisin troposfääriin. Bromi on jopa 60 kertaa klooria tehokkaampi otsonintuhoaja ja lisäksi pitkäikäisempi, mutta sitä kulkeutuu stratosfääriin vähemmän. Kloorin ja bromin lisäksi myös muut halogeenit, kuten fluori ja jodi, voivat toimia katalyytteina otsonia tuhoavissa reaktioissa.

(Lähde: Wikipedia)

Liite 6 Kokeellisten töiden työohjeet

1) Katalyytin vaikutus reaktionopeuteen (10 min)

Työssä tarvittavat aineet ja välineet

- Vetyperoksidia (30 %)
- Kaliumjodidia
- Astianpesuainetta
- Koeputki + -teline
- Aluslautanen
- Suojahanskat

Työn suoritus

Vetyperoksidi on erittäin syövyttävää, joten sitä käsittelevän on pidettävä suojahanskoja käsissään.

Mittaa koeputkeen 3 ml vetyperoksidia. Tarkkaile mittalasias. Näkyykö reaktiota? Lisää sitten muutama pisara astianpesuainetta. Siirrä koeputkiteline aluslautasen päälle. Lopuksi lisää koeputkeen teelusikan kärjellinen kaliumjodidia.

1. Mitä mittalasissa tapahtuu?
2. Mikä merkitys pesuaineella oli reaktiossa?
3. Miksi reaktioastia kuumentui reaktion edetessä?
4. Miten tässä työssä tehostettiin kemiallisen reaktion tapahtumista?
5. Tiskaa lopuksi kaikki astiat.

2) Reagoivien aineiden pinta-alojen vaikutus reaktionopeuteen (10 min)

Työssä tarvittavat aineet ja välineet

- Palasokeria ja hienoa sokeria
- Kaksi keitinlasia
- Vettä ja vedenkeitin
- Lasisauva sekoittamiseen

Työn suoritus

Keitä vettä vedenkeittimessä. Kaada kahteen keitinlasiin yhtä suuri määrä kiehuvaa vettä. Lisää samaan aikaan toiseen keitinlasiin palasokeria ja toiseen teelusikallinen sokeria. Vertaile reaktioita.

1. Mitä keitinlaseissa tapahtuu?
2. Sekoita molempia keitinlaseja. Mitä havaitset nyt?
3. Kummalla sokereista oli suurempi pinta-ala? Miten pinta-ala vaikuttaa reaktionopeuteen?
4. Mistä tämä johtuu?
5. Miten tilanne olisi muuttunut, jos kiehuvan veden sijaan olisi käytetty kylmää vettä? Miksi?
6. Miten sekoittaminen vaikuttaa reaktioon? Miksi?
7. Tiskaa lopuksi kaikki astiat.

3) Konsentraation vaikutus reaktionopeuteen (15 min)

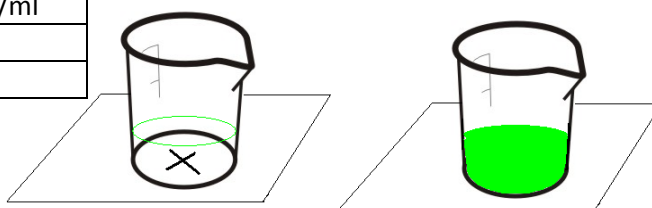
Työssä tarvittavat aineet ja välineet

- Natriumtiosulfaattiliuosta $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ($c = 0,15 \text{ mol/l}$)
- Suolahappoa HCl ($c = 2,0 \text{ mol/l}$)
- 2 keitinlasia (50 ml)
- Mittalasi (50 ml)
- 2 kelloa
- Kaksi paperia, joihin on piirretty rastit

Työn suoritus

Valmista keitinlaseihin seuraavat laimennokset natriumtiosulfaattiliuoksesta:

Astia	V ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)/ml	V (H_2O)/ml
1	25	0
2	15	10



Lisää molempiin keitinlaseihin 2 ml suolahappoa samaan aikaan ja määritä kellolla kummankin rastin häviämiseen kuluva aika. Yksi painallus suolahappopullosta on 1 ml. Ota siis kaksi painallusta. Kirjaa ajat ylös.

1. Miten konsentraatio vaikuttaa reaktionopeuteen?
2. Mistä tämä johtuu?
3. Tiskaa lopuksi kaikki astiat.
[Lähde: Mooli 3, s. 134]

4) Inhibiittorien vaikutus reaktionopeuteen (10 min)

Työssä tarvittavat aineet ja välineet

- Raakoja perunoita
- 10 % vetyperoksidia
- Raskasmetallisuoloja (CuSO_4 ja $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)
- Veitsi
- Suojahanskat

Työn suorittaminen

Vetyperoksidi on erittäin syövyttävää, joten sitä käsittelevän on pidettävä suojahanskoja käsissään.

1. Halkaise raaka peruna ja tiputa sen pinnalle vetyperoksidia. Mitä havaitset?
2. Leikkaa perunaan uusi pinta. Lisää ensin jotain em. metallisuoloista ja odota hetki, että liuos ehtii kuivua vähän. Tiputa sitten vetyperoksidia. Muuttuiko reaktio?
3. Mistä se johtuu? (Millaiset aineet tuhoavat perunan entsyymien?)
4. Siivoa lopuksi työpisteesi. Perunat heitetään sekajätteeseen.
[Lähde: Kemisti 3, s. 122]

Liite 7 Teoriatunnin PowerPoint-kalvot

Sivu 1

Kemiallisen reaktion nopeus

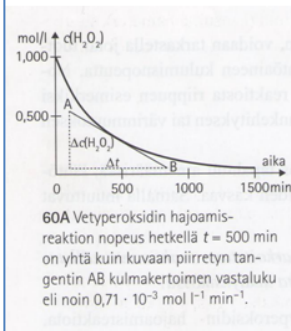
= reaktioon osallistuvan aineen konsentraation muutos aikayksikössä

$$nopeus = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Lähde: Kemisti 3

Sivu 2

Vetyperoksidin hajoamisen kuvaaja (s.60)



Vetyperoksidin hajoamisen reaktioyhtälö:
 $2 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$

- Miksi käyrä on laskeva?

$$\text{Nopeus} = - \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t}$$

- Miksi nopeuden kaavassa on miinusmerkki?

Lähde: Kide 3

Sivu 3

- $2 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$
- Vetyperoksidi on lähtöaineena, joten sen konsentraatio pienenee reaktion edistyessä
- Reaktioyhtälön kertoimien suhteesta käy ilmi, että yhdestä moolista vetyperoksidia muodostuu yksi mooli vettä
- Vetyperoksidin konsentraation muutos on siis itseisarvoltaan sama, mutta vastakkaismerkkinen kuin reaktiotuotteena syntyvän veden konsentraation muutos

Lähde: Kide 3

Sivu 4

Reaktion nopeuden muuttaminen

- Reagoivien aineiden kemiallinen luonne
- Lämpötila
- Sekoitus
- Kiinteän aineen pinta-ala
- Konsentraatio
- Kaasun paine
- Katalysaattori
- Inhibiittori

Lähde: Kide 3

Sivu 5

Reaktion mekanismi (s. 64)

= yksityiskohtainen tapa, jolla kemiallinen reaktio tapahtuu

- Kemiallisten reaktioiden kuvaamiseen on kaksi mallia

Törmäysteoria

- Reaktio tapahtuu vain, kun reagoivien aineiden rakenneosat törmäävät toisiinsa
- Törmäysten lukumäärä vaikuttaa reaktionopeuteen
- Kaikki törmäykset eivät johda reaktioon
- Toisiinsa iskeytyvillä molekyyleillä pitää olla tarpeeksi suuri energia
- Molekyylien on kohdattava oikeassa suunnassa

Lähde: Kide 3

Sivu 6

Siirtymätilateoria (Kide 3, s. 66)

- Lähtöaineiden sidokset heikentyvät samalla kun tuotteiden sidokset muodostuvat
- Siirtymäkompleksista reaktio voi edetä joko tuotteiden suuntaan tai palata lähtöaineisiin
- Siirtymätilan syntyminen on reaktion edellytys ja se vaatii energiaa
- Aktivointienergia E_a = siirtymäkompleksin energian ja lähtöaineiden energian erotus
 - Suuruus riippuu reaktiosta
 - Suuri E_a edellyttää reagoivilta hiukkasilta suurta energiaa
 - Pieni E_a tarkoittaa, että reaktio tapahtuu heti
- Katalyytillä reaktio voidaan ohjata kulkemaan reittiä, jossa E_a on pienempi. Näin reaktio nopeutuu

Lähde: Kide 3

Tehtäviä

- Kide 3 s. 70 -71
 - 2
 - 4
 - 7
 - 8