

# LÄMPÖENERGIAN YMMÄRTÄMISEN TUKEMINEN MITTAUSAUTOMAATION AVULLA LUKION KEMIAN OPETUKSESSA

Henriikka Leskinen  
Pro gradu -tutkielma  
19.11.2007  
Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto  
Kemian koulutusohjelma  
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta  
Helsingin yliopisto  
Ohjaajat: Maija Aksela ja Jan Lundell

Tiedekunta/Osasto Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Laitos Kemian laitos	
Tekijä Katri Henriikka Leskinen			
Työn nimi Lämpöenergian ymmärtämisen tukeminen mittausautomaation avulla lukion kemian opetuksessa			
Oppiaine kemia (kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto)			
Työn laji Pro Gradu- tutkielma	Aika 19.11. 2007	Sivumäärä 72+13	
<p>Energia on tärkeä aihe sekä kemian tutkimuksessa että sen opetuksessa. Se on keskeinen aihe lukion kemian opetuksessa valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti. Sen ymmärtäminen on opiskelijoista usein haasteellista. Uusia lähestymistapoja tarvitaan erityisesti lämpöenergian syvemmän ymmärtämisen tukemiseksi.</p> <p>Mittausautomaation (mittausjärjestelmien) käyttö on nykyaikainen lähestymistapa kemian opetukseen. Mittausautomaatiota käytetään laajasti kemian tutkimuksessa ja teollisuudessa. Sen käytöllä on runsaasti etuja myös opetukseen. Mittausautomaation käyttö voi selkeyttää hankalia käsitteitä, nopeuttaa tulosten tulkintaa sekä tukea kiinnostusta kemian opiskeluun. Sen käyttö kemian opetuksessa mahdollistaa erityisesti sellaisten kemian käsitteiden ja ilmiöiden opettamisen, joita on muuten vaikea havainnollistaa. Mittausautomaation käyttö opetuksessa yhdistää kokeellisen lähestymistavan sekä tieto- ja viestintätekniikan käytön. Suomessa mittausautomaation käyttö kemian opetuksessa on vielä suhteellisen vähäistä koulukäyttöön sopivista laitteista huolimatta. Mittausautomaation vakiinnuttamiseksi kouluopetukseen tarvitaan lisää tutkimustietoa, opetukseen sopivaa materiaalia sekä opettajien koulutusta.</p> <p>Tutkielmassa esitellään kolmivaiheinen kehittämistutkimus, jonka päätavoitteena oli tuottaa uusia kokeellisia työohjeita lämpöenergian opetuksen tueksi mittausautomaation avulla. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin tarveanalyysi tietokoneavusteisesta kemian opetuksesta ja sen haasteista. Tutkimukseen osallistui 98 opettajaa. Tarveanalyysi osoitti, että useimmat opettajat pitävät tietotekniikan taitojaan vähäisinä opetuskäytössä. Mittausautomaation käyttö opetuksessa on kuitenkin lisääntynyt kemian opetuksessa vuodesta 1999. Opettajista 16 % käytti mittausautomaatiota opetuksessaan.</p> <p>Tutkimuksen toisessa vaiheessa kehitettiin aikaisemman tutkimustiedon ja materiaalien pohjalta kolme kokeellista mittausautomaatiotyötä lämpöenergian havainnollistamiseksi. Kokeelliset työohjeet tuotettiin aiheista: kiehuminen, lämpöenergia sekä liukoisuus. Tutkimuksen kolmannessa vaiheessa testattiin yksi kokeellisista töistä lukion opiskelijoilla (N=17). Työohjeita kehitettiin saadun palautteen pohjalta. Suurin osa tutkimukseen osallistuneista opiskelijoista koki mittausautomaatiosta hyödylliseksi ilmiön ymmärtämisessä. Se myös innosti heitä kemian opiskeluun.</p>			
Avainsanat Kemia, opetus, lämpöenergia, mittausautomaatio, kokeellisuus, opettajat, opiskelijat			
Säilytyspaikka Helsingin yliopisto, kemian laitos			
Muita tietoja Ohjaajat: Maija Aksela ja Jan Lundell			

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 ENERGIA.....	7
2.1 Lämpöenergia	8
2.1.1 Lämpö ja lämpötila	8
2.1.2 Sisäenergia	9
2.1.3 Lämpömäärä ja ominaislämpökapasiteetti	11
2.1.4 Entalpia	14
2.2 Lämpöenergian ilmiöitä	15
2.2.1 Kiehuminen	15
2.2.2 Liukeneminen	16
2.2.3 Palaminen	19
2.3 Lukion opetussuunnitelman perusteet ja energia	20
2.4 Opiskelijoiden käsityksiä lämpöenergiasta	21
3 TIETO- JA VIESTINTÄTEKNIikka KEMIAN OPETUKSESSA.....	23
3.1 Tieto- ja viestintäteknikka opetussuunnitelman perusteissa	23
3.2 Tieto- ja viestintäteknikka oppimisen tukena	24
4 KOKEELLISUUS JA MITTAUSAUTOMAATIO KEMIAN OPETUKSESSA.....	26
4.1 Kokeellisuus kemian opetuksessa	26
4.2 Yleistä mittausautomaatiosta	28
4.3 Mittausautomaation käyttö kemian opetuksessa	29
4.4 Mittausautomaation vaikutukset opetukseen	30
4.4.1 Mittausautomaation hyödyllisyys opetuksessa	30
4.4.2 Mittausautomaation haasteet opetuksessa	32
5 TUTKIMUS.....	34
5.1 Tutkimuksen tavoite	34
5.2 Tutkimuskysymykset	34
5.3 Tutkimuksen toteutus	35
6 TULOKSET.....	37

6.1 Tietokoneen käyttö kemian opetuksessa	37
6.2 Lämpöenergian ymmärtämisen tukeminen mittausautomaation avulla	43
6.2.1 Opetusmateriaali	43
6.2.1.1 Kiehuminen	43
6.2.1.2 Ruoan energia	48
6.2.1.3 Lämpötilan vaikutus liukoisuuteen	54
6.3 Opetusmateriaalin arviointi ja kehittäminen	57
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	64
7.1 Tarveanalyysi	65
7.2 Opetusmateriaali	66
7.3 Arviointi	68
LÄHTEET.....	69
LIITTEET.....	75

# 1 Johdanto

Energia on yksi luonnontieteiden keskeisistä aiheista. Se on tärkeä aihe sekä kemian tutkimuksessa että sen opetuksessa. Sitä käsitellään Suomessa opetuksessa peruskoulun 5.-6. luokilta lähtien kemian ja fysiikan puolella. Se on keskeinen aihe lukion kemian opetuksessa (LOPS, 2003). Sen ymmärtäminen on kuitenkin opiskelijoista usein haasteellista. Uusia lähestymistapoja tarvitaan erityisesti lämpöenergian syvemmän ymmärtämisen tukemiseksi.

Tieto- ja viestintäteknikka tuo uusia mahdollisuuksia luonnontieteiden opetukseen. Uudet teknologiat ovat vaikuttaneet suuresti näiden aineiden opetukseen (Linn, 2003). Tieto- ja viestintäteknikan mahdollisuuksia opetuksessa ei ole kuitenkaan hyödynnetty laajasti. Käyttäjämäärät ovat olleet vähäisiä koulukäyttöön sopivista laitteista ja ohjelmista huolimatta (esim. Meisalo, Lavonen, Juuti & Aksela, 2007; Aksela & Juvonen, 1999). Lukuisten tutkimusten mukaan tieto- ja viestintäteknikasta on hyötyä luonnontieteiden oppimiselle (esim. Webb, 2005).

Tieto- ja viestintäteknikka on kemian opetuksen tavoitteissa entistä vahvemmin esillä. Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteet korostavat tieto- ja viestintäteknikan asemaa verrattuna vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteisiin. Uusissa perusteissa tieto- ja viestintäteknikka mainitaan jo yleisissä tavoitteissa. Tieto- ja viestintäteknikkaa tulee käyttää opetuksessa kullekin oppiaineelle ominaisella tavalla.

Mittausautomaation (mittausjärjestelmien) käyttö on nykyaikainen lähestymistapa kemian opetukseen. Mittausautomaatiota käytetään laajasti kemian tutkimuksessa ja teollisuudessa. Mittausautomaatio yhdistää kemian opetuksessa keskeisen kokeellisuuden sekä tieto- ja viestintäteknikan käytön. Opetussuunnitelman perusteissa kokeellisuus mainitaan jokaisen kurssin kohdalla erikseen, vaikka se on tuotu esille jo kemian yleisessä osiossa (LOPS, 2003).

Opettajien koulutuksella on suuri merkitys siihen, miten uudet teknologiat otetaan käyttöön kouluissa. Opettajien koulutukseen tulisi panostaa, jotta teknologioiden käytöstä tulisi

mahdollisimman helppoa ja monipuolista. Tavoitteena on, että opettaja käyttää tieto- ja viestintäteknikkaa luontevana osana opetusta (Valtioneuvoston kanslia, 2007). Mittausautomaation vakiinnuttamiseksi kouluopetukseen tarvitaan aiheesta lisää tutkimustietoa ja opetukseen sopivaa tutkimuspohjaista materiaalia suomenkielellä. Tähän asti suurin osa ohjelmien ja laitteiden mukana tulleista tutkimateriaaleista on englanninkielistä.

Tämän kehittämistutkimuksen tavoitteena on tuottaa mielekäs opetusmateriaali lämpöenergian opiskeluun mittausautomaation avulla lukiossa. Kehittämistutkimuksessa on kolme vaihetta: 1) tarveanalyysi, 2) materiaalin kehittäminen sekä 3) materiaalin arviointi.

Tutkielma koostuu seitsemästä luvusta. Luvut kaksi, kolme ja neljä sisältävät tutkielman teoreettisen viitekehysten. Luvussa viisi esitellään tutkimuksen tavoite, tutkimuskysymykset ja tutkimuksen toteutus. Kuudennessa luvussa esitellään tulokset. Viimeisessä luvussa verrataan saatuja tutkimustuloksia aikaisempaan tutkimukseen ja tehdään johtopäätökset sekä pohditaan tutkimuksen merkitystä.

Teoreettisessa viitekehyksessä esitellään lämpöenergiaan liittyvä kemia siinä laajuudessa kuin se tutkimusosan kannalta on tarpeellista. Siinä on keskitytty lämpöenergiaan ja siihen liittyviin ilmiöihin sekä opiskelijoiden käsityksiin lämpöenergiasta. Tieto- ja viestintäteknikan mahdollisuudet kemian opetuksessa käsitellään sekä yleisesti että mittausautomaation osalta.

## 2 Energia

Energia on läsnä jokapäiväisessä elämässä. Energiaa tarvitaan niin mikroskooppisessa, kuin makroskooppisessa maailmassakin. Kaikki, sekä elolliset olennot, että koneet, tarvitsevat energiaa elääkseen tai toimiakseen. Ihminen tarvitsee ravinnosta saatavaa energiaa pysyäkseen hengissä. Energiantarve vaihtelee ihmisestä toiseen. Energiantarpeeseen vaikuttaa esimerkiksi sukupuoli ja se kuinka paljon liikkuu. Autot, lentokoneet sekä laivat käyttävät polttoainetta, mistä ne saavat energiaa toimiakseen.

Energia määritellään kyvyksi tehdä työtä tai tuottaa lämpöä. Energian symboli on ( $E$ ) ja sen yksikkö SI-järjestelmässä on Joule ( $J$ ) Joule on [ $1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$ ]. Energiaa ilmenee hyvin monessa eri muodossa. Se luokitellaan usein kineettiseen energiaan, potentiaalienergiaan, sähköenergiaan ja kemialliseen energiaan. Energian tärkein ominaisuus on se, että energia ei häviä, eikä sitä voi tehdä. Maailmankaikkeudessa energian määrä pysyy vakiona tämän energian häviämättömyysperiaatteen mukaan. Energiaa voi siirtää tai se voi muuttaa muotoaan. Kemiallisen energian voi muuttaa sähköenergiaksi esimerkiksi paristoissa.

Energialla on kaksi pääperiaatetta. (1) energia säilyy ja (2) energia voidaan muuttaa muodosta toiseen, esimerkiksi potentiaalienergia voidaan muuttaa kineettiseksi energiaksi. Nämä muutokset voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä muutokset tapahtuvat vain ulkopuolisen voiman vaikutuksesta. Toinen ryhmä koostuu muutoksista jotka tapahtuvat ilman ulkopuolista voimaa. Nämä tapahtumat ovat spontaaneja (mm. Ben-Zvi, 1999). Luonnossa tapahtuvat kemialliset reaktiot ovat spontaaneja. Näissä reaktioissa systeemin entropia kasvaa. Entropia tarkoittaa epäjärjestyksen määrää. Spontaaneissa reaktioissa epäjärjestys kasvaa.

Kaikissa kemiallisissa reaktioissa tapahtuu energian muutoksia. Energia esiintyy kemiallisissa reaktioissa lämpönä. Kaikki kemialliset reaktiot joko tuottavat lämpöä tai tarvitsevat lämpöä tapahtuakseen.

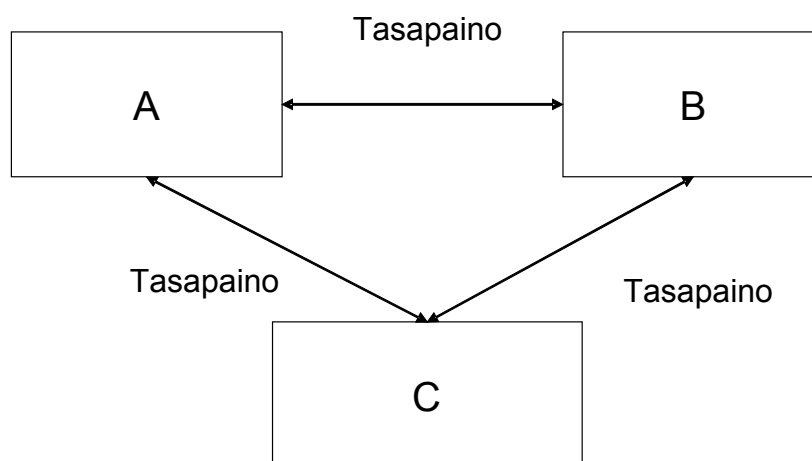
## 2.1 Lämpöenergia

Seuraavissa kappaleissa tullaan tarkastelemaan lämpöenergiaan liittyviä käsitteitä laajemmin.

### 2.1.1 Lämpö ja lämpötila

Lämpötila ( $T$ ) on suure mikä kuvaa molekyylien keskimääräistä liike-energiaa (mm. Kalliorinne & al. 2000). Energia virtaa suuremmasta lämpötilasta pienempään kun kappaleet ovat kosketuksissa toisiinsa. Lämpötilaero kertoo energiavirran suunnan. Energia siirtyy lämpönä. Lämpöenergia, eli lämpö, siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan. Jos vierekkäin asetetuilla kappaleilla on sama lämpötila, ei energiaa siirry. Tällöin kappaleet ovat termodynaamisessa tasapainossa keskenään.

Lämpöopin nollannen pääsäännön mukaan kappaleet A ja B ovat keskenään termodynaamisessa tasapainossa, jos kappaleet A ja B ovat termodynaamisessa tasapainossa kappaleen C kanssa (Kuva 1).



Kuva 1. Lämpöopin nollas pääsääntö



Lämpöopin nollannella pääsäännöllä voidaan perustella lämpömittarin käyttö (mm. Atkins 1999). Jo vuodesta 1643 lämpömittarina on käytetty elohopealämpömittaria. Tosin vasta vuonna 1742 mittariin saatiin kaksi kiintopistettä. Anders Celsius otti tuollon käyttöön lämpömittarin, missä asteikko oli kiinnitetty veden sulamis- ja kiehumispisteisiin. Asteikko mittariin saatiin asettamalla nesteputki ensin kontaktiin jään kanssa ja sitten kiehuvan veden kanssa. Nestepintojen väli jaettiin sataan osaan. Nollas pääsääntö pitää sisällään periaatteen, että kappaleen mikroskooppiset ominaisuudet eivät vaikuta kappaleen lämpötilaan. Lämpötilan SI- yksikkö on kelvin, K. Kelvin asteikko kutsutaan myös absoluuttiseksi lämpötila asteikoksi. Kelvin -asteet voidaan muuttaa Celsius -asteiksi seuraavalla kaavalla (1):

$$T(K)=t(C)+273,15 . \quad (1)$$

Lämpöenergia, minkä symboli on ( $Q$ ) on systeemin mikroskooppinen ominaisuus. Lämpöenergiaa esiintyy ainoastaan systeemin muutoksen aikana. Lämpö on siirtynyt kokonaisenergia. Lämpö siirtyy molekyylien kaoottisen liikkeen välityksellä, systeemien kosketuskohdassa. Tätä siirtymistä kutsutaan termiseksi siirtymiseksi (mm. Atkins, 1999). Työtä tehdessä energiaa siirtyy systeemistä toiseen järjestäytyneen molekyylien liikkeen turvin. Nämä erilaiset energian siirtymistavat erottavat lämpö- ja työenergian toisistaan.

Lämpö ja työ ovat energian siirtymistapoja. Tämän vuoksi niitä esiintyy ainoastaan systeemin muutoksen aikana (mm. Kalliorinne et al. 2000). Kemiallinen energia on varastoituneena yhdisteen sidoksiin potentiaalisena energiana. Varastoitunut energia vapautuu uusien sidosten muodostuessa, energiaa tarvitaan molekyylien sidosten katkaisemiseen.

### **2.1.2 Sisäenergia**

Systeemin kokonaisenergiaa kutsutaan sen sisäenergiaksi ( $U$ ). Systeemin sisäenergia on kaikkien systeemiin kuuluvien molekyylien potentiaali- ja liike-energioiden summa. Sisäenergiaa ei pystytä suoraan mittaamaan kokeellisesti eikä laskemaan (mm. Kalliorinne & al. 2000). Systeemin sisäenergia täytyy määrittää epäsuorasti mittaamalla systeemistä poistuva ja saapuva energia. Avoin systeemi voi vaihtaa ympäristönsä kanssa sekä ainetta

että energiaa. Systeemin muuttunut energia saadaan, kun tiedetään energia alussa ( $U_a$ ) ja energia lopussa ( $U_l$ ):

$$\Delta U = U_l - U_a. \quad (2)$$

Sisäenergia on tilan funktio, mikä tarkoittaa sitä, että vain alku- ja lopputila ovat merkitseviä, eli samansuuruisen tilan muutokseen liittyy aina samansuuruinen kokonaisenergian siirtyminen (mm. Kalliorinne & al 2000). Sisäenergian arvon kannalta ei ole merkitystä kuinka tähän muutokseen on päädytty. Sisäenergiaa voi muuttaa mekaanisella energialla, lämmöllä tai sähkötyöllä tai näiden yhdistelmillä. Systeemin kannalta ei ole merkitystä onko muutos tapahtunut työn teon kautta vai lämmönsiirron avulla. Mikäli systeemi on kokonaan eristetty ympäristöstä, ei sisäenergian muutoksia tapahdu.

Systeemin ollessa suljettu ympäristöstä se voi vaihtaa ympäristön kanssa energiaa, muttei ainetta. Työtä voidaan merkitä  $w$ :llä ja lämpöä  $q$ :lla. Sisäenergia voidaan laskea seuraavan kaavan (3) avulla:

$$\Delta U = q + w. \quad (3)$$

Kaava kolme on termodynamiikan ensimmäisen säännön matemaattinen malli. Yhtälö kertoo, että suljetun systeemin sisäenergia on yhtä paljon kuin sen läpi menevien energioiden summa. Tässä, kuten muissakin termodynaamisissa suureissa, suureet  $q$  ja  $w$  koostuvat kahdesta osasta. Nämä kaksi osaa ovat suureen lukuarvo ja etumerkki. Lukuarvo kertoo siirrettävän energian määrään. Suureen etumerkki kertoo puolestaan energiavirran suunnan. Suunta katsotaan systeemin kannalta, joskus suunta voidaan katsoa ympäristön kannalta. Positiivinen etumerkki,  $q > 0$  tai  $w > 0$ , tarkoittaa, että energiaa virtaa systeemin suuntaan työnä tai lämpönä ja systeemiin energia kasvaa. Negatiivinen etumerkki,  $q < 0$  tai  $w < 0$ , tarkoittaa puolestaan sitä, että energiaa virtaa pois systeemistä, eli systeemin energia pienenee.

Sisäenergiaa käsittelee myös termodynamiikan ensimmäisen pääsääntö. Systeemin sisäenergia on tilan funktio. Sisäenergia ei kasva tyhjästä, eikä se häviää olemattomiin eli

kokonaisenergia on vakio. Sisäenergia muuttuu vain systeemin ja ympäristön välillä siirtyneen energian määrällä.

### 2.1.3 Lämpömäärä ja ominaislämpökapasiteetti

Lämpömäärä (C) ilmaisee tarkasteltavan systeemin molekyylien liike-energioiden summan. Lämpömäärä riippuu systeemin molekyylien määrästä eli systeemin massasta. Lämpömäärään vaikuttaa myös aineen laatu. Aineesta riippuu kuinka paljon lämpöä kappale vaatii jotta sen lämpötila nousisi yhden asteen verran. Kaksi samansuuruisia kappaletta vaativat usein eri määrän lämpöä yhden asteen lämpötila nousua varten

$$C = \frac{\text{absorboitu lämpö}}{\text{lämpötilan nousu}} = \frac{q}{\Delta T} \quad (4)$$

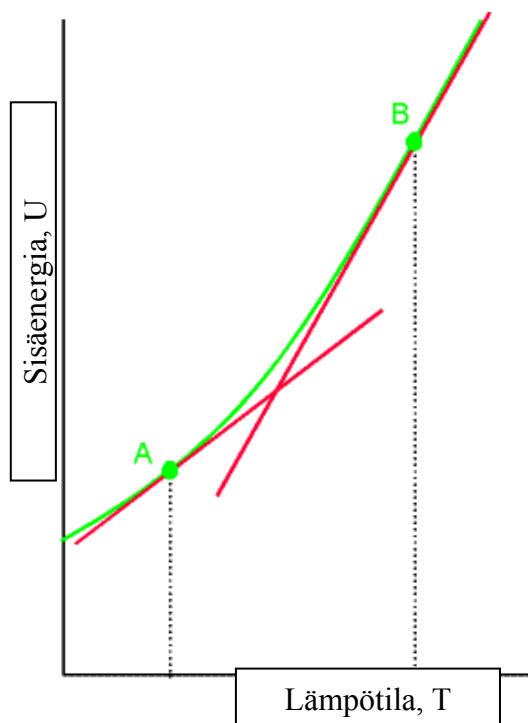
Lämpötilan nousu on verrannollinen reaktion vapauttamaan tai vastaanottamaan lämpöön. Lämpökapasiteetit muuttuvat lämpötilan muuttuessa. Yleensä ne kasvavat lämpötilan noustessa ja pienenevät lämpötilan laskiessa. Lämpötilan vaihteluiden ollessa pieniä ja lämpötilan ollessa lähellä huoneen lämpötilaa eli noin + 22 °C, lämpökapasiteetin arvo vaihtelee vain hieman. Tällöin lämpökapasiteettia voidaan pitää riippumattomana lämpötilasta.

Aineen ominaislämpökapasiteetti kuvaa sitä kuinka paljon lämpöenergiaa kappaleeseen sitoutuu lämpötilan ja massan yksikköä kohti (mm. Zumdahl, 1997). Ominaislämpökapasiteetti kertoo kuinka paljon lämpöenergiaa tarvitaan nostamaan yhden gramman painoisen kappaleen lämpötilaa yhdellä kelvinillä. Ominaislämpökapasiteetin yksikkö on  $kJ/(kg \cdot K)$ , ja sen tunnus on c. Ominaislämpökapasiteetti voidaan antaa myös moolia kohti. Tällöin kyseessä on energiamäärä, joka tarvitaan nostamaan yhden moolin lämpötilaa yhdellä asteella. Taulukossa 1 on kuvattu muutamia esimerkkejä ominaislämpökapasiteettien arvoista. Taulukossa on lisäksi aineiden kiehumispisteet.

Taulukko 1. Esimerkkejä ominaislämpökapasiteettien arvoista (MAOL, 2001).

Aine	Ominaislämpökapasiteetti kJ/(kg*K)	Kiehumispiste °C
Vesi, H <sub>2</sub> O (l)	4,19	100,0
Etanoli, C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (l)	2,43	78,5
Ilma	1,01	
Rauta, Fe (s)	0,45	-
Hiili, C (s)	0,712	4830

Taulukon yksi arvoista huomaa, että vedellä on suhteellisen korkea ominaislämpökapasiteetti. Veden yhden asteen lämmittämiseen tarvitaan huomattavasti enemmän energiaa kuin vaikkapa raudan lämmittämiseen. Sama määrä lämpöenergiaa nostaa enemmän pienen ominaislämpökapasiteetin omaavan aineen lämpötilaa kuin suuren lämpökapasiteetin omaavan aineen lämpötilaa. Jos ominaislämpökapasiteetti on loputtoman suuri, ei lämpötila nouse, vaikka aineeseen tuotaisiin koko ajan lisää lämpöä. Faasin muutoskohdissa ominaislämpökapasiteetit ovat yleensä loputtoman suuria (mm. Atkins, 1999). Esimerkiksi veden lämpötila ei sen kiehuessa nouse vaikka sitä lämmitetään.



Kuva 2. Systemin sisäenergian muuttumien (mukailtu, Atkins, 1999)

Systeemin sisäenergia kasvaa lämpötilan kasvaessa. Käyrän kulmakerroin annetussa lämpötilassa on aineen lämpökapasiteetti kyseisessä pisteessä. Kuvassa 2 lämpökapasiteetit ovat A ja B. Tämä käyrä kuvaa tilannetta vakiotilavuudessa. Lämpökapasiteetti vakiotilavuudessa on

$$C_v = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_v. \quad (5)$$

Yhtälössä viisi  $(\partial U/\partial T)_v$  on osittaisderivaatta systeemien sisäenergiasta lämpötilan suhteen. Tämä tarkoittaa sitä, että lämpökapasiteetti on sisäenergian muutos jaettuna lämpötilan muutoksella kun tilavuus pidetään vakiona. Osittaisderivaatassa pidetään vakiona yksi tai useampia muuttujia, tässä tapauksessa tilavuus  $V$ . (mm. Atkins, 1999)

Lämpökapasiteettia voidaan käyttää määrittelemään vakiotilavuudessa tapahtuvan lämpötilan muutoksen aikaansaamaa sisäenergian muutosta. Jos lämpökapasiteetti ei annetulla lämpötilan vaihteluvälillä muutu, niin saadaan mitattavissa oleva lämpötilaero  $(\Delta T)$ , mikä taas johtaa mitattavissa olevaan sisäenergian muutokseen,  $\Delta U$  (mm. Atkins, 1999). Näin ollen saadaan

$$\Delta U = C_v \Delta T \quad (\text{vakio tilavuudessa}). \quad (6)$$

Sisäenergian muutos on sama kuin systeemiin tuotu lämpö. Vakiotilavuudessa voidaan kirjoittaa yhtälö muotoon

$$q_v = C_v \Delta T. \quad (7)$$

Kun yhtälöön seitsemän vaihdetaan lämpökapasiteetin paikalle ominaislämpökapasiteetti (c) pystytään laskemaan lämpöenergian määrä tietyn kokoiselle kappaleelle.

$$q = cm \Delta T. \quad (8)$$

Yhtälön kahdeksan avulla pystytään laskemaan kuinka paljon tietty määrä, esimerkiksi vettä, luovuttaa tai vastaanottaa lämpöä, lämpötilan muuttuessa määrätyn verran.

## 2.1.4 Entalpia

Entalpia on sisäenergian tavoin tilafunktio. Systeemiin tuotu lämpö ei vastaa sisäenergian muutosta, jos systeemi pääsee vapaasti laajenemaan. Systeemin laajenemiseen menee osa lämpöenergiasta. Tämä lämpöenergia palaa ympäristöön työn muodossa. Entalpia määritetään seuraavasti:

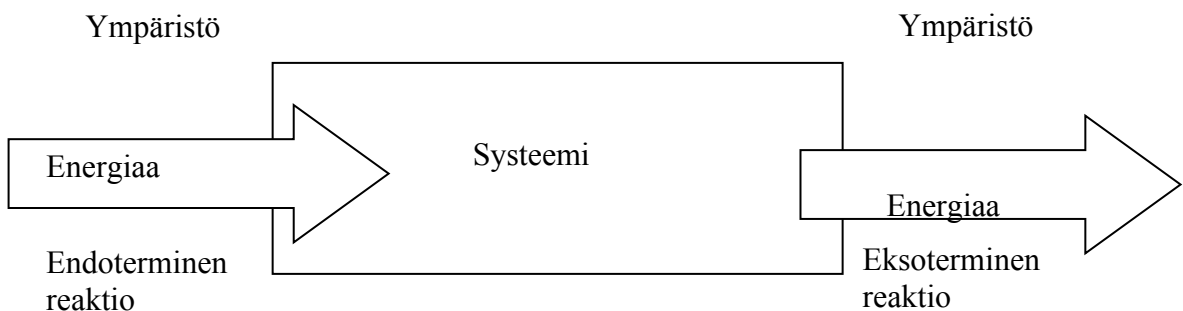
$$H = U + pV. \quad (9)$$

Yhtälössä yhdeksän  $H$  on entalpia,  $p$  on paine ja  $V$  on tilavuus. Yhtälö yhdeksän pätee vakioaineessa ja kun ainoana työmuotona on tilavuuden muutostyö. Kemialliselle reaktiolle entalpiamuutos saadaan yhtälöstä

$$\Delta H = H_{\text{tuotteet}} - H_{\text{lähtöaineet}}. \quad (10)$$

Yhtälö 10 tarkoittaa, että vakioaineessa tapahtuvan muutoksen aikana systeemin entalpiamuutos ( $\Delta H$ ) on verrannollinen systeemin muutoksen aikana siirtyneeseen lämpöön, tilavuuden muutostyön ollessa ainoa työmuoto.

Reaktioentalpian ollessa positiivinen,  $\Delta H > 0$ , on reaktio endoterminen. Tällöin tuotteiden entalpia on suurempi kuin lähtöaineiden ja reaktio absorboi lämpöä ympäristöstä. Jos taas lähtöaineiden entalpia on suurempi, on reaktioentalpia negatiivinen,  $\Delta H < 0$ . Tällöin reaktio on eksoterminen ja vapauttaa ympäristöön lämpöä. Kuvassa kolme on havainollistettu endoterminen ja eksoterminen reaktion ero.



Kuva 3. Endoterminen ja eksoterminen reaktio

## 2.2 Lämpöenergian ilmiöitä

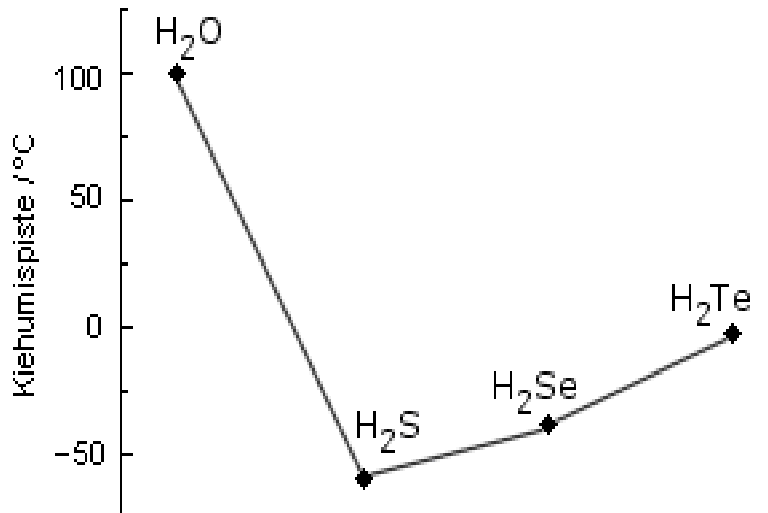
Seuraavissa kappaleissa käsitellään kemian ilmiöitä joissa esiintyy lämpöenergian muutoksia, tai mitkä muuten liittyvät läheisesti lämpötilaan. Nämä ilmiöt ovat kiehuminen, liukeneminen sekä palaminen.

### 2.2.1 Kiehuminen

Avoimessa astiassa olevan nesteen pinnalta haihtuu koko ajan vettä. Ilmiötä kutsutaan kiehumiseksi kun haihtuminen tapahtuu samanaikaisesti joka puolella nestettä. Kiehumispisteeksi kutsutaan lämpötilaa, missä nesteen höyryn paine on yhtä suuri kuin ulkoinen paine. Tämä tarkoittaa sitä, että kiehumispiste on riippuvainen paineesta. Suljetussa astiassa ei kiehumista tapahdu lainkaan. Suljetussa astiassa tulee vastaan piste jolloin höyryn paine on yhtä suuri kuin nesteen paine. Tällöin nesteen ja höyryn välinen raja katoaa. Tätä lämpötilaa kutsutaan kriittiseksi lämpötilaksi. (mm. Atkins, 1999).

Kiehumispisteeseen vaikuttaa olennaisesti molekyylin koko, molekyylien väliset sidokset sekä molekyylin rakenne. Molekyylin rakenteen vaikutuksen huomaa hyvin etenkin orgaanisilla yhdisteillä. Veden korkeaan kiehumispisteeseen vaikuttaa vesimolekyylien väliset vetysidokset.

Vetysidos on erikoistapaus dipoli-dipoli sidoksista. Vetysidos muodostuu vedyn ja elektronegatiivisen atomin välillä, esimerkiksi hapen, typen, fluorin tai kloorin ja vedyn välille. Vetysidoksessa vedyn ainoa protoni osallistuu kovalenttiseen sidokseen, jolloin vety jää suojaamattomaksi sidoksen vastakkaiselta puolelta. Esimerkiksi, veden tapauksessa vety on sitoutunut kovalenttisesti happeen, jolloin vety jää suojaamattomaksi. Tähän suojaamattomaan vetyyn liittyy vetysidoksella toisen vesimolekyylin happi. Vetysidos on spesifinen vuorovaikutus.



Kuva 4. Jaksollisen järjestelmän happiryhmän vety-yhdisteiden kiehumispisteet

Kuvassa neljä on esitetty jaksollisen järjestelmän happiryhmän vety-yhdisteiden kiehumispisteet. Kuvaajasta huomaa kuinka kiehumispisteeseen vaikuttaa molekyylien välisten sidosten voimakkuus. Vedellä korkean kiehumispisteen selittää edellä kuvattu vetysidos. Muiden molekyylien välille ei synny vetysidoksia. Kuvaajasta huomaa selkeästi, kuinka molekyyliässä vaikuttaa kiehumispisteeseen erityisesti rikin, seleenin sekä telluurin vety-yhdisteiden osalta. Kiehumispiste nousee molekyyliässä kasvaessa. Rikin ja vedyn yhdiste on kevein ja raskain on puolestaan telluurin ja vedyn yhdiste. Dispersiovoimien kasvu molekyylin koon kasvaessa vaikuttaa kiehumispisteeseen niin, että kiehumispiste nousee.

Kiehumisessa on kyse aineen olomuodon muutoksesta. Aineen molekyylien väliset sidokset katkeavat. Esimerkiksi veden kiehuessa vesimolekyylien väliset vetysidokset katkeavat. Kaasumaista vettä kutsutaan yleisesti vesihöyryksi. Veden kiehumisessa muodostuvat kuplat sisältävät vesihöyryä, koska veden lämmittäminen on katkaissut vetysidokset vesimolekyylien väliltä.

### 2.2.2 Liukeneminen

Liukeneminen on hyvin arkipäiväinen asia. Lähes joka päivä liuotetaan sokeria kahviin tai teehen ja suolaa keitinveteen. Liukenemiseen osallistuu enemmän kuin yksi aine, sulaminen voi tapahtua vain yhden aineen läsnäollessa (Goodwin, 2002).



Liukoisuus viittaa siihen kuinka paljon annettua ainetta liukenee liuottimeen. Keskeinen sääntö liukenemisessä on, että samankaltainen liuottaa samankaltaistaan. Tämä tarkoittaa sitä, että poolinen aine tai ioniyhdiste tarvitsee liuottimekseen poolisen nesteen, kun taas pooliton aine tarvitsee liuottimekseen poolittoman nesteen. Itse liukeneminen voidaan jakaa kolmeen erilliseen vaiheeseen (mm. Zumdahl, 1997):

1. Liuotettava aine erotellaan erillisiksi yksiköiksi (liuotettavan aineen laajentuminen).
2. Liuottimen molekyylien välisten sidosten särkyminen, jossa tulee tilaa liuotettavalle aineelle (liuottimen laajentuminen).
3. Annetaan liuottimen ja liuotettavan aineen muodostaa liuos.

Vaiheet 1 ja 2 tavallisesti tarvitsevat energiaa tapahtuakseen. Nämä vaiheet ovat endotermisiä. Vaihe 3 puolestaan yleensä luovuttaa energiaa ympäristöön. Sitä kutsutaan eksotermiseksi vaiheeksi. Muodostuneen liuoksen entalpia ( $\Delta H_{liuos}$ ) saadaan laskettua kaavasta:

$$\Delta H_{liuos} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3. \quad (11)$$

Näiden entalpiaerojen avulla pystytään selittämään miksi toiset aineet liukenevat toisiin liuottimiin ja toiset aineet eivät liukene. Poolittoman aineen ja veden tapauksessa  $\Delta H_1$ :n on yleensä pieni liuotettavalle aineelle, mutta voi olla hyvinkin suuri, jos aineen molekyylikoko on suuri.  $\Delta H$  on suuri esimerkiksi suurimolekyyllisille öljy-yhdisteille. Öljyn ja veden tapauksessa  $\Delta H_3$ :n arvo on pieni, koska vuorovaikutus vesi- ja öljymolekyylien välillä on hyvin vähäistä. Veden molekyylien välisten sidosten purkamiseen tarvitaan suhteellisen paljon energiaa, joten  $\Delta H_2$  on suuri ja positiivinen. Näin ollen  $\Delta H_{liuos}$  arvo olisi suuri ja positiivinen. Tämä tarkoittaa sitä, että tarvittaisiin suuri määrä energiaa muodostamaan öljyn ja veden välinen liuos. Nämä samat säännöt pätevät, vaikka tilanne olisi päinvastainen eli liuotettava aine on poolinen ja liuotin poolinen. Prosessit, mitkä vaativat paljon energiaa tapahtuakseen eivät yleensä tapahdu. (mm. Zumdahl, 1997)

Ioniyhdiste liukenee yleensä veteen. Esimerkiksi natriumkloridin liuetessa veteen  $\Delta H_1$  on suuri, koska suolakiteiden ionisidokset tarvitsevat paljon energiaa katketakseen. Vesimolekyylien välisten sidosten katkaisemiseen, vaihe  $\Delta H_2$ , tarvitaan myös paljon energiaa. Tässä tapauksessa  $\Delta H_3$  on suuri ja negatiivinen, koska vesimolekyylien ja ionien välinen vuorovaikutus on suurta. Natriumkloridin ja veden välillä tapahtuu seuraavat reaktiot:



Reaktioyhtälön 12  $\Delta H_1$  on 786 kJ/mol. Alemmasta reaktioyhtälöstä 13 saadaan liuoksen hydratoitumisentalpia ( $\Delta H_{hyd}$ ) missä lasketaan yhteen liuottimen laajeneminen ( $\Delta H_2$ ) sekä sen sekoittuminen veteen ( $\Delta H_3$ ). Hydratoitumisentalpia  $\Delta H_{hyd}$  on -783 kJ/mol. Liuoksen koko entalpia on ionisoitumisentalpian ja hydratoitumisentalpian summa eli liuoksen entalpiaksi ( $\Delta H_{liuos}$ ) saadaan 3 kJ/mol. Liuoksen entalpia ( $\Delta H_{liuos}$ ) on positiivinen, mutta pieni. Liukeneminen kuitenkin tapahtuu, koska luonnolla on taipumus epäjärjestykseen. (Zumdahl, 1997)

Liukenemiseen vaikuttaa moni tekijä, kuten paine, lämpötila sekä aineen rakenne. Tässä tarkastellaan lähemmin vain lämpötilan vaikutusta aineen liuetessa veteen. Liukeneminen ei olekaan niin yksiselitteinen asia kuin usein ajatellaan. Goodwinin (2002) mukaan termiä 'sulaa' pitäisi käyttää vain puhtaista aineista puhuttaessa ja korkeissa lämpötiloissa tapahtuvasta muutoksesta.

Veden lämpötilan noustessa aineet liukenevat nopeammin veteen kuin viileämmässä vedessä. Liukenemisnopeudella ei välttämättä ole vaikutusta siihen kuinka paljon kiinteää ainetta liukenee veteen. Joidenkin kiinteiden aineiden liukoisuus pienenee lämpötilan kasvaessa. Näin käy esimerkiksi natrium sulfaatille ( $Na_2SO_4$ :lle). Suurimmalla osalla kiinteistä aineista liukoisuus veteen kasvaa lämpötilan noustessa.

Kaasujen liukoisuus veteen laskee lämpötilan noustessa. Tällä asialla on ympäristön kannalta suuri merkitys. Lämpimään veteen liukenee vähemmän happea kuin viileään veteen. Ydinvoimaloiden lähettyvillä saattaakin olla pienempi veden happipitoisuus

ydinvoimalassa käytettävän lauhdeveden takia. Lauhdevesi lämpenee ydinvoimalassa ja näin siihen liukenee vähemmän happea kuin ympäröivään veteen.

### **2.2.3 Palaminen**

Polttamalla saatu energia on ollut ihmisen tärkein energian lähde siitä asti kun tulen teko on keksitty. Nykyään energialähteinä käytetään fossiilisia polttoaineita. Fossiiliset polttoaineet sisältävät öljyn, kivihiilen sekä maakaasun käytön. Näihin raaka-aineisiin energia on varastoitunut tuhansien vuosien saatossa. Energia on varastoituneena niihin kemiallisen energian muodossa. Orgaanisten yhdisteiden ohella on paljon muita palavia aineita, kuten puhtaat aineet, esimerkiksi vety, seokset ja epäorgaaniset yhdisteet, esimerkiksi teräsvilla.

Palaminen on tuttu ilmiö kaikille, mutta usein haasteellinen ymmärtää (esim. Palm & Ahtee, 2002). Palaminen on aineen liittymistä happeen. Edellytykset palamiselle ovat riittävän korkea lämpötila sekä hapen ja palavan aineen läsnäolo. Palamista ei tapahdu, jos joku näistä palamisen perusedellytyksistä puuttuu tai loppuu.

Jotta aine syttyy palamaan, tarvitaan riittävän suuri lämpötila. Tämä lämpötila tarvitaan aineen höyrystymiseen. Palamisessa palaa kaasu, mikä on syntynyt aineen höyrystyessä. Palamisen näkyvä osa, liekki, havaitaan lämpönä ja valona. Liekki on palavan aineen, hapen ja palamistuotteiden muodostama kaasuseos. Tämä kaasuseos aiheuttaa liekin värin (Palm & Ahtee, 2002). Esimerkiksi kynttilän palaessa tarvitaan riittävän korkea lämpötila jotta steariini ensin nesteytyy. Nestemäinen steariini nousee kynttilän sydänlankaa kapillaari-ilmion avulla ylös ja höyrystyy ja kaasuuntuu. Kaasu syttyy palamaan ja syntyy liekki.

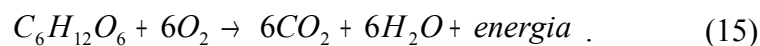
Palaminen on eksotermisen prosessi. Palamiseen kuuluu monta välivaihetta. Ensin palavan aineen sidokset katkeavat. Tämä vaihe on endotermisen vaihe. Seuraavaksi aineen osat yhtyvät happeen ja muodostuu uusia sidoksia. Tämä vaihe on hyvin eksotermisen ja näin koko reaktio on eksotermisen. Palamisreaktio on hapetusreaktio, mutta kaikki hapetusreaktiot eivät ole palamisreaktioita (Palm & Ahtee, 2002).

Orgaanisessa kemiassa alkaaneiden eli esimerkiksi maakaasun ja öljyn, palaminen on yksi tärkeimmistä reaktioista. Tämä johtuu siitä, että niitä polttamalla saadaan suuret määrät energiaa. Näiden yhdisteiden palaminen ei ole tyypillinen orgaaninen reaktio. Yleensä reaktiosta halutaan joku lopputuote, mutta palamisreaktioissa toivottava tuote on energia. Alkaaneiden yleinen täydellisen palamisen reaktioyhtälö on yksinkertainen.



Usein palaminen ei ole täydellistä. Autoissa osa bensasta palaa epätäydellisesti. Tällöin syntyy hiilimonoksidia eli häkää. Monia muitakin tuotteita tulee, jos palaminen on epätäydellistä, muun muassa aldehydejä ( Streitwieser, Heathcock & Kosower, 1998).

Palaminen jaetaan hitaaseen ja nopeaan palamiseen. Hidas palaminen on kyseessä silloin kun lämpötila on alhainen. Yleensä hitaassa palamisessa ei näy liekkiä tai muuta valoa. Nopeassa palamisessa syntyy runsaasti lämpö- ja valoenergiaa jonka seuraus on tuli. Ihminen saa energiansa hitaan palamisen avulla. Soluhengityksessä sokerit ja rasvat yhdistyvät happeen luovuttaen energiaa soluille. Palamistuotteet, hiilidioksidi ja vesi, poistuvat uloshengityksen avulla ja reaktiossa syntynyt lämpö on ihmisen kehon lämpö. Soluhengityksessä tapahtuu glukoosin palaminen hiilidioksidiksi ja vedeksi.



Kasveissa reaktio 15 tapahtuu toisin päin. Kasvit yhteyttävät hiilidioksidista ja vedestä valon ja klorofyllin avulla glukoosia ja happea. Kasveilla on reaktiossa useita välivaiheita.

Raudan ruostuminen eli sen korroosio, on erikoistapaus palamisesta. Raudan ruostuessa se hapettuu. Hapettuminen tapahtuu ilman hapen, veden sekä veteen liuenneiden suolojen vaikutuksesta. Ruostumisessa on kyseessä sähkökemiallinen reaktiosarja, missä lopputuotteena on raudan oksidia.

### **2.3 Lukion opetussuunnitelman perusteet ja energia**

Energia on kemian opetussuunnitelmien perusteiden yksi keskeisistä aihealueista. Energia-aihe tulee opetussuunnitelman perusteissa esille useassa eri kohdassa ja eri aihepiireihin kytkettynä. Kaikille yhteisessä lukion ensimmäisessä kurssissa opiskelijan tulisi oppia orgaanisten yhdisteiden reaktioita ja ymmärtää niiden merkitys ihmiselle ja elinympäristölle (LOPS, 2003). Tässä ei suoraan mainita energiaa, mutta reaktioiden merkitykseen ihmiselle ja elinympäristölle liittyy energian vapautuminen ja sitoutuminen. Toisen kurssin yhtenä keskeisenä sisältönä on kemiallisen sidoksen energia (LOPS, 2003).

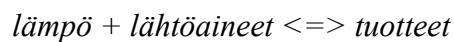
Lukion kemian koko kolmas kurssi käsittelee energiaa. Kurssin tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää energian sitoutumisen ja vapautumisen kemiallisessa reaktiossa. Kemialliseen reaktioon vaikuttavien tekijöiden ymmärtäminen on kurssin toinen tavoite. Opetussuunnitelman perusteiden mukaan energian sitoutuminen ja vapautuminen sekä kemiallisen reaktion tapahtuminen ovat tärkeitä tavoitteita ja opiskelijan tulisi ymmärtää näiden käsitteiden merkitys yhteiskunnassa ja elinympäristössä (LOPS 2003).

Lukion opetussuunnitelman perusteiden yleisessä osiossa sanotaan, että opiskelijan tietoisuutta ihmisen vaikutuksesta maailman tilaan tulee kehittää (LOPS, 2003). Esimerkiksi ihmisen fossiilisten polttoaineiden käyttöenergian lähteenä vaikuttaa ympäristöön merkittävästi. Kemian opetuksen yksi päätavoitteista on se, että opiskelija oppii yhteyksiä jokapäiväisten ilmiöiden ja kemian välillä, sekä luonnon hyvinvoinnin ja kemian välisiä yhteyksiä (LOPS, 2003).

## **2.4 Opiskelijoiden käsityksiä lämpöenergiasta**

Lämpöenergian oppimista on jonkin verran tutkittu lähinnä yliopistotasolla. Lämpöenergian ymmärtäminen on usein hyvin haasteellista. Tutkimuksessaan Jasien ja Oberem (2002) havaitsivat, että jopa luonnontieteitä yliopistossa lukeneilla opiskelijoilla esiintyy sekaannusta useassa lämpöä ja lämpötilaa kuvaavassa käsitteessä. Sekaannusta ilmeni termisen tasapainon käsitteessä, lämmön siirtymisessä sekä lämpötilan muutoksissa. Niaz (2006) oli tutkinut luonnontieteitä pääaineenaan opiskelevia opiskelijoita, jotka olivat käyneet termokemian alkeiskurssin yliopistossa. Hän havaitsi, että jopa kurssin jälkeen oppilailta oli hankaluuksia erottaa lämpöenergia ja lämpötila toisistaan.

Usein opiskelijat mieltävät lämmön aineeksi. Niaz (2006) ajatteli, että tämä saattaisi olla osaltaan sekä opettajien että oppikirjojen syytä. Hän huomasi, että opettajat ja oppikirjat käyttävät hämmentävää tapaa opettaa Le Chatelierin periaatetta. Kirjoissa, niissäkin joita heidän tutkimuksen opiskelijat olivat käyttäneet termokemian kurssilla, merkitään lämpö usein tuotteeksi tai lähtöaineeksi reaktiossa. Tutkimuksessa pääteltiin tämän tavan vahvistavan oppilaiden käsitystä lämmöstä aineena. Esimerkkinä endotermisen reaktion yleinen malli:



Niaz ehdottaa, että tätä ideaa olisi hyvä tutkia lisää tulevaisuudessa. (Niaz 2006)

Kemiallisen reaktion yhteydessä opiskelijat usein sekoittavat milloin energiaa vapautuu ja milloin sitoutuu. He luulevat, että energiaa vapautuu sidosten katkeamisen yhteydessä. Sidosten muodostuessa he luulevat energian vastaavasti sitoutuvan. Kemian kursin jälkeen oppilaiden virhekäsitykset olivat korjaantuneet huomattavasti. (Barker & Millar, 2000)

Greenbowen (2003) tutkimuksen mukaan yliopisto-opiskelijoille tuottaa hankaluutta kaavan  $q=mc\Delta T$  käyttö. Opiskelijoille oli epäselvää, mitä massalla tarkoitetaan kaavassa. Moni opiskelija oli vastannut lämpötilaeron olevan sama kuin reaktiossa vapautuvan lämmön. Kokeeseen osallistuneista opiskelijoista suuri osa (71 %) oli tunnistanut kyseessä olevan eksotermisen reaktion.

Tutkimuksessaan Barker ja Millar (2000) huomasivat opetuksen vaikuttavan huomattavasti opiskelijoiden käsityksiin kiehumisesta. Ennen kurssin alkua vain 27 % vastaajista oli tiennyt, mitä veden kiehuessa muodostuneet kuplat sisälsivät. Kurssin loputtua oikean vastauksen antoi 45 % oppilaista. Tutkimuksessaan Chang (1999) tuli siihen tulokseen, että kiehumisen käsite oppilailla kaipaisi vielä syventämistä. Vain korkeintaan 20 % oppilaista tiesi, että vedestä nouseva valkoinen höyry on pieniä vesipisaroita.

Tutkimuksessaan De Jong & al (1999) ovat koonneet opiskelijoille hankalia käsitteitä palamiseen liittyen. Opiskelijoilla on vaikeuksia ymmärtää hapen rooli palamisessa. Muutenkin palamisen edellytykset ovat opiskelijoille hankalia. Materian muutokset ovat opiskelijoille hankalia. Heidän mukaan tutkimukset osoittavat opiskelijoiden käsitysten

palamisesta olevan pirstoutunutta, epäjohdonmukaista sekä ristiriidassa tieteellisen käsityksen kanssa. Yliopisto-opiskelijoilla, jotka opiskeli kemian opettajiksi, oli vaikeuksia seittää mitä palamisessa tapahtuu sidostasolla ja mikä on hapen merkitys (Palm & Ahtee, 2002). Makrotasolla opiskelijat olivat osanneet selittää mitä palamisessa tapahtuu.

### **3 Tieto- ja viestintäteknikka kemian opetuksessa**

Kappaleessa kolme käsitellään tieto- ja viestintäteknikkaa kemian opetuksessa. Ensin tarkastellaan kuinka tieto- ja viestintäteknikka näkyy opetussuunnitelman perusteissa. Seuraavaksi tarkastellaan yleisellä tasolla kuinka tieto- ja viestintäteknikka voidaan käyttää oppimisen tukena kemian opiskelussa ja kuinka se vaikuttaa oppimiseen.

Tieto- ja viestintäteknikalla tarkoitetaan kaikkea sitä elektronista mediaa, jolla voidaan käsitellä tietoa. Se sisältää myös tiedon siirtoon tarvittavan teknologian, kuten internetin.

#### **3.1 Tieto- ja viestintäteknikka opetussuunnitelman perusteissa**

Uusi lukion opetussuunnitelman perusteet on hyväksytty vuonna 2003. Se on ollut käytössä vuoden 2005 syksystä lähtien. Jokainen lukio on tehnyt valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteiden pohjalta koulukohtaisen opetussuunnitelman.

Tieto- ja viestintäteknikka tulee vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteissa esille monessa eri yhteydessä. Ensimmäisen kerran tieto- ja viestintäteknikka mainitaan luvussa kolme puhuttaessa opiskeluympäristöstä ja -menetelmistä. Opetussuunnitelman perusteissa sanotaan, että opiskelijoita tulee ohjata käyttämään tieto- ja viestintäteknikan palveluja kullekin tiedon- ja taidonalalle ominaisella tavalla. Oppilaiden tulisi oppia arvioimaan hankkimansa tiedon luotettavuutta. (LOPS, 2003)

Kaikkia oppiaineita koskevassa teknologia ja yhteiskunta –aihekokonaisuudessa, teknologia osuus sisältää tiedon ja taidon suunnitella, valmistella ja käyttää teknologisia tuotteita prosesseja ja järjestelmiä. Tavoitteena on, että opiskelija oppii pohtimaan teknologian kehittämismahdollisuuksia luonnontieteiden näkökulmasta. Ylipäänsä teknologian perustana on luonnon lainalaisuuksien tunteminen. Tavoitteena on myös, että

opiskelija tuntee erilaisia teknologisia vaihtoehtoja ja osaa ottaa kantaa niiden käyttöön. (LOPS, 2003)

Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteiden yleisessä osassa sanotaan, että opiskelijoille tulee antaa kunkin tiedonalan luonteenomaisia välineitä tiedon hankkimiseen. Kemian osalta tämä tarkoittaa kokeellisuutta. Kemia on kokeellinen luonnontiede. Kemian opetuksessa tulee käyttää kemian opetukselle luonteenomaisia menetelmiä. Opetussuunnitelmissa mainitaan kemiallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien havaitseminen sekä tutkiminen kokeellisesti.

Opetussuunnitelman perusteissa (2003) kemian kohdalla kiinnitetään huomiota siihen, että opiskelija perehtyy tieto- ja viestintätekniiikan suomiin mahdollisuuksiin tiedonhankinnan ja mallintamisen välineinä. Lisäksi opiskelijan tulisi perehtyä nykyaikaiseen teknologiaan teollisuudessa ja ympäristötekniikassa. Ensimmäisessä kemian kursissa tavoitteena on, että opiskelija kehittää taitojaan tietojen esittämisessä. Tietojen esittämiseen on luontevaa käyttää apuna tieto- ja viestintätekniiikkaa.

### **3.2 Tieto- ja viestintätekniiikka oppimisen tukena**

Tieto- ja viestintätekniiikan käyttöä kemian opetuksessa on tutkittu vähän (esim. Aksela, 2005). Sen käyttöä on tutkittu ja kehitetty Suomessa luonnontieteiden opetuksessa 1990-luvulta lähtien. Tieto- ja viestintätekniiikan käyttö opetuksessa on vielä suhteellisen vähäistä (esim. Meisalo, Lavonen, Juuti & Aksela, 2007).

Tietokoneiden yleistymisen ja kehittyminen ovat mahdollistaneet opiskelijoiden opiskelun tietokoneiden avustuksella. He voivat myös oppia niiden käyttöä luonnontieteiden opetuksessa. Oppilaiden samanarvoisuudesta ollaan kuitenkin huolissaan: pääsevätkö kaikki oppilaat joka puolella yhtä helposti käsiksi uuteen tekniikkaan. (Linn, 2003)

Tieto- ja viestintätekniiikan käyttöä opiskelussa perustellaan usein sillä, että tietokoneita käytetään runsaasti teollisuudessa sekä muutenkin nyky-yhteiskunnassa. Tieto- ja viestintätekniiikan opetuksella koulussa pyritään helpottamaan oppilaan sijoittumista



yhteiskuntaan. Tieto- ja viestintätekniiikan käyttöä perustellaan lisäksi opetuksellisin perustein. (Opetushallitus, 2005; Scaife & Wellington, 1993)

Tieto- ja viestintätekniiikan avulla pystytään luomaan opiskeluympäristöjä sekä oppimateriaaleja, joilla voidaan harjoitella työelämässä tarvittavia taitoja jo koulutuksen aikana. Näitä taitoja ovat kommunikointi ja yhteistyötaidot, ongelmienratkaisutaidot sekä kyvyt toimia monimutkaisissa ympäristöissä. (Opetushallitus, 2005)

Barak ja Dori (2005) mukaan tieto- ja viestintätekniiikasta on hyötyä projektilähtöisessä opiskelussa. Tutkimuksessa mukana olleet opiskelijat osasivat loppukokeessa huomattavasti paremmin kuin ne, jotka eivät ottaneet osaa tutkimukseen. Tieto- ja viestintätekniiikasta oli hyötyä etenkin molekyyylimallinnuksessa.

Tieto- ja viestintätekniiikka ei itsestään johda parempiin oppimistuloksiin (Hakkarainen, Lonka & Lipponen, 2002). Opettajilla on tärkeä rooli ohjaajana näissä oppimisympäristöissä (Aksela, 2005; Webb, 2005). Jotta opettaja käyttäisi tieto- ja viestintätekniiikan luomia mahdollisuuksia opetuksessaan, täytyy opettajan uskoa tieto- ja viestintätekniiikasta olevan apua oppimiselle (Webb, 2005).

Tieto- ja viestintätekniiikka oikein käytettynä ei suinkaan rajoita ajattelua tai estä luovaa työskentelyä (Meisalo, Sutinen & Tarhio, 2000). Päinvastoin, sen avulla pystytään rakentamaan omaa ajattelua. Tämä onnistuu vaikkapa kirjaamalla kaikki esiin tulevat ajatukset ylös.

Tieto- ja viestintätekniiikan, etenkin molekyyylimallinnuksen, avulla kyetään tarkastelemaan kemian ilmiöitä uudella tavalla. Molekyyylimallinnus havainnollistaa vaikeita kemian ilmiöitä, luo uusia työskentelytapoja oppilaille sekä herättää heidän kiinnostustaan kemiaa kohtaan (Aksela & Lundell, 2007). Esimerkiksi energia-käsitettä pystytään selkeyttämään opiskelijoille molekyyylimallinnuksen avulla. Molekyyylimallinnuksen avulla pystytään keskittymään pelkästään molekyylin rakenteen ja sisäisen energian tarkasteluun. Tällöin tarkastelun ulkopuolelle jää molekyylin kineettinen energia. Tietokoneella pystytään laskemaan molekyyylille sen minimienergia, kineettinen energia ja potentiaalinen energia. Lisäksi tietokoneen avulla pystytään tarkastelemaan molekyylin rakenteen ja sen energian välistä yhteyttä. (Lundell & Aksela, 2004)

## **4 Kokeellisuus ja mittausautomaatio kemian opetuksessa**

### **4.1 Kokeellisuus kemian opetuksessa**

Kemian opiskelussa, kuten muissakin luonnontieteissä, opetuksen kohteena ovat luonnonilmiöt sekä rakenteet. Tutkimusmaailmassa tutkitaan uusia asioita tai tehdään kokeita, joilla hyväksytään tai hylätään joku tietty teoria. Koulussa kokeellisilla töillä on tarkoitus havainnollistaa oppilaille jotain tunnettua käsitettä tai teoriaa. Kokeellisen työskentelyn tavoitteena kouluissa on auttaa oppilasta oppimaan ennestään hänelle vierasta asiaa sekä opettaa oppilaalle erilaisia työmenetelmiä. Kokeellisten työmenetelmien käyttöä perustellaan motivaation herättäjänä sekä oppilaan persoonallisuuden kehittäjänä. Opetuksessa tarkoituksena on lisäksi todistaa oppilaille luonnontieteiden kokeellisuus. (Lavonen, Meisalo & al, 2005a)

Kokeellisuuden tavoitteena luonnontieteiden opetuksessa on auttaa oppilasta oppimaan uutta tietoa havaintojen ja kokeiden itsensä avulla. Kokeellisuuden tarkoituksena on opettaa oppilaalle lisäksi uusia taitoja (Lavonen, Meisalo & al, 2005b). Havaitseminen ja mittaaminen ovatkin olleet opiskelun perustana jo 1500-luvulta lähtien.

Havainnoiminen tarkoittaa uusiin käsitteisiin ja ilmiöihin sekä näiden ominaisuuksiin tutustumista. Havainnoimisen ja kokeellisten töiden avulla otetaankin uusia käsitteitä käyttöön (Lavonen, Meisalo & al, 2005b).

Valtakunnallinen opetussuunnitelman perusteet (2003) perustuvat oppimiskäsitykseen, minkä mukaan oppiminen on aktiivinen ja tavoitteellinen prosessi. Tämän lisäksi opiskelijan tulisi olla vuorovaikutuksessa muiden opiskelijoiden sekä ympäristönsä kanssa. Nämä seikat toteutuvat hyvin kokeellisessa työskentelyssä, etenkin jos kokeellinen työskentely suoritetaan ryhmätyönä muiden oppilaiden kanssa. Opetussuunnitelmien mukaan oppilas käsittelee ja tulkitsee saadun tiedon aiempien tietorakenteidensa pohjalta. Opetussuunnitelmissa otetaan huomioon myös seikka, että tietyssä tilanteessa opittu tieto ei välttämättä ole käytössä toisessa tilanteessa ja kehoitetaan ottamaan tämä huomioon opetusta suunnitellessa. Muutenkin oppimisen yksilöllisyyttä korostetaan.

Kestävä kehitys on yksi opetussuunnitelman aihepiireistä mikä koskee kaikkia oppiaineita. Kestävän kehityksen kohdalla on tavoitteena, että oppilas oppii mittaamaan, arvioimaan ja analysoimaan muutoksia, mitkä tapahtuvat erilaisissa ympäristöissä. Opiskelijan tavoitteisiin kuuluu oppia toimimaan kestävän kehityksen mukaisesti niin, että opiskelija tietää millainen on kestävä elämäntapa. (LOPS, 2003)

Kemian opetussuunnitelman perusteiden (2003) mukaan oppilaan tulisi tutustua erilaisiin työtapoihin koulussa. Mittausautomaation avulla kyetään tuomaan kouluun uutta näkökulmaa kemian opetukseen ja sen tutkimiseen. Teknologian avulla pystytään tekemään havainnollisia kokeita. Esimerkiksi tutkittaessa lämpötilan vaikutusta liukoisuuteen saadaan mittaustuloksista havainnollinen suora. Siitä voi helposti katsoa paljonko suolaa liukenisi jonkun tietyn lämpöiseen veteen.

Kokeellisuutta luonnontieteiden opiskelussa on tutkittu paljon (mm. Aksela, 2005; Millar, 2004). Suomessa kemia tänään tutkimuksen mukaan (Aksela & Juvonen, 1999) opettajat tekivät oppilastöitä kouluissa paljon. Kokeellisten töiden teettämiselle oli opettajilla lukuisia eri syitä. Niitä teetettiin muun muassa siksi, että opettajat ajattelivat sen motivoivan oppilaita. Kokeellisen työskentelyn katsottiin kehittävän erilaisia taitoja sekä lisäävän kemian oppimista. Kahdeksan prosenttia vastanneista ei teettänyt lainkaan kokeellisia töitä kemian opetuksessa.

Opiskelijan arvioinnin perustana opetussuunnitelmien perusteiden (2003) mukaan on opiskelijan kemiallisen tiedon ymmärtäminen sekä tiedon soveltamisen taito. Arvioinnissa täytyy ottaa huomioon opiskelijan kehittyminen kokeellisessa työskentelyssä. Opiskelijan tulisi osata suunnitella ja toteuttaa kokeellisia töitä turvallisuussääntöjä noudattaen. Opiskelijan tulisi osata tulkita kokeellisen työn tuloksia oikein ja tehdä oikeita johtopäätöksiä tuloksista. Lisäksi arvioinnin kohteena tulee olla opiskelijan taidot tulosten mallintamisessa sekä tulosten esittäminen myös kirjallisesti.

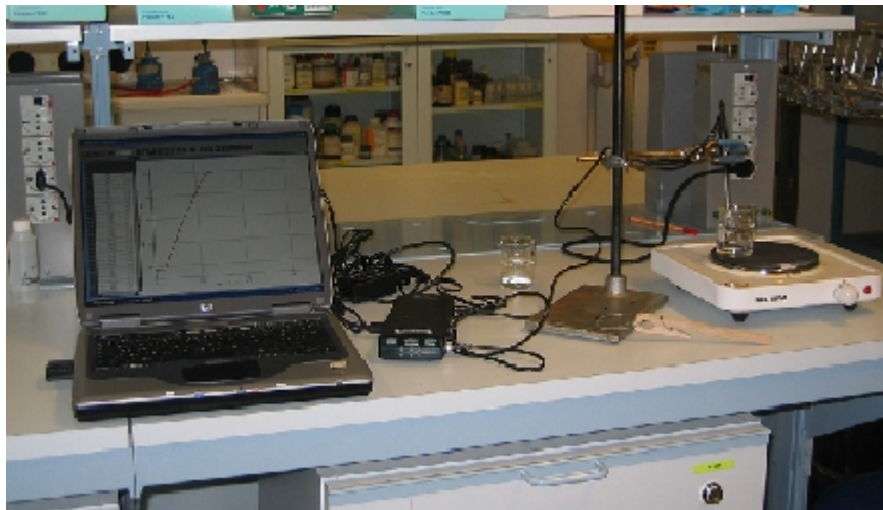
Kokeellisessa työskentelyssä on omat haasteensa. Millar (2004) on luetellut kolme erityyppistä haastetta kokeellisuudelle. Ensiksi opiskelijat tekevät helposti virheitä mittausten aikana, koska he ovat kokemattomia tai mittausvälineet eivät ole riittävän hyviä. Tämän seurauksena kerätty tieto ei välttämättä ole riittävän laadukasta kokeen tarkoitusta

varten. Toiseksi opiskelijat vetävät helposti vääriä johtopäätöksiä saamistaan tuloksista, vaikka kerätty tieto olisi riittävän laadukasta. Kolmanneksi opiskelijat tietävät, että opettaja tietää kokeen lopputuloksen. Tämän seurauksena opiskelijat odottavat opettajan kertovan onko heidän saamansa tiedot oikeita tai mitä kokeessa kuuluisi tapahtua.

## 4.2 Yleistä mittausautomaatiosta

Mittausautomaatio, jota Suomessa kutsutaan myös nimellä mittausjärjestelmä, tarkoittaa tietokoneavusteista mittaamista kokeellisissa töissä. Mittausautomaatio on ohjelmisto, joka kerää fysikaalista tietoa systeemistä anturin avulla ja muuntaa näin saadun tiedon graafiseen muotoon lähes reaaliajassa (Nakhleh, 1994). Siinä mitataan elektronisesti fysikaalisia suureita. Näitä suureita ovat esimerkiksi lämpötila, paine, pH, jännite ja virta.

Toimivaa mittausautomaatioyksikköä varten tarvitaan sopiva laitteisto, mikä koostuu tietokoneesta, sopivasta anturista ja muuntimesta joka muuntaa anturin analogisen tiedon digitaaliseen muotoon (ks. Kuva 5). Kaikki anturit eivät ole analogisia, vaan joidenkin tieto on suoraan digitaalisessa muodossa. Lisäksi tarvitaan mittausautomaatio-ohjelmisto. Ohjelmistoja on usean eri valmistajan tekemiä, muun muassa Vernier, Pasco ja Empirica.



Kuva 5. Mittausautomaatiolaitteisto, kuvassa käytössä on lämpötila-anturi

Mittausautomaation avulla pystytään selkeyttämään monia hankalia käsitteitä. Endotermista ja eksotermista reaktiota tutkittaessa mittausautomaation avulla saadaan molempien reaktioiden lämpökäyrät näkymään samanaikaisesti (mm. Aksela, 2005). Näin

oppilas pääsee vertailemaan, mitä reaktion aikana lämpötiloille tapahtuu kussakin tapauksessa.

Mittausautomaation tutustuminen opettaa opiskelijaa käyttämään uudella tavalla tietokonetta avuksi luonnontieteiden oppimisessa. Nykyään teollisuudessa ja yliopistoissa käytetään mittausautomaatiota paljon hyväksi. Tällöin on vain eduksi, jos opiskelija on tutustunut siihen jo koulussa. Mittausautomaation käyttöä voi perustella myös sen motivoivan vaikutuksen takia. Erilaisten työskentelymenetelmien käyttö on motivoivaa opiskelijalle.

### **4.3 Mittausautomaation käyttö kemian opetuksessa**

Mittausautomaation käyttömahdollisuudet ovat erittäin laajat. Sen avulla opettaja voi suorittaa luokan edessä demonstraatioita niin, että kaikki oppilaat näkevät tulokset hyvin. Videotykin avulla opettaja pystyy heijastamaan seinälle tietokoneen näytön. Toisaalta sen avulla pystytään suorittamaan kokeita myös luokkahuoneen ulkopuolella ja tutkia tuloksia kaikessa rauhassa luokkahuoneessa. Lisäksi mittausautomaation avulla tulosten tulkitseminen tieteellisesti monipuolistuu verrattuna käsintehtyyn analyysiin (Gipps, 2004).

Kemian opetussuunnitelman perusteiden 2003 mukaan oppilaan tulisi tutustua erilaisiin työtapoihin koulussa (LOPS 2003). Mittausautomaation avulla kyetään tuomaan kouluun uutta näkökulmaa kemian opetukseen ja sen tutkimiseen. Teknologian avulla pystytään tekemään havainnollisia kokeita. Esimerkiksi tutkittaessa lämpötilan vaikutusta liukoisuuteen saadaan mittaustuloksista havainnollinen suora. Siitä voi helposti katsoa paljonko suolaa liukenee tietyn lämpöiseen veteen. Kokeelliset työt, joissa tapahtuu lämpötilan muutoksia, ovat yleensä suosittuja töitä, kun tutustutaan ensimmäistä kertaa mittausautomaation käyttöön (Newton, 1997). Usein tällaisissa kokeellisissa töissä on vähän asioita, mitä opiskelija voisi tarkkailla kokeen aikana.

Mittausautomaation tutkiminen kouluopetuksen apuna on alkanut maailmalla 1980-luvun alussa (Nahleh, 1994). Suomessa mittausautomaation käytön tutkiminen alkoi 1980-luvun keskivaiheilla. Aluksi tutkimukset keskittyivät mittausautomaation fysiikan sovelluksiin. Kemian opetuksessa mittausautomaatiota on alettu tutkimaan 1990-luvulla.

Mittausautomaation käytön tuomista eduista huolimatta sitä käytetään opetuksessa verrattain vähän. Vuonna 1999 tehdyn tutkimuksen (Aksela & Juvonen, 1999) mukaan vain seitsemän prosenttia opettajista käytti mittausautomaatiota kemian opetuksessaan. Kansainvälisesti mittausautomaation käyttö on myös vähäistä (mm. Russell, Lucas & McRobbie, 2002). Mittausautomaation vähäiselle käytölle Suomessa on paljon erilaisia syitä. Suurin syy on se, että koululla ei ole vaadittavia laitteita, välineitä tai resursseja (Aksela & Juvonen, 1999). Muita syitä vähäiselle käytölle on se, ettei niiden käyttöä pidetty tarpeellisena sekä osaamattomuus niiden käytössä.

## **4.4 Mittausautomaation vaikutukset opetukseen**

### **4.4.1 Mittausautomaation hyödyllisyys opetuksessa**

Mittausautomaatiolla on tutkimusten mukaan monia hyötyjä opetuksessa. Sen hyötyjä on käyty läpi useassa eri tutkimuksessa. Mittausautomaatio mahdollistaa pienten ainemäärien käytön kokeissa (Aksela, 2005). Pienten ainemäärien käyttö kokeellisessa töissä koulussa on osa vihreää kemiaa.

Mittausautomaatiossa kokeellisen tiedon tulkitseminen nousee voimakkaasti esille. Sen avulla pystytään helposti toistamaan sama koe useaan kertaan samanlaisena. Mittausautomaatiossa tiedon keräämiseen ja käsittelyyn menee huomattavasti vähemmän aikaa kuin perinteisin menetelmin suoritettujen kokeiden tiedon käsittelyyn. Näin tiedon tulkitsemiselle jää enemmän aikaa ja opiskelija oppii tulkitsemaan ja arvioimaan hankkimansa tiedon oikeellisuutta. Samalla erilaisten graafisten esitysten tulkitseminen helpottuu (Newton, 1997).

Mittausautomaatiosta on apua sekä erittäin nopeissa kokeissa että hitaasti etenevässä kokeessa (Gipps, 2004). Hitaassa kokeessa laitteiston voi jättää yksinään mittaamaan tuloksia tasaisin välein vaikka koko yöksi. Laitteisto ei tee virheitä sellaisissakaan pitkissä mittauksissa, joissa ihmisen keskittymiskyky ei pysy samana läpi mittauksen. Nopeassa kokeessa laitteiston voi asettaa mittaamaan tuloksia jatkuvasti, hyvin lyhyin aikavälein. Ihmissilmä ei välttämättä ehdi reagoimaan ennen kuin koe on jo ohi.

Mittausautomaatiossa tehdyn kokeen tulokset saadaan heti näkyviin graafisena esityksenä. Mittausautomaation suurin hyöty ei kuitenkaan ole automaattisessa tiedon keräämisessä, vaan tiedon analysoinnissa sekä tulkinnassa (Rogers, 1997).

Kuvaajan piirtyminen tietokoneen näytölle kokeen edetessä edistää opiskelijoiden kuvaajan kvalitatiivista kuvailua toisilleen (Newton, 1997). Kuvaajasta puhuminen, vaikkakin epätieteellisiä termejä käyttäen, edistää sen tulkitsemisen oppimista. Opettajan avustuksella opiskelijoiden käyttämiä sanoja voidaan ohjata tieteellisempään suuntaan. Opettajalle ja opiskelijalle syntyy enemmän mahdollisuuksia keskustelujen käymiseen (Aksela, 2005; Barton, 2005). Kuvaajan oikea-aikainen piirtyminen auttaa opiskelijoita yhdistämään kuvaajan ja tapahtuman keskenään. Mittausautomaatio rasittaa vähemmän oppilaan lyhyt- ja pitkäkestoista muistia kuin perinteinen kokeellinen työskentely. Tämä johtuu kuvaajan oikea-aikaisuudesta (Nakhleh, 1994).

Mittausautomaatiossa kuvaaja on ajattelun alkupiste, eikä yksistään tutkimustulos (Aksela 2005; Rogers, 1997). Oppilaat joutuvat käyttämään korkeamman tason ajattelutaitoja ilmiön syvälliseen ymmärtämiseen. Tätä voidaan vielä voimistaa opettajan oikein suunnatuilla kysymyksillä. Opettaja voi tiedustella opiskelijoilta kokeen aikana tai sen jälkeen, mitä käyrän kussakin kohdassa tapahtuu ja liittämään käyrää näin kokeellisen työn kulkuun. Kokeellisen työn päätyttyä mittausautomaatio-ohjelmistolla on helppo käsitellä saatua tietoa.

Mittausautomaatio auttaa oppilaita tarkkailemaan kokeen tapahtumia ja tekemään ennustuksia. Se ei välttämättä opeta opiskelijoita ajattelemaan, mutta vapauttaa heidät miettimään, mitä heidän kokeensa tarkoittavat (Nakhleh, 1994). Mittausautomaatio mahdollistaa opiskelijoiden keskittymisen kuvaajan tulkitsemiseen eikä sen tekemiseen. Toisaalta on vaikea tutkia, minkälaisia etuja konkreettisesti mittausautomaatiosta on opiskelijoille kemian opiskelussa (Newton, 1997).

Mittausautomaation käyttö lisää oppilaiden omatoimisuutta ja vapauden astetta verrattuna perinteiseen kokeellisuuteen. Tämä ei kuitenkaan vähennä opettajan roolia oppimistilanteessa, vaan opettajan rooli on edelleen tärkeä (Aksela, 2005; Newton, 2000). Opettajan rooli kuitenkin muuttuu perinteisestä kokeellisen työn ohjaamisesta. Perinteisessä kokeellisessa työssä opettaja on auttanut oppilaita etenkin tiedon

keräämisessä ja käsittelyssä. Mittausautomaation mukaantulo kasvattaa opettajan vastuualuetta, koska hänen täytyy huomioida lisäksi mittausautomaatiolaitteiston oikeanlainen toiminta (Barton, 2005). Hyvällä ohjeistuksella pystytään korostamaan mittausautomaation etuja (Nakhleh, 1994).

Mittausautomaatio-ohjelmat ovat hyvin monipuolisia. Niillä voi analysoida saatua tutkimusaineistoa monin eri tavoin. Newtonin (1997) mukaan tietokoneen rooli on käyttäjän vastuulla. Käyttäjä asettaa koneelle parametrit joiden mukaan se toimii. Mittausautomaation on todettu säästävän aikaa, vaikka tuntemattoman laitteiston käyttö on opetettu oppilaille tunnin aikana (Barton, 2005).

Kun opettajilta kysytään minkä vuoksi he käyttävät mittausautomaatiota, vastaukseksi saadaan useita syitä. Näitä ovat mm. tulosten helppo jatkokäsittely, mittausautomaation havainnollisuus ja nopeus (Aksela & Juvonen, 1999). Vastaavasti on olemassa lukuisia eri syitä, miksi jotkin opettajat eivät ole ottaneet mittausautomaatiota käyttöönsä hyödyistä huolimatta. Tutkimuksessaan Roth, Woszczyzna & Smith (1996) havaitsivat, että joidenkin opettajien mielestä mittausautomaation käytön opettelu ei ole sen arvoista.

Akselan (2005) tutkimuksen mukaan oppilaat olivat innostuneita mittausautomaation käytöstä. Opiskelijoiden mielestä työskentely tietokoneiden parissa oli mielenkiintoista ja se auttoi ilmiön ymmärtämisessä. Opiskelijat pitivät myös siitä, ettei heidän tarvinnut itse kirjoittaa kokeiden tuloksia muistiin tai piirtää kuvaajia.

#### **4.4.2 Mittausautomaation haasteet opetuksessa**

Mittausautomaation käyttö on siihen tutustumattomalle aluksi haasteellista. Sen käyttöä opetuksessa pitäisi harjoitella ennen sen tuomista tunneille. Opettajat tarvitsevat myös apua mittausautomaatio-ohjelmien käytössä sekä vinkkejä erilaisista kokeista, joita sen avulla voi tehdä (Newton, 1997). Opettajat hyötyisivät myös valmiista opetuspaketeista, joissa on mietitty kemian aihealue ja opetussuunnitelman paikka valmiiksi.

Atar (2002) havaitsi tutkimuksessaan, että mittausautomaation tiedon ja kokeen samanaikaisuus oli joidenkin mielestä haastavaa. Oppilaiden mielestä mittausautomaation tapa kerätä, analysoida sekä näyttää kokeen tieto heti tietokoneen näytöllä, ei antanut heille



aikaa miettiä, mitä itse kokeessa kävi. Toisaalta osa oppilaista piti kovasti siitä, että tieto oli heti saatavilla ja käytettävissä. He myös uskoivat sen auttavan oppimisessa.

Mittausautomaatio-ohjelmien etuihin kuuluu niiden tekemien kuvaajien monipuolinen käsittelymahdollisuus ohjelman avulla. Kuvaajien helppossa käsittelyssä piilee myös haasteita. Opettaja saattaa tunnilla tuoda esille sellaisia kuvaajan ominaisuuksia, joita ei vielä ole käyty läpi oppilaiden kanssa. Esimerkiksi suorankulmakertoimen tuominen esille kemiassa, ennen kuin sitä on käsitelty matematiikan puolella, on opiskelijoista vaikeaa (Aksela, Lavonen, Juuti & Meisalo, 2004). Muutenkin opettaja saattaa tuoda uusia käsitteitä huomaamattaan opetukseen mittausautomaation kanssa.

Mittausautomaation kuvaajan skaala on erittäin herkkä. Oppilaille skaalan herkkyys on hankala asia ymmärtää (Atar, 2002). Osa oppilaista koki hankalaksi sen, että mittausautomaatio-ohjelma näytti lämpötilan vaihtelut suurena, vaikka he eivät olleet huomanneet muutoksia. Suuri osa oppilaista ymmärsi kuvaajat, kun heille oli kerrottu mittausautomaation herkkyydestä.

Opettajien rooli on tärkeä mittausautomaatiota käytettäessä. Oppilaat tarvitsevat apua kokeellisen työn analysoimiseen (Aksela, 2005). Opettaja voi kysymyksillään auttaa oppilaita tässä prosessissa. Jotkut oppilaat kokevat olevansa toimettomia ja tylsistyvät laitteiston kerätessä tietoa. Opettajan rooli on pitää oppilaiden huomio tieteellisessä kokeessa sen kulun ajan (Atar, 2002).

Mittausautomaation käyttö voi olla aluksi haasteellista (Aksela 2005). Ensimmäistä kertaa sitä käytettäessä oppilaat tarvitsevat apua sekä kokeen suunnittelussa että mittausautomaatiolaitteiston käytössä. Käytettäessä mittausautomaatiota useammin, alkaa sen käyttö tuntua luonnollisemmalta (Atar, 2002; Aksela, 2005).

Mittausautomaatio ei välttämättä auta kaikkia oppilaita oppimaan kemiaa (Atar, 2002). Etenkin hitaasti oppivat oppilaat tulisi ottaa huomioon opetuksessa. Erilaisilla opetuksellisilla työtavoilla (esim. oppimissykli, käsitekartat) voidaan tukea mittausautomaation opetuksellisia tavoitteita (Aksela, 2005).

## **5 Tutkimus**

### **5.1 Tutkimuksen tavoite**

Tutkimuksen päätavoitteena on suomenkielisen opetusmateriaalin tekeminen tutkimuspohjaisesti lukion kemian opetukseen. Opetusmateriaalin tavoitteena on selvittää, kuinka mittausautomaation avulla voidaan syventää lukiolaisten lämpöenergia-käsitteen ymmärtämistä.

### **5.2 Tutkimuskysymykset**

Tutkimusta ohjaa kaksi päätutkimuskysymystä. Ensimmäisessä selvitettiin opettajien tietokoneen käyttöä opetukseen ja erityisesti heidän mittausautomaation käyttöä. Tutkimuksen toinen osio käsittelee mittausautomaation hyödyntämistä lämpöenergian oppimiseen ja oppilaiden käsityksiä asiasta.

1. Miten tietokonetta käytetään kemian opetuksessa?
  - Miten mittausautomaatiota hyödynnetään kemian opetuksessa?
  
2. Miten mittausautomaatiolla voidaan tukea lämpöenergian ymmärtämistä?
  - Miten mittausautomaatiolla tehtyjen kokeellisten töiden avulla voidaan tukea lämpöenergian ymmärtämistä?
  - Miten mittausautomaation käyttö tukee lukion opiskelijoiden lämpöenergian ymmärtämistä ja opiskelua?

### 5.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimusmenetelmänä tutkimuksessa käytetään kehittämistutkimusta (Edelson, 2002). Kehittämistutkimuksessa on kolme vaihetta: 1) tarveanalyysi, 2) materiaalin kehittäminen sekä 3) materiaalin arvioiminen.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tehdään tarveanalyysi kemian opettajilla. Sen tarkoituksena on selvittää, miten kemian opettajat hyödyntävät tietokonetta ja erilaisia tietokoneohjelmia työssään. Se tehtiin laajasti, jotta saataisiin yleiskuva kemian opettajien tietokoneen käytöstä opetuksessa. Pääpainona on tutkia opettajien mittausautomaation käyttöä.

Tarveanalyysi suoritettiin tässä tutkimuksessa käyttämällä tutkimusmenetelmänä kvantitatiivista kyselytutkimusta. Tämä tapa mahdollistaa tarkkojen tulosten saamisen yksittäisiin kysymyksiin. Kvantitatiivista kyselytutkimusta käyttämällä pystytään tarkastelemaan myös vastausten tilastollista merkitsevyyttä helposti.

Kyselytutkimusta varten opettajille jaettiin monivalintatehtäviä sisältävä kyselykaavake Kemia Tänään -päivillä kahdella eri paikkakunnalla. Kyselykaavakkeessa oli yhteensä 19 monivalintakysymystä (ks. Liite 1.). Ne koskivat opettajien tieto- ja viestintätekniiikan käyttöä koulussa sekä sen hallitsemista opetuskäytössä. Opettajat vastasivat kyselyyn Kemia tänään -tapahtumien yhteydessä kahdella eri paikkakunnalla. Yhteensä vastauksia kyselyyn tuli 98 opettajalta. Kyselytutkimuksella oli tarkoitus kartoittaa opettajien tieto- ja viestintätekniiikan käyttöä. Etenkin tutkittiin onko havaittavissa muutosta vuoden 1996 tutkimustuloksiin (Aksela & Juvonen, 1999.). Tutkimus on tehty vuonna 2003.

Vastaajat olivat kokeneita kemian opettajia, 74 % oli opettanut kemiaa yli kymmenen vuotta. Vain 11 % vastanneista oli opettanut kemiaa vasta 1-5 vuotta. Yksi vastanneista ei ollut opettanut lainkaan kemiaa. Nämä luvut heijastelevat hyvin Suomen opettajakunnan vanhenemista.

Suuri osa opettajista opetti kemiaa peruskoulussa. Ainoastaan peruskoulun puolella opettavia opettajia oli vastaajista 53 %. Sekä lukiossa että peruskoulussa opettavia opettajia

oli 14 %. Ainoastaan lukion puolella opettavia opettajia oli tutkimuksessa 28,5 % vastanneista.

Kehittämistutkimuksen toisessa vaiheessa tehdään oppimateriaali aikaisemman tutkimuksen ja olemassa olevan materiaalin pohjalta. Sitä varten etsitään ja kehitetään sopivia mittausautomaatiokokeita lukioon lämpöenergian alueelta. Näistä ensimmäisessä osiossa selvitetään, miten lämpötila-anturia voidaan hyödyntää kemian opetuksessa. Sitä varten tutkitaan lähemmin kolme erilaista kokeellista tehtävää, joita voi tehdä mittausautomaatiolla ja lämpötila-anturilla.

Kehittämistutkimus tapahtuu sykleissä (Edelson, 2002). Ennen opetusmateriaalin tekemisen aloittamista valmistellaan teoria tutkittavasta aiheesta. Teoriaa kehittämällä saadaan raakamateriaali: tässä tapauksessa ensimmäinen versio mittausautomaation ohjeista. Seuraavaksi kehitettyä materiaalia testataan käytännössä. Tässä tutkimuksessa joukko lukiolaisia toimii testijoukkona. Testauksen jälkeen materiaalia parannetaan testin antamien tulosten mukaan.

Tutkimuksen viimeinen osio on kokeellisten töiden arviointi. Kokeellisten töiden arviointi tapahtui niin, että seitsemäntoista (17) lukiolaista suoritti yhden tutkimusta varten kehitetyistä kokeellisista töistä. He vastasivat sen jälkeen kyselyyn (ks. Liite 5). Kysymykset kysymyskaavakkeeseen valittiin osittain opettajille tehdyn kyselyn perusteella, esimerkiksi kysymys 6 koskee oppilaan internetin käyttöä. Osa kysymyksistä liittyi tehtyyn kokeelliseen työhön. Kysymyssarjan ensimmäiset kysymykset pyrkivät selvittämään, miltä tietokoneen käyttö oppilaista tuntuu kokeellisessa työssä. Kysymyssarjan viimeiset kysymykset olivat avoimia ja pyrkivät siten selvittämään vielä syvemmin oppilaiden omia mielipiteitä. Opiskelijoiden kanssa käytiin kokeellisen työn aikana lisäksi keskusteluja, joista tehtiin muistiinpanoja.

Kurssin opiskelijat olivat lukiolaisia ympäri Suomea. Kurssille osallistui yhteensä 20 opiskelijaa kesällä 2004, heistä 17 osallistui tutkimukseen. He kaikki olivat hyvin kiinnostuneita kemiasta. Minustako kemisti-kurssi pidettiin kesällä. Kiinnostuksesta kemiaa kohtaan kertoo jo se, että opiskelija osallistuu kesällä vapaaehtoiselle kemian kurssille. Kaikilla opiskelijoilla oli kiitettävä arvosana kemian kurseista lukiossa. Molempien tutkimusongelmien kyselykaavakkeet analysoitiin SPSS- ohjelman avulla.

## 6 Tulokset

Tulokset esitellään tutkimuskysymyksittäin. Tuloksista käsitellään ensin tarveanalyysistä saadut tulokset. Sen jälkeen kohdassa 6.2 esitellään materiaalin kehittämisen tuloksena saadut kokeelliset työt. Viimeiseksi esitetään materiaalin arvioinnista saadut tulokset.

### 6.1 Tietokoneen käyttö kemian opetuksessa

Tutkimuksen mukaan kemian opettajat eivät hallitse kovin hyvin tieto- ja viestintätekniiikan käyttöä opetuksessa (ks. Taulukko 2). Arvio on opettajien oma käsitys taidoistaan. Neljä prosenttia vastanneista ei hallitse lainkaan tieto- ja viestintätekniiikan käyttöä opetuksessa. Heikosti tai tyydyttävästi tieto- ja viestintätekniiikkaa hallitsee 77 % vastaajista. Hyvin tai erinomaisesti sitä hallitsee ainoastaan alle 20 % opettajista.

Taulukko 2. Tieto- ja viestintätekniiikan hallinta opetuksessa

Tieto- ja viestintätekniiikan hallinta opetuksessa	% opettajista
en lainkaan	4,1
heikosti	13,4
tyydyttävästi	62,9
hyvin	18,6
erinomaisesti	1,0

Opettajat kokevat, että tekniset laitteet eivät ole kovin helposti saatavilla kouluissa (ks. Taulukko 3). Opettajista yli 70 % kokee, että tekniset laitteet ovat vain kohtuullisesti tai heikosti saatavilla. Vain viisi prosenttia vastanneista opettajista kokee laitteiden olevan helposti saatavilla.

Taulukko 3. Teknisten laitteiden saatavuus

Teknisten laitteiden saatavuus koulussa	% opettajista
erittäin helposti saatavilla	5,2
helposti saatavilla	23,7
kohtuullisessa määrin saatavilla	52,6
heikosti saatavilla	18,6

Opettajat käyttävät tekstinkäsittely- tai taulukkolaskentaohjelmia vähän (ks. Taulukko 4). Taulukkolaskentaohjelma on tietokoneohjelma, jonka avulla voidaan käsitellä numeerista

tietoa. Sen avulla voidaan suorittaa monenlaisia laskutoimituksia ja tehdä erilaisia kaavioita. Yleisiä taulukkolaskentaohjelmia ovat Microsoft Excel, Corel Quattro Pro ja Open Officen Calc. Opettajat käyttävät taulukkolaskentaohjelmia vain harvoin tai eivät lainkaan. Tutkimuksen mukaan 74 % vastanneista ei käytä lainkaan taulukkolaskentaohjelmaa opetuksessa (ks. Taulukko 4).

Tekstinkäsittelyohjelma on ohjelma, jonka avulla tuotetaan, muokataan tai tulostetaan tekstiä. Tekstinkäsittelyohjelmia ovat esimerkiksi Microsoft Word ja Corel WordPerfect. Tekstinkäsittelyohjelmia käytetään opettajan työssä huomattavasti enemmän kuin taulukkolaskentaohjelmia, 71 % opettajista käyttää tekstinkäsittelyohjelmaa vähintään kerran kuussa (ks. Taulukko 4).

Taulukko 4. Tekstinkäsittelyohjelman ja taulukkolaskennan käyttö

	Tekstinkäsittelyohjelma	Taulukkolaskenta
en koskaan	28,6	73,5
1-3 kertaa kuussa	51	22,4
1-2 kertaa viikossa	12,2	2
3-6 kertaa viikossa	3,1	0
useita kertoja päivässä	1	0

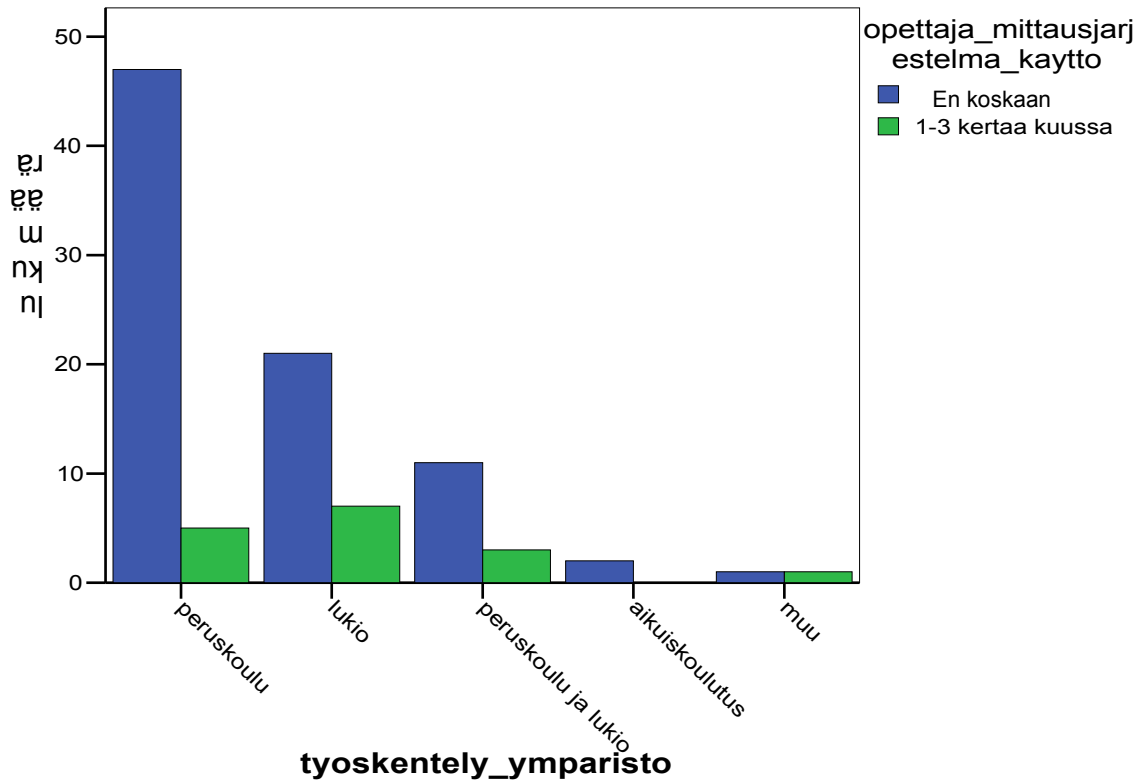
Taulukossa viisi on esitettyä mittausautomaation käytön laajuus. Vastanneista opettajista 16 % käyttää jotain mittausautomaatiota työssään vähintään kerran kuukaudessa. Opettajista 14 % teettää oppilailta mittausautomaatiotyön vähintään kerran kuukaudessa. Yksi vastanneista teetti oppilailta mittausautomaatiotyön 1-2 kertaa viikossa.

Taulukko 5. Mittausautomaation käyttö kemian opetuksessa

Mittausautomaation käyttö kemian opetuksessa	Oppilaiden mittausjärjestelmän käyttö	Opettajan mittausjärjestelmän käyttö
en koskaan	84,5	83,7
1-3 kertaa kuussa	14,4	16,3
1-2 kertaa viikossa	1	0

Opettajan työskentely-ympäristö vaikuttaa mittausautomaation käyttöön (ks. kuva 6). Lukiossa työskentelevä opettaja käyttää enemmän mittausjärjestelmää työssään kuin peruskoulussa työskentelevä opettaja. Mittausautomaation käyttäjistä 62 % työskentelee

lukiossa tai sekä lukiossa että peruskoulussa. Aikuiskoulutuksessa työskentelevä opettaja ei vastausten mukaan käytä lainkaan mittausautomaatiota työssään.



Kuva 6. Mittausjärjestelmän käyttö- työskentely ympäristöittäin (SPSS- kuva)

Yli 50 % opettajista käyttää jotain opetusohjelmaa työssään vähintään muutaman keran lukukaudessa (ks. Taulukko 6.). Vastaavasti 50 % opettajista ohjaa oppilaitaan käyttämään opetusohjelmia kemian opetuksessa.

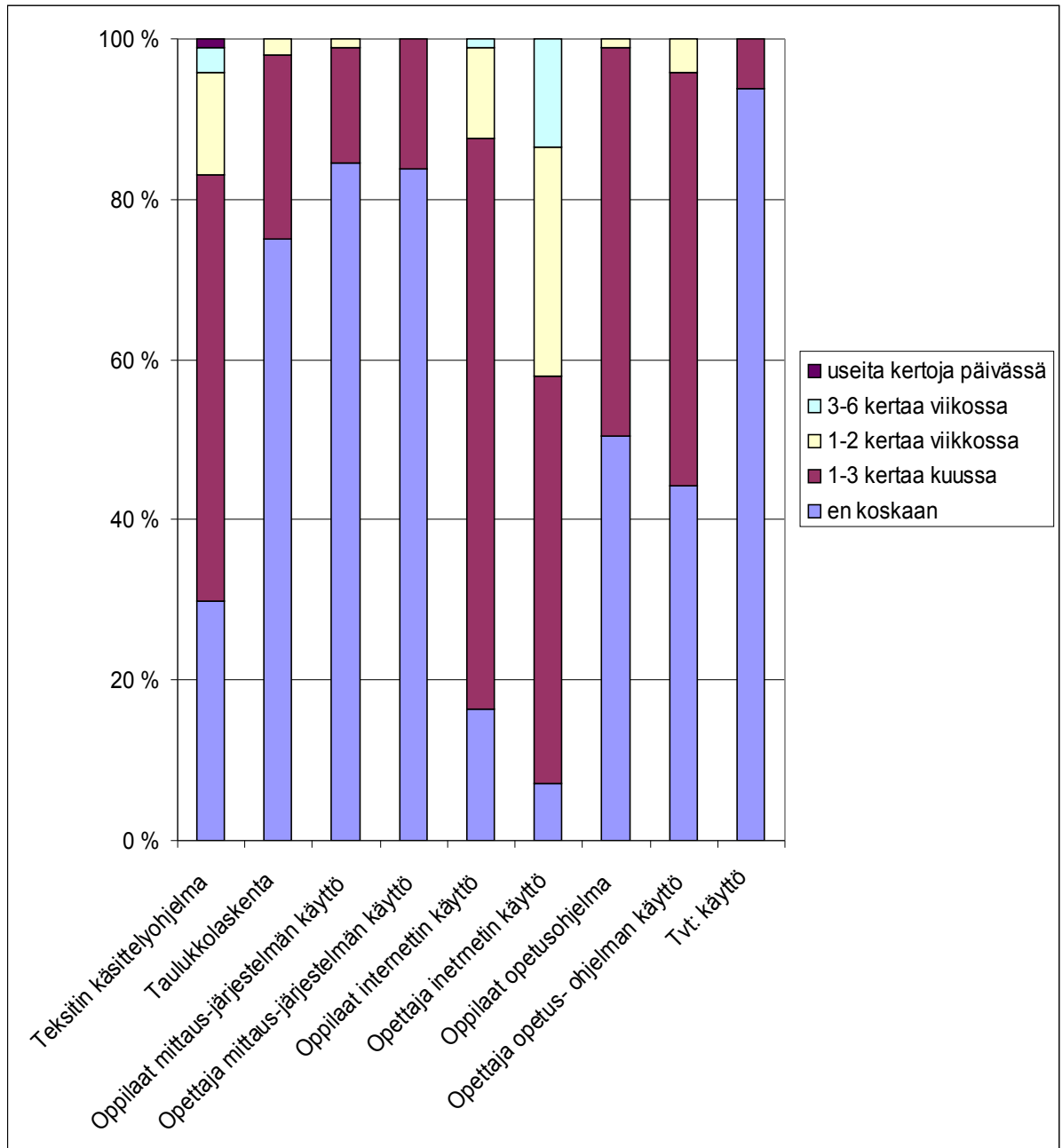
Taulukko 6. Opetusohjelmien käyttö

	Oppilaat käyttävät opetusohjelmia (%)	Opettajien opetus- ohjelman käyttö (%)
en koskaan	50	43,9
1-3 kertaa kuussa	49	51
1-2 kertaa viikossa	1	4,1

Taulukossa seitsemän on esitetty opettajien vastaukset pylväsdiagrammin muodossa. Oikealta ensimmäinen pylväs (tv:n käyttö) kuvaa niitä kemian opettajia, jotka käyttävät työssään monimuotokoulutukseen tarkoitettua tieto- ja viestintäteknikkaa. Monimuotokoulutukseen tarkoitettu tieto- ja viestintäteknikka merkitsee tässä oppimisalustojen käyttöä. Näitä käyttää työssään noin 6 % kemian opettajista.



Taulukko 7. Opettajien vastauksia pylväsdiagrammin muodossa



Opettajat ohjaavat opiskelijoita etsimään tietoa internetistä runsaasti. Ainoastaan alle 17 % opettajista ei koskaan pyydä oppilaita tutkimaan internetiä. Opettajat käyttävät itse internetiä etsiessään kemian opetukseen tietoa. Yli 90 % opettajista käyttää internetiä vähintään kerran kuukaudessa. Kuitenkin ainoastaan 13 % opettajista käyttää internetiä kemian tiedon hakuun 3-6 kertaa viikossa, päivittäin sitä ei käytä kukaan. (ks. Taulukko 8)

Taulukko 8. Internetin käyttö kemian tiedon hakuun

	Opiskelijat internetin käyttö	Opettaja internetin käyttö
en koskaan	16,3	7,1
1-3 kertaa kuussa	70,4	50
1-2 kertaa viikossa	11,2	28,3
3-6 kertaa viikossa	1	13,3
useita kertoja päivässä	0	0

Taulukkoon yhdeksän on koottu opettajien vastauksia koskien internetin käyttöä tarkemmin. Vastauksista käy ilmi, että sähköposti kuuluu opettajien käyttöön yleisesti ainoastaan, kun kyseessä on kollegoiden välinen viestintä. Opiskelijoihin opettajat ovat huomattavasti vähemmän yhteydessä sähköpostitse.

Taulukko 9. Opettajien vastauksia koskien tietokoneen käyttöä

	opettaja-oppilas email (%)	Opettaja-opettaja email (%)	Oppilas digitaalisten asiakirjojen laatiminen (%)	Opettaja digitaalisten asiakirjojen laatiminen (%)	Internet simulaatioiden käyttö (%)
en koskaan	84,7	14,3	89,8	86,6	73,4
1-3 kertaa kuussa	9,2	51,0	10,2	12,4	26,6
1-2 kertaa viikossa	2,0	20,4	0	1,0	0
3-6 kertaa viikossa	0	9,2	0	0	0
useita kertoja päivässä	0	5,1	0	0	0

## **6.2 Lämpöenergian ymmärtämisen tukeminen mittausautomaation avulla**

### **6.2.1 Opetusmateriaali**

Lämpöenergian oppimista tukemaan kehitettiin kolme erilaista kokeellista kemian työtä. Kahteen näistä käytettiin apuna Vernierin Chemistry with Computers- työkirjaa. Yksi kehitettiin kokonaan tätä tutkimusta varten. Tätä tutkimusta varten kehitettiin kiehumiseen liittyvä työ. Näiden kokeellisten töiden nimet ovat: kiehuminen, ruoan energian määrittäminen sekä liukeneminen.

Kehitetyn opetusmateriaalin töiden tavoitteena on tuoda lämpöenergiaan liittyviä käsitteitä mahdollisimman monipuolisesti ja kiinnostavasti esille opiskelijoille. Lisäksi töiden tarkoituksena on oppia hyödyntämään tietokonetta mittauksen apuvälineenä sekä tulkita tuloksia saaduista kaaviosta. Kokeellisten töiden tarkoituksena on oppia käyttämään erilaisia mittausvälineitä sekä työskentelemään huolellisesti eri virhelähteet huomioon ottaen.

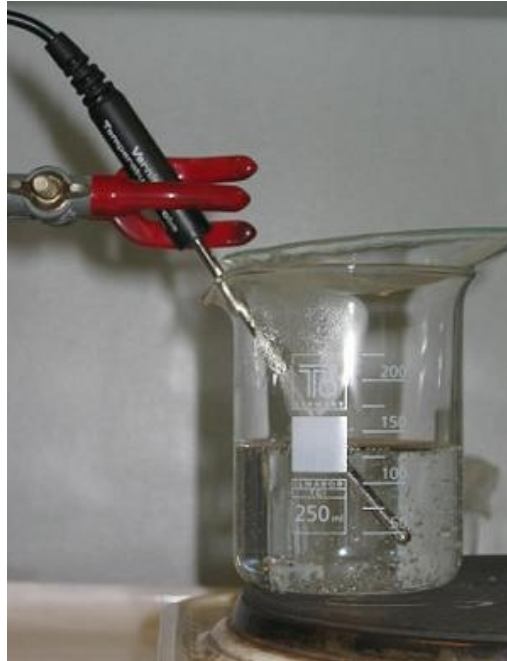
#### **6.2.1.1 Kiehuminen**

Tämän kokeellisen työn tavoitteena on syventää oppilaan käsityksiä kiehumisesta ilmiönä sekä parantaa ilmiöön liittyvien käsitteiden hallintaa (Liite 2: työn yksityiskohtainen ohje). Työssä tutkitaan, kuinka nesteen ominaislämpökapasiteetti vaikuttaa kiehumispisteeseen.

Kokeellisessa työssä verrattiin veden ja alkoholin kiehumispisteitä sekä määritettiin nesteille ominaishöyrystymislämpöarvot. Työssä esille tulevat käsitteet ovat lämmitysteho, kiehuminen, lämpökapasiteetti sekä ominaishöyrystymislämpö. Lisäksi työssä käy hyvin ilmi se, että kiehumisen aikana nesteen lämpötila pysyy vakiona, vaikka lämmitystä jatketaan ja vastaavasti kun lämmitys lopetetaan, lakkaa neste kiehumasta.

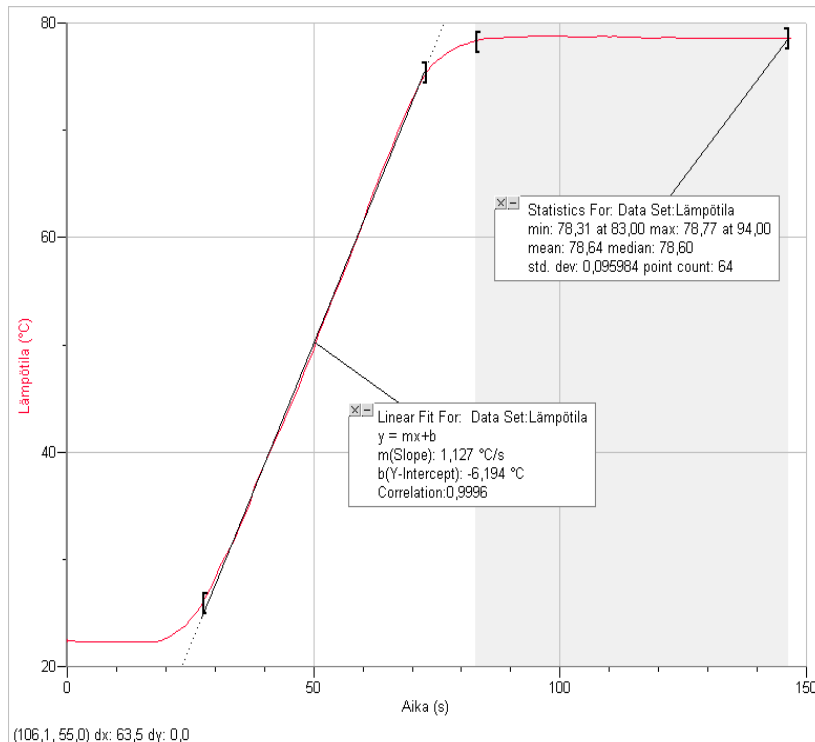
Tämän työn voi tehdä ryhmissä niin, että jokainen ryhmä tarkastelee eri nesteitä. Tarkoituksena tässä vaihtoehdossa on tutustua, kuinka molekyylin koko, muoto sekä molekyylien väliset sidokset vaikuttavat kiehumispisteeseen.

Työ testattiin kemian laitoksella olevalla mittausautomaatiolaitteella. Koe toistettiin useampaan kertaan. Näiden toistojen aikana tehtiin muistiinpanoja ja niiden mukaan parannettiin ohjetta. Kuvassa seitsemän näky työhön käytetty mittausjärjestely.



Kuva 7. Veden kiehumiseen käytetty mittausjärjestely, jossa on lämpötila-anturi keitinlasissa

Työssä mitataan kuinka paljon nestettä haihtuu kiehumisen aikana. Tämän massan sekä lämmitystehon avulla lasketaan nesteelle ominaishöyrystymislämpö. Etanolin kiehattaminen tehtiin vetokaapissa, jotta etanoli ei haihtuisi huoneilmaan. Työ tehdään suhteellisen pienillä nestemäärillä, jotta toistoja ehtii tehdä enemmän. Nesteen määräksi riittää alle puoli desilitraa kiehutuskertaa kohti. Kokeen suoritusaika riippuu myös lämpölevyn tehokkuudesta. Kuvassa kahdeksan on etanolin kiehumisesta syntynyt kuvaaja



Kuva 8. Etanolin kiehuminen, mittausautomaatio ohjelmalla on sovitettu suora lämmitys vaiheeseen. Suorankulmakertoimen avulla lasketaan lämmitysteho.

Tulokset etanolille ovat taulukossa 11 ja vedelle taulukossa 12 (sivulla 47), taulukossa 10 on kirjallisuusarvot etanolin ja veden ominaislämpökapasiteeteille sekä ominaishöyrystyslämmöille. Kuvissa kahdeksan ja yhdeksän (sivulla 47) on veden ja etanolin kiehumisen kuvaajat. Näitä kuvaajia vastaavat tulokset on taulukoitu taulukoihin koenumeroilla 1.

Taulukko 10. Veden ja etanolin taulukkoarvot (maol taulukot)

Taulukkoarvot	Vesi	Etanoli
Ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg)	4,19	2,43
Ominaishöyrystyslämpö (kJ/kg)	2260	841

Lämmitystehon laskemiseen käytetään koko alkuperäistä nestemäärää, koska koko nestemäärä lämpenee. Tässä työssä ei ole otettu huomioon dekantterilasien lämmittämiseen vaadittavaa energiaa.

Esimerkkilasku on etanolin koesarjasta koe numero 1. Ensimmäiseksi lasketaan lämmittämiseen käytetty energia:

$$Q/s = cm_{\text{alussa}} \Delta T / \Delta t$$

$$Q/s = 2,43(\text{kJ/kg}) * 0,0208\text{kg} * 1,27(^{\circ}\text{C/s})$$

$$Q/s = 0,0642\text{kJ/s}$$

Ominaishöyrystymislämpö pystytään laskemaan seuraavaksi:

$$Q = \frac{r \Delta m}{\Delta t}$$

$$r = \frac{Q \Delta t}{\Delta m}$$

$$r = \frac{0,0642\text{kJ/s} * 64\text{s}}{0,0061\text{kg}}$$

$$r = 670\text{kJ/kg}$$

Taulukko 11. Etanolin kiehuminen

Koe	Massa alussa (kg)	Massa lopussa (kg)	$\Delta m = (m_a - m_l)$ (kg)	$\frac{\Delta T}{\Delta t} \left( \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{s}} \right)$	Lämmitys-teho Q/s (kJ/s)	Kiehumis-aika $\Delta t$ (s)	Ominais-höyrystymis-lämpö r (kJ/kg)
1	0,0208	0,0147	0,0061	1,27	0,0642	64	670
2	0,0285	0,0134	0,0151	1,961	0,1359	80	720
3	0,0294	0,0227	0,0067	0,859	0,0620	81	754
4	0,0339	0,0237	0,0103	0,9985	0,084	67	538
5	0,0247	0,0158	0,0089	1,419	0,0828	63	586
	Keskiarvo						653,6

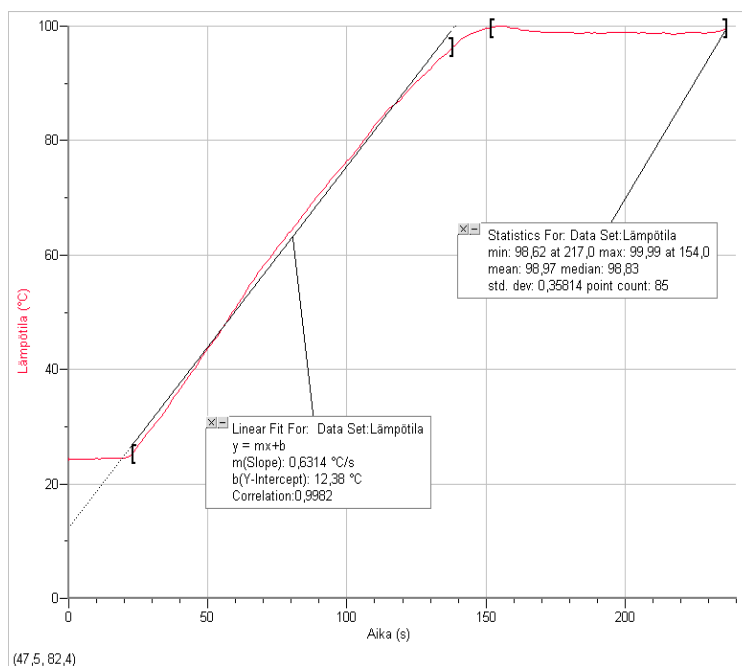
Huom! Taulukossa 11 ja 12 on ensin kokeen numero. Massa alussa -sarakeessa on vain nesteen massa ennen koesuoritusta. Sarakeessa massa lopussa on nesteen massa kiehtuksen jälkeen.  $\Delta T/\Delta t$  on kuvaajassa lämmitysvaiheen kulmakerroin, sen on ohjelma laskenut sovitetusta suorasta. Lämmitysteho on laskettu arvo. Kiehumisaika on saatu kuvaajasta katsomalla kuinka kauan neste on kiehunut. Ominaishöyrystymislämpö on laskettu taulukon muita arvoja apuna käyttäen.

Etanolin ominaishöyrystymislämmön keskiarvoksi saatiin 653,6 kJ/kg (taulukko 11), kun sen taulukkoarvo on 841 kJ/kg (ks. taulukko 10 sivulla 45). Keskiarvo on vain 77,7 % taulukoidusta arvosta.

Taulukko 12. Veden kiehuminen

Koe	Massa alussa (kg)	Massa lopussa (kg)	$\Delta m = (m_a - m_l)$ (kg)	$\frac{\Delta T}{\Delta t} \left( \frac{^\circ C}{s} \right)$	Lämmitys-teho Q/s (kJ/s)	Kiehumis-aika $\Delta t$ (s)	Ominais-höyrystymis-lämpö r (kJ/kg)
1	0,0375	0,0329	0,0046	0,631	0,099	88	1894
2	0,0425	0,0464	0,0039	0,569	0,104	82	2136
3	0,0349	0,0296	0,0053	0,657	0,113	103	2184
4	0,0300	0,0241	0,0059	1,031	0,152	75	1931
5	0,0369	0,0330	0,0037	0,653	0,101	69	1882
	Keskiarvo						2005,4

Veden ominaishöyrystymislämmön keskiarvoksi saatiin 2005,4 kJ/kg (ks. Taulukko 12), kun sen taulukkoarvo on 2260 kJ/kg (ks. Taulukko 10, sivulla 45). Keskiarvo on 88,7 % taulukoidusta arvosta. Veden kiehumiskuvaaja on kuvassa yhdeksän.

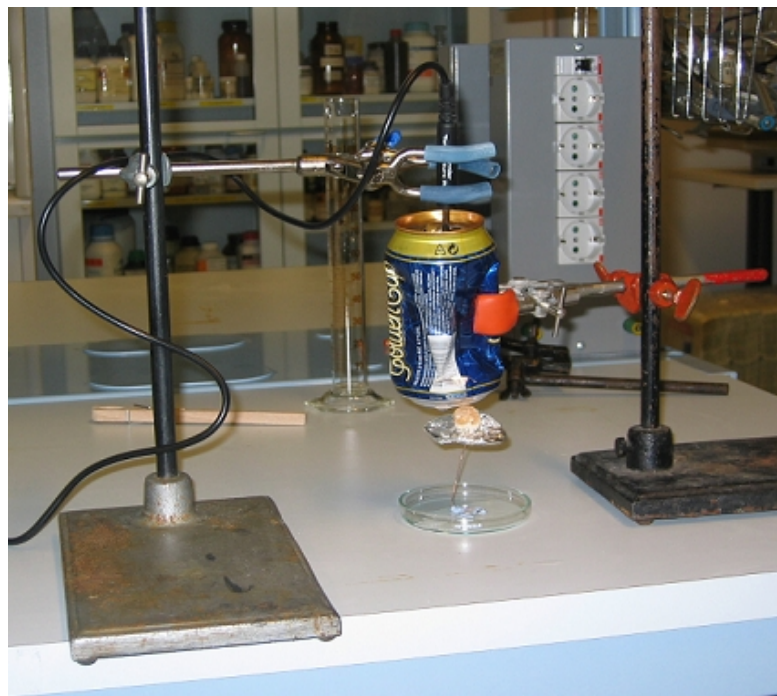


Kuva 9. Veden kiehuminen, mittausautomaatio ohjelmalla on sovitettu suora lämmitys vaiheeseen. Suorankulmakertoimen avulla lasketaan lämmitysteho. Veden ja etanolin kiehumiseen liittyvien kuvaajien (kuvat 8, sivulla 45 ja 9 sivulla 47) alussa on pieni vaakasuora osa. Lämpötila on siinä noin 25°C. Tämä vaakasuora osa kuvaa tilannetta missä lämpötila anturi on nesteessä, mutta lämmittämistä ei ole vielä aloitettu.

Kokeellista työtä testattaessa ei saatu kovin tarkkoja tuloksia. Tulokset vaihtelivat paljon eri testauskertojen välillä. Tulokset poikkesivat lisäksi selkeästi taulukkokirjan arvoista. Toistojen aikana havaittiin, että lämmityslevy on hyvä laittaa päälle ennen kokeen aloittamista. Levyn laittaminen päälle ajoissa varmistaa, että lämmitysteho on kokeen aikana vakio. Toinen toistojen aikana havaittu seikka oli se, että kansi dekanterilasina päällä lämmityksen aikana estää hieman haihtumista ennen kiehumista.

### 6.2.1.2 Ruoan energia

Ruoan energia -kokeessa vertaillaan eri ruoka-aineiden energia-arvoja keskenään (ks. tarkempi työohje liitteessä 4 ). Kokeen tavoitteena on auttaa oppilasta ymmärtämään kuinka energia siirtyy sekä sen häviämättömyys. Kokeessa tulee lisäksi esille energian varastoituminen erilaisiin ravintoaineisiin sekä palamisreaktion merkitys energian vapautumisen kannalta. Yksi tämän työn tärkeimmistä merkityksistä on oppilaiden motivoiminen, koska työ liittyy energian sitoutumiseen sekä vapautumiseen liittyvät asiat arkipäiväiseen elämään hyvin. Kuvassa 10 on mittaukseen käytetty mittausjärjestely.



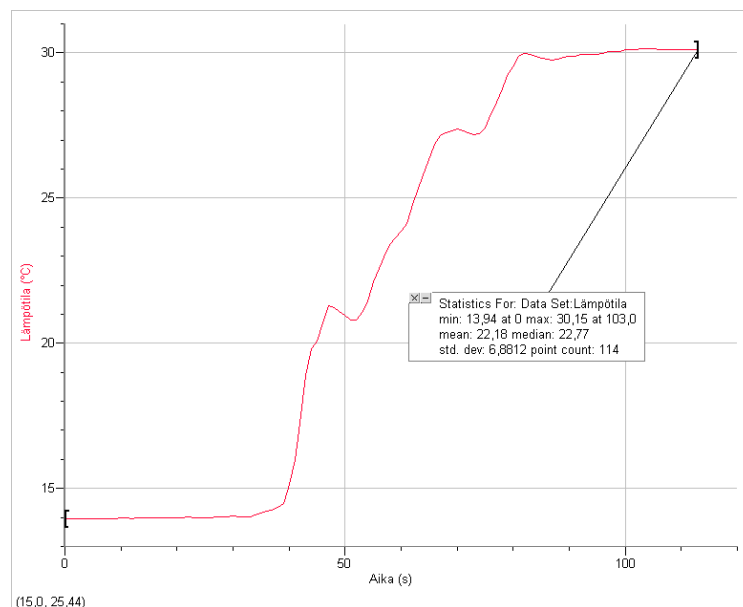
Kuva 10. Käytetty mittausjärjestely. Tölkin sisällä on lämpötila-anturi. Tämä näytteen pidike ei toiminut hyvin. Muissa kokeissa näyte pantiin suoraan klemmariin kiinni.



Motivaation lisääjänä tämä työ käy jo yläkouluun pidettäväksi. Yläkoulun puolella työn kemian puolen käsittely ei olisi yhtä syvää kuin lukiossa. Yläkoulussa työ sopii kohtaan missä käsitellään eri energialähteitä. Lukiossa työn kemialliseen puoleen pystytään paneutumaan syvällisemmin. Lukion kolmannessa kurssissa käsitellään energianmuutoksia. Tämän työn voisi tehdä tässä yhteydessä. Tämä kokeellinen työ käy hyvin myös laboratoriokurssille, missä integroidaan fysiikkaa, kemiaa ja biologiaa. Tällaisella kurssilla voisi puhua enemmän ihmisen ravinnon saannista ja tärkeistä ravintoaineista.

Kokeella selvitetään kuinka paljon energiaa saadaan eri ruoka-aineista polttamalla. Tällä tavalla saatuja energia-arvoja vertaillaan lopuksi keskenään ja mietitään mitkä seikat vaikuttavat erilaisiin tuloksiin. Tarkoituksena on laskea kullekin näytteelle energiasisältö kJ/g. Näin saadaan vertailukelpoisia tuloksia. Varsinaisia kemiallisia reaktioita työssä on vaikea käsitellä yksityiskohtaisesti. Työ osoittaa hyvin sen, mistä energiaa saa ja miten se muuttaa muotoaan.

Ensimmäisenä näytteenä käytettiin juustonaksua. Juustonaksu paloi hyvin sen syttymisen jälkeen. Kuvassa 11 on juustonaksun palamiseen liittyvä kuvaaja.



Kuva 11. Juustonaksun palaminen. Kuvaajassa olevat notkahdukset tulevat siitä, että tölkkiä on sekoitettu palamisen aikana.

Joissain kokeissa juustonaksu paloi poikki ja tippui alustalle, jossa se jatkoi usein palamista. Näitä kokeita ei ole huomioitu taulukossa 13, koska ne olisivat antaneet erilaisia tuloksia verrattuna niihin kokeisiin, joissa juustonaksu pysyi telineessä. Taulukoissa 13, 14, 15 (sivulla 53) ja 16 (sivulla 54) on taulukoitu palamiskokeisiin liittyvät tulokset.

Taulukko 13. Juustonaksun palaminen

Koe	$m_{\text{(vesi)}} \text{ (kg)}$	$T_1 \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_2 \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_{(2-1)} \text{ (}^\circ\text{C)}$	$m_1 \text{ (g)}$	$m_2 \text{ (g)}$	$m_{(2-1)} \text{ (g)}$	Q kJ	$Q/m_{(2-1)} \text{ kJ/g}$
1	0,056	15	34,2	19,2	7,71	7,07	0,641	4,50	7,03
2	0,098	16,3	28,4	12,1	7,66	6,96	0,698	4,97	7,12
3	0,096	14	30,1	16,1	7,99	7,13	0,86	6,48	7,53
Keski arvo								5,31	7,23

Huom! Ensimmäisessä sarakkeessa on kokeen koenumero. Toisessa sarakkeessa on tölkin olleen veden massa. Taulukoista on jätetty kokonaan pois tölkin ja veden yhteinen massa. Tölkki painoi jokaisessa kokeessa 13,4 g. Kolmannessa sarakkeessa on veden lämpötila alussa ja neljännessä sarakkeessa lämpötila lopussa. Nämä lämpötilat ovat saatu mittausautomaatio-ohjelmaa käyttäen ottamalla koko käyrästä käyrän arvot, jolloin saadaan käyrän minimi ja maksimi arvot helposti näkyviin. Viidennessä sarakkeessa on näiden lämpötilojen erotus. Kuudes ja seitsemäs sarake on näytteen massa alussa ( $m_1$ ) ja näytteen massa lopussa ( $m_2$ ). Kahdeksannessa sarakkeessa on näytteen massaero, eli se osa näytteestä, mikä paloi kokeen aikana. Yhdeksännessä sarakkeessa on näytteestä vapautunut energia. Viimeisessä sarakkeessa on laskettu vapautunut energia grammaa kohti, näin saaduista arvoista on saatu vertailukelpoisia.

Laskuesimerkkinä tässä käytetään juustonaksun ensimmäistä koetta. Palamisreaktion avulla vapautunut energia laskettiin kaavasta:

$$Q = c_{(H_2O)} m_{(H_2O)} \Delta T_{(H_2O)}$$

Kaavassa  $c$  on veden lämpökapasiteetti 4,19 kJ/(kg°C),  $m$  on veden massa ja  $\Delta T$  on veden lämpötilan muutos.

$$Q = 4,19 \text{ kJ} / (\text{kg}^\circ\text{C}) * 0,056 \text{ kg} * 19,2^\circ\text{C}$$

$$Q = 4,50 \text{ KJ}$$

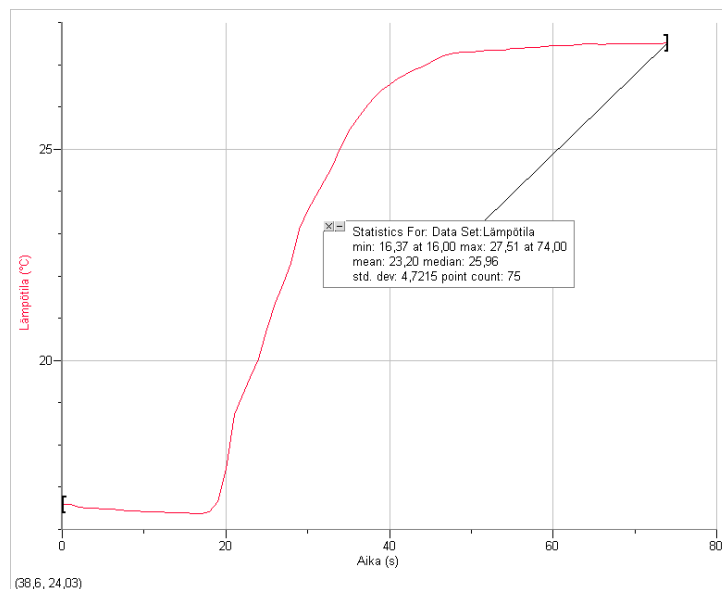
Näin saadusta arvosta laskettiin vielä näytteen energia grammaa kohti. Massana tässä käytettiin näytteen massaeroa.

$$Q/g = 4,50 \text{ kJ} / 0,64 \text{ g}$$

$$Q/g = 7,03 \text{ kJ} / \text{g}$$

Toisena näytteenä käytettiin popcornia. Popcornin palaminen onnistui hyvin. Se syttyi hyvin ja pysyi telineessä hyvin kiinni. Popcornin palamisen kuvaaja on kuvassa 12. Siitä

näkyvät hyvin se hetki, jolloin popcorni on sytytetty sekä sen sammuminen. Sattuminen on tapahtunut kun aikaa on kulunut noin 50 sekuntia. Kuvaajassa olevasta laatikosta nähdään lisäksi tämän kokeen minimi (16,37 °C) ja maksimi (27,5 °C) lämpötilat. Laatikko on saatu kuvaan mittausautomaatio-ohjelmalla. Kuvaaja vastaa koesarjassa koetta viisi.



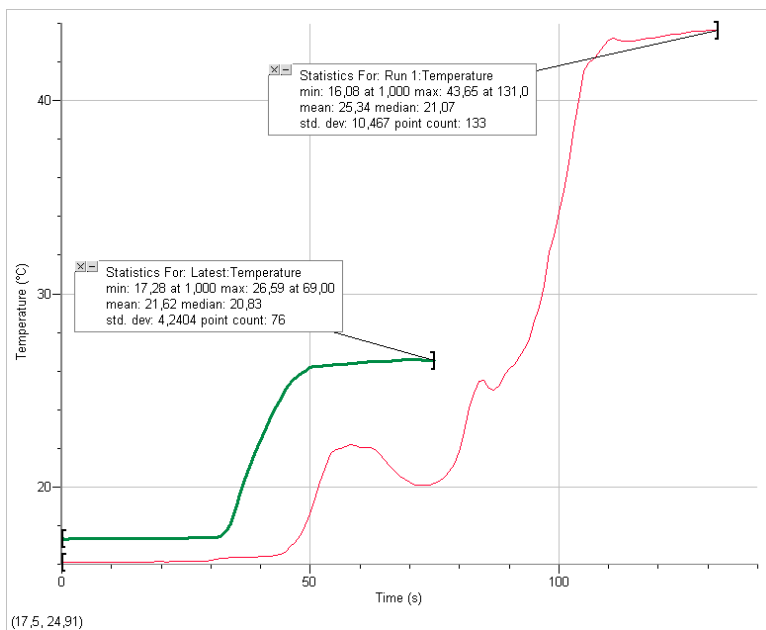
Kuva 12. Popcornin palaminen

Taulukossa 14 on popcornin polttamiseen liittyvät arvot. Tämän kokeen perusteella popcornin energiaksi saatiin 8,32 kJ/g, eli 832 kJ/ 100g. Arvo on viiden kokeen keskiarvo.

Taulukko 14. Popcornin palaminen

Koe	$m_{\text{(vesi)}} \text{ (kg)}$	$T_1 \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_2 \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_{(2-1)} \text{ (}^\circ\text{C)}$	$m_1 \text{ (g)}$	$m_2 \text{ (g)}$	$m_{(2-1)} \text{ (g)}$	Q (kJ)	$Q/m_{(2-1)} \text{ (kJ/g)}$
1	0,056	12	20,1	8,1	7,01	6,77	0,24	1,90	8,05
2	0,046	15,9	30,44	14,54	7,17	6,84	0,32	2,82	8,78
3	0,037	17	28,34	11,34	7,04	6,81	0,23	1,75	7,57
4	0,041	16,1	24,49	8,39	6,97	6,81	0,16	1,44	9,19
5	0,043	16,4	27,44	11,04	7,07	6,82	0,25	1,99	8,01
keski-arvo								1,98	8,32

Kuvassa 13 on popcornin ja juustonaksun palamisen kuvaajat piirretty samaan kuvaan. Tästä kuvaajasta pystyy hyvin vertailemaan, miten eri aineet lämmittävät vettä eri tavoin. Punaisessa käyrässä (juustonaksun) näkyy pieni notkahdus lämpötilassa. Notkahdus on saattanut syntyä, kun vettä on sekoitettu. Notkahdus on saattanut syntyä myös siitä kun juustonaksu on sammunut ja se on sytytetty uudestaan.



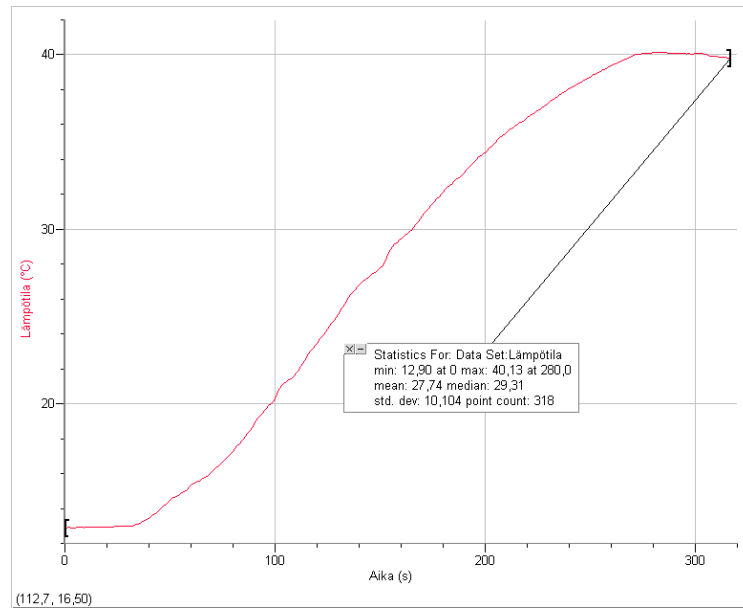
Kuva 13. Popcornin (vihreä) ja juustonaksun (punainen) palaminen

Kolmantena näytteenä käytettiin suolapähkinää. Taulukossa 15 on suolapähkinän palamisesta saadut arvot. Suolapähkinä paloi tasaisesti sen syttyttyä. Suolapähkinän energiaksi saatiin kokeiden keskiarvojen perusteella 9,04 kJ, eli 16,47 kJ/ 100g.

Taulukko 15. Suolapähkinän palaminen

Koe	m <sub>(vesi)</sub> kg	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>(2-1)</sub> (°C)	m <sub>1</sub> (g)	m <sub>2</sub> (g)	m <sub>(2-1)</sub> (g)	Q kJ	Q/m <sub>(2-1)</sub> kJ/g
1	0,081	18,6	38,86	20,26	7,3	6,81	0,48	6,84	14,0
2	0,091	12,1	32,32	20,22	7,33	6,85	0,48	7,72	16,09
3	0,094	12,8	38,84	26,04	7,42	6,85	0,57	10,25	17,86
4	0,098	12,9	40,02	27,12	7,49	6,87	0,61	11,17	18,13
5	0,098	13,9	36,29	22,39	7,42	6,85	0,56	9,20	16,29
Keskiarvo								9,04	16,47

Kuvassa 14 on suolapähkinän polttamisesta syntynyt kuvaaja. Tämä kuvaaja vastaa taulukossa 15 koetta 4.



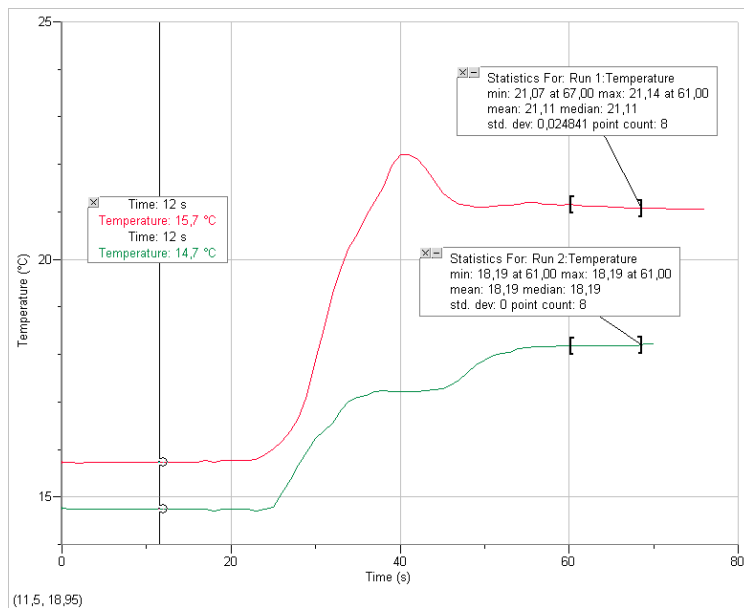
Kuva 14. Suolapähkinän palaminen

Neljäntenä näytteenä käytettiin vaahtokarkkia. Taulukkoon 16 on kerätty vaahtokarkin palamisesta syntyneet arvot. Vaahtokarkki paloi huonosti. Usein se paloi vain osittain tai se putosi telineestä. Taulukon arvoista näkee, että vaahtokarkkia on palanut vain vähän sen kokoon nähden. Siitä paloi vain 1,6% -3,6 % alkuperäisestä painosta. Vaahtokarkin huonosta palamisesta johtuen on siitä otettu vain kolme koetta tarkasteltavaksi. Vaahtokarkin energiaksi saatiin kokeiden perusteella keskimäärin 3,62 kJ/g.

Taulukko 16. Vaahtokarkin palaminen

Koe	$m_{\text{(vesi)}}$ kg	$T_1$ (°C)	$T_2$ (°C)	$T_{(2-1)}$ (°C)	Q kJ	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$m_{(2-1)}$ (g)	$Q/m_{(2-1)}$ kJ/g
1	0,052	15,7	21,2	5,5	1,20	11,19	10,78	0,41	2,93
2	0,056	14,7	18,2	3,5	0,82	10,69	10,48	0,21	3,87
3	0,052	15,2	17,8	2,6	0,57	8,81	8,67	0,14	4,05
Keskiarvo					0,86				3,62

Kuvassa 15 on vaahtokarkkien palamista kuvaavat kaksi kuvaajaa. Kuvaajissa on palamisen epätasaisuudesta johtuvia notkahduksia, sekä hypähdyksiä. Ylemmän kuvaajan suuri hypähdys johtui siitä, että lämpötila-anturi osui tölkinpohjaan.



Kuva 15. Vaahtokarkin palaminen

### 6.2.1.3 Lämpötilan vaikutus liukoisuuteen

Tämän kokeellisen työn tavoitteena on havainnollistaa suolan liukoisuutta veteen (ks. tarkempi työohje liitteessä 3). Pääimmäisenä tavoitteena tässä työssä on havainnollistaa suolan liukoisuuden riippuvuus lämpötilasta

Kokeellisessa työssä tarkastellaan viittä koeputkea. Kaikkiin koeputkiin laitettiin sama määrä vettä ja eri määrät suolaa. Vettä laitettiin koeputkeen 5 ml ja suolaa käytettiin 3,4 g:sta aina 6,9 g:aan asti (taulukko 17, sivulla 56). Koetta testattaessa suolana käytettiin  $\text{NaNO}_3$ :sta. Suolan liukoisuus kohti sataa grammaa nestettä laskettiin ennen koesuorituksen alkua. Laskutoimitus tehtiin, jotta tulokset olisi helpompi käsittää.

Ennen työn aloitusta mittausautomaatio ohjelmaan tehtiin pohja, mikä mahdollistaa yksittäisten mittauspisteiden käytön. Tässä työssä ei haluttu jatkuvaa lämpötilan mittausta, vaan ainoastaan ne pisteet, missä suola kiteytyy. Pohjan teko on selvitetty työohjeen yhteydessä liitteessä 3.

Kuvassa 16 näkyy koeputkien lämmitykseen käytetty mittausjärjestely. Koeputki lämmitettiin vesihautessa, kunnes suola liukeni veteen. Liukenemisen jälkeen koeputki nostettiin pois vesihautesta jäähtymään. Koeputkeen laitettiin välittömästi lämpötilaanturi.



Kuva 16. Suolaliuos lämmityksessä

Suolan kiteytyminen ja osa lämpötila-anturia näkyy kuvassa 17. Suolan kiteytymistä oli välillä vaikea havaita. Kiteytyminen oli helpompi havaita silloin kun suolaa oli nesteessä suuri määrä. Suolan määrän ollessa vähäinen koeputkia jäähdytettiin kylmähauteessa. Jäähdyttämällä kiteytyminen tapahtui nopeammin.



Kuva 17. Suolan kiteytyminen, koeputkessa näkyy lämpötila-anturi

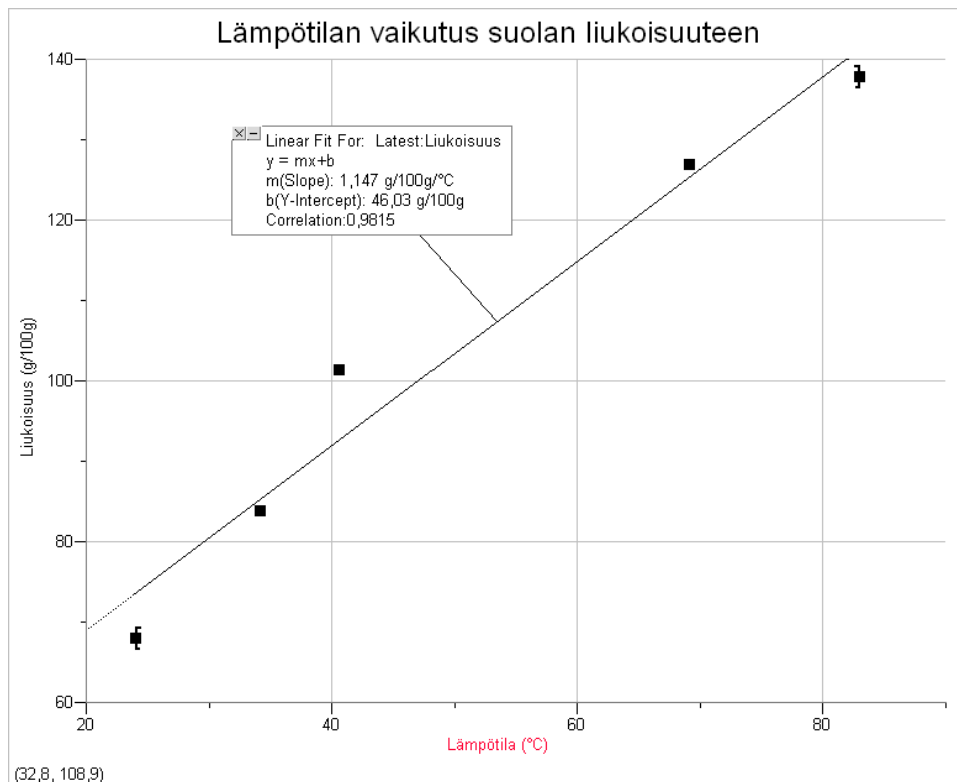
Taulukkoon 17 on kerätty yhden koesarjan tulokset. Taulukossa oleva lämpötila on se lämpötila, missä suolan on havaittu kiteytyvän ensimmäistä kertaa. Kiteytymisen kohdalla on mittausautomaatio-ohjelmasta painettu näppäintä *keep*, jolloin ohjelma ottaa kyseisen lämpötilan muistiin. Ohjelma kysyy seuraavaksi tämän kohdan liukoisuutta 100 grammaa nestettä kohti. Tähän ilmoitettiin valmiiksi laskettu arvo. Ohjelma piirtää tähän kohtaan pisteen.

Taulukko 17.  $\text{NaNO}_3$  Liukoisuus

Liukoisuus g/5 g ( $\text{H}_2\text{O}$ )	Liukoisuus g/100g ( $\text{H}_2\text{O}$ )	Lämpötila °C
3,40	68,02	23,98
4,19	83,8	34,12
5,07	101,38	40,61
6,34	126,88	69,09
6,89	137,8	83,00

Suolan liukoisuus veteen näkyy kuvassa 18. Ohjelman avulla sovitettiin saatuihin pisteisiin suora. Tältä suoralta pystyy lukemaan suolan liukoisuuden eri lämpötiloissa. Kokeen yhtenä tavoitteena onkin oppia tulkitsemaan saatua mittaustulosta.





Kuva 18. Suolan liukoisuus veteen

Kokeellisen työn teko onnistui hyvin. Ensin koetta tehtäessä yritettiin käyttää vähäisempiä suolamääriä, mutta koetta testattaessa havaittiin, että ne kiteytyivät huonosti. Kuvaajasta näkee, että viimeinen liukoisuus piste on saatu kun lämpötila on ollut 23°C ja liuotettuna on ollut 3,4 g suolaa 5 ml vettä. Huoneen lämpötila on noin 20°C, tämän takia pienempiä pitoisuuksia on vaikea saada kiteytymään. Liukoisuus riippuu käytettävästä suolasta.

Lukion kemian viidennessä kurssissa käsitellään liukoisuutta. Tämä koe sopisi hyvin tehtäväksi liukoisuuksia käsiteltäessä.

### 6.3 Opetusmateriaalin arviointi ja kehittäminen

Lukiolaiset vastasivat kyselyyn kesällä 2004 pidetyn *Minustako kemisti* -kurssin yhteydessä. Kahdestakymmenestä osallistujasta seitsemäntoista vastasi kyselyyn. Kysymyskaavake liitteenä 5.

Ensimmäiseksi tiedusteltiin kokivatko oppilaat saavansa hyötyä mittausautomaatio-laitteiston käytöstä verrattuna perinteiseen työskentelytapaan. Vastaajien mielestä mittausautomaatiosta oli paljon hyötyä tai jonkin verran apua kokeessa (taulukko 18). Vain yhden vastaajan mielestä mittausautomaatio vei hieman huomiota itse asiasta.

Taulukko 18. Hyöty kemian ilmiön ymmärtämisessä

Väite	vastausten määrä	Opiskelijoista %
Paljon hyötyä	9	52,9
Jonkin verran apua	7	41,2
Vei hieman huomiota	1	5,9

Kokeellisena työnä opiskelijoilla oli ruoan energian määrittäminen. Työn aikana tietokone piirtää lämpötilaa ajan funktiona näytölle. Käyrästä näkyy kuinka lämpötila nousee kokeellisen työn aikana. Opiskelijoiden mielestä tietokone helpotti tulosten tulkitsemista tai helpotti jonkin verran tulosten tulkitsemista (taulukko 19). Yksi opiskelijoista sanoi kokeellisen työn aikana, että olisi kiva saada omaan kouluun vastaava laitteisto.

Taulukko 19. Tulosten tulkitseminen

Väite	Opiskelijoista %
Helpotti tulkitsemista	82,4
Jonkin verran apua	17,6

Opiskelijoiden mielestä tietokoneen piirtämä kuvaaja havainnollisti tapahtumaa joko jonkin verran tai paljon (taulukko 20). Käytyjen keskustelujen mukaan oppilaat pitivät tietokoneen piirtämää kuvaajaa selkeänä. Heidän mielestään oli kiva nähdä kuvaajasta lämpötilan muutos aineen palaessa ja kuinka lämpötila tasaantui palavan aineen loppuessa. Näissä keskusteluissa mietimme myös tekijöitä, mitkä tekevät tästä koejärjestelystä hieman epäluotettavan. Toisin sanoen sitä, miksi tällä järjestelmällä ei saa tuloksia jotka vastaisivat pussin kyljessä olevaa arvoa. Opiskelijat osasivat hyvin päätellä itsekin kokeen luotettavuuteen vaikuttavia seikkoja.

Taulukko 20. Kuvaajan havainnollisuus

Väite	Opiskelijoista %
Paljon	70,6
Jonkin verran	29,4

Opiskelijoiden vastausten perusteella tietokone joko selkeytti mittausta paljon tai jonkin verran (taulukko 21). Suurimmalle osalle opiskelijoista mittauslaitteisto oli kasattuna jo etukäteen.

Taulukko 21. Tietokonemittauksen selkeys

Väite	Opiskelijoista %
Selkeytti paljon	52,9
Selkeytti jonkin verran	47,1

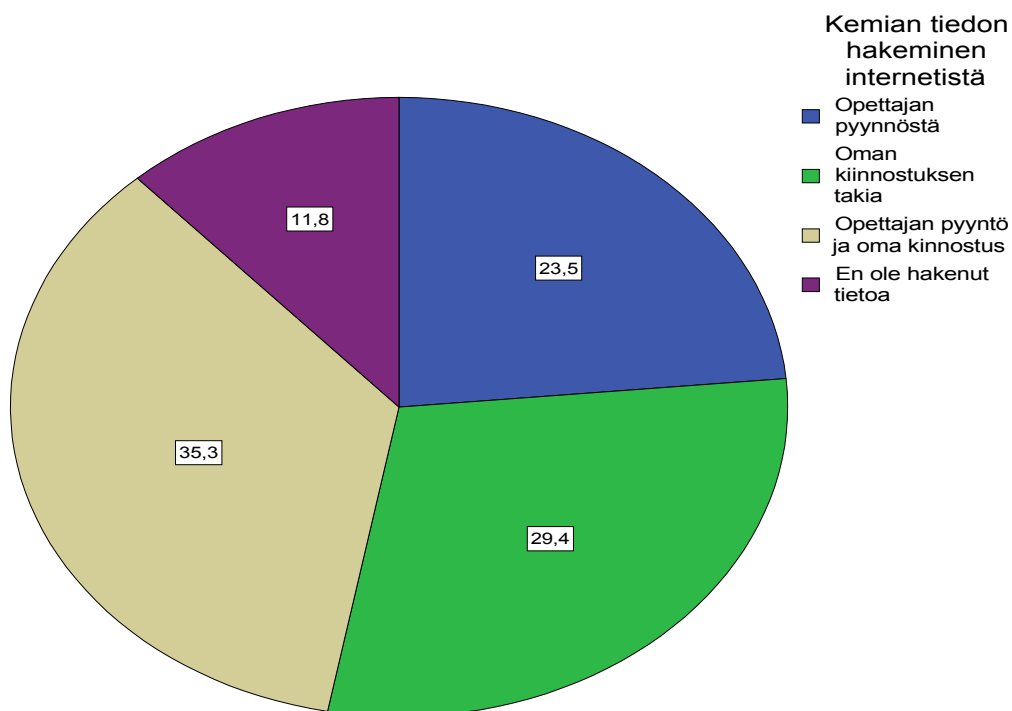
Opiskelijoiden vastauksissa oli kysymyksen viisi kohdalla suurin hajonta (Taulukko 22). Opiskelijat kiinnittivät huomiotaan vaihtelevasti kokeen ja mittauslaitteiston välillä. Vaihtoehto 'muuhun' tuli huomattava osa vastauksista. Kaikki tähän kohtaan vastanneista kirjoitti tarkastelleensa molempia osia kokeen aikana. Muutama opiskelija kysyi lomaketta täyttäessään, saako ympyröidä kaksi vaihtoehtoa lomakkeesta. Kysymyksessä oli tarkoitus selvittää mihin opiskelija kiinnitti ensimmäisenä huomiota. Tutkimuksessa vaihdettiin vaihtoehto 'muuhun' vaihtoehdoksi 'molempiin', koska niitä oli niin paljon.

Taulukko 22. Opiskelijan huomionkiinnittyminen mittauksen aikana.

Väite	Opiskelijoista %
Muutokseen ruudulla	29,4
Palamiseen	47,1
Molempiin	23,5

Internetiä koskevassa kysymyksessä oli suuri hajonta vastausten kesken (taulukko 23). Kuitenkin 88 % opiskelijoista oli hakenut tietoa kemiasta internetistä. 23 % vastaajista tiedonhankinta oli tapahtunut vain opettajan pyynnöstä. Sekä opettajan pyynnöstä että oman kiinnostuksen saattamana kemiallista tietoa oli hakenut internetistä 35 % vastaajista.

Taulukko 23. Kemian tiedon hakeminen internetistä



Opiskelijoista 35 % oli käyttänyt vastaavanlaista ohjelmaa koulussaan aiemmin joko fysiikassa tai kemiassa (Taulukko 24).

Taulukko 24. Vastaavan ohjelman käyttö koulussa

Väite	% opiskelijoista
On, kemiassa	5,9
On, fysiikassa	29,4
Ei ole käytetty	64,7

Erilaisia opetusohjelmia oppilaat olivat käyttäneet kielissä, atk-tunnilla sekä fysiikassa ja kemiassa. Opiskelijoista 65 % ei ollut käyttänyt koulussa mitään opetusohjelmaa (taulukko 25).

Taulukko 25. Opetusohjelmien käyttö

Opiskelijan vastaus	lukumäärä
Ei ole käytetty	11

Kirjan CD-rom	1
opetusohjelmia	2
kielissä	1
ATK- tunnilla	1

Opiskelijat liittivät kokeen erilaisiin kemian teorioihin (taulukko 26). Osa opiskelijoista ajatteli kokeen kuuluvan orgaanisen kemian pariin. Tämä johtuu luultavasti siitä, että kokeessa poltettiin orgaanista ainetta ja tehtävän annossa oli puhuttu, mitä energia tekee ihmisessä. Osa opiskelijoista osasi liittää kokeen lämpöopin piiriin. Opiskelijoilla oli vastauksista päätellen vaikeuksia soveltaa tähän kokeeseen energian säilymlakia, koska 24 % opiskelijoista oli vastannut, että energiaa kului tai energia paloi. Vastaava määrä oppilaita oli vastannut energian vapautuvan poltettaessa.

Esimerkkivastaus:

*Opiskelija 2: ”Kokeessa tutkittiin elintarvikkeiden energiasisältöä; eli lähinnä kokeessa taisi olla orgaaninen kemia tai elintarvikekemia. Lisäksi työssä käytettiin lämpöopin tietoja ja energian säilymlakia.”*

Taulukko 26. Kokeeseen liitetty teoria

Opiskelijan vastaus	lukumäärä.
polttamalla lämmitimme vettä	2
Energia kuluu/palaa	4
orgaaniseen kemiaan	2
saadaan helpompi tulos	1
Energia säilyy/ vapautunut energia lämmitti vettä	5
ei vastattu	1
eksotermiset reaktiot	1

Oppilaiden oli vastausten perusteella hankala itse määritellä, havainnollistiko kokeellinen työ jotain jo opittua asiaa. Yli puolet vastaajista oli jättänyt tämän kohdan tyhjäksi (taulukko 27).

Taulukko 27. Kokeen havainnollistama asia

Opiskelijan vastaus	lukumäärä
---------------------	-----------

Ei vastausta	9
vettä lämmitetään	1
Energia kuluu polttamalla (toinen lisännyt vielä: energia säilyy)	2
energia muuttuu	1
palamisen läpövaikutus	1

Kysymyksessä 11 kysyttiin syvensikö koe jotain opittua asiaa. Siihen tuli vähän vastauksia (taulukko 28). Toisaalta kysymykset kymmenen ja yksitoista ovat hieman samankaltaisia. Käytännön havaintoja pidettiin tärkeimpinä kokeen antina.

Opiskelijalla 6 oli hieman ristiriitaiset ajatukset energiaa koskien. Sekä kysymyksen yhdeksän että kymmenen perusteella voisi päätellä, että kokeellisen työn jälkeen olisi erityisen tärkeää käydä kokeellinen työ ja siihen liittyvä teoria yhdessä läpi. Toki koulussa koe tehtäisiin todennäköisesti silloin, kun oltaisiin käsittelemässä energiaa ja sen säilymistä.

Esimerkki vastauksia kysymykseen 10:

*Opiskelija 6: ”Energia palaa.. Ja ainakin se havainnollisti energian säilymistä...”*

*Opiskelija 8: ”Kokeessa näki konkreettisesti palamisen lämpövaikutuksen, tietokoneen käyrä oli parempi kuin se, että olisi itse pitänyt tarkkailla lämpömittaria.”*

Taulukko 28. Kokeen syventämä asia

Opiskelijan vastaus	Lukumäärä
ei vastattu /ei tuu mieleen	12
jonkin verran	3
biologian tietoja	2

Kysymyksessä kaksitoista kysyttiin olisiko opiskelija tehnyt jotain toisin kokeessa. Suurin osa vastaajista oli tyytyväisiä koejärjestelyihin (taulukko 29). Vetokaappia ehdotettiin käytettäväksi poltettaessa tulevan käryn takia. Vetokaappia voisi tosiaan olla hyvä käyttää ja tämä lisättiin ohjeistukseen. Kokeessa on suhteellisen suuri energiahävikki, koska lämmitysastia on alumiinia ja muodostuvasta lämmöstä vain osa lämmittää tölkkiä. Moni toivoikin pienempää energiahävikkiä. Tähän saattaisi auttaa paremman telineen kehittäminen, sekä pienemmän lämpökapasiteetin omaavan astian käyttö. Mittausjärjestelyn parantamista

oli toivottu vastauksissa. Pienempien ruokamäärien käyttöä oli myös toivottu. Tietyissä näytteissä, kuten vaahtokarkissa, varmasti riittäisikin pienempi määrä hyvin.

Taulukko 29. Tyytyväisyys koejärjestelyihin

Opiskelijan vastaus	lukumäärä
ei mitään	8
mittausjärjestelyä voisi kehittää	1
vetokaapissa	2
palamiseen liittyviä ongelmia	3
energian "katoamista" voisi yrittää estää	1
"polttoaineen" telineen parantaminen	1
pienempi ruoka määrä	1

Ohjeistukseen kaikki olivat loppujen lopuksi tyytyväisiä (taulukko 30). Vastaus 'ei mitään' tarkoittaa tässä kohdassa sitä, että opiskelijan mielestä ohjeistuksessa ei ollut mitään parannettavaa. Kaikki oppilaat olivat vastanneet tähän kysymykseen. Yksi oppilaista oli kuvitellut kokeellisen työn olevan hankalampi kuin mitä se oli.

Taulukko 30. Parantamisen varaa ohjeistuksessa

Opiskelijan vastaus	Lukumäärä
ei mitään	13
ei ymmärtänyt lukemaansa ohjetta, selityksen kanssa kyllä	1
hyvä ohjeistus	3

Esimerkkivastaus kysymykseen 13:

*Opiskelija 8: "En oikein ymmärtänyt ohjeistusta, jotenkin luulin koetta paljon monimutkaisemmaksi. Mutta vika voi hyvinkin olla omassa ymmärryksessä, ei ohjeissa :-)"*

Viimeiseksi opiskelijoilta kysyttiin tuleeko jotain muuta mieleen. Tähän kysymykseen vastattiin kaikkien huonoiten. Vain kaksi opiskelijaa oli vastannut tähän kysymykseen. Molempien mielestä tietokonetta oli mielenkiintoista käyttää apuna työssä. Heidän mielestään kuvaajasta oli apua työssä. (taulukko 31)

Taulukko 31. Jotain muuta mielessä

Opiskelijan vastaus	lukumäärä
ei mitään	15
oli mielenkiintoista käyttää tietokonetta ja kuvaaja auttoi	2

Esimerkkivastaus kysymykseen 14:

*Oppilas 7: ”Oli mielenkiintoista käyttää tietokonetta apuna työssä. ... kuvaaja auttoi paljon! :-)”*

## **7 Johtopäätökset ja pohdinta**

Tutkimuksen päätuloksena saatiin uutta suomenkielistä mittausautomaatio opetusmateriaalia kemian opetukseen Suomessa (vrt. Johdanto). Kehittämistutkimuksessa kehitettiin kolme kokeellista työtä mittausautomaatiolla käytettäväksi lukion kemian



opiskeluun lämpöenergian ymmärtämisen tueksi. Nämä tehtävät ovat: kiehuminen, ruoan energia sekä liukoisuus. Opetusmateriaalin tarkoituksena on helpottaa mittausautomaation käyttöönottoa kemian opetuksessa. Lämpöenergia-käsitteen valinta oli oikea, koska mittausautomaation tutustuminen lämpötila-anturin avulla on usein ensimmäisiä mittausautomaatiotöitä (Newton, 1997).

## 7.1 Tarveanalyysi

Mittausautomaation käyttö on lisääntynyt Suomen kouluissa vuodesta 1999. Tämän tutkimuksen mukaan käyttäjiä on 16 %, kun vuonna 1999 (Aksela & Juvonen) käyttäjiä oli 7 %. Ottaen huomioon mittausautomaation erinomaisen keinon havainnollistaa kemian ilmiöitä sekä motivoida opiskelijoita kemian opiskeluun, voisi sen käyttö olla huomattavasti tutkimuksen antamaa tulosta yleisempää. Jotta mittausautomaation käyttöä voitaisiin merkittävästi lisätä nykyisestä, tulisi sen käytön hankaluuteen liitettäviä väärinkäsityksiä pyrkiä poistamaan. Tähän tarvitaan lisää koulutusta. On myös mahdollista, että opettajakunnan nuorentuessa mittausautomaation käyttö lisääntyy, koska todennäköisesti uusi opettajasukupolvi on ollut tietokoneiden kanssa tekemisissä merkittävästi enemmän kuin vanhemman polven opettajat. Näin ollen kynnys käyttää tulevaisuudessa tietokoneita opetuksessa on aiempaa pienempi. Myös ohjelmistojen käytettävyyden kehittämisellä voitaisiin madaltaa kynnystä tietokoneiden käytössä opetuksessa.

Mittausautomaatiota ei mainita sellaisenaan opetussuunnitelman perusteissa. Sen sijaan sekä yleisistä että kurssikohtaisista tavoitteista löytyy useita mainintoja kokeellisuudesta, monipuolisista työtavoista ja tieto- ja viestintätekniiikan käytöstä. Selkeää vaatimusta mittausautomaation käytölle ei ole annettu, vaikka sellainen tulkinta on tekstin perusteella mahdollista tehdä. Mittausautomaation käyttö vaatii mittalaitteiston, mikä sisältää erilaiset anturit sekä muuntimen. Lisäksi tarvitaan tietokone ja mittauksiin soveltuva ohjelmisto. Opettajan demonstrointiin tai oppilastöiden tekemiseen vaadittava mittausautomaatiolaitteisto on kohtuullisen arvokas hankinta koululle, mutta sitä voidaan käyttää ainakin kolmessa oppiaineessa (fysiikka, kemia ja biologia). Tämä saattaa olla syynä siihen, että mittausautomaatiota ei ole sellaisenaan kirjattu opetussuunnitelman perusteisiin. Mittausautomaatio on osa kokeellisuutta, joka on vahvasti esillä opetussuunnitelman

perusteissa. Opetussuunnitelmien perusteiden arvioinnin kriteerien mukaisesti on mittausautomaation käyttö osana kokeellisen työskentelyn arviointia perusteltua.

Tarveanalyysistä huomattiin, että mittausautomaation käyttö kemian opetuksessa on vähäistä, vaikkakin se oli lisääntynyt vuodesta 1999 (Aksela & Juvonen). Tämän takia oli perusteltua tehdä oppimateriaali lukion kemian opetukseen. Opettajien vastausten perusteella mittausautomaatiota käytettiin enemmän lukiossa kuin peruskoulussa. Tästä syystä paketti suunnattiin nimenomaan lukioon. Kaikki kokeelliset työt ovat tehtävissä jo peruskoulun puolella. Siellä vain kemian teorian läpikäyminen jää vähemmälle. Opetusmateriaalilla on tarkoitus madaltaa opettajien kynnystä ottaa mittausautomaatiota käyttöön opetuksessaan. Suomenkielisen materiaalin tarve on suuri.

## 7.2 Opetusmateriaali

Opetusmateriaalin aihealueeksi valittiin lämpöenergia, koska se on kemian kannalta keskeinen osa ja usein vaikea ymmärtää. Lämpöenergia on lisäksi tärkeä arkielämässä. Arkielämässä ruoan laitossa tapahtuu lämpöenergian siirtymisiä monessa paikassa. Esimerkiksi uunissa ruoka kypsyy lämpöenergian avulla ja liedellä levy lämmittää kattilaa, mikä lämmittää ruokaa.

Kokeelliset työohjeet tuovat hyvin esille tarpeelliset käsitteet. Kiehumiskokeessa huomaa selkeästi, kuinka etanoli ja vesi kiehuvat eri lämpötiloissa. Opetuksessa olisi syytä pohtia lähemmin, mistä aineiden kiehumispisteiden ero johtuu. Opetuksessa pitäisi tuoda esille vetysidoksen vaikutus veden ja etanolin kiehumispisteisiin sekä se, että etanolilla kiehumispiste on alempi, koska vetysidos ei ole etanolilla yhtä voimakas kuin vedellä.

Kokeellisen työn aikana olisi hyvä tuoda esille, mitä kiehumisessa syntyvät kuplat sisältävät yllä olevissa tapauksissa. Tämä voisi auttaa opiskelijoita korjaamaan käsityksiään oikeaan suuntaan. Barker & Millar (2000) olivat havainneet tutkimuksessaan tämän olevan hankala asia opiskelijoille.

Saatujen ominaishöyrystymislämpötilojen arvot poikkesivat kirjallisuuden arvoista jonkin verran. Eniten suureen poikkeamaan vaikuttaa se, että nesteen haihtumista tapahtuu koko lämmityksen aikana, eli  $\Delta t$  pitäisi olla pidempi kuin pelkkä kiehumisaika. Haihtumista ehti tapahtua hieman matkalla vaa'alle. Haihtumisen estämistä kokeen aikana pitäisi tutkia lisää. Tutkimuksen aikana koeohjeisiin lisättiin kannen käyttö lämmityksen aikana. On syytä pohtia, olisiko olemassa vielä parempi tapa estää haihtuminen lämmityksen aikana. Etanoli on herkemmin haihtuva neste kuin vesi. Tästä johtuneen etanolin suurempi heitto taulukkoarvosta.

Ruoan energia- ja kiehumiskokeissa kuvaajat näyttävät samoilta, mikäli ne tehdään aina uuteen pohjaan. Etanolin kiehumisen näyttää nopeasti katsottuna samalta kuin veden kiehumisen. Vastaavasti popcornin palaminen näyttää lähes samalta kuin suolapähkinän palaminen. Taulukon skaalaus on erilainen jokaisessa mittauksessa, koska mittausautomaatio-ohjelma skaalaa sen automaattisesti. Atar (2002) oli tutkimuksessaan huomannut, että ohjelman herkästi toimiva skaalaus saattaa hämätä opiskelijoita.

Ruoan energiakokeessa tuli hyvin ilmi energian siirtyminen ja muuttuminen muodosta toiseen. Energian siirtyminen tapahtuu työssä tutkittavasta aineesta veteen palamisreaktion avulla. Työssä energia muuttuu kemiallisesta energiasta lämpöenergiaksi. Lisäksi tässä työssä tulee esille energian siirtyminen.

Tutkimusta varten koe tehtiin monella eri ruoka-aineella. Näitä olivat juustonaksu, popcorni, vaahtokarkki sekä suolapähkinä. Luokkatilanteessa voisi olla mielekäästä käyttää vain kahta tai kolmea vaihtoehtoa. Näin päästään paremmin vertailemaan saatuja tuloksia ja miettimään mitkä seikat vaikuttavat saatuihin arvoihin.

Saatuihin arvoihin vaikuttaa huomattavasti se, että ruokaa poltettaessa lämpöenergia jakautuu tasaisesti ympäristöön. Tämän takia se ei kohdistu ainoastaan juomatölkin pohjaan vettä lämmittäen. Toinen energian arvoihin vaikuttava seikka on juomatölkki. Osa vapautuvasta lämpöenergiasta menee tölkin lämmittämiseen. Alumiinin ominaislämpökapasiteetti on  $0,900 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ . Näytteiden epätasainen palaminen aiheutti joitakin ongelmia koetilanteissa.

Saadut näytteiden energia-arvot eroavat pakkausten merkinnöistä. Edellä on käsitelty syitä tähän eroon. Tämän kokeellisen työn tarkoituksena ei olekaan saada pakkausten arvoja vastaavia arvoja. Tarkoituksena oli havainnollistaa hiilihydraattien ja rasvojen välinen energiaero.

Suolan liukenemiskoe eroaa kahdesta muusta kokeesta hieman. Tämä koe ei käsittele energiaa suoraan. Tässä kokeessa energia täytyy ottaa tunnilla käsittelyyn muulla tavoin. Tunnilla tulisi puhua liukenemislämmöstä, eli siitä prosessista, mikä tapahtuu liukenemisen aikana (katso luku 2.2.2).

Tässä tutkielmassa tehtiin liukeneminen vain yhdellä suolalla. Luokkatilanteessa voisi olla mielekästä vertailla eri suolojen liukenemisiä. Eri suoloja vertailemalla olisi tarkoituksena syventää opiskelijoiden käsitystä siitä, miten lämpötila vaikuttaa eri suolojen liukenemiseen.

Mittausautomaation käyttö on monipuolisempaa tässä kokeellisessa työssä kuin kahdessa muussa kokeessa. Koetta varten täytyy tehdä mittausautomaatio-ohjelmalla alusta, mihin liukoisuusarvot tulevat. Kokeen aikana täytyy seurata suolan kiteytymistä koeputkessa. Tässä mittauksessa opiskelijan osuus kuvaajan muodostamiseen on suurempi kuin kahdessa muussa, eikä opiskelija voi vain istua ja odottaa kokeen valmistumista. Tämän työn aikana on helppo tehdä ennustuksia kokeen edetessä, koska liukoisuus tulee kuvaajaan piste kerrallaan. Samalla opiskelijat pystyvät miettimään, mitä heidän saamat tulokset tarkoittavat (vrt. Nakhleh, 1994).

### **7.3 Arviointi**

Ruoan energiakokeen tekeminen onnistui hyvin lukiolaisilta. He keskustelivat keskenään kokeen edetessä sekä sen jälkeen pohtivat yhdessä saatua kuvaajaa. He pohtivat mistä erilaiset hypähdykset kuvaajassa johtuvat (vrt. sivulla 48 juustonaksun palamisesta tullutta kuvaajaa). Tämä tulos on linjassa Newtonin (1997) tutkimuksen kanssa siitä, että kuvaajan piirtyminen edistää opiskelijoiden kuvaajan kvalitatiivista tulkitsemista toisilleen.

Tulokset vahvistavat käsitystä, että oppilaat suhtautuvat positiivisesti mittausautomaation käyttöön kokeellisessa työssä. He pitivät tietokoneen käyttöä kokeellisessa työssä mielenkiintoisena. Tutkimuksessaan Aksela (2005) oli havainnut saman asian. Opiskelijoiden oli vaikea itse arvioida, syvensikö ruoan energia -koe jotain jo opittua asiaa.

Arvioinnin perusteella ruoan energiakokeen työohjetta parannettiin. Siinä otetaan nyt huomioon vetokaapin käyttö. Muutenkin työohjetta on selkeytetty. Siinä selkeytettiin osiota, missä kerrotaan mitä tarvitsee punnita missäkin vaiheessa. Opiskelijat eivät heti tienneet mitkä asiat ovat tärkeitä punnita.

Opiskelijoiden kyselytutkimuksen perusteella kouluopetuksessa on syytä kiinnittää huomiota kokeellisen työn läpikäyntiin tunnilla. Moni opiskelija oli vastannut, että kokeessa kuluu tai häviää energiaa. Olisi tärkeää, ettei tällaisia virhekäsityksiä jäisi opiskelijoille työn jälkeen.

Jatkotutkimuksena olisi tärkeä tutkia kokeellisia töitä oikeassa kouluympäristössä. Tässä tutkimuksessa vastaajat olivat kemiasta kiinnostuneita kiitettävän arvosanan omaavia opiskelijoita. Olisi mielenkiintoista nähdä, miten heikommat opiskelijat pärjäävät mittausautomaation kanssa ja mitä he oppivat lämpöenergiasta. Jatkotutkimus voisi liittyä myös käsitteen muodostumiseen. Siihen, kuinka mittausautomaatiolla voidaan vaikuttaa lämpöenergian käsitteiden oppimiseen.

## Lähteet

Aksela, M. (2005). Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A designing Research Approach. Helsinki: Yliopistopaino

Aksela, M. & Juvonen, R. (1999). Kemian opetus tänään, Opetushallitus (painossa).

Aksela, M., Lavonen, J., Juuti, K. & Meisalo, V. (2004). ; FyKe-virtuaalikoulu 3: TVT tukena mallintamisessa fysiikan ja kemian opetuksessa. *Dimensio* 68: 4, s. 18-21.

Aksela, M. & Lundell, J. (2007). Kemian opettajien kokemuksia tietokoneavusteisesta molekyylihallinnuksesta. Opetushallitus

Atar, H. (2002). Chemistry Students' Challenges in Using MBL's in Science Laboratories. [http://www.ictc.org/T01\\_Library/T01\\_182.pdf](http://www.ictc.org/T01_Library/T01_182.pdf), (haettu 7.8. 2006)

Atkins, P. (1999). Atkins' Physical Chemistry. Sixth Edition. Oxford: Oxford University Press.

Ben-Zvi, R. (1999). Non-science oriented students and the second law of thermodynamics. *International Journal of science Education*, 21 (12), 1251-1267

Barak, M. & Dori, Y. (2005). Enhancing Undergraduate Student' Chemistry Understanding through Project-Based Learning in an IT Environment. *Science Education*, 89 (1), 117-139

Barker, V. & Millar, R. (2000). Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of science Education*, 22, (11), 1171-1200

Barton, R. (2005). Supporting Teachers in making innovative changes in the use of computer aided practical work to support concept development in physics education. *International Journal of science Education*, 27(3), 345-365

Chang, J. (1999). Teachers College Students' Conceptions about Evaporation, condensation, and boiling. *Science Education*, 83(5), 511-526.

De Jong, O., Ahtee, M., Goodwin, A., Hatzinikita, V. & Koulaidis V. (1999). An International Study of Prospective Teachers' initial Teaching Concepts and Concerns: the case of teaching 'combustion'. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 45-59

Gipps, J. (2004). So Many Data Loggers!. *Teaching Science*. 50 (3), 32-35

Greenbowe, T. & Meltzer, D. (2003). Student learning of thermo chemical concepts in the context of solution calorimetry. *International Journal of science Education*, 25(7), 779-800

Goodwin, A. (2002). Is Salt Melting When It Dissolves in Water? *Journal of Chemical Education*, 79(3), 393-396

Edelson, D. C. (2002). Design research: what we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 105-121.

Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. (2002). Tutkiva oppiminen, älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen. 1.-5. painos. Porvoo: WSOY

Happonen, R. toim. (2001). Maol taulukot, matematiikka fysiikka kemia. 1.-3. uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy

Jasien, P. & Oberem, G. (2002). Understanding of Elementary Concepts in Heat and Temperature among College Students and K-12 Teachers. *Journal of Chemical Education*, 79 (7), 889-895.

Kalliorinne, K., Kankaanperä, A., Kivinen, A., Liukkonen, S. (2000). Fysikkaalinen kemia 2, Termodynamiikka. 1.-3. painos, Rauma, kirjapaino Oy West Point.

Lavonen, J., Meisalo, V. & al.(2005a) Kokeellisen opetuksen uudistaminen.  
<http://www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/lahestymist/main.htm> (Haettu 14.9. 2005)

Lavonen, J., Meisalo, V. & al.(2005b) Havaitseminen ja mittaaminen.

- <http://www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/havaits/main.htm> Haettu 14.9. 2005
- Linn, M. (2003). Technology and science education: starting points, research programs, and trends. *International Journal of science Education*. 25(6), 727-758
- Lundell, J. & Aksela, M. (2004). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa, osa 2. Molekyylimallinnus ja energia. *Dimensio* 1/2004, 53-54
- Meisalo, V., Sutinen, E. & Tarho, J. (2000). Modernit oppimisympäristöt Tietotekniikan käyttö opetuksen ja oppimisen tukena, Tietosanoma, WS Bookwell Oy, Juva 2000
- Meisalo, V., Lavonen, J., Juuti, K. & Aksela, M. (2007). Information and communication technology in school science in Finland. Kirjassa Pehkonen, E., Ahtee, M. & Lavonen, J. How Finns learn mathematics and Science. Sense Publishers. The Netherlands
- Millar, R. (2004). The role of practical work on the teaching and learning of science. Paper prepared for the Meeting: High School Science Laboratories: Role and Vision. National Academy of Sciences, Washington, DC.
- Nakhleh, M. B. (1994). A Review of Microcomputer-Based Labs: How Have They Affected Science Learning? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*. 13(4), 368-681
- Niaz, M. (2006). Can the Study of Thermochemistry Facilitate Students' Differentiation between Heat Energy and Temperature? *Journal of Science Education and Technology*. 15 (3), 269-276
- Newton, L. (1997). Graph talk: some observation and reflections on students' data-logging. *School Science Review*. 79(287), 49-54
- Newton, L. (2000). Data-logging in practical science: research and reality. *International Journal of Science Education*. 22 (12), 1247- 1259
- Opetushallitus, Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (2003)



Opetushallitus, Lukion opetussuunnitelman perusteet (2003)

Opetushallitus (2005). Verkko-opetuksen kehittäminen ja vakiinnuttaminen lukiokoulutuksessa, ammatillisessa peruskoulutuksessa ja aikuiskoulutuksessa sekä vapaassa sivistystyössä. Työryhmän raportti  
<http://www.edu.fi/julkaisut/verkkoopetus.pdf> (haettu 7.11. 2007)

Palm & Ahtee, M. (2002). Ainetiedon ja pedagogisen tiedon yhdistäminen palamisilmion opettamisessa. [https://www.edu.helsinki.fi/okl/tutkimus/ad2002/artikkelit/FYKE\\_Palm.pdf](https://www.edu.helsinki.fi/okl/tutkimus/ad2002/artikkelit/FYKE_Palm.pdf) (haettu 18.11. 2007)

Rogers, L., (1997). New data-logging tools- new investigations. *School science review*. 79(287), 61-68

Roth, W.-M., Woszczyna C. & Smith G. (1996). Affordances and constraints of computers in science education. *Journal of Research in Science Teaching*. 33(9), 995-1017

Russell, D., Lucas K. & McRobbie C. (2004). Role of the Microcomputer-Based Laboratory Display in Supporting the Construction of New Understandings in Thermal Physics. *Journal of Research in Science Teaching*. 41(2), 165-185

Scaife, J. & Wellington, J. (1993). Information and Technology in Science and Technology Education.  
[http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content\\_storage\\_01/0000019b/80/15/bd/10.pdf](http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/15/bd/10.pdf) (haettu 7.11.2007)

Streitwieser, A., Heathcock, C. & Kosower, E. (1998). Introduction to Organic Chemistry. Fourth Edition, revised printing, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey

Valtioneuvoston kanslia (2007). Tietoyhteiskuntakehityksen yhteisten menettelytapojen ja koordinoinnin kehittäminen opetustoimessa. Työryhmän loppuraportti.  
<http://www.vnk.fi/julkaisukansio/2007/j09-opetus-time/pdf/fi.pdf> (haettu 5.11. 2007)

Webb, M. (2005). Affordances of ICT in science learning: implications for an integrated pedagogy. *International Journal of Science Education*. 27(6), 705-735

Zumdahl, S. (1997). Chemistry. Fourth Edition. Houghton Mifflin Company, Boston.

# Liitteet

Liite 1:

**Maija Aksela**

**Kemian opettajankoulutuksen yksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto**

[maija.aksela@helsinki.fi](mailto:maija.aksela@helsinki.fi)

## **KYSELYLOMAKE TIETOTEKNIIKAN KÄYTÖSTÄ KEMIAN OPETUKSESSA**

Ole hyvä ja täytä tutkimuslomake. Tutkimuksella selvitetään kemiaa opetavien opettajien tietotekniikan käytön mahdollisuuksia sekä koulutuksen tarpeellisuutta. Kysymyksiin voit mustata sinulle sopivan vaihtoehdon. **Lämmin kiitos vastaamisesta!**

### **I TAUSTA**

#### **1. Mikä on työskentely-ympäristösi?**

- peruskoulu
- harjoittelukoulu
- lukio
- peruskoulu ja lukio
- aikuiskoulutus
- muu

#### **2. Olen opettanut kemiaa**

- yli 10 vuotta
- 6-10 vuotta
- 1-5 vuotta
- en ollenkaan

### **II TIETO- JA VIESTINTÄTEKNIikka KEMIAN OPETUKSESSASI**

#### **3. Ovatko tieto- ja viestintätekniset laitteet (tietokoneet) helposti saatavilla kemian opetuksen opetustilassa?**

- erittäin helposti saatavilla ( ne on helppottaa käyttöön ja niitä on riittävästi opiskelijoiden käytössä)
- helposti saatavilla (pienellä ennakosuunnittelulla ne saa käyttöönsä)
- kohtuullisessa määrin saatavilla (kun hyvissä ajoin suunnittele opetuksen ja tekee tarvittavat varaukset ne saa käyttöönsä)
- eivät ole saatavilla (ovat jatkuvasti muiden käytössä tai ovat sijoitettuna tilaan, johon on vaikea päästä)

#### 4. Kuinka hyvin hallitset tieto- ja viestintätekniikan (TVT:n) opetuskäyttöä (OPM:n kriteerien mukaan)?

- **En lainkaan**
- **heikosti** (hallitsen teksturin, sähköpostin ja videoiden käytön ainakin auttavasti)
- **tydyttävästi** (hallitsen teksturin, sähköpostin, internet selaimen ja videoiden käytön ainakin tyydyttävästi ja tunnen tieto- ja viestintätekniikan opetuskäytön periaatteet ainakin tyydyttävästi)
- **hyvin** (edellisten taitojen hyvän hallinnan lisäksi osaan myös tuottaa digitaalista oppimateriaalia verkkoon, hallitsen TVT:n pedagogisen käytön sovelluksia, kykenen seuraamaan tieto- ja viestintätekniikan välineiden ja ohjelmistojen kehittymistä sekä tunnen TVT:n yhteiskunnakkisten haasteiden mahdollisuuksia ja ongelmia)
- **erinomaisesti** (edellisten erinomaisen käytön lisäksi hallitsen www-ympäristöt ja ryhmätyöohjelmat erinomaisesti, pystyn hyödyntämään niitä opetuksessa ja omaan syvällisen oman opetusalan TVT:n tutkimustietoon perustuvan opetuskäytön asiantuntemuksen ja vahvan pedagogisen käyttötaidon sekä toimin TVT- kouluttajana, oppilaitosyhteisön kehittäjänä osana asiantuntijaverkostoa)

#### 5. Kuinka usein hyödynnät kemian opettamisessa tekstinkäsittelyohjelmia (Word...)?

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

#### 6. Kuinka usein hyödynnät kemian opettamisessa taulukkolaskentaohjelmia (Exel...)?

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**7. Kuinka usein ohjaat opiskelijoita hyödyntämään tietokoneeseen liitettävää mittausjärjestelmää (esim. Empirica, Vernier, Nemo, Pasco) kemian opiskelussa?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**8. Kuinka usein käytät itse tietokoneeseen liitettävää mittausjärjestelmää kemian opetuksessa?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**9. Kuinka usein ohjaat opiskelijoita etsimään kemiasta tietoa Internetistä?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**10. Kuinka usein etsit itse kemian opetuksen tietoa Internetistä?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**11. Kuinka usein ohjaat opiskelijoita opiskelemaan kemiaa opetusohjelmien avulla?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**12. Kuinka usein käytät itse opetusohjelmia kemian opetuksessa?**

- en kertaakaan

- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**13. Kuinka usein olet yhteydessä opiskelijoihin tai ohjaat opiskelijoita keskinäiseen yhteydenpitoon sähköpostin välityksellä kemian opetuksessa?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**14. Kuinka usein olet yhteydessä kollegoihin (ym.) sähköpostin välityksellä?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**15. Kuinka usein hyödynnät monimuotokoulutukseen tarkoitettua tvt:aa kemian opetuksessa (oppimisolustat, esim. WebCT)?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**16. Kuinka usein ohjaat opiskelijoita laatimaan digitaalisia (www-sivuille/ryhmätyöohjelman ryhmätyöalueelle sijoitettavia) asiakirjoja tai materiaaleja kemian opiskelussa?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**17. Kuinka usein laadit itse digitaalisia (www-sivuille sijoitettavai) asiakirjoja tai (oppi)materiaaleja?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana

- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**18. Kuinka usein hyödynnät www-sivuilla olevia simulaatioita (appletteja) opetuksessasi kemian opetuksessa?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

**19. Kuinka usein käytät molekyyli mallinnusohjelmia kemian opetuksessa?**

- en kertaakaan
- 1-3 kertaa kuussa, eli 1-10 kertaa lukukauden aikana
- 1-2 kertaa viikossa, eli 11-30 kertaa lukukauden aikana
- 3-6 kertaa viikossa, eli 31-100 kertaa lukukauden aikana
- useita kertoja päivässä, eli yli 100 kertaa lukukauden aikana

Liite 2:  
Kokeellinen työ 1:

## Kiehuminen

Kokeessa on tarkoitus vertailla veden ja etanolin kiehumispisteitä sekä selvittää niiden ominaishöyrystyslämmöt ja vertailla saatuja tuloksia taulukkokirjan arvoihin. Kokeen avulla tutustutaan ominaishöyrystyslämpöihin mittausautomaation avulla avulla tutustutaan ominaishöyrystyslämpöihin mittausautomaation avulla.

Tarvikkeet

Dekantteri lasi  
kellolasivaaka  
vettä n. 70ml  
etanolia  
keitinlevy  
lämpötila-anturi



Kuva mittausjärjestelystä

Laitetaan keitinlevy lämpiämään. Punnitaan dekantteri kellolasin ja nesteen kanssa merkittään lukema muistiin. Peitetään dekantteri kellolasilla, kellolasi estää haihtumisen lämmityksen aikana. Anturin saa nesteeseen dekantterin nokasta.

Aloitetaan mittaaminen hieman ennen dekantterin asettamista keitinlevylle. Lämmitetään näytettä kokoajan tasaisella lämmöllä, näin saadaan muodostuvasta käyrästä laskettua



lämpötilan muutos ajan funktiona ja sen avulla lämmitysteho. Neste kannattaa laittaa lämpimän levyn päälle, näin lämmitysteho pysyy kokoajan samana. Jos lämmittäminen aloitetaan kylmällä levyllä, muuttuu lämmittämiseen käytetty energia.

Näytteen alkaessa kiehumään, otetaan dekantteria peittänyt kellolasi pois dekantterin päältä. Kellolasi on kuuma joten kannattaa käyttää pihtejä. Annetaan näytteen kiehua jonkun aikaa ilman kantta. Pidempi kiehumisaika parantaa tulosta. Mittauksen loputtua peitetään dekantteri jälleen kellolasilla, näin estetään ylimääräinen haihtuminen.

Punnitaan dekantterilasi sisältöineen uudestaan. Näytteen massaero kertoo haihtuneen aineen määrän ja se on olennainen tieto tutkittaessa ominais-höyrystymislämpöä.

Valmiista käyrästä selvitetään kulmakerroin käyrän nousevalle osalle.  
Lämmitysteho saadaan laskettua kaavasta

$$Q = cm\Delta T / \Delta t, [Q] = \text{J/s}.$$

Kaavassa  $c$  on lämpökapasiteetti (vedelle  $c = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , etanolille  $c = 2,43 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ),  $m$  on näytteen alkuperäinen massa,  $\Delta T$  on lämpötila ero ja  $\Delta t$  on lämpötilan muutokseen kulunut aika.  $\Delta T / \Delta t$  on siis suoran kulmakerroin.

Ominaishöyrystymislämpö,  $r$ , saadaan kaavasta  $Q = r\Delta m / \Delta t \Rightarrow r = Q \cdot \Delta t / \Delta m$ , tässä  $\Delta t$  on massan muutokseen kulunut aika ja  $\Delta m$  on höyrystyneen nesteen massa.

### **Opettajalle:**

Mittausautomaatio-ohjelma tunnistaa automaattisesti lämpötila-anturin. Akselit saa suomenkielisiksi kaksoisklikkaamalla akselin nimeä ja kirjoittamalla tilalle akselin nimi suomeksi.

Kokeessa oletetaan, että lämmityksen aikana haihtuu hyvin vähän nestettä. Kokeessa oletetaan myös lämmitystehon pysyvän vakiona. Kokeen voisi varmaan tehdä myös uppokuumentimella.

Kiehumislämpötila saadaan käyrästä kun otetaan "stat" kohdasta vaakasuoran osan kohdalta keskiarvo.

Koe on syytä suorittaa vetokaapissa, kun käytetään etanolia.

Liite 3:  
Kokeellinen työ 2:

## Suolan liukeneminen

Tarvikkeet:

5 koeputkea  
liuotettava suola  
vettä  
lämpölevy  
lämpötila-anturi



Kuva mittausjärjestelystä

Koeputkia lämmitetään vesi hauteessa kunnes suola on liuennut, liukenemista voi nopeuttaa sekoittamalla koeputkia.

Kun suola on liuennut, otetaan koeputki pois vesihauteesta ja laitetaan lämpömittari liuokseen. Samalla aloitetaan koe painamalla collect- näppäintä työkaluvalikosta.

Koeputkea jäähdytellessä seurataan suolanmuodostumista. Ensimmäisten kiteiden muodostuessa liuokseen otetaan lämpötila ylös painamalla keep- näppäintä hiirellä. Tässä lämpötilassa on sen määrän suolan kylläinen vesiliuos. Tämä toistetaan muillekin koeputkille.

Saaduista pisteistä piirretään (tietokone) liukoisuus-lämpötila taulukko, liukoisuus on suolan massa jaettuna veden massalla. Pisteisiin sovitetaan suora, suora kertoo kuinka paljon suolaa liukenee veteen tietyssä lämpötilassa.

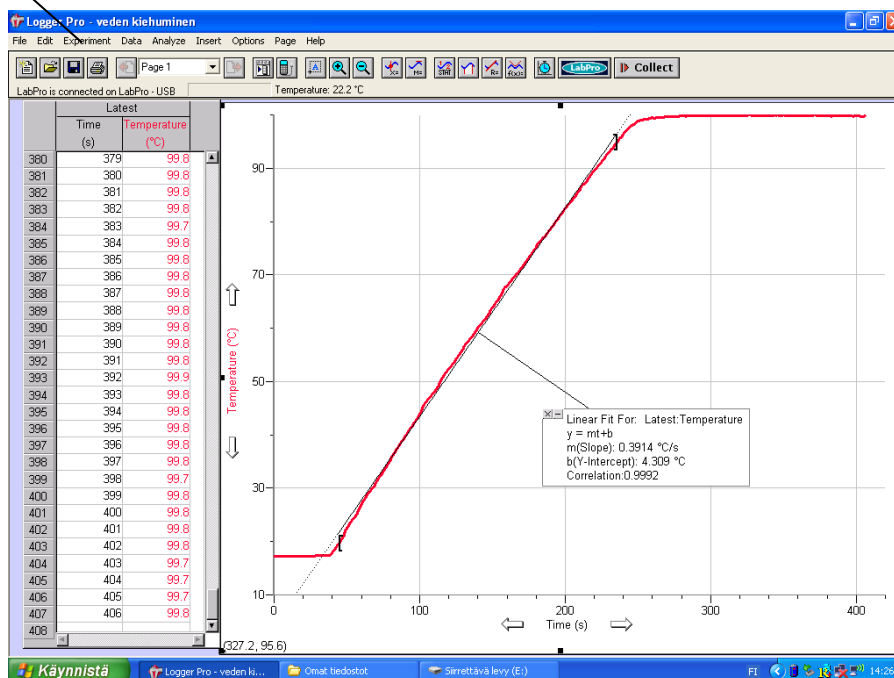
Kiteiden muodostuminen voi olla vaikea havaita. Varsinkin pienillä pitoisuuksilla havaitseminen voi olla hankalaa. Kiteiden muodostumista nopeuttaa kylmävesihaude.

Opettajalle:

Tähän työhön valmistautuminen alkaa tekemällä mittausautomaatio ohjelmalla oikeanlainen pohja kokeelle.

Ensimmäiseksi valitaan työkalupalkista kohta experiments, sieltä valitaan data collection. Tästä valitaan events with entry. Nyt voidaan nimetä colum name: liukoisuus ja otetaan yksiköksi vielä g/ 100ml. Nyt painetaan done- painikkeesta. Akselit voidaan nimetä uudelleen klikkaamalla akselin nimeä. Jotta kuvaajassa näkyisi vain liukoisuus pisteet valitaan työkalupalkista options, sieltä graph options minkä jälkeen valitaan appearanse. Täältä poistetaan valittu merkki (v) kohdasta connect points.

1



Liukenemisessä aine (suola) ei muuta olomuotoaan, tämä on tietenkin vaikea ajatella näin etenkin, kun havaitsee sokerin kahvikupista häviävän jonnekin. Suola ei nytkään häviä vaan suolakiteen molekyylit irtoavat toisistaan ja molekyylit menevät vesi molekyylin lomaan, niin ettei niitä enää huomata. Liukenemiseenkin lämpötila vaikuttaa huomattavasti. Veden jäähtyessä suola alkaa kiteytyä uudestaan, lämpimään tai kuumaan veteen taas liukenee enemmän suolaa. Suolan kiteytyminen havaitaan myös silloin kun vettä haihtuu.

Työtä varten varataan kutakin ryhmää/paria kohti viisi koeputkea. Kuhunkin koeputkeen mitataan erimäärät suolaa ja samat määrät vettä (noin 5ml). Suolan painot merkitään muistiin. Massoista lasketaan liukoisuus 100 ml vettä. Esimerkki taulukko alla.

Koe	Liukoisuus g/5 g (H <sub>2</sub> O)	Liukoisuus g/100g (H <sub>2</sub> O)
1	3,40	68,02
2	4,19	83,8
3	5,07	101,38
4	6,34	126,88
5	6,89	137,8

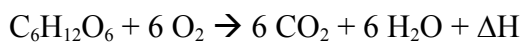
Liite 4:

Kokeellinen työ 3:

## **RUOAN ENERGIAN MÄÄRITYS**

Kokeen aikana tutustutaan energian vapautumiseen ruuasta polttamalla. Tällä tavalla saatuja energia-arvoja vertaillaan lopuksi keskenään ja mietitään mitkä seikat vaikuttavat erilaisiin tuloksiin. Tarkoituksena on laskea kullekin näytteelle energiasisältö kJ/g, näin saadaan vertailu kelpoisia tuloksia.

Glukoosin palaminen:

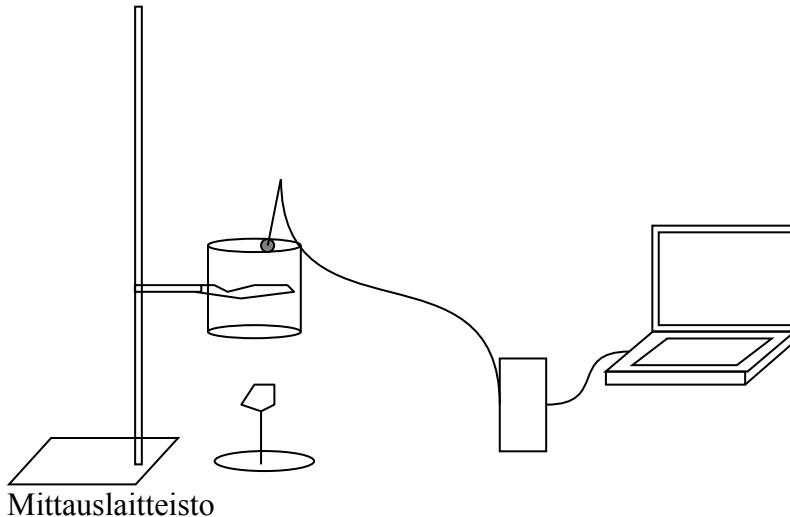


**Tarvikkeet:**

1. Tietokone
2. Mittauslaitteisto, lämpötila-anturi ja adapteri
3. Kokistölkki
4. Lämmitysteline ja ruoka näytteet

**Työnkulku:**

1. Kootaan mittauslaitteisto tarvittavine statiiveineen.



2. Kokeessa tarvittavia massoja on kaksi. Lämmitettävän veden massa täytyy olla tiedossa, jotta voidaan laskea veden lämmittämiseen tarvittu energia. Näytteessä polttaessa tapahtuva massa ero täytyy tietää, jotta tulokset voitaisiin ilmoittaa kJ/g muodossa. Näyte punnitaan telineen kanssa ennen ja jälkeen polttamisen.
3. Tölkkiin mitataan noin 50 ml kylmää vettä ja punnitaan vesi.
4. Mittaus aloitetaan ennen näytteen sytyttämistä (painetaan collet). Näyte sytytetään palamaan tölkin alla.
5. Mittaus lopetetaan kun veden lämpötila on pysynyt samana jonkun aikaa, näytteen sammumisen jälkeen.

Veden lämmittämiseen käytetty energia saadaan laskettua kaavasta,

$$Q = c m_v \Delta T$$

missä  $Q$  on saatu energia,  $[Q]=\text{kJ}$ ,  $c$  on veden lämpökapasiteetti,  $c=4,19\text{ kJ/kg}$ ,  $\Delta T$  on veden lämpötilan muutos ja  $m_v$  on veden massa,  $[m]=\text{kg}$ .

Näytteen energia grammaa kohti lasketaan kaavasta,

$$E/g = \frac{Q}{\Delta m_n}$$

Mittaus toistetaan toisella näytteellä. Paina uudestaan collect ja sen jälkeen Store latest run.

### Opettajalle:

Työn alussa on tärkeää mitata käytettävissä oleva veden massa.

Veden massa= (Tölkki +vesi)- tölkin massa

Telineen, missä ruoka palaa, rakentaminen saattaa olla hankalaa. Toimivaan telineeseen tarvittiin taipuisaa metallilankaa tai klemmari, kuitenkin riittävän vahvaa pitämään ruoan

palasta ylhäällä. Metallilangasta taivutetaan varsi ja "koppa" mihin ruoka laitetaan tai ruuan voi yrittää. Metallilangan saa kiinnitettyä alustaan vaikkapa teipillä tai liimalla. Kunnollisen telineen rakentaminen on haasteellisinta työssä.

Liite 5:

Kyselykaavake oppilaille:

**Hei!**

Teen pro gradu -tutkielmaa mittausautomaation käytöstä kemian opetuksessa. Tutkimustani auttaisi kovasti jos vastaisit seuraaviin kysymyksiin.

Kyselyn alussa on monivalinta kysymyksiä, valitse niistä paras vaihtoehto ruksaamalla ympyrä. Viimeiset kysymykset ovat avoimia, vastaa niihin mitä ensimmäiseksi tulee mieleen. Paperin toiselle puolelle voi jatkaa jos kirjoitettavaa riittää.

Kiitos jo etukäteen!

1. Koitko tietokoneesta olevan hyötyä kemian ilmiön ymmärtämisessä kokeessa?

- Tietokoneesta oli paljon hyötyä
- Tietokoneesta oli jonkin verran apua kokeessa
- Tietokone vei hieman huomiota itse asiasta
- Tietokone vei huomion kokonaan itse asiasta

2. Tulosten tulkitseminen tietokoneen avulla

- Tietokone helpotti tulkitsemista
- Helpotti jonkin verran
- Haittasi hieman
- Haittasi paljon

3. Havainnollistiko tietokoneen piirtämä kuvaaja tapahtumaa

- Havainnollisesti paljon
- Havainnollisesti jonkun verran
- Kuvaaja oli hieman epähavainnollinen
- Kuvaaja oli todella epähavainnollinen

4. Selkeyttikö tietokone mittausta

- Selkeytti paljon
- Selkeytti jonkin verran
- Mutkisti mittausta jonkin verran
- Mutkisti mittausta paljon

5. Tietokoneen piirtäessä kuvaajaa mihin kiinnitit huomiota

- ruudulla tapahtuvaan muutokseen
- palamiseen
- johonkin muuhun, mihin \_\_\_\_\_

6. Oletko hakenut internetistä tietoa kemiasta?

- Kyllä opettajan pyynnöstä
- Oman kiinnostuksen takia
- Molemmat vaihtoehdot
- En ole hakenut kemiaa koskevaa tietoa internetistä

7. Onko koulussa käytetty vastaavaa ohjelmaa?

- On, kemiassa
- On, fysiikassa
- On, sekä fysiikassa, että kemiassa
- Ei ole käytetty
- Jos on käytetty, niin mihin: \_\_\_\_\_

8. Entä jotain muuta tietokone avusteista opetusmenetelmää (molekyyylimallinnus, opetusohjelmat...)?

---

9. Mitä ymmärsit kokeessa tapahtuvan, mihin teoriaan liitit kokeen, tuliko mieleen jotain kemian osa-aluetta mihin koe sopii, jos niin mikä?

---

10. Havainnollistikoe jotain opittua asiaa, jos niin mitä?

---

11. Syvensikö se jotain jo opittua asiaa?

---

12. Mitä tekisit toisin kokeessa?

---

13. Oliko ohjeistuksessa parantamisen varaa, jos niin mitä?

---

14. Tuleeko mieleesi vielä jotain muuta?

---