

Lääkeaineiden analytiikka ja lukion kemian opetus

- Kromatografian ja spektroskopian
www-aineisto opettajille



Pro gradu –tutkielma

29.8.2005

Ari Myllyviita

Helsingin Yliopisto

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Kemian laitos, Kemian opetuksen keskus

Ohjaajat: Maija Aksela ja Heli Sirén

Esipuhe

Kiitokset tästä pro gradu –työn loppuunsaattamisesta haluan osoittaa seuraaville henkilöille:

Yliopistonlehtorille Maija Akselalle, joka heti ensi tapaamisesta lähtien uskoi mahdollisuuksiini suoriutua opintojeni loppuun saattamisessa. Hän tuki koko loppuopintojeni ja pro gradu –työn ajan minua työssäni ja opiskelussa sekä antoi arvokkaita neuvoja matkan varrella.

Mikko Mäkelälle, OrionPharma Oyj :n analyttisen kemian osaston kemistille, joka toi mielenkiintoisen, käytännönläheisen kontekstin kehittämiskohteenani olevaan [www-aineistoon](#). Oli ilo seurata innostunutta kemistiä omassa työssään ja saada pieni osa siitä maailmasta omaan pro gradu –työhöni.

Opiskelijatovereille, joiden tuki ja kanssa tehty yhteistyö on auttanut läpi auskultointivuoden, pro-seminaarin ja lopulta pro gradu työn.

Kaikille kuudelle lapselleni, jotka maltoivat nukkua yönsä kiltistä, että isä sai uurastettua kirjoitus-työnsä ääressä kesän 2005 yöt.

Omistan tämän työn äidilleni, joka näihin aikoihin täyttää 60 vuotta. Kauan hän joutui seuraamaan vanhemman poikansa opiskelutaivalta. Välillä hän ehti jo kysellä, mikähän sinusta isona oikein tulee.

Fallkullassa, elokuussa 2005

Etusivun kuvan teksti (vapaa käännös kiinasta):

"Tieteen tutkimus on täynnä vaikeuksia ja ongelmia.

Lujalla työllä päästään kuitenkin hyviin saavutuksiin."

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Laitos – Institution Kemian laitos
Tekijä – Författare Ari Myllyviita		
Työn nimi – Arbetets titel Lääkeaineiden analytiikka ja lukion kemian opetus – Kromatografian ja spektroskopian www-aineisto opettajille		
Oppiaine – Läroämne Kemia		
Työn laji – Arbetets art Pro gradu -tutkielma	Aika – Datum 24.8.2005	Sivumäärä – Sidoantal 73
Tiivistelmä – Referat		
Lukion kemian opetuksessa analyttisellä kemialla ei ole sitä merkitystä ja asemaa kuin voisi olla. Analytiikan opetusta haittaavat laitteiden ja tarvittavien materiaalien kalleus, opettajan tukiaineistojen vähyys ja sopivien opetusmenetelmien puuttuminen. Analyttinen kemia sisältää kromatografiaa ja spektroskopiaa, joiden opettaminen oppikirjojen avulla on työlästä. Spektrien tulkinta on jäänyt vähälle opetukselle. Kuitenkin näiden menetelmien ja spektritulkinnan auttavan hallinnan kautta avautuisi uusi taso kemian ja aineen ymmärtämiselle. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää verkko-opetuksen käyttömahdollisuuksia kromatografian ja spektroskopian opetuksessa. Kehittämistutkimuksen lähtökohtana oli tuottaa verkkopohjainen opetusmateriaali kromatografian ja spektroskopian opetukseen. Kehittämistutkimuksessa hyödynnettiin vertaisarviointia, kyseltiin opiskelijoiden kokemuksia käytöstä, haastateltiin opettajia internet-aineiston käyttöönoton kynnyksistä ja esteistä sekä hyödynnettiin asiantuntijan, alan työntekijän, näkemyksiä ja kokemuksia käytännön lääketehaan analyttikon työstä. Materiaali on koottu vuosien 2004-2005 aikana lähinnä Viikin normaalikoulussa suoritetun opetusharjoittelun yhteydessä. Analyttisen kemian opetuksessa ongelmalähtöinen lähestyminen mahdollistaa uuden tavan oppia uusia asioita. Konstruktivistinen oppimiskäsitys korostaa opiskelijoiden omien kokemusten merkitystä tiedon rakentamisessa. Tuotettu verkkoaineisto lähestyy kromatografiaa ja spektroskopiaa menetelminä konkreettisen lääkeaineen, ibuprofeenin, kautta. Kysymyksen asettelu lähtee liikkeelle tilanteesta, jossa edessäsi on lääketabletti, jonka ikää tai pilaantumista ei silmin voi päätellä. Miten tästä edetään, on kysymys. Tutkimuksen tarkoituksena oli tuottaa ja testata aineisto, joka mahdollistaa ongelmalähtöisen ja yhteistoiminnallisen oppimisprosessin analyttisessä kemiassa. Tätä tuetaan mahdollisimman autenttisella tilanteen kuvauksella. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen vaatima kontekstuaalisuus ja situationaalisuus toteutuu autenttisen kuvituksen ja videomateriaalien avulla. Näin näille käsitteille saadaan uusi merkitys virtuaalisen tilanteen avulla. Perinteisten työpaikkavierailujen sijaan tuodaan todellisuutta luokkaan. Tutkimuksen tuloksena syntyneessä verkkopohjaisessa opetusmateriaalissa on hyödynnetty eri www-editoreita käyttöliittymän rakentamisessa, sovellettu Flash-tekniikkaa animaatioiden tuottamisessa sekä digi- ja videotekniikkaa autenttisten tilanteiden kuvaamisessa. Lisäksi on käytetty kemian opetukseen soveltuvia spektrikirjastoja ja ohjelmia asioiden havainnollistamisessa. Joitakin lähteitä suomennettu opettajien käyttöön. Uuden tekniikan hyödyntäminen opetuksessa vaatii opettajien lisäkoulutusta ja verkkopohjaisten opetusmateriaalien edelleen kehittämistä. Opettajat suhtautuivat positiivisesti uuden tyyppisiin aineistoihin, joita myös internetistä löytyy, mutta kynnyks käyttöönottoon on edelleen olemassa. Suurimman ongelman muodostaa oikean aineiston löytämisestä juuri haluttuun tarkoitukseen (kohtaantumisongelma). Tutkimuksessa käytetty edellä kuvattu kehittämisen malli toimi hyvin ja se tuotti hyvää palautetta. Verkkoperusteisen oppimateriaalin tuottaminen vaatii monitieteellistä lähestymistä, aina käytettävyydspsykologiasta itse substanssiosaamiseen.		
Avainsanat – Nyckelord verkkoperusteinen, spektroskopia, kromatografia, internet, lääkeaine, www-aineisto		
Muita tietoja Teaching of analytical chemistry at Finnish High School – Web-based material of chromatography and spectroscopy for Teachers		

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	6
	AIHEEN AJANKOHTAISUUS	6
	KÄSITTEET	6
2	TUTKIMUSONGELMA JA TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT	8
	TUTKIMUSONGELMAT	8
	LAADULLINEN KEHITTÄMISTUTKIMUS	8
3	OPPIMISEN JA OPETTAMISEN VIITEKEHYS.....	11
	KONSTRUKTIVISMI – TÄMÄN AJAN OPPIMISEN PARADIGMA	11
	ONGELMALÄHTÖINEN OPPIMINEN JA OPETUS	12
	KONTEKSTUAALISUUS JA YHTEISTOIMINNALLISUUS	14
	VERKKOPEDAGOGIIKKA JA DIDAKTIikka	14
4	WWW-SIVUSTO OPETUSAINEISTONA.....	17
	OPPIMISAIHIOT	17
	WWW-SIVUSTO KONSTRUKTIIVISENA OPPIMISYMPÄRISTÖNÄ.....	18
	TIETOKONEAVUSTEINEN OPETUS JA TIETOVERKKOPOHJAINEN OPETUS	20
	WWW-SIVU OPPIMATERIAALINA.....	21
	OPPIMINEN LUKEMALLA WWW-AINEISTOJA.....	22
	KEMIALLISEN AJATTELUN TASOT VERKKOTUETUSSA OPETUKSESSA	24
5	KATSAUS TYÖHÖN LIITTYVÄÄN TUTKIMUKSEEN JA VASTAAVANLAISEEN KEHITYSTYÖHÖN	27
	KATSAUKSEN RAJAUSTA	27
	AROW eli ACTION RESEARCH ON WEB.....	27
	KOD eli KNOWLEDGE ON DEMAND.....	28
	CHEMNET.....	28
	INTERAKTIIVINEN IR-SPEKTRIEN VISUALISOINTI	29
	WEBSPECTRA -SIVUSTO.....	30
	HELSINGIN YLIOPISTON KEMIAN LAITOKSEN ORGAANISEN KEMIAN NETTILABRA	30
	WWW-POHJAISET OPPIMISEN TYÖKALUT	31
6	ORGAANISEN KEMIAN ANALYTIIKKAA – MITÄ OVAT UV, IR, NMR-SPEKTROSKOPIAT JA MS –SPEKTROMETRIA.....	33
	SPEKTROSKOPIASTA YLEENSÄ	33
	UV-SPEKTROSKOPIA	33
	INFRAPUNASPEKTROSKOPIA	35
	NMR-SPEKTROSKOPIA	36
	MASSASPEKTROMETRIA	37
7	LÄÄKEAINEKEMIA JA ANALYTIikka OPETUSSUUNNITELMISSA	38
	LÄÄKEAINEKEMIA OPETUSSUUNNITELMISSA	38
	ANALYTIikka OPETUSSUUNNITELMISSA	39
8	LÄÄKEAINEANALYTIIKAN OPETUS – ASKEL SPEKTRIEN MAAILMAAN – KEHITELLYN WWW-AINEISTON ESITTELY.....	40
	LÄÄKEAINEANALYTIIKAN OPETUS.....	40
	SIVUSTON JA AINEISTON RAKENTAMISEN PERUSTEET	40
	JOHDANTOJAKSOT	41
	TEORIAJAKSOT	42
	KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUS JA TAUSTATARINA -JAKSOT.....	43
	TEHTÄVÄT –SIVUT	44

LAITTEITA -SIVUT	45
SPEKTRIKIRJASTO	46
OPETTAJILLE TARKOITETUT SIVUT	48
9 KEHITTÄMISTUTKIMUS – PROSESSIN KUVAUS JA TULOKSET	49
VERTAISARVIOINTI	49
OPISKELIJOIDEN KOKEMUKSIA JA KOMMENTTEJA	51
ASiantuntijan – sisällön hallintaan liittyvät - kommenttikierrokset	52
INNOVAATION – WWW-AINEISTON – KÄYTTÖÖNOTTO JA SEN ESTEET	54
TUTKIMUKSEN RELIABILITEETTI JA VALIDITEETTI	56
10 VISIOITA – VIRTUAALISET LAITTEET	58
11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTYÖN POHDINTA	59
INTERNET-AINEISTOJEN KEHITTÄMISEN MALLIT	59
VERKKOVUOROVAIKUTUS LISÄNÄ OPPIMISYMPÄRISTÖSSÄ	59
HAVAINTEORiat JA WWW-YMPÄRISTÖJEN KEHITTÄMINEN	60
OPPIMISEN ARVIOINTIA	61
12 LIITTEET	62
13 LÄHDEKIRJALLISUUS	70

1 JOHDANTO

1.1 Aiheen ajankohtaisuus

ATK ja erityisesti internet ovat mullistaneet kemian maailmaa. On syntynyt jopa uusia kemian aloja, jotka perustuvat lähes yksinomaan tietokoneen hyödyntämiseen.

Analytiikassa ja erityisesti spektroskopiassa ATK on tehnyt mahdolliseksi mm. laajojen spektrikirjastojen tuottamisen, tietokantojen luomisen, erilaisten spektritietojen yhdistämisen spektrien (käytännön tulosten) sovittamisen matemaattisiin malleihin jne.

Tietokoneet ovat tuoneet yhä lähemmäksi ajatuksen ”mustasta laatikosta”, joka tunnistaa molekyylin kuin molekyylin, kunhan se vain saadaan eristettyä seoksesta. Kun sopivalla tavalla yhdistellään erilaisia spektroskopian muotoja ja oikealla tavalla preparoidaan näyte, ”musta laatikko” tekee mahdolliseksi tämän. Näytteen antamat ”sormenjäljet” auttavat molekyylin tunnistamisessa, jopa stereoisomeriaa myöten. Tärkeää on kuitenkin muistaa se, että tällainen lähestymistapa saattaa johtaa tilanteeseen, jolloin ymmärretään vähemmän laitteen toimintaperiaatteita ja taustalla olevia ilmiöitä. Tulosten ymmärtämiseksi ja selittämiseksi teorialla on aina (kognitiivinen) merkityksensä.

Opetuksessa kemian visualisointi spektrien avulla on hyvä lisä laskennallisen kemian mallintamisohjelmien (Spartan, HyperChem ne.) tuottamien mahdollisuuksien lisäksi. Spektroskopian merkitys orgaanisessa, juuri lääkeaineiden analytiikassa on suuri. Aineiden tunnistamisessa (stereoisomeria mukaan lukien), esimerkiksi vaikuttavien aineiden ja epäpuhtauksien määrien selvittämisessä, spektroskopia on tärkein työväline. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tuottaa myös eräänlainen ”**virtuaalinen oppimisympäristö**”, jossa käydään analytiikan eri vaiheita läpi, opiskellaan kromatografian ja spektroskopioiden perusteita sekä sovelletaan ongelmalähtöisen oppimisen filosofiaa kemian opetuksessa. Tutkimus antaa kuvan tällaisen oppimisympäristön rakentamisesta ja sen käyttämisestä opetuksessa.

1.2 Käsitteet

ATK:n hyödyntämisessä opetuksessa on olemassa useita erilaisia lähestymistapoja. Tarkennukseksi on paikallaan selkeyttää käsitteentä ja tämän tutkimuksen toimintaympäristöä. Seuraavat jaotellut eivät ole välttämättä vastakkaisia mutta usein vaihtoehtoisia lähestymistapoja:

1. *Oppilaskeskeinen vs. opettajakeskeinen*
2. *Tuettu opiskelu vs. itseopiskeluun perustuva opiskelu*
3. *Tietokonetuettu (computer-supported) vs. verkkotuettu (webbased)*¹
4. *Yhteistoiminnallinen (co-operative) vs. yhteisöllinen (collaborative)*
5. *Ongelmalähtöinen (kontekstuaalinen) vs. aineistolähtöinen*
6. *Etäopiskelu vs. monimuoto-opiskelu vs. lähiopetus*

¹ Suomenkielessä verkolla tällaisissa asiayhteyksissä tarkoitetaan internetiä (ja tätä laajassa merkityksessä). Internet-käsite sisältää (laajassa merkityksessä) kaikki sen osa-alueet: sähköposti, www-selaus, FTP, news, irc, messenger jne.

Tämän tutkimuksen toiminnallinen aineisto ja tutkimus perustuvat verkkoaineistotuettuun ongelma-lähtöiseen lähiopetukseen erotuksena tietokoneperusteisesta tai -tuetusta yhteistoiminnallisesta oppimisesta (Computer-Supported Collaborative Learning, CSCL). Kyse tässä työssä on selkeästi internetiä (www-sivuja) hyödyntävä sisällön tuotanto ja sen esille tuominen. Aineisto tekee mahdolliseksi yhteistoiminnallisen lähestymistavan. Tämä luonnistuu vielä paremmin, jos oppilaitoksella on lähiopetuksen tueksi käytettävissä oma internet-pohjainen keskustelufoorumi. Koska tämän tutkimuksen puitteissa ei kuitenkaan ollut mahdollista foorumin perustamiseen, paneudun tähän ulottuvuuteen työni lopussa, jossa pohdin kehittämistyön jatkoa.

Aineisto mahdollistaa myös konstruktivistisen opetuksen (Constructivist Learning Environments). Se antaa reaali maailman ongelman (kontekstin), jota voidaan vapaasti oppilaan oman valinnan mukaan lähestyä käytännön esimerkkien tai teorian kautta. Aineisto tukee niin itseopiskelua kuin opettajakeskeistä frontaaliopetusta. Parhaimmillaan aineisto toimii monimuoto-opiskelussa, jossa hyödynnetään aineistoa ”ennakkomateriaalina” oppitunneille valmistautumisessa ja toisaalta käytetään tunneilla virtuaalisena kirjastona.

Yhteisöllisen oppimisen mahdollisuuksia haetaan jokaisen uuden tekniikan kohdalla. On tehty lukuisia määriä tutkimustyötä, miten internet joko tukee tai ei tue yhteisöllisyyttä. Tässä tutkimuksessa ei puututa vastakkainasetteluun eikä perustella sitä, mikä minun mielestäni toimii yhteisöllisen oppimisen tukena tai jopa toimintaympäristönä. Internet ei ole poissuljettu mahdollisuus. Perinteisten toimintamallien siirtäminen suoraan verkkoympäristöön jättämällä huomiotta uuden tekniikan tuomia muutoksia antaa väistämättä vääristyneen kuvan tilanteesta ja mahdollisuuksista. Sitouttaminen, vuorovaikutusten toteuttaminen, yhteisen tietopohjan ja ymmärryksen rakentaminen ja uuden tiedon konstruointi tapahtuvat erilaisista lähtökohdista.



Internet-tekniikka tekee mahdolliseksi uudenlaisen tavan tutustua käytäntöön ja todellisiin tilanteisiin. Video-, ääni- ja kuva-aineiston jakamisen lisäksi havainnollisuutta saadaan luomalla aminaatioita, pyöriviä 3D-kuvia ja jopa eskapistisia tietokonepelejä sekä virtuaaliympäristöjä. Mutta tällöin www-aineistojen ongelmaksi muodostuvat (jos kieliongelmiä ei huomioida) niiden tekniset seikat.

Kun käytetään erilaisia selainten plugineja (lisäohjelmia), Flash-animaatioita tai Java-appletteja, sivustoista saadaan näyttäviä, mutta välittömästi käyttäjän (opettajan) mahdollisuus itse kehittää niitä eteenpäin katoaa.

Kuva 1: "Assignin spectra" –oppimateriaali

<http://www.chem.ox.ac.uk/vrchemistry/grouptheory/intro.htm>

2 Tutkimusongelma ja tutkimuksen lähtökohdat

2.1 Tutkimusongelmat

Tämän tutkimuksen pohjaksi on rakennettu kromatografian ja spektroskopian opetusta tukeva internet-aineisto. Tutkimus on valtaosaltaan kehittämistutkimusta, jossa tärkeä paino on internet-sivuston kehittämisessä.

Tutkimusongelmina ovat kysymykset

- a) millainen www-aineisto voisi palvella opettajan työtä ja mitkä ovat opettajan käyttöönoton kynnykset,
- b) millainen www-aineisto tukee oppimista?

Lisäksi pohdin, miten ongelmalähtöistä opetusta voidaan soveltaa verkossa ja spektroskopian opetuksessa.

2.2 Laadullinen kehittämistutkimus

Kyseessä on laadullinen kehittämistutkimus, jonka tarkoituksena on **muuttaa opetusta paremmaksi**, tuottaa opetusta varten verkkomateriaali ja testata sitä, selvittää käyttöönoton kynnyksiä sekä tämän jälkeen kehittää edelleen opetusaineistoa. Laadullinen tutkimus tapahtuu luonnollisessa ympäristössä. Se kuvailee tutkittavaa prosessia (tässä tapauksessa oppimis- ja opettamisprosesseja). Saatua tietoa analysoidaan induktiivisesti. Kehittämistutkimus tähtää tietyn asian tai prosessin kehittämiseen tavalla, jossa tutkija on itsekin aktiivisesti mukana.

Yhtenä tiedonkeräysmenetelmänä käytän testilomakkeita, joihin oppilaat vastasivat ennen kurssin alkua ja sen suorittamisen jälkeen. Tämän tarkoituksena oli selvittää oppimista. Lisäksi pyysin kehittämistutkimukselle voisi olla ominaisempaa osallistuva havainnointi, mutta tässä tapauksessa päädyin toisenlaiseen ratkaisuun. Havainnoinnin etuna todennäköisesti on se, että sen avulla on mahdollista päästä kiinni erilaisiin vuorovaikutusilmiöihin. Vuorovaikutusilmiöiden tutkiminen ei ole kuitenkaan tämän tutkimuksen pääasiallinen kohde. Opettajien kohdalla käytin materiaalinkeruussa teemahaastattelua. Tämä teki mahdolliseksi haastateltavien luontevan ja vapaan reagoinnin kysymyksiin ja koko teemaan (Hirsjärvi ja Hurme. 1985).

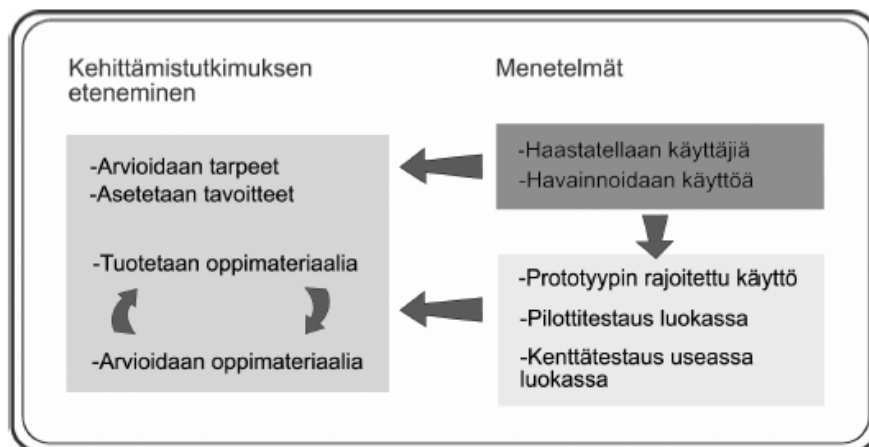
Kehittämistyössä käytin apunani www-aineiston toimintakenttää tuntevaa henkilöä, joka on lääkerytymisen analyttisen kemian laboratorion kemistiä. Hän antoi kehittämistyöhön oikean kontekstin näkemyksiä, kokemuksia ja toimintaideoita.

Vuorovaikutusilmiöt olen ottanut annettuna oppimisfilosofian tuomana lisäarvona ja laajasti myös eri tilanteissa tutkittuina asioina. Oppimistuloksiakaan en sinänsä arvioi, koska tässä ei vertailla perinteisen opetustavan ja verkkotuetun opettamisen vaikutuksien eroja. Uusissa tutkimuksissa on kuitenkin arvioitu, että teknologiaperustaiset oppimisympäristöt parantavat oppimisen laatua sekä yksilö- että ryhmätasolla (Järvelä, 2004, luentokalvot)

Juuti ja kumppanit (Juuti, Kallunki, Lavonen & Meisalo, 2004) toteavat Richeyn ja Nelsonin (1996) tutkimuksiin viitaten, että kehittämistutkimuksessa käytetään monipuolisia tutkimusmenetelmiä. Tämänkin tutkimuksen tavoitteena on uuden tyyppisen oppimateriaalin luominen ja sen toimivuuden kokeileminen käytännössä ja kehittäminen saadun palautteen pohjalta. Clementsin ja Battistan (2000) esittelemään tietokoneopetusohjelmien kehittämisen malli muistuttaa tätä. Heidän mallissa on yhdeksän vaihetta:

- ”1) hahmotellaan alustavat tavoitteet,
- 2) rakennetaan tarkka malli oppilaiden tiedosta ja oppimisesta tavoitteiden alueella,
- 3) luodaan ohjelman alustava rakenne ja toiminnot,
- 4) tutkitaan ohjelman osia,
- 5) arvioidaan ohjelman alustavaa prototyyppiä ja opetussuunnitelmaa,
- 6) toteutetaan pilottitestaus luokassa,
- 7) toteutetaan kenttättestaus,
- 8) palataan jokaiseen vaiheeseen rekursiivisesti ja
- 9) julkaistaan ohjelma.”

Edellä mainitussa Juutin ja kumppaneiden artikkelissa (Juuti, Kallunki, Lavonen & Meisalo, 2004) on kuvattu mainiosti myös tämän tutkimuksen kokonaisuuden eteneminen ja rakenne.



Kuva 2: Kehittämistutkimuksen etenemismalli (Juuti, Kallunki, Lavonen & Meisalo, 2004)

Tätä tutkimustyötä voisi lähestyä myös **konstruktiivisen tutkimusotteen soveltamisena**. Konstruktiivinen tutkimusote tuottaa innovatiivisia rakennelmia, joilla ratkaistaan ongelmia, joita esimerkiksi oppimisen jokapäiväisessä kentässä havaitaan. Konstruktiona ww-aineisto tässä tapauksessa ei ole uusi, vaan sovellus uuteen alueeseen, spektroskopiaan ja kromatografiaan. Johtuen aiheen merkityksestä ja erikoislaatuisuudesta, internetin hyödyntäminen opetusaineiston säilytyspaikana ja oppimisympäristönä antaa aivan uuden mahdollisuuden asian opettamiseen.

Konstruktiivisen tutkimusotteen ydinpiirteet edellyttävät, että

- 1) tutkimustyö perustuu tosielämän ongelmiin, jotka koetaan käytännössä tarpeellisiksi ratkaista (vrt. kontekstuaalisuus),
- 2) se tuottaa konstruktion, joka on ratkaisee tosielämän ongelman (vrt. situationaalisuus),

- 3) *sitä kokeillaan käytännössä, tutkija ja opettajat tekevät läheistä yhteistyötä (vrt. kokemuksellinen oppiminen),*
- 4) *se on huolellisesti kytketty olemassa olevaan teoreettiseen tietämykseen*
- 5) *se kiinnittää erityistä huomiota empiiristen löydösten reflektointiin takaisin teoriaan (Lukka, 2000).*

Konstruktiviselle tutkimusotteelle on luonteenomaista, että **tutkija osallistuu vahvasti tuottamansa konstruktion soveltamiseen**, tässä tapauksessa soveltamiseen ja testaamiseen. Konstruktivinen tutkimus on luonteeltaan kokeellista. Uutta aineistoa (www-pohjaista) testataan aidossa ympäristössä ja jalostetaan eteenpäin. Samalla kehitetään verkkopohjaisen ja verkkotuetun opiskelun (webbased learning) oppimisen teoriaa eteenpäin.

3 Oppimisen ja opettamisen viitekehys

Tämän kappaleen tarkoituksena on muodostaa oppimiseen liittyvä viitekehys, avata niitä käsitteitä ja lähestymistapoja, joita olen soveltanut www-aineiston laatimisessa ja joita olen ajatellut sovelletavan aineiston käytön yhteydessä. Kukaan opettaja soveltaa tilanteissaan tietysti itse omaksumaansa opetustyyliä ja rakentaa tuntinsa oman oppimiskäsityksensä mukaisesti.

Peruslähtökohdiltaan lääkeaineanalytiikkaan koskeva www-aineistoni mahdollistaa muun muassa seuraavien lähestymistapojen hyödyntämisen:

- konstruktivisuus (3.1.)
- ongelmalähtöisyys (3.2.)
- kontekstuaalisuus (3.3.)
- yhteistoiminnallisuus (3.3.)
- verkkopedagogiikka ja didaktiikka (3.4.)

3.1 *Konstruktivismi – tämän ajan oppimisen paradigma*

Konstrukttiivinen oppimiskäsitys edustaa tämän ajan paradigmaa² oppimisen alueella. Humanistinen psykologia on tuonut oppimisen käsitteeseen ajatuksen, että oppiminen vaatii ihmisten välitöntä toimintaa. Tämän käsityksen pohjana olevan kognitiivisen psykologian tutkimuskohteena ovat ihmisten sisäiset prosessit, mm. ajattelu, muisti ja havainnointi. Tärkeällä sijalla konstruktivismissa on käsitys siitä, että oppija itse yhdistää ympäristön antamaa tietoa omiin malleihin ja käsityksiin, konstruktioihin. Oppijan omaa roolia, itseohjautuvuutta, tavoitesuuntautuneisuutta, tilannesidonaisuutta, opettajan roolin muuttumista ohjaajan tai kanssaoppijan suuntaan, itsearviointia jne. korostetaan (Kurki & Mäki-Komsi, 1996).

Konstruktivistinen oppimiskäsitys, hieman suuntauksesta riippuen, kohdistaa mielenkiinnon yksilön sisäisiin oppimisprosesseihin ja korostaa yksilöllisyyttä. Konstruktivistisen käsityksen mukaan oppija kokemustensa kautta konstruoi, rakentaa, tietoa. Hän valikoi ja tulkitsee tietoa ja suhteuttaa sitä aikaisempiin tietorakenteisiinsa. Tämä asettaa opettajalle vaatimuksen, että voidakseen tukea eri lähtökohdista lähteviä ja erilaisia eteneviä oppilaita, hänen aineen hallintansa on oltava hyvä. Opettajan on osattava muokata opettava aines sellaiseen muotoon, joka vastaa oppilaan lähikehitystasoa ja jonka oppilas pystyy oppimaan opettajan tuella (katso lähemmin asiasta otsikoilla lähikehityksen vyöhyke, kehittävä työntutkimus, Vygotski).

²) Nykysuomen sanakirjan mukaan:

Tieteessä jotain tutkimuksen aluetta hallitseva perusnäkemys, malli, esikuva tai viitekehys, jota sen puitteisiin sopeutuva tutkimus ei aseta kyseenalaiseksi. Erityisesti Thomas S. Kuhnin virittämä keskustelu tieteellisistä paradigmoista, niiden suhteesta toisiinsa ja vaihtumisesta tieteellisten kumousten tai murrosten myötä on 1960-luvulta lähtien ollut tunnetuimpia tieteenfilosofisia debatteja. (Lähde: <http://www.uta.fi/campus/972/kurkir6.htm>)



Kuva 3: Neisserin tiedon etsimisen ja havaitsemisen kehä (Neisser, 1982)

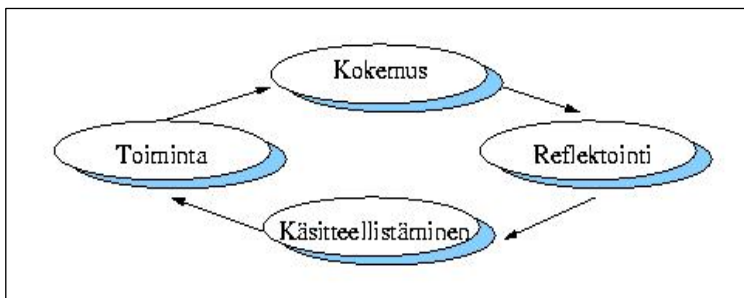
Tiedonrakentamisen prosessia voi kuvata esimerkiksi Neisserin kehittämän tiedon etsimisen ja havaitsemisen kehän (Neisser, 1982, s. 95) avulla. Tämä kuvaus lähtee kognitiivisen oppimiskäsityksen mukaan siitä, että havaintoja tehdessään oppilas tulkitsee ja valikoi tietoa. Havainnon merkitys kasvaa sitä myötä, miten hyvin se kytkeytyy aiemmin opittuun. Myös toimintaympäristö, jossa oppimisen on tarkoitus tapahtua, vaikuttaa tuloksiin. (Kurki & Mäki-Komsi, 1996)

Verkkomaailman tuleminen mukaan oppimateriaalin jakajana ja myös oppimisympäristönä mahdollistaa ”ulkomaailman” tuomisen konkreettisesti, joskin virtuaalisesti, jopa luokkatilanteeseen.

3.2 Ongelmälähtöinen oppiminen ja opetus

Ongelmaperustainen oppiminen (PBL, Problem Based Learning) korostaa ryhmän keskinäistä vuorovaikutusta, ryhmän yhdessä määrittelemiä oppimistarpeita, vuorovaikutuksellista ja yhteisöllistä tiedonmuodostusta. Ongelmaperustainen oppimisen soveltaminen verkkoon – tässä tapauksessa monimuoto-opetukseen – on monella tapaa haastavaa. Ongelmaperustaisen oppimisen malli voi pohjautua

- a) tavoitepohjaiseen ongelmanratkaisuprosessiin tai
- b) enemmän kokemuksellisuutta ja yhteistoiminnallisuutta korostavaan prosessiin.



Kuva 4: Kolbin kokemuksellisen oppimisen sykli

Jälkimmäinen lähestymistapa on lähellä Kolbin kehittämän kokemuksellisen oppimisen syklimallia (kokemus - reflektointi - käsitteellistäminen - toiminta). Tämän tutkimuksen www-aineisto mahdollistaa syklin mukaisen oppimisprosessin rakentamisen.

Miller ja Seller (Portimojärvi & Saari-
nen, 2001, viittaavat heihin) jaottelevat

tiedon ja oppimisen käsitykset kolmeen tiedolliseen kategoriaan. Tieto ja oppiminen voivat olla

1. **Transmissiota**, eli (perinteistä) tiedon siirtoa. Esimerkiksi verkkosivut tai verkkoluento.
2. **Transaktiota**, joka on vuorovaikutuksellista kontekstisidonnaista tiedon konstruointia.
3. **Transformaatiota**, jossa ”oppimisen avulla pyritään muuttamaan vallitsevia oletuksia ja uskomuksia kriittisen tiedonhankinnan ja kommunikaation kautta”.

Toimivan ja oppimista tukevan oppimisympäristön ja aineiston rakentaminen edellyttää kaikkien kolmen tason olemassaoloa.

Nykykäsitys oppimisesta perustuu siis ns. konstruktiiiviseen oppimiskäsitykseen, jonka mukaa tietoa ei voi siirtää, vaan oppiminen tapahtuu parhaiten siten, että jokainen työstää uudet asiat itse aikai-

sempiin tietoihinsa pohjautuen. Teoriatieto hallitaan, kun se opiskellaan käytännön esimerkkien yhteydessä. Työelämässä erilaiset tiimi- ja ryhmätyöt ovat nousseet keskeisiksi työmuodoiksi. Tällöin korostuu erityisesti sosiaaliseen vuorovaikutukseen liittyvät taidot.

Tietotekniikka mahdollistaa uuden tiedon nopean kulun ja saatavuuden, jolloin ulkoaopetteluun sijaan korostetaan oppilaiden valmiutta tietojen hankintaan, ylläpitoon sekä erilaisten tietojen ja tiedonlähteiden arvioimiseen. Ongelmalähtöisessä oppimisessä tähdätään pysyvien tietorakenteiden muodostamiseen oppimisprosessin tuotoksena irrallisen faktatiedon sijaan. Tentteihin valmistautumisen sijaan opiskelua motivoivat todelliset alan ongelmat. Ongelmalähtöinen oppiminen perustuu ryhmässä oppimiseen, eräänlaiseen yhteistoiminnallisen oppimisen malliin. Ryhmässä jaetaan oppilaille tehtävät ja opettaja toimii enemmän ohjaajan, tutorin roolissa. (lähde: Oulu4)

Faktatietojen ulkoaopetteluun sijaan ongelmalähtöinen oppiminen on vastaus muuttuvan työelämän vaatimukseen ja jatkuvasti laajentuvan tietomäärän hallitsemiseen. Ongelmalähtöisen oppimisen kautta pitäisi oppia (miksi PBL?):

- *ongelmanratkaisutaitoja,*
- *ongelmien näkemisen ja kysymysten esittämisen taitoja,*
- *vuorovaikutus- ja ryhmätyötaitoja,*
- *itseohjautuvuutta,*
- *oman oppimisen arviointitaitoja,*
- *itseilmaisun (suullinen ja kirjallinen) taitoja,*
- *tieteellisen ajattelun ja päättelyn taito ja,*
- *kykyä hankkia tietoja itsenäisesti ja arvioida niitä kriittisesti.*

Tärkeä elementti ongelmalähtöisessä oppimisessä on ryhmätyöskentely. Ryhmät muodostetaan satunnaisesti eli oppilaat eivät saa vaikuttaa jäsenten valintaan. Työskentelyssä on tärkeää se, että on olemassa eritasoisia ryhmiä ja huomataan se seikka, ettei työelämässäkään päästä valitsemaan omia työtovereitaan. Ryhmän kokoontumiset ovat pakollisia kaikille. Kaikkien panos on tärkeä ja kaikkien läsnäolo on välttämätöntä erityisesti ensimmäisellä kerralla, jolloin syntyy työskentelykontakti ryhmän jäsenten kesken. Jokaisessa tapaamisessa jaetaan joillekin, joka kerta eri henkilöille, tietyt ryhmän työn etenemistä vastuussa olevien roolit, puheenjohtajan ja sihteerin tehtävät. Jokaisessa tapaamisessa on läsnä myös tutor (opettaja).

Ongelmalähtöisen oppimisen malli pohjautuu ns. ”Seitsemän askeleen menetelmään”. Siihen kuuluvat seuraavat vaiheet (Oulu1, Oulu2 ja Oulu3):

1. *käsitteiden selvittäminen – virikkeen tarkastelu*
2. *ongelman määrittäminen – työotsakkeen keksiminen*
3. *aivoriihi – vapaa ideointi*
4. *ongelman analysointi – ilmiön jäsentely ja selittäminen*
5. *oppimistavoitteiden määrittely*
6. *itsenäinen opiskelu*
7. *purku ja arviointi – opitun tiedon analysointi ja arviointi*

Ongelmalähtöinen oppiminen nimensä mukaan lähtee liikkeelle ongelmasta, joka voi olla esim. ”case” eli todellinen tai simuloitu tilanne, teksti, kuva, artikkeli videoesitys tms. Ongelma valitaan suoraan todellisuudesta ja sidotaan tilanteeseen, jonka oppilas voi työelämässään kohdata (autenttisuus).

Opettajan roolia ongelmalähtöisessä opetuksessa pidetään ohjaavana. Samat seikat, joilla perustellaan konstruktivismia, pätee tähänkin opettamisen uuteen paradigmaan. Valmiiden vastausten ja uuden tiedon jakamisen sijaan korostuu oppilaan oman oppimisprosessin tukeminen.

Spektroskopian oppiminen ryhmässä tapahtuvan työskentelyn avulla perustuu ajatukseen erilaisten oppijoiden huomioon ottamisesta. Tämä on paikallaan jopa kahdesta syystä. Spektrien tulkinnessa visuaalisella hahmottamiskyvyllä on etunsa, jolloin oppilaat voivat ryhmässä tuoda tätä puolta esille ja antaa panoksensa lopputulokseen (ja auttaa muita hahmottamaan spektrejä). Toiset taas käsittelevät symboleja ja käsitteitä paremmin, jolloin heidän panoksensa näkyy siinä.

Ongelmalähtöiseen oppimiseen soveltuvia ja sen yhteistoiminnalliseen oppimiseen perustuvia ulottuvuuksia tukee oppilaiden kesken tapahtuva arviointi, oman ja toisten oppimisen reflektointi. Yksi arvioinnin muoto on **keskustelu, dialogi**. Oppilaiden tasavertainen keskustelu oppijakson teemasta ja opitusta ei ole välttämättä vain mielipiteiden vaihtoa asiasta, vaan myös johtopäätösten tekemistä ja arviointia oppijakson onnistumisesta.

3.3 Kontekstuaalisuus ja yhteistoiminnallisuus

Kontekstuaalinen opiskeluympäristö (mahdollisimman hyvin todellisia toimintaympäristöjä vastaava) tukee opiskelijan omaa roolia aktiivisena toimijana, ja se mahdollistaa tekemisen rinnastamisen todellisen elämän tilanteisiin (situationaalisuus, autenttisuus). Tämä toimii esimerkiksi simulaatioiden avulla.

Tässäkin tutkielmassa oppiainekeskeisyys korvataan kontekstuaalisuutta tukevalla ongelmaakeskeisyydellä. Oppimisympäristön monimuotoisuus antaa mahdollisuuden määritellä sellaisia tehtäviä, joille ei ole yksiselitteisiä ratkaisuja. Kontekstuaalisuuteen soveltuu myös nykyajan työelämälle tyypillisen tilanteen luominen: kukaan ei pysty omilla tiedoillaan ja taidoillaan parhaaseen tai optimaaliseen tulokseen.

Yhteistoiminnallisuuden avainsanoja ovat jaettu asiantuntijuus ja vastavuoroinen ymmärtäminen. Hyvä verkossa tapahtuva dialogi toimii näiden käsitteiden kautta. Jokainen tuo oman panoksensa ryhmän tuotokseen ja jokainen haluaa ymmärtää toisen esittämän asian (mikä saa keskustelun jatkumaan, kunnes asia on kaikille selkeä). Tässä ollaan siirtymässä vuorovaikutteisesta (jokainen vuorollaan pyrkii **vaikuttamaan** toiseen) dialogiseen (jokainen pyrkii **ymmärtämään** kyselemällä, mitä toinen tarkoittaa) keskusteluun.

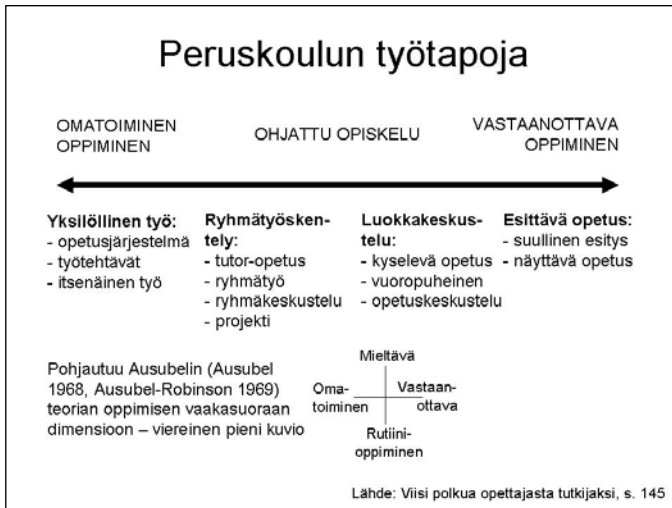
Yhteistoiminnallisuuden hyödyntäminen on osa ongelmalähtöistä oppimista. Se toisaalta tukee kognitiivisen kuormituksen jakamista ja myös korostaa tiedon rakentumisen sosiaalista luonnetta (vrt. sosiaalinen konstruktivismi).

3.4 Verkkopedagogiikka ja didaktiikka

Matikainen ja Mannin ovat määritelleet verkkodidaktiikan (Matikainen & Manninen, 2000, s. 89-90) hyödyntämällä Engeströmin (1981) ja Reusserin (1995) määritelmiä didaktiikasta: ”*Verkkodidaktiikka sisältää kaksi osa-aluetta: opetuksen suunnitelmat ja tavoitteet sekä menetelmät (tai keinot), joilla tavoitteisiin pyritään.*” Kun puhutaan verkkodidaktiikasta, on otettava huomioon www-ympäristö ja sen vaikutukset. Hypermedian soveltaminen tarkoituksenmukaisella tavalla asettaa

uudenlaisia haasteita opetuksen suunnittelussa ja tavoitteiden määrittelyssä. Verkkodidaktiikassa oppimisympäristön suunnittelu korostuu osana opetuksen tavoitteiden toteutumista.

Toisaalta on tutkitusti osoitettu, ettei www-sovellutus ratkaisevasti määrää oppimistavoitteiden toteutumista, vaan tärkeä rooli on opintojen ohjaajalla. ”Teknologisella designilla ei niin suurta merkitystä – vaan se mitä se saa opettajat ja opiskelijat tekemään”, totesi Sanna Järvelä verkkopedagogiikan seminaarissa (Järvelä, 2004). Tämän vuoksi opettajan tukea verkkoaineiston käytössä ei voi vähätellä.



Viereisessä kuviossa on Erkki Lahdeksen (Kansanen & kumppanit, 2000, s. 145) tekemä kuvio peruskoulun työtavoista. Opetuksen suunnittelussa ja pohdittaessa opetusmuotoja (kuka viestittää tai toimii aktiivisesti) ja sosiaalimuotoja (kuinka oppilaat on ryhmitelty) verkkodidaktinen lähestyminen edellyttää myös verkon hyödyntämisen kehittämistä ja hypermedian soveltamisen mahdollisuuksien määrittelyä. Tämä osaltaan tukee opetuksellisten tehtävien ja oppimisprosessin suunnittelua. Opetuksellisen tehtävän kautta löytyvät tarkoituksenmukaiset opetus- ja sosiaalimuodot ja niissä sovellettavat verkko- ja hypermediatyökalut. (Engeström, 1982)

Kuva 5: Peruskoulun työtapoja - opetuksen opetusmuodot ja sosiaalimuodot (laatinut AMy)

Verkkoaineistojen suunnittelussa kirjallisuudessa kiinnitetään huomio verkko-opetuksen ongelmiin suhteessa perinteiseen opetukseen. Monet seikat ovat jo tutkitusti todettu paikkansa pitämättömiksi (mm. vuorovaikutuksen katoaminen). Sitä vastoin verkkopohjainen opiskelu tuo uudentyyppisiä ongelmia, jotka vaativat omanlaisiaan ratkaisuja.

Horton on kirjassaan (Horton, 2000) luetellut tällaisia. Ongelmia ja niiden jonkinlaisia ratkaisuja ovat esimerkiksi:

- on vaikeaa opiskella, koska jatkuvasti tulee ulkopuolisia häiriöitä – aiheet määritellään lyhyemmiksi, oppilaat opetetaan asettamaan kirjanmerkkejä (bookmarks, favourit) sivuista
- verkkosivut ovat luotaantyöntäviä – aineiston verkkosivut kattavat koko ruudun, aineistossa ei ole liikaa ulkopuolisia linkkejä ja ne on asetettu aineiston loppuun, käytetään aikatauluja
- verkosta saatuun informaatioon luotetaan liikaa – korostetaan kriittisyyttä kaikkia myös verkkoaineistoa kohtaan, pyydetään oppilaita hakemaan tietoa eri tahoista
- hypermediakaaos sivustolla – verkkoaineiston linkitys suunnitellaan selkeäksi, rajataan ulkopuolisten linkkien määrää, aineistoon liitetään kartta, joka kuvaa sivuston rakenteen

Verkkodidaktiikkaa voi lähestyä perinteisten didaktisten lähestymistapojen kautta. Matikainen ja Manninen ovat (Matikainen & Manninen, 2000, s. 87-88) halunneet mm. korostaa että verkkosivujen rakenteen ja toiminnallisten ratkaisujen ei saa olla irrallaan opetuksellisista tavoitteista. Tämä käytännössä tarkoittaa mm. hyperlinkkien käyttötarkoituksen erilaisuutta eri lähestymistavoissa. Seuraavassa taulukossa (em. s. 88) on koostettu didaktiset lähestymistavat ja verkkopohjaisen oppimisympäristön elementit.

Opetuskäyttöön tarkoitettun www-oppimisympäristön pitää tarjota mahdollisuudet erilaisten didaktisten lähestymistapojen mukaiseen opetukseen.

Taulukko 1: Didaktisten lähestymistapojen yhteys verkkopohjaisen oppimisympäristön rakenteeseen ja luonteeseen (Matikainen & Manninen, 2000, s 88)

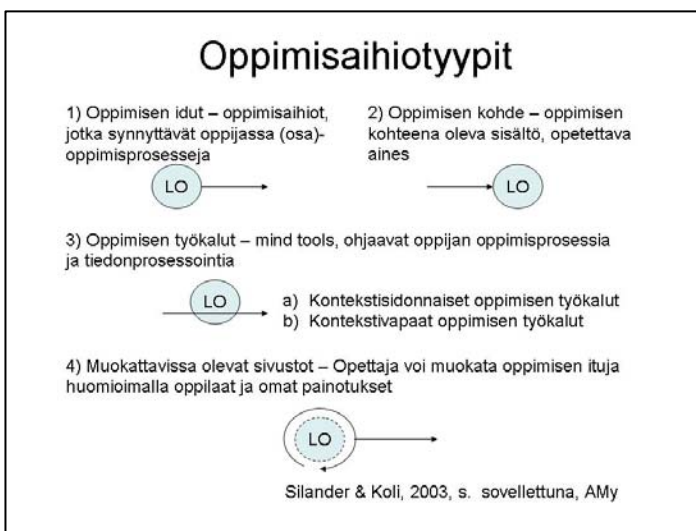
Didaktinen lähestymistapa	Opetusteknologinen	Kognitiivinen	Konstruktivistinen	Humanistinen	Kriittinen
Informaation organisointi	Informaatio pilkottu helposti omaksettaviin osiin, joiden välillä on selvä yhteys	Organisoitu kokonaisuuksiin, joiden välillä selvä järjestys	Organisoitu vaihtoehtoisiin osiin, joiden välillä voi vapaasti navigoida	Organisoitu vaihtoehtoisiin osiin, joiden välillä voi vapaasti navigoida	Oppiminen tapahtuu keskusteluryhmässä
Hypermediarakenne	Strukturoitu	Strukturoitu	Verkkomainen	Verkkomainen	---
Linkit	Ohjaavat etenemistä	Ohjaavat oppimisprosessia	Tarjoavat vaihtoehtoja	Tarjoavat vaihtoehtoja	---
Navigointi	Etenee valmiiksi mietittyjä polkuja pitkin	Etenee valmiiksi mietittyjä polkuja pitkin	Eri osien välillä voi navigoida suht. vapaasti	Eri osien välillä voi navigoida vapaasti	---
Lähestymistapaa hyödyntävä www-pohjainen oppimisympäristö	Tehokas www-pohjainen informaatiojärjestelmä, oppimateriaalipankit, ohjelmoidun opetuksen periaattein toteutettu oppimisympäristö, opetuskeskustelun muotona tiedon jako ja motivointi, itseohjaava oppimateriaali, testit.	Orientaatiooperustaa rakentava, strukturoitu oppimisympäristö, joka on rakennettu täydellisen oppimisen syklin mukaan. Tiedon prosessointi yhteistoinnallisesti ja opiskelijan ohjaus keskusteluryhmien ja/tai emailin avulla. Soveltavat tehtävät.	www-pohjainen oppimateriaalipankki, joka tarjoaa joukon vaihtoehtoisia tietoja ja taitoja, joita opiskelijat voivat käyttää omien tavoitteitensa mukaan. Keskusteluryhmissä yhteistoinnallisuus, myös opiskelijat voivat olla toistensa ”neuvoja”	Itseohjattua tiedonhankintaa tukeva www-sovellutus, neuvontapalvelut ja tutorointi yksilöviestintään soveltuvilla välineillä. Yhteistoinnallisen oppimisen mahdollistava ympäristö, jossa mukana myös vapaamuotoinen yhdessäolo ja sosiaalisten tarpeiden tyydyttäminen	Vuorovaikutteiseen ryhmäkommunikatioon perustuva tekniikka (tietokonevälitteinen viestintä). Kriittisen reflektion käynnistäminen kommunikatiivisen dialogin avulla.

Pro gradu -tutkielman taustalla olevan aineiston voi luokitella kuuluvan mm. konstruktivistiseen kategoriaan. Se sallii vapaammin omaehtoisen kurssin aineiston jopa tehtävien läpikäymisen. Aineiston hyödyntämisessä opettaja voi myös tarkkaan määritellä www-osoitteilla, mitä alueita halutaan käytävän läpi (kognitiivisen perinteen mukainen lähestymistapa). Se ei kuitenkaan estä opiskelijoita tutustumasta laajemmin aiheeseen (konstruktivistinen lähestymistapa). Kuten aiemmin totesin viitaten myös tutkittuun tietoon, opettajan ja oppilaan omalla toiminnalla on suuri merkitys. Käytetty tekniikka antaa vain suunnan, ja hyvä tausta antaa opettajalle itselleen mahdollisuuden määritellä oma lähestymistapa tilanteen mukaan.

4 www-sivusto opetusaineistona

4.1 Oppimisaihiot

Pasi Silander (Silander & Koli, 2003) on ottanut käsitteen oppimisaihio sellaisista oppimismateriaaleista, ”jotka ohjaavat oppimisprosesseja ja ovat pedagogisesti jäsennettyjä ja synnyttävät oppijassa oppimisprosesseja” (em. s. 67-68). Heidän lähestymistapa asettaa huomattavasti suurempia haasteita sivuston rakentamiseen. Tutkimukseni perustana olevan aineiston tarkoituksena on toimia juuri tällaisena oppimisaihiona.



Oppimisaihion (joksi nyt tässä yhteydessä kutsun www-aineistoa) eri tyyppiä Silander (Silander & Koli, 2003, s. 68-70) on luokitellut oheisen kuvion mukaisesti. **Oppimisen idut** -tyyppiset aihiot synnyttävät oppijassa tarkoituksellisesti oppimisprosesseja ja ohjaavat oppijan tiedonprosessointia. **Oppimisen kohde** -tyyppiset aihiot ovat sisältölähtöisiä, ja ne havainnollistavat opittavaa ainesta. Nämä sopivat tiedonhankintaan. **Oppimistyökalut** -tyyppiset sisältävät interaktiivisia simulaatioita, niillä voidaan ohjata oppilaiden havainnointia ja tiedonprosessointia.

Kuva 6: Oppimisaihiotyyppit (Silander 2003). Erityyppisiä oppimisaihioita kuvattuna suhteessa oppimisprosessiin ja sen ohjaukseen.

Sen näkökulmasta tällä seikalla lienee merkitystä. Oppimistilanteen suunnittelussa opettajat ovat erilaisia ja haluavat painottaa omasta mielestään tärkeitä asioita – jotka joko edistävät oppimisprosessia tai ovat sisällöltään tärkeitä.

Samassa artikkelissa Silander (Silander & Koli, 2003, s. 70-72) vielä haluaa eritellä oppimisaihion **pedagogiset funktiot**. Hän jakaa ne seitsemään erilaiseen osaan:

- 1) aktivointi (kognitiivinen),
- 2) kontekstin luonti, ongelman asettaminen,
- 3) hypoteesin/työskentelyteorian testaaminen,
- 4) tietolähde,
- 5) tiedonrakentelu,
- 6) reflektio,
- 7) testaus/arviointi.

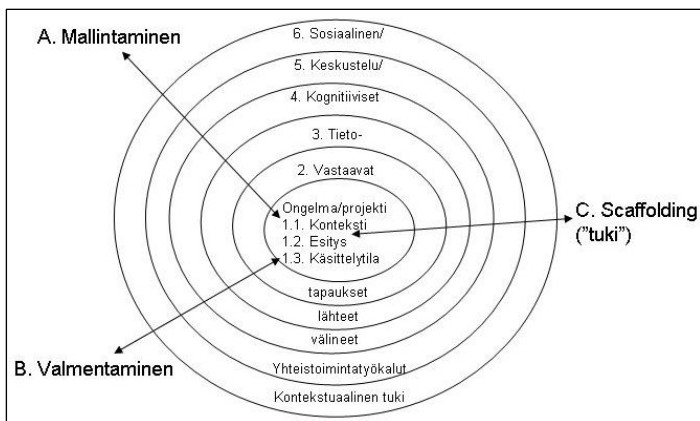
Kun tästä poimii tämän tutkimuksen myötä syntyneeseen www-aineistoon liittyviä pedagogisia funktioita, esille nousevat erityisesti kontekstin luonti. Aineiston taustatarina luo kontekstin kromatografian ja spektroskopian soveltamiseen. Lisäksi todellisuutta kuvataan vaihteittain etenevien ku-

vien ja videoiden avulla. Aineistoa voi käyttää myös oppilaiden omien hypoteesien testaamiseen. Tiedonrakentelun työkalujen tarjoaminen toteutuu jo aiemmin internetiin luotujen spektrikirjastojen avulla. Tästä tarkemmin lisää sivuston esittelyn yhteydessä.

4.2 *www-sivusto konstruktivisena oppimisympäristönä*

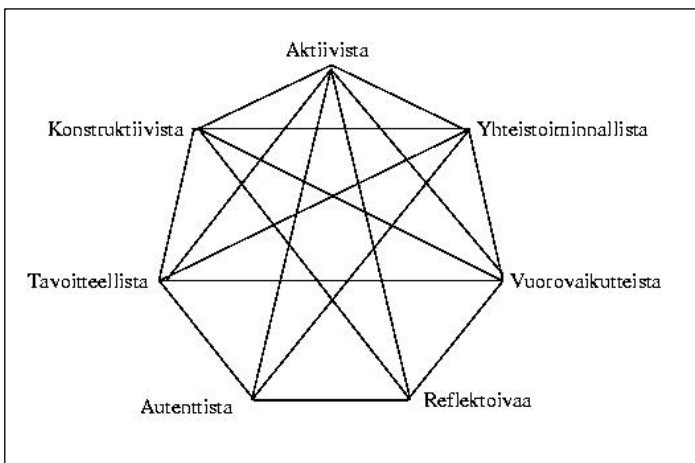
Jonassen on artikkelissaan “Designing Constructivist Learning Environments” (Jonassen, 1998) asettanut vierekkäin objektivistisen oppimisen paradigman ja konstruktivistisen paradigman. Objektivistinen lähestymistapa olettaa, että tieto voidaan siirtää opettajilta tai välittää teknologioiden avulla oppilaiden niin vaatiessa. Objektivistinen paradigma pohtii sitä, miten tämä tapahtuu ennakoitavasti ja luotettavammin. Konstruktivistinen oppimisen paradigma olettaa, että tieto on yksilöllisesti rakennettua ja yhteisössä oppilaiden toimesta testattua erilaisten kokemusten ja tulkintojen kautta. Koska tietoa ei voi siirtää, ohjeiden täytyy sisältää kokemuksia, joita voidaan tulkita ja sovittaa omaan tietorakenteeseen.

Myös Lois Ritter omassa artikkelissaan ”Combining Two Contrasting Philosophies to Instructional Design” (Ritter, 2005) on pohtinut online-kurssien toteuttamista. Hän toteaa, ettei kurssien online-toteutus ole vain aineiston laittamista internetiin. Hän haluaakin, että tässä hyödynnetään sekä objektivistista että konstruktivistia paradigmat. Vaikka näitä pidetäänkin yleensä vastakkaisina lähestymistapoina, verkkoympäristössä nämä voidaan yhdistää ja molempia näkökulmia on syytä harkita.



Kuva 7: Konstruktivistinen oppimisympäristö

Jonassen (Jonassen, 1998) kuvaa konstruktivistista oppimisympäristöä kuvan 7 mukaisesti. Jonassenin piirtämässä mallissa kuvitellaan ongelma, kysymys tai projekti ympäristön kohdepisteenä. Oppijan tavoitteena on tulkita ja ratkaista ongelma tai viedä projekti loppuun. Vastaavat tapaukset ja tietolähteet tukevat ongelman ymmärtämistä ja ehdottavat mahdollisia ratkaisuja. Kognitiiviset välineet helpottavat oppilaita tulkitsemaan ja käsittelemään ongelman eri puolia. Keskustelu- ja yhteistoimintatyökalut mahdollistavat oppijoiden kanssakäymisen ja ongelman tarkoituksen uudelleen jäsentämisen. Yhteisöllinen / kontekstuaalinen tukijärjestelmä auttaa käyttäjiä viihtelemään oppimisympäristön.



Kuva 8: Konstruktivistisen oppimisympäristön ominaisuudet

Toisessa artikkelissaan Jonassen hahmotti oppimisympäristön ominaisuuksia (kuva 8). Hänen mielestään konstruktivistisen oppimisympäristön pitää olla aktivoiva, yhteistoiminnallinen, vuorovaikutteinen, tarkoitushakuinen, reflektiivinen, autenttinen (kontekstuaalinen), tavoitteellinen ja konstruktivinen (Jonassen, internet-artikkeli).

Näillä tarkoitetaan seuraavia asioita (taulukko 2):

Taulukko 2: Konstruktivistinen oppimisympäristö ja sen merkitys

Aktivoiva	Opiskelijat on sidottu oppimisprosessiin mielekkäällä tiedonkäsitteilyllä
Yhteistoiminnallinen	Opiskelijat toimivat oppimista rakentavassa yhteisössä. Jokaisen panos on tarpeen.
Vuorovaikutteinen	Oppiminen on sosiaalinen, dialoginen prosessi.
Reflektioiva	Opiskelijat voivat reflektoida oppimistaan prosessissa.
Autenttinen	Todellisen maailman ongelma on opiskelijan toiminnan kohteena.
Tavoitteellinen	Opiskelijan toiminta on tavoitteellista.
Konstrukttiivinen	Opiskelijat rakentavat erilaisista ilmiöistä oman käsityksensä.

Jo aiemmin mainitussa artikkelissaan Ritter (Ritter, 2005) käsittelee erityisesti etäopetukseen liittyviä seikkoja. Hänen lähestymistapaa voi hyödyntää myös lähiopetuksessa käytettävän www-aineiston rakentamisessa – onhan mahdollista, että opiskelija hyödyntää ennen tuntia ja tunnin jälkeen internetissä olevaa aineistoa. Kurssin suunnittelussa pitäisi ottaa huomioon kurssin jaksottelu, opiskelijan ei pitäisi päästä eteenpäin ennen kuin edellinen jakso on käyty läpi. Konstruktivistiselle lähestymistavalle tämä olisi loogista. Valmiiden www-aineistojen ongelmana on se, että ne ovat kokonaisuudessaan selattavissa. Ritterin ajatuksien soveltamiseksi esimerkiksi tämän tutkimuksen myötä tuotetussa aineistossa on paneuduttava kurssin etenemistä tukeviin toiminnallisuuksiin.

Internet-sivujen käytettävyyteen liittyvä pohdiskelu (Sinkkonen, Kuoppala, Parkkinen & Vastamäki, 2002, s. 91-96) avaa aiemmin mainitun Neisserin havaintokehän merkitystä aineiston käyttöliittymän kehitystyössä. Ihmisen havaintoon www-sivusta ja tulkintaan siitä vaikuttavat mielentilat, tunteet, muisti ja muistot sekä odotukset. Merkityksiä voidaan luoda ottamalla huomioon mahdolliset assosiaatiot ja sivuja selaavan omat vanhat havainnot ja kokemukset asiasta. Neisserin havaintokehän mukaan havainnot muokkaavat mielikuvia ja nämä taas maailmankuvaa.

Sitä, miten **havainnon tulkinta** muodostuu, voidaan lähestyä kahden erilaisen teorian, konstruktivistisen ja ekologisen havaintoteorian näkökulmasta. Konstruktivistinen havaintoteorian mukaan aiempaan tietoon yhdistetään ympäristöstä saatu informaatio ja ekologisen havaintoteorian mukaan kohteessa on käyttäjästä riippumatta erilaisia käyttömahdollisuuksia (affordansseja). Konstruktivistinen lähestymistapa korostaa ennakkokäsityksiä ja asian tunnistamista, kun ekologinen lähestymistapa korostaa itse toimintaa, havainto tukee tätä ja on osa sitä. Näistä lähtökohdista käyttöliittymän suunnittelussa päädytään hieman erilaisiin vaatimuksiin (Gibson, 1979³).

Taulukko 3: Konstruktivistisen ja ekologisen havaintoteorian eroja (Sinkkonen & muut, 2002)

	Konstruktivistinen havaintoteoria	Ekologinen havaintoteoria
Toimintamalli	ihminen tarkistaa kokemiaan olettamuksia (käsiohjattu prosessointimalli)	asiat ovat olemassa ja poimitavissa (piirreohjattu prosessointi)
Käyttöliittymän oltava	selkeä rakenteellisesti mielekäs	tavoitteet huomioiva esitys- ja toimintatapa

³ Gibsonin suoran havaitsemisen (ekologisesta) teoriasta lisää <http://www.huwi.org/gibson/index.php> (26.8.2005)

Tämän tutkimuksen www-aineistossa **oppiminen** perustuu konstruktiiiviseen lähestymistapaan (otetaan huomioon aiempi tieto ja kontekstuaalisuus) ja **käyttöliittymän rakentaminen** taas selkeämmin ekologisen havaintoteorian mukaiseen lähestymistapaan. Internetiin laitetulle oppimateriaalille on asetettu, tuntisuunnitelmaa myöten, tavoitteet, joiden toteuttamisen mahdollisuuksia tuetaan aineiston sisällöllä. Koska tähän aineistoon ei ole voitu liittää vuorovaikutuksellista foorumia (esimerkiksi WebCT), se ei täytä läheskään kaikkia **konstruktivistiselle oppimisympäristölle** asetettuja vaatimuksia.

4.3 Tietokoneavusteinen opetus ja tietoverkkopohjainen opetus

Tietokoneavusteinen opetus on valtaosaltaan mallia: tietokone - dataheitin – powerpoint -esitys. Tämä opetus-, luennointi- ja raportointityyli on saanut vastaansa jo pedagogisestikin perusteltua kritiikkiä. Edward Tufte kirjoissaan (Tufte, 1983 ja 2003) on pohtinut erilaisten tilastollisten graafien erinomaisuutta ”*selkeyden, tarkkuuden, tehokkuuden ja monimutkaisten ideoiden summana*”.

Tuften mukaan graafisten esitysten pitäisi toteuttaa seuraavat seikat (Tufte, 1983, s.13):

1. esittää tieto,
2. houkutella katselija miettimään pääsisältöä eikä metodiikkaa,
3. välttää hämärtämästä keskeistä informaatiota,
4. näyttää paljon numeroita pienessä tilassa,
5. tehdä suurista informaatiomääristä koherentteja,
6. kannustaa katsojaa vertailemaan eri osia,
7. näyttää informaation monilla eri tarkkuusasteilla,
8. palvelee selvää tarkoitusta: selitys, tutkimus, koristus, jne. ja
9. pitää integroitua läheisesti informaation tilastollisiin ja suullisiin kuvauksiin.

Näiden ajatusten pohjalta Tufte on artikkelissaan ”Cognitive style of PowerPoint” (Tufte, 2003) on esittänyt näkemyksiä esitysgrafiikkaohjelman PowerPointin käytöstä viestinnässä. Tufte toteaa, että PowerPoint ”*helpottaa puhujaa jäsentämään puhuttavansa, mutta usein sisällön ja yleisön kustannuksella*”. Tuften mielestä PowerPoint-esitykset tekevät tyhmäksi, niissä esitellään yleisluontoisia listoja ja samalla tärkeät yksityiskohdat ja asioiden väliset yhteydet jäävät mahdollisesti puheenvaraan ja ilman selkeää paikkaa. Kun korostetaan helppolukuisuutta, asian ymmärtäminen jää toissijaiseksi. PowerPoint-esitysten tarkoituksena on yleensä havainnollistaa puhetta ja esitellä puhetta tukevia kuvia. Kuitenkin varsin usein käytetty kuvitus on vain koristeellista, jonkinlaista layoutia. Tufte kuvaa PowerPointin tyyliä autoratiiviseksi ja kaupalliseksi.

Esitysgrafiikkaohjelman käyttö opetuksessa ei kuitenkaan poista luento- tai kurssimateriaalin tarvetta. Monelle opiskelijalle on tärkeää saada selkeää luettavaa tekstiä. Tätä tarkoitusta varten PowerPoint –esitysten tulosteet eivät ole. Internet-sivut toimivat opetuksen tukena hieman eri syistä ja käytöstä ja tarpeesta riippuen paremmin. Internet-sivujen kirjasinkokoa voi muuttaa selaimella ja www-sivuille voi jo oletusarvoisesti sijoittaa valmiita linkkejä lisämateriaaleihin ja sivuston muille sivuille. Internet-sivut voi antaa tiedoksi jo etukäteen (ennakkomateriaalina), ja ne jäävät halutessa kuulijoiden tietoon jälkikäteen tapahtuvaan materiaalin läpikäyntiin. Pidemmälle vietyä internet-sivuston sisälle voidaan rakentaa interaktiivisia elementtejä (keskustelufoorumi, verkkotentti tms.). (mm. Majava, 2004)

4.4 *www-sivu oppimateriaalina*

Ruiz (Ruiz, García & Gómez-Nieto, 2003) kumppaneineen toteaa, että todellisessa opetustilanteessa tietokoneavusteinen opetus vasta hakee sopivaa kommunikointitapaa, vuorovaikutustapaa. Miten rakennetaan malli, joka simuloisi opettaja-oppilas –vuorovaikutusta opetustilanteessa? Artikkelissa käydään joukko *www*-avusteisen oppimisympäristön rakentamisen pulmakohtia ja huomioon otettavia seikkoja.

Ruiz (Ruiz & kumpp. 2003) kumppaneineen esittelevät artikkelissaan oman mallinsa internet-sivustosta. He pitävät tärkeänä, että sivun valikot ovat hyvin mietittyjä. Niiden täytyy noudattaa käyttäjän ajatuksenkulkua ja ennakoida käyttäjän seuraavaa siirtymää. Tällainen etenemismalli voi toimia kahdesta näkökulmasta:

- 1) *opettajälähtöisesti – opettaja (www-aineisto) on vastuussa oppilaalle, että aineisto on selitetty ja näin se määrää vuorovaikutuksen. Opettaja (www-aineisto) päättää, mitä sivulla selitetään.*
- 2) *oppilaslähtöinen – oppilas määrää vuorovaikutuksen ja määrittelee osittain tarvittavan tiedon. Näin vastuu ymmärtämisestä siirtyy oppilaalle tai se on jaettu. Tavallisesti oppilas haluaa käynnistää selitystä hakevan dialogin, joka jatkuu kunnes tyydyttävä vastaus on saatu. (Ruiz & kumpp., 2003)*

Se, miten tietoa tuotetaan sivulle, voi tapahtua usealla tavalla. Sisällön laajuutta, joka näytössä on olemassa, on pohdittava mm. sen vuoksi, että emme tiedä, mikä on käyttäjän tietotaso kyseisellä hetkellä (kts. kuva 9). Tätä voidaan lähestyä antamalla riittävä määrä taustatietoa, esimerkiksi **hyperlinkkien** takana olevilla tukisivuilla. Toinen tapa on se, että sivusto selvittää käyttäjän tietotason jonkinlaisella kyselyllä. Eräs tapa mahdollistaa tarvittavan taustatiedon saanti on rakentaa sivuston sisäinen (jos tukiaineistoa on riittävästi) **hakutoiminto** tai sitten liittää sivusto ulkopuoliseen haku-palveluun (esim. www.google.fi).

Pre-University Chemistry Course

The following teaching material is based on an extract from the book "Chemistry, Matter and the Universe" by Richard E. Dickerson and Irving Geis.

Richard Dickerson has kindly given us permission to use his text and the accompanying images in the creation of this multimedia enhanced learning resource.

The plug-ins SHOCKWAVE (for Flash and Director) and CHIME are required to view the multimedia animations and 3D molecules found throughout these web pages. Simply click on the icons below and follow the links for your free downloads:

You should use the latest versions of Netscape Communicator or Internet Explorer in order to view these web pages.

Preface

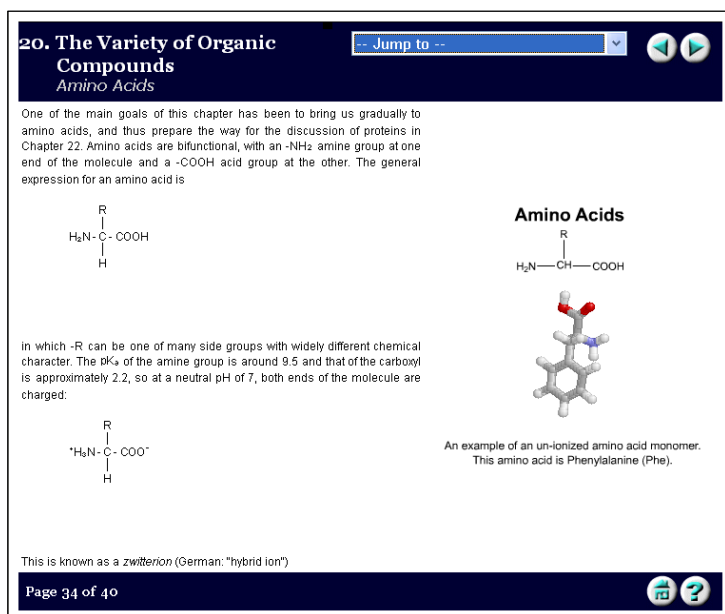
1. The View From a Distant Universe
2. Atoms, Molecules, and Moles
3. Eight Electron Chemistry: Lithium through Neon
4. Electron Sharing and Covalent Bonds
5. Gain and Loss of Electrons; Ions and Metals
6. Periodicity of Behaviour; Sodium Through Argon
7. Particles, Waves, and Paradoxes
8. The Machinery Behind the Periodic Table
9. Molecular Orbitals and Molecular Structure
10. Playing With a Full Deck; The Periodic Table
11. You Can't Get Something for Nothing: Conservation of Mass, Charge and Energy
12. Heat, Energy and Chemical Bonds
13. How To Measure Disorder
14. Chemical Equilibrium
15. The Rates of Chemical Reactions
16. Ions and Equilibrium; Acids and Bases
17. The Drive To Make Things Happen: Chemical and Electrical Potential
18. From Outer Space to Inner Space: Scale in the Universe
19. The Simple Compounds of Carbon
20. The Variety of Organic Compounds
21. Lipids and Carbohydrates
22. Proteins and Nucleic Acids: Information Carriers
23. Energy Transformations: Respiration and Photosynthesis
24. Enzymes and Catalysis
25. Self-Sustaining Chemical Systems: Living Cells
26. The Origin Of Life On Earth

The source of all energy on Earth is the sun which is symbolized as the above Zia Indian sign. The sun, which dominates our planet, actually is only one star in an immense universe of billions of stars.

[return to Access to Chemistry Menu](#)

[return to the virtual laboratory home page](#)

Kuva 9: Yliopisto-opintoihin orientoiva kemian *www*-aineisto
<http://www.chem.ox.ac.uk/vrchemistry/foundation.html>



Toinen esimerkki virtuaaliaineistosta on kuvassa 10.

Ruiz kumppaneineen (Ruiz & kumpp., 2003) toteaa artikkelinsa keskusteluosiossa, että kuten reaali maailmassa tapahtuvassa opetuksessa, tietokoneavusteinen opetus hakee tietyn asteista virtuaalista opettaja-oppilas-vuorovaikutusta, joka tuo oppimisprosessiin sopivan henkilökohtaisen otteen. Sellaisen www-aineiston tuottaminen, joka mahdollistaa tällaisen vuorovaikutuksen, edellyttää oppimisympäristöä, jossa on käytössä keskustelufoorumi ja jonkinlainen sähköpostijärjestelmä (vrt. esimerkiksi WebCT).

Kuva 10: Virtuaaliaineisto, esimerkksisivu aminohapoista

<http://www.chem.ox.ac.uk/vrchemistry/OrgCompounds/HTML/page34.htm>

McInnerney ja Roberts (McInnerney & Roberts, 2004) ovat artikkelissaan määritelleet kolme toimintamallia, joilla voisi

lisätä sosiaalista vuorovaikutusta verkossa. Yhteisöllisyyden tunteeseen on usein liitetty paikka-orientoitunut lähestymistapa. Kokoon tuleminen yhteen tietyn yhteisen asian tai tekemisen vuoksi on ollut kantava ajatus yhteisön määrittämisessä. Nykyään tällainen lähestymistapa on muuttumassa ”maantieteellisestä” vuorovaikutuksen suuntaan. Verkossa on mahdollista toteuttaa vuorovaikutusta asynkronisesti (eriaikaisesti) tai synkronisesti (samanaikaisesti, online).

Artikkelin kirjoittavat esittävät, että

1. käytetään enemmän synkronisia kommunikointityökaluja (*chat, messenger tms.*), ei asynkronisten työkalujen sijaan vaan niiden lisäksi
2. rakennetaan ”lämmittelyosio” tai ”yhteisön muodostumisvaihe” osaksi kurssia ja
3. kannustetaan enemmän ohjeiden avulla toimivaan online-vuorovaikutukseen

Nämä toimintaideat lisäisivät merkittävästi verkkopohjaisen oppimisalustan vuorovaikutuksellisuutta. Niiden toteuttaminen vaatii kuitenkin kurssien suunnittelijoilta, ohjaajilta ja opettajilta uudentyyppistä lähestymistapaa kurssin toteuttamiseen. Aivan samalla tavalla, kun opettaja joutuu pohtimaan perinteisen luokkatilanteen hallintaa, hän joutuu tässä verkkomuotoisessa opetuksessa pohtimaan online-tilanteen rakentamista ja hallintaa.

Internetissä olevan aineiston ylivoimainen etu on siinä, että se voi olla laajuudeltaan lähes rajaton. Se voi lähteä perusasioista ja antaa opiskelijalle mahdollisuuden tutustua pitkälle meneviinkin teoreettisiin seikkoihin ja toisaalta käytännön sovelluksiin. Esimerkiksi spektroskopiassa erilaisten spektrien kokoelmia on hankala säilyttää paperilla tai on vaikeaa muodostaa laajoja kirjastoja. Sitä vastoin internetissä toteutettu kirjasto ei kärsi rajoituksista.

4.5 Oppiminen lukemalla www-aineistoja

Lavonen & kumppanit (Lavonen & kumppanit, 2001) ovat artikkelissaan pohtineet tekstistä oppimiseen liittyviä asioita. Uuden kokonaisuuden konstruomiseksi oppijan pitää saada käyntiin oppi-

misprosessi. Lukemiseen vaikuttavat aikaisempi tieto asiasta, konteksti ja paikka, jossa prosessi tapahtuu. He korostavat, että ”lukeminen on aktiivinen prosessi, jossa lukija konstruoi uutta tietoa prosessoimalla lukemaansa tekstiä” (Lavonen & kumppanit, 2001). Oppijan tekstin lähestymistapa vaikuttaa oppimiseen eli pyrkiikö oppija vain tekstin sanatarkkaan muistamiseen (pintaprosessointi, atomistinen lähestymistapa) vai tekstin sisällön ymmärtämiseen (syväprosessointi, holistinen lähestymistapa). Aineistojen tuottaminen verkkoon vaatii ottamaan huomioon molemmat lähestymistavat. Opettajan tapa hyödyntää aineistoja ja varmistaa, että oppiminen voi tapahtua monella tavalla.

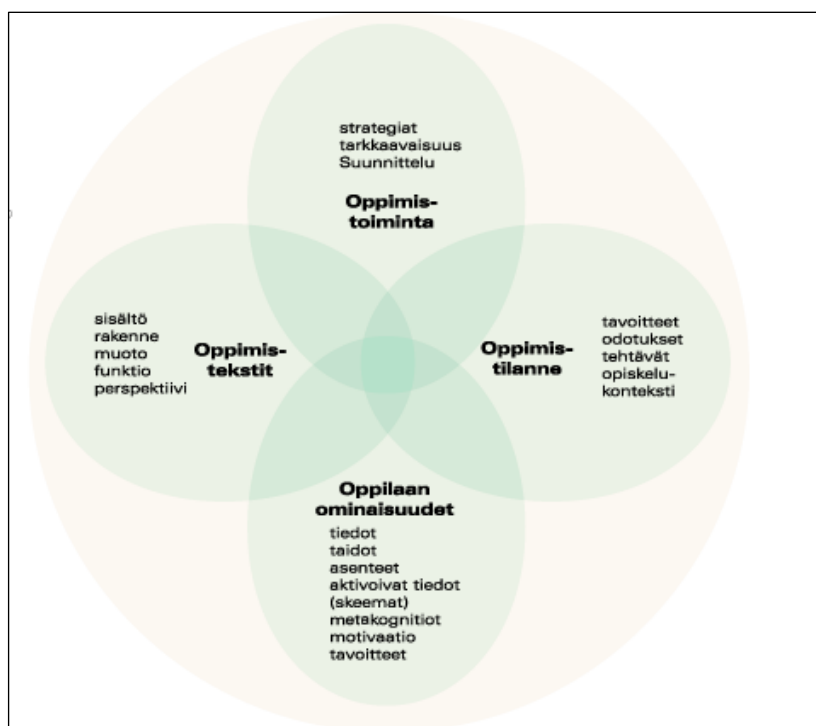
Lavonen ja kumppanit (2001) viittaavat Bakerin (1991) pohdintoihin ongelmista, joita oppilaat kokevat lukiessaan luonnontieteellistä tekstiä. Näitä läpikäydessä www-aineistojen tuottamiselle asetetaan selkeitä vaatimuksia. Taulukossa 4 on lueteltu huomioita www-aineistojen tuottamisessa:

Taulukko 4: Luonnontieteelliseen tekstiin liittyvien seikkojen huomioon ottaminen www-aineistojen tuottamisessa

Lavonen ja kumppanit (2001)	Huomio
<i>Tekstit ovat abstrakteja ja vaikeita ymmärtää oppilaille.</i>	Hypertekstit ja hypermedian käyttö www-aineistoissa mahdollistaa abstraktien tekstien visuliasoinnin kuvilla, videoilla, ääniefekteillä. Voidaan yhdistää erilaisia oppimistyyplejä.
<i>Tekstit eivät yllytä tekemään omia havaintoja eivätkä ohjaa ongelmanratkaisuun.</i>	Tyypillisten www-aineistojen ongelma. Sivuista voi tehdä myös interaktiivisen (sivu, joka pyytää ensin vastauksia ja antaa tulokset vasta sen jälkeen). Pyrkimys ongelmanratkaisuun voi olla myös koko sivuston lähtökohta.
<i>Oppimateriaalien lähestymistapa ei ole luonteva: havainnoista kohti käsitteitä.</i>	www-aineistoissa voi hyödyntää soveltuvin osin kaikkia lähestymistapoja
<i>Opetussuunnitelman perusteissa opetuksen tavoitteeksi asetetaan oppilaiden ohjaaminen kokeelliseen työskentelyyn, havaintojen tekemiseen ja tehtyjen havaintojen pohjalta selitysten antamiseen.</i>	Hyvissä www-aineistoissa voidaan opastaa kokeellisen työskentelyn kaikkia vaiheita esim. videokuvin – tilanteita voi pysäyttää tai esittää kuvin. Omassa työskentelyssä tilanne saattaa mennä nopeasti ohi (ja uusiminen aikaa vievää) ja havainnot jäävät huomioon ottamatta.
<i>Oppimateriaalissa lähdetään kuitenkin usein liikkeelle käsitteiden määritelmistä ja ilmiöiden selityksistä - siis valmiista tiedoista.</i>	www-aineistot mahdollistavat käsitteiden rakentamisen mahdollistavat työskentelyn (voidaan tuottaa ja hyödyntää laajoja aineistoja; myös kalliita aineita vaativien ilmiöiden näyttäminen onnistuu - selityksien pohjalta löytyvät itse ilmiöt (esim. vedyn reaktiivisuus, Zeppelinin räjähdys)
<i>Uusien sanojen ja käsitteiden määrä on suuri ja käsitteitä ei määritellä selkeästi. Uudet käsitteet eivät rakennu aikaisempien varaan.</i>	www-aineistojen hypertekstiominaisuus mahdollistaa käsitteille selitykset - lukiessaan hypertekstejä oppija halutessaan voi varmistaa oman käsityksensä hyperlinkit takaa
<i>Oppimateriaaleissa olevan tekstin rakenne on epämääräinen.</i>	www-aineistojen rakennetta voidaan kuvata linkkiluetteloilla (vaaka, pysty), hyperlinkkeillä tekstissä, miellekartoin (jossa hyperlinkit), sivukartalla, navigointipolulla jne.

<i>Oppilailla on runsaasti ennakkokäsityksiä luonnontieteellisistä käsitteistä. Ennakkokäsitykset ovat usein ristiriidassa oppimateriaalin tekstin kanssa.</i>	oppilaiden ennakkokäsityksiä voidaan myös purkaa viittaamalla niihin esim. diagnostisen testin avulla (kurssin alussa tehtävä testi), jonka tuloksissa viitataan oikeisiin vastauksiin tai linkkeihin, joista selviää oikeat vastaukset
<i>Oppilaiden aikaisemmat tiedot ovat liian vähäiset verrattuna siihen, mitä tekstin ymmärtäminen edellyttää. Tiedot vaihtelevat oppilas-kohtaisesti.</i>	www-aineistossa täytyy selkeästi käydä ilmi, mitä milläkin tasolla vaaditaan
<i>Oppilaita ei ole koskaan opastettu, kuinka lukemalla voi opiskella.</i>	Oppimisympäristö ohjaa lukemista hyperlinkeillä, sivustoilla olevilla linkkilistoilla

Taulukossa 4 olevat kommentit muodostavat tärkeitä lähtökohtia www-aineiston tuottamiselle. Seuraavassa kaaviossa Kaartinen (Kaartinen, 1996) esittää oppimisen osatekijöiksi mm. oppimistekstit, oppimistoiminnan, oppimistilanteen ja oppilaan omat ominaisuudet.



Oppimisteksteihin liittyvät sisältö, rakenne, muoto, funktio ja perspektiivi. Oppimistoiminta vaatii strategian, tarkkaavaisuuden ja suunnittelun nivomista kehittämiseen. Oppimistilanteessa huomio kiinnitetään tavoitteisiin, odotuksiin, tehtäviin ja opiskelun kontekstiin. Oppilaan omat ominaisuudet pitäisi myös pystyä hyödyntämään aineiston suunnittelussa. Erityiselle sijalle nousevat asenteet, aktivoivat tiedot ja motivaatio.

Kuva 11: Kaartinen (1996, 31) on esitellyt tekstistä oppimisen osatekijöitä

4.6 Kemiaallisen ajattelun tasot verkkotuetussa opetuksessa

Kemian opettajakoulutuksessa ja kemian opetuksen tutkimuksessa on vallalla ajattelu, joka jakaa kemiallisen ajattelun tasot neljään: mikrotaso, makrotaso, symbolitaso ja algebrallinen taso (katso kuva 12).



Kuva 12: Kuvaus kemiallisen ajattelun tasoista (AMy, 2004)

Internetin hyödyntäminen visuaalisena työkaluna ja juuri hypermedian soveltaminen erityisesti mikrotason ilmiöiden havainnollistamisessa (esimerkiksi molekyytitason värähtelyt tai molekyyli 3D-rakenne) ovat uusia mahdollisuuksia.

Oppimateriaalin tuottamisen yhteydessä ajattelun eri tasojen ja myös erilaisten oppijoiden huomioon ottaminen vaatii tarkkaavaisuutta, mutta työkaluja on useampia kuin perinteisen opetuksen ja oppikirjojen tapauksessa.

Miltä sitten sivuston pitäisi näyttää ja mitä aineisto sisältäisi, jos nämä tasot huomioitaisiin? Tästä ei ole olemassa tutkimuksia. Tässä työssä yritetään hieman lähestyä tätäkin näkökulmaa.

Seuraavaan taulukkoon on koontu ajatuksia, joilla www-aineistolla voidaan tukea eri ajattelun tasojen huomioimista:

Taulukko 5: Ajattelutasojen tukeminen www-aineistolla

Ajattelun taso	Mahdollisuuksia	Huomioita, ongelmia
Mikrotaso	Mallintamisohjelmien käyttö ja kuvien, animaatioiden hyödyntäminen	Edellyttää kalliita ohjelmia tai ainakin erillisten ns. plugin-ohjelmien asentamista
Makrotaso	Erilaisten toimintojen simulointi	Edellyttää oppimisen näkökulmasta varsin laajaa asioiden pohdintaa (tästä alla enemmän)
Symbolitaso	Symbolien selittämiseen voidaan käyttää hypermedian tuomia mahdollisuuksia	Symbolitasoa voidaan tukea niin hyperlinkin kuin erillisillä kirjastoilla
Algebrallinen taso	Internet-aineistoihin voidaan tuoda sekä valmiita laskentapohjia (esim. testit) tai sivuja, jotka ohjaavat tietynlaisiin toimintamalleihin (ja algebrallisiin esityksiin)	Matematiikan tuominen sivustolla edellyttää ohjelmointitaitoja sivujen tuottajilta (tavalliselle opettajalle jo hieman liian aikaa viepää)

Näiden eri tasojen huomioiminen on merkityksellistä kemian oppimisessa. Tästä on olemassa lukuisia tutkimuksia ja artikkeleita. Vertaile esimerkiksi Gabelin artikkelia (Gabel, 1999) ja Justin ja Gilbertin artikkelia mallintamisesta Gilbertin toimittamassa kirjassa *”Chemical Education: Towards Research-based Practice”* (Gilbert, 2002). Gabel korostaa kaikkien tasojen merkitystä. Ongelmana ei ole se, että asioita kyetään esittämään kolmella eri tasolla, vaan että valtaosa asioista esitellään vain symbolisella, kaikkein abstraktisimmalla tasolla. Mikrotason ymmärtäminen vaatii

kykyä yhdistää hiukkaset malleihin tai analogioihin. Tähän taas paneutuu em. Gilbertin ja Justin artikkeli.

Internet ja juuri sen mahdollistaman hypermedian käyttö antavat makrotasolla uusia ulottuvuuksia. Koska osa kemiallisesta analytiikasta perustuu kalliiden laitteiden tai aineiden käyttöön, ei niiden käyttö kouluissa ole suosittua. Tämä saattaa olla esteenä kemian kannalta merkityksellisten ja opettavien tilanteiden demonstroimisessa.

CTE-konferenssin julkaisussa (Toim. Méndez-Vilas, González-Pereira, González & González 2005) Huhtamäki, Ranta ja Pohjolainen artikkelissaan *"On the modelling-based framework for the instructional assessment of dynamic processes"* pohtivat juuri simuloinnin merkitystä ja arviointia opetuksessa. Huhtamäki & kumppanit (em.) toteavat, että simulointia hyödyntävät oppimisympäristöt ovat monimutkaisia (ei ehkä tekniseltä toteutukseltaan – voi olla pelkkä videokokoelma) opetuksen ja oppimisen näkökulmasta. Kirjoittajat viittaavat aiempiin tutkimuksiin ja ovat koonneet joukon vaatimuksia, jotka tällaisen oppimisympäristön on toteutettava. Ensimmäinen edellytys on se, että simuloidut tapaukset esitetään autenttisesti (situationaalisuus) eli oppilaille on kuvailtavissa, että tapaukset ovat todenperäisiä ja ne hoidetaan käytännössä kuvatulla tavalla. Toiseksi on kuvattava riittävästi tilannetta, jotta oppijalle ei synny liian suurta kognitiivista kuormaa. Oppimisympäristön pitää mahdollistaa joustava siirtyminen konkreettisesta tapauksesta systemaattiseen teoreettiseen malliin. Neljänneksi on oltava palautejärjestelmä, joka rohkaisee oppijoita arvioimaan omia ratkaisujaan. Näiden lisäksi oppimisympäristön pitäisi tukea oppija-oppija- ja oppija-opettaja-vuorovaikutuksia sekä integroitua koko ohjeistettuun kontekstiin. Oppimisympäristön pitää sisältää mielenkiintoisia ja motivoivia tehtäviä sen sijaan, että ne olisivat steriilejä ongelmia. Ohjeistuksen ja tutkimisen integrointi on suositeltavaa, samoin kuin päätöksenteon, suunnittelun ja prosessin ohjauksen tukeminen pelkän simuloinnin kontrolloinnin lisäksi. Simuloinnissa on tärkeää, että oppija harjoittelee työn suunnittelua niin strategisella, taktisella kuin operationaalisellakin tasolla. Miten tällaista oppimista arvioidaan, onkin jo toinen asia.

5 Katsaus työhön liittyvään tutkimukseen ja vastaavanlaiseen kehitystyöhön

5.1 Katsauksen rajausta

Tutkimuksen kemiaa koskeva osio on rajattu kromatografian ja spektroskopian osalta sellaisten perusteiden esittelyyn, jotka on ollut mielekästä tuoda kehityskohteena olevaan www-aineistoon oppilaille ja opetuksen tueksi opettajille. Katsauksessa paneudutaan siihen, millaista kehittämistyötä on tällä hetkellä toteutettu ja mikä on mahdollinen suuntaus.

Se, miten opettajat hyödyntävät opetuksessa verkkoaineistoja ja millaista aineistoa he hyödyntävät muodostaa oman selkeän kokonaisuuden. Siihen liittyen on toteutettu teemahaastattelu, joka esittelee tutkimustuloksia käsittelevässä osiossa. Garrison kumppaneineen (Garrison & muut, 2001) on tutkinut opettajien harjoittelun merkitystä www-pohjaisten järjestelmien käyttöönottamisessa. Vaikka tutkimuksen kohderyhmä oli pieni, tulokset kuitenkin osoittivat sen, että opettajien face-to-face -pohjaisella harjoittelulla on selkeä positiivinen vaikutus www-pohjaisen järjestelmän käyttöönottamisella. Opettajien uskomuksien muuttaminen teknologian opetuskäytön suhteen ei ole helppoa.

5.2 AROW eli Action Research On Web



Kuva 13: AROW (<http://www2.fhs.usyd.edu.au/arow/>)

AROW (Action Research On Web) on projekti, jossa toimintatutkimusta opetetetaan verkossa. Hughes (Hughes 2001) on tutkimuksessaan kysynyt, mitkä ovat optimiolosuhteet toimintatutkimuksen verkkopohjaiselle oppimiselle. Verkko luo hyvät mahdollisuudet tiedon ja oppisisällön jakamiseen vaikka ympäri maailman.

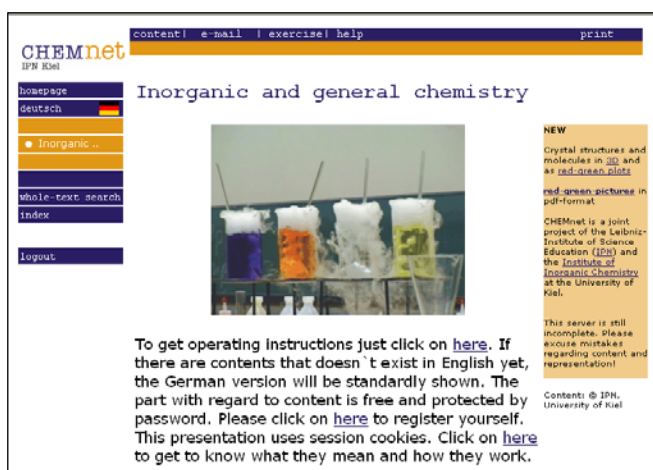
Verkko luo myös uusia mahdollisuuksia pienryhmäopiskelulle. Hughes (em.) asettaa kyseenalaiseksi käsitteen virtuaaliopiskelija. Opiskelijoiden työskentelevät tietyssä paikassa, tietokoneen edessä. Opiskelija käyttää vain osan aikaa elämästään tai opiskelustaan

verkossa. Muu aika tapahtuu reaali maailmassa. Hänen mielestään puhuminen virtuaaliluokista synnyttää virhe käsityksen. Tämän vuoksi meidän on syytä pitää koko ajan mielessä se, että todellisessa elämässä opiskelijoiden tilanteet ja oppimiskokemukset vaihtelevat. AROW-projektissa opiskelijat eivät opiskelleet online-tilassa, vaan he käyttivät online-materiaaleja ja kommunikointivälineitä oppiakseen arkipäivän tilanteissa, työpaikoissa ja yhteisöissä.

5.3 KOD eli Knowledge on Demand

Internet-pohjaisen opetuksen mahdollisuuksia on pohdiskeltu Karagiannidoksen ja kumppaneiden (Karagiannidis & muut 2001) artikkelissa. He pohdiskelevat sellaisen internet-pohjaisen aineiston luomista, joka mukautuu erilaisiin kursseihin. Internetiä pidetään hyvin epästrukturoituna rakenteena. Miten tätä voitaisiin korjata, jotta www-aineistoja voitaisiin paremmin hyödyntää opetuksessa, on artikkelin perimmäinen kysymys.

KOD (Knowledge on Demand) -nimisessä eurooppalaisessa projektissa kehitettiin tekniikoita, metodeja ja työvälineitä, jotta mukautuvan www-pohjaisen aineiston sisältömuoto löytyisi. Artikkelissa saa vahvan osuuden PL-tyyppisen (Personalised Learning) oppimisen mahdollistaminen. Tällä tarkoitetaan sellaisen oppimisympäristön luomista, joka mahdollistaa yksittäiselle opiskelijalle tiedon hankinnan oikeaan aikaan ja hänen henkilökohtaiseen tarpeeseen mukailtuna. KOD-järjestelmän ideana on järjestelmä, joka luo henkilökohtaiset oppimisväylät, jotka on synnytetty perustuen opiskelijan ominaisuuksiin. Järjestelmä seuraa näitä jatkuvasti.



Kuva 14: CHEMnet

(<http://www.chemievorlesung.ipn.uni-kiel.de/en/?id=1>)

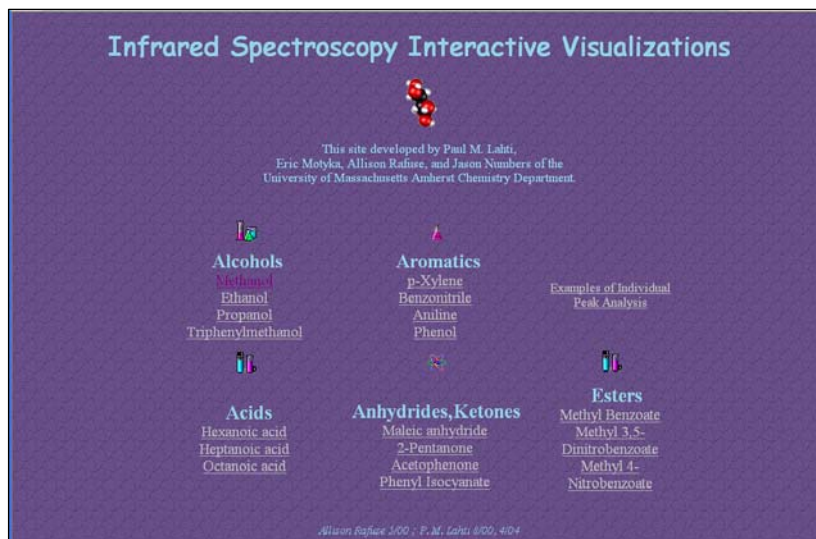
jotka muutenkin viettävät aikaansa tietokoneen parissa. Väline on heille tuttu. Tutkimuksessa (Nick ja muut, 2003) todettiin, että CHEMnetiä käytettiin usein perinteisenä oppikirjana. Tämä voitiin todentaa siitä, että pystyttiin määrittelemään, miten paljon sivuja oli tulostettu. Tämä seikka on aina huomioitava sivustoja tuotettaessa. Omassa kehittämistyössäni ratkaisuna käytin mm. PDF-tiedostomuodon hyödyntämistä.

5.4 CHEMnet

Nickin ja kumppaneiden (Nick & muut, 2003) artikkelissa on arvioitu kuvassa 14 esiteltävää CHEMnet-sivustoa. Tutkimuksessa todettiin, että aineistona se on toiminut myös opettajien tuntisuunnittelun välineenä. Syiksi tähän löydettiin: CHEMnet on ilmainen, sisältö on rakenteeltaan selkeä, se sisältää multimediaa, joita ei löydä oppikirjoista. Lisäksi tiedonsaanti on nopeaa ja helposti saataville olevaa.

Kaikki opiskelijat CHEMnet -aineistoa eivät käyttäneet sivustoa oppikirjojen sijaan. Osa halusi edelleen käyttää myös perinteistä oppikirjaa. CHEMnetiä käyttivät ne opiskelijat,

5.5 Interaktiivinen IR-spektrien visualisointi

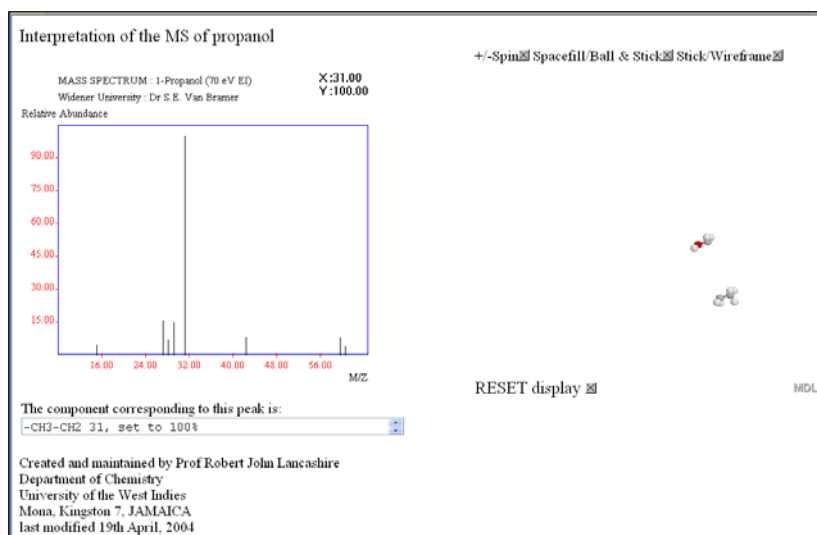


Kuva 15: Kuvassa Paul Lahden projektin spektrien alkusivu, lähde: <http://www.chem.umass.edu/~nermmw/Spectra/irspectra/index.htm>

ja voi halutessaan tutkia visuaalisesti spektrin eri piikkien ja värähdyksien vastaavuutta, hän oppii paremmin ymmärtämään tätä. Valitettavasti tällaisen sivuston tuottaminen ei onnistu tavallisilla nettityökaluilla.

Paul Lahti kumppaneineen (Lahti & muut, 2000) on artikkelissaan tutkinut IR-spektrien interaktiivisen visualisoinnin merkitystä spektroskopian oppimisessa. He asettivat spektroskopian opettamisessa oman kehitystyön yhdeksi tavoitteeksi, että opiskelijat tunnistavat yhteyden spektrin muutoksien ja molekyyliarakenteiden välillä. Kuvassa 15 on projektin yksi aikaansaannos, jolla voi tutkia spektrin piikkien ja kyseisen molekyylin eri värähdyksien vastaavuutta.

Paul Lahti kumppaneineen haluaa antaa ymmärtää, että kun opiskeli-



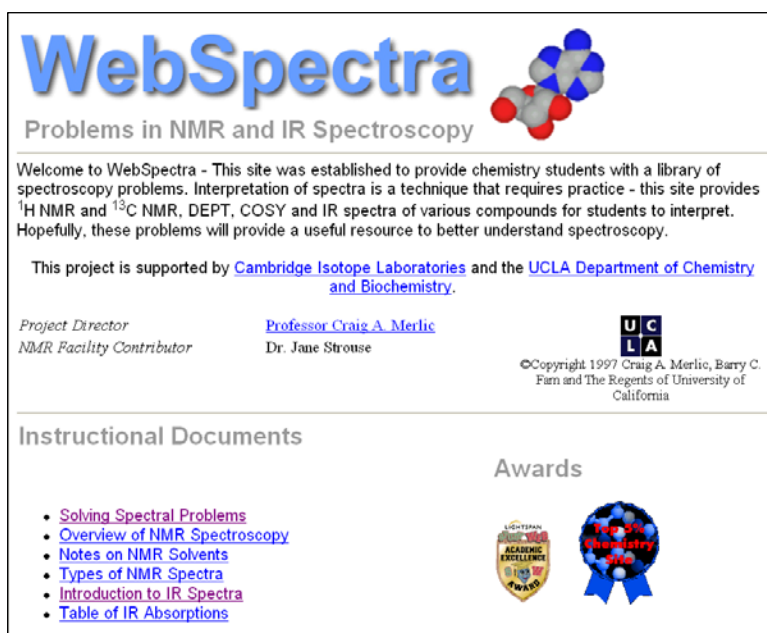
Kuva 16: Massaspektien tulkinnan tukeminen ohjelmallisesti. Tässä on esitetty propanolin MS-spektri ja kuvattu Spartanin molekyyli mallin-
nusohjelman avulla molekyylien hajoaminen tukemaan spektrin tulkintaa,
lähde: [http://wwwchem.uwimona.edu.jm:1104/spectra/
msanim/propanol/propanol.html](http://wwwchem.uwimona.edu.jm:1104/spectra/msanim/propanol/propanol.html)

Lundberg (Lundberg, 1997) on jo vuonna 1997 artikkelissaan (koskien NMR-ohjelmistojen käyttöä opetuksessa) todennut, että tietokonepohjaisen opastamisessa on etunsa simuloinnin ja visualisoinnin osalta, kokeellisen aineiston simuloinnissa (spektrit) ja aineiston analysoinnissa. Esimerkiksi kuvassa 16 esitetään massaspekttrin ja pallotikkumallin avulla rakennettujen molekyylien selittävä alkuperä molekyylin rakenteelle.

5.6 WebSpectra -sivusto

Lähelle tämän tutkimuksen analyyttisen kemian viitekehystä päästään WebSpectra-sivustolla (<http://www.chem.ucla.edu/~webspectra/>). Se on kuitenkin enemmänkin kirjasto spektroskopiotehtävistä ja niiden ratkaisuksista. Sivustolla (kuva 17) on käytetty hyvin erilaisia internetin mahdollistamia työkaluja.

Merlicin ja kumppaneiden artikkeli (Merlic ja kumpp., 2001) esittelee sivuston rakennetta ja toimivuutta. He esittelevät sen merkitystä, että spektriongelmien ratkaisemisen yhteydessä on hyvä olla myös spektroskopian perusteisiin liittyvää tietoa.



Kuva 17: WebSpectra -sivusto (<http://www.chem.ucla.edu/~webspectra/>).

5.7 Helsingin Yliopiston kemian laitoksen orgaanisen kemian Nettilabra



Kuva 18: Orgaanisen kemian Nettilabra <http://reagenssi.kemia.helsinki.fi/nettilabra/> (vaatii HY-verkkoyhteyden)

taustamateriaalista. Tämä käsillä oleva työ osaltaan tukee tätä, koska Nettilabran sivuilla on varsin vähän niin kromatografiaa kuin spektroskopiaakin käsittelevää aineistoa.

Helsingin Yliopiston kemian laitoksen orgaanisen kemian laboratoriossa on kehitetty Nettilabra (kuva 18).

Nettilabra sisältää orgaanisen kemian perustöiden ja syventävien töiden (laudaturtyöt) synteesien ohjeet, kvalitatiivisten analyysien osoitusreaktiot, ohjeet laitteiden käyttöön (mm. TLC, IR-spektrometri) kuvatut reaktiomekanismeista (flash-animaatiot), mahdollisuuden katsoa molekyyliä kolmiulotteisesti (java-appletti) jne.

Nettilabra on käytännössä täydellinen kokonaisuus orgaanisen kemian perustöiden (I ja II) ja laudaturtöiden aineistoista, raportointilomakkeista, ohjelmistolinkeistä (laudaturtöissä edellytetään kemian piirto-ohjelmien käyttöä) ja vaadittavasta

Kromatografiassa on esitelty lyhyesti ohutkerroskromatografian periaate ja laitteet (liittyy yhden synteisin tuotteen, bentsoinin, karakterisointiin). Infrapunaspektroskopian kohdalla (taulukko 6) on esitelty laitteen käyttöön liittyvät toimet usean kuvan ja niihin liittyvien ohjeiden avulla. Varsinaista spektrien tulkintaa ohjeissa ei tueta.

Taulukko 6: Poimintoja NettiLabran IR-spektroskopiaa koskevasta osiosta (lähteenä kyseessä olevat sivut, kts. kuva 18)

IR-ohjeet I	IR-ohjeet III
Päävalikko: - NettiLabran etusivu - Yleisiä laboratoriotietoja - Työohjeet - Työturvallisuus - Läsitävara - Reaktiomekanismit - Laitteistot ja työmenetelmät - Tuotteen karakterisointi - Toiden raportointi - Kemikaalilietokanta - Kurssin arviointi ja palaute - Asistentit Yhteystiedot: Organisen kemian assistenttitiimimme A. I. Virtasen aukio 1 (PL 55) 00014 Helsingin yliopisto puh. (09) 191 50426 fax (09) 191 50366 Ohjeet kiertävän näytteen IR-spektrin mittaamiseen - Käynnistä tietokone (käyttäjätunnuksen ja salasanan löydät koneen vierestä) ja Spectrum-ohjelmaa työpöydältä - Laitte kytetty tankistuksen jälkeen haluttu aila taustaspektri, joka vähennetään jokaisesta ajettavasta spektristä. Klikkaa Background-nappulaa. Seuraava	Päävalikko: - NettiLabran etusivu - Yleisiä laboratoriotietoja - Työohjeet - Työturvallisuus - Läsitävara - Reaktiomekanismit - Laitteistot ja työmenetelmät - Tuotteen karakterisointi - Toiden raportointi - Kemikaalilietokanta - Kurssin arviointi ja palaute - Asistentit Yhteystiedot: Organisen kemian assistenttitiimimme A. I. Virtasen aukio 1 (PL 55) 00014 Helsingin yliopisto puh. (09) 191 50426 fax (09) 191 50366 - Käynnistä ohjelmasta Instrument-valikosta Monitor - Laita ruuvim holkki ja punista näytettä timanttia vasten kiristämällä ruuvia. Edellinen Seuraava
Päävalikko: - NettiLabran etusivu - Yleisiä laboratoriotietoja - Työohjeet - Työturvallisuus - Läsitävara - Reaktiomekanismit - Laitteistot ja työmenetelmät - Tuotteen karakterisointi - Toiden raportointi - Kemikaalilietokanta - Kurssin arviointi ja palaute - Asistentit Yhteystiedot: Organisen kemian assistenttitiimimme A. I. Virtasen aukio 1 (PL 55) 00014 Helsingin yliopisto puh. (09) 191 50426 fax (09) 191 50366 Ylläastentti Jorma Koskimies Huone C234 puh. (09) 191 50402 Sivut päivitetty 07.06.2005 Edellinen Seuraava	Päävalikko: - NettiLabran etusivu - Yleisiä laboratoriotietoja - Työohjeet - Työturvallisuus - Läsitävara - Reaktiomekanismit - Laitteistot ja työmenetelmät - Tuotteen karakterisointi - Toiden raportointi - Kemikaalilietokanta - Kurssin arviointi ja palaute - Asistentit Yhteystiedot: Organisen kemian assistenttitiimimme A. I. Virtasen aukio 1 (PL 55) 00014 Helsingin yliopisto puh. (09) 191 50426 fax (09) 191 50366 Edellinen Alkuun

5.8 www-pohjaiset oppimisen työkalut

Kirjallisuudessa www-pohjaisilla oppimisen työkaluilla (Web-based learning tools) tarkoitetaan teknisiä alustoja, joita hyödynnetään verkkopohjaisessa opiskelussa. Tällaisia ovat mm. WebCT, FirstClass ja Moodle. Näiden työkalujen käyttöä on tutkittu lukuisissa yhteyksissä. Tutkimuksissa on lähestytty asiaa yleensä käytettävyyden näkökulmasta⁴.

Storey kumppaneineen (Storey ja muut, 2002) omassa artikkelissaan toteavat, että kun verkko-ohjelma-aineisto on suunniteltu koulutukselliseen käyttöön, on otettava huomioon perinteisestä ope-

⁴) Kuten esim. Levin artikkeli osoitteessa http://stats.bls.gov/ore/html_papers/st960150.htm. Käytettävyyssasioissa viitataan hyvin usein käytettävyyssgurun Jakob Nielsenin artikkeleihin, kts. <http://www.useit.com/>.

tuksesta poikkeavia uusia periaatteita, kuten oppimisaktiviteettien muotoilu ja oppijan kyky kontrolloida aineiston vaikeusastetta.



Verkko-opiskelun laajentuminen on tosi-asia. Kysymys asettuu niin päin, että mikä ovat sen perustelut ja miten ne otetaan huomioon verkko-opetuksen kehittämisessä. Oheisessa kuviossa on Mannisenmäen ja Mannisen (Mannisenmäki & Manninen, 2004, s. 70) perustelua verkko-opetuksen lisäämiseksi hieman sovellettu ja laajennettu. Perustelut on jaettavissa opiskelija-, organisaatio-, sisältö- ja opettajakeskeisiin perusteluihin.

Kuva 19: Verkko-opetuksen laajentumisen perusteluja

Uudet tekniikat ovat tuoneet myös ongelmia, joihin on jo alettu paneutua. Internetin käyttö voi vääristää oppimista. Tarvitaan uusia menetelmiä ja uusia toimintatapoja. Myös oppimiskäsitykset asettuvat uuteen tilanteeseen. Web-pohjaisen oppimisen suunnittelun kirjan kirjoittanut Horton (Horton, 2000, s. 34-43) toteaa, että verkko-opiskelussa suurimpana ongelmana on pidetty ja pidetään edelleenkin luonnollisen kontaktin katoamista. Tämä virhearvio on osaltaan johtanut siihen, että verkkoympäristöihin rakennetaan toimintoja ja oppimistehtäviä, jotka synnyttävät tavoitteetonta vuorovaikutusta eli vuorovaikutusta vain sen itsensä vuoksi ja vain sen mittaamiseksi. Osaltaan tällaisen virheellisen toimintamallin ovat synnyttäneet juuri sellaiset tutkimukset, joissa on mitattu vuorovaikutuksen määriä ja pidetty vain sitä oppimisen mittareina. Sisällön ja vuorovaikutusta tukevan ohjauksen merkitys ja tutkiminen katoavat chat- ja keskustelufoorumikehityksen tieltä.

Esimerkkinä on Kreutzin ja kumppaneiden artikkeli (Kreutz & kumpp., 2000), joka esittelee Net-Chat -työkalua, Yangin ja kumppaneiden artikkeli (Yang & kumpp., 2004) puolestaan pohtii kahta metatietomallia (sisältö ja viite –mallit) ja niiden rakentamisen perusteita. Tällaiset pohdinnat eivät helposti huomioi oppimisen viitekehyksen muita ulottuvuuksia, vaan korostavat liaksi oppimisympäristön vuorovaikutuksellista (ja tarkemmin kommunikoinnin) ulottuvuutta.

Paulisse kumppaneineen (Paulissa & kumpp., 1999) toteaa artikkelinsa lopuksi harvoin esille nostetun mahdollisuuden, jonka oppimisympäristön keskustelufoorumi kenties antaa. Keskustelufoorumi voisi toimia kurssin luentojen (jotka tietenkin on löydettävissä internet-sivuilla) läpikäyntinä – ongelmien tai epäselvyyksien poistamisena – ja mahdollisten kotitehtävien työstämisen ympäristönä. Sinänsä taas keskustelua voidaan käydä muuallakin, mutta verkkopohjaisessa keskustelufoorumissa ylivoimaiseksi eduksi muodostuu seikka, että keskustelu tallentuu ja siihen voi palata myöhemmin. Näin keskustelu arkistoituu. Lisäksi verkkokeskustelu avaa keskustelua myös niille, joille on vaikeaa osallistua keskusteluun perinteisessä face-to-face –tilanteissa.

Internetin hyödyntämisessä opettamisessa ja oppimisessa ei pidä jäljitellä kasvokkain tapahtuvaa opettamista ja oppimista. On löydettävä verkkopohjaisesta opiskelusta sen oma lisäarvo. Internet mahdollistaa aivan uudella tavalla opittavan aineiston strukturoinnin ja välittämisen. Virtuaalinen toimintaympäristö avaa reaaliaikaisesti paikasta vapaan yhteydenpidon. Virtuaalista todellisuutta voidaan hyödyntää ottamalla mukaan pelillisyyden elementtejä.

Tämän tutkimuksen yksi tärkeä tavoite on antaa oma panos tähän ajankohtaiseen pohdiskeluun.

6 Orgaanisen kemian analytiikkaa – Mitä ovat UV, IR, NMR-spektroskopiat ja MS –spektrometria

Tähän kappaleeseen olen koonnut sen teoreettisen aineiston, joka on käytännössä [www-aineistossa](#) niin oppilaiden kuin opettajienkin käytössä.

6.1 Spektroskopiasta yleensä

Spektroskopian ja -metrian lajeja ovat

1. **Molekyyli-spektroskopia**, jossa mitataan molekyyli-tilojen muutoksia. Tähän ryhmään kuuluvat - rotaatio- ja vibraatio-spektroskopia (infrapunaspektroskopia) ja Raman-spektroskopia
2. **Elektronispektroskopia**, jossa mitataan elektronitilojen muutoksia. Tähän ryhmään kuuluvat mm. UV/VIS-spektrometria, fluoresenssi, fosforesenssi
3. **Resonanssispektroskopia**, johon kuuluvat NMR ja ESR
4. **Massaspektrometria**

Tätä työtä varten tuotetussa [www-aineistossa](#) käsitellään tarkemmin IR- ja NMR-spektroskopioita molekyylien tunnistamisessa. Tässä teoreettisessa osiossa käydään läpi myös UV- ja massaspektrometrian liittyviä asioita (tämä osin siksi, että laitteita käytetään kromatografissa detektoreina).

Tutkimusongelmien ratkaiseminen perustuu hyvään menetelmään. Spektroskopian kohdalla tilanne on sama. Koska laitteet ovat kalliita, varsin harvoilla laboratorioilla on mahdollisuus käyttää kaikkia menetelmiä hyväkseen. Eri spektroskopiat antavat erilaista informaatiota, joita yhdistelemällä päästää hyvin lähellä ongelman ratkaisua. Tärkeää olisi löytää molekyylikaava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Normaalityöskentelyssä edetään seuraavan mallin mukaan:

1. **Massaspektrometrian** avulla määritetään moolimassa, tunnistetaan erilaisten isotooppien esiintyminen (^{35}Cl ja ^{37}Cl). Massaspektrometrin avulla on mahdollisuus tunnistaa molekyylin rakenteen erilaisia osioita.
2. **UV-spektroskopialla** voidaan selvittää muun muassa se, onko yhdiste konjugoitunut⁵. UV-spektroskopiaa käytetään myös pitoisuuksien mittaamiseen.
3. **IR-spektroskopialla** tunnistetaan funktionaalisia ryhmiä.
4. **^{13}C -NMR-spektroskopia** selvittää hiilien määrän ja tyyppin.
5. **^1H -NMR-spektroskopia** selvittää vetyjen tyyppien määrän, monta kutakin tyyppiä on, mitä tyyppiä nämä ovat ja miten ne ovat liittyneitä viereisiin atomeihin. Näillä tiedoilla päästään varsin pitkälle yhdisteen tunnistamisessa.

6.2 UV-spektroskopia

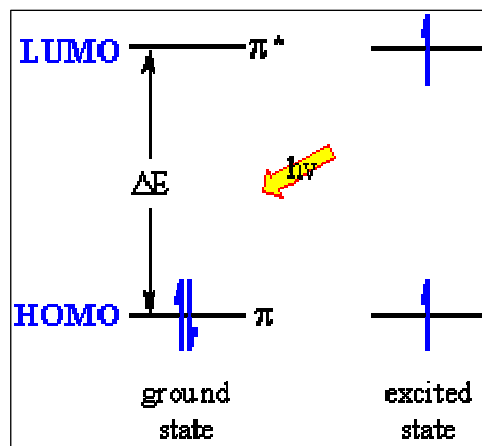
Ultravioletti-näkyvän valon spektrofotometria (UV = 190-380 nm, näkyvä valo = 380-800 nm) kuvaa elektronisia viritystiloja, joissa energiatasot vastaavat systeemin molekyyliorbitaaleja. UV-

⁵ Konjuguoitu systeemi on esim. molekyyli, jossa kaksoissidos ja yksinkertainen sidoks vuorottelevat

spektroskopia on käyttökelpoinen erityisesti konjugoituneiden (esim. useiden kaksoissidoksellisten molekyylien) rakenteiden identifioimisessa.

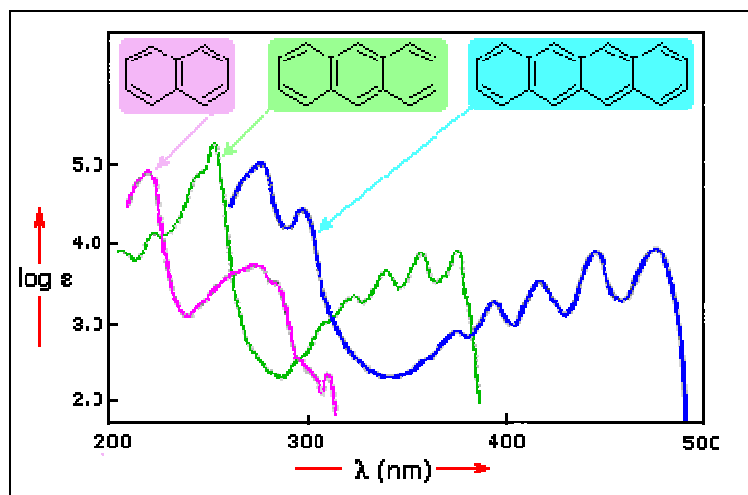
Matalin energiatason ero on perustason **HOMO-orbitaalin** (the highest occupied molecular orbital, korkein miehittynyt molekyyliorbitaali) ja **LUMO-orbitaalin** välillä (the lowest unoccupied molecular orbital, alin miehittymätön molekyyliorbitaali).

Kuva 20 esittää energiamuutosta ΔE näiden kahden molekyyliorbitaalin välillä. **Mitä enemmän molekyyli on konjugoitunut, sitä pienempi on tarvittava energian muutos ΔE .** Värit, jotka näemme musteissa ja kukissa, johtuvat tyypillisesti vahvasti konjugoituneista molekyyleistä. Molekyylin osaa, joka mahdollistaa absorption, kutsutaan kromoforiksi. Tästä ovat esimerkkeinä sidokset C=C ja C=O. Esimerkkejä ovat bentseenirenkaista syntyvät konjugoituvat yhdisteet: naftaleeni, antraseeni, tetraseeni (kuva 21).



Kuva 20 HOMO ja LUMO-orbitaalien välinen energiaero ja molekyylin virittyminen

(<http://www.chem.ucalgary.ca/courses/351/Carey/Ch13/ch13-uvvis.html#basics> , 26.8.2005)

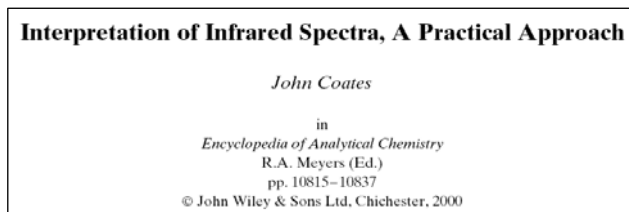


Kuva 21: Bentseeni antaa hyvin voimakkaan absorption välillä 180 nm, ja heikomman absorption aallonpituudella 200 nm. Lisääntyvä renkaan konjugaatio näkyy naftaleenin (viol.), antraseenin (vihr.) ja tetraseenin (sin.) UV-spektrissä selkeästi. Tetraseeni on luonnossa oranssin väristä. Lähde: <http://www.cem.msu.edu/~reusch/VirtualText/Spectrpy/UV-Vis/spectrum.htm>

UV-spektroskopiasta on internetissä runsaasti aineistoa, joskin valtaosaltaan englannin kielistä:

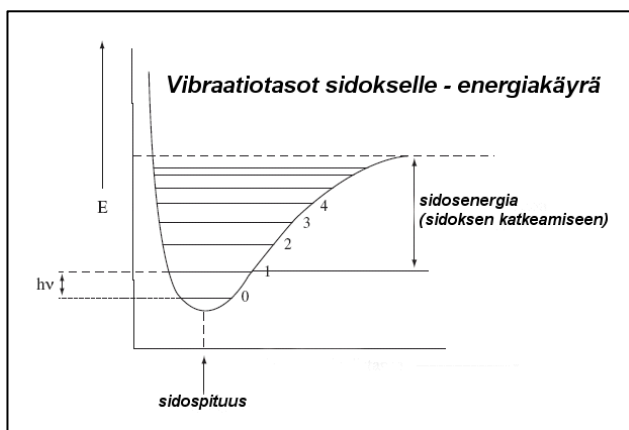
- <http://www.cem.msu.edu/~reusch/VirtualText/Spectrpy/UV-Vis/spectrum.htm>
- <http://www.cem.msu.edu/~reusch/VirtualText/Spectrpy/UV-Vis/uvspec.htm>
- <http://www.chem.ucalgary.ca/courses/351/Carey/Ch13/ch13-uvvis.html>
- <http://www.chem.ucalgary.ca/courses/351/Carey/Ch13/ch13-0.html>
- <http://www2.chem.ucalgary.ca/cgi-bin/csd.pl?question=1>
- <http://www.shu.ac.uk/schools/sci/chem/tutorials/molspec/uvvisab1.htm>
- <http://www.chemistry.ccsu.edu/glagovich/teaching/472/uvvis/uvvis.html>

6.3 Infrapunaspektroskopia



Kuva 22: Yksi laaja internet-lähde. Osoite on <http://www.spectroscopynow.com/Spy/pdfs/eac10815.pdf>

atomien välillä on sille tyypillinen aallonpituus (energia), jonka molekyyli vaatii venytykseen tai taivutukseen, voidaan spektristä päätellä molekyylin ominaisuuksia, sen funktionaalisia ryhmiä. Näin infrapunaspektroskopian avulla on mahdollisuus tunnistaa erilaiset orgaanisen kemian molekyylit.

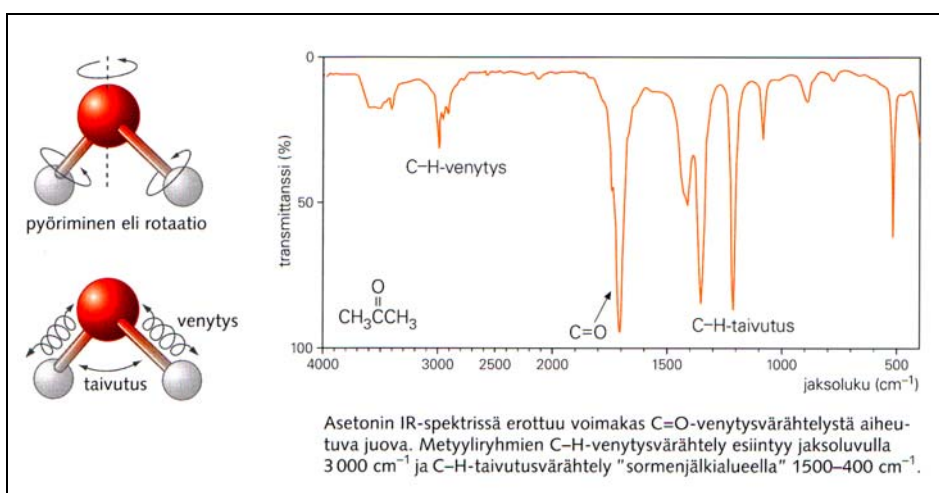


Kuva 23: Sidosten tasot ja energiakäyrä. (Laatinut AMv)

Molekyylillä on kahdenlaisia värähtelyjä, venytyksiä ja taivutuksia. Näiden aikaansaaminen vaatii tietyn taajuista, aallonpituuden omaavaa, energiaa. Kun molekyyli ottaa vastaan (absorboi) tämän tietyn taajuisen energian tai tietyn taajuisia energioita, voidaan elektronisilla laitteilla havaita nämä puuttuvat aallonpituudet molekyylin läpi menneen valon (infrapuna-aallonpituudella) spektrissä. Koska tietyillä sidoksilla tiettyjen

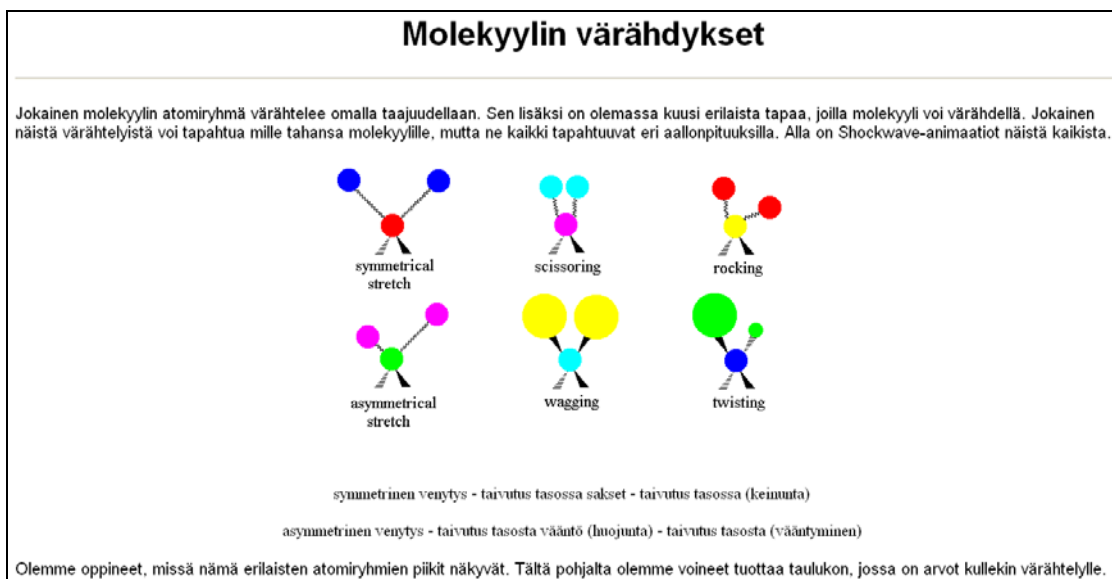
Perusteoria perustuu siihen, että molekyylillä on vibraatiotasoja, joita voi kuvata energian ja sidospituuden (atomien etäisyyden) avulla. Energiakäyrällä näkyvät eri vibraatiotasojen vaatimat energiat ($h\nu$). Riittävällä määrällä energiaa, sidosaadaan poikki. Spektrissä on mahdollisuus nähdä näiden tasojen mukaiset energiat (kuva 23). Energiatasojen laskeminen vaatisi todellamonimutkaisia laskelmia, joten käytännössä spektrikirjastot on laadittu tunnettujen yhdisteiden ja niitä vastaavien spektrien pohjalta.

Lukion oppikirjoissa havainnollistetaan spektrien syntyä mm. kuvan 24 mukaisesti.



Kuva 24: Kemisti 2 –oppikirjan infrapunaspektroskopiaan esittelevän sivun osa (Kemisti 2, s. 81). Tässä esitellään kaksi värähdystä.

Kehittämiskohteena olevaan aineistoon on tuotu ”flash”-animaatio esittämään kaikkia vibraatioita, joita voidaan spektristä tulkita (kuva 25).



Kuva 25: Molekyylien värähdykset - alkuperäisen sivun tehnyt Gregory Brust (poiminta www-aineistosta suomentanut ja lyhentänyt Ari Myllyviita)

Tämä värähdyksiin liittyvä lähestymistapa antaa hyvän perustan IR-spektroskopian ymmärtämiselle. Kuten kaikessa spektroskopiassa ja kemiassa on energian merkityksen ymmärtäminen tärkeää. Internet-aineistossa on esitelty laajasti IR-spektrien tulkintaa.

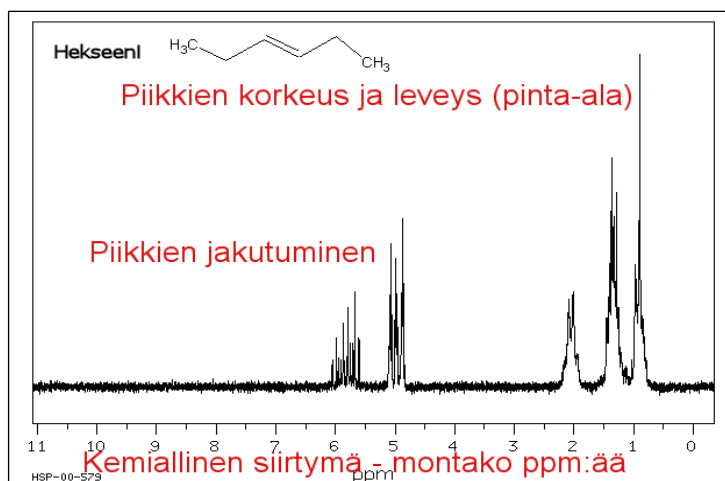
6.4 NMR-spektroskopia

Nuclear Magnetic Resonance - ydinmagneettinen resonanssi - (NMR) keksittiin vuonna 1945. NMR:stä on kehittynyt yksi merkittävimmistä molekyylien tunnistamismenetelmistä mm. biokemiassa, farmaseuttisessa kemiassa, polymeerikemiassa ja lääkeainekemiassa. Internet-aineistossa olevan NMR -jakson tarkoituksena on ohjata kemian oppilasta suorittamaan yksinkertaisen orgaanisen molekyylin ^1H -NMR-spektrin tulkinta. Varsinaiseen NMR:n teorian matemaattiseen aineistoon ei paneuduta.

NMR-signaali on fysikaalinen ominaisuus tietyille atomeille. Jokaisella atomin isotoopilla on oma NMR-signaalin taajuus. NMR:n käyttöarvo on siinä, että tietyjen atomien NMR-taajuudet vaihtelevat vain hieman erilaisissa molekyyleissä tai kemiallisissa sidoksissa. Nämä kemiallisiksi siirtymiksi kutsutut arvot on taulukoitu molekyylien tunnistusta varten. NMR:n kemiallisen siirtymän lisäksi NMR:ssä tutkitaan piikkien pinta-alaa, kytkentävakioita ja ns. NOE-efektiä (Nuclear Overhauser Enhancement).

^1H -NMR-spektri kertoo orgaanisesta yhdisteestä seuraavia asioita:

- *montako erilaista vetyä on molekyylissä*
- *vetyjen suhteellisen määrän*
- *eri vetyjen ympäristön (viereisen atomin laatu)*
- *"naapurivetyjen" lukumäärän*

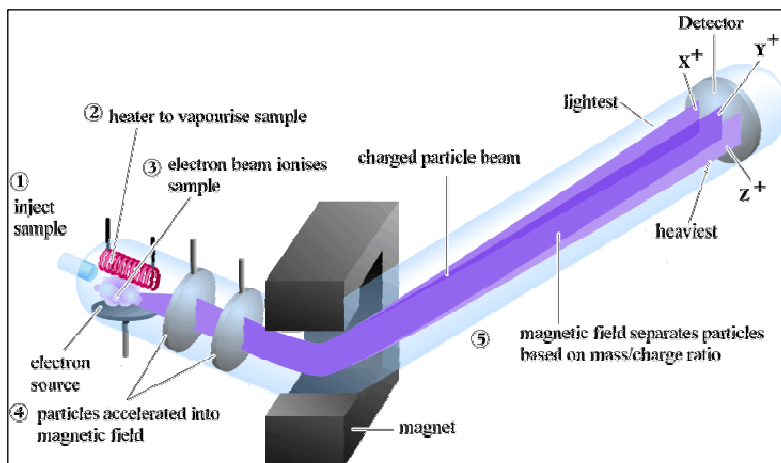


Kuva 26: Hekseenin ^1H -NMR-spektri ja spektistä haettavat tärkeät tiedot (poimittu www.aineistosta)

osa (alkaani), C=C -sidoksellisen molekyylin osa vai onko siirtymä lähellä elektronegatiivista atomia (kloori, jodi, happi tms.).

NMR-spektrit sisältävät yleensä erityyppisiä piikkejä tai piikkiryhmiä. On yksinkertaisia piikkejä ja useamman piikin ryhmiä. Piikkien määrään vaikuttaa naapuriatomissa olevien (^1H -NMR:ssä) vetyjen lukumäärä. Piikkien korkeus ja leveys (pinta-ala) ilmaisee atomien lukumäärän.

6.5 Massaspektrometria



Kuva 27: Massaspektrometrin toimintaperiaate (internet-aineisto osoitteessa <http://www.chem.ucalgary.ca/courses/351/Carey/Ch13/ch13-ms.html>, 26.8.2005)

män pohjalta voidaan määrittellä molekyylin rakenne ja alkuaineostoisuus. Massaspekttrin tulkinta on kuin selvittäisi molekyylin osasia, kun se on hakattu paloiksi. Varsinaiset tulkinnat voidaan tehdä tietokoneohjelmilla. Suurenerotuskyvyn massaspektrometrillä voidaan määrittellä ionin täsmällinen paino. Massaspekttri suoraan kertoo lähes aina molekyylin alkuaineostoisuuden.

Nämä voidaan lukea ^1H -NMR:n spektristä selvittämällä (kuva 26):

- 1) kemiallinen siirtymä eli piikin etäisyys oikeassa reunassa olevasta nollakohdasta
- 2) piikkien jakautuminen (kytkentä)
- 3) piikin korkeus ja leveys (pinta-ala kertoo vetyjen lukumäärän).

NMR-spektrin x-akseli kuvaa kemiallista siirtymää ppm-asteikolla (parts-per-million of the magnetic field). Kemiallinen siirtymä on perustapa erottaa yhdisteen kemiallisen rakenteen erilaisia vetyjä. Kemiallinen siirtymä riippuu siitä, onko vety aromaattinen vai alifaattinen, onko kyseessä C-C -sidoksellisen molekyylin

Massaspektrometria (MS) perustuu tutkittavien molekyylien ionisointiin, niiden pilkkoutumiseen eli fragmentoitumiseen. Massaspektrometri käyttää sähköisiä ja magneettisia kenttiä ionien massojen erottamiseen. Massaspektrometrillä analysoidaan ja tunnistetaan ympäristönäytteitä (esimerkiksi dioksiinien tunnistamiseen) öljynäytteitä, metalleja ja biologisia materiaaleja. Kuvassa 26 on esitetty EI-MS-laitteen rakenne (EI = elektronipommitus, molekyylin ionisointi, analysaattorina kvadrupoli).

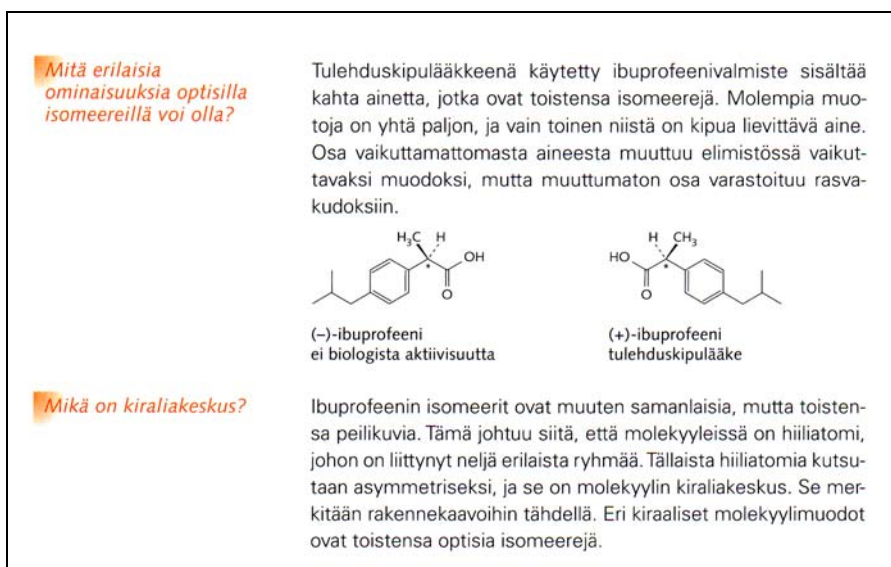
Massaspekttristä voidaan tulkita massat ja ionien suhteelliset määrät. Tä-

7 Lääkeainekemia ja analytiikka opetussuunnitelmissa

7.1 Lääkeainekemia opetussuunnitelmissa

Lääkeainekemiaa sinällään ei opetussuunnitelmissa mainita. Lähestyminen juuri tähän teemaan voi tapahtua teollisuuskäytien yhteydessä, jossa tutustutaan kemian sovellutuksiin ja kemian merkitykseen käytännön elämässä. Kontekstuaalinen opetus perustuu todellisten tilanteiden ja käytännönläheisten esimerkkien ja myös toimintatapojen käyttöön. Tässä mielessä ongelmalähtöinen opetus toimii, muuten niin abstraktin opettavan aineen opettamisessa.

Kiraalisuus on lukion opetuksessa esille nouseva vahvasti lääkeaineisiin liittyvä käsite (kuva 28). Kiraalisuus liittyy (orgaanisten) molekyylien rakenteeseen. Sen toteaminen spektroskopialla on hieman hankalaa, mutta mahdollista. Kiraalisuus liitetään kuitenkin kouluopetuksessa lääkeaineiden erilaisiin fysiologisiin ominaisuuksiin. Isomeriaankin liittyvänä ko. käsite on käsitelty kuitenkin omana kokonaisuutena.



Kuva 28: Isomeria, kiraliakeskus ja ibuprofeeni, Kemisti 2 -oppikirja (s. 107)



Kuva 29: Mooli1 -oppikirjan Lääkeainetutkimuksia koskevan työn alkukuva

Kuvassa 28 on esiteltynä www-aineistossa esiintyvä ibuprofeeni (varsin usein esimerkkimolekyylinä oppikirjoissa käytetään aspiriinia).

Arkielämän työskentelyn tuominen analytiikan opettamiseen edellyttää käytännön toimintamallien esittelyä. Analytiikan laitteet ovat kalliita, joten virtuaalisten laitteiden ja vahvasti kuvalliseen esitykseen pohjautuva opetus mahdollistaa teeman havainnollistamisen. Lukion kahden ensimmäisen kurssin oppikirjoissa on varsin vähän lääkeaineisiin liittyvää asiaa, lähinnä em. kiraalisuuteen liittyvä viittaus ja aspiriinin pitoisuusmittaus happo-emästitrauksella sekä puhtausmääritys ohutlevykromatografisesti (kuva 29).

7.2 Analytiikka opetussuunnitelmassa

Lukion kemianopetuksen opetussuunnitelmassa analytiikka tulee esille otsikolla erotus- ja tunnistamismenetelmät. Oppikirjoissa nämä jäävät kuitenkin esittelytasolle. Opettajasta riippuu, miten syvällisesti hän asiaa lähestyy. Opetussuunnitelma toteaa asiasta:

”Pakollinen kurssi

1. Ihmisen ja elinympäristön kemia (KE1)

Tavoitteet

Kurssin tavoitteena on, että opiskelija

*...osaa tutkia kokeellisesti orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia, reaktioita ja **erotus- ja tunnistamismenetelmiä** sekä osaa valmistaa liuoksia.”*

”Syventävät kurssit

2. Kemian mikromailma (KE2)

Tavoitteet

Kurssin tavoitteena on, että opiskelija

...tuntee orgaanisten yhdisteiden rakenteita ja ymmärtää niihin liittyviä perustutkimusmenetelmiä ... osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen aineiden rakenteseen, ominaisuuksiin ja reaktioihin liittyviä ilmiöitä.”

Oppikirjatasolla ei vielä tiedetä, miten paljon kromatografiaa ja spektroskopiaa käydään läpi muilla syventävillä kursseilla. Uuden opetussuunnitelman mukaisia oppikirjoja ei vielä ole tehty.

8 Lääkeaineanalytiikan opetus – askel spektrien maailmaan – kehitellyn www-aineiston esittely

8.1 Lääkeaineanalytiikan opetus

Kontekstuaalinen lähestymistapa analytiikkaan alkaa iburofeenin tuomisesta tilanteeseen. Millaista lääkettä saat eteeksi ja onko se mahdollisesti syötävää. Aihe on hyvin läheinen joka päiväisessä elämässä ja nykyaikainen ongelmalähtöinen opetus voisi toimia aiheena lääkeaineanalytiikkaa (kuva 30).

Pro gradu –työtä varten rakennetussa aineistossa on itse analytiikan lisäksi huomioitu opettajien tuntien suunnittelun tarpeita. Kuvassa 30 on esimerkki tuntisuunnitelmasta, joka toteutettiin Viikin normaalikoulussa lukion 5. kurssin loppuvaiheessa.

Etusivu / Opettajalle / Tuntisuunnitelma / 75 minuutin tunti - keskitytään IR:ään

Tuntisuunnitelma - 75 minuutin tunti

Uusi asia: Kromatografiaa ja IR-spektroskopiaa

Ennakkotehtävä: tutustu sivustoon etukäteen käymällä läpi taustatarinaa. Jaaettu myös ennakkoinaisto ja mahdollisuus tutustua osoitteeseen <http://spektroskopia.cjb.net>. Ennakkotehtävä kirjallisenä.

Tämä tuntisuunnitelma perustuu PBL-lähestymistapaan.

Tunnin kulku:

- 05 min - **Aikutesti** - muodostetaan ryhmät (4-5 henkeä per ryhmä)
- 05 min - **Taustatarinan aloitus** - Meille tuodaan lääkeainetäplä ja kysytään, uskallanko nauttia tämän lääkkeen. Lasten etukäteen luki, että kysessä on kauria ja että siinä on jotain aineita, mm. ibuprofeenia sisällä. Miten toimimme? Miksi? (pohditaan ryhmässä - perustuen kotona luettuun)
- 10 min - **www-sivulta johdantosivu** (taustatarina).
- 10 min - **Erotusmenetelmät** - Kromatografiaa. Flash-animaatio
- 20 min - **Mitä yhdistä meillä on? IR-spektroskopiaa** - Esimerkkin läpikäyntiä - esimerkiksi - teoriasivu - Opettajan kalvosarja, jossa esitellyt laitteisto ja IR-spektrejä. Ei tarvitse tehdä muistipanoja, koska aineisto löytyy kokonaisuudessaan internetistä - ennakkoinaisto
- 15 min - **Harjoitus 1** - Tehdään ryhmässä, kuten kemistit työskentelevät. Harjoituksen purku.
- 10 min - **Lopputesti**

Kuva 30: Viikin normaalikoulussa toteuttamanani spektroskopia-tuntin tuntisuunnitelma (poiminta [www-aineistosta](http://www.spektroskopia.cjb.net), kuten kaikki muutkin kuvat tässä kappaleessa)

8.2 Sivuston ja aineiston rakentamisen perusteet

Aineisto jakautuu eri menetelmiä käsitteleviin osioihin. Aineiston etusivulla vasemmassa reunassa näkyvät kurssin eri osiot (kuva 31). Etusivulta alkava sivuston haaleahko värisävy oli tulosta ensimmäisen testivaiheen palautteen pohjalta. Tavoitteena oli rauhallinen ja selkeä kokonaisuus.

Lääkeaineanalytiikka lukion kemian opetuksessa - Spektroskopia

[Aloitus](#) | [Hae](#)

Freefindin avulla

Kurssi sisällysluettelo

- Kurssin aloitus
- Kromatografia
- Spektroskopian perusteet
- Infrapunaspektroskopia
- NMR-spektroskopia
- Muita menetelmiä
- Tehdävi

Opettajalle

- Kurssiryhmät
- Opettaja-aineisto
- PBL-aineisto
- Linkkejä
- Käsitteet

Etusivu / Tervetuloa kromatografian perusteiden ja spektroskopian kurssille - aloita tästä

Kurssilla perehdytään lääkeaineanalytiikkaan ja erityisesti spektroskopiaan. Kurssin koko sisältö vastaa laajuudessaan lukion kemian erityiskurssin tasoa. Kurssin sisällysluettelo vasemmassa reunassa.

Opetuksellinen lähtökohta perustuu **ongelmalähtöiseen oppimiseen** lähtökohtaan. Kurssin suorittamista suositellaan muodostamalla ryhmät ja antamalla niiden toimia toimia kurssin ajan. Kurssi alkaa kohdesta **Kurssin aloitus**. Ennakkotehtävää [www-aineiston](http://www.spektroskopia.cjb.net) hyödyntämiseksi löytyy opettaja-aineiston kohdasta.

Kurssin [www-sivusto](#) rakentuu seuraavasti:

Lääkeaineanalytiikka lukion kemian opetuksessa - Spektroskopia

Kurssin aloitus - Kromatografia - Spektroskopia - Teoria - Harjoitukset - Lopputesti

Kurssin navigointipolku - Kurssin eri osioiden suorat linkit

Kurssin aloitus

Kurssin aloitus on perustuu **ongelmalähtöiseen oppimiseen** lähtökohtaan. Kurssin aloitus on perustuu **ongelmalähtöiseen oppimiseen** lähtökohtaan. Kurssin aloitus on perustuu **ongelmalähtöiseen oppimiseen** lähtökohtaan.

Sivuston linkit sisinellä

Opettajalle

- Kurssiryhmät
- Opettaja-aineisto
- PBL-aineisto
- Linkkejä
- Käsitteet

Teija | Sivukartta | Kommentit | ©2004 An Myllyvirta - Päivitetty 3.4.2005

Kuva 31: Pro gradun [www-aineiston](http://www.spektroskopia.cjb.net) etusivu, osoite on <http://www.spektroskopia.cjb.net> (kuvassa versio päivältä 3.4.2005)



Kuva 32: Sivuston vasen navigointipalkki

Aloitussivulta edettäessä ensimmäiselle aloitussivulle saadaan näkyviin www-sivuston perustoiminnot näkyviin. Sivusto on varustettu hakutoiminnoilla (FreeFind-palvelu, ilmainen nettihakupalvelu). **Vasen navigointipalkki** (kuva 32) sisältää kunkin osion aineiston: johdanto, teoriaa, käytännön sovellutuksia, taustatarinaa, tehtäviä ja laite-esittelyä. Jokaiselta sivulta pääsee tukiaineistoihin ja opettajille tarkoitettuihin materiaaleihin.

Otsikon alapuolelle sijaitsevassa navigointipalkissa on suorat linkit kurssin eri osioihin. Tämän kautta voi hakea suoraan osion aineiston. Kussakin osiossa toistuu sama vasen navigointipalkki.

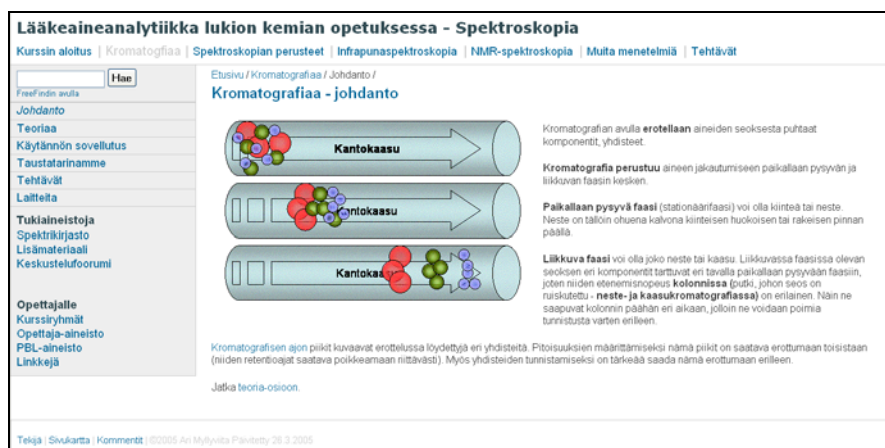
Lääkeaineanalytiikka lukion kemian opetuksessa - Spektroskopia

[Kurssin aloitus](#) | [Kromatografiaa](#) | [Spektroskopian perusteet](#) | [Infrapunaspektroskopia](#) | [NMR-spektroskopia](#) | [Muita menetelmiä](#) | [Tehtävät](#)

Kuva 33: Otsikon alapuolella oleva navigointipalkki

Aineiston rakentaminen sivustoon on toteutettu hieman kulloisenkin osion materiaalin asettamien ehtojen mukaan. Pyrkimyksenä on ollut ”kuvaruutu kuvaruudulle” -tyyppiseen etenemismalliin. Näin kuvaruudulta näkee heti sen, mitä siltä sivulta voi löytää. Kuitenkin niissä tapauksissa, joissa olen päätenyt laajempaan sivuun, olen käyttänyt sivun sisäisiä linkkejä niin etenemisessä kuin sivun alkuun palaamisessa (kuva 33).

8.3 Johdantojaksot



Kuva 34: Kromatografian johdantojaksosivukuva

Johdanto-jaksoihin on tuotu aiheeseen liittyvää kuvitusta ja viittaukset tarvittavaan teoriaosaamiseen (kuva 34). Johdantojaksosien tehtävänä on tukea motivointia aiheeseen. Niissä kuvataan joko aiheen ilmiöitä tai tärkeitä työkaluja (kuva 35).

Lääkeaineanalytiikka lukion kemian opetuksessa - Spektroskopia

Kurssin aloitus | Kromatografiaa | Spektroskopian perusteet | Infrapunaspektroskopia | NMR-spektroskopia | Muita menetelmiä | Tehtävät

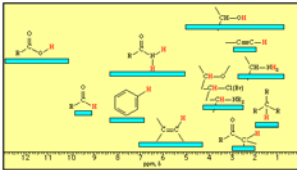
FreeFind avaa

Johdanto
Teoriaa
Käytännön sovellutus
Taustatarinamme
Tehtävät
Laitteita

Tukiaineistoja
Spektrikirjasto
Lisämateriaali
Keskustelufoorumi

Opettajalle
Kursssivymäit
Opettaja-aineisto
PEL-aineisto
Linkkejä

Etusivu / Spektroskopia / Johdanto / **NMR-Spektroskopia - Johdanto**



Nuclear Magnetic Resonance - **ydinmagneettinen resonanssi** - (NMR) keksittiin vuonna 1945. NMR:stä on kehittynyt yksi merkittävimmistä molekyylien tunnistamisen menetelmistä mm. biokemialla, farmaseutisissa kemialla, polymeerikemialla ja lääkekemialla.

NMR -osion tarkoituksena on ohjata kemian oppilaista suoritamaan yksinkertaisen orgaanisen molekyylin **¹H-NMR-spektrin** (vety-NMR) tulkinta. Näillä perusteilla voit tutkia myös taustatarinamme ibuprofeenia.

NMR:n käyttö - mitä sillä saadaan?

¹H-NMR-spektri kertoo orgaanisesta yhdisteestä seuraavia asioita:

- 1) sen, montako erilaista vetyä on molekyylissä
- 2) vetyjen suhteellisen määrän
- 3) eri vetyjen ympäristön (viereisen atomin laatu) - yllä oleva kuva esittää spektrin piikkien sijainnit
- 4) "haapuvetyjen" lukumäärän

Tutustu seuraavaksi NMR:n teoriaan - miten saamme NMR-spektrin ja miksi. Laitteita-linkistä voi käydä tutustumassa NMR-laitteisiin.

Kuva: NMR-spektrin piikkien taulukko (kemialliset siirtymät)

Tekijä: Sivukartta: Kommentit: ©2005, An-Maria Pöyhönen, 26.3.2005

Kuva 35: NMR-sepektroskopian johdantojaksos sivukuva

8.4 Teoriajaksot

Teoria-jaksoissa paneudutaan ilmiöiden (kromatografia ja spektroskopia) taustoihin ja niihin ilmiöihin, joita kyseisessä spektroskopian muodossa tutkitaan ja joista tehdään molekyyleihin liittyviä johtopäätöksiä.

Lääkeaineanalytiikka lukion kemian opetuksessa - Spektroskopia

Kurssin aloitus | Kromatografiaa | Spektroskopian perusteet | Infrapunaspektroskopia | NMR-spektroskopia | Muita menetelmiä | Tehtävät

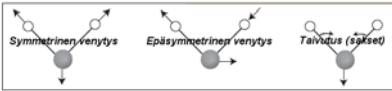
FreeFind avaa

Johdanto
Teoriaa
Käytännön sovellutus
Taustatarinamme
Tehtävät
Laitteita

Tukiaineistoja
Spektrikirjasto
Lisämateriaali
Keskustelufoorumi

Opettajalle
Kursssivymäit
Opettaja-aineisto
PEL-aineisto
Linkkejä

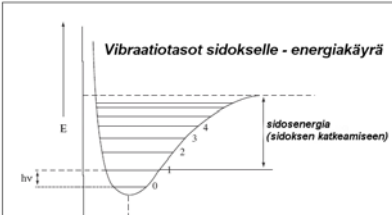
Etusivu / Infrapunaspektroskopia / Teoriaa / **Infrapunaspektroskopian teoriaa**



Molekyylillä on kahdentyyppisiä värähtelyjä (linkki koviin vibraatioista) venytyksiä ja taivutuksia. Näiden aikaansaaminen vaatii tietyn taajuista, aallonpituuden omaavaa, energiaa. Kun molekyyli ottaa vastaan (absorboi) tämän tietyn taajuuden energian tai tietyn taajuista energiaa, ne voidaan elektronisilla laitteilla havaita puuttavat aallonpituudet molekyylin läpimenneen valon (infrapuna-aallonpituudella) **spektrissä**. Näin

saadaan tietyt värähdelykset näkymään IR-spektrissä

Koska tietyillä sidoksilla tiettyjen atomien välillä on sille tyypillinen aallonpituus (energia), jonka se vaatii venytykseen tai taivutukseen, voidaan näistä päätteeksi molekyylin ominaisuuksia, erityisesti sen funktionaalisia ryhmiä. Näin infrapunaspektroskopian avulla on mahdollisuus tunnistaa erilaiset orgaanisen kemian molekyylit. Esimerkimmolekyylin avulla (vaatii ylipistotyyden, engl.).



Vibraatiotasot sidokselle - energiakäyrä

Vibraatiotasojen voi kuvata energian ja sidospituuden (atomien etäisyyden) avulla. Energiakäyrällä näkyvät eri vibraatiotasojen vaatimat energiat (hv). Riittävällä määrällä energiaa, sidos saadaan poikki.

Spektrissä on mahdollisuus nähdä näiden tasojen mukaiset energiat.

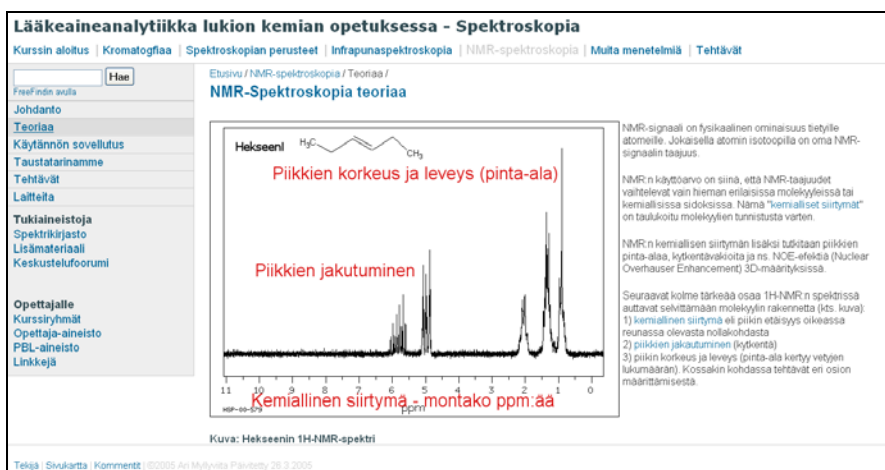
Lisää teoriaa

Kuvat: Vesimolekyylin kolmi tyypillistä vibraatiota (yllempi) ja vibraatiotasot (alempi)

Kuva 36: Teoriajaksos sivu, IR-osio

Näihin sivuilla esiteltäisiin teoriasisältöihin on paneuduttu aiemmin tässä työssä. Kuvassa 36 on IR-teoriaa käsittelevä sivu, jossa selvitetään molekyylivärähtelyjä ja niihin liittyvien energiatasojen merkitystä.

Kuvassa 37 olevassa NMR-spektroskopian teoriaa käsittelevässä sivussa ei niinkään selvitetä matemaattista teoriaa eikä spinien merkitystä, vaan paneudutaan spektrien tulkintaan ja siinä olevaan teoriaan kemiallisista siirtymistä ja piikkien jakautumisesta.



Kuva 37: Teoriajakson sivu, NMR-osiosta

Teoriaosuuksia tukevat aineistoon kootut linkit lisämateriaaleihin. Ongelmaksi opetuskäytössä tulee, että ne ovat pääasiassa englannin kielisiä.

8.5 Käytännön sovellutus ja taustatarina -jaksot

Käytännön sovellutuksia jaksoissa esitellään menetelmien käyttöä muissakin yhteyksissä. Alla olevassa kuvassa 38 esimerkiksi on esitelty NMR:n sovellutuksia ruokakemiassa ja lääketieteessä. Rosmariinin tuntevat kaikki hieman ruokaa valmistaneet ja tomografi-laite tunnustetaan sairaalasarjoista, aivojen kuvaukseen liittyvänä laitteena.



Kuva 38: NMR:n sovellutuksia.

Taustatarinaa www-aineistosta koskee ibuprofeenia. Jokaisen menetelmän kohdalla taustatiedot liitetään ibuprofeeniin. Johdantopakso aloitetaan esittämällä lääketuotteita, joissa on vaikuttavana aineena ibuprofeeni. Samassa jaksossa jo aloitetaan videoesittelyllä puhtauden tarkistukseen liittyvät toimet. Ensin tapahtuu aineen punnitus, jossa nähdään suoraan, onko esimerkiksi tablettiin sitoutunut ylimääräistä vettä tms. Taustatarinassa seurataan puhtausanalyysin eri vaiheita – sivuston taustatarinaa tukee aina kyseisen jaksosn menetelmää esittelevä teoriaosuus.

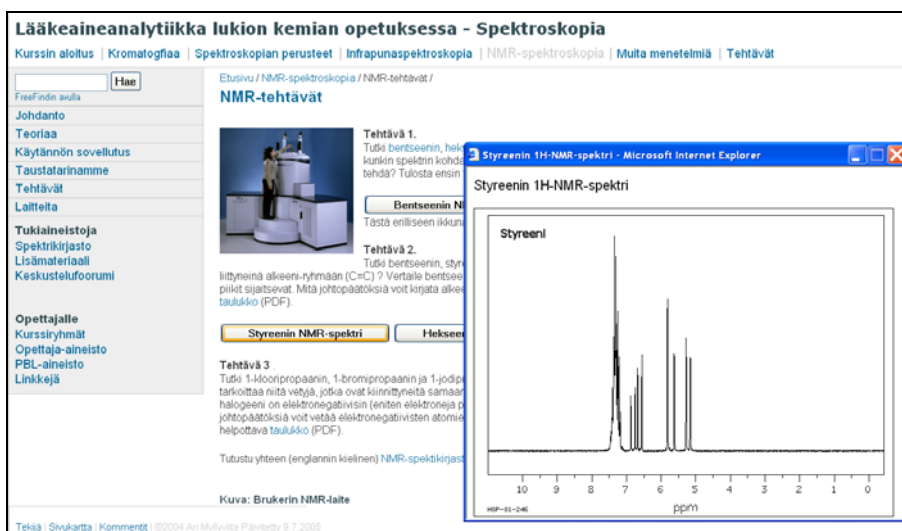
Kuvassa 39 on IR-spektroskopiaa käsittelevän osion kohdalla taustatarinassa esitellään lyhyesti ibuprofeenin IR-spektri. Vastaavanlainen selvitys on NMR-osiossa. Myös massaspektroskopiaa käsittelevässä osiossa on viittaus ibuprofeeniin ja annettu tehtävä sen tulkitsemisesta.



Kuva 39: IR-spektroskopia ja taustatarina ibuprofeenista.

8.6 Tehtävät –sivut

Tehtäväisivut on rakennettu niin henkilökohtaista kuin ryhmätyössä tapahtuvaa opiskelua tukien. Kuvassa 40 on NMR:n tehtäväisivu, jossa opiskelua ja tehtävien suorittamista tuetaan lisäikkunoilla.



Kuva 40: NMR-spektroskopian tehtäväisivu ja avattu ikkuna, jossa on styreenin spektri

Tehtäväisivujen tarkoituksena on tukea spektrien tulkintaa. Tehtäväisivujen rakenteessa on kokeiltu erillisiä ikkunoita ("pop-up" -ikkunan tyyppinen ratkaisu) ja tulostettavia materiaaleja (pdf-formaatissa olevia).

8.7 Laitteita -sivut

Laite-sivujen tarkoituksena on sekä antaa kuva laitteista että kertoa niiden käytöstä. Eri osioihin on koottu linkkejä laitetoimittajien sivuille (esimerkiksi kuva 41).



Kuva 41: NMR-laitteita esittelevä sivu (www-aineisto)

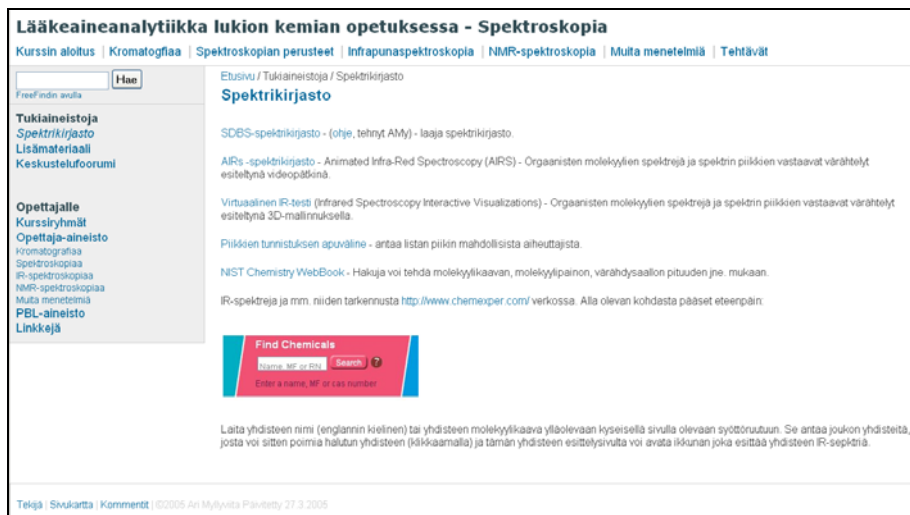
Infrapunaspektroskopian osiossa kuvasarjalla esitellään infrapunaspektrometrin käyttöä kuvasarjalla (kuva 42). Tätä voisi täydentää linkki videotiedostoon, joskin sen ongelmaksi muodostuisi liian suuri koko. Kemian laitoksen omilla kotisivuilla (orgaanisen kemian virtuaalilaboratorio) on yksityiskohtaisempi ja kuvitettu ohje IR-spektrometrin käytöstä.



Kuva 42: IR-spektrometrin käyttöopastus (www-aineisto)

8.8 Spektrikirjasto

Perinteiseen opiskeluun verrattuna tietotekniikka ja internet osoittavat vahvuutensa spektrikirjastojen myötä. Sivustolla on tuotu linkit merkittävimpiin spektrikirjastoihin eli mm. SDBS:ään (Spectral Database for Organic Compounds, SDBS) ja ChemExper-sivustoon (kuva 43).



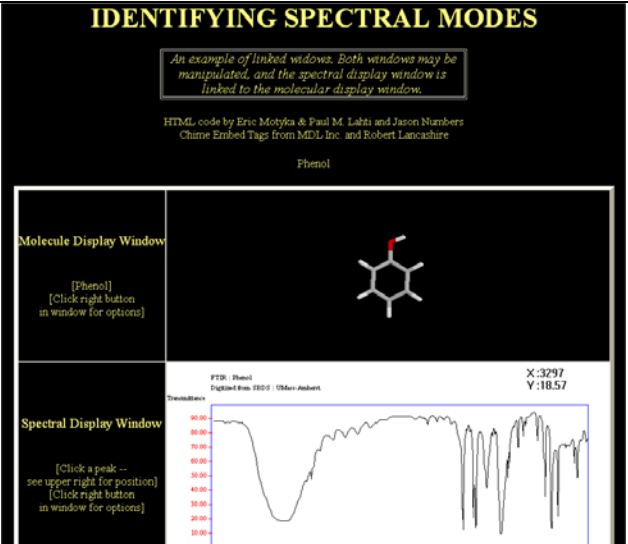
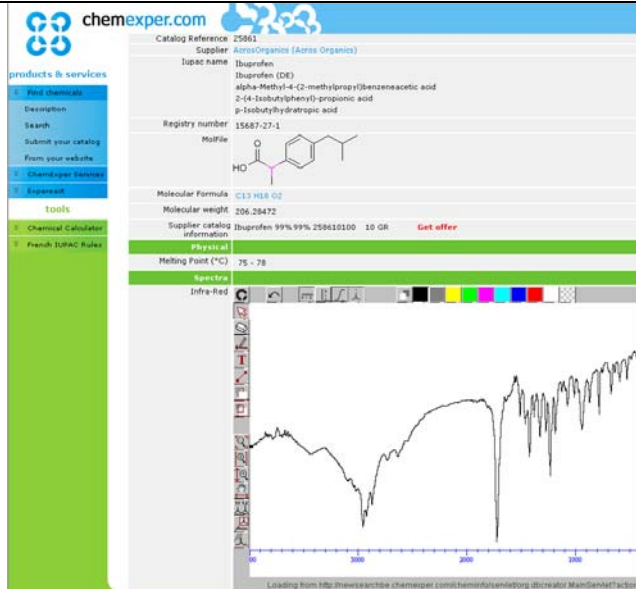
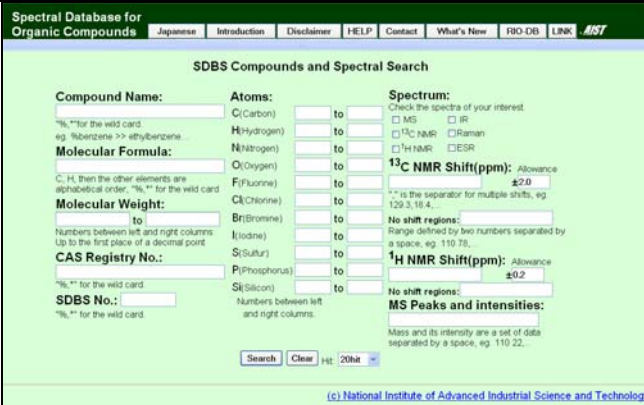
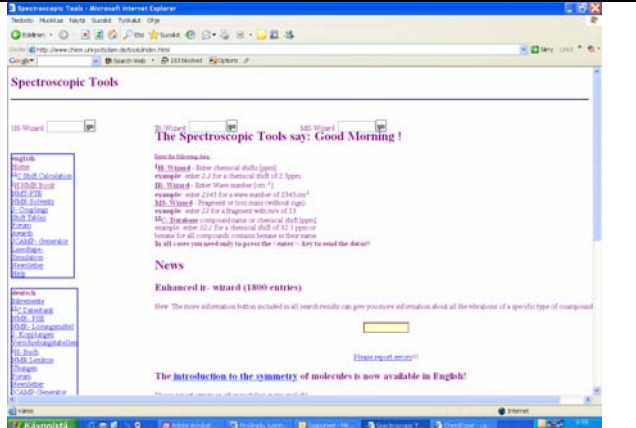
Kuva 43: Spektrikirjastosivu

Spektrikirjaston sivulta on linkit useampaan erilaiseen ja eri tavalla käyttökelpoiseen sivustoon. Taulukossa 7 on kuvat neljästä sivustosta.

Sivustojen käyttötarkoitus vaihtelee:

1. *Infrared Spectroscopy Interactive Visualizations* -sivustolla voidaan nähdä infrapunaspektroskopian kannalta paremmin syy, miten eri absorptiot syntyvät (mitkä värähtelyt antavat minkäkin absorption)
2. *ChemExper*-sivustolla keskitytään molekyyliin liittyvän informaation jakamiseen
3. *SDBS*-sivuston tarkoituksena on selkeästi jakaa molekyylien erilaisia spektrejä
4. *Spectroscopic Tools* -sivusto lähestyy tuntemattoman aineen spektristä ja antaa mahdollisuuden absorptioiden kautta aineen tunnistamisen

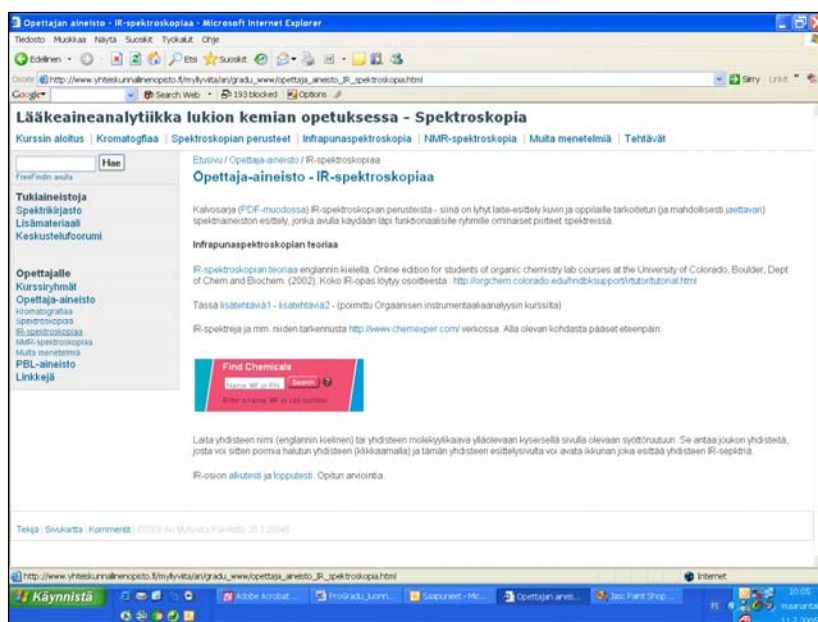
Taulukko 7: Spektrikirjaston sivulla on viitattu mm. seuraaviin sivustoihin (sivustojen ongelmana on se, että ne ovat englannin kielisiä, suomen kielisten ohjeitten laatiminen on seuraava haaste)

 IDENTIFYING SPECTRAL MODES <i>An example of linked windows. Both windows may be manipulated, and the spectral display window is linked to the molecular display window.</i> HTML code by Eric Motyka & Paul M. Lahti and Jason Numbers ChemE Embed Tags from MDL Inc. and Robert Lancashire Phenol Molecule Display Window [Phenol] [Click right button in window for options] Spectral Display Window [Click a peak -- see upper right for position] [Click right button in window for options] FTIR: Phenol Reflected from KBr disk (15000-400 cm⁻¹) X: 3297 Y: 18.57	 chemexper.com Catalog reference: 25861 Supplier: AcrosOrganics (Acros Organics) Ibuprofen Ibuprofen (DE) alpha-Methyl-4-(2-methylpropyl)benzeneacetic acid 2-(4-(Isobutylphenyl)propionic acid p-Isobutylhydratropic acid Registry number: 15687-27-1 Molfile Molecular Formula: C13H18O2 Molecular weight: 206.28472 Supplier catalog information: Ibuprofen 99% 99% 258610100 10 GR Get offer Melting Point (°C): 75 - 78 Spectroscopy Intra-Red
Infrared Spectroscopy Interactive Visualizations –sivustolla molekyylien spektrit ja piikkejä vastaavat värähtelyt on esiteltyinä 3D-mallinnuksella.  Spectral Database for Organic Compounds Japanese Introduction Disclaimer HELP Contact What's New RDB LINK AST SDBS Compounds and Spectral Search Compound Name: Atoms: to Spectrum: ☐ IR ☐ MS ☐ ¹³C NMR ☐ Raman ☐ ¹H NMR ☐ ESR Molecular Formula: Molecular Weight: CAS Registry No.: SDBS No.: Search Clear Hit: 20hit (c) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	ChemExper-sivustolla on laaja määrä tietoa molekyyleistä ja osalle molekyylejä on mahdollista tuottaa IR-spektri (Java-appletti). Kuvassa ibuprofeenin sivusta osa.  Spectroscopic Tools The Spectroscopic Tools say: Good Morning! Enhanced IR - wizard (1800 entries) The introduction to the symmetry of molecules is now available in English!

SDBS-spektrikirjaston aloitussivu

Spektrien tunnistamiseen liittyvä sivusto (Spectroscopic tools)

8.9 Opettajille tarkoitetut sivut

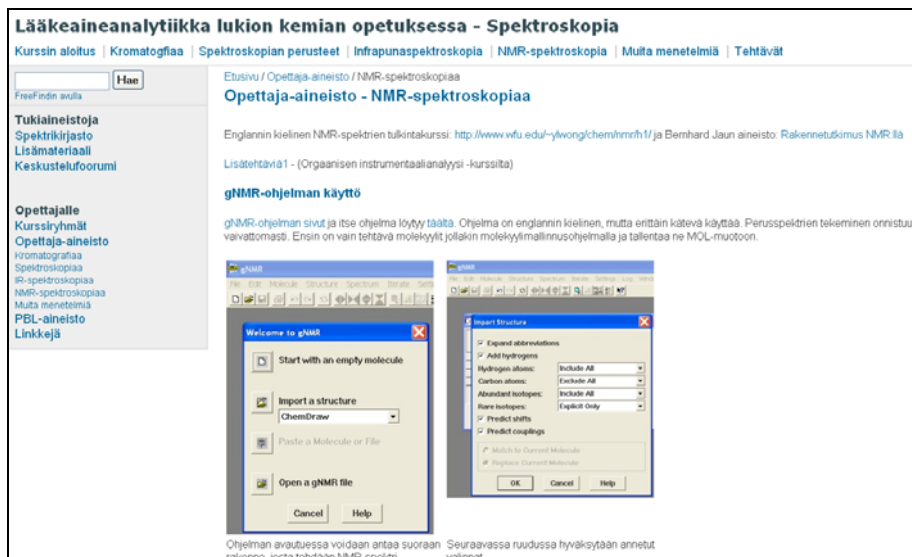


Kuva 44: Opettaja-aineistosivu www-aineistossa

Spektroskopian www-aineiston lähestymistapa liittyy ongelmalähtöisen oppimisen soveltamiseen analyttisessä orgaanisessa kemiassa. Sivuston tarkoituksena on luoda mahdollisuus uudenlaiseen tapa mm. opiskella käytännön analytiikkaa. Lähestymistavan tietenkin valitsee opettaja.

Opettaja-aineistossa on runsaasti linkkejä ulkopuolisiin materiaaleihin (kuva 44). Lisäksi opettajia varten on aihekohtaisesti koottu syventävää tietoa.

Aineistoon on haettu myös joitakin erillisten ohjelmien linkkejä ja esimerkiksi gNMR-ohjelmaa varten on laadittu ohje (kuva 45).



Kuva 45: gNMR-ohjelman käyttöohje. (<http://www.adeptscience.co.uk/products/lab/gnmr/>, 26.8.2005)

9 Kehittämistutkimus – prosessin kuvaus ja tulokset

Miten tämä sivusto syntyi? Millaisia toiminnallisia vaiheita prosessi sisälsi ja miten erilaisia arviointoja ja lähestymistapoja pyrittiin huomioimaan? Tässä todentuu työn toimintatutkimuksellinen ja konstruktivistinen ulottuvuus.

9.1 Vertaisarviointi

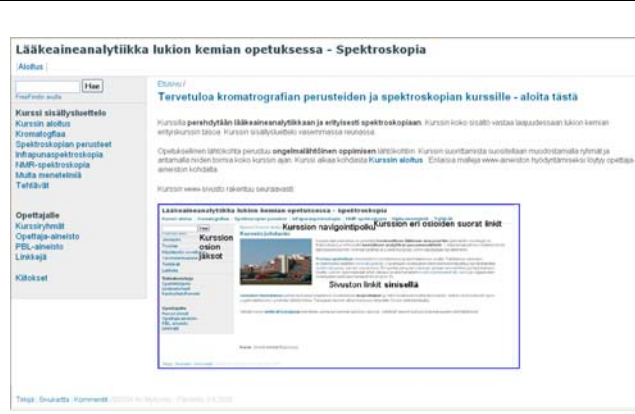
Aineiston tuottamisen eri vaiheissa on otettu palautetta sen käytettävyydestä, toimivuudesta ja mahdollisen käyttöönoton kynnyksestä. Kun aineiston runko oli rakennettu ja esimerkinomaisesti yksi jakso oli rakennettu loppuun, järjestettiin aineiston **vertaisarviointi**, eli aineisto esiteltiin ja pyydettiin arvioita muilta Kemian laitoksen opettajajyksikön opiskelijoilta (käytännössä Kemian opetuksen ja tutkimuksen seminaarin osanottajat). Tämä tapahtui joulukuussa 2003. Kaikkiaan 13 opiskelijan mielipiteet saatiin kirjallisessa muodossa. Opetuspakettia (www-aineistoa) pyydettiin arvioimaan kysymyksillä (koottuna liitteessä 1):

1. mainitse kolme hyvää asiaa opetuspaketissa ja perustele asia
2. mahdolliset kehitettävät asiat opetuspaketissa ja perustelu

Arvioinnin kohteena oli alla muutamalla kuvalla (taulukko 8) esitetty versio sivustosta. Se oli tuotettu Multimaker- nimisellä hypermedia- ja verkkosivustotyökalulla. Työkalun suuri etu oli siinä, että se tuotti aineistoa selkeästi kuvaruutu kerralla. Ohjelman hankaluutena oli se, että se tuotti sekavan näköistä ja rakenteeltaan vaikeasti hallittavaa HTML-koodia, jonka jatkotyöstäminen www-editoreilla oli vaikeaa, melkeinpä mahdotonta (katso liite 2. jossa kuvaus koodista). Esimerkiksi jokainen sivu sisälsi oman tyylitiedoston.

Tämän jälkeen vaihtui työkalut, minkä vuoksi osa toiminnallisuudesta muuttui. Seuraavaan taulukkoon on koottuna niitä ajatuksia, jotka olen kehittämistyössäni pyrkinyt huomioitua (kehittämiskohteet) ja pitämään ennallaan (hyviksi todetut asiat). Vasemmalla on ensimmäisen luonnoksen (vertaisarviointia varten tehty luonnos) ja oikealla nykyisen sivuston vastaava kuva.

Taulukko 8: Kehittämisversioiden vertailua (jatkuu seuraavalla sivulla)

	
---	--

Etusivulla ajatus alku- ja lopputestistä hieman kehitellyssä muodossa. Etusivun ankeus sai palautetta, samoin seuraavien sivujen ”pääsiäismäisyys” värikirjon osalta.

2. Lääkeaineanalytiikka ja hieman kromatografiaa

Etusivu

KURSSIN SISÄLTÖ

1. Kurssin aloitus

2. Kromatografiaa

3. Spektroskopian perusteet

4. IR-spektroskopia

5. NMR-spektroskopia

6. Jälki- Muut lajit

TEHTÄVÄT

Käsiö

Lisämateriaali

Keskustelufoorumi

Opettajalle

Edellisen sivu

Lääkkeen analyysi alkaa erottelulla

Lääkkeen tarkempi tutkiminen alkaa erottelulla. Lääketuote -tabletti, neste tms - sisältää useita aineita. Tablettien pitää pysyä koossa, nesteiden pitää olla notkeita - lasten lääkkeiden täytyy maistua hyvältä jne. Kaikki tämä on hoidettava muilla aineosilla kuin ns. itse vaikuttavilla aineilla (jotka vaikuttavat taas itse sairauteen, esim. kipulääke).

Lääketehnteillä on tarkat ohjeet siitä, miten lääkkeitä tutkitaan. Tunnetut edellä mainitut lisäaineet eristetään eri tavoin ja jäljelle jääviä aineita ryhdytään tutkimaan tarkemmin.

Lääkeaineen valmistuksessa (synteesi) samalla kertaan syntyy useampia eri yhdistettä ja on tärkeää, että lääkkeeseen laitetaan vain sitä oikeaa aineita. Aina eri kuitteihin saadaan eristettyä vaikuttavaa lääkeainetta puhtaana, joten valmistusprosessien sivutuotteita ja lähtöaineita saatetaan jättää mukaan. Lisäksi lääkeaine saattaa hajota ajan kuluessa tai ympäristön vaikutuksesta (esim. kuumuudesta johtuen) uusiksi yhdisteiksi.

Näiden ylimääräisten aineiden tutkiminen vaatii ensin - ja erityisesti lääkeaineiden puhtuudessa käytettyä - kromatografiaa

Erinekkökromatografia

PUIHTU! Kytötyt näyt käsiteltyinä

Kromatografiasta tarkemmin:

1. Kromatografian perusteista
2. Ohutkerroskromatografian perusteista

Lääkeaineanalytiikka lukion kemian opetuksessa - Spektroskopia

Kurssin aloitus | Kromatografia | Spektroskopian perusteet | IR&NMR-spektroskopia | Muita menetelmiä | Tehtäviä

Etusivu

KURSSIN SISÄLTÖ

1. Kurssin aloitus

2. Kromatografiaa

3. Spektroskopian perusteet

4. IR-spektroskopia

5. NMR-spektroskopia

6. Jälki- Muut lajit

TEHTÄVÄT

Käsiö

Lisämateriaali

Keskustelufoorumi

Opettajalle

Kurssin ohjelma

PEL-aineisto

Linkkejä

Lääkeaineanalyysi alkaa puhtauden eristämällä

Lääkkeen tarkempi tutkiminen alkaa erottelulla, koska lääketoote -tabletti, neste tms -kuten alkuun on useita erillisiä vaikuttavien aineiden lisäksi lisäaineita, jotka eivät vaikuta itse sairauteen, vaan esimerkiksi maun parantamiseen jne. Kaikki tämä on hoidettava muilla aineosilla kuin ns. itse vaikuttavilla aineilla (jotka vaikuttavat taas itse sairauteen, esim. kipulääke).

Lääketehnteillä on tarkat ohjeet siitä, miten lääkkeitä tutkitaan. Tunnetut edellä mainitut lisäaineet eristetään eri tavoin ja jäljelle jääviä aineita ryhdytään tutkimaan tarkemmin.

Lääkeaineen valmistuksessa (synteesi) samalla kertaan syntyy useampia eri yhdistettä ja on tärkeää, että lääkkeeseen laitetaan vain sitä oikeaa aineita. Aina eri kuitteihin saadaan eristettyä vaikuttavaa lääkeainetta puhtaana, joten valmistusprosessien sivutuotteita ja lähtöaineita saatetaan jättää mukaan. Lisäksi lääkeaine saattaa hajota ajan kuluessa tai ympäristön vaikutuksesta (esim. kuumuudesta johtuen) uusiksi yhdisteiksi.

Näiden ylimääräisten aineiden tutkiminen vaatii ensin - ja erityisesti lääkeaineiden puhtuudessa käytettyä - kromatografiaa

Erinekkökromatografia

PUIHTU! Kytötyt näyt käsiteltyinä

Kromatografiasta tarkemmin:

1. Kromatografian perusteista
2. Ohutkerroskromatografian perusteista

Sivuston väritystä toivottiin kehitettävän, samoin sivuston rakennetta. Näin ollen sivuston jo muuten selkeä rakenne saa uutta ilmettä, kun navigointipalkit osin vaihtoivat paikkaa, ja saivat pysyvän sijainnin. Oppimispolku ei näkynyt selkeästi, joten sivun oman otsikon yläpuolelle tuotiin hakupolku osoittamaan sivun sijainnin koko sivustossa. Myös erilaisten spektroskopialajeja koskevaa vertailua toivottiin lisänä.

Autenttisuus koettiin tärkeänä ja sitä on lisätty taustatarinalla ja sitä tukevilla teksteillä.

5. NMR-spektroskopia

Etusivulle

KURSSIN SISÄLTÖ

1. Kurssin alustus

2. Kromatografiaa

3. Spektroskopian perusteet

4. IR-spektroskopia

5. NMR-spektroskopia

6. jalko - Muut lajit

TEHTÄVÄT

Käsitte

Lisämateriaali

Keskustelufoorumi

Opettajalle

Edellisen sivu

NMR - Nuclear Magnetic Resonance, ydinmagneettinen resonanssi

S seuraava aineisto ja tehtävät perustuvat Kenyonin Collegen kemian laitoksen opettajan laatimaan ohjeeseen. Spektrit on poimittu alkuperäisessä artikkelissa *Spectral Data Base System for Organic Compounds* (SDBS) n rekisteristä.

Tämän osion tarkoituksena on ohjata kemian oppilasta soveltamaan yksinkertaisten orgaanien molekyylin ¹H-NMR-spektrin (vety-NMR) tulkitusta.



Variaation avulla painotte huon

JAKSON SISÄLLYSLUETTELO

1) Johdanto sility 2) Kemiallinen siirtynä sility 3) Pikkien jakautuminen - lytkenät sility 7) Lisäaineisto sility	4) Pikk intensiteetti ja leveys sility 5) Haajoinksia sility 6) NMR-spektrometri sility
--	---

Läkeaineanalytiikka lukion kemian opetuksessa - Spektroskopia

[Kursin alustus](#) |
 [Kromatografia](#) |
 [Spektroskopian perusteet](#) |
 [Infrapunaspektroskopia](#) |
 [NMR-spektroskopia](#) |
 [Muuta materiaalia](#) |
 [Tehtävät](#)

[Hae]

Freeformilla sivulla

Johdanto

Teoriaa

Käytännön soveltusta

Tuustatutkimus

Tehtävät

Lähteet

Tutkimusteitoja

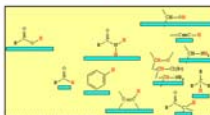
Spektrijäljesto

Lisämateriaali

Keskustelufoorumi

Etusivu | Spektroskopia | **Johdanto** |

NMR-Spektroskopia - Johdanto



Nuclear Magnetic Resonance - ydinmagneettinen resonanssi - (NMR) keksittiin vuonna 1946. NMR:ää on sovellettu jo useiden vuosien ajan molekyylien tunnistamiseen ja määrittelyyn mm. biokemian, farmakologian ja kemian, polymeritieteen ja lääketieteen alueilla.

NMR: osion tarkoituksena on ohjata kemian oppilasta soveltamaan yksinkertaisten orgaanien molekyylin ¹H-NMR-spektrin (vety-NMR) tulkitusta.

NMR:n käyttö - mitä sillä saadaan?

¹H-NMR: apuväline kehon orgaanisten yhdisteiden seurauksia seurata.

2) jousien tuottaminen määrittäminen

3) eri välijen ympäristöjen (vapaan alustan laatu) - yllä olevia kokeita eristää spektrin pikkien sijainnista

4) "laatuolosuhteiden" kuumuuden

Tuustia keuhkaväijä NMR:n teorian - miten saamme NMR-spektrin ja mikä lähteet. Aineisto voi käyttää tutkimusaine NMR-laitteen.

Päivä: NMR-spektrin pikkien laatu (pääasiallinen siirtynä)

Teeppä - Sivustusta - Päivitetty: 2020-05-05 klo 10:00:00 - sivu 2 / 2

<http://chemistry2.csu.edu.edu/newstuff/startnmrexplorer.html>

Sivustorakennetta pidettiin monimutkaisena. Myös valikkorakenne vaihteli sivulta toiselle. Kuvitusta olen lisännyt tämän jälkeen, koska sitä pidettiin hyvänä.

5.2. NMR -kemiallinen siirtymä

NMR-lukun aloituskoppia NMR-lukun edellisen sivun kopia NMR-lukun seuraavan sivun kopia NMR-lukun lopetuskoppia

Hajotus 1

Hajotus 2

Hajotus 3

Avas taulukko 1 (PDF)

Avas taulukko 2 (PDF)

HAIROTUS 2.

Tuota bentsiiniä, styreeniä, heksaaniä ja heksaaniä ¹H-NMR-spektrejä. Milla yhdistellä on vetyjä, jotka ovat liittyneinä alkeens-ryhmiin (O=C)? V tervale bentsiiniin, styreeniin, heksaaniin ja heksaaniin spektrejä ja luonne, millä kemiallinen siirtymä alueille pöytä spjstetvat. Mita johdospäätökset voit kirjata alkeens-ryhmiän kemiallisesta siirtymästä? (KTS TAULUKKO 2., tuloista kirjainta varten)

Kemialliset siirtymät taulukko

Spektrikirjasto

Bentsiiniin spektri

Heksaaniin spektri

Heksaaniin spektri

Styreeniin spektri

Tolueneen spektri

*) Lataa laatu parantuneita versioita molekyylihaaroista

Pilota kaikki spektrit

Sivun aloituskappale

Styreeni

Lääkeaineanalytiikka lukion kemian opetuksessa - Spektroskopia

Kurssin aloitus | Kromatografia | Spektroskooppiset menetelmät | Yhdysspektroskopia | NMR-spektroskopia | Muuta menetelmiä | Tietohäiri

Home

Etusivu | NMR-spektroskopia | Teoria | Kemiallinen siirtymä

NMR-spektroskopia - kemiallinen siirtymä

Tietävätkä 1.

Tuota bentsiiniä, heksaaniä ja heksaaniä ¹H-NMR-spektrejä heksaaniin laadit spjstetvat. Mita johdospäätökset voit kirjata alkeens-ryhmiän kemiallisesta siirtymästä? (KTS TAULUKKO 2., tuloista kirjainta varten)

3 Bentsiiniin ¹H-NMR-spektri - Microsoft Internet Explorer

Bentsiiniin ¹H-NMR-spektri

3 Heksaaniin ¹H-NMR-spektri - Microsoft Internet Explorer

Heksaaniin ¹H-NMR-spektri

Heksaani

Multimaker -työkalu mahdollistaa kätevästi onMouse-komennon soveltamisen eli kuten kuvassa näkyy, molekyylikaava on tullut kuvaan, kun kursori koskee tiettyä kohtaa kuvaruudussa.

Harjoituksia pidettiin hyvinä, koska niissä pystyttiin samanaikaisesti hyödyntämään sivulla olevaa spektrikirjaston osaa. Lisätoiveena oli, että ne saataisiin samanaikaisesti näkyviin. Se onnistui uudella tekniikalla helposti.

Vertaisarvioinnin jälkeen otin käyttöön Dreamweaver -nimisen www-sivueditorin. Se toi sivustolla selkeämmän ja yhdenmukaisemman taiton, värimaailman ja navigointirakenteen. Myös jatkossa sivuston työstäminen onnistuu tämän ohjelman (tai muun webeditorin) avulla varsin helposti. Osa sivustolle tuoduista toiminnallisuuksista edellyttää ohjelmointia, mutta ne ovat HTML-koodin kautta kopioitavissa muillekin sivuille.

9.2 Opiskelijoiden kokemuksia ja kommentteja

Internet-aineiston IR-spektroskopia (ja osin kromatografia) -osiota **testattiin** Viikin normaalikoulun lukion kemian syventävän kurssin yhteydessä. Kemian erotus- ja tutkimusmenetelmät kuuluivat Viikissä (vanhan opetussuunnitelman mukaisesti) neljänteen kemian syventävään kurssiin. Koska käytettävissä oli 75 minuutin mittainen oppitunti, siihen liitettiin ennakkotehtävä (tutustuminen IR-spektroskopiaan käsitteleviin sivuihin). Tunti aloitettiin alkutestillä ja päätettiin lopputestillä.

Lopputestin yhteydessä kysyttiin lisäksi:

- *Mitä on IR-spektroskopia kahdella lauseella sanottuna?*
- *Mitä mieltä olit tunnin käyttöön tehdyistä www-sivuista?*
- *Miten kehittäisit niitä oppilaan näkökulmasta?*

Kurssin 14 oppilaasta 11 oli tutustunut verkossa olevaan aineistoon etukäteen. Kolme heistä oli tutustunut myös laajemmin sivuston antimisiin. Neljä selvitti alkutestin (liite 3) täydellisesti oikealla vastauksella. Tunnin jälkeen kolme selvitti yhtä lailla täysin pistein lopputestin (liite 4). Tunnin jälkeen kaksi opiskelijaa lisää antoi täydellisen vastauksen testiin. Itse opetus toteutettiin sivustolla esitetyn ongelmalähtöisen oppimisen lähtökohdista.

Vaikka lopputulos ei ollut aivan niin hyvä kuin olisi voinut toivoa, kuitenkin spektroskopian merkitys ja tehtävä selkeytyi valtaosalle. Kysymykseen ”Mitä on IR-spektroskopia kahdella lauseella sanottuna?” saatiin hyviä vastauksia:

”Tutkitaan IR-spektroskopialla, että mitä funktionaalisia ryhmiä löytyy.”

”IR-spektroskopiassa tutkitaan aineiden IR-spektrien kuvaajista piikkejä, joista tunnistetaan erilaisten sidosten vääntymisen vaikutuksia IR-heijastukseen.”

”Tutkittavan aineen määrittämien vertailemalla käyrän piikkejä.”

”Kromatografian apuväline tuntemattomien aineiden selvittämisessä.”

”Laite, jolla tunnistetaan aineiden orgaanisia piirteitä.”

”Aineiden tunnistamista niille tyypillisen infrapunaabsorptiospektrin avulla.”

”Määritellään infrapunavalon avulla kullekin aineella. Spektreistä saadaan tietää aineen funktionaaliset ryhmät → tunnistus.”

”Aineilla on erilaiset IR-spektrit.”

”Aineen osien selvittämistä tietyn taajuisen valon avulla.”

Samassa yhteydessä opiskelijoilta pyydettiin kommentteja [www-aineistosta](#). Tämä osaltaan antoi hyviä vinkkejä jatkokehitystyöhön. Taulukossa on kooste kommentteista.

Taulukko 9: Opiskelijoiden kommentit verkkosivuihin (11.11.2004 pidetty tunti).

Mitä mieltä olit tunnin käyttöön tehdyistä www-sivuista ?	Miten kehittäisit niitä oppilaan näkökulmasta?
<i>”Hyvät ja täsmälliset”</i>	
<i>Vaikuttivat mielenkiintoisilta, vaikken niihin tarkemmin tutustunut. Tarjolla oli selkeitä aminaatioita prosessin vaiheista.</i>	<i>En osaa sanoa</i>
<i>Kirjoitusvirheitä, mutta hyvä ulkoasu ja selkeät. Valkoinen pohja oli hyvä.</i>	
<i>Hyvää jälkeä.</i>	<i>Käsitteet ja lainasanat on hyvä selittää.</i>
<i>Monipuoliset ja selkeät, mutta en tiedä olisinko ymmärtänyt, jos en olisi kuullut selitystä.</i>	
<i>Havainnollistavat</i>	
<i>Mielenkiintoiset</i>	
<i>Hienot, hyviä animaatioita</i>	
<i>Hyvin toimivat ja havainnollistavat</i>	<i>Paha sanoa näin lyhyen tutustumisen jälkeen</i>
<i>Ne olivat hyviä ja mielenkiintoisia. Ei liikaa tekstiä ja havainnollisia kuvia.</i>	<i>Enpä oikein tiedä. Ne olivat mielestäni ihan hyviä.</i>
<i>Voisivat olla hieman tiiviimmät</i>	<i>Ei paha</i>
<i>Ihan hyvänä apuna opiskelulle</i>	<i>”Tiedesanat” pitäisi selittää paremmin</i>
<i>Varsin havainnolliset</i>	
<i>Selkeät</i>	

Maininta ”selityksen kuulemisesta” on mielestäni hyvä kommentti, joka puhuu siihen suuntaan, että aihe saattaa olla sellainen, ettei hyväkään aineisto tukisi itseopiskelua.

9.3 Asiantuntijan – sisällön hallintaan liittyvät - kommenttikierrokset

Aineiston rakentamisessa asiantuntija-apuna oli Orion Pharma Oy -lääketehtaan analyttisen osaston kemisti. Hänen kanssa työskentely perustui todellisen, autenttisen, prosessin läpikäyntiin. Tämä mahdollisti sen, että harjoituksissa ja itse aineistossa on kiinnitetty huomiota kontekstuaalisen oppimisympäristön luomiseksi todellisten tilanteiden löytämiseen.

Autenttisuutta on haettu tuottamalla simuloidussa tilanteessa kuvamateriaalia [www-aineistoa varten](http://www-aineistoa.varten). Osa runsaasta materiaalista on vieläkin käyttämättä. Yhtenä esimerkkinä on punnitukseen liittyvä video. Ongelmana videoiden käytössä on juuri niiden tiedostokoko.

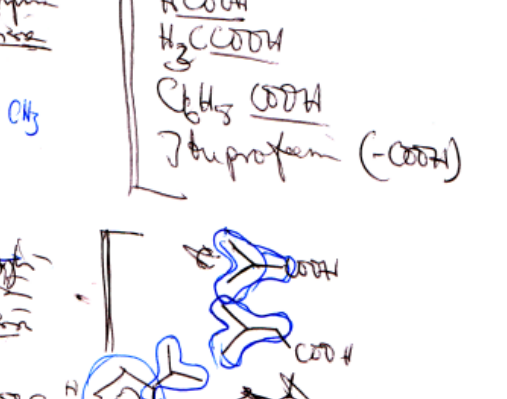
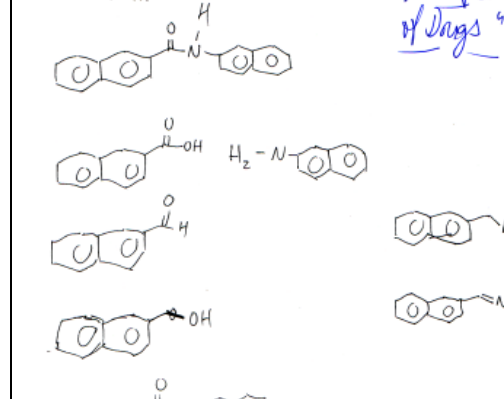
Itse prosessi eteni vaiheissa, joissa aina tietyn ajoin palattiin yhteiseen pöytään käymään läpi aineistoa ja siihen liittyviä osioita kohta kohdalta (kuva 44).

Aineistojen läpikäynnissä ja sen autenttisuuden löytämiseksi ja sovittamiseksi oppijan olemassaolevaan tietopohjaan käytiin läpi useita lähestymistapoja. Taulukossa 10 on esimerkki puhtaasti hypoteettisen molekyylistä (Janitamin) ja sen kautta käydystä pohdiskelu mahdollisten epäpuhtauksista ja niitä vastaavista molekyyilirakenteista.

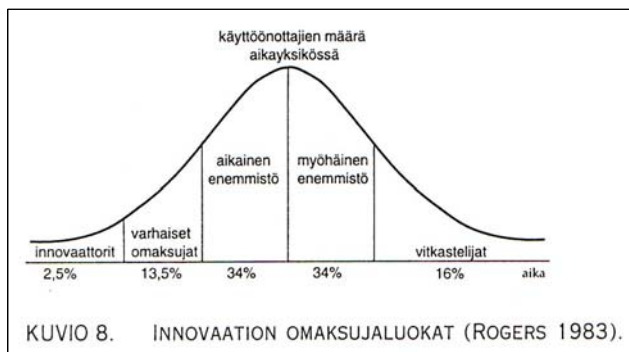


Kuva 46: Nestekromatografisen ajon näytepulot, joissa valmistetut liuokset mittaukseen (itse kuvattua materiaalia)

Taulukko 10: Aineiston käsikirjoitusvaiheita

Pohdiskelua, miten tiettyjen funktionaalisten ryhmien merkitys ja näkyvyys spektrissä saataisiin havainnollisesti näkyviin ibuprofeenin tapauksessa. Kts. Liite 5.	Hypoteettisen molekyylin alkutuotteet, lopputuote, sivutuotteita ja hajoamistuotteita. Miten tässä eri yhdisteet tunnistettaisiin? Haastetta tekijälle.
	Janitamin “Clarke's Isolation and Identification of Drugs” 

9.4 Innovaation – www-aineiston – käyttöönotto ja sen esteet



Innovaatioiden käyttöönottoa on tutkittu jo kauan. Tämän kehittämistutkimuksen www-aineisto on yhdenlainen innovaatio, jonka käyttöönottoa voi pohtia itse innovaation näkökulmasta. Kuvassa 45 Rogers on luokitellut omaksujaluokkia. Rogers (Rogers, 1983) haluaa määritellä sen, että innovaation käyttöönottoon voidaan suhtautua hyvinkin eri tavoin. Aina löytyy innovaattoreita ja vitkastelijoita. Syyt ovat erilaisia.

Kuva 47: Innovaation omaksujaluokat (Kuitunen, 1996)

käyttöönoton esteitä lukion ja yläasteen kemian opetuksessa. Tutkimuksen viitekehystenä toimivat innovaation leviämiseen ja käyttöönottoon liittyvät teoriat (Rogers, Fullan). Näiden mukaan innovaatioiden käyttöönottoon vaikuttavat monet eri tekijät: innovaation ominaisuudet, paikalliset ominaisuudet, ulkoiset muuttujat sekä verkostoituminen ja sen tuoma tuki.

Proseminaaritutkimus toteutettiin teemahaastatteluna Helsingin normaalikouluissa. Haastateltavina oli kolme Helsingin yliopiston harjoittelukouluissa toimivaa kemian opettajaa sekä yksi kemian opettajaksi opiskeleva.

Tutkimuksen tulokset voidaan koota yhteen toteamuksella:

”www-aineistojen käyttöönottoa rajoittaa opettajien vähäinen tieto opetukseen soveltuvien sivustojen esiintymisestä. Opettajien ja koulun asenteet internetin hyödyntämisestä kohtaan olivat positiivisia. Tehokkaan sivustojen käytön esteenä pidettiin laitteistojen liian vähäistä määrää sekä tekniikan huonoa toimintavarmuutta.”



Kuva 48: Innovaation käyttöönotto ja leviäminen - viitekehys teemahaastattelussa (Uusikartano & Myllyviita, 2005)

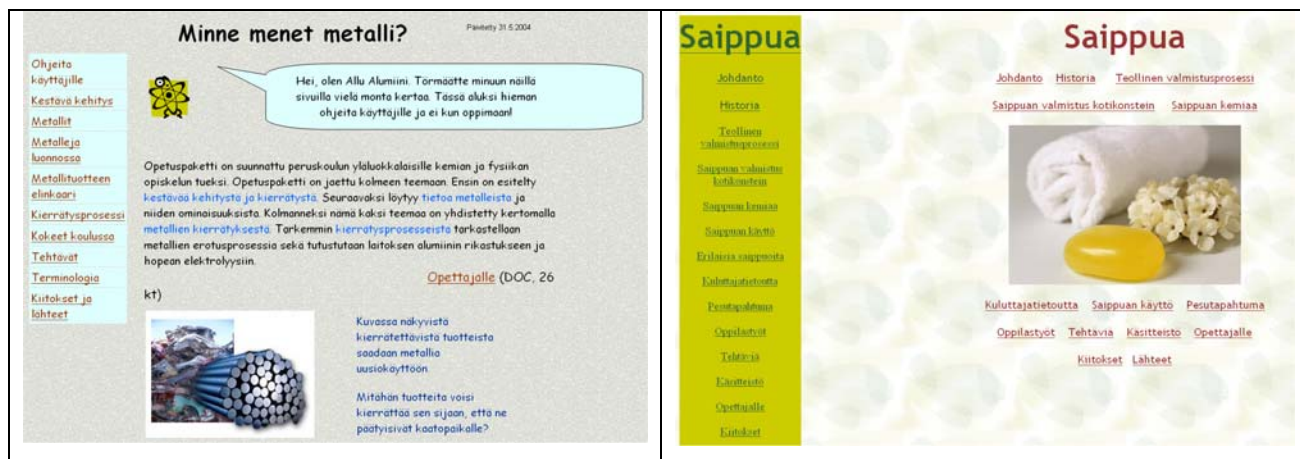
Kehitysideoina www-aineistojen opetuskäytön lisäämiseksi pohdittiin aineistojen organisoitua jakamista sekä koulutuksen muotojen ja sisällöjen kehittämistä. Itse sivujen tulisi sisältää pedagogisesti pohdittua, hyvin visualisoitua materiaalia, joka olisi helposti käytettävissä ja jossa kohderyhmä on huomioitu.” (Uusikartano & Myllyviita, 2005)

Proseminaaritutkimuksen viitekehys (katso kuva 41) perustui Rogersin ja Fullanin innovaatioiden käyttöönottoon liittyvien tekijöiden tarkasteluun. Fullan (1991, 68) on ryhmitellyt yleisellä tasolla uudistusten leviämiseen ja käyttöönottoon vaikuttavat tekijät kolmeen ryhmään:

1. Uudistuksen ominaisuudet
2. Paikalliset olosuhteet
3. Koulun ulkopuoliset tekijät

Tärkeä osa teemahaastattelu ja proseminaarityötä oli kehittämisajatus löytäminen erilaisten www-aineistojen tuottamiseen. Yllä olevassa kuvassa 46 on esitetty itse teemahaastattelun sisällöstä oleellisin osa. Se, mikä teki tämän lähestymistavan merkitykselliseksi tässä yhteydessä, on seikka, että kemian opetuksen keskus on opettajakoulutuksessaan vahvasti korostanut (sisällyttänyt kurssiin tärkeänä ja vaadittuna osiona) www-aineistojen tuottamisen ja hyödyntämisen erilaisten teemojen esittelyssä ja opetuksen tukemisessa. Kursseilla tuotetaan oppitunneilla soveltuvia www-perustaisia oppimateriaaleja tausta-, tuki- ja/tai lisäaineistoiksi.

Yksi tärkeä kehittämisnäkökulma on kohderyhmän huomioiminen.



Jo sivuston etusivulla on mainittu kohderyhmä.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/metallinkierritys/>
 (26.8.2005)

Monella sivustolla on opettajaa varten oma kohta, josta ilmenee kohderyhmä
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/saippua/> (26.8.2005)

Kuva 49: Kohderyhmän huomioiminen kahden www-oppimateriaalin osalta.

Toinen seikka on se, että opetuksessa käytettävien www-sivustojen pitää mielestä sisältää materiaalia, jota olisi järkevä käyttää ja jota oppilaat todella pystyisivät hyödyntämään, esimerkiksi tehtäviä, joihin oppilaat vastaisivat ja sitten itse tarkastaisivat (oman tietotason kontrollointia).



Oppilaille sopivia tehtäviä ovat esim. ristikot.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/muovit/> (26.8.2005)

Oppilaille voidaan tehtäviä ja vastaukset laittaa erikseen, kuten tällä sivustolla.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/oljytuotteet/> (26.8.2005)

Kuva 50: Opettajat toivoivat, että sivustoilla olisi selkeä konteksti ja oppimiseen liittyvä näkemys.

9.5 Tutkimuksen reliabiliteetti ja validiteetti

Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimusperinne ei ole yksi tietty tapa lähestyä asiaa. Siihen kuuluu myös erilaisia tekniikoita. Esim. etnografisessa tutkimuksessa voi aineistoa kerätä havainnoimalla, haastatteluilla ja kirjoitelmilla. Ne voi tallentaa eri tavoin esim. äänityksillä, joka ei oikein sovi kvantitatiiviseen lähestymistapaan. On esitetty myös näkemys, että luotettavuuden lisäämiseksi olisi ennakkoon paneuduttava hyvin **lähestymistavan eri koulukuntiin** (kirjallisuuteen), mikä sitten näkyy esimerkiksi lähdekritiikin merkityksen lisääntymisenä (Siitonen, 1999).

Eskola & Suoranta (2001, s. 208) toteavat, ettei syntyneen vastakkainasettelua kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen luotettavuuden osalta ole helpottanut se, että käytetään erilaista kieltä ja että kvalitatiivisessa tutkimuksessa aineiston analyysia ja luotettavuuden arviointia ei voi erottaa niin selkeästi kuin kvantitatiivisessa tutkimuksessa. On selvää, että luotettavuuden arviointikriteerit poikkeavat kvantitatiivisen tutkimuksen validiteetti- ja reliabiliteettikysyksistä (Puro 2000, Tynjälä 1991, 388, <http://herkules.oulu.fi>, katso lähdeluettelo). Kun kvantitatiivisessa tutkimusperinteessä **validiteetilla** tarkoitetaan sitä, miten tarpeeksi kattavasti ja tehokkaasti mittari mittaa tutkittavaa asiaa, kvalitatiivisessa tutkimusperinteessä voisimme puhua (kuten esimerkiksi Grounded Theory -metodissa yleisesti tehdään) **verifikaatiosta**. Tärkeällä sijalla on analyysin kuvaaminen, joka sitten mahdollistaa tutkimuksen toisintamisen tulosten arvioimiseksi.

Validiteettia voi lähestyä sisäisen ja ulkoisen validiteetin käsitteiden kautta. Sisäisellä validiteetilla ”viitataan siihen, tutkitaanko sitä, mitä sanotaan tutkitun”. Ulkoinen validiteetti tulkitaan toisinaan yleistettävyydeksi, toisinaan edustavuudeksi (Tella, [www-lähde](#)). Tämän tutkimuksen osalta sisäinen validiteetti korostuu tuotetun [www-sivuston](#) erillisellä analyysillä ja kehitystyön vaiheiden kuvauksella. Tässä koostetaan eri vaiheissa nousseita kommentteja ja kehittämistutkimukselle tyyppisten interventtioiden huomioimista kehitystyössä. Ulkoista validiteettia olen rakentanut ottamalla huomioon kehitystyössä eri toimijatahot. Heitä on lähestytty tilanteeseen sopivalla tyyllillä: opettajia haastatteleamalla ja analyytikon kanssa käymällä keskusteluja kehitysideoista.

Reliabiliteettiongelmien voivat kvalitatiivisessa tutkimustyössä liittyä esim. aineiston virhetulkintoihin. ”Onko olemassa yhtä oikeaa tulkintaa?” voidaan kysyä. Jokainen tutkija vie kirjoituksiinsa kuitenkin omat näkemyksensä, halusi tai ei. **Luotettavuutta voidaan lisätä sillä, että tutkimuksessa kuvataan prosessi selkeästi ja pyritään perustelemaan valinta.** Tällöin joku toinen tutkija voi päätyä samoihin tuloksiin. Kehitystyössä merkittävään rooliin astuu kehittäjän oma näkemys ja tulkinta asiasta.

Krippendorffin (Krippendorff, 1985, 130) mukaan reliabiliteetti tulee usein validiteetin tielle: sanojen laskeminen parantaa reliabiliteettia, mutta haittaa validiteettia. Näin ollen on löydettävä jonkinlainen keskitie. Krippendorff erottaa kolmen tyyppistä reliabiliteettia: stabiliteettia, tutkijan reliabiliteettia (reproduktiivisuus) sekä täsmällisyyttä.

Puro (2000) asetti omassa tutkimuksessaan kvalitatiivisen lähestymistavan luotettavuuden kriteereiksi tutkimusprosessin johdonmukaisuuden, tutkimusprosessin reflektoinnin ja reflektoinnin kuvauksen, tutkimusprosessin aineisto- ja kontekstisidonnaisuuden, tavoiteltavan tiedon laadun, metodien yhdistämisen, tutkijayhteistyön, tutkijan subjektisuuden ja tutkijan vastuullisuuden.

Kvantitatiivisissa tutkimuksissa **reliabiliteetilla, luotettavuudella**, tarkoitetaan mittarin johdonmukaisuutta, eli siihen eivät saa vaikuttaa satunnaisvirheet eivätkä olosuhteet. Reliabiliteetissa on kaksi

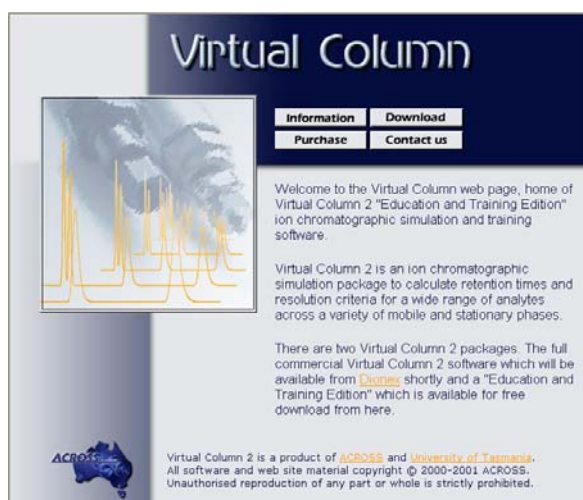
osatekijää: stabiliteetti (mittari on ajasta riippumaton) ja konsistenssi (yhtenäisyys, samaa asiaa mittaavien mittareiden väittämät saavat suuren korrelaatiokertoimen, mm. Cronbachin alfa-kertoimen) (TaY, Menetelmävarasto).

Catanzaron (Catanzaro, 1988, 453, Tampereen yliopiston www-oppimateriaali) mukaan **kvalitatiivisen tutkimuksessa arvioidaan uskottavuutta**. Siihen liitetään luotettavuus, siirrettävyys ja vahvistettavuus. Hänen mukaan uskottavuutta voi lisätä esim. käyttämällä riittävästi aikaa tutkimuskohteen esittelyyn, aineistojen yhdistelemiseen (triangulaatio) ja refleksiivisen päiväkirjan käyttöön. Tässä tutkimuksessa on kuvattu www-aineiston tuottamiseen liittyviä seikkoja ja sitä prosessia, jolla www-aineistoa on kehitetty edelleen.

10 Visioita – virtuaaliset laitteet

Tietotekniikan hyödyntäminen opetuksessa on vasta alkutaipaleellaan. Kuten tässä tutkimuksessa on esitelty, käytännön ja käyttöönoton ongelmat liittyvät niin oppimisympäristön ja tekniikan puutteisiin kuin käyttöönottajienkin asenteisiin. Tulevaisuuden visiona onkin, että opettajakoulutuksessa internetin hyödyntäminen vahvistaa asemaansa ja kynnys tietotekniikan käyttöönotolle alenee. Tietotekniikasta tulee yhtä normaali ja luonnollinen työkalu kuin piirtoheitin on tällä hetkellä.

Virtuaalisuus mahdollistaa monenlaisen teknisen laitteen ja myös vaarallisen reaktion esittelyn lähes autenttisesti. Tällaisten ympäristöjen luominenkin on tärkeä osa tulevaisuuden oppimismateriaalien kehittämistyötä.



Kuva 51: Virtual Column -ohjelman kotisivu

<http://www.virtualcolumn.com/>

Esimerkki tulevaisuuden mahdollisista suunnista on liitteessä 6 on esitelty verkosta ladattava virtuaalinen kolonni –ohjelma. Se hyödyntäminen edellyttää ohjelman asentamista luokan koneelle. Se antaa kuvan siitä, miten itse hyvä ja analyysiin kelpaava kromatogrammi tuotetaan ja miten kolonni ja ajoliuokset siihen vaikuttavat. Tämän ohjelman ongelmana kromatografian opettamisessa on se, ettei se kuvaa todellista työprosessia (ei siis simuloi itse laitteen käyttöä).

Virtual Column 2 -ohjelma (kuva 49) tarjoaa mahdollisuuden tutkia laajasti ionikromatografista käytäytymistä. Ohjelma perustuu käytännön antamaan tuloksiin ja siten kuvaa todellista tilannetta (Haddad, Shaw, Madden & Dicinoski. 2004).

Visio tästä olisi se, että Virtual Column 2 –ohjelmaan liitettäisiin valmistelua ja käytännön toteutusta itse laitteen kanssa simuloiva video ja kuvaruudussa toimiva näytteiden ja standardien injektointi (näytteesyöttö analyysiin). Näin syntyisi kokonaisuus.

Toinen tässä mainittava olemassa oleva sivustokokonaisuus on myös kehittämiskohteena olevalta sivustolla mainittu ja laajasti lähteenä käytetty Spectral Database for Organic Compounds (SDBS) -spektrikirjastoa (katso <http://www.aist.go.jp/RIODB/SDBS/menu-e.html>). SDBS on integroitu orgaanisten molekyylien spektritetokanta. Siihen on tuotu kuuden tyyppisiä spektrejä: EI-massaspektrejä, erilaisia ^1H - ja ^{13}C -NMR- spektrejä, FT-IR-, laser-Raman-, ja ESR-spektrejä. SDBS:n rakentaminen on aloitettu jo 70-luvun alussa ja tällä hetkellä tietokannassa on noin 31 000 yhdistettä. Spektrejä on seuraavasti: MS - 21 800 kpl, ^1H NMR - 13 900 kpl, ^{13}C NMR - 12 000 kpl, IR - 49 000 kpl, Raman - 3500 ja ESR – 2000 kpl. Tämän spektrikirjaston yhdistäminen virtuaalisen spektrometrien käyttöön toisi huippuluokan analyttisen kemian laboratorion koulumaailmaan.

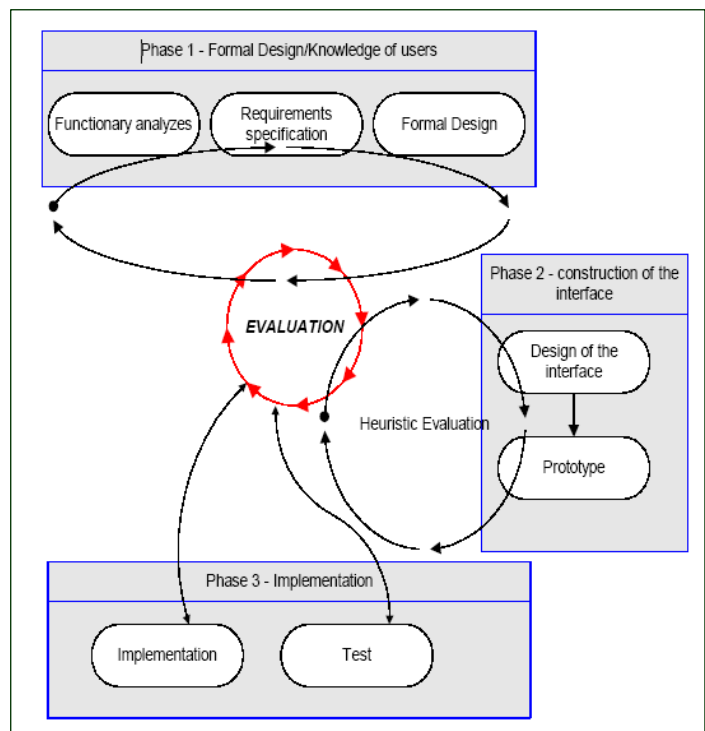
11 Johtopäätökset ja jatkotyön pohdinta

11.1 Internet-aineistojen kehittämisen mallit

Tutkimuksen yhteydessä on tutustuttu erilaisiin internet-aineistojen ja -sivustojen kehittämisen malleihin. Omaa mallia en kehittänyt, mutta tärkeää olisi löytää jatkotyötä ajatellen toimintamalli, joka palvelee myös muiden tekemää jatkokehitystyötä ja mahdollisesti uusien sivustojen rakentamista juuri kemian opetuksen käyttöön. Jo tällä hetkellä kemian opetuksen kursseilla syntyviä www-aineistoja varten olisi mielekästä luoda kehittämismalli ja myös kehittämistyön tueksi www-editorien käytön ja käyttöliittymien rakentamiseen liittyvää koulutusta.

Suunnittelumalleja on tuotettu erilaisista lähtökohdista. Helsingin Yliopiston Tietojenkäsittelytieteen laitos antaa korkeatasoista koulutusta käyttöliittymien kehittämisestä. Käyttöliittymät – kursseilla paneudutaan tavoitepohjaisiin käyttötapauksiin (goal-based use cases), joista tuotetaan käyttöliittymäratkaisuja simuloimalla käyttäjän toimintaa. Helsingin yliopiston Tietojenkäsittelytieteen laitos on ollut mukana kehittämässä tavoitepohjaista käyttöliittymäsuunnittelumallia (Goal-Derived Design, GDD). Tämä lähestyminen voisi olla yksi tapa tuottaa opetuskäyttöön tarkoitettuja käyttäjälähtöisiä www-sivustoja.

Toinen käyttäjälähtöinen lähestymistapa löytyy (katso kuva 50) Pedro Silvan artikkelista *“Build an Interface Step by Step”* (toim. A. Méndez-Vilas, B. González-Pereira, J. Mesa González ja J.A. Mesa González, 2005). Suunnittelumalli on jaettu kolmeen vaiheeseen (kuva alla): (1) tieto käyttäjistä ja heidän tarpeistaan, (2) järjestelmän rakenteen suunnittelu ja (3) sivuston toteuttaminen ja testaaminen. Tässä mallissa arviointi on avainprosessi. Se toimii ”kehityksen moottorina”. Tärkeää on, että käyttäjät osallistuvat kahdessa ensimmäisessä vaiheessa työhön. Verrattuna ensin mainittuun tässä mallissa käyttäjät osallistuvat sivuston tuottamiseen.



Kuva 52: Internet-sivuston suunnittelumalli (Silva, 2005)

11.2 Verkkovuorovaikutus lisänä oppimisympäristössä

Tietotekniikan hyödyntäminen opetuksessa voidaan ulottaa myös vuorovaikutukseen, esimerkiksi ottamalla käyttöön keskustelufoorumeja tai muita vastaavanlaisia työkaluja. Storey kumppaneineen (Storey ja kumpp., 2002) ovat arvioineet Blackboard ja WebCT:n toimivuutta verkkopohjaisessa

opetuksessa. Tutkimuksen mukaan opiskelijat suosivat **www-pohjaisia työkaluja**, koska ne mm. ovat saatavilla 24 tuntia vuorokaudessa viikon jokaisena päivänä ja käytettävissä eri paikoista. Opiskelijoiden mukaan ne olivat hyviä käyttää, kun ne olivat mm. hyvin suunniteltuja, helppoja oppia ja käyttää, yksinkertaisia navigoida, toimivat kurssin tukena ja niihin oli esteetön pääsy myös opiskelupaikan ulkopuolelta. Näiden kahden työkalun käyttöä olisi tärkeää kokeilla kurssilla, jossa jo suunnitelmissa on mukana myös verkkovuorovaikutuksen käyttöä edellyttäviä elementtejä. Kursilla voisi ottaa käyttöön esimerkiksi keskustelufoorumin, ”instant messaging” -järjestelmän (online-keskustelu) tai jopa verkkokonferenssi työkalun web-kameroineen.

Tämän nyt tässä tutkimuksessa esitellyn kehittämishankkeen yhtenä puutteena on verkossa tapahtuvan vuorovaikutuskanavan puuttuminen. Jatkossa tämän elementin lisääminen ja opiskelun tukeminen myös verkon välityksellä antaa mielenkiintoisen tutkimuskohteen. Verkossa tapahtuvan **sosiaalisen vuorovaikutuksen ilmiöt** poikkeavat kovasti perinteisestä opetuksesta. Matikaisen mukaan (Matikainen, 2001, s. 120-123) vuorovaikutuksen osatekijöitä on lähestyttävä uudella tavalla.

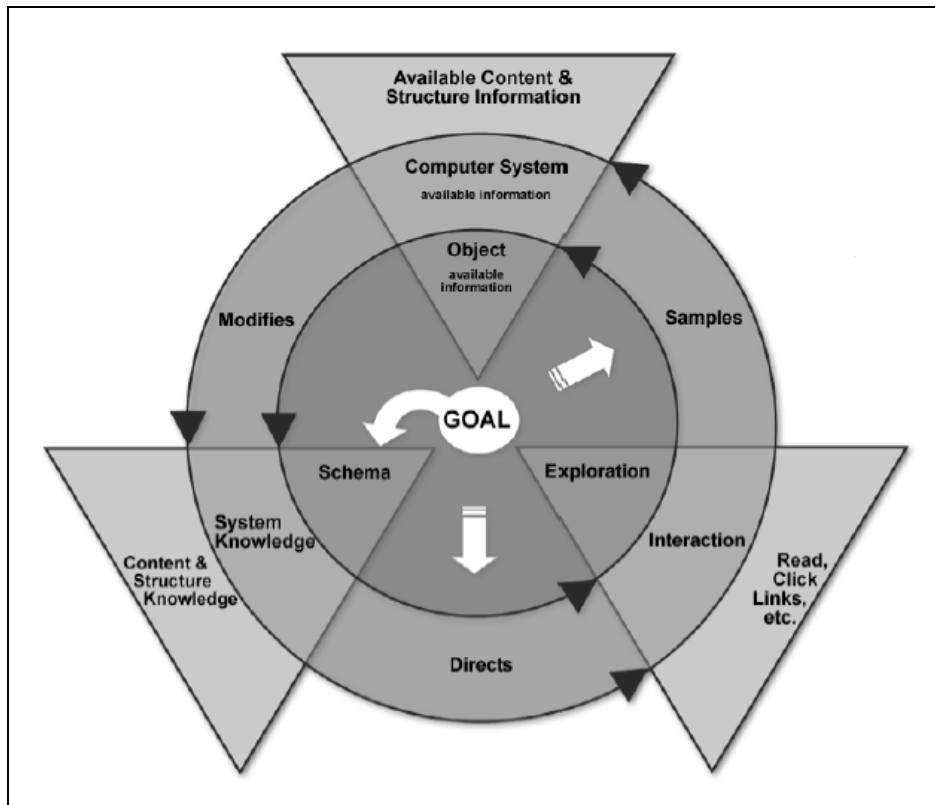
Matikainen (em.) käyttää Teatteri-metaforaa asioiden esittelyssä. Toimijoiden roolien havaitseminen on vaikeampaa ja köyhempää kuin kasvokkaisessa vuorovaikutuksessa. Usein vuorovaikutusta ohjaava yleisö puuttuu tai ainakin ilmenee eri tavalla. Verkkokurssilla vuorovaikutuskin täytyy jotenkin käsitellä auki, toisin kuin perinteisessä opetuksessa. Miten tämä toteutuu, on eri asia. Verkossa puuttuu näyttämö, fyysinen tila, jossa vuorovaikutus tapahtuu? Mitkä ovat ne lavasteet, joita verkkoympäristössä on? Tausta-alue nousee vahvaan rooliin, koska kirjoittajia ei näe. Matikainen toteaa, että kynnys niin sanottuun ”flaming”-ilmiöön eli aggressiiviseen viestintään madaltuu. Verkossa tapahtuvassa vuorovaikutuksessa on vaikeampaa todeta selkeitä episodeja. Niitä voi olla useampia samanaikaisesti, päällekkäin ja limittäin. Tämä asettaa ohjaukselle uudenlaisia haasteita. Lopuksi verkossa tapahtuvan viestinnän monologisuus tai dialogisuus asettaa omat haasteensa. Dialogisuuteen pääseminen edellyttäisi ajattelun ja käsitysten reflektointia ja muuttumista.

11.3 Havaintoteoriat ja www-ympäristöjen kehittäminen

Farris (Farris 1999) on väitöskirjassaan soveltanut ja kehittänyt edelleen opetusteorioissa tutuksi tullutta Neisserin havaintokehää. Hän on laatinut (kuva 51) ihminen-internet -vuorovaikutusta kuvaavan kehän (HuWI, a human-web interaction cycle).

Kuva 51 esittää, miten järjestelmätieto (system knowledge, esim. navigointipolkujen näkyminen, sivukartat) ohjaa vuorovaikutusta (lukeminen, sijainti, linkkien klikkaaminen jne.), miten vuorovaikutuksessa poimitaan olemassaolevaa tietoa tietokonejärjestelmässä ja miten poimittu informaatio muokkaa järjestelmätietoa. Uloin kerros kuvaa järjestelmätiedon erityistyypppejä (sisältö- ja rakennetieto), vuorovaikutusta ja tarjolla olevaa tietoa. Näiden keskinäinen suhde hahmottaa kaikkien osien merkitystä käyttäjän tavoitteiden saavuttamisessa (Farris, 1999).

Farrisin HuWI-kehä esittää, että puutteellinen järjestelmätieto voi vaikuttaa osallistujien vuorovaikutuksen laatuun. Web-sivujen tuottajien ja käyttäjien erilaiset tietotasot saattavat aiheuttaa ongelmia www-sivujen suunnitteluun. Järjestelmätieto ohjaa oppimista, se määrittelee mm. sen, miten tieto on järjestetty (kronologisesti, vrt. lääkkeen analysoinnin vaiheet, tai arkkitehtuurisesti, vrt. spektrikirjastot). Mielenkiintoista olisi tutkia vertailututkimuksena, onko kronologinen eteneminen – osin siis perustuen kontekstuaalisuuden ja situationaalisuuden toteuttamiseksi – välttämättä toimiva ratkaisu esimerkiksi spektritulkinnan oppimisessa.



Kuva 53: Ihminen-internet –vuorovaikutusta kuvaava kehä (HuWI, a human-web interaction cycle, Farris, 1999)

11.4 Oppimisen arviointia

Internet- ja yleensä verkkopohjaisen opiskelun tuloksia on voitu varsin vähän arvioida. Ongelman tuottaa se, ettei ole olemassa vertailukohtia ja vertailu perinteiseen opetukseen on vaikeaa. Oppimistuloksia pitäisi voida verrata samanaikaisesti eri tavoilla tapahtuneen opetuksen kesken. Tähän ei tässäkään tutkimuksessa paneuduttu. Opetusta tukevien www-aineistojen laatiminen, käyttäminen ja kehittäminen vaatii vertailevaa tutkimusta, ei jommankumman tyylin paremmuuden osoittamiseksi vaan oikeiden lähestymistapojen löytämiseksi ja tietokoneavusteisen opetuksen koulutuksen kehittämiseksi.

Tämän tutkimuksen kehittämiskohteena ollut www-aineisto on osaltaan tukenut arviointia, miten internet voi palvella opettajan työtä ja mitkä kynnykset opettajilla sen käyttöönoton suhteen ovat. Ongelmalähtöinen opetus edellyttää opettajalta tietotaitoa itse opetusmenetelmän käytössä, mutta myös aineiston tuntemusta, jotta sen soveltaminen onnistuu itse opetuksessa. Oppimista tukee nykytekniikan hyödyntäminen jo sinänsä (motivointikeino). Internetin mahdollisuus tuoda käyttäjän ulottuviin lähes rajaton määrä tietoa, materiaalia ja aivan uudessa muodossa (hypermedia) on vielä lähes käyttämätön voimavara lukion kemian opetuksessa.

12 Liitteet

- Liite 1. Vertaispalautteen vastaukset 11.12.2003
- Liite 2. Kuvaus Multimaker-ohjelman tuottamasta HTML-koodista
- Liite 3. IR-spektroskopian alkutesti
- Liite 4. IR-spektroskopian lopputesti
- Liite 5. COOH-ryhmän näkyminen IR-spektrissä
- Liite 6. Virtuaalikolonne-ohjelma

Liite 1

Vertaispalautteen vastaukset 11.12.2003

Hyviä puolia

- Alku- ja lopputestit – saa hyvin kuvan oppilaan lähtötasosta ja toisaalta lopputestillä tuloksen, mitä on opittu
- Flash-animaatio – auttaa hahmottamaan asiaa paremmin – samanaikaishavainto hyvä
- Sisältö – asiat on selitetty perusteellisesti, paljon asiaa, hienosti toteutettu – selkeä, yksinkertaisen oloinen, mutta vaativa – ei ihan tavallinen aihe, joten kiinnostaa varmasti monia
- Kromatografi -kuva hyvä
- Spektrikirjasto
- Autenttisuus
- Videopätkät, Kivoja ja havainnollisia kuvia
- Rakennekaavojen esille tuleminen, kun pitää hiirtä yhdisteen nimen päällä
- Lähestyminen asiaan (1. kurssi aloitus) – on helposti lähestyttävissä
- Hyvä aihe nettiopetuspaketille – kemian tietotekninen ja muutenkin teknologinen puoli esitellään uskottavassa ympäristössä – spektroskopiaa ei kirjoista juuri löydy
- Harjoitustehtävät – linkit harjoituksissa hyvä – ongelmalähtöinen lähestymistapa, ei anna suoria vastauksia – mukavampi klikkailla kysymyksiäkuin, jos ne vain staattisesti lukisivat sivuilla
- Erilliset linkit ylimääräiselle asialle
- Kerrottu selkeästi miksi ja ohjattu opettajaa – aloitus, testit jne.
- Selkeä rakenne – hyvät palstajaot tekstissä, linkit selvästi jne.
- Tekstit hieno juttu & ongelmanratkaisulähestymistapa ja tarina

Kehitettävät asiat

- Ankeat värit – harmaa linkki ei välttämättä houkuttele klikkaamaan – värit on liian ”pääsiäisiä” (vihreä ja keltainen), liian räikeät värit pomppaavat silmille
- Etusivun visuaalisuus ja värit
- Tuleeko oppimispolku ts. ohjeet, miten aineistoa kannattaa käyttää?
- Monimutkainen sivurakenne
- Hieman pitkä käytettäväksi kokonaisuudessaan
- Pitäisikö kromatografian perusteet olla heti saatavilla
- Kaaviokuva IR, NMR, UV tai taulukko edut ja haitat kokonaiskuvan aikaansaamiseksi olisi tarpeellinen
- ^1H -NMR ja ^{13}C -NMR selvästi
- Tehtävissä käytetyt ainenimet – olisi hyvä mainita esim. tolueenin systemaattinen nimi
- Vastaukset – olisi hyvä, että netistä löytyy vastaukset perusteluineen
- Onko mahdollista saada NMR-spektrejä yhtä aikaa näkyviin, jos niitä pitää vertailla
- Navigointi vaikuttaa vaikealta – pitäisikö vielä miettiä?
- Vaatiiko sivut monia plugineja? Kannattaa välttää useampien käyttöä, kaikilla ei asennettuna
- Paketti on niin laaja, että oli vaikea hahmottaa sitä näin kerralla. Toivottavasti oppilaille ei välity samanalainen – hieman liian raskas - kuva
- Hieman sekava – selittyy varmaan keskeneräisyydellä
- Vastaukset – miten tehtävissä kerrot, että se liittyy lääkekemiaan?

Kuvaus Multimaker-ohjelman tuottamasta HTML-koodista.

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN" "DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html>
<head>
<meta name="Creator" content="MultiMaker 7.0"></meta>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1"></meta>
<script src="defimm.js" language="JavaScript" type="text/javascript">
</script>
<link rel="stylesheet" href="laakeaineanalytiikka_5._nmr_spektroskopia.css" type="text/css"></link>
<title>5. NMR_spektroskopia</title>
</head>

<body bgcolor="#BCFF79" onkeydown="DoByKey(event.keyCode)" >
<div id="background" style="position:absolute; left:0px; top:0px; margin:0;">
<table width='800px' border='0' cellpadding='0' cellspacing='0' bgcolor="#BCFF79">
<tr><td>&nbsp;</td></tr></table>
</div>

<div id="elementE81948E6-A421-4DEC-8CED-A4DBAE2FA09C" style="text-align:center;border:solid black;border-width:0px;position:absolute;
top:365px; left:197px; width:567px; height:190px; background-color:#FFFFFFFILTER:revealTrans()">
<BR>
<span class="txt117">JAKSON SISÄLLYSLUETTELO
</span>

</div>

<div id="elementA968BC5E-D9ED-46C9-80FB-740CA5F392DC" style="text-align:left;border:solid black;border-width:0px;position:absolute;
top:566px; left:238px; width:473px; height:26px;FILTER:revealTrans()">
<a href="javascript:void();" onmouseover="" onmouseout="" onmousedown="" on-
mouseover="showFile('documentWindow','http://chemistry2.csudh.edu/newstuff/startnmreexplorer.html',320,240,'resizable=yes,scrollbars=yes,status=y
es,location=yes,menubar=yes,toolbar=yes');">
<span class="txt118">http://chemistry2.csudh.edu/newstuff/startnmreexplorer.html
</span>

</a>
</div>

<div id="element934A60F0-0679-4948-8AC1-E546594FD2D2" style="text-align:center;border:solid black;border-width:0px;position:absolute;
top:16px; left:-10px; width:811px; height:35px; background-color:#FFF8F0FILTER:revealTrans()">
<span class="txt119">5. NMR-spektroskopia
</span>

</div>

<div id="element5D427ED3-7D15-4203-AFD5-A821E14EF6E3" style="text-align:left;border:solid black;border-width:0px;position:absolute;
top:68px; left:186px; width:603px; height:273px;FILTER:revealTrans()">
<span class="txt120">NMR&nbsp;&nbsp;&nbsp;- Nuclear Magnetic Resonance, ydinmagneettinen resonanssi <BR>
<BR>
</span><span class="txt121"></span><span class="txt122">Seuraava aineisto ja tehtävät perustuvat Kenyonin Collegen kemian laitoksen opettajan
laatimaan ohjeeseen. Spektrit on poimittu alkuperäisessä artikkelissa </span><span class="txt123">Spectral Data Base System for Organic Com-
pounds</span><span class="txt124"> (SDBS):n rekisteristä. <BR>
<BR>
</span><span class="txt125"></span><span class="txt126">Tämän osion tarkoituksena on ohjata kemian oppilasta <BR>
suorittamaan yksinkertaisen orgaanisen molekyylin <BR>
H-NMR-spektrin (vety-NMR) tulkinta. <BR>
<BR>
NMR-spektroskopia on yksi tärkeä työkalu vieraiden<BR>
molekyylien tunnistamisessa.
</span>

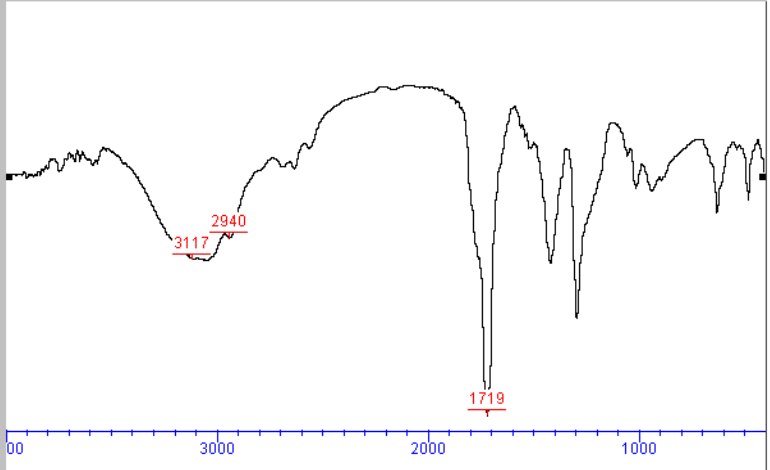
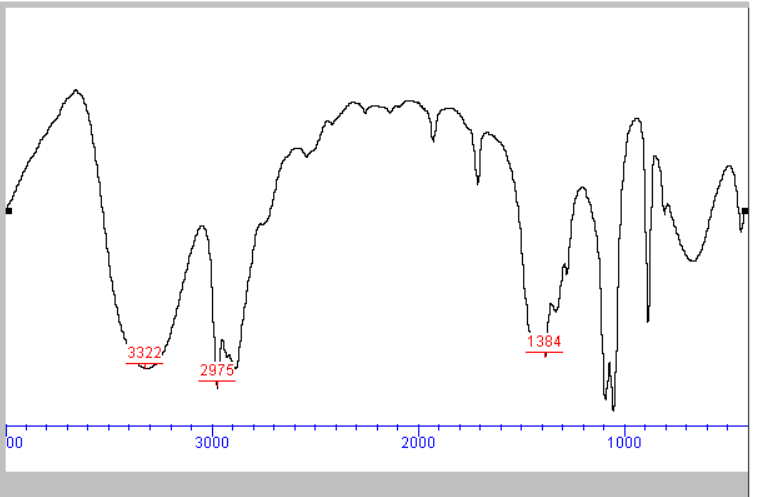
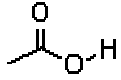
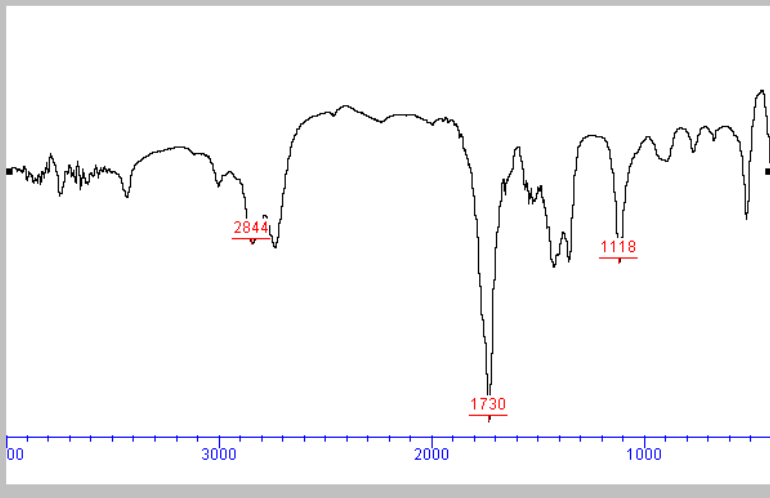
</div>

<div id="element0E9C58CC-3EFD-4D64-A057-05E7AA53F88A" style="text-align:left;border:solid black;border-width:0px;position:absolute;
top:420px; left:219px; width:264px; height:115px;FILTER:revealTrans()">
<span class="txt127">1) Johdanto <BR>
<BR>
```

Liite 3.

Alkutesti

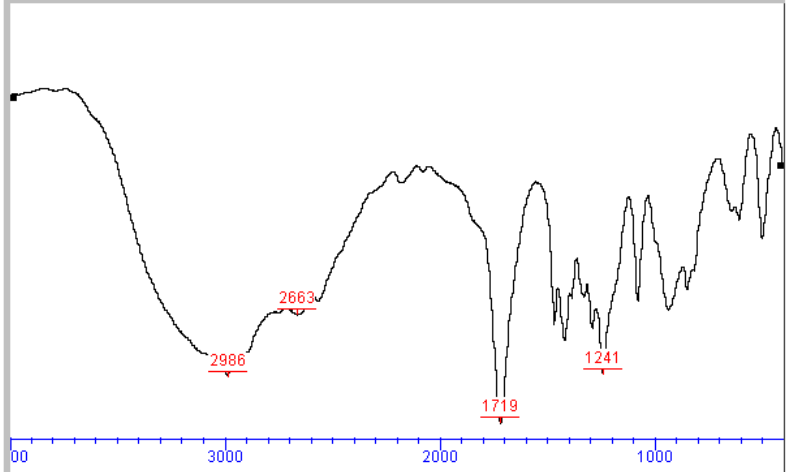
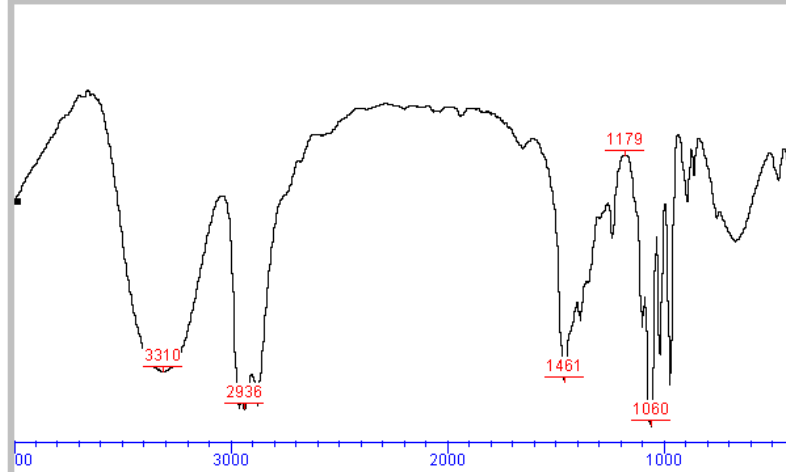
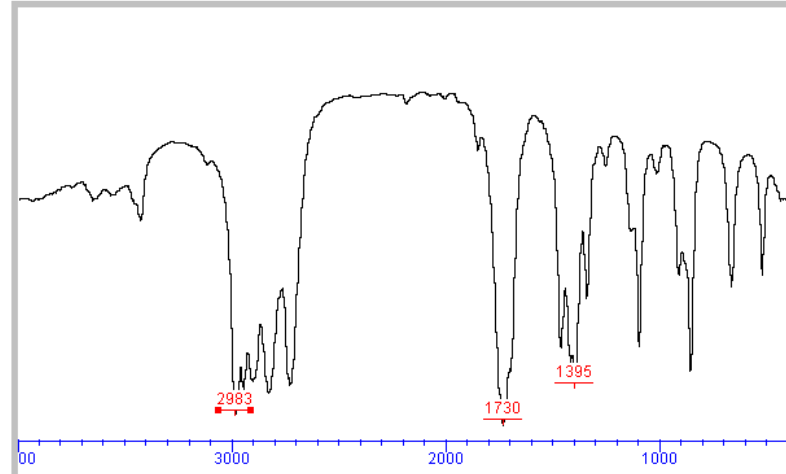
Ohessa on seuraavien yhdisteiden spektrit (yhdistä viivalla yhdiste ja sen oma spektri)

Etanoli  CH₃CH₂OH		
Etanaali (aldehydi)  CH₃CHO		
Etaanihappo  CH₃COOH		

Liite 4.

Lopputesti

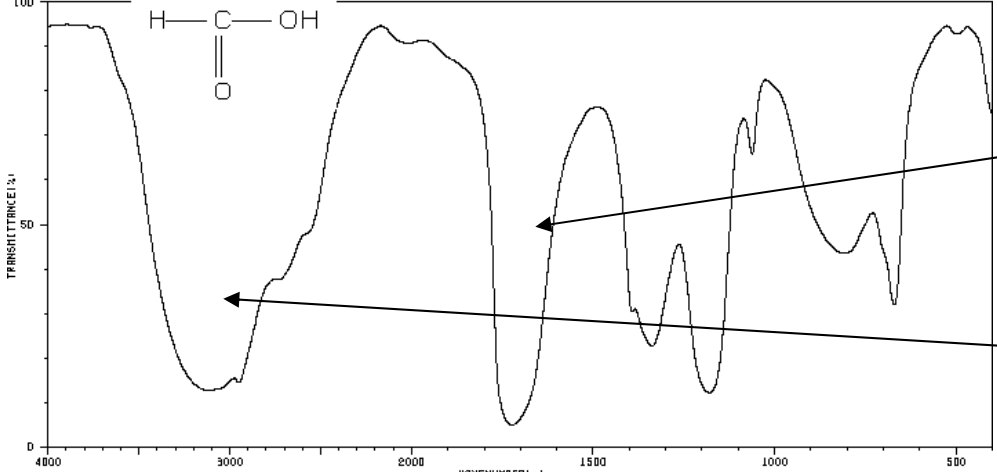
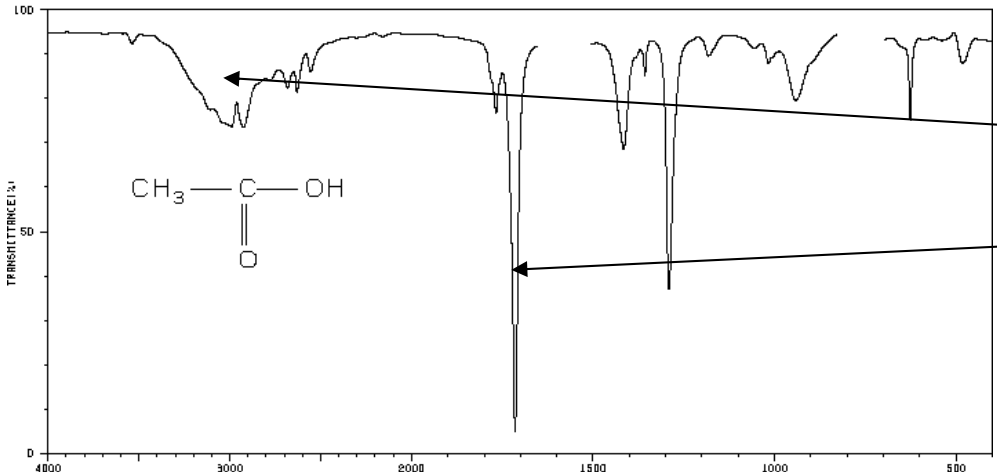
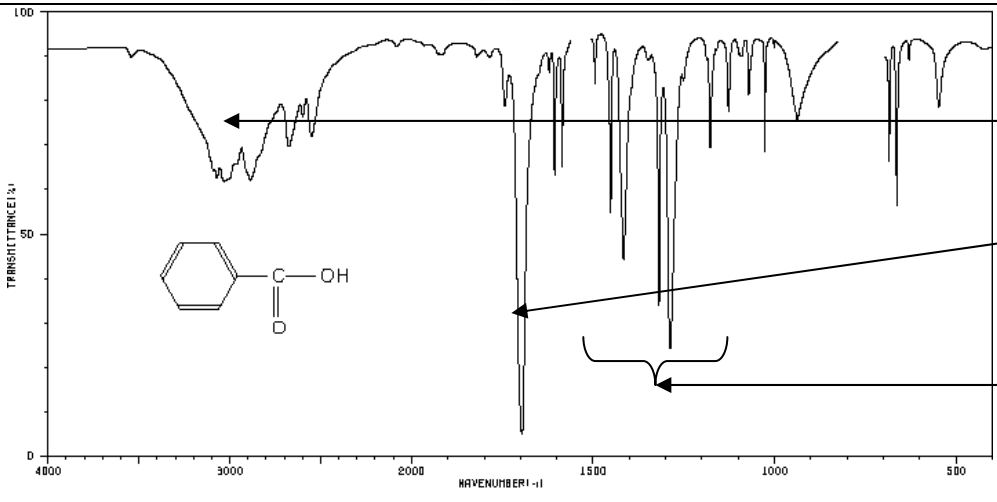
Ohessa on seuraavien yhdisteiden spektrit (yhdistä viivalla yhdiste ja sen oma spektri)

Propanoli  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$		
Propanaali (aldehydi)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$		
Propaanihappo  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$		

Liite 5.

COOH-ryhmän (C=O- ja OH -ryhmien) näkyminen IR-spektrissä

Tässä vertailuun tarvittavat spektrit ja hieman tulkintaa.

SPEKTRIT	Huomioita
	Metaanihapon eli muurahaishapon IR-spektri. C=O –ryhmän absorptio näkyy leveämpänä kuin alla olevissa spektreissä. OH-ryhmän absorptio.
	Etaanihapon eli etikkahapon IR-spektri OH-ryhmän absorptio. C=O –ryhmän absorptio näkyy selkeänä piikkinä.
	Bentsoehapon IR-spektri. OH-ryhmän absorptio. C=O –ryhmän absorptio näkyy selkeänä piikkinä. Bentseenirenkaan aiheittamia absorptioita ("sormenjälki").

Liite 6.

Virtuaalikolonne –ohjelma

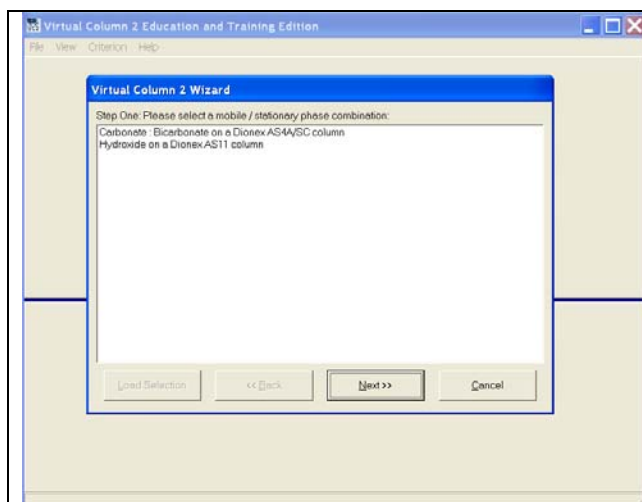


Ohjelman voi ladata osoitteesta

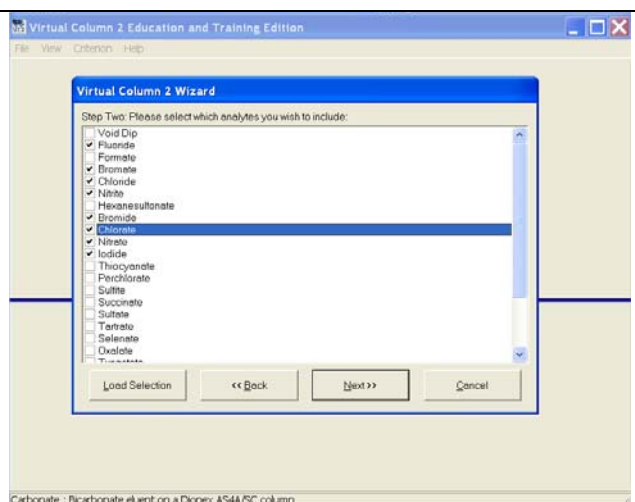
<http://www.virtualcolumn.com/>. Ohjelman asentaminen ei ole hankalaa. Ohjelman mukana tulee (englanninkielinen) ohjeisto.

Virtual Column 2 -ohjelma tarjoaa mahdollisuuden tutkia laajasti ionikromatografista käyttäytymistä. Ohjelma perustuu käytännön antamaan tuloksiin ja siten kuvaa todellista tilannetta.

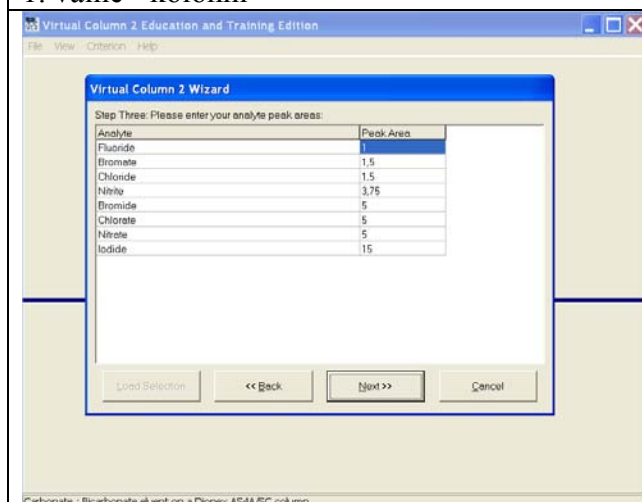
Pikaisesti esiteltynä kromatogrammin tuottaminen tapahtuu seuraavien vaiheiden kautta:



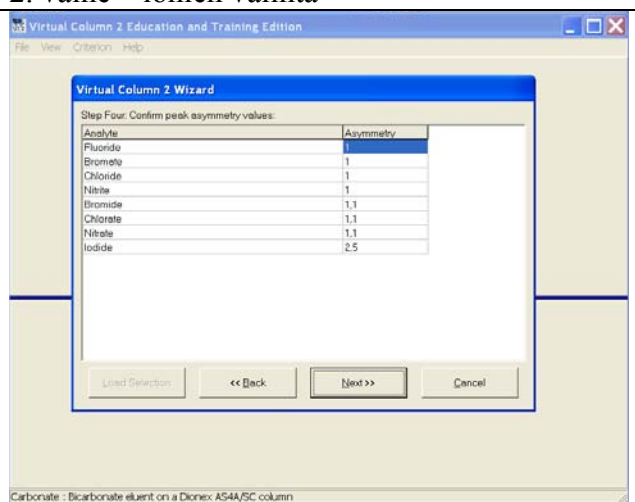
1. vaihe - kolonne



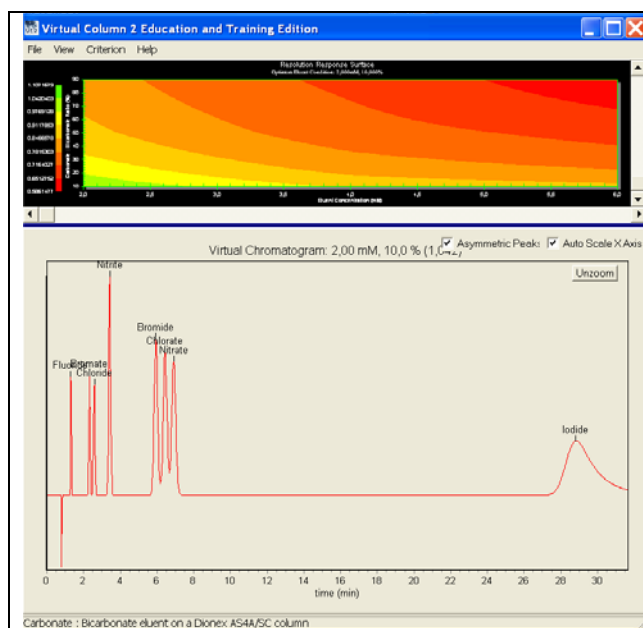
2. vaihe – ionien valinta



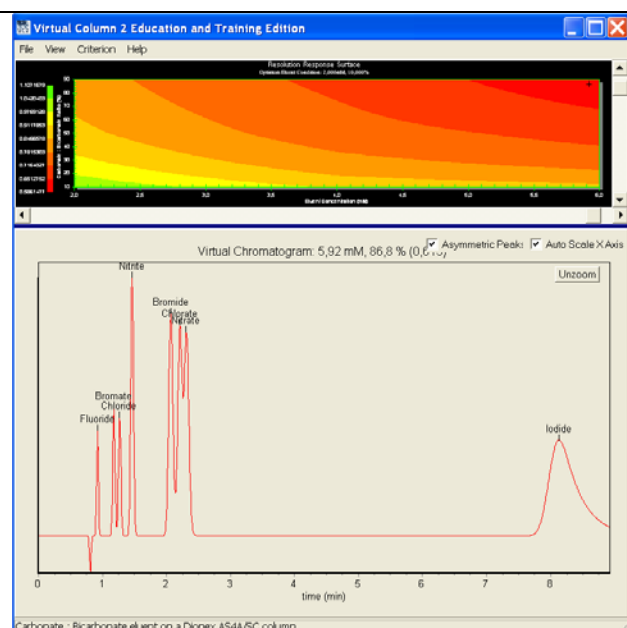
3. vaihe – piikkien alueiden määrittäminen



4. vaihe – piikkien symmetria



1. tulos – tässä ensimmäisen ajon tulos



2. tulos – säätämällä ominaisuuksia (esimerkiksi lämpötilaa), retentioaikaa voidaan lyhentää

13 Lähdekirjallisuus

Artikkelit

Dorothy Gabel. (1999). *“Improving Teaching and Learning through Chemical Education Research: A look to the Future”*. Journal of Chemical Education , 1999, 76, 548

Steve Garrison, Ray Fenton & Sharon Vaissiere. (2001). *“Determining the Impact of Training on Teacher Use for a Web-to-Database System”*, Educational Technology & Society 4(2) 2001, s. 145-173

Paul R. Haddad, Matthew J. Shaw, John E. Madden & Greg W. Dicinoski. (2004) *“A Computer-Based Undergraduate Exercise Using Internet-Accessible Simulation Software for the Study of Retention Behavior and Optimization of Separation Conditions in Ion Chromatography”*. Vol. 81 No. 9 September 2004. Journal of Chemical Education. s. 1293-98.

Ian Hughes. (2001). *“Teaching Action Research on the Web”*, Educational Technology & Society 4(3) 2001, s. 64-71

Charalampos Karagiannidia, Demetrios Sampson & Fabrizio Cardinali. (2001). *“Integrating Adaptive Educational Content into Different Courses and Curricula”*, Educational Technology & Society 4(3) 2001, s. 37-44

Reinhard Kreutz, Sven Kiesow & Klaus Spitzer. (2000). *“NetChat: Communication and Collaboration via WWW”* . Educational Technology & Society 3(3) 2000 s. 88-93

Paul M. Lahti, Eric J. Motyka & Robert J. Lancashire. (2000). *“Interactive Visualization of Infrared Spectral Data: Synergy of Computation, Visualization and Experiment for Learning Spectroscopy”*, Journal of Chemical Education, 77, 649-653 (2000).

Peter Lundberg. (1997) *“Educational NMR Software”*, Journal of Chemical Education, Vol. 74 No. 12 December 1997, s. 1489-1490

J. M. McInnerney & T. S. Roberts. (2004). *“Online Learning: Social Interaction and the Creation of a Sense of Community”*. Educational Technology & Society, 7 (3), 73-81.

Craig A. Merlic, Barry C. Fam & Michael M. Miller. (2001). *“WebSpectra: Online NMR and IR Spectra for Students”*. Journal of Chemical Education, Vol. 78 No. 1 January 2001, s. 1991-120

Sabine Nick, Judith Andresen, Birgit Lübker & Luzie Thumm. (2003). *“CHEMnet—Structure, Design, and Evaluation of an Online Chemistry Course”*, Journal of Science Education and Technology, Vol. 12, No. 3, September 2003, s. 333-341

Kevin W. Paulisse & William F. Polik. (1999) *“Use of WWW Discussion Boards in Chemistry Education”*, Journal of Chemical Education, Vol. 76 No. 5 May 1999, s. 704-707

M.-A. Storey, B. Phillips, M. Maczewski & M. Wang. (2002). "Evaluating the usability of Web-based learning tools", Educational Technology & Society 5(3) 2002, s. 91-100, ISSN 1436-4522

S. J. H. Yang, I. Y. L. Chen & N. W. Y. Shao. (2004). "Ontology Enabled Annotation and Knowledge Management for Collaborative Learning in Virtual Learning Community". Educational Technology & Society, 7 (4), 70-81.

Paul C. Yates. (2000). "Use of a World Wide Web Site Evaluation Tool in Chemistry". Journal of Science Education and Technology, Vol. 9, No. 4, 2000 s. 357-365

Kirjat

Yrjö Engeström. (1982). "Perustietoa opetuksesta". Valtionvarainministeriö, Valtion painatuskeskus

Jari Eskola & Juha Suoranta. (2000) "Johdatus laadulliseen tutkimukseen". Vastapaino, Tampere

J. Shawn Farris. (1999). "The Human-Web Interaction Cycle: A Proposed and Tested Framework of Perception, Cognition and Action on the Web". B.S., Emporia State University, 1997, M.S., Emporia State University, 1999 (väitöskirja)

M. Fullan. (1991). "The New Meaning of Educational Change". (2nd ed.) London: Casell

J. J. Gibson. (1979). "The Ecological Approach to Visual Perception". Boston: Houghton Mifflin.

(toim.) J. K. Gilbert et al. (2002). "Chemical Education: Towards Research-based Practice". Kluwer Academic Publishers

Sirkka Hirsjärvi & Helena Hurme. (1985). "Teemahaastatelu". Gaudeamus, Helsinki

William Horton. (2000). "Designing Web-Based Training". John Wiley & Sons, Inc.

V. Kaartinen. (1996). "Aktiivinen oppiminen - lukijaksi ja äidinkielen opettajaksi". Turun yliopiston julkaisuja. Painosalama Oy, Turku.

Eija Kalliala. (2002). "Verkko-opettamisen käsikirja", Finn Lectura

Pertti Kansanen, Erkki Lahdes, Paavo Malinen, Raija Yrjönsuuri & Yrjö Yrjönsuuri. (2000). "Viisi polkua opettajasta tutkijaksi", PS-Kustannus

K. Krippendorff. (1985) "Content analysis. An Introduction to Its Methodology". Sage Publications 1985.

Hannu Kuitunen. (1996). "Finiste-tietoverkko innovaation välineenä luonnontieteiden opetuksen työtapoja monipuolistettaessa". Helsingin yliopiston opettajakoulutuslaitos. Tutkimuksia 159.

Jarkko Lampiselkä, Tuula Sorjonen, Kirsi-Maria Vakkilainen, Irma Aroluoma, Kaarina Kanerva, Lea Karkela & Reijo Mäkelä. (2005). "Kemisti 2 – Kemian mikromaailma", WSOY

- Kalle Lehtiniemi & Leena Turpeenoja. (2005). *"Mooli 1 – Ihmisen ja elinympäristön kemia"*, Ota-va
- (toim.) Janne Matikainen & Jyri Manninen.(2000). *"Aikuiskoulutus verkossa"*, Helsingin yliopiston Lahden tutkims- ja koulutuskeskus
- Janne Matikainen. (2001). *"Vuorovaikutus verkossa – verkkopohjaiset oppimisympäristöt vuorovaikutuksen näyttämöinä"*, Palmenia-kustannus
- Irene Luque Ruiz, Gonzalo Cerruela García & Miguel Ángel Gómez-Nieto. (2003) *"Computer-Assisted Learning Using a Dialogue System for Virtual Teacher-Student Communication"*, J. Chem. Inf. Comput. Sci. 2003, 43, 1378-1389
- E. Rogers. (1983). *"Diffusion of innovations"*. Rd ed. N.Y.: Free Press.
- E. Rogers. (1995). *"Diffusion of innovations"*. (4th ed.). New York: The Free Press.
- Pasi Sahlberg & Asko Leppilampi. (1994) *"Yksinään vai yhteisvoimin"*, HY, Vantaan täydennyskoulutuslaitos, Yliopistopaino
- Siitonen, Juha. (1999), *"Voimaantumisteorian perusteiden hahmottelua"*. Väitöskirja. Oulun opettajankoulutuslaitos, Oulun yliopisto, Oulu
- Pasi Silander ja Hanne Koli. (2003). *Verkko-opetuksen työkalupakki – oppimisaihioista oppimisprosessiin*, Finn Lectura
- Irmeli Sinkkonen, Hannu Kuoppala, Jarmo Parkkinen & Raino Vastamäki. (2002). *"Käytettävyyden psykologia"*,
- Edward R. Tufte. (1983). *"The Visual Display of Quantitative Information"*. Graphics Press, USA
- Edward R. Tufte. (2003). *"The Cognitive Style of PowerPoint"*, Graphics Press, USA

Internet-aineistot

- Internetix-materiaali, *Ajattelu: käsitteet ja kieli*,
<http://internetix.opit.wsoy.fi/fi/opintojaksot/1/filosofiapsykologia/psykologia/psykologia2/ajattelu>,
(25.12.2003)
- "Designing Constructivist Learning Environments"* by David Jonassen In C.M Reigeluth (Ed.), Instructional theories and models, 2nd Ed. Mahwah, NJ: Lawrence, 1998. Erlbaum source:
<http://www.ed.psu.edu/insys/who/jonassen/cle/cle.html> (26.8.2005)
- Jonassen, <http://www.coe.missouri.edu/~jonassen/courses/CLE/> *Welcome to the Design of Constructivist Learning Environments(CLEs)* (26.8.2005)
- Mika Kurki & Saija Mäki-Komsi, Tampereen yliopiston täydennyskoulutuskeskus, syyskuu 1996, *Oppiminen tietokoneavusteisessa oppimisympäristössä*,
<http://matwww.ee.tut.fi/kamu/julkaisut/raportit/oppimi09.htm> (26.8.2005)

Lavonen, Meisalo, Niittykangas et al.. (2001). ”*Lukemalla ja kirjoittamalla oppiminen*”.
<http://www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tieto/lukem/main.htm> (8.5.2005)

Jere Majava. (2004). *Esitysgrafiikkakurssi*, <http://kaljaasi.it.helsinki.fi/lokari/esitys/luento.htm>
(15.5.2005)

Miksi ongelmalähtöistä oppimista? Oulun yliopisto, opetuksen kehittämissyksikkö.

<http://www.oulu.fi/opetkeh/kehtoimi/PBL/miksipbl.html> (Miksi PBL)

Oulun Yliopisto, Opetuksen kehittämissyksikkö, 16.12.2003 (Oulu 1)

<http://www.oulu.fi/opetkeh/kehtoimi/PBL/seitsemanaskelta.html>, (Oulu 2)

<http://www.cs.hut.fi/Opinnot/T-106.19/OLO/7-askelta.html>, (Oulu 3)

<http://syy.oulu.fi/opetuksenkehittamishanke/> 25.12.2003, (Oulu4)

<http://www.oulu.fi/opetkeh/kehtoimi/PBL/> (Oulu5)

Kalle Juuti, Veera Kallunki, Jari Lavonen & Veijo Meisalo , *WWW-pohjaisen oppimateriaalin kehittäminen peruskoulun alaluokkien fysiikan ja kemian tiedonalan opetukseen*, Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos

Timo Portimojärvi & Rami Saarinen. (2001). ”*WPCL – ongelma-perusteinen oppiminen verkossa*”,
(26.3.2005), Seminaarityö http://www.cs.uta.fi/ipopp/www/ipopp2001/posa/raportti_ideaali.htm

Puro, Helena. (2000), *Kotona asuvan aivoverenkiertohäiriöpotilaan ja hänen omaisensa kokemuksia selviytymisestä* (<http://herkules.oulu.fi/isbn9514255550/html/x1238.html>)

Lois A. Ritter. ”*Combining Two Contrasting Philosophies to Instructional Design*”
<http://www.syllabus.com/print.asp?ID=9876> , (15.5.2005)

Tampereen yliopiston www-oppimateriaali: Menetelmävarasto.

<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/mittaaminen/luotettavuus.html>

Tella: <http://kaljaasi.it.helsinki.fi/pub/bscw.cgi/d11050/Tella/Luotettavuus>

Luennot, konferenssi- yms. aineistot

A. Méndez-Vilas, B. González-Pereira, J. Mesa González & J.A. Mesa González (toim.). (2005).
”*Recent Research Developments in Learning Technologies*”. FORMATEX, Badajoz, Spain.
<http://www.formatex.org/micte2005/> (25.6.2005)

Sanna Järvelä. (2004). Seminaarin ”*Pedagogisia verkkoja kokemassa*” luennon ”*Verkkopedagogiikka*” – teoriaa ja käytäntöä –kalvosarja, Kasvatustieteiden tiedekunta, Koulutusteknologian tutkimusyksikkö, Oulun yliopisto. (http://momu.utu.fi/ajank_momusem_esitykset.php?menu=toiminta, tarkistettu 9.1.2005)

Hanna Uusikartano & Ari Myllyviita. (2005). ”*www-aineistojen käyttöönotto kemian opetuksessa lukiossa ja yläkoulussa*”, proseminarityö