

Kaasujen opetus perusopetuksen 7-9 -luokkien kemiassa

Pro gradu –tutkielma

Leena Laine

15.8.2005

Helsingin yliopisto

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Kemian laitos

Kemian opettajan koulutuslinja

Ohjaajat: Maija Aksela ja Markku Räsänen

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion Matemaattisluonnontieteellinen tiedekunta		Laitos – Institution Kemian laitos	
Tekijä – Författare Laine Leena			
Työn nimi – Arbetets titel Kaasujen opetus perusopetuksen 7-9 -luokkien kemiassa			
Oppiaine – Läroämne Kemian opettaja			
Työn laji – Arbetets art Pro Gradu		Aika – Datum 15.8.2005	Sivumäärä – Sidoantal 92+4
Tiivistelmä – Referat Kaasu on yksi aineen olomuodoista ja siksi keskeinen osa kemiaa ja sen opetusta. Kaasujen kemian ymmärtäminen auttaa ymmärtämään myös muiden aineen olomuotojen kemiaa. Oppilailla on useita vaihtoehtoisia käsityksiä kaasuihin ja niiden kemiaan liittyen. Opettajan on hyvä tuntea oppilaiden vaihtoehtoiset käsitykset, koska pahimmassa tapauksessa ne voivat jopa ehkäistä oppimista. Kokeellisuus on luonnontieteille ominainen lähestymistapa. Kokeellisuuden avulla voidaan myös auttaa vaihtoehtoisten käsitysten poisoppimisessa. Tämän tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa, millaista kaasuihin liittyvää kemiaa oppikirjoissa esiintyy. Lisäksi tutkitaan millaisia kokeellisia töitä kaasuihin liittyen löytyy oppikirjoista. Kaasujen opetuksen tueksi kehitetään kolme kokeellista työtä teorian ja olemassa olevan materiaalin pohjalta. Tutkimuksen teoreettisessa viitekehyksessä tarkastellaan kaasujen kemiaa. Kaasujen kemiaa tarkastellaan historiallisesta näkökulmasta kaasun hiukkasluonnetta korostaen. Ensimmäisenä tarkastellaan kaasua yhtenä aineen olomuotona sekä olomuodonmuutoksia. Seuraavaksi esitetään kaasulait sekä kaasujen kineettinen malli. Tämän jälkeen perehdytään lyhyesti ilmakehän kemiaan sekä oppikirjoissa esiintyvien kaasujen kemiaan. Teoreettiseen viitekehykseen kuuluu myös kemian opetukseen liittyvä osuus. Tässä tarkastellaan kaasujen kemian oppimista sekä kaasuihin liittyviä vaihtoehtoisia käsityksiä. Lisäksi tarkastellaan kokeellisuuden merkitystä kemian ja kaasujen kemian oppimisen tukena. Teoriaosuudessa tarkastellaan lisäksi kaasujen ja kokeellisuuden esiintymistä sekä vuoden 1994 että vuoden 2004 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa. Tutkimus on kehittämistutkimus. Sen ensimmäinen osa on oppikirjojen sisältöanalyysi. Oppikirjoista tutkittiin sekä kaasuihin liittyvää teoriaa että kaasuihin liittyviä kokeellisia töitä. Oppikirja-analyysin tavoitteena ei ollut laittaa oppikirjoja paremmuusjärjestykseen, vaan saada yleiskuva oppikirjoissa esiintyvistä kaasuihin liittyvästä kemiasta. Tutkimuksen toinen osuus oli uusien kokeellisten töiden kehittäminen tarkastellun teorian ja jo olemassa olevan materiaalin pohjalta. Kokeellisia töitä kehitettiin kolme. Kaasujen kemian oppiminen on haasteellista. Kaasuja ei aina voi nähdä, eikä niitä voi säilyttää avoimessa astiassa. Lisäksi kaasujen kemian oppiminen ja ymmärtäminen edellyttää aineen hiukkasluonteen tuntemista.			
Avainsanat - Nyckelord Kaasut, kokeellisuus, vaihtoehtoiset käsitykset, kemian opetus			
Säilytyspaikka - Förvaringställe Kemian laitos, kemian opettajan koulutusyksikkö			
Muita tietoja			

Sisällys

Tiivistelmä	
1 Johdanto	1
2 Kaasujen kemiasta	3
2.1 Kaasu - yksi aineen olomuodoista	4
2.1.1 Olomuodonmuutokset	6
2.2 Kaasulait	8
2.3 Kaasujen kineettinen malli	11
2.4 Ilmakehän kemiaa	14
2.4.1 Ilmakehän koostumus	14
2.4.2 Kaasujen liukeneminen veteen	15
2.4.3 Ilmakehän veden kemiaa	16
2.5 Eri kaasujen kemiaa	17
2.5.1 Vety	17
2.5.2 Happi ja otsoni	19
2.5.3 Typpi	21
2.5.4 Jalokaasut	23
2.5.5 Kloori ja fluori	24
2.5.6 Hiilidioksidi	25
2.5.7 Hiilivetykaasut	26
3 Kaasujen kemian oppiminen	27
3.1 Vaihtoehtoisista käsityksistä	28
3.1.1 Vaihtoehtoisia käsityksiä kaasuista	29
4 Kokeellisuus kaasujen kemian oppimisen tukena	33
4.1 Kokeellisuus ja kaasut opetussuunnitelman perusteissa	33
4.2 Kokeellisuus ja kaasujen kemian oppiminen	37
5 Tutkimus	41
5.1 Tutkimusongelmat	41
5.2 Tutkimuksen toteutus	41
6 Tulokset	43
6.1 Kaasujen kemiaa oppikirjoissa	43
6.2 Kaasuihin liittyviä kokeellisia töitä oppikirjoissa	59
6.2.1 Kokeellisen työn rakenne	60

6.2.2 Kaasut kokeellisissa töissä	61
6.3 Kaasujen kemian oppimisen tukeminen kokeellisuuden avulla	73
6.3.1 Työ 1: Painavaa ja kevyttä kaasua	75
6.3.2 Työ 2: Palaako?	76
6.3.3 Työ 3: Muna pullossa	78
7 Johtopäätökset ja pohdinta	81
8 Kirjallisuus	86
9 Liitteet	92
Liite 1: Painavaa ja kevyttä kaasua	93
Liite 2: Palaako?	95
Liite 3: Muna pullossa	96

1 Johdanto

Kaasu on yksi aineen olomuodoista. Se on keskeinen osa kemiaa ja sen opetusta. Kaasut ovat osa meidän jokapäiväistä elämäämme. Ne liittyvät moneen luonnon ilmiöön esimerkiksi palamiseen, kasvihuoneilmiöön, hengittämiseen ja fotosynteesiin.

Kaasuihin liittyvä kemia on hyvin laaja kokonaisuus. Tässä tutkimuksessa on kartoitettu kaasuja ja niihin liittyvää kemiaa. Kaasujen kemiaa on käsitelty siinä laajuudessa, kuin se on katsottu tarpeelliseksi perusopetuksen opettajalle. Tarkoituksena ei ole antaa täysin kattavaa kuvaa kaasujen kemiasta. Kaasuja ja kaasuihin liittyvää kemiaa on tarkasteltu osittain historiallisesta näkökulmasta. Historiallinen näkökulma tekee tieteestä inhimillisempää. Lisäksi oppilaiden vaihtoehtoiset käsitykset kaasuista ovat samantapaisia, mitä tiedemiehillä on aikoinaan ollut samasta asiasta.

Kaasut koostuvat pienistä hiukkasista, joita ei voi nähdä. Niitä ei voi säilyttää avonaisissa astioissa. Nämä seikat ovat haitanneet kaasujen tutkimista ja niiden kemian ymmärtämistä jo satoja vuosia sitten. Aineen hiukkasluonteen ymmärtäminen on tärkeää kaasujen kemian käsitteiden ymmärtämiseksi.

Kemia on kokeellinen luonnontiede ja siksi kokeellisuus on välttämätön opetusmenetelmä kemian opetuksessa. Tutkimuksessa tarkastellaan kokeellisuuden merkitystä kaasujen kemian oppimisessa. Lisäksi tutkitaan miten kokeellisuus ja kaasut esiintyvät perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa. Tutkimuksen kohteena ovat sekä vanhempi, vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteet sekä uudempi, vuoden 2004 opetussuunnitelman perusteet.

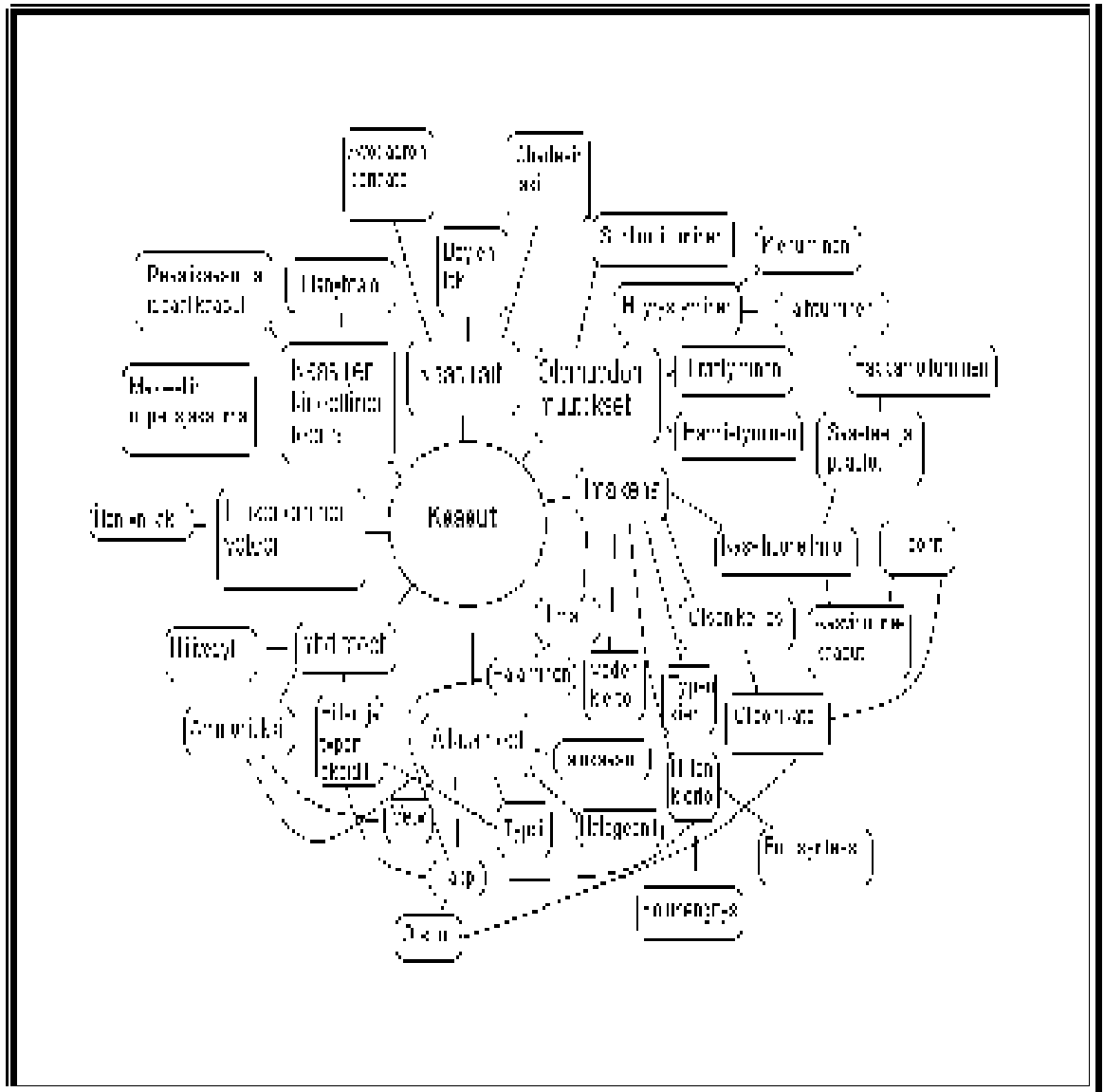
Tutkimuksen tekijä on toiminut vuoden 7-9 -luokkalaisten kemian opettajana. Työssään hän on huomannut puutteita oppilaiden käsityksissä kaasuista ja niihin liittyvästä kemiasta. Lisäksi hän on havainnut oppikirjoissa puutteita kaasuihin liittyen.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa, miten kaasuihin liittyvää kemiaa käsitellään oppikirjoissa. Lisäksi tutkitaan millaisia kaasuihin liittyviä kokeellisia töitä liittyy kaasujen kemian opetukseen. Saatujen tulosten pohjalta kehitetään kokeellisia töitä kaasujen kemian oppimisen tueksi.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kaasuihin liittyvää kemiaa kappaleessa 2. Kaasua käsitellään yhtenä aineen olomuotona. Lisäksi tarkastellaan kaasulakeja sekä kaasujen kineettistä mallia. Eri kaasujen kemiasta käsitellään erityisesti ilmakehän ja maapallon kaasujen kemiaa. Kaasujen kemian oppimista käsitellään kappaleessa 3. Aluksi tarkastellaan oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksiä. Sen jälkeen tarkastellaan oppilailla olevia vaihtoehtoisia käsityksiä kaasuista. Kokeellisuutta ja sen avulla oppimista käsitellään kappaleessa 4. Kappaleessa tarkastellaan kaasuja ja kokeellisuutta opetussuunnitelmanperusteissa. Lisäksi tarkastellaan kokeellisuuden merkitystä kaasujen kemian oppimisessa. Tutkimus ja sen toteutus esitetään kappaleessa 5. Tutkimustuloksia käsitellään kappaleessa 6.

2 Kaasujen kemiasta

Kaasujen kemia on laaja kokonaisuus. Kaasujen kemiaa ei pystytä tämän tutkielman laajuudessa käsittelemään tyhjentävästi. Tässä tutkimuksessa perehdytään lähinnä ilmakehän ja maapallolla esiintyvien kaasujen kemiaan. Alla olevassa kuvassa 2.1 esitetään kaasuihin liittyvää kemiaa ja eri ilmiöiden välisiä suhteita.



Kuva 1. Käsitekartta maapallolla esiintyvien kaasujen kemiasta.

2.1 Kaasu - yksi aineen olomuodoista

Aineen olomuodoista yksinkertaisin olomuoto on kaasu. Kaasun muoto ja tilavuus määräytyvät säilytysastian mukaan. Poiketen kahden muun yleisimmän olomuodon, kiinteän aineen ja nesteen ominaisuuksista kaasu on kokoonpuristuvaa. Lähes kaikki puhtaat aineet voivat esiintyä kaasumaisessa olomuodossa.

Aineen neljäs olomuoto on plasma. Plasma on eräänlainen kaasun ja nesteen välinen olomuoto. Se on maailmankaikkeudessa yleinen olomuoto. Planeettojen ytimet ovat pääasiassa plasmaa. Ytimissä olevat olosuhteet, korkea lämpötila ja paine, aiheuttavat sen, että ytimet ovat plasmaa. Plasma puristuu ja laajenee kuin kaasu, mutta tiheydeltään ja liuotin ominaisuuksiltaan se muistuttaa nestettä. Plasmasta käytetään myös nimitystä ylikriittinen fluidi.

Plasman kemialliset ominaisuudet voivat olla hyvinkin erilaisia, kuin aineen ominaisuudet muissa olomuodoissa. Esimerkiksi vedellä on hyvin erilaiset kemialliset ominaisuudet plasmana. Tunnetusti vesi liuottaa hyvin poolisia aineita ja suoloja, mutta lähestyttäessä kriittistä pistettä veden kyky liuottaa edellä mainittuja aineita heikkenee ja poolittomat aineet liukenevat siihen paremmin. Vesi menettää pooliset ominaisuutensa ylikriittisessä tilassa. (Hyötyläinen, 2003)

Kaasuilla on ollut suuri merkitys kemian kehitymisessä. Kreikkalainen filosofi Empedokles (noin 490-430 eKr.) todisti vesikellokokeellaan, että ilma on ainetta. Hän upotti kartion muotoisen astian veteen ja huomasi, että kartioon ei tullut vettä avoimen pohjan kautta, jos hän piti sormeaan kartion huipussa olevan pienen reiän päällä. Tämä koe osoitti, että ilma koostuu sellaisista hiukkasista, jotka ovat liian pieniä silmin nähtäväksi. (Hudson, 2002) Myöhemmin tämän on osoitettu pätevän kaikille aineille. Kaasu kuului Empedokleen aikaan maailman neljän alkuaineen joukkoon. Empedokleen mukaan alkuaineet olivat maa, ilma, tuli ja vesi (Hudson, 2002). Aristoteleen (384-322 eKr.) mielestä maa, vesi ja ilma eivät olleet kemiallisesti puhtaita aineita, vaan aineen kiinteä, nestemäinen ja kaasumainen olomuoto.

Hän hylkäsi atomiteorian, jonka mukaan aine koostuu atomeista. Hän myös päätteli, että tyhjiötä ei voi olla olemassa. (Hudson, 2002)

Aristoteleen seuraajista Stratos oli sitä mieltä, että tyhjiö on mahdollinen. Hänen ilman tutkimukseen rakennettu laitteistonsa oli ensimmäisiä esimerkkejä tieteellistä koetta varten rakennetuista laitteistoista. Laitteisto koostui metalliputken päähän kiinnitetystä ontosta metallipallosta. Pallon sisällä olevaa ilmaa pystyi harventamaan ja tiivistämään imemällä ja puhaltamalla. Kokeen perusteella Stratos päätteli, että ilma koostuu hiukkasista, joita ympäröivä tyhjiö joko työnsi lähemmäksi toisiaan tai veti toisistaan kauemmaksi. (Hudson, 2002)

Heron (62-150 eKr.) uskoi, Stratoksen oppien mukaan, että kaasu muodostuu tyhjiössä olevista hiukkasista ja että kaasua kokoon puristettaessa hiukkaset pakotetaan lähemmäs toisiaan. (Hudson, 2002) Antiikin aikaan tiedemiehillä oli jo selvä käsitys aineen hiukkasluonteesta. Atomiteoria hyväksyttiin lopullisesti kuitenkin vasta 1900-luvun alussa (Hudson, 2002).

Jan Baptist van Helmontin (1577-1644) mukaan ilma ja vesi olivat ainoat alkuaineet, mutta ilmaa ei voinut muuttaa toiseksi aineeksi (Hudson, 2002). van Helmont totesi että oli olemassa myös muita kaasuja, kuin ilma. Hän ei kuitenkaan pystynyt tutkimaan näitä kaasuja, koska niitä ei voinut säilyttää missään astiassa. (Engels & Novak, 1993) van Helmont tunnisti kaasut uudeksi aineluokaksi ja otti käyttöön termin kaasu (Hudson, 2002). Galileo Galilei (1564-1642) totesi, että ilmalla on massa (Engels & Novak, 1993). Newton (1642-1727) ja Dalton (1766-1844) uskoivat kaasujen koostuvan paikallaan olevista hiukkasista (Hudson, 2002).

Nykykäsityksen mukaan kaasut koostuvat jatkuvassa liikkeessä olevista molekyyleistä tai atomeista. Kaasun hiukkasten nopeus kasvaa lämpötilan kasvaessa. Paineen kasvattaminen pienentää hiukkasten välistä keskimääräistä etäisyyttä. Kaasun partikkelit liikkuvat törmäyksiä lukuun ottamatta hyvin kaukana toisistaan. Tutkimuksessa tarkastellaan kaasujen kineettistä teoriaa myöhemmin.

2.1.1 Olomuodon muutokset

Kaasuihin liittyvät olomuodon muutokset ovat höyrystyminen, kiehuminen, sublimoituminen, tiivistyminen ja härmistyminen. Aine muuttuu kaasuksi nesteestä tai kiinteästä aineesta höyrystymällä, kiehumalla ja sublimoitumalla. Kaasusta nesteeksi tai kiinteäksi aineeksi aine muuttuu tiivistymällä ja härmistymällä.

Aineen olomuodonmuutoksen saa aikaan lämpötilan muutos tai ulkoisen paineen muutos. Kun lämpötila ja painetta kasvatetaan riittävästi, saavutetaan kriittinen piste. Aineen nesteyttäminen painetta kasvattamalla onnistuu, kun aineen lämpötila on yli kriittisen pisteen. Vastaavasti, jos paine on suurempi kuin kriittisessä pisteessä ainetta ei saada kaasuksi lämpötilaa nostamalla.

Höyrystyminen tapahtuu kiehumispisteen alapuolella nesteen pinnalta, kun pinnassa olevat molekyylit tai atomit siirtyvät kaasufaasiin. Nesteen pinnasta tapahtuu aina jonkin verran haihtumista, vaikka lämpötila olisikin kiehumispisteen alapuolella. Aineen molekyylikoosta ja heikoista molekyylien välisistä vuorovaikutuksista riippuu, kuinka paljon haihtumista tapahtuu.

Kiehumisessa aineen höyrynpaine on yhtä suuri kuin ulkoinen paine, jolloin höyrystymistä tapahtuu myös nesteen sisältä (Atkins, 1999). Sublimoitumisessa kiinteään aineen pinnalta siirtyy kaasufaasiin molekyylejä tai atomeita. Kun kaasun lämpötila on alle kiehumispisteen, kaasustiivistyy eli kondensoituu takaisin nesteeksi. Vastaavasti kun kaasusti muuttuu suoraan kiinteäksi aineeksi, puhutaan härmistymisestä.

Aineen hiukkasilla tulee olla tarpeeksi energiaa, jotta siirtyminen kaasufaasiin on mahdollista. Yleensä tarvittava määrä energiaa saadaan systeemiin lämpötilaa nostamalla. Aineen muuttuessa kaasusta kiinteäksi aineeksi tai nesteeksi vapautuu puolestaan energiaa. Aineen olomuodonmuutokset

saadaan aikaan myös painetta muuttamalla, edellyttäen, että lämpötila on alle kriittisen pisteen.

Reaali kaasun molekyyliden ja atomien välillä vaikuttaa aina hylkiviä voimia ja vetovoimia. Repulsiiviset, hylkivät voimat ovat lyhyen kantaman voimia, ne vaikuttavat silloin, kun molekyylit ovat lähellä toisiaan. Repulsiiviset voimat vastustavat aineen kokoonpuristumista. Tämä tapahtuu esimerkiksi korkeassa paineessa. Nesteellä ja kiinteällä aineella repulsiiviset voimien vaikutus on suurempi kuin kaasuilla. Tästä syystä kaasut ovat kokoonpuristuvia, mutta nesteet ja kiinteät aineet eivät.

Attraktiivinen voima eli vetovoima vastustaa laajentumista. Matalassa lämpötilassa attraktiivisten voimien merkitys on suurempi, koska molekyylit liikkuvat silloin hitaammin ja joutuvat helpommin toistensa vaikutuspiiriin. (Atkins, 1999) Attraktiivisten voimien merkitys on suuri kaasun muuttuessa kaasusta nesteeksi tai nesteestä kiinteäksi aineeksi.

Kun reaali kaasua puristetaan kokoon vakio lämpötilassa, kiehumispisteen yläpuolella, kaasun ideaalinen käyttäytyminen vähenee vähitellen. Kun saavutetaan aineen kiehumispiste, kaasu käyttäytyy täysin ideaali kaasusta poiketen. Kaasua voidaan puristaa kasaan, mutta paine ei nouse. Samalla muodostuu nestettä astiaan. Kun kaasua edelleen puristetaan kasaan nesteen määrä kasvaa ja lopulta kaikki kaasu on kondensoitunut. Kokoonpuristumisen aiheuttaa molekyyliden väliset voimat. Tämän jälkeen nesteen kokoonpuristamiseen tarvitaan hyvin suuri paineen muutos, koska molekyyliden repulsiiviset voimat vaikuttavat molekyyliden ollessa lähellä toisiaan nesteessä.

Painetta, jossa kaasu alkaa kondensoitua sanotaan nesteen höyrynpaineeksi. Höyrynpaine riippuu lämpötilasta. (Atkins, 1999). Vastaavasti kaasu saadaan kondensoitumaan vakio paineessa lämpötilaa alentamalla, olettaen että sekä paine ja lämpötila ovat alle kriittisen pisteen.

Suljettuun, nestettä sisältävään asiaan syntyy tasapaino nesteestä haihtuvien ja takaisin nesteeseen tiivistyvien molekyyliden välille. Kun nesteestä haihtuvien ja

nesteeseen palaavien molekyylien lukumäärä on sama, systeemi on dynaamisessa tasapainossa. Tasapainossa olevan höyryn painetta sanotaan nesteen höyrynpaineeksi. Poolittomilla, helposti haihtuvilla nesteillä, kuten bensiinillä, höyrynpaine on suuri, kun taas poolisilla nesteillä, esimerkiksi vedellä, on matala höyrynpaine. Kaasu tiivistyy nesteeksi, kun paine on yhtä suuri tai suurempi kuin nesteen höyrynpaine. Nesteen höyrynpaine riippuu lämpötilasta.

2.2 Kaasulait

Kaasun tilan määrittää neljä suuretta: tilavuus, paine, lämpötila ja ainemäärä. Nämä suureet eivät ole toisistaan riippumattomia. Kaasujen käyttäytymistä selittävät kokeelliset lait Boylen laki, Charlesin laki ja Avogadron periaate ovat saaneet nimensä keksijöidensä mukaan. Näiden lakien avulla voidaan kaasun tila määrittää edellä mainittujen suureiden avulla.

Robert Boyle (1627-1691) tutki assistenttinsa Robert Hooken (1635-1703) kanssa rakentamallaan ilmapumpulla, miten tietyn ilmamassan tilavuus muuttui paineen muuttuessa. (Hudson, 2002). Hän osoitti, että vakiolämpötilassa kaasun paine, p on kääntäen verrannollinen kaasun tilavuuteen, V ja toisaalta kaasun tilavuus on kääntäen verrannollinen kaasun paineeseen. Tämä johti Boylen lakina tunnettuun lakiin:

$$(2.1) \quad pV = \text{vakio}$$

Boylen laki pätee parhaiten matalassa paineessa. Silloin molekyylit ovat keskimäärin kaukana toisistaan ja molekyylien välisiä vuorovaikutuksia ei juuri ole. (Atkins, 1999) Boylen lain mukaan, kun tilavuus pienenee puoleen, kaksi kertaa enemmän molekyylejä törmää astian seinämiin. Näin ollen ne aiheuttavat kaksinkertaisen paineen astian seinämiin alkuperäiseen paineeseen verrattuna.

Boylen lain jälkeen seuraavat merkittävät kaasujen fysikaalisia ominaisuuksia koskevat lait saatiin vasta 1800-luvun alussa. Jacques Charles (1746-1823) tutki lämpötilan vaikutusta vakiopaineessa olevan kaasun tilavuuteen (Hudson, 2002). Hän huomasi, että vakiopaineessa kaasun tilavuus, V oli suoraan verrannollinen lämpötilaan, T :

$$(2.2) \quad \frac{V}{T} = \text{vakio} .$$

Charlesin laki pätee, koska lämpötilan kasvaessa molekyylien nopeus kasvaa. Nopeammat molekyylit törmäävät useammin astian seinämiin, ja tämä aiheuttaa suuremman paineen. (Atkins, 1999).

Amadeo Avogadro (1776-1856) päätteli vuonna 1811, että sama tilavuus samassa lämpötilassa ja paineessa olevia eri kaasuja sisältää saman määrän hiukkasia (Hudson, 2002). Vastaavasti kaasun tilavuus riippuu astiassa olevien hiukkasten ainemäärästä, n . Kesti noin viisikymmentä vuotta ennen kuin muut kemian tutkijat hyväksyivät Avogadron ajatuksen (Hudson, 2002). Avogadron luvun, eli yhdessä moolissa olevien hiukkasten lukumäärän ($6,022 \times 10^{23}$ 1/mol) määrittivät Perrin, Rutherford ja Boltwood kukin tahoillaan 1900-luvun alussa (Hudson, 2002). Avogadron periaate voidaan kirjoittaa seuraavaan muotoon:

$$(2.3) \quad \frac{V}{n} = \text{vakio}$$

Avogadron luvun suuruutta voidaan havainnollistaa seuraavalla esimerkillä. Standardi olosuhteissa (0 °C, 1 atm) yhden moolin, eli $6,022 \times 10^{23}$ hiukkasen, tilavuus ideaalikaasua on 22,414 litraa. Yhteen kuutiosenttimetriin mahtuu noin $2,687 \times 10^{19}$ kaasun hiukkasta. Kuvitellaan, että sama määrä ihmisiä laitettaisiin seisomaan maan pinnalle, neljä ihmistä neliömetrin alueelle. Näin seisomaan asetetut ihmiset täyttäisivät alueen, jonka pinta-ala olisi noin $6,72 \times 10^{18}$ m². Maapallon pinta-ala on $5,101 \times 10^{14}$ m², joten ihmiset eivät mahtuisi seisomaan maan pinnalle.

Edellä esitetyt kolme lakia voidaan yhdistää tilanyhtälöksi, joka kuvaa kaasun fysikaalista tilaa. Kuten edellä on mainittu, aineen fysikaalinen tila voidaan määrittää neljän suureen: tilavuuden, lämpötilan, paineen ja ainemäärän avulla. Suureet riippuvat toisistaan. Jos tiedetään vain kolme edellä olevista muuttujista, neljäs voidaan määrittää näiden kolmen avulla. Boylen ja Charlesin lakien sekä Avogadron periaatteen avulla tilanyhtälö ideaalikaasulle voidaan kirjoittaa muotoon (Atkins, 1999):

$$(2.4) \quad p = \frac{nRT}{V}$$

Yhtälössä R on moolinen kaasuvakio.

Kaasulait eivät päde oikeille kaasuille, koska kaasun molekyylit vuorovaikuttavat keskenään. Oikealle kaasulle ideaalikaasun tilanyhtälö pätee parhaiten korkeassa lämpötilassa ja matalassa paineessa hiukkasten välisten vuorovaikutusten takia. (Atkins, 1999) Vuonna 1873 J.H. van der Waals (1837-1923) kehitti kaikille kaasuille suhteellisen hyvin pätevän tilanyhtälön, van der Waalsin yhtälön (Hudson, 2002):

$$(2.5) \quad p = \frac{nRT}{V-nb} - a\left(\frac{n}{V}\right)^2$$

Korjaus ideaalikaasuille pätevään lakiin tehdään vakioiden a ja b avulla. Ne ovat kullekin kaasulle ominaiset, lämpötilasta riippuvat, kokeelliset vakiot. Vakio a on lisätty yhtälöön, koska reaalikaasujen hiukkaset hylkivät toisiaan. Hiukkaset eivät siis pääse kiinni toisiinsa törmäyksissä. Tällöin kaasun hiukkaset täyttävät pienemmän tilavuuden, V-nb. Vakio a lisätään yhtälöön, hiukkasten välisten vetovoimien takia. Koska hiukkaset vetävät toisiaan puoleensa törmäystaajuus ja törmäysten voima astian seiniin vähenee. Näistä molekyyliden välisistä vetovoimista johtuen paine pienenee ideaalikaasuun verrattuna $a(n/V)^2$. Van Der Waalsin yhtälön avulla voidaan siis tarkastella reaalikaasuja. Vastaavia muita reaalikaasujen käyttäytymistä kuvaavia, tilanyhtälöitä on useita. (ks. Atkins, 1999)

2.3 Kaasujen kineettinen malli

Kaasujen kineettinen malli selittää kaasujen käyttäytymistä atomitasolla. Sen avulla voidaan laskea esimerkiksi kaasun hiukkasten nopeuksia ja niiden törmäyksien välillä kulkemaa matkaa. Sen merkitys on ollut suuri kaasujen kemian ymmärtämisessä. Kaasujen kineettistä teoriaa käsitellään seuraavaksi siinä laajuudessa, kun se kemian perusopetuksen opettajalle on tarpeellista. Tavoitteena ei ole antaa täysin kineettisen teorian kattavaa esitystä aiheesta.

Kuten edellä on todettu Newton ja Dalton päättelivät kaasun koostuvan paikallaan olevista hiukkasista. Ensimmäisenä kaasujen kineettistä teoriaa kehittäi Daniel Bernoulli (1700-1782) vuonna 1738. Bernoullin käsitys oli, että kaasu koostuu suunnattomasta määrästä erittäin pieniä, nopeasti liikkuvia hiukkasia. Hiukkasten välillä vaikutti voima vain silloin, kun ne törmäsivät toisiinsa (Hudson, 2002). John Herapath (1790-1868) paranteli Bernoullin teoriaa vuonna 1821 (Hudson, 2002).

Edelleen teoriaa paranteli Rudolph Clausius (1822-1888) vuonna 1857. Hänen tavoitteenaan oli kehittää kineettisen teorian täydellinen malli. Clausius oivalsi, että moniatomisissa molekyyleissä kaikki energia ei mene molekyyliden nopeuden kasvattamiseen, vaan osa siitä menee molekyyliden sisäiseksi energiaksi (Hudson, 2002).

Kineettisen mallin mukaan kaasun energiaan vaikuttaa vain kaasun molekyyliden liike-energia. Kaasujen kineettinen malli perustuu kolmelle oletukselle (Atkins, 1999):

1. Kaasu koostuu jatkuvassa liikkeessä olevista kaasumolekyyleistä, joiden massa on m .
2. Molekyyliden halkaisija on paljon pienempi, kuin molekyyliden törmäysten välillä kulkema keskimääräinen matka.

3. Molekyylit eivät vuorovaikuta keskenään. Molekyylien väliset törmäykset ovat täysin elastisia.

Seuraava paineen ja tilavuuden riippuvuutta ilmaiseva kaava voidaan johtaa (ks. tarkemmin Atkins, 1999, s. 24):

$$(2.6) \quad pV = \frac{1}{3} nMc^2 ,$$

missä M on molekyylin moolimassa ($M = mN_A$) ja c on molekyylin neliöllinen keskinopeus $c = \langle v^2 \rangle^{\frac{1}{2}}$. Mitä korkeampi lämpötila on, sen suurempi on neliöllinen keskinopeus. Raskaammat molekyylit liikkuvat keskimäärin hitaammin, kuin kevyemmät molekyylit. (Atkins, 1999)

Clausius oletti että kaikki kaasun hiukkaset liikkuvat samalla nopeudella. James Maxwell (1831-1879) huomasi, että kaasussa eri molekyylien nopeudet saattoivat vaihdella huomattavasti. Tämä johtui esimerkiksi molekyylien välisistä törmäyksistä. Hän kehitti tilastollisia menetelmiä käyttäen mallin, jonka avulla voitiin laskea, miten eri nopeudet jakaantuivat hiukkasten kesken ja miten niiden nopeudet voitiin laskea (Hudson, 2002).

Maxwellin nopeusjakauman mukaan kaasussa on tietyssä lämpötilassa eri nopeuksilla liikkuvia molekyyylejä. Matalassa lämpötilassa, tai jos molekyylit ovat raskaita, nopeasti liikkuvia molekyyylejä on hyvin vähän. Vastaavasti hyvin hitaasti liikkuvia molekyyylejä on vähän. Suuri osa molekyyleistä kulkee samaa nopeutta. Kun lämpötilaa nostetaan, tai molekyylien massa pienenee, nopeasti liikkuvien molekyylien lukumäärä kasvaa. Samalla erot molekyylien nopeuksissa pienenevät. Maxwellin kehittämä yhtälö nopeusjakaumalle oli seuraavanlainen:

$$(2.7) \quad f(v) = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{Mv^2}{2RT}}$$

Maxwellin nopeusjakauman avulla voidaan laskea integroimalla molekyylien keskinopeus, todennäköisin nopeus ja suhteellinen nopeus.

Kineettisen mallin avulla voidaan laskea kaasun molekyyleille törmäystaajuus ja keskimääräinen molekyylien törmäysten välillä kulkema matka. Törmäystaajuus on yhden molekyylin törmäysten lukumäärä tietyssä aikayksikössä. Törmäystaajuus kasvaa lämpötilan kasvaessa, koska silloin myös molekyylien nopeus kasvaa. Molekyylien törmäysten välillä kulkema matka lyhenee, kun paine kasvaa. Törmäysten väliseen matkaan vaikuttaa molekyylien lukumäärä tietyssä tilavuudessa, mutta ei molekyylien nopeus. (Atkins, 1999)

Kaasujen mittasuhteita kuvaa edellä esiteltyjä lakeja soveltava esimerkki: ilmassa oleva happimolekyylit kulkevat noin 444 m/s. Kukin molekyyli törmää noin 7×10^9 kertaa sekunnissa ja kulkee törmäysten välillä ehkä 10^2 , jopa 10^3 -kertaa oman halkaisijansa mittaisen matkan. Huomattavasti kevyemmän vetymolekyylin nopeus on noin 2510 m/s.

2.4 Ilmakehän kemiaa

Ilmakehässä olevat aineet ovat pääosin kaasuja. Ilmakehän koostumus ja ilmakehän kaasujen kemia ovat ainutlaatuisia. Maapallon ilmakehä ja sen kemia takaavat sen, että elämä maapallolla on mahdollista. Seuraavaksi käsitellään ilmakehän ja ilman koostumusta, sekä niihin liittyvää kemiaa.

2.4.1 Ilmakehän koostumus

Ilmakehä on maapallon halkaisijaan verrattuna ohut kerros kaasua maan pinnalla. Sen elämää ylläpitävät aineet ja niiden kemia on ainutlaatuista muihin aurinkokuntamme planeettojen ilmakehiin verrattuna (vanLoon & Duffy, 2005).

Ilmakehä jakaantuu neljään osaan troposfääriin, stratosfääriin, mesosfääriin ja termosfääriin. Troposfääri on ilmakehän alin kerros. Troposfäärin paksuus on noin 11-15 kilometriä. Sen lämpötila pienenee etäisyyden kasvaessa maan pinnalta (vanLoon & Duffy, 2005). Ihmisen toiminta, esimerkiksi lentokoneet, sijoittuvat pääosin troposfäärin alueelle.

Stratosfääri ulottuu troposfäärin yläpuolelta noin 50 kilometrin korkeuteen. Sen lämpötila kasvaa sitä suuremmaksi, mitä kauempana maan pinnalta ollaan. Otsonikerros sijaitsee stratosfäärissä. Seuraava kerros, mesosfääri ulottuu 50 kilometrinkorkeudesta noin 85 kilometrin korkeuteen. Sen lämpötila pienenee etäisyyden kasvaessa maan pinnalta. Ylin kerros termosfääri jatkuu aina 500 kilometrin korkeuteen. Termosfäärissä lämpötila kääntyy jälleen nousuun. (vanLoon & Duffy, 2005)

Ilma on kaasujen seos, jonka koostumus pysyy lähes muuttumattomana aina noin 80 kilometrin korkeuteen asti. Tämän jälkeen koostumus muuttuu muun muassa fotokemiallisten prosessien takia. Myös painovoiman pieneneminen aiheuttaa kaasujen vähenemisen ylöspäin ilmakehässä mentäessä. Ilmakehän yleisimmät kaasut ovat typpi ja happi (vanLoon & Duffy, 2005). Taulukossa 2.2 esitetään eri kaasujen pitoisuudet kuivassa ilmassa.

Taulukko 2.2 Kuivan ilman koostumus (Zumdahl, 1997).

Kaasu	Prosenttiosuus (%)	Kaasu	Prosenttiosuus (%)
N ₂	78,88	He	0,000524
O ₂	20,95	CH ₄	0,000168
Ar	0,93	Kr	0,000114
CO ₂	0,0378	H ₂	0,00005
Ne	0,0018	NO	0,00005
		Xe	0,0000087

Vesihöyryn määrä ilmakehässä vaihtelee ilmankosteuden mukaan. Vaikka vesihöyryllä on tärkeä osuus ilmakehässä ja esimerkiksi kasvihuoneilmiön

lisääntymisessä, sitä harvoin mainitaan oppikirjoissa ilmakehän eri kaasujen pitoisuuksista puhuttaessa (Kauffman, 2004). Kauffmannin (2004) arvio vesihöyryn pitoisuudelle ilmakehässä on noin 2 %. Myös pilvissä olevan veden vaikutus maapallon lämpenemiseen tulisi ottaa huomioon (Kauffman, 2004).

2.4.2 Kaasujen liukeneminen veteen

William Henry (1774-1836) tutki kaasujen liukenevuutta veteen (Hudson, 2002) Henryn havaitsi, että nesteeseen liuennun kaasun määrä oli suoraan verrannollinen kaasun paineeseen nesteen yläpuolella. Henryn laki pätee vain sellaisille nesteeseen liuenneille kaasuille, jotka eivät reagoi liuottimen kanssa tai dissosioitu liuottimeen. (Zumdahl, 1997) Henryn laki on (Atkins, 1999):

$$(2.8) \quad p_B = x_B K_B$$

missä p_B on kaasun osapaine, x_B on kaasun mooliosuus ja K_B on kokeellinen tietylle liuokselle ominainen vakio.

Kuten Henryn laki osoittaa, kaasun liukenemiseen nesteeseen vaikuttaa ulkoinen paine. Havainnollinen esimerkki tästä on virvoitusjuoma, jossa on veteen liuenneena hiilidioksidia. Pullon ollessa avaamaton paine pullossa on suuri, ja kaasua on liuenneena veteen runsaasti. Kun pullo avataan, paine pienenee, ja kaasua vapautuu liuoksesta. Tämä havaitaan kuplimisena.

Kaasun liukenemiseen vaikuttaa myös lämpötila. Tyypillisesti kaasun liukeneminen veteen pienenee, kun lämpötila kasvaa. Kaikkien liuottimien kohdalla tällaista yleistystä ei kuitenkaan voida tehdä. (Zumdahl, 1997)

Kaasujen liukenemisella veteen on huomattava merkitys ilmakehän kemiassa. Ilmakehän kaasuista suuri osa on liuenneena vesistöihin. Teollisuuslaitosten jäähdytysvedet palautetaan lähtövesistöönsä käytön jälkeen luonnollista lämpötilaa lämpimämpänä. Tällöin veteen liukenee vähemmän happea.

Lämpimämpi vesi jää pinnalle, koska sen tiheys on pienempi, estäen edelleen hapen liukenemista vesistöön. Syvissä vesistöissä tämä saattaa aiheuttaa vakavaakin happikatoa. (Zumdahl, 1997)

2.4.3 Ilmakehän veden kemiaa

Vedellä on suuri merkitys ilmakehän kemiassa. Vesi on luonnossa jatkuvassa kiertokulussa. Ilmakehässä vettä on vesihöyrynä, nestemäisenä ja sumuna sekä lumena. Ilmassa olevaan veteen on liuenneena ilmakehässä olevia kaasuja. Jos systeemi on tasapainossa, Henryn lain avulla voidaan määrittää veteen liuenneiden kaasujen konsentraatiot (vanLoon & Duffy, 2004).

Liikenteen ja tehtaiden päästöt tuottavat ilmaan typen ja rikin oksideja, jotka liukenevat ilmassa olevaan veteen. Myös ilmassa oleva hiilidioksidi liukenee veteen, joten sadevesi olisi ilman päästöjäkin hieman hapanta. Sadeveteen liuenneet rikin ja typen oksidit tekevät vedestä entistäkin happamamman. Happamat sateet ja luonnon happamoituminen ovat vakava seuraus päästöjen lisääntymisestä. Happamat sateet aiheuttavat mm. rakennusten rapautumista ja puukuolemia sekä vesistöjen happamoitumista.

Vedellä on tärkeä tehtävä maapallon jäähdyttämisessä. Veden höyrystymisentalpia on poikkeuksellisen suuri (40,7 kJ/mol). Tämä tarkoittaa, että veden haihtuminen vaatii runsaasti energiaa. Veden haihtumiseen vesistöistä kuluu paljon auringon energiaa. Myös ihmisten elimistön jäähdytys toimii veden avulla. Ihon pinnalta haihtuva vesi viilentää, koska haihtumiseen tarvittava energia saadaan iholta.

2.5 Eri kaasujen kemiaa

Seuraavaksi tarkastellaan perusopetuksen oppikirjoissa eniten esiintyvien kaasujen kemiaa. Kaasujen historiaa ja kemiaa on käsitelty hieman

perusopetuksen oppikirjoja laajemmin. Kaasuista käsitellään vedyn, hapen ja otsonin, typen, jalokaasujen, kloorin ja fluorin, hiilidioksidin sekä hiilivetykaasujen kemiaa.

2.5.1 Vety

Vedyn havaitsi Henry Cavendish (1731-1810). Toiset tutkijat olivat tätä ennen pitäneet vetyä vain ilmana. Cavendish huomasi, että tätä ”palavaa ilmaa” muodostui happojen reagoidessa metallien kanssa. (Engels & Novak, 1993). Cavendish oletti, että happo vapautti flogistonin eli tuliaineen metallista (Hudson, 2002).

Vety on epämetalli. Sen järjestysluku on 1. Vety on normaali paineessa ja – lämpötilassa hajuton ja väritön kaasu, joka koostuu H_2 molekyyleistä. Vedyn kiehumispiste ja sulamispiste ovat hyvin matalat (kp. $-252,87\text{ }^{\circ}C$, sp. $-259,34\text{ }^{\circ}C$) (Lide, 2001).

Vety on maailmankaikkeuden yleisin alkuaine. On arvioitu, että vedyn osuus kaikista atomeista on noin 90 % (Lide, 2001). Vety on myös kevein alkuaineista. Uskotaan, että muut painavammat atomit ovat muodostuneet vedystä ja heliumista (Lide, 2001).

Vety on hyvin herkästi reagoiva aine. Usein vedyn reaktiot muiden aineiden kanssa ovat räjähdysmäisiä. Vetyä esiintyy maapallolla vapaana hyvin vähän. Sen sijaan sitä esiintyy monissa yhdisteissä, kuten vedessä ja orgaanisissa aineissa, esimerkiksi elävissä kasveissa ja hiilivedyissä. Aurinko ja muut tähdet ovat koostuneet pääosin vedystä. Ne saavat energiansa pääosin vedystä. (Lide, 2001)

Vetyä voidaan valmistaa usealla tavalla. Sitä valmistetaan vesihöyrystä kuuman hiilen avulla sekä hiilivedyistä, esimerkiksi metaanista, katalyyttien ja

lämmön avulla. Pieniä määriä vetyä voidaan valmistaa veden elektrolyysin tai happojen ja metallien välisen reaktion avulla.

Vedyn säilyttämisessä on omat ongelmansa johtuen vedyn reaktiivisuudesta. Vetyä voidaan kuitenkin säilöä metallihydrideihin. Hydrideissä vetymolekyylit asettuvat metallin hilarakenteeseen, jolloin ei varsinaisesti muodostu yhdistettä, vaan vedyn ja metallin seos. Vetykaasu johdetaan sopivaa metallia tai metallijauhetta sisältävään säiliöön, jossa vety absorboituu metalliin. (Zumdahl, 1997)

Vedyllä on useita käyttökohteita. Sitä käytetään teollisuudessa suuria määriä ammoniakkin valmistukseen sekä rasvojen ja öljyjen hydraamiseen. Lisäksi vetyä käytetään muun muassa metanolin ja suolahapon valmistukseen, rakettien polttoaineena ja hitsauksessa (Lide, 2001).

Vety on yksi tulevaisuuden polttoaineista. Sen palamisessa vapautuu paljon energiaa. Tämä reaktio on paremmin energiaa vapauttava reaktio, kuin esimerkiksi maakaasun palaminen. Vedyn palamistuote on puhdas vesi, joka on ympäristölle vaaraton ja haitaton aine. Vedyn käyttäminen energianlähteenä on kuitenkin hankalaa johtuen vedyn suuresta reaktiivisuudesta. Mahdollisuuksia tutkitaan kuitenkin nykyään. Esimerkiksi avaruusaluksissa vetyä käytetään jo polttoaineena. Polttokennoissa vetyä voidaan hapettaa katalyytin avulla hallitusti.

2.5.2 Happi ja otsoni

Hapen ovat keksineet melkein samaan aikaan ja toisistaan riippumatta Carl Scheele (1742-1786), Joseph Priestley (1733-1804) (Engels & Novak, 1993). Scheele valmisti tätä ”tuli-ilmaa” mangaanidioksidin ja rikkihapon avulla. Priestley valmisti happea kuumentamalla elohopeaoksidia (Hudson, 2002).

Happi on epämetalli. Sen järjestysluku on 8. Normaali paineessa ja – lämpötilassa happi on hajuton, mauton ja väritön kaasu. Se koostuu O_2 molekyyleistä. Hapen, O_2 , kiehumispiste on – 183 °C ja sulamispiste – 219 °C. Nestemäinen happi on vaalean sinistä, paramagneettista ainetta. (Lide, 2001)

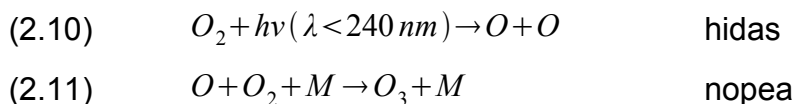
Happi on auringossa esiintyvistä alkuaineista kolmanneksi yleisin. Ilmakehässä happea on kaasumaisessa muodossa noin 21 %. Maan kuoressa happi on lähinnä yhdisteinä. Sen osuus on 49,2 painoprosenttia maankuoresta Ihmisessä hapen osuus on noin kaksi kolmasosaa. Vedessä happea on yhdeksän kymmenesosaa painoprosentteina. (Lide, 2001)

Happea voidaan valmistaa veden elektrolyysin avulla tai kuumentamalla kaliumkloraattia mangaanidioksidi katalyyttinä (Lide, 2001). Happea voidaan valmistaa myös vetyperoksidista mangaanidioksidi katalyyttinä. Lisäksi sitä voidaan erottaa ilmasta tislaamalla.

Happi on reaktiivinen aine. Se pystyy muodostamaan yhdisteen useimpien alkuaineiden kanssa (Lide, 2001). Happi osallistuu palamiseen sekä eläinten ja kasvien hengitykseen. Palamista ei tapahdu ilman happea. Sairaaloissa happea käytetään hengityslaitteissa.

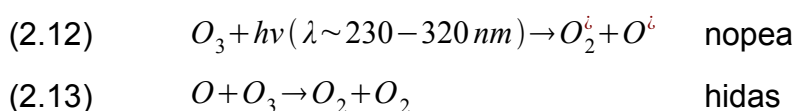
Hapen kolmiatominen muoto on otsoni, O_3 . Se on myrkyllinen, vaalean sininen, pistävän hajuinen kaasu (Lide, 2001). Otsonia esiintyy pääosin ilmakehän keskiosissa, stratosfäärissä. Otsonia on otsonikerroksessa hyvin vähän, miljoonasosia kaikista molekyyleistä (vanLoon & Duffy, 2005). Otsonin määrää otsonikerroksessa kuvaa se, että jos yläilmakehässä oleva otsoni levitettäisiin maapallon pinnalle, siitä muodostuva kerros olisi vain 3 mm paksu. Otsonin kyky absorboida ultraviolettisäteilyä on hyvin suuri (vanLoon & Duffy, 2005).

Otsonin muodostuminen ja hajoaminen otsonikerroksessa ovat elämän kannalta tärkeimpiä ilmakehän reaktioita. Ne ehkäisevät haitallisen ultraviolettisäteilyn pääsyä maanpinnalle (vanLoon & Duffy, 2005). Otsonia muodostuu hapesta reaktioyhtälöiden 2.10 ja 2.11 mukaisesti (vanLoon & Duffy):



Reaktio 2.10 on hidas. Auringon energiaa tarvitaan reaktion tapahtumiseen. Reaktiossa 2.11 M on neutraali molekyyli, yleensä N₂ tai O₂.

Otsoni häviää ilmakehässä reaktioyhtälöiden 2.12 ja 2.13 mukaisesti. (vanLoon & Duffy, 2005):



Myös reaktio 2.12 tarvitsee auringon energiaa tapahtuakseen.

Otsonin hajoamiseen vaikuttavat auringon säteilyn lisäksi useat erilaiset aineet. Jotkut näistä aineista esiintyvät luonnostaan ilmakehässä, joidenkin aineiden muodostumiseen ovat vaikuttaneet ihmisen toimet, esimerkiksi teollisuus. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi radikaalit: H*, HO*, HOO*, NO*, NO₂*, Cl* ja ClO* sekä freonit. Ilmakehään ihmisten toimista joutuneet, otsonia hajottavat aineet, saavat aikaan otsonikerroksen ohentumista. Suurimmat vaikutukset näkyvät maapallon navoilla, minne on muodostunut otsonikerrokseen aukkoja. (vanLoon & Duffy, 2005). Otsonin vähenemisen ansioista yhä suurempi osa auringon haitallisesta UV-säteilystä pääsee maan pinnalle. Tästä aiheutuu eläville eliöille mm. ihosyöpää.

Otsonia esiintyy myös hyvin pienissä määrin troposfäärissä, missä se on haitallinen aine sekä kasveille että eläimille. Otsoni on yksi valokemiallisen sumun (engl. photochemical smog) aiheuttajista suurkaupungeissa. Otsonia ja muita valokemiallisen sumun aiheuttajia pääsee ilmakehään liikenteen ja teollisuuden päästöjen mukana. (vanLoon & Duffy, 2005)

2.5.3 Typpi

Typeä, josta tuolloin käytettiin nimeä flogistonoitunut ilma, valmisti ensimmäisenä Daniel Rutherford (1749-1819) vuonna 1772. Hän piti hiiriä suljetussa astiassa, kunnes astiassa olevaa ilmaa ei voinut enää hengittää. Henry Cavendish (1731-1810) tutki flogistonoitunutta ilmaa sähköpurkausten avulla noin kymmenen vuotta myöhemmin. Hän huomasi kokeidensa avulla, että jäljelle jäänyt kaasu oli typpihapon osa. (Hudson, 2002)

Typpi on epämetalli, jonka järjestys luku on 7. Typpi on normaaliolosuhteissa hajuton ja väritön kaasu. Sen sulamispiste on $-210\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja kiehumispiste $-198,79\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Lide, 2001) Typpi esiintyy luonnossa kaksiatomisena N_2 -molekyylinä. Typpiatomien välillä on vahva kolmoissidos, joka aiheuttaa sen, että typpi reagoi vain harvojen muiden aineiden kanssa normaaliolosuhteissa. (Zumdahl, 1997).

Typellä on paljon tärkeitä yhdisteitä. Typen yhdisteitä on esimerkiksi ruoassa, lääkkeissä, räjähteissä ja lannoitusaineissa. Ihmisten ja eläinten rakennusaineet, valkuaisaineet, sisältävät typeä.

Typpi on luonnossa jatkuvassa kiertokulussa. Jotkut kasvit, esimerkiksi hernekasvit pystyvät käyttämään ilmassa olevan typen hyödykseen juuristoissaan elävien bakteerien ansioista. Bakteerit muuttavat typen yhdisteeksi, jonka kasvi voi käyttää hyödykseen. Muut kasvit saavat tarvitsemansa typen veteen liuenneista typenyhdisteistä. Kasvit käyttävät typen rakennusaineenaan. Vihreitä kasveja syövät eliöt käyttävät edelleen kasvien sisältämän typen omiksi valkuaisaineiden rakennusaineikseen. Eläimien eritteiden mukana typpi pääsee takaisin maaperään ja ilmakehään edelleen kasvien käytettäväksi.

Typen oksideja syntyy liikenteen ja teollisuuden päästöissä. Ilmassa oleva typpi reagoi hapen kanssa korkeassa lämpötilassa esimerkiksi auton moottorissa. Typen oksidit muodostavat typpihappoa, joka on vesiliukoinen. Typen oksidit

ovat yksi luonnon happamuuden aiheuttaja. Kuten edellä on kerrottu, typpidioksidi on osallisena otsonin muodostumiseen alailmakehässä.

Ilmakehässä typpikaasua on n. 78 % (Zumdahl, 1997) Typeä voidaan valmistaa ilmasta tislamalla tai kuumentamalla ammoniumnitraatin vesiliuosta. Typpikaasu ei ole myrkyllistä, mutta se syrjäyttää ilman hapen, joten runsaina määrinä huoneilmaan päästessään se aiheuttaa tukehtumisvaaran.

Typellä on useita käyttökohteita. Eniten typeä käytetään ammoniakkin valmistukseen. Ammoniakkia taas käytetään lannoitteiden ja typpihapon valmistukseen. Lisäksi typeä käytetään elektroniikkateollisuudessa, metalliteollisuudessa ja lääkkeiden valmistuksessa. (Lide, 2001) Typeä käytetään myös suojakaasuna reaktioissa, jotka ovat herkkiä vedelle tai hapelle, sen reagoimattomuuden takia.

2.5.4 Jalokaasut

Jalokaasut: helium, neon, argon, krypton, ksenon ja radon, kuuluvat jaksollisen järjestelmän viimeiseen ryhmään. Jalokaasujen uloimmat elektronikuoret ovat täynnä, joten ne ovat hyvin stabiileja. Niiden luultiin olevan täysin reagoimattomia kaasuja, kunnes vuonna 1962 Neil Bartlett valmisti ensimmäisen jalokaasuyhdisteen (Hudson, 2002).

Ensimmäisenä jalokaasuista löydettiin argon. Cavendish havaitsi ilman ja typen tutkimuksen yhteydessä ilman sisältävän hyvin pienen määrän tuntematonta kaasua. Tätä ei osattu selittää ennen kuin lordi Rayleigh (1842-1919) ja William Ramsay (1852-1916) aloittivat ilman sisältämän tuntemattoman aineen tutkimuksen. He havaitsivat, että ilma sisältää pienen määrän kaasua, joka ei muodostanut yhdisteitä muiden aineiden kanssa. Rayleigh ja Ramsay esittivät tutkimustensa tulokset vuonna 1894 ja antoivat löytämälleen kaasulle nimen argon. (Hudson, 2002)

Ramsay keksi heliumin kuumentamalla pikivälkemalmia pian argonin löytämisen jälkeen. Sen spektrissä oleva viiva oli samanlainen, joka oli huomattu 1868 olevan Auringon spektrissä. Ramsay havaitsi, että myös uusi kaasu reagoi yhtä huonosti kuin argon. (Hudson, 2002)

Ramsay jatkoi ilman tutkimista muiden jalokaasujen löytämiseksi Morris Traversin (1872-1961) kanssa. He löysivät vuonna 1898 kryptonin ja pian tämän jälkeen neonin ja ksenonin. Vuonna 1900 Ramsay ja Travers esittivät, että uudet kaasut muodostavat jaksollisen järjestelmän uuden ryhmän. (Hudson, 2002). Radonin löysi vuonna 1898 Fredrich Dorn (Bartlett, 2003).

Helium on kevein jalokaasuista ja sen kiehumispiste $4,2\text{ K}$ ($-268,95\text{ °C}$) on alhaisempi kuin millään muulla alkuaineella (Bartlett, 2003). Heliumia esiintyy Maassa luonnon kaasuesiintymien yhteydessä. Maaperässä heliumia muodostuu α -hiukkasista radioaktiivisen hajoamisen yhteydessä (Zumdahl, 1997). Heliumia on myös pieniä määriä ilmassa, mistä se voidaan erottaa tislamalla (Bartlett, 2003). Heliumia käytetään ilmapalloissa, ilmalaivoissa ja avaruusraketeissa (Zumdahl, 1997) sekä syvänmerensukelluksessa (Bartlett, 2003).

Neonia, argonia ja kryptonin on ilmassa pieniä määriä, josta ne voidaan erottaa tislamalla. Näitä kaasuja käytetään valaistuksessa, esimerkiksi neonia käytetään neonvaloissa ja argonia hehkulampuissa. Jalokaasuista radioaktiivinen ja vaarallinen on radon. Sitä muodostuu maaperässä radiumin hajoamisen yhteydessä (Bartlett, 2003).

Ensimmäisen jalokaasuyhdisteen (XePtF_6) valmisti vuonna 1962 Neil Bartlett. Pian onnistuttiin valmistamaan muitakin ksenonin yhdisteitä. Kryptonin ja radonin yhdisteitä on myös onnistuttu valmistamaan. Suomessa, Helsingin yliopistossa on valmistettu ensimmäisenä argonin yhdiste (Pettersson, Leonid, Lundell & Räsänen, 2005).

2.5.5 Kloori ja fluori

Scheele keksi kloorin vuonna 1774 (Hudson, 2002). Fluoria tiedettiin olevan olemassa jo vuonna 1813, kun Humphry Davy (1778-1829) antoi sille nimen fluori. Fluorin reaktiivisuuden vuoksi se onnistuttiin eristämään vasta vuonna 1886 (Hudson, 2002).

Kloori ja fluori ovat halogeeneja ja epämetalleja. Ne ovat hyvin reaktiivisia, kuten muutkin halogeenit, eivätkä siksi esiinny yksiatomisina luonnossa. Kloori on normaaliolosuhteissa keltavihreä kaasu. Sen kiehumispiste on $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sulamispiste $-101\text{ }^{\circ}\text{C}$. Fluori on vaalean keltainen kaasu, jonka kiehumispiste on $-188\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sulamispiste $-220\text{ }^{\circ}\text{C}$. Molemmat kaasut ovat myrkyllisiä. (Zumdahl, 1997).

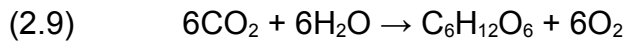
Freonit (esim. freon-12, CCl_2F_2), joita käytetään jääkaappien jäähdytysaineina sekä ponnekaasuna, sisältävät klooria ja fluoria. Yläilmakehään päästessään freonit hajoavat valon vaikutuksesta ja muodostuvat Cl-atomit osallistuvat otsonin hajottamiseen (Zumdahl, 1997).

2.5.6 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi on hajuton ja väritön kaasu normaaliolosuhteissa. Hiilidioksidi ei esiinny nesteinä normaalipaineessa. Kiinteä hiilidioksidi höyrystyy $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa kaasuksi. Hiilidioksidi ei ole pieninä määrinä myrkyllistä, mutta suurempina pitoisuuksina se aiheuttaa mm. päänsärkyä ja tukehtumisvaaran hapen syrjäyttämisen vuoksi. Hiilidioksidi ei pala, joten sitä käytetään mm. hiilidioksidisammuttimissa. (Zumdahl, 1997)

Hiilidioksidia on kuivassa ilmassa noin 0,03 %. Pienestä määrästä huolimatta sen merkitys maapallolle on suuri. Fossiilisten polttoaineiden käyttö lisää hiilidioksidin määrää ilmassa ja aiheuttaa ilmaston lämpenemistä.

Hiilidioksidi on luonnossa jatkuvassa kiertokulussa. Kaikki vihreät kasvit käyttävät hiilidioksidia yhteyttämiseen eli fotosynteesiin. Fotosynteesissä vihreissä kasveissa syntyy sokeria ja happea.



Eliöt, kuten ihmiset käyttävät vihreiden kasvien valmistaman sokerin ravinnokseen. Soluhengityksessä sokeri palaa solussa ja muodostuu hiilidioksidia, joka poistuu elimistöstä uloshengityksen kautta. Myös puun ja fossiilisten polttoaineiden palamisessa sekä eloperäisen aineksen mätänemisessä syntyy hiilidioksidia. Osa tästä hiilidioksidista liukenee valtameriin, osa päättyy takaisin kasvien yhteyttämisen lähtöaineeksi.

Valtamerien osuus hiilidioksidin sitojana on suuri. Vesistöjen lämpeneminen ilmaston lämpenemisen takia lisää ennestäänkin kasvavaa hiilidioksidin määrää ilmastossa.

2.5.7 Hiilivetykaasut

Luonnonkaasut muodostuvat erimittaisista, lyhyistä hiiliketjuista ja vedystä. Ne ovat muodostuneet satoja vuosia sitten eläneiden eliöiden jäänteistä. Luonnonkaasuesiintymät ovat yleensä öljyesiintymien yhteydessä. Ne koostuvat pääosin metaanista, mutta sisältävät myös etaania, propaania ja butaania.

Hiilivetykaasuja käytetään nestekaasuna mm. kotitalouksissa grilleissa ja kaasupolttimissa. Metaania käytetään mm. polttoaineena. Helsingin keskustassakin yleistyneet maakaasubussit käyttävät polttoaineenaan metaania. Etyyniä käytetään hitsauksessa ja eteeniä hedelmien kypsytykseen.

3 Kaasujen kemian oppiminen

Kemian jatkuva kehittyminen tieteenä sekä sen moninaisuus luo haasteita kemian opettamiselle ja oppimiselle. Melkein jokaiseen kemian osa-alueeseen liittyy oppilaiden taholta vaihtoehtoisia käsityksiä (Gabel, 1999). Kaasujen kemia on yksi osa-alueista, johon liittyy paljon virheellisiä käsityksiä (Nakhleh, 1992; Mitchell, 2004; Ahtee 1994). Näitä tarkastellaan myöhemmin tutkimuksessa tarkemmin.

Kemia on tiede, joka sisältää paljon käsitteitä. Kemian oppiminen ja sen syvempi ymmärtäminen on täysin mahdollista vain silloin, kun oppilas ymmärtää ilmiötä koskevat käsitteet ja osaa selittää kemiallisen ilmiön kemian käsitteiden avulla. Uuden asian oppimiseen vaaditaan tiettyjen peruskäsitteiden tunteminen (Nakhleh, 1992). Jos näitä peruskäsitteitä ei ole aikaisemmin opittu ja sisäistetty, uuden asian oppiminen on, jos ei mahdotonta, niin ainakin hyvin vaikeaa.

Kaasuihin liittyy paljon käsitteitä. Useat käsitteet ovat kytkeytyneet toisiinsa, kuten käy ilmi tutkimuksen sivulla 3 olevasta käsitekartasta. Esimerkiksi fotosynteesiin liittyvän kemian tunteminen ja ymmärtäminen vaatii hapen ja hiilidioksidin kemian tuntemista, sekä näiden luonnollisten kiertojen hahmottamista.

Käsitteiden oppimista vaikeuttaa myös niiden abstraktisuus. Abstraktien käsitteiden oppimista helpotetaan analogioilla ja malleilla, esimerkiksi molekyylimalleilla (Gabel, 1999). Oppikirjoissa mallit ja analogiat voivat olla hyvinkin pelkistettyjä ja yksipuolisia, mikä johtaa usein virhekäsityksiin esitetystä ilmiöstä.

Kemian oppimista vaikeuttaa myös sen kolmitasoisuus (Johnstone, 1991). Oppilaat tarkastelevat ilmiötä makrotasolla. Ilmiö on usein kuitenkin selitettävissä täsmällisesti mikrotasolla, eli atomien tasolla. Jo pelkästään näiden kahden tason välillä liikkuminen on vaikeaa oppilaalle. Lisäksi ilmiötä selitetään symboleilla, kemiallisilla yhtälöillä ja kaavoilla. Tämä taso muodostaa kolmannen, symbolisen tason. Usein käytettävät kemian symbolit voidaan tulkita monella eri tavalla. Myös saman asian esittämiseen saatetaan käyttää eri symboleita ja käsitteitä (Gabel, 1999). Kemian oppimisen vaikeus ei välttämättä piile kemian kolmitasoisuudessa, vaan siinä että ilmiöitä selitettäessä liikutaan näiden kolmen tason välillä selvittämättä niiden välistä yhteyttä oppilaalle.

Kaasut koostuvat hiukkasista, joita ei voi paljaalla silmällä nähdä. Kaasut ovat usein oppilaalle näkymättömiä olioita. Kaasujen kemian ymmärtäminen vaatii aineen hiukkasluonteen ymmärtämistä. Kaasujen kemian opiskelu tapahtuu pääasiassa mikroskooppisella ja symbolisella tasolla. Gabelin (1993) tutkimuksen mukaan oppimistulokset paranivat ja oppilaat pystyivät yhdistämään kolme tasoa, kun opetuksessa keskityttiin aineen hiukkasluonteen korostamiseen.

3.1 Vaihtoehtoisista käsityksistä

Opettajan tulee tuntee oppilaidensa mahdolliset aikaisemmat käsitykset opittavasta asiasta. Konstruktivistisen oppimisenäkemyksen mukaan oppijan oma käsityksmaailma opittavasta asiasta on tärkeä. Oppija rakentaa uuden tiedon olemassa olevien käsitystensä varaan. Vaihtoehtoiset käsitykset estävät oppimista. (Lavonen & Meisalo, 2004a, Nakhleh, 1992)

Ennakkokäsityksillä (engl. misconceptions, preconceptions) tarkoitetaan oppilaiden mielikuvia ja uskomuksia luonnonilmiöiden selityksistä (Lavonen & Meisalo, 2004a, Nakhleh, 1992). Puhutaan myös vaihtoehtoisista käsityksistä (engl. alternative conceptions). Oppilaiden käsitykset tietystä ilmiöstä ovat usein samoja, mitä tiedemiehillä on aikoinaan ollut samasta ilmiöstä. (Ahtee, Kankaanrinta & Virtanen, 1994; Huann-shyang, Hsiu-ju & Lawrenz, 2000). Esimerkiksi, kuten aikaisemmin tutkimuksessa on todettu, aineen koostuminen paikallaan olevista hiukkasista oli aikoinaan yleinen käsitys tiedemiesten keskuudessa.

Usein ristiriita tieteen hyväksytyn käsitteen ja oppilaan vaihtoehtoisen käsitteen välille syntyy siitä, että oppilaalla ei ole riittävästi oikeita käsitteitä ilmiön selittämiseen (Ahtee et al., 1994; Meisalo & Lavonen, 2004a). Oppilaat pyrkivät selittämään asian tutuin käsittein, koska abstraktein käsittein pohdiskelu on heille usein vaikeaa. Usein myös arkikielessä käytetty sana tietylle ilmiölle on eri, kuin mitä tiede käyttää. Esimerkiksi arkikielessä puhutaan että sokeri sulaa suuhun, vaikka kyse on sokerin liukenemisesta.

Vaihtoehtoiset käsitykset ovat hyvin pysyviä. Ne ovat syntyneet oppilaan oman toiminnan ja havaintojen kautta. Myös tiedotusvälineet, kuulopuheet, opetus ja oppikirjat sekä propaganda auttavat näiden käsitysten muodostumisessa. (Lavonen & Meisalo, 2004a).

Ennakkokäsitysten poisoppimisessa on tärkeää, että oppilas saa riittävästi tukea erilaisille kokemuksilleen ja tulkinnoilleen, jotta järkevä lopputulos alkaisi lopulta hahmottua. (Ahtee et al., 1994) Oppilaalle on annettava riittävästi aikaa

ilmiön pohtimiseen ja ohjattava häntä kohti oikeaa tietoa (Lavonen & Meisalo, 2004a)

3.1.1 Vaihtoehtoisia käsityksiä kaasuista

Kaasut ovat vaikeasti havaittava aineen olomuoto. Kaasuilla ei ole tiettyä muotoa, eikä niitä voi aina havaita haistamalla tai näkemällä. Usein kaasujen kemiaan liittyvät ilmiöt on selitettävä atomitasolla. Oppilaan älyllinen kehitystaso vaikuttaa paljon kaasujen kemian ymmärtämiseen. (Ahtee et al., 1994)

Useat oppilailla esiintyvistä ennakkokäsityksistä koskevat aineen rakenteeseen liittyviä asioita (Nakhleh, 1992). Useat kaasujen kemiaan liittyvät asiat on selitettävissä atomitasolla, joten aineen rakenteen tunteminen on välttämätöntä kaasujen kemian oppimisessa. Kaasujen kemian ymmärtäminen edellyttää aineen hiukkasluonteen ja kineettisyyden ymmärtämistä.

Oppilailla on vaihtoehtoisia käsityksiä useista kaasuihin liittyvistä asioista. Mitchell (2004) on kerännyt 17 vuoden ajalta omien ja kollegoidensa oppilaiden käsityksiä luonnontieteellisistä asioista. Suomessa esimerkiksi Ahtee (1994) on tutkinut oppilaiden ennakkokäsityksiä. Summers (2000) on tutkinut alaluokkien opettajien käsityksiä ympäristöön liittyvistä asioista. Samankaltaisia käsityksiä on myös oppilailla. Seuraavassa taulukossa esitetään joitakin oppilailla esiintyviä, kaasuihin liittyviä virheellisiä käsityksiä.

Taulukko 3.1 Kaasuihin liittyviä virhekäsityksiä.

Ilmiö/asia	Virhekäsitys
------------	--------------

Ilma	• Ilma on painotonta tai sillä on negatiivinen paino. Painovoima ei vaikuta ilmaan (Mitchell, 2004). • Ilmassa oleva pöly on suunnilleen samankokoista kuin ilman hiukkaset (Mitchell, 2004). • Ainoa kaasu, jota hengitämme ulos, on hiilidioksidi (Mitchell, 2004). • Ilma ei ole kaasu (Mitchell, 2004). • Ilman hiukkasten välillä on ilmaa (Mitchell, 2004). • Ilmassa olevat hiukkaset liikkuvat tuulen mukana. Jos ei tuule hiukkaset ovat paikallaan (Mitchell, 2004). • Ilmaa on joka paikassa maan ja auringon välillä (Mitchell, 2004). • Hiilidioksidia on paljon ilmakehässä (Summers, 2000).
Eri kaasut	• Heliumilla on negatiivinen paino (Mitchell, 2004).
Olomuodon muutokset	• Veden kiehuessa tai haihtuessa se muuttuu suoraan pilviksi. Ilmassa ei ole vesihöyryä (Mitchell, 2004). • Kuplat kiehuessa vedessä ovat happea, tai happea ja vetyä, tai lämpöä (Mitchell, 2004). • Kun vettä keitetään ja vesi tiivistetään uudelleen, veden määrä on vähentynyt alkuperäisestä (Mitchell, 2004). • Sade alkaa, kun pilvet ovat liian täynnä vettä (Mitchell, 2004). • Kaikki nesteet kiehuvat 100°C:ssa (Mitchell, 2004). • Neste kevenee, kun se muuttuu kaasuksi (Mitchell, 2004). • Aine häviää haihtuessaan ja kiehuessaan. Ainetta muodostuu tiivistymisessä (Mitchell, 2004).
Palaminen	• Aine häviää palaessaan (Ahtee, 1994; Mitchell, 2004). • Savu on kaasua (Mitchell, 2004). • Polttoaine muuttuu palaessaan savuksi ja lämmöksi (Mitchell, 2004). • Aine kevenee palaessaan (Ahtee, 1994; Mitchell, 2004). • Ilma ei osallistu palamiseen (Mitchell, 2004). • Liekissä ei ole hiukkasia (Mitchell, 2004). • Puun palaessa syntyy hiiltä (Ahtee, 1994).
Muut	• Kasvihuoneilmiö on ainoastaan ihmisen aiheuttama (Summers, 2000). • Otsonikerroksen aukot aiheuttavat maapallon lämpenemistä (Summers, 2000).

Proseminaarityössä (Laine, 2004) tutkittiin yhden koulun seitsemäsluokkalaisten käsityksiä kaasuista. Tutkimusotoksen pienuudesta johtuen tutkimuksen tulokset eivät ole laajalle yleistettävissä. Toisaalta ei ole syytä epäillä, ettei samansuuntaisia tuloksia voitaisi saada muistakin kouluista.

Tutkimukseen osallistuneilta oppilailta kysyttiin, mitä heille tulee mieleen sanasta kaasu. Lähes 50 % vastanneista mainitsi värittömyyden ja näkymättömyyden. Yhtä suuri osuus oppilaista mainitsi jonkin kaasujen käyttökohteen, esimerkiksi grillin tai ilmapallon. Myrkyllisenä ja vaarallisena kaasuja piti 35 % vastanneista. Hajun mainitsi 30 % oppilaista. Vähiten esille nousseita asioita olivat saasteet ja pakokaasut, sekä keveys ja leijuvuus.

Parhaiten muistettuja kaasuja olivat helium (45 % vastanneista) ja happi (35 % vastanneista). Seuraavaksi yleisin vastaus oli pakokaasut. Typpi ja vety esiintyivät n. 20 % vastauksista. Suosituimpia vastauksia kysymyksen, miltä kaasu näyttää olivat sumu, savu, höyry tai pilvi. Lähes yhtä suosittu oli näkymättömyys ja läpinäkyvyys (n. 35 % vastauksista).

Kaasuihin liittyvistä oppilastöistä parhaiten muistettiin vetypommi, sekä kaasupolttimeen liittyvät oppilastyöt (kumpikin n. 30 % vastanneista). Useat oppilaat eivät muistaneet yhtään työtä. Osa oppilaista muisti hämärästi kaasujen liittyvän joihinkin oppilastöihin, mutta eivät osanneet kertoa miten. Kysymykseen, mistä tiedät että edellä mainitsemassasi kokeessa olivat kaasut läsnä suurin osa (yli 50 %) vastasi, että opettaja kertoi. Toiseksi suosituin vastaus (30 %) oli, että kaasujen olemassa olo todettiin jollain toisella kokeella.

Yleisimpiä ominaisuuksia kaasuille oppilaiden mielestä olivat haju (40 %), palavuus (35 %), keveys (25 %) sekä myrkyllisyys (23 %). Kaasujen käyttötarkoituksista suosituimpia vastauksia olivat ilmapallot (45 %), palaminen (35 %) ja grillit (25 %). 25 % oppilaista ei ollut vastannut kysymykseen. Vain kolme oppilasta neljästäkymmenestä oli maininnut hengityksen vastauksessaan. Tutkimuksen mukaan harva oppilas osasi yhdistää kaasut esimerkiksi ilmakehään ja hengittämiseen.

4 Kokeellisuus kaasujen kemian oppimisen tukena

Kemia on kokeellinen luonnontiede. Kokeellisuus on oleellinen osa kemian opiskelua. Kemian ja muiden luonnontieteiden opettamisessa on käytetty kokeellisuutta satoja vuosia (Lavonen & Meisalo, 2004b). Koulujen aloittaessa opettaa luonnontieteitä systemaattisesti 1800-luvun lopulla kokeellisuudesta tuli luonteenomainen piirre luonnontieteiden opetuksessa (Hofstein, 2004).

Kokeellisuudella tarkoitetaan perinteisesti demonstraatioiden ja oppilastöiden tekemistä. Kokeellisuus voi myös sisältää laajempien projektien tekemistä (Lavonen & Meisalo, 2004b). Millar (2004) määrittelee kokeellisen työskentelyn opettamiseen ja oppimiseen liittyväksi tapahtumaksi, johon liittyy jossakin työn vaiheessa oikeiden esineiden ja materiaalien käsittely. Kokeellisen työskentelyn ei välttämättä tarvitse tapahtua koulun laboratoriossa, vaan se voi tapahtua esimerkiksi oppilaan kotona tai ulkona (Millar, 2004).

Kokeellisuus on paljon muutakin kuin oppilastöitä. Vuoden 1994 opetussuunnitelman (Anon. 1994) mukaan kokeellisuus voi olla omakohtaista toimintaa, laboratoriotyöskentelyä, demonstraatioita, opintokäyntejä, audiovisuaalisten apuvälineiden tai kerronnan avulla tapahtuvaa toimintaa.

Tässä tutkimuksessa kokeellisuudella tarkoitetaan oppilaiden suorittamia kokeellisia töitä sekä opettajan suorittamia demonstraatioita. Painopiste on kuitenkin oppilastöissä ja oppilaiden työskentelyssä oikeiden välineiden ja aineiden kanssa.

4.1 Kokeellisuus ja kaasut opetussuunnitelman perusteissa

Opetussuunnitelman perusteet ohjaavat koulukohtaisten opetussuunnitelmien laatimista ja oppikirjojen sisältöjä. Opetussuunnitelman perusteiden tarkastelun tavoitteena on saada selville, miten kokeellisuus työmenetelmänä on esitetty opetussuunnitelman perusteissa. Lisäksi tutkitaan, mitä opetussuunnitelman perusteissa annetaan sisällöiksi kaasujen opetukselle.

Sekä vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa (Anon. 1994), että vuoden 2004 opetussuunnitelman perusteissa (Anon. 2004), korostetaan kokeellista lähestymistapaa kemian opetuksessa. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden (Anon. 1994) mukaan kemian opetuksen lähtökohta tulisi olla aineiden ja ilmiöiden havaitsemisessa ja tutkimisessa, joiden kautta edetään peruskäsitteisiin ja aineiden ominaisuuksiin. Vuoden 2004 opetussuunnitelman

perusteiden (Anon. 2004) mukaan opetuksen tulisi tukeutua kokeelliseen lähestymistapaan, jossa lähtökohtana olisi, kuten aikaisemmassakin opetussuunnitelman perusteissa, havaitseminen ja tutkiminen.

Kokeellisuuden avulla ei opiskella vain kemiaa. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa (Anon. 1994) kokeellisuus on nimetty yhdeksi kemian ja fysiikan sisällöistä. Vuosiluokkien 5-9 kemian ja fysiikan uuden opetussuunnitelman perusteiden mukaan opetuksen tavoitteena on havaintoja ja kokeita tekemällä löytää näiden oppiaineiden merkitys itselle ja ympäristölle (Ahtineva & Havonen, 2003). Vuoden 2004 opetussuunnitelman perusteiden mukaan kokeellisuuden tulisi ”auttaa oppilasta hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta ja omaksumaan uusia luonnontieteellisiä käsitteitä, periaatteita ja malleja, kehittää kädentaitoja, kokeellisen työskentelyn ja yhteistyön taitoja sekä innostaa oppilasta kemian opiskeluun (Anon. 2004, s. 195)”.

Opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa määritellään useita kokeellista työtapaa tukevia tavoitteita. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa esitetty ensimmäinen tavoite kemian opiskelulle on, että ”oppilas osaa tutkia kemian ilmiöitä erilaisten kokeellisten tutkimus- ja työmenetelmien avulla sekä tehdä johtopäätöksiä ja arvioita tulosten luotettavuudesta (Anon. 1994, s. 88)”. Vuoden 2004 opetussuunnitelman perusteissa kokeellisuutta korostavia tavoitteita ovat (Anon. 2004, s. 195):

- Oppilas oppii työskentelemään turvallisesti ja ohjeita noudattaen.
- Oppilas oppii käyttämään luonnontieteellisen tiedonhankinnan kannalta tyypillisiä tutkimusmenetelmiä.
- Oppilas oppii tekemään luonnontieteellisen tutkimuksen sekä tulkitsemaan ja esittämään tuloksia.

Kaasut liittyvät keskeisesti jokaiseen opetussuunnitelman perusteissa annettuihin sisällön osa-alueisiin. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa (Anon. 1994) kemian ja fysiikan keskeiset sisällöt on jaettu viiteen eri osa-alueeseen. Taulukkoon 4.1 on koottu nämä osa-alueet sekä ne sisällöt, jotka liittyvät kaasujen kemiaan.

Taulukko 4.1 Kaasuihin liittyvät sisällöt vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa (Lavonen & Meisalo, 1994, s. 54).

Rakenteet ja järjestelmät	• Aineen rakenne ja sen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet • Atomit, alkuaineet ja kemialliset yhdisteet
Vuorovaikutukset	• Kemialliset sidokset
Energia	• Energian säilyminen ja huononeminen fysikaalisissa prosesseissa • Energian muodot • Energian lähteet, tuotanto, kulutus ja ympäristövaikutukset • Energian säästäminen ja hyvinvointi
Prosessit	• Energian sitoutuminen, vapautuminen ja siirtyminen • Olomuodon muutokset • Kemiallinen reaktio • Aineiden kiertokulku luonnossa • Aine kemian- ja muissa teollisuus-prosesseissa • Raaka-aineet ja niiden jalostaminen • Aineiden yhdistäminen ja erottaminen • Esimerkkejä erityyppisistä prosesseista
Kokeellinen menetelmä	• Kysymysten tekeminen ja ongelmien hahmottaminen • Vertaaminen ja luokittelu • Hypoteesien tekeminen ja niiden testaaminen • Havaintojen ja mittausten tekeminen • Tulosten käsittely ja niiden tulkitseminen • Johtopäätösten tekeminen • Tulosten luotettavuuden arvioiminen • Kokeiden ja tutkimusten suunnitteleminen

Vuoden 2004 opetussuunnitelman perusteissa (Anon. 2004) sisällöt on jaettu kolmeen eri osa-alueeseen. Taulukossa 4.2 on esitetty nämä osa-alueet sekä niiden kaasuihin liittyvät sisällöt.

Taulukko 4.2 Kaasuihin liittyvät sisällöt vuoden 2004 opetussuunnitelman perusteissa (Anon. 2004, s. 196).

Ilma ja vesi	• Ilmakehän aineet ja niiden merkitys ihmiselle ja luonnon tasapainolle • Aineiden paloherkkyys, palamisreaktio, sen kuvaaminen kemian merkkikielellä sekä palamistuotteiden ominaisuudet ja vaikutukset ympäristöön
Raaka-aineet ja tuotteet	• Tärkeimmät maankuoresta saatavat alkuaineet ja yhdisteet, sekä niiden ominaisuuksia, tuotteiden valmistus, käyttö, riittävyys ja kierrätettävyys • Sähkökemiallisia ilmiöitä, sähköpari, elektrolyysi ja niiden sovellukset • Alkuaineiden ja yhdisteiden merkitseminen, luokittelu ja erottaminen sekä reaktionopeuksien vertailu • Reaktioyhtälöiden tulkitseminen sekä yksinkertaisten reaktioyhtälöiden tasapainottaminen • Alkuaineiden ja yhdisteiden ominaisuuksien ja rakenteiden selittäminen atomimallin tai jaksollisen järjestelmän avulla
Elollinen luonto ja yhteiskunta	• Fotosynteesi, palaminen, energialähteet • Hiilivedyt, öljynjalostusteollisuus ja sen tuotteita

Kuten edellä on todettu sekä kaasut, että kokeellisuus liittyvät hyvin keskeisesti kemian opiskeluun. Jokainen kemian osa-alue pitää sisällään kaasuihin liittyvää kemiaa sekä vuoden 1994 että vuoden 2004 opetussuunnitelman perusteissa.

4.2 Kokeellisuus ja kaasujen kemian oppiminen

Edellä on kerrottu kokeellisuuden olevan oleellinen osa kemian opiskelua. Seuraavaksi tarkastellaan kokeellisuuden merkitystä ja sen haasteita kaasujen oppimisen tukena.

Kemian opetus tänään -tutkimukseen (Aksela & Juvonen, 1999) osallistuneista opettajista 95 % oli sitä mieltä että kemiaa oppii parhaiten tekemällä. Opettajat perustelivat kokeellisuutta eniten motivoinnin ja kemian oppimisen vuoksi. Lisäksi perusteluja olivat taitojen oppiminen ja se, että kokeellisuus kuuluu

osana kemian opiskeluun. Tutkimukseen osallistuneiden opettajien mukaan oppilastyöt sopivat oppilaalle, joille teorian opiskelu on vaikeaa. Yksi syy kokeellisuuden käyttöön opetuksessa oli myös se, että oppilaat saavat käsityksen siitä, millaista olisi työskennellä kemistinä.

Wellingtonin (1998) mukaan kokeellisuuden avulla ilmiöstä tulee konkreettinen ja sitä voidaan havainnoida, kokeellisuus parantaa ymmärrystä tieteeseen. Kokeellisuus on välttämätöntä, koska on ilmiöitä, kuten kemiallinen reaktio, jotka vaativat muutakin kuin sanallisen selityksen, jotta ilmiö voitaisiin täysin ymmärtää (Millar, 2004). Kokeellista työtapaa tarvitaan, jotta oppilaille voidaan esittää sellaiset ilmiöt, joita he eivät jokapäiväisessä elämässään kohtaa (Millar, 2004). Kaasujen kemiassa tällaisia asioita voisivat olla esimerkiksi vedyn keveys ja reaktiivisuus.

Kokeellisuus on motivoivaa ja mielenkiintoista, se auttaa myös muistamaan asioita (Wellington, 1998). Näyttävät ja erikoiset kokeelliset työt jäävät helposti oppilaiden mieliin (Millar, 2004). Edellä mainitussa tutkimuksessa (Laine, 2004) yksi oppilaiden mieleenpainuvimmista kaasuihin liittyvistä oppilastöistä oli vetyraketti. Tästä saattaa jäädä oppilaille myös vääriä käsityksiä. Vaikka vety räjähtää helposti, niin kaikki kaasut eivät sitä tee.

Kokeellinen työskentely auttaa oppilasta ymmärtämään luonnontieteiden käsitteitä ja periaatteita, koska se on luonnontieteille ominaisen tiedonhankinnan suuntaista (Lavonen & Meisalo, 2004b). Hyvin suunniteltu kokeellinen työskentely auttaa ennakkokäsitysten poisoppimisessa (Millar, 2004). Käsitteiden ymmärtämistä helpottaa, kun oppilas pystyy yhdistämään symbolisen-, mikro- ja makrotason. Kokeellisen työskentelyn avulla tämä on mahdollista (Gabel, 1999). Aineen hiukkasluonnetta on mahdollista korostaa kokeellisen työn yhteydessä esimerkiksi piirtämällä kuva tutkittavasta ilmiöstä.

Dominin (1999) mukaan neljää eri kokeellisuuden muotoa käytetään opetuksessa. Ensimmäinen on perinteinen, keittokirjamainen kokeellisuus. Oppilaat suorittavat kokeellisen työn tarkasti annetun ohjeen mukaisesti. Aikaa kokeellisen työn suorittamiseen käytetään vähän ja syvempää oppimista

kokeellisuuden aikana ei tapahdu. Tämä kokeellisuuden muoto on eniten kritisoitu tapa harjoittaa kokeellisuutta.

Toinen kokeellisuuden muoto on tutkimustyyppinen kokeellisuus. Oppilaille esitetään tutkittava aihe ja he joutuvat itse, tiedemiehen tavoin, tutkimaan annettua ongelmaa. Kolmas kokeellisuuden muoto ohjaa löytämiseen. Oppilas ohjataan kokeellisuuden avulla, johtopäätöksiä tekemällä, löytämään haluttu ilmiö. Neljäs kokeellisuuden muoto on ongelmalähtöinen kokeellisuus. Oppilaat ohjataan tietämiensä asioiden ja käsitteiden avulla ratkaisemaan jokin heille tuntematon asia.

Kokeelliset työt voivat olla suljettuja tai avoimia. Avoimuutta voidaan lisätä antamalla oppilaalle mahdollisuus aloitteellisuuteen, ideointiin, päätöksentekoon, vastuun ottamiseen, pitkäjänteiseen omaehtoiseen toimintaan, itsearviointiin jne. Kokeellisen työskentelyn avoimuudella on merkitystä oppilaan monipuolisessa kehittämisessä. (Meisalo & Lavonen, 2004b)

Kokeellisuuden avulla oppiminen ei ole aina yksioikoista. Saari (1999) toteaa, että on varsin eri asia tehdä kokeita tutkimustyössä ja kehittää näin tiedettä, kuin tehdä laboratoriokokeita ja yrittää oppia tiedettä niiden avulla. Vaarana on, että kokeellisuuden avulla opiskelu muuttuu laboratoriossa häääämiseksi. Saaren (1999) mukaan pinnallinen, reseptinomainen kokeellinen työskentely saattaa jopa ehkäistä oppimista. Keittokirjamainen, reseptinomainen työskentely ei kehitä oppilaiden luonnontieteellistä ajattelua (Lavonen & Meisalo, 2004b). Kokeellisuus ei aina johda aktiiviseen tiedon käsittelyyn ja oppilaan omakohtaiseen tiedon konstruointiin (Lavonen & Meisalo, 2004b)

Luonnontieteiden lait ovat kehittyneet pitkän ajan kuluessa. Ei voida olettaa, että oppilaat omaksuisivat demonstraation tai oppilastyön tarjoaman tiedon tutkitusta ilmiöstä ilman opettajan apua. Opettajaa tarvitaan kokeellisuudessa oppilaiden ajattelun suuntaamiseen (Lavonen & Meisalo 2004b). Wellingtonin (1998) mielestä teoriaa ei voi opettaa oppilaille pelkän kokeellisuuden avulla.

Kokeellisuuden avulla oppilaat voivat havainnoida miten jokin reaktio tapahtuu, mutta kokeellinen työ ei anna vastausta siihen, miksi tuo reaktio tapahtuu. Millar (2004) korostaa, että kokeesta saadut tulokset ja havainnot eivät anna suoraan selitystä ilmiölle. Esimerkiksi veden elektrolyysissä muodostuvien kaasujen, vedyn ja hapen, suhde ei ole oppilaalle itsestäänselvyys. Usein oppilaat ajattelevat suurempien molekyylien vievän enemmän tilaa kuin pienempien molekyylien. Kaasujen moolitilavuus ei ole oppilaille itsestään selvyys (Gabel, 1999).

Kaasujen näkymättömyys tuo myös haastetta kaasujen kokeelliselle tutkimiselle. Esimerkiksi oppilaiden käsitys siitä, että aine häviää, kun se haihtuu, on ymmärrettävä. Ilman ilmiön tarkempaa pohtimista oppilaalle voi jäädä kuva, että aine häviää kiehuessaan. Varsinainen oppiminen kokeellisuuden avulla tapahtuu keskusteltaessa muiden oppilaiden ja opettajan kanssa havaitusta ilmiöstä ja saaduista tuloksista (Millar, 2004). Opettajan tehtävä kokeellisuudessa on luoda yhteys havainnon ja sen ajattelemisen välille (Millar, 2004).

Yksi syy, miksi oppilaat kokevat kemian vaikeaksi on juuri kokeellisuus. Kokeellisessa työssä oppilaat tarkastelevat ilmiötä makroskooppisella tasolla, mutta heidän oletetaan tulkitsevan tulokset mikroskooppisella tasolla (Johnstone, 1991). Ei ole itsestään selvää, että esimerkiksi alkoholin palamista tarkkailtuaan, oppilaat ymmärtäisivät opettajan taululle kirjoittaman alkoholin palamista kuvaavan reaktioyhtälön.

Kemian vaikeutta lisäävät vieraat reagenssit (Gabel, 1999). Kemian opetuksessa tulee käyttää hyväksi arkielämän tilanteita, joita lähestytään kokeellisesti, havainnoiden (Koivisto, 2003). Jokapäiväiseen elämään liittyvien asioiden ja ilmiöiden kautta kemian opiskelusta tulee oppilaalle omakohtaisempaa. Omakohtaisten asioiden opiskelu on oppilaalle mielekkäämpää ja helpompaa kuin täysin vieraalta tuntuvien asioiden opiskelu.

Kokeellisuuden tulisi olla osa jäsenneltyä kokonaisuutta ja sen tulisi olla oppilaita innostava tekijä. Kokeelliset työt tulisi valita siten, että niiden

avoimuus, sisältö ja menetelmät vaihtelevat. Kokeellisten töiden tulisi aina olla hyvin suunniteltuja. Ohjeiden ja töiden tulisi antaa oppilaalle mahdollisuus aloitteellisuuteen ja vastuunottoon omasta työstään. Oppilaita tulisi myös ohjata oman työskentelyn ja tulosten arviointiin. (Lavonen & Meisalo, 2004b)

Kokeellisuuteen tulisi varata riittävästi aikaa, jotta siitä ei muodostuisi reseptinomaista laboratoriossa häärimistä. On parempi opettaa vähän asioita yksityiskohtaisemmin, kuin paljon asioita pinnallisesti (Hofstein, 2004). Kokeellisen työn tulisi olla tarpeeksi yksinkertainen, jotta sen oleellinen osa tulisi ilmi oppilaalle (Millar, 2004).

Tärkeitä oppimisessa on oppilaan oma tiedon käsittely ja jäsentäminen. Oppiminen tapahtuu oppilaan päässä, jossa jo siellä oleva informaatio liitetään opittuun uuteen asiaan. Kokeellisessa työssä on tärkeää, että oppilas itse joutuu ajattelemaan tutkimaansa ilmiötä. Tärkeää on oppiminen, ei ulkoa opettelu.

5 Tutkimus

5.1 Tutkimusongelmat

Tutkimusongelmia oli kaksi. Ensimmäinen tutkimusongelma käsitti kaasuihin liittyvän kemian esiintymisen oppikirjoissa ja oppikirjojen kokeellisissa työohjeissa. Ensimmäinen tutkimusongelma jakaantui neljään alaongelmaan:

1 Miten oppimateriaaleissa käsitellään kaasuja?

1.1 Millaisissa yhteyksissä kaasut mainitaan oppikirjoissa?

1.2 Miten kaasuja ja kaasuihin liittyvää kemiaa käsitellään oppikirjoissa?

1.3 Millaisia kaasujen kemiaan liittyviä kokeellisia töitä oppikirjoissa esiintyy?

1.4 Miten kaasuja ja kaasuihin liittyvää kemiaa käsitellään kokeellisissa työohjeissa?

Toinen tutkimusongelma käsitti uusien kokeellisten töiden kehittämisen kaasujen oppimisen tueksi. Toinen tutkimusongelma oli seuraava:

2 Miten kokeellisuuden avulla voidaan tukea kaasujen kemian oppimista?

5.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus oli kehittämistutkimus. Tutkimus koostui kahdesta osasta. Tutkimuksen ensimmäinen osa oli oppikirjojen sisältöanalyysi ja olemassa olevan materiaalin kartoitus. Tutkimuksen toinen osa oli uusien kokeellisten töiden kehittäminen kaasujen kemian oppimisen tueksi.

Tutkimuksen ensimmäisen osan tavoitteena oli saada kuva nykyisistä käytössä olevista oppimateriaaleista. Oppikirjoista tutkittiin sekä teoria osuus että kokeellinen osuus. Tarkoituksena ei ollut vertailla olemassa olevia oppimateriaaleja, vaan saada käsitys siitä, miten ja missä yhteyksissä kaasut esiintyvät eri oppimateriaaleissa. Tästä syystä kirjojen nimiä ei ole mainittu tutkimuksen kohdalla. Lisäksi tutkimusosuuteen on pyritty saamaan selkeyttä käyttämällä merkintöjä kirjojen nimien sijaan.

Tutkittavista oppikirjoista yksi kirjasarja oli yhtä kirjaa lukuun ottamatta uuden opetussuunnitelman mukainen. Syy vanhemman kirjan mukaan ottamiseen oli, että kirjasarja on uusittu ja kolmannen kurssin kirjaa ei ole ilmestynyt uuteen kirjasarjaan. Muut tutkitut oppikirjat olivat vanhan opetussuunnitelma mukaisia. Vertailun vuoksi tutkittiin myös yksi vanhempi oppimateriaali. Valintaperuste oppikirjoille oli niiden saatavuus.

Tutkittavat vanhan opetussuunnitelman mukaiset oppikirja-sarjat olivat: Aine ja Energia, Impulssi sekä vanhempi kirjasarja Ydin. Pääosin uuden opetussuunnitelman mukainen kirjasarja oli Avain. Kirjoja kuvataan seuraavasti: Eri kirjasarjoja kuvaavat kirjaimet A, B, C ja D. Tekstikirjojen ja työkirjojen merkinnät on eroteltu toisistaan. Eri kurssien tekstikirjat ovat merkitty kunkin kirjasarjan kohdalla pienellä kirjaimella esimerkiksi Ba ja Bb. Työkirjat ovat merkitty vastaavasti numeroin, esimerkiksi A1, A2 ja A3. Kirjallisuusluettelosta löytyy merkintöjä vastaavat oppikirjat.

Tutkimuksen toinen osuus oli kehittämisosuus. Sen tavoitteena oli kehittää kokeellisia töitä kaasujen oppimisen tueksi.

6. Tulokset

Kemian oppikirjoista löytyi paljon kaasuihin liittyviä asioita. Tämä ei ollut yllättävää, sillä kaasut ovat hyvin keskeinen käsite kemiassa ja liittyvät hyvin moneen ilmiöön. Oppikirjoissa tarkastellaan kaasuihin liittyviä asioita eri asioiden yhteydessä oppikirjasta riippuen.

Oppikirjoissa asioiden käsittelyjärjestys vaihtelee. Eri kirjasarjoissa eri kurssit sisältävät hieman eri asioita, riippuen mm. kirjan tekemishetkellä voimassa olevasta opetussuunnitelmasta. Usein kirjat myös palaavat ja syventävät jo esitettyjä asioita seuraavissa kursseissa. Lisäksi esitetty asia saattaa liittyä useaan eri aiheeseen, esimerkiksi metallien palamisesta kerrotaan sekä metallien reaktioita että yleensä palamista käsittelevissä kappaleissa.

Edellä mainituista syistä kaasuihin liittyviä asioita ei ole tutkittu kurssikohtaisesti, vaan on pyritty saamaan kokonaiskuva siitä millaisia kaasuihin liittyviä asioita oppikirjoissa esiintyy ja miten kaasuihin liittyvää kemiaa on oppikirjoissa esitetty. Asian laajuuden ja monimuotoisuuden vuoksi ei ole ollut mahdollista, eikä mielekäästä tutkia asiaa kovin yksityiskohtaisesti. Tutkimuksessa on pyritty tuomaan esille oleelliset ja keskeiset kaasuihin liittyvät asiat, jotka esiintyvät oppikirjoissa.

6.1 Kaasujen kemiaa oppikirjoissa

Kaasu aineen olomuotona

Kaasu mainitaan yhtenä aineen olomuotona kaikissa tutkituissa ensimmäisen kurssin oppikirjoissa, yhtä kirjaa lukuun ottamatta. Kirjassa Da käsitellään kaasua aineen olomuotona monipuolisemmin uudempiin kirjasarjoihin verrattuna. Seuraavassa taulukossa 6.1.1 on esitetty, miten eri olomuodot on oppikirjoissa mainittu ja miten kaasua yhtenä aineen olomuotona oppikirjoissa käsitelty.

Taulukko 6.1.1 Kaasu aineen olomuotona oppikirjoissa.

Kirja	Miten olomuodot mainitaan	Miten käsitellään kaasua olomuotona
Aa	"Aineet esiintyvät eri olomuodoissa: kiinteänä, nesteenä tai kaasuna." (s. 15)	"Myös kaasut ovat aineita." (s. 14)
Ba	"Puhtailla aineilla on kolme olomuotoa: kiinteä aine, neste ja kaasu." (s. 22)	Esimerkki aineena rauta: "Kaasumaistakin rautaa voitaisiin tehdä kuumentamalla sulaa rautaa edelleen." (s. 22)
Da	"Eri olosuhteissa sama aine voi esiintyä eri olomuodoissa. ... Aineen olomuodot ovat kiinteä, neste ja kaasu." (s. 20)	"Tehtaan piipusta tupruavat palamiskaasut leviävät kaikkialle. Ilmapallossa kaasu on puristettu pieneen tilaan." (s. 21) "Kaasulla ei ole omaa muotoa, vaan se leviää käytettävissä olevaan tilaan." (s. 21)

Kaasumaisessa olomuodossa aine esiintyy yleensä kaksiatomisena molekyylillä. Kirjassa Ba kerrotaan: ”Kaasumaisessa olomuodossa olevilla atomeilla on tapana muodostaa kahdenatomin molekyylejä.” Kirjassa esitetään myös pallomallit edellä mainituista molekyyleistä. Sama kirja esittää kuvassa aineen eri olomuotoja laatikoissa. Kuvatekstissä mainitaan kaasuhiukkasten törmäilevän jatkuvasti toisiinsa ja laatikon seinämiin. Kirjassa Db kerrotaan, että typpi, happi ja vety eivät leijaile ilmassa yksin, vaan molekyyleinä.

Kaasut atomeina ja alkuaineina

Atomia ja alkuainetta käsiteltäessä mainitaan useita kaasuja. Esimerkkiatomeina atomin rakenteesta käytetään yleensä vetyatomia mutta sen olomuotoon ei tässä yhteydessä kiinnitetä huomiota. Myös muita esimerkkiatomeja käytetään. Alkuaineista mainitaan usein happi ja typpi. Useissa kirjoissa näiden esimerkkiaineiden olomuoto normaaliolosuhteissa mainitaan. Taulukossa 6.1.2 on esitetty oppikirjoissa atomin ja alkuaineen yhteydessä esiintyviä kaasuja.

Taulukko 6.1.2 Atomin ja alkuaineen yhteydessä mainittuja kaasuja

Kirja	Mainitut kaasut	Missä yhteydessä kaasut on mainittu	Miten kaasumaisuus on huomioitu
Aa	happi, vety, typpi helium	atomi alkuaine, jaksollinen järjestelmä	”Esimerkiksi happi-, vety- ja typpikaasu ovat kaksiatomisia molekyylejä.” (s. 37) ”Helium on väritön ja mauton kaasu.” (s. 45)
Ba	vety, happi, typpi	alkuaine	”Epämetalleista useat ovat huoneenlämpötilassa kaasuja, kuten vety, happi ja typpi.” (s. 39) ”Erityisesti kaasumaisessa olomuodossa ... Esimerkiksi ilmassa olevat happi O ₂ , typpi N ₂ ja vety esiintyvät tavallisesti kaksiatomisina molekyyleinä.” (s. 41)
Bb	vety, happi, kloori, helium	atomi, jaksollinen järjestelmä	Ei mainittu kaasumaisuutta.
Ca	happi, typpi, vety, kloori	atomi alkuaine	”Monet epämetallit ovat tavallisissa olosuhteissa kaasuja, kuten happi ja typpi.”(s. 37) ”... vetymolekyylillä muodostuu aina kahdesta vetyatomista. ... H ₂ ” (s.39)

Cb	vety, helium, fluori, happi kloori, typpi, jalokaasut	atomi alkuaine, jaksollinen järjestelmä	Ei mainittu kaasumaisuutta. ”Muut epämetallit, kuten happi, typpi, kloori ja fluori ovat kaasuja.” (s. 48)
Da	vety typpi, happi, kloori	atomi alkuaine	Ei mainittu kaasumaisuutta ”Happi, typpi, vety ja kloori ovat epämetalleja, jotka huoneenlämpötilassa ovat kaasuja.” (s. 36)
Db	kloori, vety, helium	atomi, jaksollinen järjestelmä	Ei mainittu kaasumaisuutta

Kaasu puhtaana aineena, yhdisteenä ja seoksena

Puhtaan aineen yhdeksi tuntomerkiksi mainitaan kirjoissa kiehumispiste (Ba, Ca, Cb). Kirjassa Bb mainitaan myös metallien korkea kiehumispiste. Kiehumista ei käsitellä atomitasolla oppikirjoissa.

Kaikissa kirjoissa mainitaan kaasuihin liittyvät seokset: savu, vaahto ja sumu. Savu on kiinteän aineen ja kaasun muodostama seos. Vaahto muodostuu nesteessä olevista kaasukuplista. Sumu on nestepisaroita kaasussa. Liuoksista kerrottaessa mainitaan kaasujen muodostama homogeeninen seos, kuten ilma (Ba), sekä nesteen ja nesteeseen liuenneen kaasun muodostama liuos (Aa, Ba, Da,). Esimerkkinä jälkimmäisestä mainitaan useassa kirjassa virvoitusjuomat (Aa, Ba, Da).

Kirjassa Ca käsitellään tarkemmin kaasujen liukenemista kuin muissa tutkituissa kirjoissa: ”Kaasut liukenevat yleensä pieninä kuplina tarttuen vesimolekyylien pintaan.” Sama kirja mainitsee lämpötilan ja paineen vaikutuksen kaasujen liukenemiseen veteen. Kirjassa on taulukoituna joidenkin kaasujen liukoisuus veteen. Lisäksi mainitaan että, veden kanssa reagoivat kaasut liukenevat siihen parhaiten.

Erotusmenetelmät liittyvät myös kaasuihin. Eri aineiden erottamisessa mainitaan tärkeäksi erotettavien aineiden kiehumispisteet. Kaasut liittyvät erotusmenetelmistä haihduttamiseen ja tislamiseen. Esimerkkeinä haihduttamisesta mainittiin pyykin ja tukan kuivuminen (Aa) sekä suolan valmistus merivedestä (Ba, Da). Esimerkkeinä tislauksesta mainittiin muun

muassa raakaöljyn tislauk (Ba, Ca, Da), ilman tislauk (Ca) sekä tislatus veden valmistaminen (Ca). Kirjoissa Ba ja Ca käsitellään erikseen myös jakotislauk ja puhdistustislauk. Muita kirjoissa mainittuja kaasuihin liittyviä erotusmenetelmiä ovat huoneilman suodatus (Ca), puun kuivatus (Bc, Cb) sekä kaasukromatografia (Aa, Ba). Taulukoissa 6.1.3 ja 6.1.4 on esitetty haihdutus ja tislauk oppikirjoissa.

Taulukko 6.1.3 Haihdutus oppikirjoissa.

Kirja	Kirjan määritelmä	Muuta huomioitavaa
Aa	"Haihdutuksella saadaan nesteeseen liennut kiinteä aine erilleen, kun liutin haihtuu pois." (s. 27)	Ei mainittu kaasumaista olomuotoa.
Ba	"Liennut kiinteä aine erotetaan haihduttamalla." (s. 33)	Esimerkissä mainittu kaasumainen olomuoto, vesihöyry
Ca	"Nesteeseen liennut kiinteä aine voidaan erottaa haihduttamalla, jolloin neste karkaa." (s. 102)	Ei mainittu kaasumaista olomuotoa.
Da	"Erotusmenetelmä, jossa seoksesta haihdutetaan neste pois, niin että jäljelle jää kiinteää ainetta, on nimeltään haihdutus." (s. 27)	Ei mainittu kaasumaista olomuotoa. "Haihdutuksessa neste pääsee karkuun." (s. 27)

Taulukko 6.1.4 Tislauk oppikirjoissa.

Kirja	Kirjan määritelmä	Muuta huomioitavaa
Aa	"Tislauksella erotetaan seoksen aineita toisistaan sen perusteella, kuinka helposti aineet muuttuvat kaasumaisiksi." (s. 28)	Kerrottu tarkasti eri olomuodon muutokset tislauksen eri vaiheissa. Mainittu aineiden eri kiehumispisteet.
Ba	"Neste, johon on liennut muita aineita, saadaan erotetuksi tislamalla." (s. 32)	
Ca	"Neste höyrystetään ja sen jälkeen tiivistetään." (s. 102)	
Da	"Tislamalla voidaan erottaa neste ja siihen liennut kiinteä aine toisistaan." (s. 27)	Mainitaan myös kahden eri nesteen erottaminen toisistaan.

Kirjassa Ca käsiteltiin kaasun muodostumista kemiallisessa reaktiossa: "Kaasua voi muodostua reaktiossa, se huomataan kuplina ja porisemisena, myös hajuna." Muissa kirjoissa ei mainittu, miten kaasun muodostumisen voi

havaita kemiallisessa reaktiossa. Kirjassa Ba kerrottiin paineen kasvattamisen kaasuilla lisäävän reaktionopeutta.

Kaasut ilmakehässä

Ilmakehään liittyy useita keskeisiä asioita. Näitä ovat muun muassa ilman koostumus, ilmakehän koostumus, eri aineiden kiertokulut luonnossa, otsonikerros, kasvihuoneilmiö sekä ilman kaasujen kemia. Eri kirjoissa ilmakehää käsitellään hieman eri yhteyksissä. Joissain kirjoissa on oma kappaleensa ilmakehästä, kun taas toisessa kirjassa saattaa olla ilmakehästä kerrottu jonkin ilmakehän kaasun, esimerkiksi hapen, yhteydessä.

Kirjassa Aa on oma kappaleensa ilmakehästä ja sen kaasuista. Lisäksi kirjassa on kappale vedestä, jossa kerrotaan veden kiertokulusta luonnossa. Kirjassa esitetään veden kiertokulku luonnossa, vesistöistä haihtuminen ja ilmakehässä tiivistyminen sekä sataminen. Aiheesta on lisäksi selkeä kuva oppikirjassa. Kirjassa on myös kappale ilmakehän ympäristöongelmista.

Kirjassa Ba ilmakehästä kerrotaan sekä hapen että ympäristöön liittyvien asioiden yhteydessä. Kirjassa on myös vedestä oma kappaleensa, jossa kerrotaan veden kiertokulusta luonnossa. Kirjassa Bc kerrotaan kasvihuoneilmiön voimistumisesta ilman hiilidioksidipitoisuuden kasvun yhteydessä.

Kirjoissa Ca ja Cb ilmakehään liittyvät asiat on kerrottu hapen yhteydessä, mutta myös kemiallisen reaktion yhteydessä. Kirjassa Cb ilmakehään liittyvistä asioista on kerrottu lisäksi epämetallien yhteydessä. Kirjassa Da kerrotaan jonkun verran hapen yhteydessä ilmakehästä. Kirjassa Db on oma kappale ilmasta ja ilmakehästä. Lisäksi kirjassa on lukemisto, jossa kerrotaan kasvihuoneilmiöstä, otsonista, ilman saasteista sekä pakokaasuista omissa kappaleissaan. Taulukossa 6.1.5 esitetään ilmaan ja ilmakehään liittyviä oppikirjoissa esiintyviä asioita.

Taulukko 6.1.5 Ilma ja ilmakehä oppikirjoissa.

Kirja	Ilmaan liittyviä asioita oppikirjoissa	Ilmakehän kemiaan liittyviä asioita oppikirjoissa
Aa	- Ilman koostumus - Hapen kemiaa - Typen kemiaa - Saasteet ja päästöt - Kasvihuonekaasut	- Paksuus on yli 500 km - Suojaa maapalloa - Ilmakehä on jatkuvassa muutoksessa - Otsonikerros, otsonikato - Typen, hapen ja veden kierrot - Kasvihuoneilmiö
Ba	- Ilman koostumus - Hapen kemiaa - Saasteet - Ilman kosteus	- Typen, hapen ja veden kierrot - Otsonikerros - Ilmakehä on maapallon kokoon verrattuna hyvin ohut - Ilma ohenee, mitä ylemmäs maapallon pinnalta mennään - Ilmanpaine - Ilmakehä suojelee säteilyltä - Ilmakehän koostumus muuttuu hitaasti - Kasvihuoneilmiö
Ca	- Ilmakehässä on happea n. 21 % - Saasteet - Hapen kemiaa	- Hapen kierto - Otsonikerros, otsonikato
Cb	Ilmakehässä on typpeä n. 78 %	Kasvihuoneilmiö
Da	Ilmassa on happea 21 %	
Db	- Puhtaassa, kuivan ilman koostumus - Muuttuu nesteeksi alle -190°C:ssa - Saasteet, pakokaasut, päästöt - Otsoni - Kasvihuonekaasut	- Ilmakehä on maapalloa ympäröivä kaasukerros - Ilma ohenee ylöspäin mentäessä ja loppuu n. 1000 km:n korkeudessa - Ilmakehän kerrokset - Kasvihuoneilmiö - Otsonikerros, otsonikato

Kirjassa Db kerrotaan, että ilmakehän kaasuja, esimerkiksi happi ja hiilidioksidi, liukenee veteen. Liukenemisen kerrotaan johtuvan lämpötilasta ja siitä, kuinka paljon kaasua on ilmassa. Meren kerrotaan olevan ilmastomuutoksen tasoittaja. Kirjassa Aa kerrotaan että sadevesi on aina vähän hapanta, mikä johtuu veteen liuenneesta hiilidioksidista. Virvoitusjuoma mainitaan myös.

Veteen liuenneet rikin ja typen oksidit aiheuttavat myös happamoitumista (Aa, Cb).

Kasvihuoneilmiöstä sekä ilmakehän lämpötilan hitaasta kohoamisesta kerrotaan useassa oppikirjassa. Yleisesti kasvihuoneilmiöstä kerrotaan, että se on luonnollinen ilmiö, mutta sen voimistuminen on huomattava ympäristöuhka. Oppikirjoissa esiintyviä kasvihuoneilmiöön vaikuttavia kaasuja ovat vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, freonit, dityppioksidi ja otsoni. Taulukossa 6.1.6 esitetään kasvihuoneilmiöön liittyviä asioita oppikirjoissa.

Taulukko 6.1.6 Kasvihuoneilmiö oppikirjoissa

Kirja	Mikä kasvihuoneilmiö on?	Vaikuttavat tekijät
Aa	- Ilmakehä estää lämpösäteilyn karkaamisen avaruuteen, tätä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi - Luonnollinen ilmiö, joka mahdollistaa elämän maapallolla	- Kasvihuonekaasut - Päästöt - Fossiiliset polttoaineet - Metaani - Ilmakehän pienhiukkaset - Kasvihuonekaasut
Bb	- Ilmakehän jatkuva, hidas lämpeneminen - Kasvihuonekaasut estävät lämpösäteilyn pääsyn takaisin avaruuteen	
Cb	Maapallon pintakerroksen pysyvää lämpenemistä sanotaan kasvihuoneilmiöksi	Hiilidioksidin lisääntyminen ilmakehässä
Db	- Maapallo on maailman suurin kasvihuone - Ilmakehä lämpenee, kun kasvihuonekaasut heijastavat lämpösäteilyn takaisin maanpinnalle	- Kasvihuonekaasut - Fossiiliset polttoaineet - Metsien väheneminen - Metaani

Kirjassa Aa ja Bc kerrotaan hiilen kierrosta. Kirjoissa kerrotaan, että, hiilidioksidia pääsee ilmakehään polttoaineiden polton, kuolleen orgaanisen aineen hajoamisen ja hengittämisen yhteydessä. Hiilidioksidia liukenee mereen ilmasta. Hiilidioksidi on tärkeä yhteyttämisessä. Hiilen yhdisteiden palamisessa muodostuu hiilidioksidia ja vettä.

Fotosynteesiä käsitellään kirjoissa eri yhteyksissä ja eri laajuudessa kirjasarjasta ja kirjasta riippuen. Fotosynteesi esiintyy usein kirjasarjan

jokaisessa tutkitussa kirjassa eri laajuudessa. Esimerkiksi kirjasarjassa B sitä käsitellään kirjoissa Ba ja Bb, mutta kirjassa Bb se on esitetty vain esimerkkinä kemiallisesta reaktiosta. Fotosynteesin käänteisestä reaktiosta, soluhengityksestä, kerrotaan kaikissa tutkituissa kirjasarjoissa. Usein fotosynteesin ja soluhengityksen esittämiseen liittyy reaktioyhtälö. Reaktiota kuvataan myös molekyylin kuvilla ja sanallisesti. Taulukkoon 6.1.7 on koottu niiden kirjasarjojen kirjojen määritelmät, joissa fotosynteesiä on käsitelty eniten. Taulukko 6.1.7 Fotosynteesi oppikirjoissa.

Kirja	Määritelmä	Pääkohdat
Aa	"Yhteyttämisessä sokeria, tärkkelystä ja selluloosaa muodostuu vihreissä kasveissa hiilidioksidista ja vedestä Auringon energian avulla." (s. 170)	- Yhteyttämisreaktiossa syntyy happea - Reaktioyhtälö esitetty kaavoin ja molekyylin kuvin - Esitetty kuvana yhteyttäminen ja soluhengitys
Ba	"Yhteyttämisessä vedestä H_2O ja hiilidioksidista CO_2 muodostuu aurinkoenergian avulla sokeria $C_6H_{12}O_6$ ja happea O_2 ." (s. 70)	- Happi on luonnossa jatkuvassa kiertokulussa - Viherkasvit tuottavat lisää happea palamisreaktioissa kuluneen hapen tilalle - Reaktio vaatii energiaa, joka varastoituu kasveihin ja vapautuu palamisen yhteydessä - Esitetty reaktioyhtälö sanallisesti ja kaavoin
Ca	"Juurten ottama vesi ja ilman sisältämä hiilidioksidi reagoivat kasvin viherhiukkasissa auringonvalossa tuottaen sokeria. Samalla vapautuu happea."	- Yhteyttäminen sitoo hiilidioksidia - Kasvien hengitys vapauttaa hiilidioksidia - Reaktioyhtälö sanoin (reaktioyhtälö kaavoin kirjassa Cb) - Yhteyttäminen esitetty myös kuvana
Db	"Kasvit ottavat maasta vettä ja ilmasta hiilidioksidia. Näistä aineista ne valmistavat yksinkertaisia sokereita. ... Energian kasvit saavat auringon säteilystä." (s. 140)	- Tapahtuu kasvin vihreissä osissa - Yksinkertaisista sokereista kasvit valmistavat yhdistettyjä sokereita

Palaminen

Palamista käsitellään kaikissa ensimmäisen kurssin oppikirjoissa omana kappaleenaan. Paloturvallisuutta käsitellään myös. Palamista käsitellään edellä mainittujen asioiden lisäksi kemiallisen reaktion, reaktionopeuden sekä hiilenyhdisteiden ja metallien kemian yhteydessä.

Palaminen määritellään kaikissa tutkituissa kirjoissa reaktiona, jossa palava aine reagoi hapen kanssa. Useassa tutkitussa oppikirjassa (Aa, Ba, Ca, Da, Cb) palamistuotteiden kerrotaan olevan oksideita. Esimerkkeinä mainitaan mm. hiilen oksidit, magnesiumoksidi, typen - ja rikin oksidit sekä vesi. Kirjoissa kerrotaan palamisen olevan nopeaa (liekillistä), kuten puun palaminen tai hidasta (liekitöntä), kuten puun lahoaminen ja raudan ruostuminen sekä aineenvaihdunta.

Liekillistä palamista kuvaillaan kolmessa kirjassa (Aa, Bc, Ca) tarkemmin kuin muissa kirjoissa. Kirjoissa Aa ja Bc kerrotaan lämpötilan nousun aiheuttavan kiinteän aineen kaasuuntumisen ja edelleen palamisen. Kirjassa Ca kerrotaan liekestä näkyvän valon johtuvan palokaasujen hehkumisesta ja syyksi takkatulen räiskymiseen on palamiskaasujen paineen muutokset.

Taulukossa 6.1.8 esitetään oppikirjoissa esiintyvät määritelmät palamiselle. Taulukossa esitetään myös palamiseen liittyviä keskeisiä oppikirjoissa esiintyviä asioita. Palamista käsitellään oppikirjoissa hyvin samalla tavalla.

Taulukko 6.1.8 Palaminen oppikirjoissa

Kirja	Määritelmä	Palamiseen liittyviä keskeisiä asioita
Aa	"Palaminen on kemiallinen reaktio, jossa aine reagoi hapen kanssa muodostaen palamistuotteen, jota sanotaan oksidiksi. Reaktiossa vapautuva energia havaitaan lämpönä ja valona." (s. 63)	• Palamisen edellytykset • Syttymispiste, leimahduspiste • Eri aineiden palaminen • Hidas (liekitön) ja nopea (liekillinen) palaminen • Palamistuotteet • Liekin väri kertoo lämpötilan • Paloturvallisuus
Ba	"Palaminen on kemiallinen reaktio, jossa palava aine reagoi hapen kanssa." (s. 62)	• Palamistuotteet oksideita • Energianmuutosreaktio, jossa vapautuu lämpöä ja valoa • Syttymispiste, leimahduspiste • Liekillisen palamisen edellytykset • Hidas palaminen • Paloturvallisuus

Ca	"Palaminen on tavallisesti palavan aineen ja ilmassa olevan hapen välinen reaktio." (s. 24)	• Syttymispiste, leimahduspiste • Liekin väri kertoo lämpötilan • Palamisen ehdot • Hidas palaminen • Palamistuotteet oksideita • Haitallisten aineiden muodostuminen
Da	"Aineen yhtymistä happeen sanotaan palamiseksi." (s. 42)	• Liekillinen ja liekitön palaminen • Palamistuotteet oksideita • Paloturvallisuus

Historiallinen näkökulma palamiseen esiintyy ainoastaan yhdessä oppikirjassa. Kirjassa Db kerrotaan kirjan takana olevassa lukemistossa tuliaineesta eli flogistonista.

Hiilivetyjen, alkoholien muovien ja metallien kemian yhteydessä käsitellään näiden aineiden palamista. Hiiliyhdisteiden palamistuotteita kerrotaan olevan hiilidioksidi tai hiilimonoksidi ja vesi. Hiilen palamistuotteita ovat hiilidioksidi ja hiilimonoksidi. Metallien palamistuotteita ovat metallioksidit. Palamisreaktioita kuvataan usein reaktioyhtälöiden avulla.

Eri kaasut

Kolmessa oppikirjassa (Ba, Ca, Da) kerrotaan hapesta omassa kappaleessa. Kirjassa Aa happi esiintyy Ilmakehän kaasut - kappaleessa. Hapen valmistusmenetelminä mainitaan ilmasta tislaminen sekä valmistus vetyperoksidia hajottamalla. Käyttökohteina mainitaan happilaitteet, polttomoottorit, hitsaus ja teräksen valmistus. Hapen kolmiatomisesta muodosta, otsonista, sen esiintymisestä sekä merkityksestä luonnolle kerrotaan useassa kirjassa (Aa, Ba, Ca, Da). Otsonin käyttökohteista mainitaan desinfiointi ja juomavedenpuhdistus. Hapeta ja otsonia käsitellään kirjoissa hyvin samalla tavalla. Taulukossa 6.1.9 on esitetty, mitä oppikirjoissa kerrotaan hapesta ja otsonista.

Taulukko 6.1.9 Happi ja otsoni oppikirjoissa.

Kirja	Happi oppikirjoissa	Otsoni oppikirjoissa
-------	---------------------	----------------------

Aa	• Merkitys elämälle • Valmistus ilmasta tislamalla tai vetyperoksidista • Sulamispiste -218,4°C, kiehumispiste -183,0°C • 50 % maapallon massasta on happea	• Otsonimolekyylissä on kolme happiatomia • Suodattaa UV-säteilyä • Otsonikerros välttämätön elämälle • Klooria ja fluoria sisältävät yhdisteet aiheuttavat otsonikatoa
Ba	• Ilmakehässä alkuaineena olevaa happea • Merkitys elämälle • Hapen kiertokulku; fotosynteesi ja palaminen • Vesistöjen happikato • Maapallon yleisin alkuaine, pääosin yhdisteinä, alkuaineena ilmassa ja veteen liuenneena, O₂ -molekyyleinä • Valmistus • Käyttökohteita	• Otsonimolekyylissä on kolme happiatomia • Suodattaa UV-säteilyä • Otsonikerros välttämätön elämälle • Klooria ja fluoria sisältävät yhdisteet aiheuttavat otsonikatoa • Haitallista ilmakehän alaosissa • Myrkyllinen • Käyttökohteita • Hajoaa helposti happimolekyyleiksi • Savusumu, liikenteen päästöt
Ca Cb	• Ilmassa happea, O₂, n. 21% • Merkitys elämälle • Vihreät kasvit tuottavat happea • Veteen liuenneena ja vesimolekyyleissä • Happikato • Käyttökohteita • Valmistus	• Otsonimolekyylissä on kolme happiatomia • Suodattaa UV-säteilyä • Otsonikerros välttämätön elämälle • Klooria ja fluoria sisältävät yhdisteet aiheuttavat otsonikatoa • Käyttökohteita

Da Db	• Maapallon yleisin alkuaine, n. puolet maapallon massasta on happea • Yhdisteet, alkuaine • Vedessä on happea n. 89%, ilmassa 21% • Hajuton, väritön, ilmaa painavampi kaasu • Valmistus	• Otsonimolekyylissä on kolme happiatomia • Suodattaa UV-säteilyä • Voimakkaan, pistävän hajuinen, väritön kaasu • Herkästi räjähtävä, syövyttävä, myrkyllinen • Hajoaa helposti O₂:ksi ja O:ksi • Käyttökohteita • Valmistetaan hapesta (O₂) teollisuudessa • Otsonia muodostuu ilmakehään UV-säteilyn ja salamoinnin vaikutuksesta
----------	---	---

Hapen lisäksi toinen tärkeä ilmakehän kaasu on typpi. Typen ominaisuuksista ei kerrota kaikissa tutkituissa oppikirjasarjoissa. Kahdessa kirjassa (Aa, Cb) kerrotaan alkuaine tyyppistä. Taulukkoon 6.1.9 on koottu tyypeen liittyviä, oppikirjoissa esiintyviä asioita.

Taulukko 6.1.10 Typpi oppikirjoissa

Kirja	Ominaisuuksia	Typpeen liittyviä asioita
Aa	Passiivinen kaasu	Typpiatomien välillä on luja sidos Typen pitoisuus ilmakehässä Typen merkitys kasveille ja eläimille Typen kiertäminen luonnossa
Cb	Passiivinen kaasu	Typen pitoisuus ilmassa Typpi on välttämätön kasveille

Typen oksideista kerrotaan kolmessa oppikirjassa. Typen oksideja kerrotaan syntyvän korkeassa paineessa, esimerkiksi polttomoottoreissa ja maakaasua poltettaessa, kun ilmassa oleva typpi reagoi ilman hapen kanssa (Aa, Db). Kirjassa Cb kerrotaan virheellisesti, että typenoksidit muodostuvat polttoaineen sisältämän typen palaessa. Kirjassa Db kerrotaan typenoksidien olevan myrkyllisiä kaasuja, jotka saastuttavat ilmaa, huonontavat keuhkojen toimintaa ja aiheuttavat happamoitumista.

Vedystä kerrotaan kirjassa Ba omana kappaleenaan, kirjassa Da se on liitetty veden kanssa Vety ja vesi - kappaleeseen. Kirjassa Aa vedystä kerrotaan Vesi - kappaleessa. Kirjassa Ca kerrotaan vedystä kemiallisen reaktion yhteydessä.

Kirjassa Ba kerrotaan vetyä olevan monissa yhdisteissä, kuten vedessä ja maaöljyssä. Veden kerrotaan koostuvan vedystä ja hapesta ja useassa tutkituissa kirjoissa (Aa, Ba, Bb, Ca, Da, Db). Lisäksi kerrotaan että vesi on vedyn palamistuote.

Useassa kirjassa kerrotaan, että vedyn reaktiivisuuden vuoksi vety on korvattu heliumilla esimerkiksi ilmapalloissa ja ilmalaivoissa (Ba, Bb, Ca, Da). Hindenburg- ilmalaivan onnettomuudesta kerrotaan kahdessa kirjassa (Ca, Da). Kirjassa Ba kerrotaan vedystä tulevaisuuden polttoaineena.

Vedyn yhtenä valmistusmenetelmänä esiteltiin kirjassa Ca ja Db veden hajottaminen sähkövirran avulla. Kirjassa Db kerrotaan että veden hajottamisessa sähkövirran avulla vetyä muodostuu kaksinkertainen määrä happeen verrattuna.

Metallien kemian yhteydessä kaasut mainitaan metallin ja hapon reaktiossa, missä muodostuu vetyä (Aa, Bb, Cb, Da ja Db). Kirjassa Bb kerrotaan, että vedyn muodostuminen havaitaan kuplimisena. Kirjassa Aa kerrotaan, että vedyn muodostuminen voidaan osoittaa.

Taulukko 6.1.11 Vety oppikirjoissa

Kirja	Ominaisuuksia	Keskeisiä asioita vedystä
Aa	Hajuton, väritön kaasu, sulamispiste -259,2 °C, kiehumispiste -252,8 °C	- Käyttökohteita: epäjalojen metallien valmistus, kasvirasvojen kovettaminen, öljyn puhdistaminen rikistä, rakettien polttoaine, kemian teollisuus - Maailmankaikkeuden yleisin alkuaine. - Palamistuote vesi - Tähdissä

Ba	Ilmaa kevyempää Reaktiivinen	• Käyttökohteita: ennen ilmalaivat, rakettimoottorien polttoaine, margariinien valmistus, eri kemikaalien raaka-aine • Kevein kaikista alkuaineista • Maailmankaikkeuden yleisin alkuaine. • Valmistetaan vedestä tai öljystä sekä hapoista metallien avulla • Tulevaisuuden polttoaine • Palamistuote vesi • Tähdissä • Koostuu vetymolekyyleistä
Ca	Väritön ja hajuton kaasu Reaktiivinen	• Käyttökohteita: Ennen ilmalaivat, rakettimoottorien polttoaine • Maailmankaikkeuden yleisin alkuaine. • Kevein kaikista aineista. • Hindenburg-ilmalaivan onnettomuus
Da	Väritön, hajuton, ilmaa kevyempi kaasu Reaktiivinen	• Käyttökohteita: Lannoitteiden ja margariinin valmistus, ennen ilmalaivat • Maailman kevein aine. • Pääasiassa yhdisteinä maapallolla • Valmistetaan öljystä tai vettä hajottamalla. • Energian lähde tulevaisuudessa • Hindenburg-ilmalaivan onnettomuus

Oppikirjoissa käsitellään jalokaasuja melko vähän. Pääasiassa jalokaasuista kerrotaan jaksollisen järjestelmän yhteydessä. Jalokaasujen kemialla käsiteltäessä oppikirjoissa kerrotaan niiden huonosta reaktiokyvystä sekä käyttökohteista. Kahdessa kirjassa kerrotaan, että jalokaasut eivät reagoi ollenkaan. Taulukossa 6.1.12 esitetään oppikirjoissa esiintyviä asioita jalokaasujen reaktiivisuudesta ja käyttötarkoituksista.

Taulukko 6.1.12 Jalokaasut oppikirjoissa

Kirja	Reaktiivisuus	Käyttötarkoituksia
Aa	Jalokaasuyhdisteitä on pystytty valmistamaan	hehkulamput, mainosvalot, ilmapallot, syvänmeren sukellus
Bb	Eivät reagoi muiden aineiden kanssa	
Cb	Eivät reagoi muiden aineiden kanssa	

Db	Eivät reagoi muiden aineiden kanssa juuri lainkaan	hehkulamput, mainosvalot, ilmapallot, syvänmeren sukellus
----	---	--

Hiilivetyjen yhteydessä mainitaan, että pienimolekyylisen hiilivedyt ovat kaasuja (Aa, Bc, Db). Kiehumispiste nousee hiilivetyjen pidentyessä (Cb). Hiilivedyt ovat hyviä polttoaineita (Cb, Bc, Db). Päästessään ilmakehään esimerkiksi polttoaineiden epätäydellisen palamisen yhteydessä, hiilivedyt aiheuttavat syöpää ja reagoivat ilman hapen kanssa muodostaen otsonia (Aa).

Taulukko 6.1.13 Hiilivedyt oppikirjoissa

Kirjat	Kaasu	Ko. kaasun kemiaa
Bc, Cb Aa Bc, Db	Metaani	- Väritön kaasu - Syntyy hapettomissa oloissa, eloperäisen jätteen hajotessa - Käytetään polttoaineena - Suo- ja maakaasussa - Suo- ja maakaasussa
Aa Cb		- Käytetään hitsauskaasuna - Etyynin ja ilman seos voi räjähtää pienestäkin kipinästä
Db Cb		- Käytetään muovien ja etikkahapon valmistuksessa - Kevyt, reaktiokykyinen kaasu
Cb Aa, Db Bc, Db Db Aa, Db Aa, Bc, Db		- Sisältää hiilivetyjä, koostumus - Käytetään polttoaineena - Muodostunut kasvi- ja eläinjätteistä - Esiintyy öljyesiintymien yhteydessä, mutta myös yksinään - Koostumus vaihtelee löytöpaikan mukaan - Väritön kaasujen seos - Tärkeä energian lähde - Ympäristöystävällinen - Palamistuotteet hiilidioksidi ja vesi
Aa Bb, Cb Cb	Nestekaasu	- Varastoidaan nesteenä, käytetään kaasuna 1 litra nestekaasua painaa 0,5 kg, mikä vastaa 260 litraa kaasua - Nestekaasu koostuu propaanista ja butaanista - Kaasupullossa oleva paine aiheuttaa sen, että normaalioloissa kaasumaiset aineet pysyvät nesteenä
Aa Db		- Muodostuu hapettomissa oloissa, mätänemisprosesseissa - Sisältää metaania - Sisältää metaania 60-70 %, hiilidioksidia 20-40% - Käytetään energian tuottamiseen maakaasun tavoin

Muita oppikirjoissa esiintyviä kaasuja ovat rikkidioksidi, hiilidioksidi, hiilimonoksidi ja ammoniakki. Taulukkoon 6.1.14 on koottu näiden kaasujen esiintyminen oppikirjoissa.

Taulukko 6.1.14 Muut kaasut oppikirjoissa

Kirja	Kaasu	Missä yhteydessä kaasu mainitaan	Mitä kaasusta kerrotaan
Aa, Cb, Db	Rikkidioksidi	Polttoaineet	Muodostuu rikkiä sisältävien polttoaineiden polton yhteydessä
Db		Rikkidioksidi ja rikkihappo	- Myrkyllinen, pistävänhajuinen kaasu - Muodostaa rikkihappoa reagoidessaan veden kanssa - Heikentää kasvien yhteyttämistä ja aiheuttaa keuhkosairauksia
Bc, Cb, Db	Hiilidioksidi	Alkoholien valmistus	Käymisreaktiossa muodostuu etanolia ja hiilidioksidia
Bb		Leivonta	Leivinjauheen ja ruokasoodan toiminta
	Hiilimonoksidi	Metanolin valmistus	Metanolia valmistetaan kuivatislaamalla hiilimonoksidista ja vedystä
Bb Db	Ammoniakki	Emäkset	- Ammoniakki nesteytetään kovassa paineessa - Helposti kaasuntuva aine - Väritön, pistävänhajuinen, myrkyllinen kaasu
			Liukenee veteen hyvin (1200 l kaasua / 1 l 0 °C vettä)

Kirjoissa Bb ja Bc kerrotaan hiilen palaessa muodostuvan hiilidioksidia ja hiilimonoksidia, hiilen epäorgaanisia yhdisteitä. Hiilidioksidin ja hiilimonoksidin ominaisuuksista ja haitoista kerrotaan kirjoissa Aa, Bb ja Cb. Metallien jalostuksen yhteydessä kerrotaan, että happi poistetaan seoksesta hiilen avulla (Aa, Bb, Cb, Db).

6.2 Kaasuihin liittyviä kokeellisia töitä oppikirjoissa

Seuraavaksi tarkastellaan oppikirjojen kokeellisia oppilaille suunnattuja töitä. Aluksi tarkastellaan eri oppikirjojen kokeellisten töiden rakennetta. Tämän jälkeen paneudutaan siihen, millaisia kaasuihin liittyviä kokeellisia töitä oppikirjoissa on ja miten kaasuihin liittyvää kemiaa käsitellään kokeellisen työn yhteydessä.

6.2.1 Kokeellisen työn rakenne

Kirjasarjan A kokeelliset työt ovat erillisessä työkirjassa. Kaikille kursseille on oma työkirjansa. Kunkin työn kohdalla luetellaan työhön tarvittavat välineet ja aineet. Lisäksi kerrotaan työturvallisuuteen liittyvät asiat. Kokeellisiin töihin liittyy usein kuvitetut, vaiheittaiset ohjeet. Työkirjasta riippuen vaiheet saattavat olla numeroitu. Työohjeet ovat selkeät. Kuhunkin työhön liittyy kysymyksiä työstä, esimerkiksi mitä työssä tapahtui ja miksi. Työkirjoja on ilmestynyt useana eri vuonna ja ne poikkeavat hieman toisistaan. Joissakin työkirjoissa on tilaa vastauksille, joissakin havainnot ja päätelmät on tarkoitus kirjoittaa vihkoon.

Kirjasarjan B kokeelliset työt löytyvät oppikirjoista, erillistä työkirjaa tai työvihkoa ei ole. Uusi kappale alkaa kokeellisilla töillä. Työt voivat olla joko puhtaasti kokeellisia töitä tai kirjallisia tutkimustehtäviä, joihin löytyy vastaus kirjan kappaleesta tai kirjallisuudesta. Usein myös ennen kotitehtäviä, teorian jälkeen, on vielä yksi haastavampi kokeellinen työ. Työohjeet ovat selkeät ja usein niihin liittyy kuva suoritettavasta työstä. Jos suojalaseja tarvitaan, niiden kuva on työohjeen vieressä. Kokeellisiin töihin liittyy aina havaintojen tekemistä ja usein myös kysymyksiä pohdittavaksi työstä.

Kirjasarjassa C on kaikille kursseille yhteinen työkirja. Aiemmin kirjasarjassa oli kullekin kurssille oma työkirjansa. Kirjan työohjeet poikkeavat toisistaan työstä riippuen. Joissain töissä luetellaan työhön tarvittavat välineet ja aineet, joissain ei. Työhön liittyvä työturvallisuus käsitellään työn alussa joissain töissä. Suojalasien tarpeesta ilmoitetaan työn alussa. Työohjeet ovat työhön liittyvällä kuvalla varustetut. Työohjeet eivät ole kovin selkeät kaikissa töissä. Havainnoille ja päätelmille on tilaa työn yhteydessä, mutta joissain töissä tilaa on hyvin vähän. Joihinkin töihin liittyy kysymyksiä liittyen työhön tai ilmiöön, jota työssä tutkitaan.

Kirjasarjan D kokeelliset työt ovat erillisissä, kurssikohtaisissa työkirjoissa. Töihin liittyy piirrettyillä kuvilla varustetut työohjeet. Työstä riippuen työhön liittyy myös motivoivaa tietoa suoritettavasta työstä ja käytettävistä kemikaaleista. Havainnoille on reilusti tilaa jokaisen työn lopuksi ja useissa töissä on vielä yleisille pohdinnoille oma tilansa. Jos työ vaatii suojalaseja tai hiusverkkoa, niiden kuvat ovat työohjeen vieressä. Uudempiin kirjasarjoihin verrattuna kirjoissa on hyvin paljon kaasupolttimella tehtäviä oppilastoita. Kaasupolttimen käyttö on aina turvallisuus riski. Tästä syystä lienee uudempien kirjasarjojen oppilastoissa vähennetty kaasupolttimella tehtävien töiden määrää.

Kirjoista ei löytynyt kokeellista työohjetta, jossa oppilasta olisi pyydetty piirtämällä havainnollistamaan tutkittavaa ilmiötä.

6.2.2 Kaasut kokeellisissa töissä

Happi

Hapteen liittyy paljon kokeellisia töitä oppikirjoissa, sillä happi on osallisena kaikissa palamisreaktioissa. Palamisreaktioihin liittyviä kokeellisia töitä käsitellään hapen valmistukseen liittyvien kokeellisten töiden jälkeen.

Happea valmistetaan lisäämällä vetyperoksidia kolviin, jossa on mangaanidioksidia. Muodostuva happi johdetaan pois kolvista ja kerätään

pneumaattisen ammeen avulla astioihin. Hapetta sisältävään astiaan laitetaan hehkuva puutikki, jolloin tikku alkaa palaa uudelleen liekillä. Myös teräsvillan palamista puhtaassa hapessa kokeillaan vastaavasti. Kirjasta riippuen hapen valmistusta käsitellään joko hapen kemian tai ilmakehän yhteydessä. Taulukkoon 6.2.2.1 on koottu hapen valmistus eri oppikirjoissa.

Taulukko 6.2.2.1 Hapen valmistus kokeellisena työnä oppikirjoissa

Kirja	Missä yhteydessä käsitellään	Työn pääkohdat
Ba, D1, C1 A1	Happi Ilmakehän kaasut	- Hapetta valmistetaan mangaani-dioksidista ja vetyperoksidista - Tutkitaan palamista puhtaassa hapessa

Kirjassa C1 tutkitaan veden happipitoisuutta. Työssä tutkitaan erilaisia vesinäytteitä esimerkiksi ojan tai akvaarion vettä. Vesi laitetaan keitinlasiin ja sinne lisätään mangaanikloridi-liuosta sekä emäksistä jodiliuosta. Hetken kuluttua muodostuu saostuma, jonka väristä päätellään hapen määrä tutkitusta vedestä. Ilman happi-pitoisuutta tutkitaan hapen käsittelyn yhteydessä.

Palaminen

Palamiseen liittyy paljon oppilastöitä oppikirjoissa. Useimmin oppikirjoissa esiintyvä palamiseen liittyvä työ on kaasupolttimen avulla tehtävät työt. Usein kaasupoltin on vain työssä käytettävä kuumennus- tai polttamisväline. Kirjassa A1 tutkitaan kaasupolttimen sinisen ja keltaisen liekin lämpötilaeroa. Kirjassa Bc tutkitaan tulitikun palamistuotteita erivärisissä liekeissä.

Lasipurkin avulla tukahduttamalla kynttilän liekki tutkitaan palamisen edellytyksiä (A1, Ba ja D1).

Erilaisten aineiden polttaminen, kuten polttoaineet, alkoholit, muovit ja paperi, on kokeellisena työnä useassa kirjassa. Palamisen yhteydessä ja sen jälkeen tutkitaan palamistuotteita havainnoiden muodostunutta tuotetta. Usein palamisreaktiosta kirjoitetaan myös reaktioyhtälö. Taulukkoon 6.2.2.2 on koottu orgaanisten yhdisteiden polttamiseen liittyviä kokeellisia töitä.

Taulukko 6.2.2.2 Orgaanisten aineiden palamiseen liittyviä kokeellisia töitä.

Kirja	Palava aine	Työn pääkohdat
A3	Paperi	• Poltetaan paperia upokkaassa • Tutkitaan hehkutusjäännöstä
A1	Sokeri	• Poltetaan sokeripalaa tulitikun avulla • Tutkitaan palaako sokeri paremmin, jos sitä pyöräytetään ensin tuhkassa
Bc	Sokeri	• Kuumennetaan hienoa sokeria kaasupolttimella, kunnes alkaa muodostua kaasua • Kokeillaan palaako kaasu
C1	Kangas, lanka	• Poltetaan kangasta ja lankaa • Tutkitaan palamistuotteita
A3	Kangas	• Tutkitaan erilaisten kankaiden palamista
C1	Asetoni, sprii, petroli	• Tutkitaan aineiden palamis-herkkyksiä ja syttymistä kuljettamalla palavaa puutikkua aineita sisältävien kellolasien yli
Ba	Sprii, bensiini, asetoni, petroli	
A1	Etanoli, bensiini, asetoni, ruokaöljy	
Bc	Polttoaineet	
C1, D2, Bc	Alkoholit	
A3	Etanoli	• Poltetaan etanolin ja veden seokseen kastettua rahaa
A1 D1	Bensiini	• Tutkitaan bensiinihöyryjen leimahtamista palavan kynttilän, bensiiniin kastetun paperitukon ja metallikourun avulla • Poltetaan bensiiniä haihdutusmaljassa
		• Tutkitaan sammuttamista vedellä ja tukahduttamalla
D2	Rasva	• Kuumennetaan rasvaa upokkaassa, kunnes se syttyy palamaan.
D2, A3	Muovit	• Poltetaan erilaisia muoveja kaasupolttimen liekissä • Tutkitaan mahdollisia palamistuotteita

Magnesiumin polttaminen kaasupolttimen avulla on yleinen työ tutkituissa oppikirjoissa. Työn avulla tutustutaan kaasupolttimen käyttöön, tutkitaan

metallin tai tutkitaan metallien palamistuotteiden happamuutta. Magnesiumin lisäksi poltetaan myös kalsiumia, teräsvillaa tai muita metalleja. Taulukkoon 6.2.2.3 on koottu metallien polttamiseen liittyviä kokeellisia töitä oppikirjoista.

Taulukko 6.2.2.3 Metallien palamiseen liittyviä kokeellisia töitä oppikirjoissa.

Kirja	Palava aine	Työn pääkohdat
D2	Sinkki	Poltetaan sinkkiä upokkaassa
A3	Natrium	- Natriumia poltetaan polttokupissa - Tutkitaan palamistuotteita
Bb, Ba, A1, A3, C1, D1	Magnesium	- Poltetaan Mg-nauhaa kaasupolttimen liekissä - Tutkitaan palamistuotetta
C1	Kalsium	- Poltetaan kalsiumia kaasupolttimen liekissä - Tutkitaan palamistuotetta
Bb, Ba, C1, A3	Metallit	Tutkitaan teräsvillan, magnesiumin ja raudan palamista kaasupolttimen avulla
		Metalleja (Na, Mg, Ca, Zn, Fe, Cu) poltetaan polttokupin ja kaasupolttimen avulla
		- Metallijauheita puhalletaan lasiputken avulla kaasupolttimen liekkiin - Tutkitaan reaktion kiivautta
A1, Ba, C1, D1	Teräsvilla	- Sytytetään vaa'alla oleva teräsvilla palamaan paristolla tai tulitikulla - Tutkitaan reaktiotuotetta
		- Orsivaakaan asetetaan kaksi teräsvilla tuppaa niin, että vaaka on tasapainossa - Poltetaan toista tuppaa ja katsotaan, kumpi tupoista painaa enemmän

Seuraavaksi käsitellään nestekaasun, kynttilän ja alkoholin palamistuotteiden kokeellista tutkimista. Kaasupolttimen avulla tutkitaan nestekaasun palamistuotteita. Vesi todetaan kuivan keitinlasin avulla, joka viedään hetkeksi kaasupolttimen ylle. Vesihöyry tiivistyy keitinlasin pinnalle. Hiilidioksidi todetaan kalkkiveden avulla. Keitinlasiin tai kettopulloon laitetaan kalkkivettä, jonka jälkeen se kaadetaan pois. Keitinlasi viedään kaasupolttimen tai kynttilän ylle, muodostuva valkoinen saostuma osoittaa hiilidioksidin.

Kirjassa Bb pidetään käännettyä lasipurkkia kynttilän päällä, kunnes kynttilä sammuu. Käännetään purkki oikeinpäin ja peitetään lasilevyllä. Purkkiin

lisätään kalkkivettä, kansi suljetaan ja purkkia ravistetaan. Havaitaan saostuma, kuten edellä. Kirjassa C1 esitetään vielä kolmas tapa tutkia palamistuotteita. Keitinlasiin laitetaan kalkkivettä ja palava kynttilä. Astia suljetaan lasilevyllä.

Kirjassa D2 tutkitaan vastaavasti alkoholin palamistuotteita, silloin kynttilän tilalla on upokas, jossa on palavaa alkoholia. Hiilidioksidi osoitetaan kalkkiveden samentumisesta ja vesi tiivistyy lasipinnalle. Hiili voidaan osoittaa kaasupolttimen avulla, jonka ilma-aukko on kiinni. Koska happea on tällöin liian vähän kaiken hiilen palamiseen hiilidioksidiksi, kaasupolttimen liekkiin viety koeputki mustuu. Taulukossa 6.2.2.4 on koottu kynttilän, alkoholin ja nestekaasun palamistuotteisiin liittyvät kokeelliset työt.

Taulukko 6.2.2.4 Palamistuotteiden tutkimiseen liittyviä kokeellisia töitä

Kirja	Minkä aineen palamistuotetta tutkitaan?	Missä yhteydessä käsitellään?	Mitkä palamistuotteet tutkitaan
Bc	Nestekaasu	Hiilivedyt	vesi
A2		Alkaanit	hiilidioksidi
D2			hiili
		Kemiallinen energia, maakaasu	hiili
Bb	Kynttilä	Kovalenttinen sidos	vesi
C1		Palaminen	hiilidioksidi
D1		Vety ja vesi	vesi
D2	Alkoholi	Alkoholit	vesi hiilidioksidi

Rikin polttaminen ja sen palamistuotteiden tutkiminen esiintyy kokeellisena työnä useassa kirjassa. Työssä poltetaan rikkiä polttokauhassa. Polttokauha viedään keittopulloon, jossa on hieman vettä ja indikaattoria. Työ liittyy sekä epämetallioksidien happamuuteen, että kaasun liukenemiseen veteen. Ympäristötekijät ja happamoituminen liitetään työhön kirjoissa. Taulukossa 6.2.2.5 esitetään rikin polttamiseen liittyviä kokeellisia töitä.

Kirjassa A3 tutkitaan rikkidioksidin vaikutusta viherkasviin. Lasikuvun alle laitetaan viherkasvi ja natriumvetysulfiittia sekä tislattua vettä erillisissä astioissa. Natriumvetysulfiittista syntyy rikkidioksidia, joka haihtuu ilmaan. Syntynyttä rikkidioksidia liukenee astiaan, jossa on tislattua vettä. Systeemi

saavuttaa tasapainon. Kuvun alla olevaa kasvia verrataan kuvun ulkopuolella olevaan kasviin.

Taulukko 6.2.2.5 Rikin polttamiseen liittyvät kokeelliset työt oppikirjoissa.

Kirja	Missä yhteydessä esitetään	Työn pääkohdat
C1	Metallit ja epämetallit	• Poltetaan rikkiä polttokauhassa • Laitetaan polttokauha keittopulloon, jossa on vähän vettä ja indikaattoria • Tutkitaan veteen liunneen palamistuotteen happamuutta
A2	Epämetallioksidin vesiliuos	
Bb	Hapot,	
	Epämetallioksidin vesiliuoksen happamuus	
D2	Rikin ja rikkidioksidin kemiaa	• Poltetaan rikkiä polttokauhassa • Viedään palavaa rikkiä sisältävä polttokauha keittopulloon, jossa on hapetta.
D1	Palaminen puhtaassa hapessa	

Ilman happipitoisuuden määrittämisestä on työohje kirjassa D2. Teräsvillaa laitetaan koeputken pohjalle. Koeputki laitetaan alasuin keittopulloon, jossa on noin 1 cm vettä. Viikon päästä kaikki happi on reagoinut ja hapen tilalle on noussut vettä. Koeputkeen nousseen veden määrästä päätellään ilman sisältämän hapen määrä. Kirjassa A1 on myös vastaava työ, mutta siinä ei tutkita ilman happipitoisuutta, vaan hidasta palamista.

Auton tai mopon pakokaasua tutkitaan kalkkiveden avulla kirjoissa A3 ja C1. Kirjan C1 työssä johdetaan pakokaasu auton pakoputkesta keittopulloon, jossa on kalkkivettä. pakokaasua tutkitaan myös johtamalla pakokaasua keittopulloon, jossa on indikaattoria ja vettä. Kirjan A1 työssä pakokaasua johdetaan ämpäriin, jossa on vettä ja indikaattoria.

Vety

Kokeellisia töitä, joissa muodostuu vetyä, käytetään useiden eri aiheiden yhteydessä. Yleisin työ on vedyn valmistaminen magnesiumnauhan ja suolahapon avulla. Työssä lisätään Mg-nauhaa koeputkeen, jossa on laimeaa suolahappoa. Oppikirjasta riippuen muodostuva vety kerätään toiseen, edellisen päällä ylösalaisin olevaan koeputkeen. Tulitikku viedään jommankumman koeputken suulle kirjasta riippuen. Kuuluu poksahdus, kun

vety palaa. Koeputkessa havaitaan vedyn palamistuotetta, vettä. Tämä työ esiintyy pääasiassa veden tai vedyn kemiaa käsiteltäessä.

Metallien reaktiota eri happojen kanssa tarkastellaan myös vastaavan reaktion avulla. Suolahappoon saatetaan lisätä myös muita metalleja, kuin magnesiumia. Lisäksi saatetaan tarkastella muiden happojen tai erivahvuisten happojen reaktioita magnesiumin kanssa.

Oppikirjojen kokeellisissa töissä vetyä valmistetaan saippuakuplia tai vetyrakettia varten. Kolvissa tai isossa koeputkessa on sinkkiä ja/tai magnesiumia. Astiaan lisätään suolahappoa, jolloin vetyä alkaa muodostua. Vety johdetaan kumiletkua pitkin työstä riippuen joko saippualiuokseen tai pneumaattisessa ammeessa olevaan muovipulloon. Vetytätteisten saippuakuplien havaitaan nousevan ylöspäin, koska vety on ilmaa kevyempää. Muovipullo kerätään puolilleen vetyä, toinen puoli pullon sisällöstä on ilmaa. Pullo asetetaan lähtötelineeseen, esimerkiksi statiiviin. Pullon suulle viedään palava puutikki. Vety syttyy palamaan, ja paine lennättää pullon jonkin matkan päähän.

Vetyä muodostuu myös veden hajottamisessa sähkövirran avulla. Työssä keitinlasiin laitetaan vettä ja hieman natriumhydroksidia tai rikkihappoa parantamaan sähköjohtavuutta. Putkelliset johdinsauvat laitetaan täyteen vettä ja siirretään keitinlasiin. Veden hajotessa putkiin kehittyy kaasuja. Kaasut osoitetaan palamiskokeiden avulla vedyksi ja hapeksi. Vetyä muodostuu kaksi kertaa enemmän kuin happea. Taulukossa 6.2.2.6 on eriteltynä vetyyn liittyvät kokeelliset työt oppikirjoissa.

Taulukko 6.2.2.6 Vedyn valmistus metallien ja happojen avulla oppikirjoissa.

Kirja	Missä yhteydessä käsitellään	Työn pääkohdat
A1	Vesi	- Vedyn valmistus: $Mg + \text{suolahappo}$ - Vedyn palaminen - Palamistuotteena muodostuvan veden havaitseminen
A2	Kemiallinen sidos	
Ba	Vety	
D1	Luonnontieteellinen tutkimus, Vety	

D2	Hapon ja metallin välinen reaktio	Vedyn valmistus: Mg + suolahappo
C1		Reaktiossa muodostuvan vedyn toteaminen tulitikun avulla
A3		- Eri metallien (Mg, Zn, Cu, Fe) reaktio suolahapon kanssa - Tarkkaillaan reaktionopeutta kuplimisvoimakkuuden perusteella
Bb	Hapot	- Magnesiumin reaktio eri happojen kanssa - Laimea typpi-, rikki-, etikka- ja suolahappo
A1	Reaktionopeus	- Väkevyyden vaikutus reaktionopeuteen - Erivahvuiset suolahappoliuokset - Vedyn osoittaminen palavan tulitikun avulla
C1	Kemiallinen reaktio	Vedyn valmistus kumiletkulla varustetussa astiassa: Mg/Zn + suolahappo
Ba	Vety	- Vetytättyiset saippuakuplat - Vetyraketti (ei D1)
A1, D2	Vesi	Veden hajottaminen elektrolyytisesti
Ba	Vety	Muodostuvien kaasujen tutkiminen tulitikun avulla

Erotusmenetelmät

Kaasut liittyvät myös erotusmenetelmiä koskeviin kokeellisiin töihin. Tislaus erotusmenetelmänä esitetään monessa kirjassa. Työssä puhdistetaan tislaamalla värillistä vettä, kahvia, teetä, virvoitusjuomaa tai likaista vettä. Värin aiheuttavat epäpuhtaudet jäävät kolviin ja tisle on kirkasta. Tislauksen aikana havainnoidaan, mitä vedelle tapahtuu tislattaessa.

Kirjassa C1 esitetään kokeellisena työnä myös jakotislaus. Työssä tislataan asetonin ja veden seosta ja kokeillaan alkuperäisen seoksen, asetonin ja tisleen palamisherkkyyttä ja päätellään siitä, kumpi aineista tislautui ensin. Höyryn lämpötilaa tarkkaillaan, kun seos alkaa tislautua.

Savukkeen tai puun kuivatislaus esiintyy myös kokeellisena työnä kirjoissa. Kuivatislausta ei käsitellä erotusmenetelmien yhteydessä, vaan hiilen kemian yhteydessä. Kirjassa C1 savukkeen kuivatislaus esitetään palamisen yhteydessä. Työssä laitetaan savuke tai puupalasia koeputkeen. Kirjassa D2 kuivatislataan sokeria. Koeputkea kuumennetaan voimakkaasti.

Erotusmenetelmistä myös haihtuminen liittyy kaasuihin. Töissä valmistetaan liuos liuottamalla ruokasuolaa tai kuparisulfaattia veteen. Liuos kaadetaan haihdutusmaljaan ja vesi haihdutetaan pois kaasupolttimella kuumentamalla. Taulukossa 6.2.2.7 on koottu eri kirjoissa esiintyvät, kaasuihin liittyvät erotusmenetelmät.

Taulukko 6.2.2.7 Kaasuihin liittyvien erotusmenetelmien esiintyminen kirjoissa.

Erotusmenetelmä	Kirja
Tislaus	Ba, A1, D1, C1
Jakotislaus	C1
Haihdutus	A1, D1
Kuivatislaus	Bc, D2, A2, C1

Hiilidioksidi

Leivinjauheen tai natriumvetykarbonaatin ja etikkahapon reaktiota tutkitaan useassa kirjassa. Reaktioissa muodostuu hiilidioksidia. Keittopullon laitetaan natriumvetykarbonaattia tai leivinjauhetta lisätään etikkaa. Pullo suljetaan kumiletkulla varustetulla korkilla. Letkun pää laitetaan astiaan, jossa on palava kynttilä. Vaihtoehtoisesti leivinjauhetta sisältävään astiaan lisätään etikkaa, jonka jälkeen reaktiossa muodostuvaa hiilidioksidia kaadetaan kynttilän päälle. Tarkkaillaan, mitä kynttilälle tapahtuu.

Hiilidioksidin muodostuminen voidaan osoittaa kalsiumhydroksidiliuoksen, kalkkiveden, avulla. Edellä kuvatulla menetelmällä valmistettua hiilidioksidia johdetaan tai kaadetaan kalsiumhydroksidiliuokseen. Havaitaan saostuma, joka osoittaa hiilidioksidin.

Hiilidioksidi voidaan osoittaa myös hengitysilmasta. Puhalletaan pillillä kalsiumhydroksidiliuokseen, jolloin havaitaan saostuma, joten hengitysilma sisältää hiilidioksidia. Vastaavasti voidaan puhaltaa pillillä keitinlasiin, jossa on vettä ja indikaattoria, esimerkiksi bromitymolinsinistä tai hieman emäksistä liuosta ja indikaattoria.

Kirjassa Ba tutkitaan lisäksi lämpötilan vaikutusta kaasun liukenemiseen. Bromitymolinsinistä ja kalsiumhydroksidia sisältävää keitinlasiin puhalletaan, havainnoidaan reaktiota. Tämän jälkeen seosta keitetään muutama minuutti ja havainnoidaan kuumentamisen vaikutusta seokseen.

Kirjassa D2 tutkitaan etikan ja leivinjauheen reaktiossa syntyvän hiilidioksidin massaa. Leivinjauhetta lisätään etikan joukkoon ja syntyvä kaasu kaadetaan vaa'alla olevaan keitinlasiin. Vaaka kallistuu hiilidioksidia sisältävän lasin puolelle.

Hiilidioksidia muodostuu myös marmorin ja hapon välisessä reaktiossa. Syntyvä hiilidioksidikaasu johdetaan keitinlasiin, jossa on vettä tai muodostuvaa kaasua käytetään palamiskokeissa. Kirjassa C1 tutkitaan poretabletin liukenemista veteen. Syntynyt kaasu johdetaan kalkkiveteen. Taulukossa 6.2.2.8 esitellään oppikirjoissa olevia hiilidioksidiin liittyviä kokeellisia töitä.

Taulukko 6.2.2.8 Hiilidioksidiin liittyviä kokeellisia töitä oppikirjoissa.

Kirja	Missä yhteydessä käsitellään	Työn pääkohdat
Ba	Kemiaan tutustuminen	- Hiilidioksidin valmistaminen natriumvetykarbonaatin ja etikan avulla - Kynttilän sammuttaminen
D1	Palaminen	
A1	Paloturvallisuus	
C1	Metallit ja epämetallit	
D1	Palaminen	- Hiilidioksidin valmistaminen natriumvetykarbonaatin ja etikan avulla - Hiilidioksidin toteaminen johtamalla tai kaatamalla hiilidioksidi kalsiumhydroksidiliuokseen
C1	Metallit ja epämetallit	
Bb	Reaktioyhtälö	- Valmistetaan hiilidioksidia marmorin ja suolahapon avulla - Johdetaan/kaadetaan muodostuva hiilidioksidi lasipurkkiin - Viedään palava puutikki ja Mg-nauha lasipurkkiin - Havainnoidaan reaktiotuotetta - Kirjoitetaan mahdolliset reaktioyhtälöt
A1	Ilmakehän kaasut	

D1	Palaminen	• Hiilidioksidin toteaminen hengitysilmosta • Puhalletaan kalkkiveteen
C1	Kemiallinen reaktio, Metallit ja epämetallit	
Ba	Kemialliset yhdisteet	
A1	Reaktionopeus	• Lisätään leivinjauhetta ensin kylmään, sitten kuumaan veteen • Tarkkaillaan reaktionopeutta
A2	Luonnon happamoituminen, Hiili	• Lisätään laimeaa suolahappoa marmorirouheiden päälle • Johdetaan muodostuva hiilidioksidi kalkkiveteen (ei A2)
D2	Kalsium raaka- aineena	
Ba	Ympäristö	• Puhalletaan vettä, bromitymolisinistä ja kalsiumhydroksidia sisältävään keitinlasiin pillillä • Keitetään liuosta • Havainnoidaan tapahtumia kokeen ajan
C1	Metallit ja epämetallit	• Puhalletaan indikaattoria sisältävään veteen • Hiilidioksidin vesiliuos on hapanta
A2	Luonnon happamoituminen	
C1	Lääkkeet	• Liuotetaan poretabletti veteen • Johdetaan muodostuva hiilidioksidi kalkkiveteen
D2	Ilma ja vesi	• Laitetaan vaa'alle kaksi keitinlasia • Valmistetaan hiilidioksidia etikasta ja natriumvetykarbonaatista • Kaadetaan hiilidioksidia toiseen keitinlasiin, vaaka kallistuu
D2	Jalot metallit	• Kuparioksidia ja hiiltä kuumennetaan koeputkessa • Muodostuva kaasu johdetaan kalkkiveteen, joka saostuu

Muita kaasuihin liittyviä asioita

Kaasuihin liittyy myös paljon erilaisia töitä, joissa reaktiotuote on kaasumaisessa muodossa. Alla olevaan taulukkoon 6.2.2.9 on koottu muita eri kaasuihin liittyviä kokeellisia töitä.

Taulukko 6.2.2.9 Eri kaasuihin liittyviä kokeellisia töitä.

Kirja	Työssä esiintyvä kaasu	Työn kuvaus
D2, A3, Bb	Kloori	- Sinkkikloridin tai natriumkloridin elektrolyysi - Reaktiossa muodostuu kloorikaasua
Bb	Jodi	Jodikaasun valmistaminen kuumentamalla jodia
A2	Kloori	- Valmistetaan kloorikaasua hypokloriittia sisältävän pesuaineen ja suolahapon avulla - Tutkitaan kloorin vaikutusta kukan terälehtiin ja kankaaseen - Tutkitaan kloorin vaikutusta tärpättiin kastettuun suodatinpaperiin - Tutkitaan liukeneeko kloori veteen
D2 Bb	Ammoniakk i	- Ammoniakin valmistus ammoniumkloridista ja natriumhydroksidista - Muodostuva kaasu johdetaan fenoliftaleiini liuokseen

Kirjassa Ba tutkitaan ilmanpainetta. Muovipullosta imetään ilma pois vesisuihkupumpun avulla, tutkitaan, mitä pullolle tapahtuu. Työ liittyy ympäristökappaleeseen.

Kirjassa D2 tutkitaan, onko ilma ainetta. Keittopullon sisään laitetaan ilmapallo. Ilmapallo kiinnitetään keittopullon suulle. Pulloon puhalletaan. Kyseinen työ esiintyy ilma ja vesi-kappaleen yhteydessä.

Kirjassa C1 tutkitaan kivennäisveden avulla kaasun liukoisuutta veteen. Työ liittyy liuottamiseen. Yhdessä työssä kivennäisvettä lämmitetään ja tutkitaan lämpötilan vaikutusta kaasun liukoisuuteen. Toisessa työssä tutkitaan paineen vaikutusta kaasun liukoisuuteen. Kivennäisvettä otetaan ruiskuun, ruisku suljetaan tiiviisti ja liikutetaan ruiskun mäntää. Muissa kirjoissa ei ollut vastaavia kaasun liukoisuutta tutkivia töitä.

Kaasupolttimen avulla voidaan tutkia myös nestekaasun ominaisuuksia (C1). Kaasupolttimesta johdetaan kaasua jäiseen koeputkeen, havainnoidaan olomuotoa. Nestekaasun keveyttä ilmaan nähden tutkitaan kynttilän ja kourun avulla. Kourun alapäähän laitetaan palava kynttilä, kaasupolttimesta johdetaan

kaasua kourua pitkin alempana olevaa kynttilää kohti. Havainnoidaan kynttilän liekkiä. Sama toistetaan niin, että kynttilä on kourun yläpäässä ja kaasupoltin alapäässä. Nestekaasuun tutustutaan hiilivetyjen yhteydessä.

Useissa kirjoissa valmistetaan etyyni-kaasua kalsiumkarbidista ja vedestä (C1, D2, Bc ja A2). Vettä lisätään kalsiumkarbidin päälle. Syntyvän kaasun palamisherkkyttä kokeillaan palavan tulitikun avulla. Etyynin valmistusta käsitellään kaikissa tutkituissa kirjoissa hiilivetyjen yhteydessä.

6.3 Kaasujen kemian oppimisen tukeminen kokeellisuuden avulla

Kaasujen kemian oppimisen tukemiseen on kehitetty kolme kokeellista työtä. Kokeellisissa töissä on pyritty tuomaan esille aineen hiukkasluonne, mikä auttaa ymmärtämään käsitteen muodostusta kemiassa (Nakhleh, 1992). Töissä on otettu huomioon oppilailla olevia ennakkokäsityksiä kaasuihin liittyen. Taulukossa 6.2.1 on esitetty kokeellisten töiden tavoitteet, sekä niihin liittyvä kemia.

Taulukko 6.2.1 Kokeellisten töiden tavoitteet ja kemia.

Työ	Työn tavoitteet	Työn kemia
Painavaa ja kevyttä kaasua	- Eri kaasujen erilaisten ominaisuuksien havaitseminen - Havaita, että kaikki kaasut eivät ole ilmaa kevyempiä	Kaasujen tiheydet Vedyn valmistaminen Hiilidioksidin valmistaminen
Palaako?	- Havaita hapen merkitys palamisreaktiossa - Havaita, että kaikki kaasut eivät pala tai aiheuta palamista	Palaminen Hapen valmistaminen Hiilidioksidin valmistaminen

Muna pullossa	- Havainnollistaa, että ilma on ainetta - Havainnollistaa paineen ja lämpötilan merkitystä kaasujen kemiassa - Kaasun hiukkasluonteen esille tuominen	Charlesin laki Lämpötilan vaikutus paineeseen
---------------	---	--

Työohjeet (liitteet 1-3) alkavat pohdintakysymyksillä. Kysymysten tarkoituksena on herättää mielenkiinto aiheeseen ja kartoittaa oppilaiden ennakkokäsityksiä. Tarkoituksena on että oppilaat pohtivat asioita ensin keskenään, sen jälkeen kysymyksiä voidaan pohtia yhdessä opettajan avustuksella. Tarkoituksena ei ole, että oppilaat heti tietäisivät vastaukset kysymyksiin. Oppilaille on hyvä antaa aikaa kysymysten pohtimiseen. Kysymysten oikeisiin vastauksiin voidaan palata myös työn suorituksen jälkeen. Työn 1 (liite 1) ja työn 3 (liite 3) jälkeen työn koontia varten työohjeissa on kysymyksiä, joita on tarkoitus pohtia ensin parin kanssa tai pienessä ryhmässä ja sitten keskustellen luokassa opettajan johdolla. Kaikkiin töihin liittyy työselostuksen kirjoittaminen.

Työohjeista on pyritty tekemään mahdollisimman selkeät ja yksinkertaiset. Töissä pyritään tutkimaan vain yhtä ilmiötä kerrallaan. Käsitteen muodostus on helpompaa, kun keskitytään yhteen asiaan. Työt ovat helpot ja suhteellisen nopeat toteuttaa yhden oppitunnin aikana. Välineet töiden suorittamiseen ovat yksinkertaiset ja löytyvät heikomminkin varustellusta kemian luokasta.

6.3.1 Työ 1: Painavaa ja kevyttä kaasua

Työssä (liite 1) tutkitaan vedyn ja hiilidioksidin keveyttä. Yleinen ennakkokäsitys kaasuihin liittyen on, että kaasuilla ei ole massaa tai ne ovat kevyitä (Mitchell, 2004). Työn tavoitteena on osoittaa oppilaalle, että kaikki kaasut eivät ole

kevyitä. Samalla opitaan, miten vetyä ja hiilidioksidia voidaan valmistaa. Työ on suhteellisen helppo ja yksinkertainen suorittaa, välineet ovat yksinkertaiset. Kaasukuplien tekeminen tosin vaatii hieman sorminäppäryyttä ja harjoittelua. Työ on mielenkiintoinen.

Työ alkaa johdattelevilla kysymyksillä aiheeseen. Ensimmäinen kysymys (liite 1) kartoittaa oppilaiden käsityksiä kaasujen ominaisuuksista. Toinen ja kolmas kysymys tekevät tutkittavat kaasut tutummiksi oppilaille. Neljäs kysymys toimii hypoteesina työlle. Kysymyksen tavoitteena on saada oppilaat pohtimaan tehtävää työtä.

Vetyä saippuakuplia varten valmistetaan suolahapon ja magnesiumin avulla. Koeputkessa olevaan suolahappoon lisätään magnesiumnauhaa. Vetykaasua alkaa muodostua, mikä havaitaan kuplimisena. Koeputki tulee sulkea riipeästi korkilla, johon on liitetty kumiletku ja pipetti. Pipetin pää kastetaan saippualliuokseen, jolloin vetytätteisiä saippuakuplia alkaa muodostua. saippuakupla saa irtomaan puhaltamalla kevyesti pipetin päähän. Vetytätteiset saippuakuplat nousevat ylöspäin, koska vety on ilmaa kevyempää.

Hiilidioksiditätteiset saippuakuplat valmistetaan vastaavasti. Etikkaa ja leivinjauhetta sisältävä koeputki suljetaan korkilla ja pipetin pää kastetaan saippualliuokseen. Hiilidioksiditätteiset saippuakuplat leijuvat alaspäin, koska hiilidioksidi on ilmaa painavampaa.

Työn jälkeen oppilaat keskusteleval työstä ensin keskenään pienissä ryhmissä ja sen jälkeen opettajan johdolla. Kahden ensimmäisen kysymyksen (liite 1) tavoitteena on koota suoritettu työ.

6.3.2 Työ 2: Palaako?

Palaminen on reaktio, joka on mukana jokapäiväisessä elämässä. Hyvin monet oppilaiden ennakkokäsityksistä liittyvät palamiseen, kuten aikaisemmin tutkimuksessa on todettu (Ahtee, 1994; Mitchell, 2004). Työohje on pyritty

tekemään sellaiseksi, että se tukee mahdollisimman hyvin oppilaan käsitteen muodostusta palamisesta ja hapen välttämättömyydestä palamiselle. Oppilas joutuu itse etsimään tietoa kokeen suorittamiseksi. Työohjeessa on pyritty tuomaan esille hapen ja hiilidioksidin merkitys jokapäiväisessä elämässä. Tällöin ne saadaan oppilaalle omakohtaisiksi, tutuiksi asioiksi, joka edistävät oppimista. Työhön löytyy yksinkertaiset ohjeet useimmista työkirjoista.

Tutkituissa oppikirjoissa ei esiintynyt työtä, jossa puutikun palamista sekä hapessa että hiilidioksidissa olisi tutkittu samanaikaisesti. Erillisinä työohjeina vastaavat työt löytyvät oppikirjoista.

Työohje (liite 2) alkaa pohdinta kysymyksillä. Ensimmäisen kysymyksen tavoitteena on saada oppilaat pohtimaan ilman ja hapen eroja ja yhtäläisyyksiä. Tutkimusten mukaan oppilailla on ilmaan liittyen useita ennakkokäsityksiä (Mitchell, 2004). Laineen (2004) tutkimuksen mukaan oppilailla tuli harvoin mieleen hengittäminen tai ilmakehä kaasuista puhuttaessa. Ilman ja hapen yhtäläisyys on, että molemmat ovat kaasuja ja näin ollen käyttäytyvät kaasulle ominaisin tavoin esimerkiksi lämpötilaa kasvatettaessa. Ilma ja happi eroavat toisistaan koostumukseltaan. Happi on alkuaine. Ilma on erikaasujen seos. Ilmassa on n. 21 % happea, mutta myös muita kaasumaisia aineita.

Kysymykset kaksi ja kolme (liite 2) käsittelevät palamista. Palaminen on aineen yhtymistä happeen. Aine palaa hyvin jos happea on riittävästi saatavilla edellyttäen, että muut palamisen ehdot (lämpötila ja palava aine) täyttyvät.

Neljäs kysymys (liite 2) koskee hapen ja hiilidioksidi kemiallisia ominaisuuksia. Hapen ja hiilidioksidin kemialliset ominaisuudet eroavat toisistaan hyvin paljon. Happi on välttämätön palamiselle, kun taas hiilidioksidissa palamista ei tapahdu. Hiilidioksidi on hiilen palamistuote.

Viides kysymys (liite 2) liittyy hapen ja hiilidioksidin oppilaan jokapäiväiseen elämään. Oppilas joutuu pohtimaan, mikä merkitys hapella ja hiilidioksidilla on hänen omassa elämässään. Tällöin tutkittavat aineet eivät jää vieraiksi kemian

luokan aineiksi, vaikka happi ja hiilidioksidi ovat useasti kemian kirjoissa esiintyviä, tuttuja aineita oppilaille.

Työohjeessa on annettu tarvittavat reagenssit ja välineet, mikä vähentää tehtävän avoimuutta, mutta helpottaa opettajan ja oppilaan työtä, sekä säästää aikaa. Oppilas joutuu kuitenkin etsimään tarvittavat ohjeet työn suorittamiseen kirjallisuudesta tai oppikirjasta. Työn onnistumisen kannalta on suotavaa, että oppilas näyttää työn suunnitelman opettajalle, ennen kuin ryhtyy töihin. Työn kokoa selostus, jonka oppilaat kirjoittavat annetun ohjeen mukaisesti joko yksin tai ryhmätyönä. Työstä voidaan vielä keskustella kun opettaja palauttaa tarkistamansa työselostukset oppilaille.

Hapen ja hiilidioksidin valmistamiseen löytyy ohjeita oppikirjoista (esimerkiksi Ba s. 69; Bb, s. 37). Happea valmistetaan vetyperoksidista mangaanidioksidin avulla. Laitetaan toiseen koeputkeen vetyperoksidia ja mangaanidioksidia. Reaktio alkaa välittömästi, mikä huomataan seoksen poreilemisena. Kun happea on muodostunut koeputkeen, sinne viedään hehkuva puutikku. Puutikku syttyy palamaan, koska koeputkessa on enemmän happea kuin ilmassa. Hiilidioksidia valmistetaan leivinjauheesta tai marmorista etikan avulla. Koeputkeen laitetaan etikkaa ja lisätään leivinjauhe tai marmori. Hiilidioksidin muodostuminen alkaa, mikä voidaan havaita poreilemisena. Kun koeputkeen viedään palava puutikku, se sammuu, koska happea ei ole.

6.3.3 Työ 3: Muna pullossa

Työ (liite 3) on valittu tutkimukseen, koska se on yksinkertainen ja helposti toteutettava. Työhön tarvittavat välineet ja reagenssit ovat yksinkertaiset ja helposti saatavilla. Työn suoritus on helppo oppilaan toteuttaa itse. Työ sopii myös erinomaisesti demonstraatioksi. Työ on näyttävä ja mielenkiintoinen.

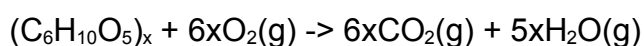
Työohje kysymyksineen on muokattu sellaiseksi, että se tukee mahdollisimman hyvin oppilaan käsitteen muodostusta aineen hiukkasluonteesta sekä lämpötilan vaikutuksesta paineeseen.

Työohje (liite 3) alkaa pohdinta kysymyksillä. Ensimmäisen kysymykseen oppilaat saavat oikean vastauksen, kun aloittavat työn suorittamisen. Kaksi seuraavaa kysymystä johdattelevat ilmiöön, jota työssä on tarkoitus havaita. Kaasu laajenee, kun sitä lämmitetään. Jäähtyessään kaasu menee kasaan. Piirustus tehtävän tarkoituksena on tuoda esille se, että ilma koostuu hiukkasista, joita ovat esimerkiksi erilaiset kaasumolekyylit. Hiukkaset ovat jatkuvassa liikkeessä ja törmäilevät toisiinsa sekä astian seinämiin. Kaasu ei ole yhtenäistä, pilvimäistä massaa, joka täyttää astian. Tätä tulee korostaa oppilaille.

Työn suoritus on yksinkertainen. Työ alkaa kokeilemalla, saako munan pulloon työntämällä. Munaa ei saa pulloon työntämällä munaa rikkomatta. Seuraavaksi pulloon laitetaan paperia, joka sytytetään palamaan. Muna tulee laittaa pullon suulle pian paperin sytyttämisen jälkeen. Hetken kuluttua pullossa oleva, palava paperi sammuu ja muna alkaa valua pulloon. (Adcockin (1998) artikkelissa kerrotaan myös muita keinoja saada muna pulloon).

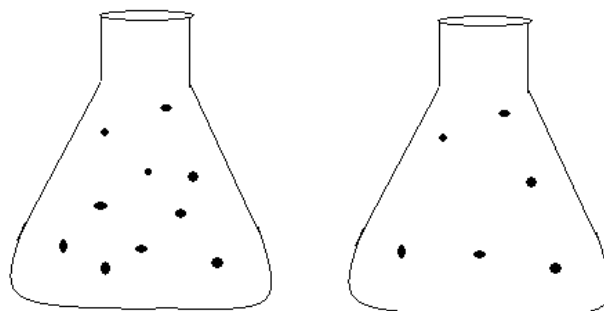
Kun pullon sisällä oleva paperi sytytetään tuleen, pullon sisällä oleva ilma lämpenee ja laajenee, jolloin osa ilmasta pakenee pullosta. Paperi sammuu, kun happea pullossa ei ole enää riittävästi palamiseen. Pullossa oleva ilma alkaa jäähtyä. Pullossa olevan ilman määrä on kuitenkin vähentynyt alkuperäisestä ja muna estää tarvittavan ilman tulemisen pulloon. Pulloon muodostuu alipaine, joka saa munan putoamaan pulloon (Adcock, 1998).

Toinen selitys ilmiölle on että palava paperi kuluttaa hapen loppuun pullosta. Tämä ei kuitenkaan ole riittävä selitys, koska puun palamistuotteina muodostuu myös kaasumaisia tuotteita. Puun palamista voidaan kuvata seuraavalla reaktioyhtälöllä:



Reaktioyhtälöstä havaitaan, että kaasumaisia tuotteita on enemmän yhtälön oikealla kuin vasemmalla puolella, joten hapen loppuminen ei voi olla ainoa syy alipaineen muodostumiselle. (Adcock, 1998). Edes veden tiivistyminen pullon jäähtyessä ei anna selitystä alipaineen muodostumiselle.

Työn jälkeen pohditaan jälleen parin kanssa työmonisteessa (liite 3) olevia kysymyksiä. Tarkoituksena on, että oppilaat havaitsevat pullon sisältävän ilmaa, mikä estää munan työntämisen pulloon. Paperin polttaminen saa jotain ”häviämään” pullosta, koska muna putoaa pulloon. Pullossa olevan kaasun määrä väheni paperin polttamisen vaikutuksesta. Kuvan piirtämisen tavoitteena on saada oppilaat huomaamaan, että kaasu on edelleen hiukkasina astiassa. Hiukkasia on vähemmän kuin alussa, joten ne ovat harvemmassa. Kun lämpötila laskee, hiukkaset pyrkivät lähemmäs toisiaan. Kaasu kuitenkin täyttää edelleen asian joka paikassa. Kuvassa 6.2.1 esitetään, miltä oppilaiden piirtämät kuvat voisivat näyttää.



Kuva 6.2.1 Kaasuhiukkaset pullossa ennen työtä ja työn aikana.

Lämpötilan ja paineen riippuvuutta voidaan pohtia kysymyksen 5 (liite 3) avulla. Munan voi saada ulos pullosta kääntämällä pullo ylösalaisin niin, että muna on pullon suulla ja tämän jälkeen kuumentamalla pulloa esimerkiksi hiustenkuivaajalla. Kuumentaminen saa pullon sisällä olevan ilman laajenemaan ja ilma työntää munan ulos pullosta.

7. Johtopäätökset ja pohdinta

Niin kaasujen kemian oppiminen, kuin kemian oppiminen yleensä, edellyttää tiettyjen peruskäsitteiden osaamista (Nakhleh, 1992). Keskeinen näistä on aineen hiukkasluonteen ymmärtäminen (Gabel, 1993). Kaikki kaasujen kemiaan liittyvät ilmiöt, esimerkiksi olomuodon muutokset, paineen ja

lämpötilan vaikutus sekä palaminen edellyttävät aineen hiukkasluonteen ymmärtämistä.

Oppilailla esiintyy paljon kaasuihin liittyviä vaihtoehtoisia käsityksiä (Ahtee, 1994; Mitchell, 2004; Summers, 2000). Suuri osa näistä käsityksistä liittyy juuri aineen hiukkasluonteen ymmärtämiseen. Myös palamiseen liittyy paljon vaihtoehtoisia käsityksiä.

Kokeellisuus on osa kemian opetusta. Kokeellisuudella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa lähinnä oppilastöitä. Kokeellisuus on motivoivaa ja näyttävät kokeelliset työt usein jäävät oppilaan mieliin (Millar, 2004). Kokeellisuus voi auttaa vaihtoehtoisten käsitysten poisoppimisessa (Millar, 2004). Kokeellisuuden avulla voidaan luoda yhteys symbolisen-, mikro-, ja makrotasojen välille, joilla kemian ilmiöitä usein kuvataan (Gabel, 1999).

Kokeellisuuden tulee olla jäsenneltyä ja hyvin suunniteltua (Meisalo & Lavonen, 2004b). Reseptinomainen työskentely ja laboratoriossa hääriminen ei kehitä oppilaiden luonnontieteellistä ajattelua (Lavonen & Meisalo, 2004b). Se saattaa jopa ehkäistä oppimista (Saari, 1999). Opettajan merkitys kokeellisuudessa on suuri. Opettajan tulee ohjata oppilaiden ajatukset kohti tarkasteltavaa ilmiötä ja tarvittaessa selventää saatuja tuloksia.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kaasuihin liittyvän kemian esiintymistä oppikirjoissa. Tutkimuksessa havaittiin, että kaasujen kemiaa esiintyy oppikirjoissa hyvin paljon ja sitä käsitellään suhteellisen monipuolisesti. Oppikirjasta riippuen kaasuja käsiteltiin eri asioiden yhteydessä. Kaasujen kemia liittyi moneen kemian eri osa-alueeseen oppikirjoissa. Oppikirjoissa esiintyy kuitenkin virheitä, yleistyksiä ja epätasmoisia ilmauksia, jotka saattavat antaa väärän kuvan oppilaille käsiteltävästä aiheesta.

Kaasun määritelmä useissa oppikirjoissa antaa puutteellisen kuvan kaasun hiukkasluonteesta. Esimerkiksi tutkimuksessa tarkastellun kirjan kuvaus kaasusta: ”Kaasulla ei ole omaa muotoa, vaan se leviää käytettävissä olevaan tilaan”, antaa hyvin yksipuolisen kuvan kaasusta olomuotona. Lisäksi vain

yhdessä tutkituista kirjoista mainittiin kaasuhiukkasten olevan jatkuvassa liikkeessä.

Kiehumista ja aineen muuttumista nesteestä tai kiinteästä aineesta kaasuksi ei käsitellä hiukkastasolla tutkituissa oppikirjoissa. Erotusmenetelmistä haihtumiseen ja tislaukseen liittyy kaasun olomuodonmuutokset. Haihtumisen yhteydessä vain yhdessä tutkituissa oppikirjoissa mainittiin kaasumainen olomuoto (ks. taulukko 6.1.3). Kahdessa kaasumaisuutta ei mainittu lainkaan ja yhdessä mainittiin, että ”haihdutuksessa neste pääsee karkuun”. Tällaiset selitykset haihtumiselle saattavat antaa oppilaalle kuvan, että aine katoaa, kun se haihtuu. Hiukkasluonteen korostaminen tässä yhteydessä auttaisi oikeiden käsitysten muotoutumisessa. Tislauksen yhteydessä olomuodonmuutoksia käsiteltiin huomattavasti yksityiskohtaisemmin ja selkeämmin (ks. Taulukko 6.1.4).

Ilmakehän kemiaan sisältyy paljon kaasuihin liittyviä asioita. Tässä tutkimuksessa pystyttiin tarkastelemaan asiaa vain pääkohdin, menemättä sen syvemmälle ilmakehän kemiaan liittyviin asioihin. Ilmakehän kemia on kuitenkin hyvin laaja ja keskeinen osa-alue kemian oppikirjoissa. Tässä tutkimuksessa esille tuodut pääkohdat tarjoavat jatkotutkimusmahdollisuuden ilmakehän kemian käsitteiden oppimisen tutkimiselle.

Palamista käsitellään paljon oppikirjoissa. Kaikissa tutkituissa oppikirjasarjoissa oli palamisesta oma kappaleensa. Oppikirjojen määritelmissä (ks. taulukko 6.1.8) palamiselle ei ollut puutteita kolmessa tutkituista oppikirjoista. Yhdessä oppikirjassa kerrottiin puutteellisesti, että ”palaminen on tavallisesti palavan aineen ja ilmassa olevan hapen välinen reaktio”. Vain yksi oppikirja esitteli flogistonin ja historiallisen näkökulman palamiseen.

Eri kaasuista hapestä ja vedystä kerrotaan monipuolisesti tutkituissa oppikirjoissa. Hapen ja vedyn reaktiivisuus otetaan esille moneen otteeseen oppikirjoissa. Vähemmän reaktiivisista kaasuista kuten typestä, hiilidioksidista ja jalokaasuista kerrotaan oppikirjoissa melko vähän. Jalokaasujen

reaktiivisuudesta löytyi kahdesta tutkitusta oppikirjasta virheellistä tietoa (ks. taulukko 6.1.12).

Kaasujen kemiaan tutustutaan oppikirjoissa pääasiallisesti kahden hyvin reaktiivisen alkuaineen, hapen ja vedyn avulla. Vety on sen lisäksi kaikista kevein alkuaine. Ei siis ole ihme, että oppilaille muodostuu käsitys, että kaasut liittyvät palamiseen ja räjähtämiseen ja ovat kevyitä.

Kaasuihin liittyvät oppilastyöt ovat hyvin samankaltaisia kaikissa oppikirjoissa joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Yleisin oppikirjoissa esiintynyt kaasuihin liittyvä työ oli kaasupolttimen avulla lämmittäminen tai polttaminen. Muitakin palamiseen liittyviä töitä kirjoista löytyi. Töissä tutkittiin eri aineiden palamista ja palamistuotteita. Myös palamisen edellytyksiä tutkivia oppilastöitä löytyi joka kirjasarjasta.

Hapen, vedyn ja hiilidioksidin valmistaminen sekä näiden kaasujen tutkiminen oli kokeellisena työnä oppikirjoissa. Valmistettua happea ja hiilidioksidia käytettiin palamisen tutkimiseen. Vedyn valmistukseen liittyvissä töissä tutkittiin yleensä myös vedyn palamista.

Kaasuihin liittyvät kokeelliset työt ovat melko yksipuolisia. Samalla tutkimusperiaatteella voidaan tutkia esimerkiksi sekä vetyä että metallin reaktiota hapen kanssa. Eri yhteyksissä esitettyjä asioita ei kirjantekijöiden osalta liitetä toisiinsa. Jää opettajan vastuulle kertoa oppilaalle, että kyse on samasta ilmiöstä, mutta sitä tarkastellaan vain eri näkökulmasta.

Kaasujen kemian oppimisen tukemiseksi kehitettiin tutkimuksessa kolme kokeellista työtä. Kokeellisissa töissä pyrittiin tuomaan esille aineen hiukkasluonne. Lisäksi pyrittiin kohdentamaan oppilaiden huomio siihen osaan kokeellista työtä, jossa yleensä oppilailla esiintyy virhekäsityksiä. Mistään tutkituista oppikirjoista ei löytynyt kokeellista työtä, joka olisi korostanut aineen hiukkasluonnetta.

Kokeelliset työohjeet poikkeavat perinteisistä oppikirjoissa esiintyvistä työohjeista. Oppilaiden ajatukset on pyritty suuntaamaan ilmiöön useiden aiheeseen liittyvien kysymysten avulla. Useista oppikirjojen työohjeista vastaavat kysymykset puuttuvat kokonaan. Lisäksi työn jälkeen esitetään ilmiöön liittyviä kysymyksiä. Töissä tutkitaan vain yhtä ilmiötä kerrallaan, jotta käsitteen muodostus olisi helpompaa oppilaalle.

Työ 1 (liite 1) "Painavaa ja kevyttä kaasua" käsittelee hiilidioksidin ja vedyn valmistusta. Työssä valmistetaan yksinkertaisilla laitteilla pienet määrät tutkittavia kaasuja. Kaasujen avulla valmistetaan saippuakuplia. Oppikirjoista löytyy töitä, joissa valmistetaan vetytätteisiä saippuakuplia. Hiilidioksiditätteisiä saippuakuplia oppikirjoissa ei valmisteta. Työn tavoitteena on osoittaa, että kaikki kaasut eivät ole yhtä kevyitä kuin vety.

Kaasuihin vaikuttaa painovoima, niin kuin muihinkin aineisiin maan pinnalla. Tätä tutkittiin kuitenkin vain yhdessä tutkimukseen osallistuneista oppikirjoista. Kirjan työssä valmistettiin hiilidioksidia etikan ja leivinjauheen avulla. Muodostuva kaasu kaadettiin vaa'alla olevaan keitinlasiin. Vaaka kallistui hiilidioksidin vaikutuksesta.

Työ 2 (liite 2) "Palaako?" käsitteli palamista. Työssä oppilaat pääsevät tutkimaan palamista avoimen kokeellisen työn avulla. Heille annetaan tehtävä, josta tulee tehdä myös raportti. Työssä oppilaat pääsevät vertaamaan puun palamista hapessa, ilmassa ja hiilidioksidissa. Täysin vastaavaa työtä oppikirjoista ei löydy. Kirjoista löytyy töitä, joissa tutkitaan hiilidioksidissa ja hapessa palamista erikseen, eri asioiden yhteydessä. Hapen merkitys palamisessa on oppilaille vaikea asia ymmärtää ja muistaa. Tämän työn avulla oppilaat näkevät omin silmin milloin palamista tapahtuu ja milloin ei. Mitä enemmän palava aine saa happea, sen paremmin se palaa.

Työ 3 (liite 3) "Muna pullossa" on mielenkiintoinen ja yksinkertainen työ. Oppikirjoissa vastaava työtä ei esiinny. Työn avulla pyritään tuomaan esille aineen hiukkasluonnetta ja lämpötilan vaikutusta kaasun tilavuuteen.

Piirtämisen tarkoituksena on auttaa oppilaita ymmärtämään kaasun hiukkasluonne.

Tässä tutkimuksessa on kartoitettu kaasuihin liittyvän kemian esiintymistä peruskoulutuksen oppikirjoissa. Painopiste on ollut aineen hiukkasluonteen korostamisessa. Oppikirjoissa esiintyy paljon kaasuihin liittyvää kemiaa ja jokainen kaasuihin liittyvä osa-alue on mielenkiintoinen tutkimuskohde. Yksi seuraavista tutkimusaiheista olisi historiallisen näkökulman hyödyntäminen kaasujen opetuksessa. Myös ilmakehän kemia ja palaminen sisältävät paljon tutkimisen arvoisia asioita.

8 Kirjallisuus

Adcock, L., H. 1998. The Egg in the Bottle Revisited: Air Pressure and Amontons' Law (Charles' Law). Journal of Chemical Education 75 (12), 1567-1568.

Ahtee, M. 1994. Yläasteen oppilaiden käsityksiä liukenemisesta ja palamisesta. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 136.

Ahtee, M., Kankaanrinta, I. & Virtanen, L. 1994. Luonnontieto koulussa. Otava.

Ahtee, M. & Pehkonen, E. 2000. Johdatus matemaattisten aineiden didaktiikkaan. Edita.

Ahtineva, A. & Havonen, T. 2003. Luokkien 5-9 fysiikka ja kemia - perusopetuksen opetussuunnitelma. Dimensio 67 (6), 16-18.

Aksela, M. & Juvonen, R. 1999. Kemian opetus tänään. Opetushallitus, 27/1999.

Anon. 1994. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 1994. 2. painos. Opetushallitus. Painatuskeskus Helsinki.

Anon. 2004. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Opetushallitus. Vammalan kirjapaino.

Atkins, P. W. 1999. Physical Chemistry. Sixth edition. Oxford University Press.

Bartlett, N. 2003. It's Elemental: the Periodic Table - Noble Gases. Chemical & Engineering News. (<http://pubs.acs.org/cen/80th/print/noblegases.html>) (20.7.2005)

Domin, D., S. 1999. A Review of Laboratory Instruction Styles. Journal of Chemical Education 76 (4), 543-547.

Engels, S., Nowak, A. 1993. Kemian keksintöjä - Alkuaineiden löytöhistoria. Gummerus Kirjapaino Oy.

Gabel, D. 1993. Symposium: Lecture and learning: Are They Compatible? Use of Particle Nature of Matter in Developing Conceptual Understanding. *Journal of Chemical Education* 70 (3), 193-194.

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

Hofstein, A. 2004. The Laboratory in Chemistry Education: Thirty Years of Experience with Developments, Implementation, and Research. *Chemistry Education: Research and Practice* 5 (3), 247-264.

Huann-shyang, L., Hsiu-ju, C., Lawrenz, F. 2000. The Assessment of Students and Teachers' Understanding of Gas Laws. *Journal of Chemical Education*. 77 (2), 235-238.

Hudson, J. 2002. Suurin tie - kemian historia. Art House.

Hyötyläinen, T. 2003. Veden neljäs olomuoto. *Dimensio* 5/2003, 44-46.

Johnstone, A. 1991. Why is Science Difficult to Learn? Things Are Seldom What They Seem. *Journal of Computer Assisted Learning*. 7, 701-703.

Kauffman, J. M. 2004. Water in the Atmosphere. *Journal of Chemical Education* 81 (8), 1229-1230.

Koivisto, J. 2003. Seitsemän vuoden talkoot – LUMA-ohjelma Opetushallituksessa. *Dimensio* 63 (2), 4-6.

Laine, L. 2004. Seitsemäsluokkalaisten käsityksiä kaasuista. *Proseminaaritutkielma*.

Lavonen, J. & Meisalo V. 1994. Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa. Opetushallitus.

Lavonen, J. & Meisalo, V. 2004a. Oppilaiden ennakkokäsitykset. www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/ennakko/main.htm. (10.2.2004)

Lavonen, J., Meisalo, V. 2004b. Kokeellisuuden työtavat. www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/main.htm. (10.2.2004)

Lavonen, J., Meisalo, V. 2004c. Opetuksen tavoitteet ja työtavat. www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotavat/main.htm. (10.2.2004)

Lide, D., R. (ed.) 2001. CRC - Handbook of Chemistry and Physics. 82. Edition 2002-2002.

MAOL-taulukot. Matemaattisten aineiden opettajien liitto. Otava. 1991.

Millar, R., 2004. The role of practical work in the teaching and learning of science. University of York.

Mitchell, I. Children's alternative conceptions in science. www.education.monash.edu.au/resources/stts/alterconceptsci/htm/htm. (5.2.2004)

Nakhleh, M. 1992. Why Some Students Don't Learn Chemistry - Chemical Misconceptions. Journal of Chemical Education 69 (3), 191-196.

Pettersson, M., Leonid, K., Lundell, J., Räsänen, M. 2005. Noble Gas Hybride Compounds. Teoksessa Meyer, G., Naumann, D. & Wesemann, L. (toim.) Inorganic Chemistry in Focus II. Wiley.

Saari, H. & Viiri, J. 1999. Oppilastyöt ja oppiminen – soppakoulua vai luonnontieteiden oppimista. Dimensio 63 (2), 38-41.

Summers, M., Kruger, C., Childs, A. & Mant, J. 2000. Primary School Teachers' Understanding of Environmental Issues: an interview study. Environmental Education Research, Vol. 6, No. 4, 2000.

vanLoon, G., W. & Duffy S., J. 2005. Environmental Chemistry - a Global Perspective. Second Edition. Oxford University Press.

Wellington, J. (toim.). 1998. Practical work in school science – which way now?. Routledge.

Zumdahl, S. 1997. Chemistry. Fourth edition. Houghton Mifflin.

Oppikirjat:

Aa: Aspholm, S., Hirvonen, H., Hongisto, J., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H. ja Viiri, J. Aine ja energia - Kemian tietokirja. 2001. WSOY.

A1: Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H. ja Viiri, J. Aine ja energia- Kemian työkirja, kurssi 1. 2003. WSOY.

A2: Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H. ja Viiri, J. Aine ja energia- Kemian työkirja, kurssi 2. 2002. WSOY.

- A3:** Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H. ja Viiri, J. Aine ja energia- Kemian työkirja 3. 2003. WSOY.
- Ba:** Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. ja Nyrhinen, K. Avain - Kemia 1. 2004. Otava.
- Bb:** Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. ja Nyrhinen, K. Avain - Kemia 2. 2004. Otava.
- Bc:** Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. ja Nyrhinen, K. Avain - Kemia 3. 2001. Otava.
- Ca:** Kuosa, O., Laine, R., Nikander, T. ja Vuola, R. Impulssi 1 - peruskoulun fysiikka ja kemia. 2001. Otava.
- Cb:** Kuosa, O., Laine, R., Nikander, T. ja Vuola, R. Impulssi 2 - peruskoulun kemia. 1995. Otava.
- C1:** Kuosa, O., Laine, R., Nikander, T. ja Vuola, R. Kemian Impulssi - peruskoulun kemia, työkirja. 1996. Otava.
- Da:** Levävaara, H., Kuusjärvi, P., Pohjola, M., Voutilainen, E. ja Siren, T. Fysiikan ja kemian ydin 7. 1994. WSOY.
- D1:** Levävaara, H., Kuusjärvi, P., Pohjola, M., Voutilainen, E. ja Siren, T. Fysiikan ja kemian ydin 7 Työkirja. 1994. WSOY.
- Db:** Levävaara, H., Kuusjärvi, P., Pohjola, M. ja Voutilainen, E. Kemian ydin 8. 1994. WSOY.
- D2:** Levävaara, H., Kuusjärvi, P., Pohjola, M. ja Voutilainen, E. Kemian ydin 8 Työkirja. 1997. WSOY.

9 Liitteet

Liite 1: Työ 1 - Painavaa ja kevyttä kaasua

Liite 2: Työ 2 - Palaako?

Liite 3: Työ 3 - Muna pullossa

Painavaa ja kevyttä kaasua

Pohdittavaksi ennen työtä:

1. Millaisia ominaisuuksia kaasuilla on?
2. Mitä tiedät vedystä?
3. Mitä tiedät hiilidioksidista?
4. Mihin suuntaan luulet leijuvan vetytäytteisten saippuakuplien?
Entä hiilidioksiditäytteisten?

Välineet:

Koeputki
Korkki, jossa reikä
Lyhyt lasiputki
Kumiletku (n. 15-20 cm)
Pipetti
Petrimalja tms.

Reagenssit:

Laimea HCl (5%)
Etikka
Leivinjauhe tai ruokasooda
Mg-nauha
Saippualiuos

Työn suoritus:

Valmista saippualiuos petrimaljaan. Liitä korkki ja kumiletku toisiinsa lasiputken avulla. Liitä pipetti kumiletkun toiseen päähän.

a) Laita koeputkeen laimeaa suolahappoa 1-2 ml. Lisää n. $\frac{1}{2}$ cm magnesium nauhaa. Sulje koeputki korkilla. Tee saippuakuplia kastamalla pipetin pää saippualiuokseen. Saippuakupla irtoa, kun puhallat kevyesti pipetin päähän.

b) Laita toiseen koeputkeen etikkaa 1-2 ml. Lisää n. $\frac{1}{2}$ teelusikallista leivinjauhetta. Sulje koeputki korkilla. Tee saippuakuplia kuten edellä.

Pohdittavaksi työn jälkeen:

1. Mitä kaasua a)-kohdassa muodostui? Mihin saippuakuplat leijailivat? Miksi?
2. Mitä kaasua b)-kohdassa muodostui? Mihin saippuakuplat leijailivat? Miksi?
3. Mitä voit päätellä tutkimiesi kaasujen ominaisuuksista kokeen perusteella?
4. Kirjoita työstä selostus vihkoosi.

(Muokattu lähteestä: Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. ja Nyrhinen, K. Avain - Kemia 1. 2004. Otava.)

Palaako?

Pohdittavaksi ennen työtä:

1. Mitä eroa ja mitä yhteistä on ilmalla ja hapella?
2. Mitä palaminen tarkoittaa?
3. Millaisissa olosuhteissa aine palaa hyvin? Millainen aine palaa hyvin?
4. Mitä hapen ja hiilidioksidin kemialliset ominaisuudet eroavat toisistaan?
5. Miten happi ja hiilidioksidi ovat osallisina sinun elämässäsi?

Työn suoritus:

Käytettävänäsi ovat seuraavat reagenssit ja välineet: koeputkia, puutikkuja, tulitikkuja, laimeaa vetyperoksidiliuosta, etikkaa, leivinjauhetta ja mangaanidioksidia.

Suunnittele ja toteuta kokeellinen työ, jossa tutkit puun palamista hapessa ja hiilidioksidissa.

Kirjoita työstä selostus, jossa tulevat ilmi seuraavat asiat:

1. Miten koe/kokeet suoritettiin? (reagenssit, välineet, suoritus)
2. Mitä havaintoja teit?
3. Mitä voit havaintojen perusteella sanoa hiilidioksidista ja hapesta?
4. Mitä voit havaintojen perusteella päätellä palamisesta?
5. Mihin happea ja hiilidioksidia voitaisiin käyttää havaintojesi perusteella?

Muna pullossa

Pohdi työparisi kanssa seuraavia kysymyksiä:

1. Saako munan pulloon ehjänä työntämällä?
2. Mitä kaasulle tapahtuu kun sitä lämmitetään?
3. Mitä kaasulle tapahtuu, kun se viillenee?
4. Miltä pullossa oleva kaasu näyttäisi, jos sitä katsottaisiin tarpeeksi paljon suurentavan suurennuslasin läpi? Piirrä.

Tarvikkeet:

Suurisuinen lasipullo (esimerkiksi 500 ml keittopullo)
Keitetty, kuorittu kananmuna
Käsipaperia tai sanomalehteä
Tulitikkuja

Työn suoritus:

Kokeile varovasti, munaa rikkomatta, työntää muna pulloon.
Laita pulloon sanomalehteä tai käsipaperia ja sytytä se palamaan.
Aseta muna pullon suulle.
Odota ja havainnoi.

Pohdi työparisi kanssa työn jälkeen seuraavia kysymyksiä:

1. Miksi muna ei mennyt työntämällä pulloon?
2. Miksi muna meni pulloon, kun pullossa oli palava paperi?
3. Mitä pullossa olevalle kaasulle tapahtui?
4. Miltä pullossa oleva kaasu näyttäisi tarpeeksi suurennettuna silloin, kun muna alkaa mennä pulloon? Miten se eroaa alkutilasta? Piirrä.
5. Miten munan voi saada ulos pullosta munaa tai pulloa rikkomatta?
6. Kirjoita työstä selostus vihkoosi.

(Muokattu lähteestä: Journal of Chemical Education 75 (12), 1998)