

KEMIALLINEN REAKTIO OPETUKSESSA –  
STOIKIOMETRIA JA KEMIALLINEN TASAPAINO  
YLIOPPILASKOKEESSA

Anni Pajari

Pro gradu -tutkielma

30.7.2007

Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto

Kemian koulutusohjelma

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

Ohjaajat: Maija Aksela ja Heikki Saarinen

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET – UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos – Institution – Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Kemian laitos	
Tekijä – Författare – Author			
Anni Pajari			
Työn nimi – Arbetets titel – Title			
Kemiallinen reaktio opetuksessa – stoikiometria ja kemiallinen tasapaino ylioppilaskokeessa			
Oppiaine – Läroämne – Subject			
Kemia (kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto)			
Työn laji – Arbetets art – Level	Aika – Datum – Month and year	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages	
Pro gradu – tutkielma	8/2007	60 s. (liitteet 15 s.)	
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>Kemiallinen reaktio on kemian opiskelussa tärkeä kokonaisuus, sillä se on kemian perusta. Kemiallinen reaktio muodostaa perusopetuksen vuosiluokilla 5.-9. noin 10 % kemian oppimäärästä. Lukiossa kemiallinen reaktio on koko lukion läpi jatkuva kokonaisuus, joka kattaa noin puolet koko lukion oppimäärästä. Kemiallista reaktiota käsitellään perusopetuksessa lähinnä makroskooppisella tasolla, mutta myös mikroskooppinen ja symbolinen taso opetetaan. Lukiossa kemiallisen reaktion käsittely tapahtuu mikroskooppisella, makroskooppisella ja symbolisella tasolla. Symboliseen tasoon liittyvät oleellisesti erilaiset laskut. Lukion kemian opetukseen liittyvistä laskuista lähes kaikki liittyvät kemialliseen reaktioon.</p> <p>Kemian opetus perustuu valtakunnallisiin opetussuunnitelman perusteisiin. Opetussuunnitelman perusteissa on määritelty opetuksen tavoitteet ja sisällöt. Näiden tavoitteiden ja sisältöjen perusteella laaditaan ylioppilaskokeet, jotka ovat valtakunnallinen lukion päättävä koe. Ylioppilaskokeessa pyritään selvittämään opiskelijan tiedollinen ja taidollinen osaaminen sekä kypsyyt. Kemian ylioppilaskokeessa on 12 tehtävää, joista kahdeksaan pitää vastata.</p> <p>Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään minkälaisia kemialliseen reaktioon, erityisesti stoikiometriaan ja tasapainoihin, liittyviä laskutehtäviä ylioppilaskokeissa on esiintynyt vuosina 1997-2006. Tutkimuksessa tutkittiin kevään kokeita. Tutkimuksessa selvitettiin myös, kuinka osattuja ja suosittuja kyseiset tehtävät ovat olleet vastaajien keskuudessa. Myös tehtävissä esiintyviä yleisimpiä virheitä tarkasteltiin.</p> <p>Stoikiometriaan liittyviä laskutehtäviä oli vuosittain 1-4 kappaletta (yhteensä 20 kappaletta) ja tasapainoon liittyviä laskutehtäviä oli 0-1 kappaletta (yhteensä 9 kappaletta). Stoikiometriaan liittyvät tehtävät olivat lähinnä reaktioyhtälön muodostamista, tasapainotusta ja kertoimien käyttöä. Näiden avulla piti laskea ainemääriä, massoja, tilavuuksia ja konsentraatioita. Tasapainoon liittyvissä tehtävissä tarvittiin stoikiometriaan liittyviä reaktioyhtälön käsitteitä ja laskuja. Niissä piti myös laatia happovakion ja tasapainovakion lausekkeita sekä käyttää käsitettä pH. Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät tehtävät olivat hyvin osattuja ja suosittuja. Stoikiometriaan liittyvien tehtävien pistekeskisarvo oli tutkimusvälillä 3,81, kun kaikkien tehtävien pistekeskisarvo oli 3,73, maksimipisteiden ollessa kuusi. Vastaavasti tasapainoon liittyvissä tehtävissä pistekeskisarvo oli 4,01, kun kaikkien tehtävien pistekeskisarvo oli 3,74. Suurimmat vaikeudet stoikiometriaan liittyvissä tehtävissä olivat reaktioyhtälöön liittyvät vaikeudet, numeerinen tarkkuus ja rajoittava reagenssi. Tasapainoon liittyvissä tehtävissä vaikeuksia olivat laskutekniikka ja numeerinen tarkkuus. Näistä rajoittavan reagenssin huomioimattomuus johti suurimpiin pistemenetyksiin arvioinnissa.</p> <p>Jatkossa olisi hyvä tutkia kemialliseen reaktioon liittyviä sanallisia tehtäviä ylioppilaskokeissa. Myös oppikirjojen ja opetussuunnitelmien yhtenäisyyttä kemiallisen reaktion kannalta olisi hyvä tutkia. Näin tutkitusta aiheesta saataisiin kattava kuva.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Kemia, opetus, kemiallinen reaktio, stoikiometria, kemiallinen tasapaino, ylioppilaskoe, laskutehtävä			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Kemian laitos			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			
Ohjaajat: Maija Aksela ja Heikki Saarinen			

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 KEMIALLINEN REAKTIO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Kemiällisen reaktion luokittelu</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Kemiällisen reaktion termodynamiikka</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3 Kemiällisen reaktion kinetiikka</b> .....	<b>6</b>
<b>2.4 Kemiällisen reaktion stoikiometria</b> .....	<b>8</b>
2.4.1 Reaktioyhtälö.....	8
2.4.2 Tasapainotila .....	10
<b>2.5 Kemiälliseen reaktioon liittyviä käsitteitä ja laskuja</b> .....	<b>11</b>
2.5.1 Reaktioyhtälö ja ainemäärä .....	11
2.5.2 Kemiällinen tasapaino.....	13
2.5.3 Tasapaino heterogeenisissä reaktioissa ja suolojen liukoisuus .....	14
2.5.4 Happo- ja emäsreaktioiden tasapaino .....	15
<b>3 KEMIALLINEN REAKTIO KOULUOPETUKSESSA</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1 Yleistä kemian opiskelusta</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2 Yleistä opetussuunnitelman perusteista</b> .....	<b>19</b>
3.2.1 Kemiällinen reaktio vuoden 2004 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa .....	20
3.2.2 Kemiällinen reaktio vuoden 1994 lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa	21
3.2.3 Kemiällinen reaktio vuoden 2003 lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa	23
<b>4 KEMIALLISEN REAKTION YMMÄRTÄMINEN</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1 Kemiällisen reaktion ymmärtämiseen liittyvät käsitykset</b> .....	<b>26</b>
4.1.1 Stoikiometria .....	27
4.1.2 Tasapaino .....	28
<b>5 ARVIOINTI JA YLIOPPILASTUTKINTO</b> .....	<b>31</b>
<b>5.1 Yleistä arvioinnista ja arvostelusta</b> .....	<b>31</b>
<b>5.2 Yleistä ylioppilastutkinnosta</b> .....	<b>34</b>
5.2.1 Reaalikoe.....	35
5.2.2 Ainereali .....	36
<b>5.3 Kemian kokeen asema ja rakenne</b> .....	<b>37</b>
5.3.1 Yleistä kokeen tehtävätyypeistä .....	38
5.3.2 Kemian kokeen tehtävätyypit .....	39

5.3.3 Kemian kokeen arvostelu .....	41
<b>6 TUTKIMUSOSUUS: KEMIALLINEN REAKTIO YLIOPPILASKOKEISSA VUOSINA 1997-2006.....</b>	<b>42</b>
6.1 Tutkimuksen tavoitteet.....	42
6.2 Tutkimuksen suoritus.....	43
<b>7 TULOKSET .....</b>	<b>45</b>
<b>7.1 Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät tehtävät kemian ylioppilaskokeissa 1997- 2006 .....</b>	<b>45</b>
7.1.1 Stoikiometriaan liittyvät tehtävät.....	45
7.1.2 Tasapainoon liittyvät tehtävät .....	46
7.1.3 Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät tehtävät lukion kurseittain .....	47
<b>7.2 Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvien tehtävien osaaminen ja suosio kemian ylioppilaskokeissa 1997-2006 .....</b>	<b>48</b>
7.2.1 Stoikiometriaan liittyvät tehtävät.....	49
7.2.2 Tasapainoon liittyvät tehtävät .....	50
<b>7.3 Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvien tehtävien käsitteelliset vaikeudet ja niiden arviointi kemian ylioppilaskokeissa 1997-2006 .....</b>	<b>52</b>
7.3.1 Stoikiometriaan liittyvät tehtävät.....	52
7.3.2 Tasapainoon liittyvät tehtävät .....	53
<b>8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTAA .....</b>	<b>54</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>58</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>61</b>

# 1 JOHDANTO

Kemiallinen reaktio liittyy oleellisenä osana kemiaan ja kemian opetukseen. Peruskoulun vuosiluokilla 5.-9. aihetta käsitellään aluksi makroskooppisella tasolla, siirtyen mikroskooppiseen tasoon ja lopulta symboliseen tasoon. Symbolisen tason käsittely on peruskoulussa vielä vähäistä, sitä käsitellään noin 10 % koko peruskoulun kemian oppimäärästä. Lukiossa kemiallinen reaktio kattaa laajana kokonaisuutena koko lukion kemian oppimäärän ja tarkempanakin rajauksena se on noin puolet koko lukion kemian oppimäärästä. Lukiossa kemiallisen reaktion käsittely tapahtuu makroskooppisella, mikroskooppisella ja symbolisella tasolla. Kemialliseen reaktioon liittyy oleellisenä osana erilaiset laskut, ja ne korostavat symbolisen tason käsittelyä. Suurin osa lukion kemian oppimäärään sisältyvistä laskuista liittyy juuri kemialliseen reaktioon.

Kemiallinen reaktio on oppilaille hankala käsite ymmärrettäväksi, koska mikroskooppinen, makroskooppinen ja symbolinen taso pitää ymmärtää samanaikaisesti. Toisaalta oppilaan tulee erottaa tasojen väliset erot toisistaan. Kemiallisen reaktion ymmärtämistä hankaloittavat myös siihen liittyvät lukuisat käsitteet kuten mooli, moolimassa, massa, aine, ainemäärä, hiukkasmäärä jne. Käsitteet voivat olla hankalia ymmärtää, muistaa ja soveltaa käytäntöön. Ne voivat myös mennä oppilailta sekaisin samankaltaisuutensa vuoksi.

Opetuksen tavoitteet ja sisällöt määritellään valtakunnallisten opetussuunnitelmien perusteiden mukaan. Opetussuunnitelman perusteet ovat opetushallituksen määräykset, jotka on laadittu erikseen peruskouluun ja lukioon. Peruskoulussa opetussuunnitelman perusteissa kemiallinen reaktio on keskeinen sisältö, mutta se ei muodosta suurta osaa opetuksen sisällöstä. Yhteensä peruskoulussa kemiallista reaktiota käsitellään noin 10 % koko kemian oppimäärästä. Lukion opetussuunnitelman perusteissa puolestaan kemiallinen reaktio on mainittu usein sekä tavoitteissa että keskeisissä sisällöissä. Se muodostaa noin puolet koko kemian oppimäärästä. Lukiossa kemiaa opiskellaan kaikille pakollisena kurssina yksi kurssi ja syventäviä kursseja on neljä kurssia. Yksittäisistä kursseista kurssit kolme (Reaktiot ja energia) ja viisi (Reaktiot ja tasapaino) ovat kokonaisuudessaan kemiallisen reaktion käsittelyä.

Lukion kemian opetukseen liittyvät oleellisenä osana ylioppilaskokeet. Ylioppilaskokeet testaavat valtakunnallisesti opiskelijoiden tiedollisen ja taidollisen osaamisen sekä opiskelijan kypsyden. Ylioppilaskokeiden kysymykset perustuvat valtakunnallisiin opetussuunnitelman perusteisiin, eli ylioppilaskokeiden tehtävät kattavat opetuksen sisällölle asetetut tavoitteet ja sisällöt. Ylioppilaskokeita on tilastoitu tarkasti useiden vuosien ajan, mutta tarkempaa selvitystä kemian osaamisen osalta on tehty vähän.

Tässä työssä kemiallista reaktiota käsitellään yleisen kemian kannalta. Työssä keskitytään kemialliseen reaktioon stoikiometrian ja tasapainotilojen kautta. Päähuomio tutkimuksessa on lukion kemiassa ja ylioppilaskokeissa. Ylioppilaskokeissa keskitytään laskuihin. Työssä on tarkoitus selvittää, minkälaisia stoikiometriaan ja tasapainoon liittyviä laskutehtäviä kevään ylioppilaskirjoituksissa vuosina 1997-2006 on ollut. Sekä kuinka osattuja ja suosittuja tehtävät ovat olleet vastaajien keskuudessa ja minkälaisia virheitä niissä on yleensä esiintynyt.

Työ koostuu teoriaosuudesta, johon kuuluvat kappaleet 2-6 ja tutkimuksesta, johon kuuluvat kappaleet kuusi ja seitsemän. Kappaleessa kaksi tarkastellaan kemiallista reaktiota kemian näkökulmasta pysyen tutkimusosan laajuisella teoriatasolla. Kappaleessa kolme kemiallista reaktiota käsitellään opetussuunnitelman perusteiden kontekstissa ja kappaleessa neljä kemian opetuksen tutkimuksen kannalta. Kappaleessa viisi puolestaan tarkastellaan ylioppilaskokeita erityisesti kemian kokeen osalta. Tutkimus puolestaan koostuu tutkimusosuudesta (kappale 6) ja tuloksista (kappale 7). Kappale kahdeksan on yhteenvetokappale.

## 2 KEMIALLINEN REAKTIO

Kemiallisia reaktioita tapahtuu ympärillämme kaiken aikaa. Elämämme perustuu aineiden muuntumisiin toisiksi aineiksi. Elimistömme ei toimisi ilman kemiallisia reaktioita. Esimerkiksi hengityksemme ja energia-aineenvaihduntamme ovat kemiallisten reaktioiden ansiota. Emme voisi tuottaa myöskään lämpöä tai energiaa ilman kemiallisia reaktioita.

Kemiallisen reaktion aikana lähtöaineet muuttuvat törmäyksen vaikutuksesta toisiksi aineiksi eli reaktiotuotteiksi. Prosessissa katkeaa sidoksia ja muodostuu uusia sidoksia samalla, kun tapahtuu atomien uudelleen järjestäytymistä. Näin syntyvillä tuotteilla on erilaiset fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet kuin lähtöaineilla.

Kemialliset reaktiot voivat edetä erilaisilla nopeuksilla ja erilaisten siirtymätilojen tai välituotteiden kautta. Tätä kemiallisen reaktion osa-aluetta kutsutaan kinetiikaksi. Kemiallisiin reaktioihin liittyy oleellisesti myös energiamuutoksia. Tätä osa-aluetta puolestaan kutsutaan termodynamiikaksi. Keskeinen osa kemiallista reaktiota edellä mainittujen lisäksi on stoikiometria, joka kuvaa kemialliseen reaktioon osallistuvia aineita ja niiden määrällisiä suhteita. Seuraavissa kappaleissa on tarkemmin eritelty kemialliseen reaktioon liittyviä osa-alueita.

### **2.1 Kemiallisen reaktion luokittelu**

Kemia jaotellaan usein eri osa-alueisiin. Tällaisia ovat esimerkiksi analyttinen kemia, biokemia, epäorgaaninen kemia, fysikaalinen kemia ja orgaaninen kemia. Myös kemialliset reaktiot voidaan luokitella näiden kemian osa-alueiden mukaan. Koska kemian eri osa-alueiden rajat eivät aina ole kovin selviä, niin reaktiot voidaan luokitella myös muulla tavalla. Kemialliset reaktiot voidaan luokitella esimerkiksi seuraavanlaisten ominaisuuksien mukaan: 1) näkyvien tai mitattavien ominaisuuksien mukaan 2) reaktiomekanismien mukaan 3) reaktiossa tarvittavien ulkoisten olosuhteiden mukaan 4) funktionaalisten ryhmien mukaan 5) käyttökohteen tai esiintymisen mukaan 6) turvallisuuden mukaan.

Epäorgaanisessa kemiassa yleisesti käytetty luokittelu on seuraavanlainen 1) sakkareaktiot, 2) happo-emäsreaktiot eli neutralointireaktiot ja 3) hapetus-pelkistysreaktiot eli redox-reaktiot (mm. Zumdahl 2000, Kivinen A. *et al.* 1988). Sakkareaktiot ovat reaktioita, jossa kaksi liukoista suolaa vaihtavat ioneja muodostaen liukenemattoman ionisen kiinteän aineen. Happo-emäs reaktiot tapahtuvat, kun vety-ioni eli protoni siirtyy hapolta emäkselle muodostaen vettä ja suolaa. Hapetus-pelkistys reaktiot tapahtuvat, kun elektroni siirtyy aineelta toiselle (Jones L. *et al.* 2000). Orgaanisessa kemiassa puolestaan yleisesti käytetty luokittelu on 1) additio- eli liittymisreaktiot, 2) substituutio- eli korvautumisreaktiot, 3) eliminaatio- eli lohkaisureaktiot ja 4) toisiintumis- eli isomeroitumisreaktiot (mm. Napari 1999). Tässä tutkimuksessa kemialliset reaktiot on luokiteltu epäorgaanisen kemian yleisesti käyttämän luokittelun mukaan sakkareaktioiksi, happo-emäsreaktioiksi ja hapetus-pelkistysreaktioiksi.

## **2.2 Kemiallisen reaktion termodynamiikka**

Termodynamiikka on tiede, jossa tutkitaan energiaan liittyviä kysymyksiä. Se perustuu muutamaankin luonnonlakiin, jotka on muotoiltu termodynamiikan pääsäännöiksi. Termodynamiikan ensimmäisen pääsäännön mukaan maailmankaikkeuden eli universumin energia on vakio. Termodynamiikan avulla voidaan ennustaa, millä edellytyksillä kemiallisen reaktion lähtöaineet muuttuvat tuotteiksi, mutta ei voida selittää miten ja kuinka nopeasti reaktio tapahtuu. (mm. Zumdahl 2000)

Termodynamiikassa peruskäsitteitä ovat systeemi, ympäristö ja universumi. Systeemi on tarkastelun alainen kokonaisuus ja se voidaan määritellä muodostuvan esimerkiksi lähtöaineista ja tuotteista. Ympäristö puolestaan sisältää kaiken, mitä systeemin ulkopuolella on.

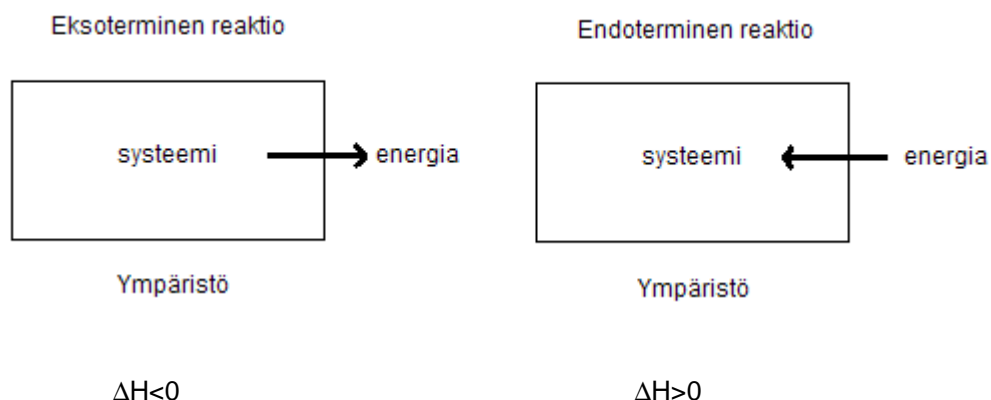
Kemiallinen reaktio on spontaani, jos se tapahtuu itsestään ilman ulkopuolista pakotetta. Luonnossa tapahtuvat reaktiot ovat spontaaneja, koska ne eivät tarvitse ulkopuolista apua tapahtuakseen. Spontaaneille reaktioille on yhteistä, että niiden aikana systeemin entropia kasvaa. Entropia kuvaa systeemin epäjärjestyksen määrää. Spontaaneissa reaktioissa lopputilanne edustaa suurempaa epäjärjestyksiä, kuin lähtötilanne. Systeemi pyrkii siis vapaaehtoisesti kohti maksimientropiaa, joka on samalla myös systeemin suurin



todennäköisyyden tila. Termodynamiikan toinen pääsääntö voidaan esittää siten, että jokaisessa spontaanissa prosessissa kokonaisentropia kasvaa. Tällöin kokonaisentropian muutoksessa otetaan huomioon muutokset systeemin sekä systeemin että ympäristön entropiassa. (mm. Kivinen A. *et al.* 1988)

Kemiallinen reaktio tapahtuu siksi, että reagoivat aineet voivat olla toistensa läsnäollessa pysymättömiä. Tällöin ne reagoivat ja reaktiotuotteet saavuttavat energeettisesti pysyvemmän tilan. Kemiallinen reaktio pyrkii tapahtuessaan täyttämään kaksi vaatimusta, jotka ovat pyrkimys kohti minimienergiaa ja maksimientropiaa. (mm. Kivinen A. *et al.* 1988)

Kemiallisissa reaktioissa tapahtuu aina energiamuutoksia. Mikäli systeemi luovuttaa energiaa ympäristöönsä reaktiota kutsutaan eksotermiseksi reaktioksi. Mikäli taas systeemi sitoo energiaa ympäristöstään, on reaktio endoterminen (ks. kuva 1). Energiamuutokset johtuvat siitä, että katkeavilla ja muodostuvilla sidoksilla on erilainen potentiaalienergian määrä. Eksotermisessä reaktiossa reaktiotuotteiden sidokset ovat vahvempia, kuin lähtöaineiden sidokset. Reaktiotuotteilla on tällöin alhaisempi potentiaalienergia kuin lähtöaineilla, joten uusien sidosten muodostuessa reaktiossa vapautuu energiaa. Endotermisessä reaktiossa taas lähtöaineiden sidokset ovat vahvempia, kuin tuotteiden, jolloin reaktiossa kuluu energiaa. Reaktion entalpiaerotus  $\Delta H$  kertoo onko reaktio endoterminen vai eksotermisen. (mm. Zumdahl 2000)

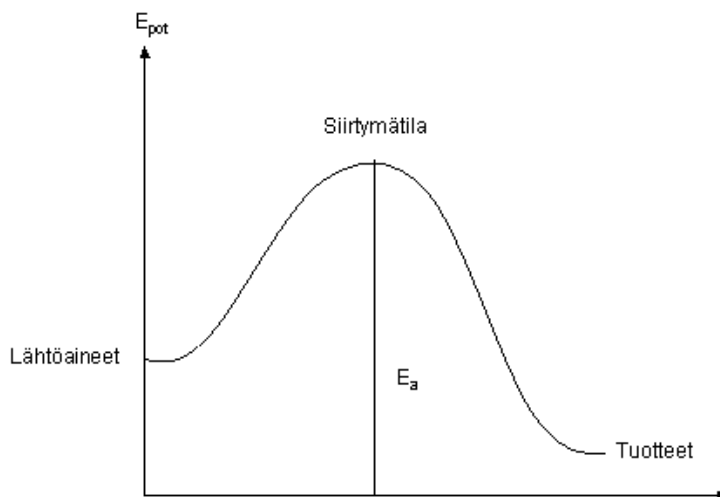


Kuva 1: Kemiällisen reaktion energia

## 2.3 Kemiällisen reaktion kinetiikka

Kinetiikka tutkii tekijöitä, jotka vaikuttavat kemiallisen reaktion nopeuteen ja se myös pyrkii selvittämään millä mekanismilla lähtöaineet muuttuvat reaktiotuotteiksi.

Jotta kemiallinen reaktio voi tapahtua, on molekyylien törmättävä toisiinsa. Reaktioon johtavan törmäyksen on tapahduttava oikeassa suunnassa ja oikealla voimakkuudella. Törmäyksiin tarvittavan energian molekyylit saavat niiden kineettisestä energiasta. Törmäyksen on ylitettävä tietty, jokaiselle reaktiolle ominainen energiavalli, jotta reaktio tapahtuu. Tätä energiavallia kutsutaan aktivaatioenergiaksi (ks. kuva 2). Aktivaatioenergia on samalla kynnys, joka johtaa reaktion siirtymätilaan, eli transiitotilaan, jonka kautta reaktio tapahtuu. Siirtymätila on energeettisesti maksimaalinen tila. Siirtymätilassa aine ei kuitenkaan ole muodossa, jossa se voitaisiin eristää tai sille voitaisiin määrittää fysikaalisia tai kemiallisia ominaisuuksia. Siirtymätilan korkea energisyys on selitettävissä sillä, että molekyyli ei ole normaalissa tilassaan, vaan sillä saattaa olla esimerkiksi liikaa tai liian vähän sidoksia tai sidoskulmat eivät ole optimaalisia. Siirtymätila on erittäin lyhyt ikäinen tila, sen elinikä saattaa olla vain noin  $10^{-12}$  s tai jopa vähemmän. (Keeler J. *et al.* 2004)

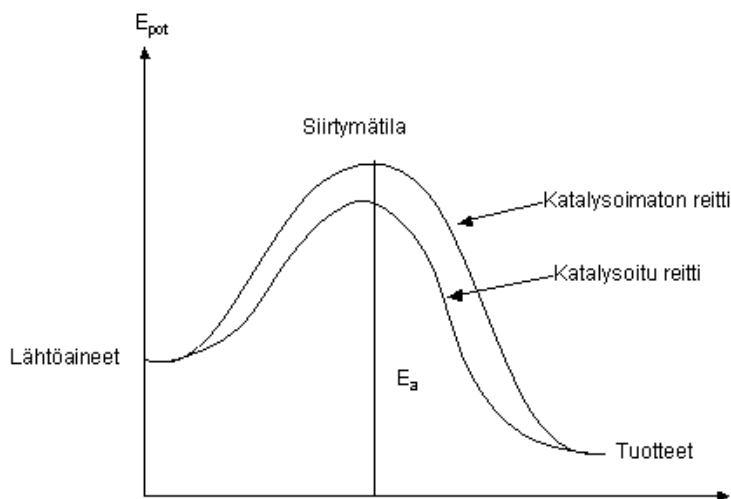


Kuva 2: Potentiaalienergia eksotermisessä kemiallisessa reaktiossa

Tunnetaan myös sellaisia reaktioita, joissa aktivaatioenergia on erittäin alhainen. Tällaisia ovat esimerkiksi vastakkaismerkkisten ionien väliset reaktiot tai radikaalireaktiot kaasufaasissa. Tällaisissa reaktioissa aktivaatioenergiaa ei tarvita, sillä energiaa ei tarvita lähtöaineiden sidosten katkeamiseen. (Keeler J. *et al.* 2004)

Monet reaktiot etenevät jonkin tietyn välituotteen, intermediaatin, kautta lopullisiin tuotteisiin. Välituote on todellinen molekyyli, joka voidaan eristää ja jolle voidaan määrittää fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Välituote on paikallisessa eli lokaalissa energiainimissä, aivan kuten lähtöaineet ja tuotteet. ( Keeler J. *et al.* 2004)

Aktivaatioenergian suuruutta voidaan alentaa katalyytin avulla, jolloin myös reaktionopeus kasvaa (ks. kuva 3). Katalyytti on aine joka ei kulu itse reaktiossa. Katalyytti voi olla samassa olomuodossa reagoivien molekyylien kanssa, jolloin sitä kutsutaan homogeeniseksi katalyytiksi. Mikäli reagoivat molekyylit ovat eri olomuodossa katalyytin kanssa katalyyttia kutsutaan heterogeeniseksi. Luonnossa olevia biologisia katalyyttejä kutsutaan entsyymeiksi. Katalyytti ei itse muutu tai kulu reaktiossa, eikä vaikuta muodostuvan tuotteen määrään. Se vain nopeuttaa reaktion tapahtumista. (mm. Zumdahl 2000)



Kuva 3: Katalyytin vaikutus aktivaatioenergiaan

Reaktionopeutta voidaan lisätä myös muutoin kuin katalyyttiä käyttämällä. Muita keinoja ovat esimerkiksi lämpötilan, konsentraation, pinta-alan ja valon kasvattaminen. Syy reaktion nopeutumiseen on tällöin tietyssä aikayksikössä tapahtuvien törmäysten määrän kasvaminen. (mm. Kivinen A. *et al.* 1998)

## 2.4 Kemiällisen reaktion stoikiometria

Stoikiometria kertoo kemialliseen reaktioon osallistuvat aineet ja niiden määrasuhteet. Reaktioyhtälö kuvaa stoikiometriaa. Reaktioyhtälö on tietynlainen malli, jolla pyritään kuvaamaan kemiallista muutosta lähtöaineista tuotteiksi (Oversby J. 2001). Reaktioyhtälö ei kuitenkaan kerro kuinka nopeasti reaktio tapahtuu tai minkälaisia välituotteita reaktiossa syntyy.

Stoikiometrian avulla voidaan kemiallinen mikrotaso, eli atomitaso, muuttaa makrotasolle. Tällöin ainemäärien avulla selvitetään massoja ja tilavuuksia, joita hiukkasten lukumäärän sijasta on helpompi käsitellä esimerkiksi kokeellisesti.

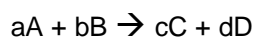
Kemialliset reaktiot eivät aina tapahdu täydellisesti, vaan ne päättyvät tasapainotilaan. Tasapainotila on tila, jossa lähtöaineiden ja tuotteiden välillä vallitsee dynaaminen tasapainotila. Reaktiot ovat myös käänteisiä, eli ne voivat tapahtua reaktioyhtälön mukaisesti lähtöaineista tuotteiksi tai tuotteista lähtöaineiksi.

### 2.4.1 Reaktioyhtälö

Reaktioyhtälössä käytetään kemiallista merkkikieltä kuvaamaan molekyyliä ja niiden yhdistymistä (+) ja uudelleen muotoutumista ( $\rightarrow$ ). Kemiallinen merkkikieli on kemistien sopima merkintätapa, joka noudattaa IUPAC:n (International Union of Pure and Applied Chemistry) suosituksia. Kemiallinen merkkikieli on muuttunut aikojen saatossa ja muuttuu edelleen, joten sitäkin voidaan pitää eräänlaisena mallina. (Oversby J. 2001)

Kemiallista reaktiota kuvataan reaktioyhtälöllä siten, että lähtöaineet merkitään vasemmalle puolelle reaktionuolta ja tuotteet oikealle puolelle reaktionuolta (ks. kuva 4). Reaktioyhtälöä esittää myös siihen osallistuneiden aineiden ainemääriä, jotka voidaan tarvittaessa muuttaa massoiksi ja tilavuuksiksi. Reaktioyhtälössä ilmenee ionien varaukset ja reaktioon osallistuvien aineiden olomuodot. Olomuotoja ovat kaasu (*g*), neste (*l*), kiinteä (*s*) ja esiintyminen vesiliuoksessa (*aq*).

Lähtöaineet → Tuotteet

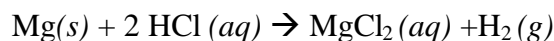


a, b, c ja d osallistuvien aineiden A, B, C ja D ainemäärät

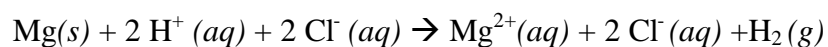
Kuva 4: Reaktioyhtälö

Kirjoitettaessa reaktioyhtälöä on huomioitava seuraavat asiat 1) on tiedettävä mitkä aineet reagoivat ja mitkä ovat muodostuvat tuotteet, myös aineen olomuodot tulee huomioida, 2) massan säilyvyyden laki tulee täyttyä, eli reaktioyhtälön molemmilla puolilla on oltava sama määrä kunkin alkuaineen atomia ja 3) sähkövarausten summa tulee olla sama yhtälön molemmilla puolilla. Kohdat kaksi ja kolme ovat reaktioyhtälön tasapainottamista. Tasapainotettaessa reaktioyhtälöä pyritään löytämään pienimmät mahdolliset kokonaislukukertoimet, jotka täyttävät ehdot kaksi ja kolme. Yleensä kokonaisluku kertoimet löytyvät helposti kokeilemalla, mutta esimerkiksi hapetus-pelkistysreaktioissa kertoimien määrittäminen voi olla hankalampaa. (Kivinen A. *et al.* 1988)

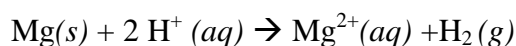
Toisinaan reaktioyhtälö antaa kemiallisesti vaillinaisen kuvan itse reaktiosta esimerkiksi kuvattaessa ionireaktioita. Esimerkkinä magnesiumin ja suolahapon välinen reaktio kirjoitetaan usein seuraavanlaisesti



Annettu molekyyliyhtälö voi antaa väärän kuvan tapahtuvasta reaktiosta, sillä todellisuudessa suolahappo ja magnesiumkloridi esiintyvät reaktiossa ioneina

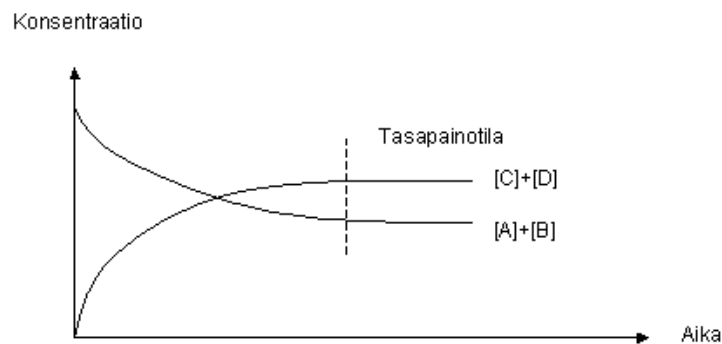


Reaktioyhtälön molemmilla puolilla esiintyy termi  $2 \text{Cl}^-(aq)$ , joten se voidaan jättää pois reaktioyhtälöstä ja lopulliseksi ioniyhtälöksi saadaan



## 2.4.2 Tasapainotila

Stoikiometriassa ajatellaan, että reaktiot menevät loppuun, eli lähtöaineet muuttuvat tuotteiksi. Todellisesti reaktiot tapahtuvat kuitenkin aina jossain määrin osittain. Tämä johtuu siitä, että systeemissä voi tapahtua sekä etenevä että käänteinen reaktio. Tasapainotila saavutetaan, kun lähtöaineiden ja tuotteiden pitoisuuksissa ei tapahdu muutoksia (ks. kuva 5). Tasapainotila on luonteeltaan dynaaminen, jolloin lähtöaineita muuttuu samalla nopeudella tuotteiksi mitä tuotteita muuttuu lähtöaineiksi. Tasapainotilaa merkitään reaktioyhtälössä kahdella puolinuolella ( $\rightleftharpoons$ ).



Kuva 5: Tasapainotila reaktiolle  $A + B \rightleftharpoons C + D$

Tasapainotila pysyy muuttumattomana, jos olosuhteet eivät muutu. Sitä voidaan halutessa muuttaa muuttamalla reaktio-olosuhteita kuten lämpötilaa, painetta tai jonkin reaktioon osallistuvan aineen konsentraatiota. Mikäli jotain reaktio-olosuhdetta muutetaan, pyrkii reaktioseos kumoamaan tehdyn muutoksen hakeutumalla uuteen tasapainotilaan. Tätä reaktioseoksen ominaisuutta pyritään käyttämään hyödyksi esimerkiksi, kun halutaan maksimoida tuotteen määrä. Se onnistuu siten, että valitaan sopivat olosuhteet sellaiselle reaktiolle, joka pyrkii siirtämään tasapainotilan tuotteiden puolelle. (mm. Zumdahl 2000)

## 2.5 Kemialliseen reaktioon liittyviä käsitteitä ja laskuja

Kemialliseen reaktioon liittyy useita laskusuorituksia joiden avulla aihetta käsitellään. Seuraavissa kappaleissa on esitelty lukiossa esiintyviä käsitteitä, jotka liittyvät laskuihin. Myös laskuissa tarvittavia kaavoja on esitelty. Tässä työssä on keskitetty kemialliseen reaktioon liittyviin laskuihin ylioppilaskirjoitusten kautta, joten työn painopiste on lukion oppimäärän laajuisissa tiedoissa.

### 2.5.1 Reaktioyhtälö ja ainemäärä

Reaktioyhtälöllä kuvataan tapahtuvaa kemiallista muutosta. Reaktioyhtälö pitää tasapainottaa, eli määrittää sille kertoimet, jotta aineen häviämättömyyden laki säilyisi. Reaktioyhtälön tasapainottamisessa pitää huomioida kaksi asiaa 1) reaktioyhtälön molemmilla puolilla tulee olla sama määrä kunkin alkuaineen atomeja ja 2) reaktioyhtälön molemmilla puolilla tulee olla sama varaus.

Reaktioyhtälön kertoimet kertovat reaktioon osallistuvien aineiden ainemääräsuhteet. Ainemäärä on reaktioon osallistuvien rakenneosasten lukumäärä ja sen yksikkö on mooli. Ainemäärä on SI-järjestelmän perussuure. Yksi mooli sisältää Avogadron vakion verran rakenneosasia. Rakenneosaset voivat olla atomeja, molekyyliä, ioneja tai elektroneja. Ainemäärä voidaan laskea mikäli tunnetaan hiukkasten määrä, massa ja moolimassa tai konsentraatio ja tilavuus.

$$n = \frac{N}{N_A}$$
$$n = \frac{m}{M}$$
$$n = c \cdot V$$

missä

$n$  = ainemäärä, yksikkönä mooli ( $mol$ )

$N$  = hiukkasten määrä, yksikkönä kappalemäärä

$N_A$  = Avogadron vakio, yksikkönä kappaletta moolia kohden ( $1/mol$ )

$m$  = massa, yksikkönä gramma ( $g$ )

$M$  = moolimassa, yksikkönä grammaa moolia kohden ( $g/mol$ )

Mikäli massaa ei tunneta, voidaan massa laskea tiheyden ja tilavuuden avulla.

$$m = \rho \cdot V$$

missä

$\rho$  = tiheys, yksikkönä  $kg/m^3$  tai  $g/dm^3 = g/l$

Mikäli kyseessä on kaasu, voidaan ainemäärä laskea normaaliolosuhteissa (NTP) tilavuuden avulla tai muissa olosuhteissa lämpötilan, paineen ja tilavuuden avulla.

$$n = \frac{V}{V_m}$$
$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

missä

$V$  = tilavuus, yksikkönä litra ( $l$ )

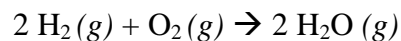
$V_m$  = ideaalikaasun moolitilavuus normaaliolosuhteissa, yksikkönä litraa moolia kohden ( $l/mol$ )

$p$  = paine, yksikkönä baari ( $bar$ )

$R$  = moolinen kaasuvakio, yksikkönä  $(bar \cdot l)/(mol \cdot K)$

$T$  = lämpötila, yksikkönä kelvin ( $K$ )

Ainemääräsuhteet eli reaktiokertoimet kertovat missä suhteessa reaktio tapahtuu. Esimerkiksi vedyn ja hapen välisessä reaktiossa muodostuu vettä seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti.



Reaktiossa muodostuu kahdesta moolista vetykaasua ja yhdestä moolista happikaasua kaksi moolia kaasumaista vettä. Mikäli reaktiossa olisi käytettävissä mooli vetykaasua ja mooli happikaasua, olisi vety rajoittava reagenssi, sillä se loppuisi ensiksi reaktiossa. Tällöin muodostuisi mooli vesikaasua ja happikaasua jäisi reagoimatta puoli moolia.

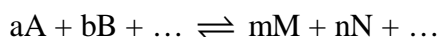


Toisinaan lähtöaineen tai reaktiotuotteen koostumus ilmoitetaan alkuaineiden prosentuaalisina osuuksina, tällöin voidaan selvittää yhdisteen empiirinen kaava eli suhdekaava. Empiirinen kaava kertoo missä suhteessa yhdiste sisältää eri atomeja. Esimerkki empiirisestä kaavasta eräälle hiilivedylle on  $(\text{CH})_n$ , missä  $n$  on jokin kokonaisluku. Molekyylikaava puolestaan kertoo atomien todelliset määrät yhdisteessä. Esimerkiksi edellisessä esimerkissä  $n$  voi olla 2 tai 6, jolloin yhdiste on etyyni  $\text{C}_2\text{H}_2$  tai bentseeni  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

Ainemäärän avulla laskettuja massoja ja tilavuuksia voidaan käyttää ilmaisemaan aineen pitoisuutta. Aineen pitoisuus voidaan ilmoittaa massaprosenttisenä koostumuksena ja tilavuusprosenttisenä koostumuksena. Massaprosenttinen koostumus kertoo tietyn aineen massan suhteessa koko seoksen massaan. Tilavuusprosenttinen koostumus puolestaan kertoo tietyn aineen tilavuuden suhteessa koko liuoksen tilavuuteen.

## 2.5.2 Kemiallinen tasapaino

Kokeellisesti ja teoreettisesti massavaikutuksen lakia hyväksikäyttäen on todettu, että homogeenisille reaktiolle



voidaan kirjoittaa tasapainovakio  $K$

$$K = \frac{[\text{M}]^m \cdot [\text{N}]^n \cdot \dots}{[\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b \cdot \dots}$$

missä hakasulkeet kertovat aineiden A, B,... konsentraation tasapainotilassa ja tietyssä lämpötilassa. Tasapainovakion yksikkö on laskennallinen suure, joka riippuu reagoivien aineiden ainemääristä. Mitä suurempi tasapainovakio  $K$  on, sitä suurempi osa lähtöaineista muuttuu tuotteiksi. Käänteisten reaktioiden tasapainovakiot ovat toistensa käänteislukuja. Mikäli jokin lähtöaineista tai tuotteista on kiinteässä tai nestemäisessä olosuhteessa ei niiden konsentraatioita tarvitse ottaa huomioon tasapainovakion laskemisessa, sillä niiden konsentraatioita voidaan pitää vakioina. (Kivinen *et al.* 1988)

Tasapainotilaa voidaan siirtää lämpötilaa, painetta tai konsentraatiota muuttamalla. Muutoksen suunnan pystyy päättelemään Le Châtelier -periaatteen mukaan seuraavanlaisesti 1) konsentraation muutos siirtää reaktiota suuntaan, jossa konsentraatiomuutos osittain kumoutuu eli lisäämällä lähtöainetta tai vähentämällä tuotetta reaktio siirtyy oikealle ja poistamalla lähtöainetta tai lisäämällä tuotetta reaktio siirtyy vasemmalle, 2) paineen kasvattaminen siirtää reaktiota suuntaan, jossa kaasujen kokonaismäärä pienenee ja 3) lämpötilan kasvattaminen siirtää reaktiota endotermisen reaktion suuntaan. Muutoksi voidaan perustella myös laskennallisesti, kun otetaan huomioon, että tasapainovakion arvo pysyy muuttumattomana.

### 2.5.3 Tasapaino heterogeenisissä reaktioissa ja suolojen liukoisuus

Edellä kuvattiin tasapainotiloja homogeenisissä reaktioissa. Useat reaktiot ovat kuitenkin heterogeenisiä, eli reaktiossa aineita esiintyy vähintään kahdessa eri faasissa. Esimerkiksi suolan  $M_aX_b$  liukeneminen veteen tapahtuu seuraavan reaktion mukaisesti



Tasapainovakio reaktiolle on

$$K = \frac{[M^{r+}(aq)]^a \cdot [X^{s-}(aq)]^b}{[M_aX_b(s)]}$$

Kun kiinteän aineen konsentraatiota pidetään vakiona, voidaan se yhdistää reaktion tasapainovakion lausekkeeseen ja saadaan suolan liukoisuustuloksi kutsuttu tasapainovakio  $K_s = K \cdot [M_aX_b(s)]$ . Täten

$$K_s = [M^{r+}]^a \cdot [X^{s-}]^b$$

Liukoisuustuloa käytetään hyväksi esimerkiksi, kun selvitetään muodostuuko jossain reaktiossa saostuma. Tällöin liukoisuustulon arvoa verrataan suolan ionituloon  $Q$ . Suolan  $M_aX_b$  ionitulo on

$$Q = [M^{r+}]^a \cdot [X^{s-}]^b$$

Kuten huomataan ionitulon lauseke on muodoltaan sama kuin liukoisuustulo. Ero on kuitenkin siinä, että liukoisuustulossa ionien konsentraatiot ovat konsentraatiot tasapainotilanteessa, kun taas ionitulossa ionien konsentraatiot ovat konsentraatiot alussa, ennen kuin mitään reaktiota on tapahtunut.

Saostuman päättely tapahtuu seuraavanlaisesti:

$Q < K_s$  saostumista ei tapahdu

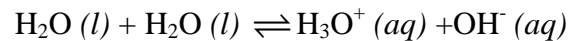
$Q = K_s$  tasapainotila

$Q > K_s$  tapahtuu saostumista

## 2.5.4 Happo- ja emäsreaktioiden tasapaino

Brønstedin happo-emäs -määritelmän mukaan happo on aine, joka luovuttaa protonin ( $H^+$ ) ja emäs puolestaan vastaanottaa protonin. Aine joka voi toimia sekä happona, että emäksenä on amfolyytti. Hapon ja emäksen välistä protoninsiirtoreaktiota kutsutaan protolyysiksi.

Vesi on amfolyytti ja se voi reagoida myös itsensä kanssa autoprotolyysireaktiona



Tasapainovakio tälle reaktiolle on

$$K = \frac{[H_3O^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]^2}$$

Koska veden konsentraatiota voidaan pitää vakiona, saadaan merkittävällä  $K_w = K \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2$  veden ionitulo  $K_w$

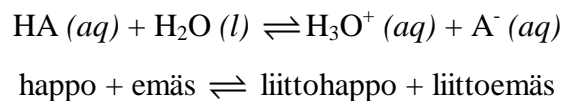
$$K_w = [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Veden ionitulon ja oksonium-ionikonsentraation avulla voidaan määrittää liuoksen happamuusaste eli  $pH$

$$pH = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+]$$

Hapot ja emäkset voivat protolysoitua osittain tai täydellisesti. Happoja ja emäksiä jotka protolysoituvat kyseessä olevassa liuoksessa täydellisesti kutsutaan vahvoiksi hapoiksi ja emäksiksi. Hapon ja emäksen happamuuden ja emäksisyyden suuruutta voidaan kuvata happo- ja emäsvakioilla, joka saadaan seuraavanlaisesti.

Yleisesti hapon HA protolyysi vedessä voidaan kuvata yhtälöllä



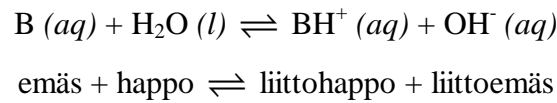
Reaktion tasapainovakion lausekkeeksi saadaan

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$$

Kun veden konsentraatiota voidaan pitää vakiona laimeissa liuoksissa, saadaan merkittävällä  $K_a = K \cdot [\text{H}_2\text{O}]$  hapon happovakion  $K_a$  lausekkeeksi

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Yleisesti emäksen B protolyysi vedessä voidaan kuvata yhtälöllä



Reaktion tasapainovakion lausekkeesta

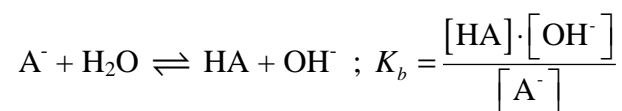
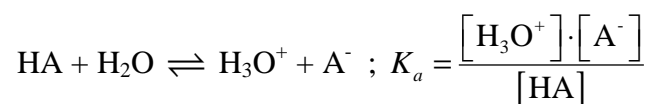
$$K = \frac{[\text{BH}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{B}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$$

saadaan edelleen, kun veden konsentraatiota pidetään vakiona laimeissa liuoksissa ja merkitsemällä  $K_b = K \cdot [\text{H}_2\text{O}]$  emäsvakioksi  $K_b$

$$K_b = \frac{[\text{BH}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$

Happo- ja emäsvakion arvo kertoo kuinka vahva happo tai emäs on. Mitä suurempi arvo happo- tai emäsvakiolla on, sitä vahvempi happo tai emäs on, ja sitä enemmän reaktio on tuotteiden puolella. Vahvojen happojen ja emästen osalla voidaan katsoa, että reaktio on kokonaan tuotteiden puolella. Heikkojen happojen ja emästen osalta reaktio on tapahtunut vain osittain.

Koska heikon hapon HA protolyysissä syntyvä liittoemäs  $\text{A}^-$  voi reagoida edelleen veden kanssa, syntyy heikon hapon vesiliuoksessa kaksi protolyysireaktiota ja happo- ja emäsvakiot



Happo- ja emäsvakioiden välillä on riippuvuus:

$$K_a \cdot K_b = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \cdot \frac{[\text{HA}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w$$

Eli vahvaa happoa vastaava emäs on heikko ja vahvaa emästä vastaava happo on heikko.

## **3 KEMIALLINEN REAKTIO KOULUOPETUKSESSA**

Suomessa opetus perustuu opetussuunnitelman perusteisiin ja vallitseviin lakeihin ja asetuksiin. Opetuksen määrä määräytyy valtakunnallisen tuntijaon mukaan. Seuraavissa kappaleissa on kerrottu yleistä kemian opiskelusta ja opetussuunnitelman perusteista, sekä eritelty opetussuunnitelman perusteita kemiallisen reaktion kannalta.

### ***3.1 Yleistä kemian opiskelusta***

Vuodesta 2006 lähtien kemian opiskelu on alkanut peruskoulussa vuosiluokalla viisi, jolloin oppilaat ovat noin 11-vuotiaita. Tätä aikaisemmin kemian opiskelu alkoi vuosiluokalla seitsemän. Kemiaa opiskellaan vuosiluokilla 5.-6. yhdessä fysiikan kanssa yhteensä kaksi vuosiviikkotuntia, kun yksi vuosiviikkotunti on 38 oppituntia. Vuosiluokilla 7.-9. kemia on erotettu fysiikasta omaksi oppiaineekseen, mutta sen opetusmäärä on ilmoitettu yhdessä fysiikan kanssa. Kemiaa ja fysiikkaa opiskellaan yhteensä seitsemän vuosiviikkotuntia vuosiluokilla 7.-9.

Lukio-opinnot muodostuvat pakollisista, syventävistä ja soveltavista kursseista. Syventävät kurssit ovat opiskelijalle valinnaisia, oppiaineen pakollisiin kursseihin liittyviä kursseja. Soveltavat kurssit ovat eheyttäviä kursseja, jotka sisältävät aineksia eri oppiaineista, menetelmäkursseja taikka saman tai muun koulutuksen järjestäjän järjestämiä ammatillisia opintoja tai lukion tehtävään soveltuvia muita opintoja (Anon. 2003). Lukiossa kemiaa on pakollisena kaikille yksi kurssi. Yksi kurssi vastaa noin 38 tunnin työtä. Tämän lisäksi syventävinä opintoina kemiaa tarjotaan neljä kurssia. Lisäksi koulut voivat järjestää halutessaan lisäkursseja. Pakollisten ja syventävien kurssien tavoitteet ja sisällöt on määritelty lukion opetussuunnitelman perusteissa.

### ***3.2 Yleistä opetussuunnitelman perusteista***

Opetussuunnitelman perusteet ovat opetushallituksen laatimat asiakirjat, jotka määrittelevät valtakunnallisesti opetuksen tavoitteet ja sisällöt. Opetuksen järjestäjä laatii koulukohtaiset opetussuunnitelmat, jotka noudattavat valtakunnallisia opetussuunnitelmia,

mutta tiettyjä painotuksia opetukseen voidaan asettaa. Opetussuunnitelman perusteet ovat määritelty erikseen perusopetukseen (POPS) ja lukio-opetukseen (LOPS). Opetussuunnitelman perusteiden tehtävänä on pyrkiä poistamaan opetuksen alueellisia eroja ja takaamaan opiskelijan oikeusturvan. Lukio-opetuksessa opetussuunnitelman perusteilla on erityisen tärkeä tasapuolistava tehtävä, sillä ylioppilaskoe on kaikille samanlaiset. Tämän vuoksi myös opetuksen pitäisi olla kaikille opiskelijoille samantasoista.

Suomessa opetussuunnitelman perusteita uusitaan noin kymmenen vuoden välein ja niiden tarkkuus vaihtelee. Opetussuunnitelman perusteiden laadinta noudattaa noin kymmenen vuoden uudistumissykliä. Viimeisimmät uudistukset perusopetuksen osalta ovat vuosilta 1994 ja 2004, sekä lukio-opetuksen osalta vuosilta 1985, 1994 ja 2003. Opetussuunnitelman perusteet vaihtelevat sisällöltään aina tiukoista normitetuista asiakirjoista väljiin ja vapaamuotoisiin ohjeisiin. Havaittavissa on, että ääripäät vuorottelevat heilurin omaisesti. Esimerkiksi vuoden 1985 lukion opetussuunnitelman perusteet olivat normimuotoinen sääntökokoelma, kun taas vuoden 1994 vastaava oli väljän epämääräinen. Vuonna 2003 palattiin tarkemmin määriteltyyn opetussuunnitelmaan kuin vuonna 1994, muttei kuitenkaan niin tarkkaan mitä vuonna 1985 oli.

### **3.2.1 Kemiallinen reaktio vuoden 2004 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa**

Vuosiluokilla 5.-6. kemian ja fysiikan opetus on yhdistetty ja opetuksen lähtökohtana on perusopetuksen opetussuunnitelman mukaisesti luonnontieteellisten taitojen ja havainnoinnin kehittäminen. Kemia on siis on arkipäivän asioihin keskittyvää. Keskeisinä sisältöinä ovat energia ja sähkö, luonnon rakenteet sekä aineet ympärillämme. Kemiallista reaktiota ei käsitteenä ole mainittu opetussuunnitelman perusteissa, mutta useat energiaan ja aineisiin liittyvät aiheet liittyvät kemiallisiin reaktioihin. Kemiallisen reaktion käsittely vuosiluokilla 5.-6. tapahtuu makroskooppisella tasolla. (Anon. 2004)

Vuosiluokilla 7.-9. kemian opiskelu on erotettu fysiikasta, ja kemialle on asetettu omat tavoitteet ja keskeiset sisällöt perusopetuksen opetussuunnitelmassa. Kemian opiskelun tavoitteena on saada havaintojen ja tutkimusten kautta käsitys erilaisista aineista ja ilmiöistä. Aineita ja ilmiöitä pyritään tulkitsemaan, selittämään ja mallintamaan.



Kemiallisen reaktion osalta opetussuunnitelman perusteissa kemiallisia reaktioita pyritään mallintamaan kemian merkkikielellä eli reaktioyhtälön avulla. Keskeisissä sisällöissä kemiallista reaktiota käsitellään reaktioyhtälön lisäksi reaktionopeuksien vertailussa ja reaktioyhtälön tasapainottamisessa. Kemiallisen reaktion käsittely tapahtuu makrotason lisäksi mikrotasolla ja symbolisella tasolla. Määrällisesti kemiallisen reaktion käsittelyyn käytetty aika perusopetuksen vuosiluokilla 7.-9. on noin 10 % koko kemian opetukseen käytetystä ajasta. (Anon. 2004)

### **3.2.2 Kemiallinen reaktio vuoden 1994 lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa**

Vuoden 1994 lukion opetussuunnitelman perusteet olivat kovin väljät. Tarkkoja sisältöjä kurseille ei oltu asetettu, ja tavoitteet sekä kurssikuvaukset olivat jokseenkin epämääräisiä. Yleisenä tavoitteena oli kuitenkin asetettu, että oppilas ”ymmärtää kemian keskeisimmät peruskäsitteet, tuntee erilaisia elämälle välttämättömiä aineita ja kemiallisia reaktioita” (Anon. 1994). Myös kurssikohtaisissa tavoitteissa sana ”reaktio” oli mainittu usein syventävien kurssien kohdalla. Kaikille pakollisen kurssin kohdalla reaktiota ei oltu mainittu. Kemialliseen reaktioon oli viitattu epäsuorasti esimerkiksi syventävien kurssien yleistavoitteissa, joissa oppilas ”osaa käsitellä kemiallista tietoa myös kvantitatiivisella tasolla” (Anon 1994). Kurssikohtaisista sisällöistä kurssilla ”Elämän kemia” oli mainittu ”Opiskellaan orgaanista kemiaa ja tutkitaan erityisesti elollisen luonnon tärkeitä alkuaineita, yhdisteitä ja reaktioita.” (Anon 1994). ”Kemian elementit” kurssilla puolestaan puhuttiin ”Tutkitaan aineiden ominaisuuksia ja aineiden välisiä reaktioita sekä opitaan tekemään päätelmiä havaittujen säännönmukaisuuksien perusteella.” (Anon 1994). Myös viimeisellä syventävällä kurssilla eli ”Tutkimus, teknologia ja ympäristö” kurssilla mainittiin reaktio hieman laajemmassa kontekstissa ”Tutkitaan kemiallisen reaktion kinetiikkaa ja tasapainoa ja niiden soveltamista teollisuuden prosesseissa ja esiintymistä ympäristössä.” (Anon 1994). Vuoden 1994 lukion kemian opetussuunnitelman perusteiden mukaiset tavoitteet ja sisällöt kemiallisen reaktion kannalta on koottu taulukossa yksi.

Taulukko 1: Vuoden 1994 lukion opetussuunnitelman perusteiden tavoitteita ja sisältöjä kemiallisen reaktion kannalta

Kurssi	Kemiallinen reaktio kurssin tavoitteissa	Kemiallinen reaktio kurssin sisällössä
Yleinen osuus	"ymmärtää kemian keskeisimmät peruskäsitteet, tuntee erilaisia elämälle välttämättömiä aineita ja kemiallisia reaktioita"	-
Kemia-kokeellinen luonnontiede	-	-
Elämän kemia	-	"Opiskellaan orgaanista kemiaa ja tutkitaan erityisesti elollisen luonnon tärkeitä alkuaineita, yhdisteitä ja reaktioita."
Kemian elementit	-	"Tutkitaan aineiden ominaisuuksia ja aineiden välisiä reaktioita sekä opitaan tekemään päätelmiä havaittujen säännönmukaisuuksien perusteella."
Tutkimus, teknologia ja ympäristö	-	"Tutkitaan kemiallisen reaktion kinetiikkaa ja tasapainoa ja niiden soveltamista teollisuuden prosesseissa ja esiintymistä ympäristössä."

Koska vuoden 1994 lukion opetussuunnitelman perusteet koettiin yleisellä tasolla epäselviksi, olihan edellinen vuoden 1985 vastaava dokumentti ollut sääntökirjamainen kokoelma, julkaisi Opetushallitus opetussuunnitelmaa avaavia teoksia. Esimerkiksi Meisalon ja Lavosen kirjoittamassa julkaisussa *"Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa"* kurssien tavoitteita ja sisältöjä on selitetty tarkemmin, verrattuna virallisiin lukion opetussuunnitelmien perusteisiin. Kaikille pakollisen kurssin sisältöihin oli ehdotettu "Opitaan tuntemaan aineen rakenteen ja kemiallisten reaktioiden päätyypit sekä opitaan tekemään johtopäätöksiä siitä, miten ilmiöitä voidaan soveltaa käytäntöön." (Meisalo *et al.* 1994). Kurssisisältöjä oli vielä tarkennettu siten, että kurssilla voidaan käydä sisältöalue kuten "kemiallisen reaktion nopeus, katalyyysi, reaktion käänteisyys" (Meisalo *et al.* 1994). Syventävien kurssien kohdalla esimerkiksi kurssille "Kemian elementit" oli ehdotettu sisältöalueet "reaktioyhtälö ja sen kvantitatiivinen esittäminen" ja "energian muutokset kemiallisessa reaktiossa" (Meisalo *et al.* 1994). Puolestaan kurssille "Elämän kemia" oli ehdotettu sisältöalueeksi "tärkeimmät [orgaaniset] funktionaaliset ryhmät ja niiden reaktiot" (Meisalo *et al.* 1994). Kurssille "Tutkimus, teknologia ja ympäristö" oli sisältöalueeksi ehdotettu "reaktion kinetiikka ja kemiallinen tasapaino, tasapainoon siirtäminen, happo-emästasapaino" (Meisalo *et al.* 1994). Soveltavien kurssien osalta oli ehdotettu esimerkiksi kemian työkurssia, jolla tutustuttaisiin alueeseen "reaktionopeuteen vaikuttavien seikkojen tutkiminen" (Meisalo *et al.* 1994).

### 3.2.3 Kemiallinen reaktio vuoden 2003 lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa

Vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteissa kemian opetusta kuvataan siten, että ”Opetus auttaa ymmärtämään jokapäiväistä elämää, luontoa ja teknologiaa sekä kemian merkitystä ihmisen ja luonnon hyvinvoinnille tutkimalla aineita, niiden rakenteita ja ominaisuuksia sekä aineiden välisiä reaktioita.” (Anon. 2003). Kemian opetukselle pidetään luonteenomaisena ilmiöiden kuvaamista kemian merkkikielellä. Ilmiöiden matemaattinen käsittely eli stoikiometria koetaan opetukselle luonteenomaisena (Anon 2003). Alla on eritelty kurssikohtaisia tavoitteita ja keskeisiä sisältöjä kemiallisen reaktion kannalta (ks. myös taulukko 2).

Kaikille pakolliselle ensimmäiselle kurssille ”Ihminen ja elinympäristön kemia” on asetettu tavoitteiksi, että opiskelija ”osaa orgaanisten yhdisteiden rakenteita, niiden ominaisuuksia ja reaktioita sekä ymmärtää niiden merkityksen ihmiselle ja elinympäristölle” sekä ”osaa tutkia kokeellisesti orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja reaktioita, tuntee erotus- ja tunnistamismenetelmiä sekä osaa valmistaa liuoksia”. Keskeiseksi sisällöksi kurssille on asetettu ”orgaanisten yhdisteiden hapettumis- ja pelkistymisreaktioita sekä protoninsiirtoreaktioita” (Anon 2003).

Toiselle lukion kurssille, eli ensimmäiselle syventävälle kurssille, ”Kemian mikromaailma” on asetettu tavoitteeksi, että opiskelija ”osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen aineiden rakenteeseen, ominaisuuksiin ja reaktioihin liittyviä ilmiöitä”. Keskeiseksi sisällöksi ei puolestaan ole asetettu suoranaisesti kemialliseen reaktioon liittyviä ilmiöitä (Anon 2003).

Kolmannelle kurssille ”Reaktiot ja energia” on kaikki asetetut tavoitteet liitoksissa kemialliseen reaktioon. Tavoitteina ovat, että opiskelija ”ymmärtää kemiallisen reaktion tapahtumiseen vaikuttavia tekijöitä sekä niiden merkityksen elinympäristössä (teollisuus)”, ”ymmärtää energian sitoutumisen ja vapautumisen kemiallisissa reaktioissa sekä niiden merkityksen yhteiskunnassa”, ”osaa kirjoittaa reaktioyhtälöitä ja käsitellä reaktioita matemaattisesti” ja ”osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen reaktioihin, reaktionopeuteen ja -mekanismeihin liittyviä ilmiöitä” (Anon. 2003). Kolmannelle kurssille asetetut keskeiset sisällöt ovat kaikki sidoksissa kemialliseen reaktioon. Keskeiset

sisällöt ovat ”kemiallisen reaktion symbolinen ilmaisu”, ”epäorgaanisia ja orgaanisia reaktiotyyppejä, mekanismeja sekä sovelluksia”, ”stoikiometrisia laskuja, kaasujen yleinen tilanyhtälö”, ”energianmuutokset kemiallisessa reaktiossa” ja ”reaktionopeus ja siihen vaikuttavat tekijät” (Anon. 2003).

Neljännellä kurssilla ”Metallit ja materiaalit” tavoitteena on, että opiskelija ”tuntee hapettimia ja pelkistimiä ja niiden käyttöä sekä osaa kirjoittaa hapettumis-pelkistymisreaktioita” keskeisenä sisältönä puolestaan on ”hapettumis-pelkistymisreaktiot” (Anon. 2003).

Viimeisellä syventävällä kurssilla, eli viidennellä kurssilla ”Reaktiot ja tasapaino” kaikki tavoitteet liittyvät kemialliseen reaktioon. Tavoitteina on, että opiskelija ”ymmärtää reaktion tasapainotilan muodostumisen ja niihin liittyviä laskennallisia tasapainosovelluksia”, ”ymmärtää tasapainon merkityksen ja tutustuu tasapainoon teollisuuden prosesseissa ja luonnon ilmiöissä” ja ”osaa tutkia kokeellisesti ja malleja käyttäen kemialliseen tasapainoon liittyviä ilmiöitä” (Anon. 2003). Myös kaikki keskeiset sisällöt liittyvät kemialliseen reaktioon. Keskeiset sisällöt kurssilla ovat ”reaktiotasapaino”, ”happo-emästatasapaino, vahvat ja heikot protolyytit, puskuriliuokset ja niiden merkitys”, ”liukoisuus ja liukoisuustasapaino” ja ”tasapainoon liittyvät graafiset esitykset” (Anon. 2003).

Lukiossa kemiallinen reaktio on laaja kokonaisuus, joka esiintyy läpi kaikkien kurssien. Erityisesti kurssit kolme ja viisi käsittelevät paljon kemiallista reaktiota. Myös muilla kursseilla kemiallinen reaktio on keskeisenä sisältönä, tai ainakin kurssin tavoitteissa. Kemiallinen reaktio liittyy käsitteenä noin puoleen lukion oppimäärästä, joten se on keskeinen sisältö lukion kemian opiskelussa.

Taulukko 2: Vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteiden tavoitteita ja sisältöjä kemiallisen reaktion kannalta

Kurssi	Kemiallinen reaktio kurssin tavoitteissa	Kemiallinen reaktio kurssin sisällössä
Ihmisen ja elinympäristön kemia	"osaa orgaanisten yhdisteiden rakenteita, niiden ominaisuuksia ja reaktioita sekä ymmärtää niiden merkityksen ihmiselle ja elinympäristölle" "osaa tutkia kokeellisesti orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja reaktioita, tuntee erotus- ja tunnistamismenetelmiä sekä osaa valmistaa liuoksia".	"orgaanisten yhdisteiden hapettumis- ja pelkistymisreaktioita sekä protoninsiirtoreaktioita"
Kemian mikromaailma	"osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen aineiden rakenteeseen, ominaisuuksiin ja reaktioihin liittyviä ilmiöitä"	-
Reaktiot ja energia	"ymmärtää kemiallisen reaktion tapahtumiseen vaikuttavia tekijöitä sekä niiden merkityksen elinympäristössä (teollisuus)" "ymmärtää energian sitoutumisen ja vapautumisen kemiallisissa reaktioissa sekä niiden merkityksen yhteiskunnassa" "osaa kirjoittaa reaktioyhtälöitä ja käsitellä reaktioita matemaattisesti" "osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen reaktioihin, reaktionopeuteen ja -mekanismeihin liittyviä ilmiöitä"	"kemiallisen reaktion symbolinen ilmaisu" "epäorgaanisia ja orgaanisia reaktiotyyppejä, mekanismeja sekä sovelluksia" "stoikiometrisia laskuja, kaasujen yleinen tilanyhtälö" "energianmuutokset kemiallisessa reaktiossa" "reaktionopeus ja siihen vaikuttavat tekijät"
Metallit ja materiaalit	"tuntee hapettimia ja pelkistimiä ja niiden käyttöä sekä osaa kirjoittaa hapettumis- pelkistymisreaktioita"	"hapettumis-pelkistymisreaktiot"
Reaktiot ja tasapaino	"ymmärtää reaktion tasapainotilan muodostumisen ja niihin liittyviä laskennallisia tasapainosovelluksia" "ymmärtää tasapainon merkityksen ja tutustuu tasapainoon teollisuuden prosesseissa ja luonnon ilmiöissä" "osaa tutkia kokeellisesti ja malleja käyttäen kemialliseen tasapainoon liittyviä ilmiöitä"	"reaktiotasapaino" "happo-emästasapaino, vahvat ja heikot protolyytit, puskuriliuokset ja niiden merkitys" "liukoisuus ja liukoisuustasapaino" "tasapainoon liittyvät graafiset esitykset"

## 4 KEMIALLISEN REAKTION YMMÄRTÄMINEN

Kemiallinen reaktio on tärkeä käsite kouluopetuksessa, koska se on koulussa laajasti käsiteltävä ilmiö ja liittyy oleellisesti jokapäiväiseen elämäämme. Oppilaiden käsityksiä kemiallisesta reaktiosta on tutkittu laajasti, ja on todettu, että kemiallisen reaktion oppiminen on haasteellista (Aksela, 2006).

### 4.1 Kemiallisen reaktion ymmärtämiseen liittyvät käsitykset

Tutkimuksen mukaan suomalaisista lukio-opiskelijoista vain 6 % ymmärtää kemiallisen reaktion syvällisesti, kun 20 % ei ymmärrä asiaa lainkaan (Ahtee *et al.* 1998). Tämä johtuu siitä, että kemiallisen reaktion syvälinen ymmärtäminen vaatii laajaa kemiallista ymmärrystä. Ymmärrystä tarvitaan lähinnä molekyyllisellä tasolla, joka selittää miksi ja miten reaktio tapahtuu. Tähän puolestaan vaikuttavat esimerkiksi aineen ominaisuudet, reaktiomekaniikka, reaktioreitti, energia ja ulkoiset olosuhteet, jotka ovat kemialliseen reaktioon liittyviä käsitteitä (Justi 2002). Opiskelijat perustelevat kemiallisen reaktion usein arkielämään liittyvillä asioilla ja havainnoilla eli asiaa yritetään ymmärtää käsitteellisellä tasolla molekyyllitason sijaan. Tämä lisää edelleen sekaannusta kemiallisen reaktion ymmärryksessä. (Hesse *et al.* 1992)

Yarroch on tutkimuksessaan todennut, että oppilaat käsittelevät usein kemiallista reaktiota symbolisella tasolla, unohtaen kemialliset lait ja teoriat, ja tekevät kemiallisesta reaktiosta matemaattisen ongelman (Yarroch 1985). Tämä johtaa kemiallisen reaktion näennäiseen osaamiseen, esimerkiksi reaktioyhtälöiden kirjoittamisen osaamiseen, mutta todellinen ymmärrys puuttuu. Vastaavanlaiseen tulokseen on päätyneet myös Ahtee ja Varjola, tutkiessaan suomalaisia peruskoulun 7.-9. -luokkalaisten, lukiolaisia ja yliopiston aloittaneita kemian opiskelijoita. Tutkimuksessa kävi ilmi, että ne oppilaat, joilla oli kemiallisesta reaktiosta vain vähän ymmärrystä, antoivat perusteluksi reaktioyhtälön, mutta eivät todellisuudessa osanneet selittää mitä reaktiossa tapahtui. (Ahtee *et al.* 1998)

Jotta oppilaat ymmärtävät kemiallisen reaktion, tulee heidän osata lukuisia käsitteitä, kuten aine, yhdiste, seos, atomi ja molekyyli. Heidän tulee ymmärtää myös se, että atomit uudelleen järjestäytyvät reaktiossa muodostaessaan uusia aineita, joilla on erilaiset

kemialliset ominaisuudet verrattuna lähtöaineisiin. Mikäli oppilas ei erota terminologiaa toisistaan, on ymmärrys usein heikkoa. Terminologia usein myös sekoittaa asioita toisiinsa, kuten puhuttaessa aineesta atomin sijaan. Myös käsitteet fysikaalinen ja kemiallinen muutos sekaantuivat jopa 80 %:lla oppilaista. Tällöin oppilaalla on tiedollinen ongelma havaitsemiensa makroskooppisten asioiden ja tieteellisten mikroskooppisten asioiden välillä. (Ahtee *et al.* 1998)

Koska tässä tutkimuksessa keskitytään kemiallisen reaktion osalta stoikiometriaan ja tasapainoihin, on kemiallisen reaktion ymmärtämistä tarkasteltu enemmän seuraavissa kappaleissa stoikiometrian ja tasapainotilojen kautta.

#### **4.1.1 Stoikiometria**

Stoikiometriaa on tutkittu paljon oppimisen kannalta. Syy tähän on se, että stoikiometriaa käsitellään kouluissa laajasti sekä se että sen oppiminen koetaan hankalaksi ja epämotivoivaksi. (Fach *et al.* 2007)

Saksalaisessa tutkimuksessa tutkittiin oppilaiden tapaa ratkaista stoikiometrisiä tehtäviä. Oppilaat käsittelevät stoikiomertisia tehtäviä usein algoritmisillä menetelmillä, eli laskevat ja ratkaisevat laskun vaiheittain. Saman opettajan oppilailla on samanlainen algoritmien menetelmä, joka on opettajan heille opettama. Opettajan opettamaa menetelmää käyttävät erityisesti oppilaat, jotka ovat aloittelijoita stoikiometrisissä laskuissa. (Fach *et al.* 2007) Ruotsalaisessa tutkimuksessa puolestaan todettiin, että käytettyjen menetelmien käyttö riippuu tehtävän vaikeudesta. Osa menetelmistä on matemaattisia ja osa ei-matemaattisia päättelyyn perustuvia menetelmiä. (Schmidt *et al.* 2003)

Stoikiometriaan liittyy paljon oppilaille uusia käsitteitä, jotka kuulostavat oppilaasta usein toistensa kaltaisilta. Tällaisia käsitteitä ovat esimerkiksi mooli, moolimassa, ainemäärä, hiukkasmäärä jne. Oppilailla tulisi olla aikaa tarkastella näitä käsitteitä ja määritelmiä stoikiometristen laskujen aikana, sillä muuten niiden väärinymmärrys voi johtaa koko tehtävän väärinymmärrykseen. (Fach *et al.* 2007)

Toisinaan stoikiometrisen laskun ratkaiseminen voi mennä väärin jo reaktioyhtälöä muodostaessa. Sanger käytti tutkimuksessaan Nurrenbernin ja Pickeringin kehittämää menetelmää, jossa stoikiometrisen laskun ratkaisemisessa käytetään hyväksi piirtämistä. Oppilaille annettiin piirretty reaktioyhtälö, joka piti ilmaista tavallisena reaktioyhtälönä. Vain 15 % 156:sta oppilaasta osasi muodostaa oikean reaktioyhtälön. Väärinymmärryksiä oli esimerkiksi käsitteissä ”3 C” ja ”C<sub>3</sub>”, myös reagoimaton aine jätettiin usein reaktioyhtälöön, eli reaktioyhtälö ei ollut yksinkertaisimmassa muodossa. (Sanger 2005)

Etelä-Afrikkalaisessa tutkimuksessa on eritelty yksittäisen stoikiometrisen tehtävän ratkaisuun liittyviä vaikeuksia yliopiston yleisen kemian kurssilla. Opiskelijat olivat tekniikan, lääketieteen, farmasian ja biologian opiskelijoita. Otos oli yhteensä yli 500. Opiskelijoille annettiin yksinkertainen stoikiometrinen lasku, jossa piti tasapainottaa reaktioyhtälö, laskea lähtöaineiden ainemäärät, määrittää rajoittava reagenssi ja laskea muodostuvan tuotteen määrä. Lähtöaineiden ja tuotteiden kaavat oli annettu valmiiksi. Vain 38 % opiskelijoista pystyi ratkaisemaan kaikki vaiheet. Reaktioyhtälön tasapainottaminen sujui lähes kaikilta (91 %) ja ainemäärien laskeminenkin suurelta osalta (76 %). Ongelmaksi muodostui rajoittava reagenssi, jonka määrittäminen onnistui enää 45 %:lta opiskelijoista. Suurimmat ongelmat rajoittavan reagenssin osalta väärin ratkaistuissa tehtävissä olivat 1) rajoittava reagenssi pääteltiin suoraan stoikiometrisistä kertoimista, laskematta ainemääriä ja 2) rajoittava reagenssi pääteltiin todellisten ainemäärien avulla, huomioimatta reaktioyhtälön kertoimia. (Huddle 1996) Tässä tutkimuksessa käy hyvin ilmi, että jos reaktioyhtälön lähtöaineet ja tuotteet ovat annettu valmiiksi, niin myös tasapainotus onnistuu hyvin, ongelmia tulee vasta muissa vaiheissa.

### **4.1.2 Tasapaino**

Oppilaat opiskelevat yleensä kemiallista reaktiota ennen kemiallista tasapainoa. Kemiallisen reaktion yhteydessä oppilaille voi jäädä tiettyjä käsityksiä kemiallisesta reaktiosta, jotka eivät välttämättä päde kemiallisen tasapainon ollessa kyseessä. Tällöin kemialliseen tasapainoon liittyvät vaikeudet ovat syvällä käsitteellisellä tasolla. Käsitysten muuttaminen kemialliseen tasapainoon sopiviksi voi olla hankalaa. Tutkimuksessa esitettyjä käsityksiä, joita oppilailla on kemiallisen reaktion opetteluun jälkeen, ovat esimerkiksi 1) kemiallinen reaktio tapahtuu yhteen suuntaan, 2) kemiallinen reaktio



tapahtuu täydellisesti ja 3) kemiallisen reaktion voi havaita makroskooppisella tasolla. Kemiallisen tasapainon ollessa kyseessä edellä mainituista käsityksistä tulee ongelmallisia, sillä 1) kemialliset reaktiot ovat usein käänteisiä, 2) kemiallinen reaktio voi tapahtua osittain ja 3) kemiallinen reaktio voi olla luonteeltaan dynaaminen, jolloin makroskooppinen havainto ei kerro reaktion kulusta mitään. (van Driel *et al.* 1998)

Reaktion käänteisyys on oppilaista hankala ymmärtää, sillä oppilaat ajattelevat, että fysikaaliset muutokset voivat tapahtua molempiin suuntiin, mutta kemialliset eivät. Oppilaat ajattelevat usein, että kemiallisessa reaktiossa lähtöaine häviää ja tuhoutuu lopullisesti, joten se ei voi enää ”palata” takaisin ja reagoida käänteisesti. Lähtöaineiden epätäydellistä muuntumista oppilaiden on hankala ymmärtää ja he epäilevät, että lähtöaineita pitää sekoittaa paremmin, tai että reaktio-olosuhteita tulee muuttaa, jotta reaktio menisi loppuun. Koska oppilaat eivät ymmärrä reaktion käänteisyyttä, on heidän hankala ymmärtää reaktion tapahtumista osittain. Tämä taas aiheuttaa sen, että oppilaat eivät ymmärrä dynaamista tasapainoa. (van Driel *et al.* 1998)

Vaikka oppilailla on käsitteellisiä vaikeuksia kemiallisen tasapainon oppimisen kanssa, heille opetetaan yksityiskohtaisesti mitä reaktiolle tapahtuu reaktio-olosuhteita muuttamalla, vaikka huomio pitäisi kiinnittää aluksi tasapainon syvälliseen ymmärtämiseen. Yksityiskohtainen reaktio-olosuhteiden muutoksen opetus tapahtuu usein opettamalla Le Châtelier –periaate, vaikka sen käyttöä opetuksessa on kritisoitu monissa tutkimuksissa. Le Châtelier –periaatetta ei pitäisi opettaa oppilaille ennen tasapainon syvällistä ymmärtämistä, sillä oppilaat opiskelevat periaatteen ulkoa, käyttävät sitä tilanteissa, joissa sitä ei voi käyttää ja käyttävät sitä muutenkin väärin. (van Driel *et al.* 2002)

Oppilailla esiintyy väärinymmärryksiä myös tasapainovakioon liittyvissä käsitteissä. Tällaisia ovat esimerkiksi 1) tasapainovakion arvo ei ole vakio, 2) tasapainovakio ei riipu lämpötilasta, 3) katalyytti vaikuttaa etenevään ja käänteiseen reaktioon eritavalla ja 4) tasapainovakion suuri arvo kertoo reaktion suuresta nopeudesta. Oppilailla voi olla ongelmia myös ratkaistaessa tasapainovakion arvoa matemaattisesti. (van Driel *et al.* 2002)

Toinen laskennallinen vaikeus, joka oppilailla esiintyy tasapainovakioon liittyen on approksimaatio. Huddle ja Pillay tutkivat Etelä-Afrikkalaisia yliopisto-opiskelijoita tasapainoon liittyen. He antoivat tasapainoon liittyvän perustehtävän, jossa piti laskea tasapainovakion arvo. Tehtävänannossa erikseen kehoitettiin käyttämään approksimaatiota. 29 % tutkituista yli kuudesta sadasta opiskelijasta ei käyttänyt approksimaatiota ja 11 % käytti sitä väärin. Tutkimuksessa esiintyi myös muita vaikeuksia tasapainoon liittyen. 25 % opiskelijoista ei osannut muodostaa konsentraation muutoksesta johtuvaa tasapainokonsentraatiota oikein, vaan he käyttivät stoikiometrisia kertoimia väärin tai ei ollenkaan tehtävän ratkaisussa. Myös tilavuuden huomioon ottaminen unohtui 9 %:lta opiskelijoista. (Huddle *et al.* 1996)

## 5 ARVIOINTI JA YLIOPPILASTUTKINTO

Lukiolain mukaan arvioinnin tarkoituksena on tukea koulutuksen kehittämistä ja parantaa oppimisen edellytyksiä. Yksittäisen opiskelijan arvioinnissa tarkoituksena on ohjata ja kannustaa opiskelua sekä kehittää oppilaan itsearviointia. Lukiolain mukaan lukiokoulutus päättyy ylioppilastutkintoon, jonka avulla selvitetään ovatko opiskelijat omaksuneet lukion opetussuunnitelman perusteissa mainitut tiedot ja taidot. Myös opiskelijan kypsyys arvioidaan. Ylioppilastutkinto antaa yleisen korkeakoulukelpoisuuden, joten arvioinnin tulee olla suhteellista. Nykyisin yhä useampaan korkeakouluun haettaessa ylioppilastutkinnosta saa lisäpisteitä ja osa valinnoista tapahtuu jopa pelkän ylioppilastutkinnon perusteella, joten arvioinnin suhteellisuuden merkitys on suuri.

### 5.1 Yleistä arvioinnista ja arvostelusta

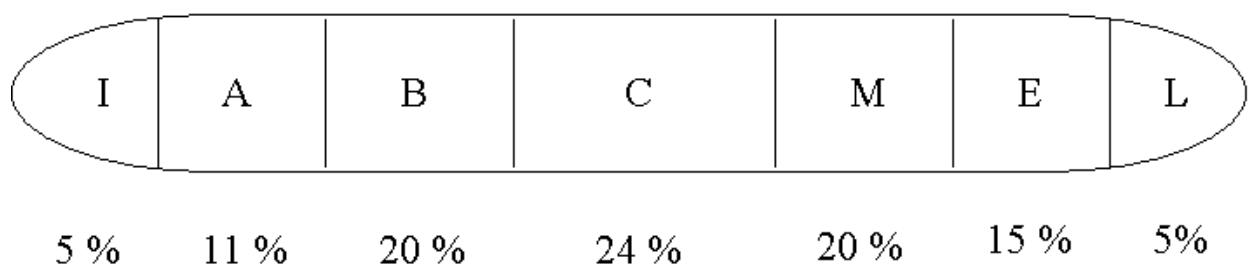
Arviointi on opetus-oppimisprosessin tärkeä osa. Arvioinnin tarkoituksena on edistää ja tukea oppimista ja opettamista, sekä motivoida oppijaa. Arvioinnin tehtävänä on selvittää oppimisen laatua ja määrää, sekä verrata sitä asetettuihin tavoitteisiin. Arviointi voi ajoittua opetus-oppimisprosessin eri vaiheisiin seuraavasti: Diagnostinen arviointi kartoittaa oppijan lähtötason ennen jotain tiettyä suoritusta, ja sen tarkoituksena on kohdentaa opetusta oikeaan suuntaan. Formatiiivinen arviointi seuraa oppijan oppimista jonkin suorituksen aikana. Summatiivinen arviointi selvittää oppimisen tason jonkin tietyn kokonaisuuden päätteeksi. (Koppinen *et al.* 1999, Lavonen *et al.* 1997)

Puhuttaessa arvostelusta tarkoitetaan yleensä jonkin tietyn arvosanan antamista arvioinnin perusteella (Koppinen *et al.* 1999). Suomessa peruskoulussa ja lukiossa käytetään yleisesti numeroarvostelua asteikolla 4-10, mutta myös sanallista arvostelua annetaan erityisesti alemmilla luokkatasoilla. Ylioppilastutkinnossa annetaan arvostelu kirjainarvostelulla asteikolla L-I (laudatur (L), eximia cum laude approbatur (E), magna cum laude approbatur (M), cum laude approbatur (C), lubenter approbatur (B), approbatur (A), improbatur (I)).

Arvostelu voi olla absoluuttista, tavoitteellista tai suhteellista. Absoluuttisessa arvostelussa oppijan suoritusta verrataan johonkin ennalta määrättyyn kriteeriin tai tavoitteeseen. Korkeimman arvosanan voi saada siis vain täydellisellä tai lähes täydellisellä suorituksella.

Absoluuttisen arvioinnin ongelmana on kriteerien määrittely ja niiden vertaaminen suoritukseen. Parhaiten absoluuttinen arvostelu toimii matemaattisissa aineissa. Tavoitteellisessa arvostelussa arviointi suhteutetaan asetettuihin oppimistavoitteisiin. Tavoitteellisessa arvioinnissa on ongelmana se, että eri oppijoille on voitu asettaa erilaisia tavoitteita, ja tällöin myös arvostelun tulee olla erilaista. Suhteellisessa arvioinnissa arvostelu määräytyy sen mukaan minkälaisia tuloksia muut oppijat eli vertailuryhmä saa. Suhteellisessa arvioinnissa oppijoiden suoritukset asetetaan paremmuusjärjestykseen ja tämän jälkeen määräytyvät arvosanat esimerkiksi tiettyjen prosenttiosuuksien mukaan. Suhteellista arviointia käytetään yleisesti kouluissa, jolloin vertailuryhmänä voi olla oma ryhmä tai vuosiluokka.

Ylioppilastutkinnossa käytetään suhteellista arviointia ja vertailuryhmänä on tällöin tietty valtakunnallinen ikäluokka. Ylioppilaskokeessa arvosanojen prosenttiosuudet ovat määräytyneet keskimäärin siten, että laudaturin saa 5 %, eximia cum laude approbaturin 15 %, magna cum laude approbaturin 20 %, cum laude approbaturin 24 %, lubentur approbaturin 20 %, approbaturin 11 % ja improbaturin 5 % kaikista kokeeseen osallistuneista (ks. kuva 6). Pientä poikkeavuutta voi olla eri tutkintokerroilla tai tiettyjen aineiden kohdalla, joissa kokeeseen osallistuneiden otos ei ole riittävän suuri. Esimerkiksi syksyllä 2006 latinan pitkän oppimäärän kirjoittajia oli vain 13 kokelasta, joista 46 % sai laudaturin, kaikki kokelaat saivat vähintään cum laude approbaturin (Anon. 1997-2006). Näin pienissä otoksissa suhteellista arviointia ei ole järkevä käyttää. (mm. Koppinen *et al.* 1999, Anon. 2006a)



Kuva 6: Ylioppilaskokeiden arvosanajakauma

Arvioinnin merkitys on oppijan kannalta ohjaava ja motivoiva, mutta myös muut tahot saavat arvioinnista hyötyä. Esimerkiksi opettaja voi muuttaa opetustaan, koulu yhteisö ja opetushallinto kehittää opetussuunnitelmiaan, työnantaja asettaa hakijoita järjestykseen,

sekä muut oppilaitokset asettaa arvioinnin kautta pääsyvaatimuksiaan. (Lavonen *et al.* 1997) Esimerkiksi vuonna 2006 korkeakoulut ovat antaneet suoraan opiskelupaikan tai hyvitystä opiskelijavalinnassa ylioppilastutkinnon perusteella seuraavanlaisesti Helsingin yliopistossa: Matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan fysiikan ja kemian koulutusohjelmiin on päässyt opiskelemaan suoraan ylioppilaskokeen fysiikan tai kemian arvosanalla *eximia cum laude approbatur*. Lääketieteellinen tiedekunta puolestaan on antanut alkupisteitä opiskelijavalinnassa yhteensä viidestä eri kokeesta, äidinkielen ja toisen kotimaisen kielen kokeesta, sekä kolme parhaasta arvosanasta seuraavissa kokeissa: pitkä vieras kieli, matematiikan koe ja kaksi reaaliaineen koetta. Myös muissa tiedekunnissa ja muissa yliopistoissa ja korkeakouluissa on annettu lisäpisteitä tai suora opiskelupaikka ylioppilaskokeiden perusteella. (Noponen 2006)

Arvioinnin tulee olla julkista ja luotettavaa. Ylioppilastutkinnossa arvioinnin julkisuus on esillä ylioppilaslautakunnan antamien tilastojen kautta erilaisissa artikkeleissa ja julkaisuissa. Arviointi on myös kaikkien saatavilla ylioppilastutkintolautakunnan internetsivuilla ([www.ylioppilastutkinto.fi](http://www.ylioppilastutkinto.fi)) ja median ”ranking-listojen” kautta iltapäivälehdissä. Ylioppilastutkinnon tulosten avulla kouluja on yritetty laittaa paremmuusjärjestykseen vain lopputuloksen avulla, ottamatta huomioon lähtökohtia ja resursseja. Arvioinnin luotettavuudessa on huomioitava seuraavia seikkoja: On arvioitava sitä mitä on aikonut eli arvioitavat asiat on ennalta määrättyjä. Arvioitaessa kaikille käytetään samaa vaatimustasoa, jolloin myös objektiivisuus ja johdonmukaisuus ovat itsestäänselvyksiä. On myös arvioitava sitä mitä on opettanut.

Ylioppilastutkinnossa arvioinnin luotettavuus tulee hyvin toteutettua, sillä opettajat korjaavat opiskelijoiden kokeet alustavasti, jonka jälkeen lopullisen arvioinnin tekee ylioppilaslautakunnan sensori. Opettajilla ja sensoreilla on yleiset ohjeet, joiden mukaan arviointi tehdään. Ohjeita laativat eri opettajajärjestöt ja ylioppilastutkintolautakunta. Mikäli opettajan tekemä alustava arviointi muuttuu oleellisesti sensorin arvioinnissa, käytetään yleensä vielä toista sensoria. Myös tarkistusarvostelua on mahdollista pyytää, mikäli epäilee koesuorituksen virheellistä arviointia, tällöin kokeen arvioi kaksi uutta ylioppilaslautakunnan asettamaa arvostelijaa (Anon. 2006b). (Koppinen *et al.* 1999)

## 5.2 Yleistä ylioppilastutkinnosta

Ylioppilastutkinto on valtakunnallinen lukio-opetuksen päättävä moniosainen koe. Kokeen tarkoituksena on mitata lukiossa opittuja tietoja, taitoja ja kypsyttä. Ylioppilaskokeita on järjestetty vuodesta 1852 asti. Ylioppilaskokeen suorittajien määrä on kasvanut vuosien varrella siten, että tutkinnon alkuvuosina tutkinnon suoritti noin 70 henkilöä, vuonna 1920 noin 100 henkilöä ja vuonna 1950 noin 4000 henkilöä. Tästä lähtien tutkinnon suorittaneiden määrä on kasvanut tasaisesti siten, että 2000-luvun alussa tutkinnon suoritti noin 35000 henkilöä, eli noin puolet ikäluokasta. (Anon. 2006a)

Ylioppilaskoe on rakenteeltaan kirjallinen. Tutkinnon alkuaikoina käytössä olivat suulliset kokeet, mutta jo 1900-luvun alussa kokeet muutettiin kirjalliseksi. Kokeita järjestetään useana eri päivänä siten, että yhtenä päivänä on vain yksi koe. Vuodesta 1994 lähtien tutkinnon on voinut hajauttaa suoritettavaksi kolmena perättäisenä tutkintokertana.

Ylioppilastutkinnon käytännön järjestelyistä vastaa ylioppilastutkintolautakunta, joka tekee ja arvostelee kokeet, antaa kokeiden arvosanat ja ylioppilastutkintotodistukset. Ylioppilastutkinto koostuu äidinkielen, toisen kotimaisen kielen, vieraankielen, matematiikan ja reaaliaineiden kokeista. Matematiikassa, toisessa kotimaisessa kielessä ja vieraissa kielissä on kahta eri tasoa olevia kokeita. Eri aineiden pakollisuus ja valinnaisuus on vaihdellut vuosien saatossa. Esimerkiksi ennen vuotta 2005 äidinkielen, toisen kotimaisen kielen ja yhden vieraan kielen koe oli pakollinen, sekä joko matematiikan tai reaaliaineiden koe. Vuodesta 2005 alkaen opiskelija on voinut valita neljä pakollista koetta siten, että vain äidinkielen koe on ollut kaikille pakollinen (ks. taulukko 3). Kolme muuta koetta on pitänyt valita seuraavista vaihtoehdoista; toinen kotimainen kieli, yksi vieras kieli, matematiikka tai reaalikoe.

Taulukko 3: Ylioppilastutkintoon kuuluvat kokeet

Aine	Pakollisuus/valinnaisuus
Äidinkieli	Kaikille yhteinen
Toinen kotimainen kieli	*
Vieras kieli	*
Matematiikka	*
Reaalikoe	*
* Opiskelijan valittava kolme koetta neljästä	

Ylioppilaskokeen tehtävät laaditaan valtakunnallisten opetussuunnitelmien perusteiden mukaan siten, että kysymykset kattavat pakolliset ja syventävät kurssit. Koetehtävät voivat olla luonteeltaan erilaisia riippuen oppiaineesta. Tehtävätyyppinä voi olla esseetehtäviä, aineiston tulkintaan ja käsittelyyn perustuvia tehtäviä, laskennallisia tehtäviä sekä ilmiön tunnistamistehtäviä, myös kuulunymmärtämisosiot ovat mahdollisia. Erityisesti luonnontieteissä otetaan huomioon oppiaineen kokeellinen luonne. Tehtävät voivat koostua osatehtävistä ja osatehtävien pistemäärä voi olla erilainen.

### 5.2.1 Reaalikoe

Ennen vuotta 2006 reaalikoe järjestettiin yhtenä päivänä siten, että opiskelijan oli mahdollista vastata kahdeksaan kysymykseen. Kysymykset pystyi valitsemaan eri aineiden, eli evankelis-luterilaisen uskonnon, ortodoksisen uskonnon, elämäntutkimustiedon, filosofian, psykologian, historian, yhteiskuntaopin, fysiikan, kemian, biologian tai maantieteen kysymyksistä. Kysymyksiä kussakin aineessa oli aineesta riippuen kuudesta kuuteentoista (ks. taulukko 4). Kussakin kokeessa oli yksi jokeritehtävä, jonka pistemäärä oli maksimissaan yhdeksän pistettä, kun taas perustehtävän pistemäärä oli kuusi pistettä. Opiskelija pystyi valitsemaan vaikka yhden kysymyksen jokaisesta aineesta, tai vaihtoehtoisesti vastata vain yhden aineen kysymyksiin, tai kaikkea siltä väliltä. Ylioppilastutkintotodistukseen merkittiin mihin aineisiin oli vastattu ja kuinka paljon pisteitä kyseisistä aineista oli saatu.

Taulukko 4: Reaalikokeen kysymysten määrä ainekohtaisesti

Aine	Kysymysten määrä
Evankelis-luterilainen uskonto	10
Ortodoksinen uskonto	10
Elämäntutkimustieto	10
Filosofia	6
Psykologia	10
Historia ja yhteiskuntaoppi	16
Fysiikka	16
Kemia	8
Biologia	8
Maantieto	8

## 5.2.2 Ainereaali

Vuodesta 2006 alkaen on ollut käytössä ainereaali. Reaaliaineissa järjestetään kokeet evankelis-luterilaisessa uskonossa, ortodoksisessa uskonossa, elämäkatsomustiedossa, filosofiassa, psykologiassa, historiassa, yhteiskuntaopissa, fysiikassa, kemiassa, biologiassa, maantieteessä ja terveystiedossa. Kokeissa on myös oppiainerajat ylittäviä tehtäviä. Kokeet on jaettu kahdelle päivälle siten, että samalla tutkintokerralla pystyy suorittamaan enintään kaksi reaaliainetta. Kokeiden jako on seuraavanlainen: ensimmäisenä koepäivän ovat psykologia, filosofia, historia, fysiikka sekä biologia, kun taas toisena koepäivänä ovat evankelis-luterilainen uskonto, ortodoksinen uskonto, elämäkatsomustieto, yhteiskuntaoppi, kemia, maantiede sekä terveystieto (ks. taulukko 5). Se minkä aineen kokeeseen osallistuu on päätettävä etukäteen. Kokeissa kysymyksiä on kymmenestä kolmeentoista, joihin vastataan aineesta riippuen kuuteen tai kahdeksaan tehtävään. Kussakin kokeessa on kaksi jokeritehtävää, joiden pistemäärä on maksimissaan yhdeksän pistettä, kun taas perustehtävän pistemäärä on kuusi pistettä. Kussakin aineessa on 1-4 oppiainerajat ylittävää tehtävää, jotka voivat olla tavallisia tehtäviä tai jokeritehtäviä. Oppiainerajat ylittävää tehtävää ei merkitä erikseen, vaan tehtävänannolla pyritään ohjaamaan vastausta laaja-alaiseksi.

Taulukko 5: Ainereaalin koejako ja kysymysten määrät

<b>Päivä 1</b>		
<b>Aine</b>	<b>Kysymysten määrä</b>	<b>Vastausten enimmäismäärä</b>
Psykologia	10	6
Historia	10	6
Fysiikka	13	8
Biologia	12	8

<b>Päivä 2</b>		
<b>Aine</b>	<b>Kysymysten määrä</b>	<b>Vastausten enimmäismäärä</b>
Evankelis-luterilainen uskonto	10	6
Ortodoksinen uskonto	10	6
Elämäkatsomustieto	10	6
Yhteiskuntaoppi	10	6
Kemia	12	8
Maantiede	10	6
Terveystieto	10	6



Ainereaalin tarkoituksena on saada kattava tieto opiskelijan osaamisesta yksittäisessä oppiaineessa. Koska koe on laadittu koko lukio-opetuksen perusteella, on opiskelijalla mahdollisuus osoittaa osaamisensa koko lukio-opetuksen ajalta. On myös mahdollista osallistua kokeeseen, vaikka ei olisi suorittanut kaikkia oppiaineen pakollisia ja syventäviä kursseja. Tämä johtuu siitä, että kokeet on laadittu siten, että tehtäviä on jokaiselta kurssilta, eli muutaman suoritettujen kurssien osalta osaa vastata joihinkin kysymyksiin. Tehtävien vaikeustasossa on myös eroja, jolloin pystytään erottelemaan parhaat vastaajat keskinkertaisista ja heikoista käyttäen suhteellista arvostelua.

### **5.3 Kemian kokeen asema ja rakenne**

Vanhanmuotoiseen reaalikokeen kemian kokeeseen on vastannut keväisin 3000-4000 henkilöä, mikä on noin 4-6 % koko reaalikokeen kirjoittajista. Ainereaaliin vuonna 2006 vastasi 3766 henkilöä, mikä on 9,7 % kaikista ainereaaliin osallistuneista. (Anon. 1997-2006) Ainereaaliuudistuksessa kemian kokeen asema siis vahvistui. Syynä kemian kokeen aseman vahvistumiseen voidaan pitää kemian kokeen tehtävien määrän nousua kahdeksasta kahteentoista, vaikka maksimivastausmäärä pysyi samana, eli kahdeksana. Kemian kannalta suosiota lisäsi myös se, että fysiikka ja biologia, jotka ovat kemian kirjoittajien toisia aineita, oli eri päivänä kirjoitettavissa kuin kemia.

Vaikka itse reaalikoe on muuttunut ainereaaliksi, ei kemian kokeen rakenne ole muuttunut oleellisesti vuosien saatossa. Tämä johtuu siitä, että lukiossa opetettavat keskeiset sisällöt ovat pysyneet lähes samoina kahdessa viimeisessä opetussuunnitelman perusteissa ja ylioppilaskokeiden tarkoituksena on ensisijaisesti kattaa lukiossa opetettu sisältö. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa ei ole eritelty reaalikokeen ja ainereaalin kokeita toisistaan kemian osalta.

Kemian kokeen erityispiirre, fysiikan ja maantieteen ohella, ainereaalissa on se, että kokeessa saa käyttää taulukkokirjaa. Taulukkokirjassa on esitetty perustieto kemiasta, kuten atomin rakenne, yhdisteitä ja niiden kaavoja, rakenteita ja luokittelua sekä laskuissa tarvittavia kaavoja, suureita ja yksiköitä. Tämä johtaa siihen, että ulkoaopettelu ei kemian

kokeessa tarvita, vaan tehtävät ovat luonteeltaan soveltavia. Kokeessa annetaan useasti myös oheistietoa kuten reaktioyhtälöitä, joten soveltavuus tehtävissä lisääntyy tämänkin myötä.

### 5.3.1 Yleistä kokeen tehtävätyypeistä

Kokeen tulee olla objektiivinen, tasapuolinen ja erotteleva. Kokeen sisällön tulee kattaa koko lukio-opetus pakollisten ja syventävien kurssien osalta. Kokeen kieliasun tulee olla ymmärrettävä ja yksiselitteinen, turhia vierasperäisiä sanoja tulee välttää vaikka osa niistä kuuluu oleellisesti kemiaan. (Meisalo *et al.* 1985)

Kokeessa voi olla erilaisia tehtävätyyppejä. Taulukossa kuusi on koottu yleisimmät tehtävätyypit. Ylioppilaskokeissa voi olla näitä tehtävätyyppejä, mutta myös muunlaiset tehtävätyypit ovat mahdollisia.

Taulukko 6: Yleisimmät tehtävätyypit ja niiden kuvaus.

Tehtävätyyppi	Kuvaus
Esseetehtävä	Esseetehtävissä on tarkoitus antaa kattava sanallinen vastaus esitettyyn kysymykseen.
Objektiivinen tehtävä	Objektiiviset tehtävät ovat tehtäviä, joissa oppilas valitsee oikean vastauksen suljetuista vastausvaihtoehdoista.
Laskutehtävä	Laskutehtävät ovat tehtäviä, joissa lasketaan jotain.

Esseetehtävissä on tarkoitus antaa kattava sanallinen vastaus esitettyyn kysymykseen. Esseetehtävissä korostuu oppilaan ajattelu ja tiedot, sekä niiden jäsentäminen. Myös oleellisen erottaminen epäoleellisesta on esseetehtävissä merkittävää. Esseetehtävää arvioitaessa oleellisen tiedon määrittely voi olla hankalaa. Myös kielellinen lahjakkuus tai käsiala voivat vaikuttaa arviointiin. (Meisalo *et al.* 1985) Ylioppilaskokeissa on esseetehtäviä lähes aina.

Objektiiviset tehtävät ovat tehtäviä, joissa oppilas valitsee oikean vastauksen suljetuista vastausvaihtoehdoista. Objektiivisia tehtäviä ovat esimerkiksi 1) monivalintatehtävät, joissa valitaan yksi tai useampi oikea vastaus annetuista vaihtoehdoista, 2) vaihtoehtotehtävät, joissa annettuja väittämiä arvioidaan oikeiksi tai vääriksi, 3) yhdistelytehtävät, joissa annetut asiat yhdistetään toistensa kanssa kuuluviksi ja 4)

täydennystehtävät, joissa täydennetään puuttuva kohta esimerkiksi sana, numero tai kaava. Objektiivisten tehtävien hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että arviointi on riippumatonta tarkastajasta, ja tarkastus on helppo suorittaa. Osa tehtävistä mittaa myös luonnontieteille tärkeää päättelykykyä. Kuitenkin tehtävien vaikeustason nostaminen ylioppilaskokeisiin soveltuvaksi voi olla hankalaa ja niitä ei useasti ole ylioppilaskokeissa. Myös sitä, että objektiiviset tehtävät ohjaavat opettelemaan yksityiskohtia eikä kokonaisuuksia on objektiivisten tehtävien heikkous. (Meisalo *et al.* 1985, Lavonen *et al.* 1998)

Laskutehtävät ovat tehtäviä, joissa lasketaan jotain. Laskutehtäviä voidaan joissain tapauksissa pitää objektiivisinä tehtävinä, koska ne ovat objektiivisiä tarkastaa. Yleensä ne kuitenkin erotetaan objektiivisista tehtävistä omaksi luokakseen, sillä ne ovat tyyliään erialisia verrattuna muihin objektiivisiin tehtäviin. Laskutehtävien arviointi on melko ongelmaton. Laskutehtävien heikkoutena voidaan pitää sitä, että ne testaavat pitkälti muistamista eikä ymmärtämistä, tällaisia laskutehtäviä kutsutaan yleensä mekaanisiksi laskutehtäviksi. Tosin tietyissä asioissa laskeminen paljastaa ymmärryksen, kuten rajoittavaa reagenssia laskettaessa. Laskutehtävissä on ongelmana myös numeerinen tarkkuus, joka on joskus hankala määrittää. Ylioppilaskokeissa laskutehtäviä esiintyy lähes aina. (Meisalo *et al.* 1985, Lavonen *et al.* 1998)

Vaikka tehtävät voidaan luokitella yllä esitetyllä tavalla, ei se tarkoita sitä, että kaikki tehtävät olisi laitettavissa näihin luokkiin. Useissa tehtävissä on yhdistelty eri luokkia ja vaihtelevuutta tehtäviin saadaan myös vaikeustasoja muuntelemalla. Myös se, että tehtävät esiintyvät uusissa konteksteissa lisää tehtävien muunneltavuutta. Kemiassa, kuten muissakin luonnontieteissä, tehtäviin tulee vaihtelevuutta myös erilaisten kaavioiden, kuvien ja reaktioyhtälöiden avulla, joita oppilaiden tulisi käyttää vastauksiinsa.

### **5.3.2 Kemian kokeen tehtävätyypit**

Kemian kokeessa tehtäväjakauma on ollut viime vuosina melko samanlainen. Tämä johtuu siitä, että opiskelijoiden ja opettajien tulee tietää minkä tyyliä tehtäviä on tulossa. Tämä takaa ylioppilaskokeen tasapuolisuuden eri tutkintokerroilla. Taulukossa seitsemän on esitetty yleinen tehtäväjako esimerkkitehtävineen.

Taulukko 7: Kemian ylioppilaskokeen tehtäväjako esimerkkitehtävineen

Tehtävätyyppi	Esimerkkitehtävä ylioppilaskokeesta
Käsitteen tai ilmiön selitys	Kevät 2005 tehtävä 1. Selitä lyhyesti, mitä tarkoitetaan seuraavilla käsitteillä: a) alkuaine, b) isotooppi, c) ioni, d) elektrolyytti, e) liuos, f) liuotin.
Stoikiometrinen tehtävä	Kevät 2006 tehtävä 2. Titaani on luja, kevyt ja korroosiota kestävä metalli, jota käytetään mm. lentokoneissa, polkupyörien rungoissa ja raketeissa. Sitä valmistetaan titaani(IV)kloridin ja sulan magnesiumin välisessä reaktiossa lämpötilassa 950 – 1150 °C.  $\text{TiCl}_4(\text{g}) + 2 \text{Mg}(\text{l}) \rightarrow \text{Ti}(\text{s}) + 2 \text{MgCl}_2(\text{g})$ Eräässä teollisuusprosessissa lähtöaineina käytettiin 35,4 kg $\text{TiCl}_4$ ja 8,3 kg magnesiumia. Kuinka monta kilogrammaa titaania voidaan saada?
Orgaanisen kemian isomeria tehtävä	Kevät 2004 tehtävä 4. a) Laadi rakennekaavat kaikille yhdisteen $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ isomeereille. b) Millä näistä isomeereistä esiintyy optista isomeriaa? c) Mitkä isomeereistä reagoivat, kun yhdistettä käsitellään miedolla hapettimella? Laadi hapetustuotteiden rakennekaavat.
Tasapainoon liittyvä tehtävä	Kevät 2004 tehtävä 5. Vetyä voidaan valmistaa teollisesti käsittelemällä metaania vesihöyryllä:  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 3 \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$ Kun 1,00 litran astiaan suljettiin 0,100 mol metaania ja 0,120 mol vettä ja lämpötila nostettiin 750 °C:seen, muodostui astiaan tasapainotilan asetuttua 0,270 mol vetyä. a) Laadi reaktion tasapainovakion lauseke. b) Laske tasapainovakion arvo. c) Muodostuiko vetyä enemmän vai vähemmän, kun astian tilavuus muutettiin 0,500 litraksi? Perustelee.
Kokeellinen tehtävä	Kevät 2005 tehtävä 7. Laboratoriossa happea valmistetaan vetyperoksidista käyttäen mangaanidioksidia katalysaattorina. Laadi reaktioyhtälö ja selvitä piirroksen avulla, miten kehittyvä kaasu voidaan kerätä. Miten voidaan yksinkertaisella kokeella varmistua siitä, että näin saatu kaasu on happea? Mitä tietoja tarvitset, jotta saat selville kaasun massan?
Jokeritehtävä	Kevät 2003 tehtävä +8. Kemiallinen tasapaino. Miten tasapainotilaan voidaan vaikuttaa?

Loput tehtävistä ovat olleet näiden perustyyppien yhdistelmiä tai uuden tyyllisiä tehtäviä. Ainereaalin myötä tehtävien variaatio on kasvanut, sillä tehtäviä on enemmän kuin ennen. Tässä työssä keskitytään tarkastelemaan stoikiometrisia laskutehtäviä ja tasapainoon liittyviä laskutehtäviä.

### 5.3.3 Kemian kokeen arvostelu

Tehtävän arvostelu riippuu annetun tehtävän laadusta; esseetehtävän vaatimukset ovat erilaiset, kuin esimerkiksi laskutehtävän.

Laskutehtävissä tiettyä suoritustapaa vaadita, vaan tulokseen voi päätyä erilaisten matemaattisten laskujen kautta. Tärkeää on, että käytetyt laskutavat ovat perusteltuja ja esimerkiksi suureyhtälöitä käytetään oikein. Myös numeeriseen tarkkuuteen pitää kiinnittää huomiota, myös välilaskuissa. Hyvä esseevastaus on sisällöltään mielekkäästi jäsennelty ja kokonaisuudessaan johdonmukainen. Vastauksessa keskeisten asioiden esille tuominen on tärkeämpää, kuin yksittäisten yksityiskohtien. Sanallista vastausta täydennetään erilaisilla kaavioilla ja reaktioyhtälöillä, myös erilaiset piirroksot tuovat selkeyttä vastaukseen ja kuuluvat oleellisena osana kemiaan. Kemialle luonteenomainen kielenkäytön täsmällisyys on osattava vastauksissa. Mikäli tehtävässä on annettu oheismateriaalia, sitä tulee käyttää tarkoituksenmukaisesti. Vastaus tulee antaa kysymykseen liittyen, eikä annetun aiheen vierestä. Perustelujen pitää perustua tietoon eikä yksittäisiin mielipiteisiin, ja asioita pitää tarkastella eri näkökulmista. Monivalintatehtävien ja aukkotehtävien pisteytys on yksikäsitteinen, kuten muissakin oppiaineissa, johtuen tehtävien tyylistä. Kaikissa tehtävissä on huomioitava reaktioyhtälöiden, rakennekaavojen ja numeerisen tarkkuuden oikeellisuus ja tehtävän arvoa lisää aiheen liittäminen laajempaan kontekstiin. (mm. Saarinen 2005 ja Anon. 2006c)

Kemiassa pisteitä tehtävistä annetaan kokonaisluvuihin nollasta kuuteen ja jokeritehtävässä nollasta yhdeksään. Jokeritehtävän arvostelussa pisteet vastaavat tavallista tehtävää seuraavan mukaisesti; 0-3 tavanmukaisen arvostelun mukaan, neljä ja viisi vastaa neljää, kuusi ja seitsemän vastaa viittä sekä kahdeksan ja yhdeksän vastaa kuutta tavallista pistettä. Mikäli tehtävässä on useampia kohtia, voivat ne olla pistearvoltaan erisuuruisia. Arvostelu tehdään siten, että eri osat arvostellaan 1/3 pisteen tarkkuudella ja tehtävän kokonaispistemäärä pyöristetään lähimpään kokonaislukuun. (mm. Saarinen 2005 ja Anon. 2006c)

## **6 TUTKIMUSOSUUS: KEMIALLINEN REAKTIO YLIOPPILASKOKEISSA VUOSINA 1997-2006**

Kemian opiskeluun liittyy oleellisena osana kemiallinen reaktio. Ylioppilaskokeissa kaikki kemian tehtävät liittyvät jollain tavalla kemialliseen reaktioon. Koska kaikkien kemian ylioppilastehtävien tutkiminen kemiallisen reaktion osalta ei näin ollen ole mielekästä, tutkimuksessa keskitytään stoikiometriaan ja tasapainotiloihin, jotka ovat kemialliseen reaktioon vahvasti liittyviä käsitteitä.

Lukiossa kemian opiskeluun liittyvät oleellisesti erilaiset laskennalliset tehtävät. Yleensä nämä laskennalliset tehtävät liittyvät juuri stoikiometriaan tai tasapainoihin. Muissa aiheissa laskuja on vähän tai ei laisinkaan. Tämän vuoksi tutkimusta rajataan vielä siten, että stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvistä tehtävistä valitaan laskutehtävät. Tutkimuksessa laskutehtäviksi luokitellaan myös sellaiset tehtävät, joissa tehtävä koostuu lähinnä reaktioyhtälön muodostamisesta.

Tutkimuksessa tutkitaan kevään kemian ylioppilaskokeita vuosilta 1997-2006. Kevään kokeet valitaan tarkasteluun, sillä niistä on saatavilla tarkempaa tilastointia, kuin syksyn kokeista. Käytetyt tilastot kattavat vain varsinaiset kokelaat. Tutkimuksessa ei eritellä vanhan muotoisen reaalikokeen ja uuden muotoisen ainerealin kemian tehtäviä toisistaan, sillä tehtävien sisällöissä ei ole tapahtunut suurta muutosta. Tämä johtuu siitä, että kemian opetuksen sisältö on pysynyt lähes samana vuoden 1994 ja 2003 opetussuunnitelman perusteissa, joiden perusteella ylioppilaskokeet laaditaan.

### ***6.1 Tutkimuksen tavoitteet***

Tutkimuksella on kolme päätavoitetta. Tutkimuksessa selvitetään ensin, minkälaisia stoikiometriaan ja tasapainoon liittyviä laskutehtäviä ylioppilaskokeissa on ollut vuosina 1997-2006. Tehtävissä tarkastellaan tehtäviin liittyviä kemian käsitteitä. Tehtävät luokitellaan myös lukion kemian kurssien mukaisesti vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaan.

Tutkimuksen toisena päätavoitteena on selvittää, kuinka osattuja ja suosittuja stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät laskutehtävät ovat olleet vastaajien keskuudessa ylioppilaskokeissa vuosina 1997-2006.

Tutkimuksen kolmantena päätavoitteena on selvittää, minkälaisia käsitteellisiä vaikeuksia opiskelijoilla on ollut ylioppilaskokeiden tehtävissä stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvien laskutehtävien osalta. Erityisesti pyritään selvittämään tyypillisimpiä käsitteellisiä vaikeuksia ja niiden arviointia.

## **6.2 Tutkimuksen suoritus**

Tutkimus suoritettiin jaotteleamalla ensin stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät tehtävät kaikista ylioppilaskokeiden tehtävistä. Jaottelu suoritettiin tutkimalla kaikki tehtävät, joihin liittyi stoikiometria ja tasapaino. Näistä tehtävistä jätettiin vielä pois täysin sanalliset tehtävät, joita ei ollut paljon verrattuna koko määrään.

Stoikiometriaan liittyville tehtäville tehtiin alajaottelu 1) reaktioyhtälön kirjoittaminen, 2) reaktioyhtälön tasapainottaminen, 3) ainemäärä suhteet, 4) rajoittava reagenssi, 5a) ainemäärän laskeminen hiukkasten määrän avulla, 5b) ainemäärän laskeminen massan avulla, 5c) ainemäärän laskeminen tiheyden ja tilavuuden avulla, 5d) ainemäärän laskeminen konsentraation ja tilavuuden avulla, 5e) kaasun ainemäärän laskeminen tilavuuden avulla, NTP-olosuhteissa ja 6) kaasujen yleisen tilanyhtälön käyttö (vrt. kappaleet 2.4.1 ja 2.5.1). Tehtävistä selvitettiin myös käsitteitä, joita tehtävässä tarvittiin, mutta jotka eivät liittyneet edellä mainittuun luokitteluun. Lisäksi selvitettiin mille lukion kemian kurssille tehtävä kuuluu vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaan ja reaktiotyyppin mukainen luokittelu (vrt. kappale 2.1). Selvitetyt kohdat löytyvät liitteestä kaksi.

Tasapainoon liittyville tehtäville tehtiin alajaottelu 1) homogeeninen tasapaino, 2) heterogeeninen tasapaino, 3) tasapainovakion kirjoittaminen, 4) liukoisuustulon kirjoittaminen, 5a) suolan ionitulon kirjoittaminen, 5b) veden ionitulon kirjoittaminen, 6a) happovakion kirjoittaminen, 6b) emäsvakion kirjoittaminen ja 7) pH-käsitteen tarkastelu (vrt. kappaleet 2.5.2, 2.5.3 ja 2.5.4). Tasapainoon liittyvistä tehtävistä selvitettiin myös

pitikö tehtävässä osata laatia reaktioyhtälö tai laskea stoikiometrisia laskuja, kuten ainemäärää, massaa, tilavuutta tai konsentraatiota. Lisäksi selvitettiin mille lukion kemian kurssille tehtävä kuuluu vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaan ja reaktiotyyppin mukainen luokittelu (vrt. kappale 2.1). Selvitetyt kohdat löytyvät liitteestä kaksi.

Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvistä tehtävistä selvitettiin kuinka paljon vastauksia on verrattuna koko sarjaan, sekä pistekeskisarvot verrattuna koko sarjaan. Apuna käytettiin ylioppilastutkintolautakunnan tilastoja (Anon. 1997-2006b) ja *Dimensio*-lehden artikkeleita (Saarinen 1997-2006). Tilastot kattoivat varsinaiset kokelaat. Selvitetyt kohdat löytyvät liitteestä kolme.

Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvistä tehtävistä selvitettiin vielä tavallisimmat virheet, ja näiden virheiden vaikutus pistetykseen. Virheiden arvostelussa tehtäviä vähennyksiä tutkittaessa päädyttiin suuntaa antaviin pistemenetyksiin, sillä jokaisessa tehtävässä oli yksittäistapauksia, joiden tutkiminen ei olisi ollut tutkimuksen kannalta oleellista. Myös koko tehtävän pisteytystä tarkasteltiin. Apuna käytettiin *Dimensio*-lehden artikkeleita (Saarinen 1997-2006), MAOL ry:n antamia pistesuosituksia (Anon. 1997-2006a) ja kirjaa *Kemian ylioppilastehtävät ratkaisuihin 1996-2005* (Saarinen 2005). Selvitetyt kohdat löytyvät liitteestä neljä.



## 7 TULOKSET

Tutkimuksen tuloksia on eritelty seuraavissa kappaleissa. Tarkasteltavat tehtävät ja tutkimustulokset löytyvät liitteistä 1-4.

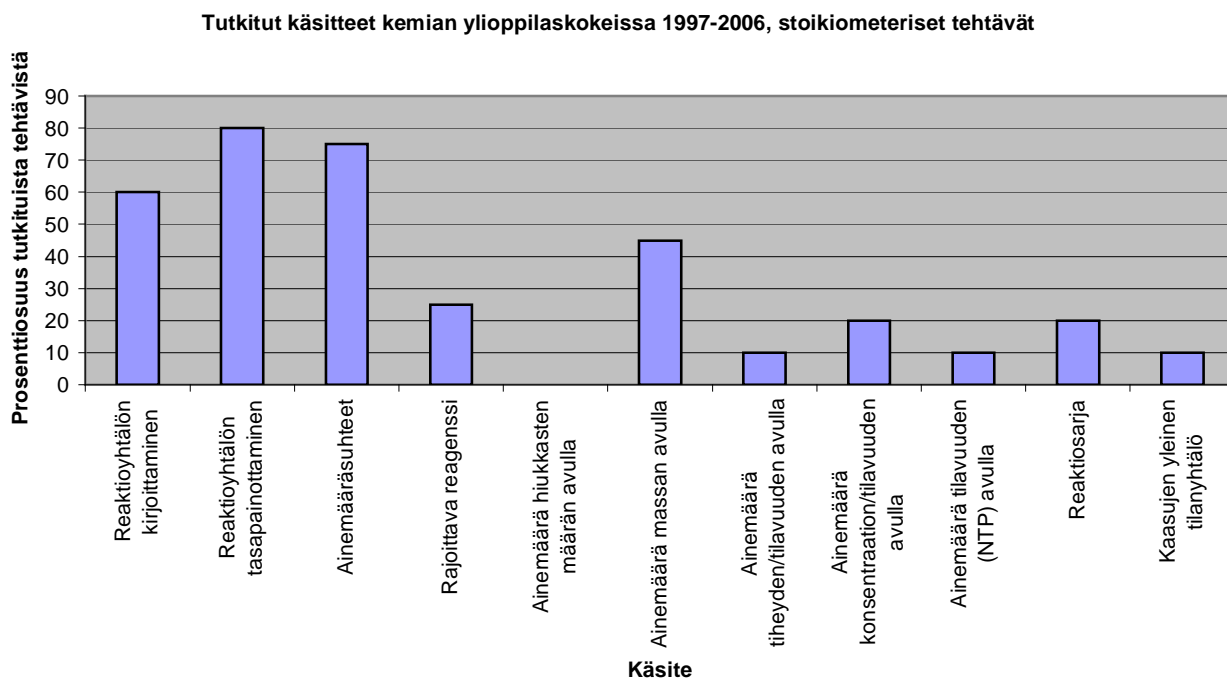
### ***7.1 Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät tehtävät kemian ylioppilaskokeissa 1997-2006***

Kevään ylioppilaskokeissa keväällä 1997-2006 stoikiometriaan liittyviä tehtäviä oli 20 kappaletta ja tasapainoon liittyviä tehtäviä oli yhdeksän kappaletta (ks. liite 2). Tutkimusvälillä oli yhteensä yhdeksän reaalikoetta ja yksi ainereaali. Stoikiometriaan liittyviä tehtäviä oli reaalikokeessa 1-3 ja ainereaalissa neljä, kun taas tasapainoon liittyviä tehtäviä oli reaalikokeessa 0-1 ja ainereaalissa yksi. Tutkimuksessa ei tutkittu täysin sanallisia tehtäviä, joten edellä mainittu määrä on laskennallisten tehtävien määrä.

Seuraavissa kappaleissa on eritelty stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät tehtävät, niihin liittyvät käsitteet, sekä tehtävien luokittelu eri lukion kemian kursseille vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaan.

#### **7.1.1 Stoikiometriaan liittyvät tehtävät**

Tutkitut stoikiometriaan liittyvät tehtävät olivat perusluonteeltaan vuodesta toiseen samantyyppisiä tehtävänannon ja vaadittavien laskujen perusteella. Lähes aina opiskelijan tuli muodostaa reaktioyhtälö (60 %:ssa tutkituista tehtävistä) tai ainakin tasapainottaa oma tekemänsä tai annettu reaktioyhtälö (80 %). Reaktioyhtälöstä tuli osata tulkita ainemääräsuhteet (75 %), joiden avulla pääteltiin rajoittava reagenssi (25 %). Reaktioyhtälöä ja ainemääräsuhteita tarvittiin myös laskettaessa jonkin aineen ainemäärää, massaa, tilavuutta tai konsentraatiota. Tutkituissa tehtävissä ei tarvinnut laskea hiukkasmäärää. Katso kuva seitsemän ja liite kaksi.



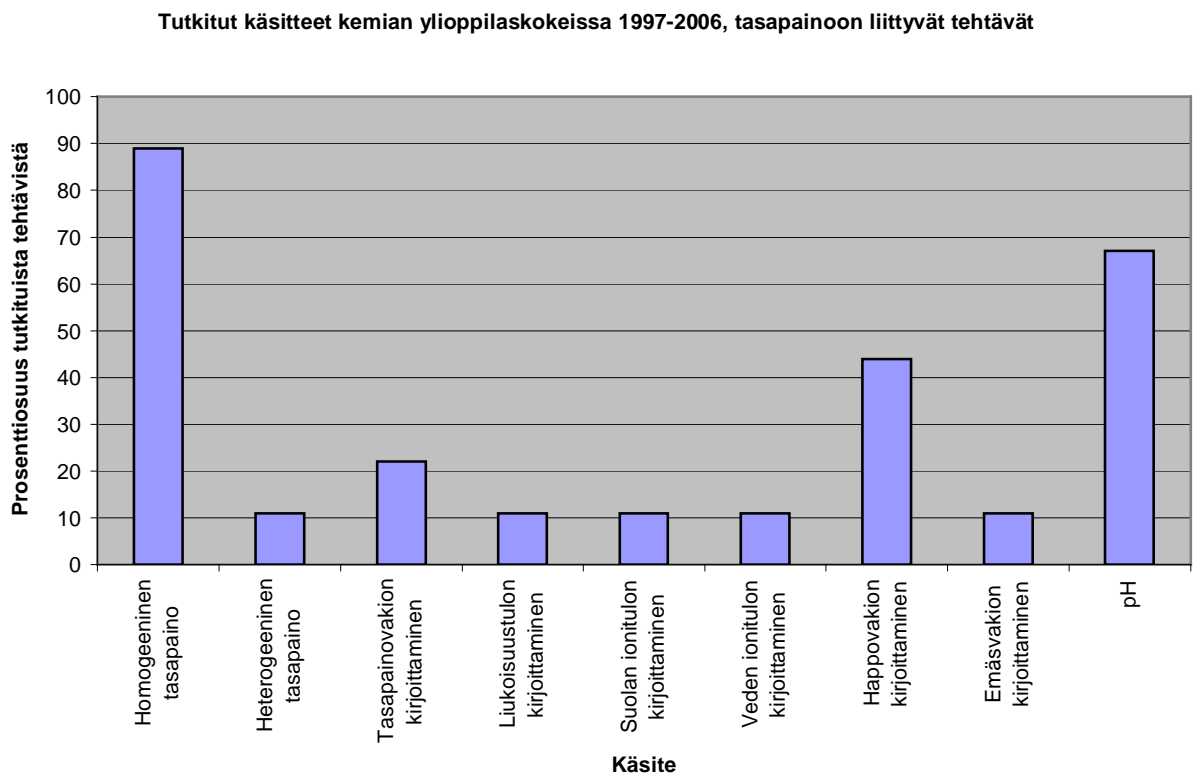
Kuva 7: Tutkitut käsitteet kemian ylioppilaskokeissa 1997-2006, stoikiometriset tehtävät

Stoikiometriaan liittyvät tehtävät koostuivat pääosin hapetus-pelkistysreaktioista (95 %) (vrt. kappale 2.1 ja ks. liite 2). Tehtävissä kysyttiin hapettumiseen ja pelkistymiseen liittyviä käsitteitä, kuten hapetin, pelkistin ja hapetusluvut. Myös kemialliseen reaktioon liittyviä käsitteitä, kuten endotermisyyttä, eksotermisyyttä ja katalyyttiä tarvittiin tehtävien ratkaisussa. Myös pitoisuuden eri käsitteet, tilavuusprosentti ja massaprocentti, piti osata tehtävien ratkaisussa.

### 7.1.2 Tasapainoon liittyvät tehtävät

Tasapainoon liittyvät tehtävät olivat, stoikiometriaan liittyvien tehtävien tavoin, vuodesta toiseen samantyyppisiä tehtävänannon ja vaadittujen laskujen perusteella. Yleensä tehtävässä oli kyseessä homogeeninen tasapaino (89 %). Tehtävässä tuli muodostaa reaktioyhtälö (67 %), jonka avulla laskettiin joitain stoikiometriaan liittyviä laskuja (56 %), kuten ainemäärää, massaa, tilavuutta tai konsentraatiota. Näiden tietojen avulla piti yleensä muodostaa happovakion lauseke (44 %) tai tasapainovakion lauseke (22 %) ja laskea se. Muita reaktioyhtälöön liittyviä käsitteitä, kuten liukoisuustulo, suolan ionitulo, veden ionitulo tai emäsvakio tarvittiin harvemmin, kutakin noin 10 %:ssa tehtävistä. Tehtäviä

ratkaistaessa tarvittiin yleensä (67 %) myös käsitettä pH. Katso kuva kahdeksan ja liite kaksi.



Kuva 8: Tutkitut käsitteet kemian ylioppilaskokeissa 1997-2006, tasapainoon liittyvät tehtävät

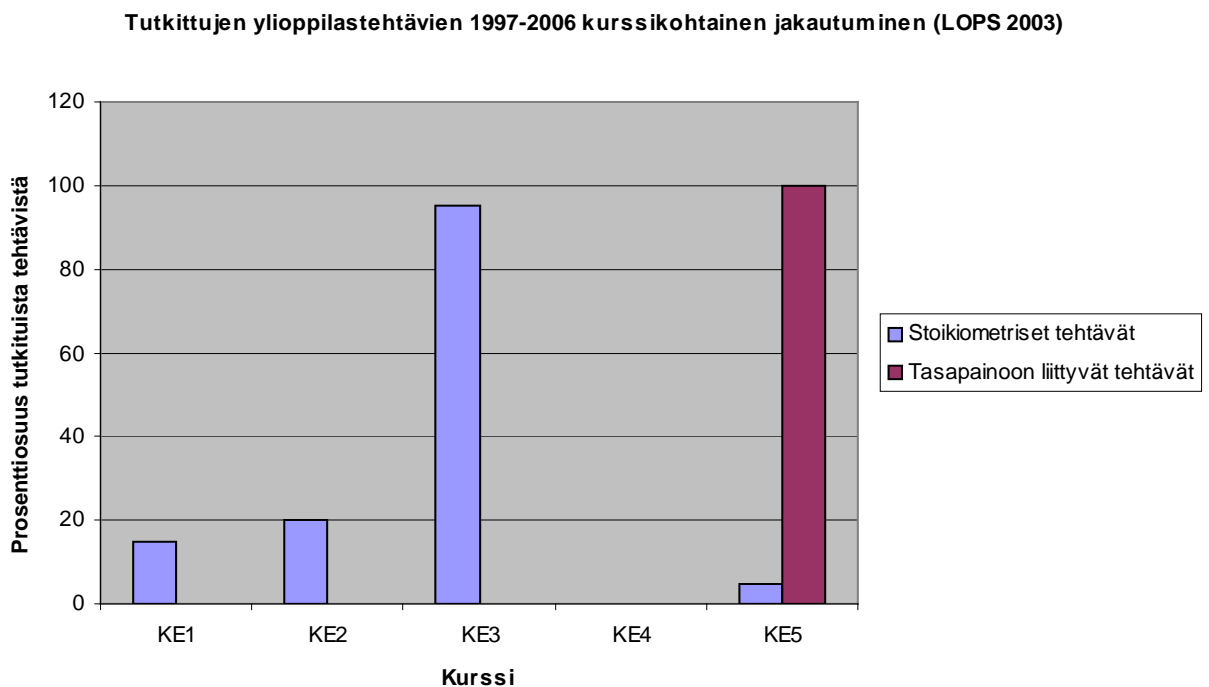
Tasapainoon liittyvissä tehtävissä oli huomioitavaa, että moni tehtävistä oli spesifioimaton, eli puhuttiin vain yleensä jostain heikosta/vahvasta haposta/emäksestä. Tällöin opiskelijan tuli tietää abstraktimmalla tasolla nämä käsitteet, kuin jos kyseessä olisi ollut jokin tietty happo tai emäs. Myös usein kysytty osakysymys tehtävissä oli reaktiotasapainon siirtäminen, jolloin opiskelijan tuli tietää käsitteet Le Châtelier –periaate tai perustella vastaus tasapainovakion lausekkeen avulla. Tehtävistä suurin osa (67 %) oli happo-emäsreaktioita (vrt. kappale 2.1 ja ks. liite 2).

### 7.1.3 Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät tehtävät lukion kurseittain

Stoikiometriaan liittyvät tehtävät kuuluivat lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 mukaan lähinnä kurssille kolme ”Reaktiot ja energia” (vrt. kappale 3.2.2). Tutkituissa tehtävissä tehtävä saattoi kuulua useammalle kuin yhdelle kurssille (ks. kuva 9 ja liite 2).

Suurin osa tehtävistä (95 %) kuului kurssille kolme. Koska tehtävissä oli usein myös hapettumiseen ja pelkistymiseen liittyviä käsitteitä, osa tehtävistä (20 %) kuului myös kurssille kaksi ”Kemian mikromaailma”. Myös pitoisuus käsitteestä johtuen osa tehtävistä luokiteltiin kurssille yksi ”Ihmisen ja elinympäristön kemia”.

Tasapainoon liittyviä tehtäviä käsitellään lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaan kurssilla viisi ”Reaktiot ja tasapaino”. Tutkituista tehtävistä kaikki tasapainoon liittyvät tehtävät kuuluivat kurssille viisi.



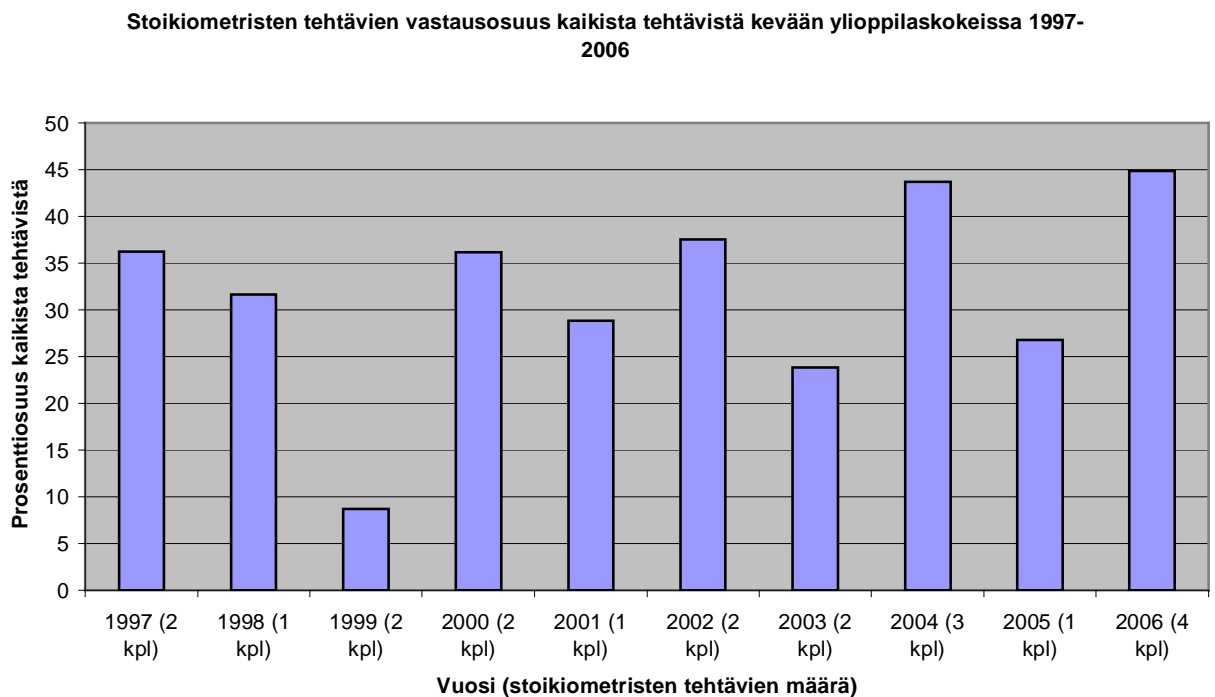
Kuva 9: Tutkittujen ylioppilastehtävien 1997-2006 kurssikohtainen jakautuminen (LOPS 2003), stoikiometriset ja tasapainoon liittyvät tehtävät

## ***7.2 Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvien tehtävien osaaminen ja suosio kemian ylioppilaskokeissa 1997-2006***

Stoikiometriaan liittyvät tehtävät olivat yleensä hyvin osattuja ja suosittuja ylioppilaskokeissa keväällä 1997-2006. Tasapainoon liittyvät tehtävät olivat vähemmän suosittuja, kuin stoikiometriset tehtävät, mutta hyvin osattuja tehtäviä tutkituissa ylioppilaskokeissa.

## 7.2.1 Stoikiometriaan liittyvät tehtävät

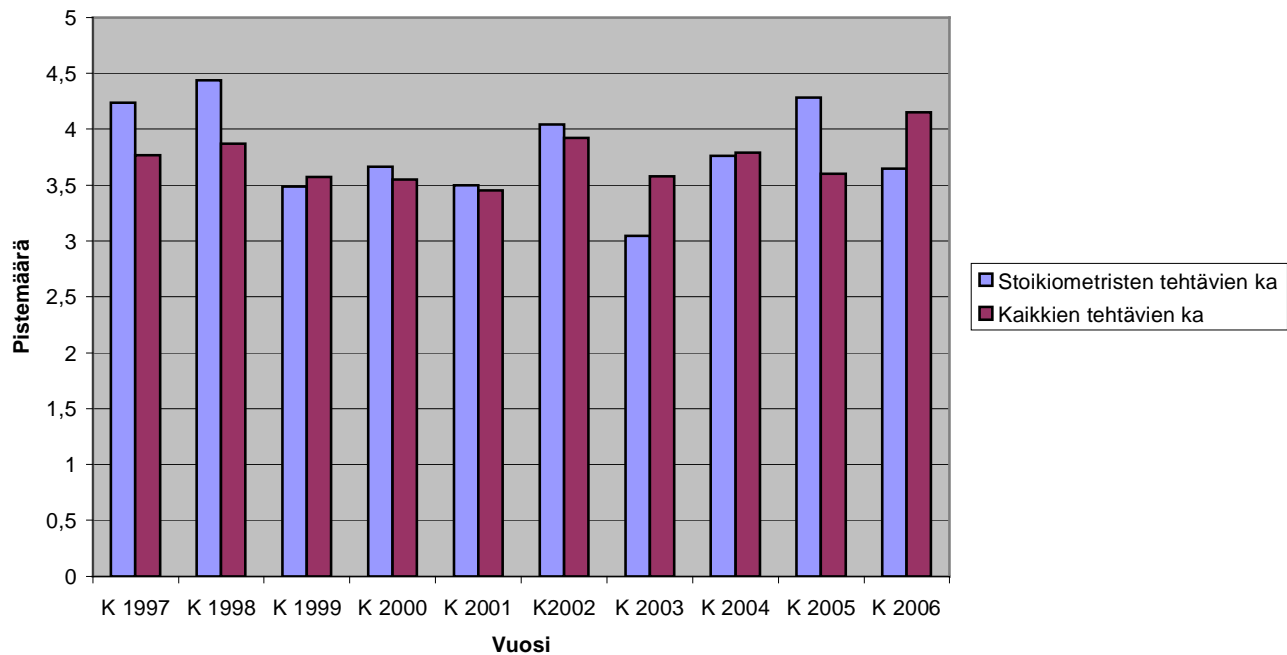
Stoikiometriaan liittyvät tehtävät tutkitulla aikavälillä saavuttivat kaikista tehtävistä 9-45 %:n suosion vuosittain (ks. kuva 10 ja liite 3). Koska toisina vuosina stoikiometrisiä tehtäviä oli useampia, yksittäinen tehtävä saavutti tutkitulla aikavälillä 3-30 %:n suosion. Mitä enemmän tehtävä oli luonteeltaan perustehtävä, eli tehtävänannoltaan tuttu opiskelijoille, sitä suurempi tehtävän suosio oli. Tutkimusvälillä stoikiometriaan liittyvät tehtävät saavuttivat keskimäärin 32 %:n suosion kaikkien tehtävien keskuudessa.



Kuva 10: Stoikiometrinen tehtävien vastausosuus kaikista tehtävistä kevään ylioppilaskokeissa 1997-2006

Tutkitut stoikiometriaan liittyvät tehtävät olivat hyvin osattuja, pistekeskisarvon ollessa 2,9-4,69, maksimipisteiden ollessa kuusi (ks. kuva 11 ja liite 3). Kaikkein tehtävien pistekeskisarvo oli tutkimusvälillä 3,45-4,15. Koko tutkimusvälillä stoikiometriaan liittyvien tehtävien pistekeskisarvo oli 3,81, kun kaikkien tehtävien pistekeskisarvo oli 3,73. Tutkimusvälillä stoikiometriaan liittyvien tehtävien pistekeskisarvo oli kuutena kertana parempi, kuin kaikkien tehtävien pistekeskisarvo ja neljänä kertana huonompi, kuin kaikkien tehtävien pistekeskisarvo.

Stoikiometrinen tehtävien pistekeskisarvo verrattuna koko sarjaan ylioppilaskokeissa 1997-2006

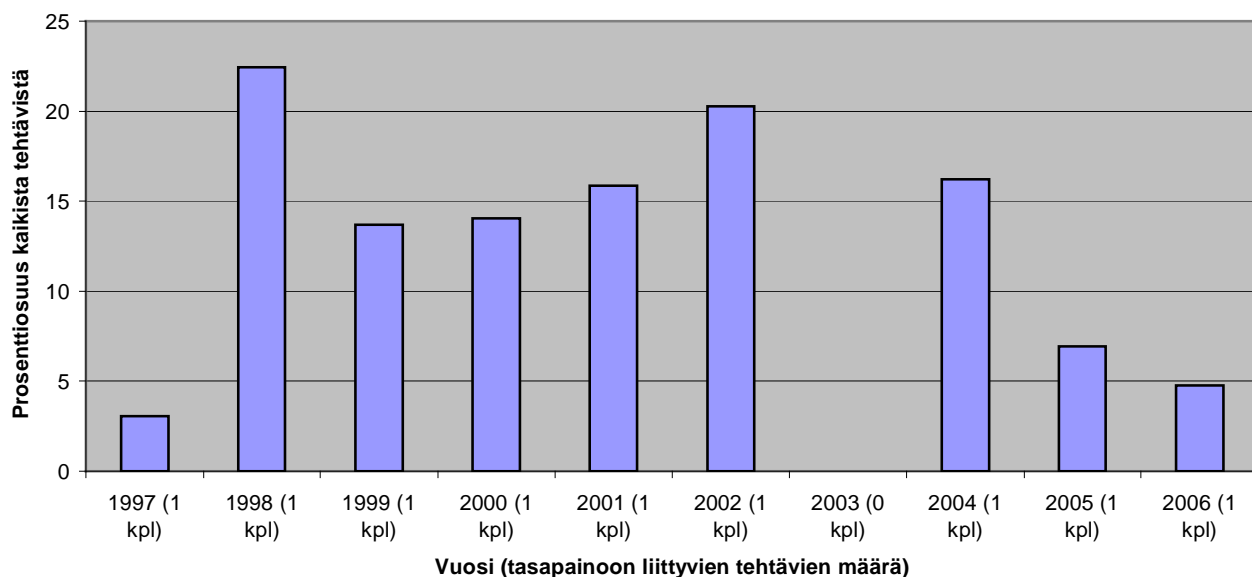


Kuva 11: Stoikiometrinen tehtävien pistekeskisarvo verrattuna koko sarjaan kevään ylioppilaskokeissa 1997-2006

## 7.2.2 Tasapainoon liittyvät tehtävät

Tasapainoon liittyvät tehtävät tutkitulla aikavälillä saavuttivat kaikista tehtävistä 3-22 %:n suosion vuosittain (ks. kuva 12 ja liite 3). Koska kaikkina vuosina tasapainoon liittyviä tehtäviä oli yksi tai ei yhtään, oli suosio yksittäisten tehtävien kohdalla sama 3-22 %. Tutkimusvälillä tasapainoon liittyvät tehtävät saavuttivat keskimäärin 13 %:n suosion kaikkien tehtävien keskuudessa.

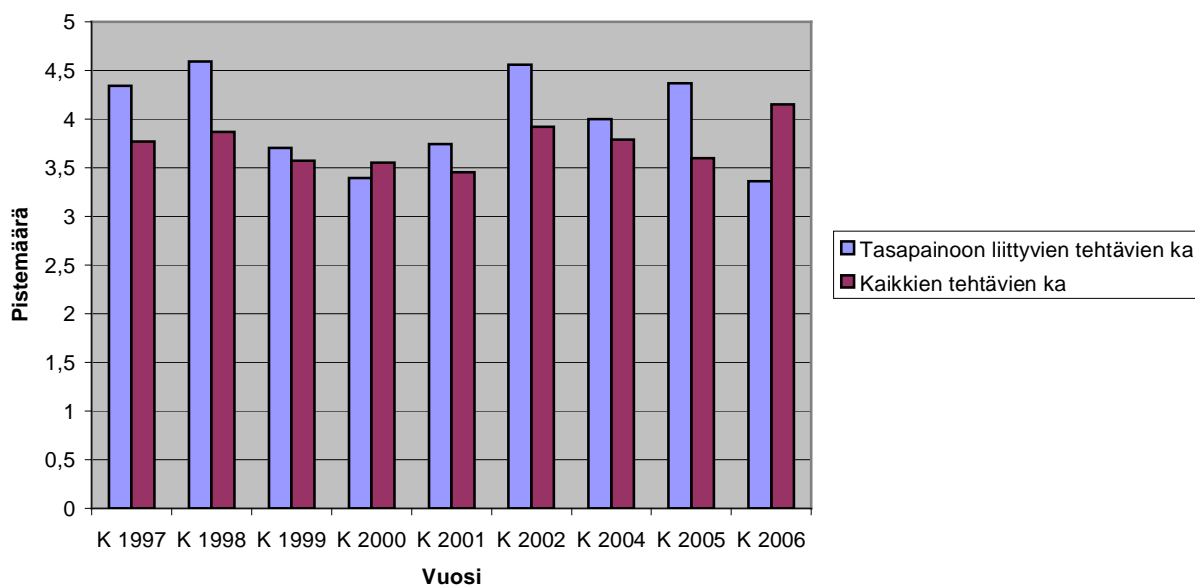
Tasapainoon liittyvien tehtävien vastausosuus kaikista tehtävistä kevään ylioppilaskokeissa 1997-2006



Kuva 12: Tasapainoon liittyvien tehtävien vastausosuus kaikista tehtävistä kevään ylioppilaskokeissa 1997-2006

Tutkitut tasapainoon liittyvät tehtävät olivat erittäin hyvin osattuja, pistekeskiarvon ollessa 3,36-4,59, maksimipisteiden ollessa kuusi (ks. kuva 13 ja liite 3). Jokeritehtävässä maksimipistemäärä oli yhdeksän ja tutkimuksessa oli yksi jokeritehtävä, jonka pistekeskiarvo oli 4,34. Kaikkien tehtävien pistekeskiarvo oli tutkimusvälillä 3,45-4,15. Koko tutkimusvälillä tasapainoon liittyvien tehtävien pistekeskiarvo oli 4,01, kun kaikkien tehtävien pistekeskiarvo oli 3,74. Tutkimusvälillä tasapainoon liittyvien tehtävien pistekeskiarvo oli seitsemällä kerralla parempi, kuin kaikkien tehtävien pistekeskiarvo ja vain kahdella kerralla huonompi, kuin kaikkien tehtävien pistekeskiarvo.

Tasapainoon liittyvien tehtävien pistekeskisarvo verrattuna koko sarjaan ylioppilaskokeissa  
1997-2006



Kuva 13: Tasapainoon liittyvien tehtävien pistekeskisarvo verrattuna koko sarjaan ylioppilaskokeissa 1997-2006

### **7.3 Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvien tehtävien käsitteelliset vaikeudet ja niiden arviointi kemian ylioppilaskokeissa 1997-2006**

Ylioppilaskokeista keväältä 1997-2006 yleisimpiä virheitä oli eritelty *Dimensio*-lehden artikkeleissa (Saarinen 1997-2006). Yleisimmät virheet olivat sensoreiden huomioimia, joten ne käsitellään tässä tutkimuksessa kvalitatiivisena aineistona. Virheistä tehtäviä pistevähennyksiä tutkittiin Matemaattisten aineiden opettajien liiton (MAOL) antamien pisteytysohjeiden mukaan (Anon. 1997-2006a).

#### **7.3.1 Stoikiometriaan liittyvät tehtävät**

Stoikiometriaan liittyvissä tehtävissä toistui samantyyllisiä virheitä. Suurin yksittäinen vaikeus opiskelijoilla oli reaktioyhtälöön liittyvät vaikeudet, joita oli yhdeksässä tehtävässä kahdestakymmenestä (ks. taulukko 8 ja liite 4). Reaktioyhtälöön liittyviä vaikeuksia oli 45 %:ssa tutkituista tehtävistä. Seuraavaksi yleisimmät vaikeudet olivat numeerinen tarkkuus ja rajoittavan reagenssin huomioiminen. Näitä esiintyi 20 %:ssa tutkituista tehtävistä.



Reaktioyhtälöön liittyvät vaikeudet aiheuttivat pistevähennyksiä 1-3 pistettä ja aiheuttivat usein myös lopputehtävän suoritukseen virheitä, joista pistevähennyksiä koitui lisää (ks. taulukko 8 ja liite 4). Numeerisesta tarkkuudesta vähennettiin 1/3-1 pistettä. Se oli merkittävä pistemenetys, jos jokaisessa laskennallisessa tehtävässä opiskelijalla oli samanlaisia ongelmia. Rajoittavan reagenssin huomioimisen puuttumisesta vähennettiin 2-4 pistettä. Se oli merkittävä pistemenetys, kun kyseessä on kuuden pisteen tehtävä.

Taulukko 8: Stoikiometrisiin tehtäviin liittyvät käsitteelliset vaikeuden, niiden yleisyys ja niistä tehtävät pistevähennykset

Käsitteellinen vaikeus	Määrä	Pistevähennys
Reaktioyhtälö	9	1-3
Rajoittava reagenssi	4	2-4
Numeerinen tarkkuus/pyöristäminen	4	1/3-1
Seoslasku	2	2-5
NTP-olosuhteiden oletus	2	2-3
Hapettuminen ja pelkistyminen	2	1-2
Ainemääräsuhteet	1	2
Reagenssin laskeminen tiheyden avulla	1	2
Katalyytti	1	1/3

### 7.3.2 Tasapainoon liittyvät tehtävät

Tasapainoon liittyvissä tehtävissä mikään yksittäinen käsitteellinen vaikeus ei ollut huomattavan yleinen. Laskutekniikka ja numeerinen tarkkuus olivat yleisimmät virheet tutkituissa tehtävissä, näitä esiintyi 33 %:ssa ja 22 %:ssa tutkituista tehtävistä (ks. taulukko 9 ja liite 4). Näistä virheistä pistevähennykset olivat 1/3-1 pistettä, mikä on yksittäisessä tehtävässä melko vähän, mutta mikäli kaikissa laskennallisissa tehtävissä esiintyi samanlaisia vaikeuksia oli pistemenetys jo merkittävä.

Taulukko 9: Tasapainoon liittyvien tehtävien käsitteelliset vaikeudet, niiden yleisyys ja niistä tehtävät pistevähennykset

Käsitteellinen vaikeus	Määrä	Pistevähennys
Laskutekniikka/approksimaatio	3	1/3-1
Numeerinen tarkkuus/pyöristys	2	1/3-1
Kokonaisainemäärän säilyminen	1	5,5
Kuvion lukeminen	1	3
Heikon protolyytin neutraloiminen	1	2
pH	1	2
Tasapainon siirtyminen	1	2
Konsentraation suuruus	1	2
Tasapainotilan huomioiminen	1	1
Tasapainovakion muodostaminen	1	1
Veden ionitulon yhteys autoprotolyysiin	1	1

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTAA

Kemiallinen reaktio on lukion kemian opetussuunnitelman perusteiden mukaan keskeinen käsite, joka kattaa noin puolet lukion kemian oppimäärästä. Kemian ylioppilaskokeissa kemialliseen reaktioon liittyviä laskutehtäviä on vuosittain 2-5 kappaletta. Stoikiometriaa käsitteleviä laskutehtäviä on 1-4 kappaletta ja tasapainoja käsitteleviä laskutehtäviä 0-1 kappaletta. Ne kattavat siis ison osan kemian ylioppilaskokeesta.

Stoikiometriaan liittyvät tehtävät olivat lähinnä reaktioyhtälön muodostamista, tasapainotusta ja kertoimien käyttöä. Näiden avulla piti laskea ainemääriä, massoja, tilavuuksia ja konsentraatioita. Mikäli reaktioyhtälön muodostaminen tai lukeminen ei onnistunut, oli tehtävää liki mahdoton ratkaista. Myös tasapainoon liittyvissä tehtävissä reaktioyhtälö oli ratkaiseva, sillä tehtävissä tarvittiin stoikiometriaan liittyviä reaktioyhtälön käsitteitä ja laskuja. Tasapainoon liittyvissä tehtävissä piti myös laatia happovakion ja tasapainovakion lausekkeita, sekä käyttää käsitettä pH. Tasapainoon liittyvät tehtävät olivat abstraktimpia kuin stoikiometriaan liittyvät tehtävät, sillä usein puhuttiin heikosta/vahvasta haposta/emäksestä tietyn hapon/emäksen sijaan.

Stoikiometriaan liittyvät tehtävät jakautuvat kurssille kolme, mutta myös kurssien yksi, kaksi ja viisi tietoa tarvitaan. Tasapainoon liittyvät tehtävät ovat puolestaan kaikki kurssilta viisi. Opiskelijoille tulisikin huomauttaa, että kemian opiskelu on jatkuvaa oppimista ja usein tieto pohjautuu aikaisemmin opittuihin käsitteisiin. Yksittäiset tehtävät eivät välttämättä ole tietyn kurssin oppimäärän osalta laadittuja, vaan laajempaa tietoa eri kursseilta tarvitaan tehtävän ratkaisussa. Tasapainoon liittyvissä tehtävissä pitää usein osata myös stoikiometriaan liittyviä peruskäsitteitä, kuten reaktioyhtälö, sen tasapainotus ja stoikiometrisia peruslaskutehtäviä. Opiskelijoille tulisikin huomauttaa jo stoikiometriaa opiskeltaessa, että tietoa tarvitsee myös muissa yhteyksissä, esimerkiksi tasapainoon liittyvissä tehtävissä.

Stoikiometriaan liittyvät tehtävät ovat suosittumia kuin tasapainoon liittyvät tehtävät. Kuitenkin tasapainoon liittyvät tehtävät ovat paremmin osattuja kuin stoikiometriaan liittyvät tehtävät. Molemmat tehtävätyypit ovat kuitenkin keskimäärin paremmin osattuja kuin kaikki muut tehtävät yhteensä. Tasapainoon liittyvien tehtävien hyvä osaaminen voi

johtua siitä, että niitä on käsitelty vain yhdellä kurssilla. Molempien tehtävätyyppien osalta hyvää osaamista edesauttaa se, että tehtävät ovat laskutehtävinä vuodesta toiseen samantyyllisiä ja näin ollen ennalta harjoiteltavissa.

Koska ylioppilastehtävissä tehtävien tulee olla eritteleviä, toisin sanoen hyvien opiskelijoiden tulee erottua huonommista, tehtävien laadinnassa ja arvioinnissa pitää ottaa tämä huomioon. Mikäli tehtävä on kaavamainen kopio aikaisimmista vuosista, ei tehtävä välttämättä testaa ymmärrystä, vaan muistamista ja ennakoitua opiskelua. Tehtävien laadinnassa tulisi pyrkiä kekseliäisyyteen varioitaessa peruslaskutehtäviä, myös erilaisten käytännön sovellusten kysyminen peruslaskutehtävän kautta testaa sovellustaitoja. Tällaista soveltavuutta on ollut havaittavissa viime vuosina, etenkin ainereaalien lisääntyneen tehtävämäärän ansiosta.

Arvioinnissa puolestaan pitäisi pistevähennysten johtua todellisista virheistä, eikä keinotekoisesti keksityistä vähennysmahdollisuuksista. Esimerkiksi merkintä- ja laskuvirheistä tehtävät suuret pistemenetykset vaikuttavat joskus keinotekoisilta. Mikäli tällaiseen keinotekoisien virheiden etsimiseen jonain tiettyinä vuonna pitää mennä, on tehtävän laadinta jokseenkin epäonnistunut, koska se ei ole riittävän erotteleva. Systemaattisista merkintä- ja laskuvirheistä tulee toki rankaista, mutta järkevällä pistemenetyksen suuruudella.

Kemiallisen reaktion opiskelussa, kuten kemiassa yleensäkin, pitäisi hallita makroskooppinen, mikroskooppinen ja symbolinen taso ja ymmärtää näiden tasojen välinen ero ja yhteys. Myös useiden käsitteiden hallitseminen on tärkeää kokonaiskuvan saamiseksi. Eri tasojen välistä eroa ja yhteyttä opiskelijoille voi havainnollistaa erilaisilla kokeellisilla töillä, joihin liittyy kirjallisia tehtäviä mikroskooppiselta tasolta ja laskuja symboliselta tasolta, näin tasojen välinen yhteys voisi selkiytyä. Käsitteiden opiskelua helpottaa puolestaan opettajan huolellinen ja systemaattinen käsitteiden käyttö opetuksessa. Mikäli kemian opiskelussa painotetaan liikaa laskuja, voi ymmärrys vähentyä lisää, sillä oppilailla on tällöin tapana ajatella asioita matemaattisena ongelmana. Ylioppilaskokeessa voi tapahtua juuri näin, sillä monet laskuista ovat luonteeltaan perustehtäviä, toisin sanoen tehtävätyyppi on koulussa hyvin ulkoaopeteltu.

Erityisesti stoikiometriaan liittyvissä laskuissa tietyn menetelmän käyttö tuo varmuutta tehtävän ratkaisuun, mutta unohtuessaan johtaa väärin ratkaisuihin. Ylioppilaskokeessa pitäisi laatia tehtäviä, jotka poikkeavat perinteisestä tehtävänannosta, jotta voitaisiin paljastaa todellinen ymmärrys ja mekaaninen suoritus toisistaan. Tehtävien laadinnassa tulisi kiinnittää huomiota myös siihen, että väärä ymmärrys ei saa johtaa oikeaan lopputulokseen. Toisin sanoen esimerkiksi reaktioyhtälön kertoimien tulee olla sellaiset, että ne vaikuttavat kysytyyn laskuosioon.

Jotta stoikiometrian opetuksessa saavutettaisiin myös syvällistä oppimista, opetuksessa käytettyjen menetelmien tulisi olla hyvin mieleen painuneita ja niiden käyttöä tulisi opetella eri tilanteissa, jotta niiden soveltaminen onnistuu. Oppilaille pitäisi opettaa reaktioyhtälön muodostamista enemmän, käyttäen sanallista ja kuvallista tehtävän antoa, valmiiden lähtöaineiden ja tuotteiden sijasta. Myös reaktioyhtälön kertoimien merkitys pitää tehdä selväksi. Reaktioyhtälö ja siihen liittyvät käsitteet, kuten tasapainotus, ainemääräsuhteet ja rajoittava reagenssi ovat tärkeitä käsitteitä ylioppilaskirjoituksissa. Nämä ovat myös käsitteitä, joissa opiskelijoilla on eniten vaikeuksia ylioppilaskirjoituksissa. Myös näistä tehtävät pistemenetykset ovat merkittäviä.

Koska kemian ylioppilaskokeessa saa käyttää taulukkokirjaa, tulee tehtävät laatia siten, että niitä ei voi ratkaista pelkästään taulukkokirjan avulla. Tämä johtaa väistämättä siihen, että tehtävissä opiskelijan pitää ymmärtää jotain, jotta voi ratkaista tehtävän. Laskutehtävä ei voi olla pelkästään kaavaan sijoitus, vaan erilaiset sanalliset kysymykset tuovat tehtäviin lisäarvoa. Koska opiskelijoiden on helpompi ratkaista tehtäviä osissa, olisi lisäkysymykset hyvä laittaa erillisiksi osioiksi. Koska osakohtien pistemäärät ilmoitetaan, tietää opiskelija, mihin osioon kannattaa käyttää aikaa ja millä laajuudella tehtävään tulee vastata.

Vaikka laskutehtävät ovat tyypiltään objektiivisia tehtäviä, niiden objektiivisuus vähenee mekaanisuuden vähentyessä. Mekaanisuuden vähentyminen lisää ymmärrystä, mutta toisaalta hankaloittaa arvostelua. Arvostelu pysyy kuitenkin tasapuolisena, koska tehtävänsuorituksessa perusteltu laskujen suoritus vaaditaan. Laskennallisissa tehtävissä numeerinen tarkkuus on sekä stoikiometriaan että tasapainoon liittyvien laskutehtävien vaikeus. Tämä vaikeus havaittiin hyvin myös tässä tutkimuksessa. Tasapainoon liittyvissä laskutehtävissä on vaikeutena myös laskuteknikka, joka johtuu lähinnä yhtälönratkaisemisesta ja korkeamman asteen yhtälöistä. Jotta välttyttäisiin numeerisen

tarkkuuden aiheuttamilta pistevähennyksiltä, opiskelijoille pitäisi antaa selkeät ohjeet pyöristyksestä ja tarkkuudesta jo laskujen harjoittelun alussa. Tällöin asiaan tulisi rutiini. Laskutekniikkaan liittyvät vaikeudet voitaisiin minimoida harjoittelemalla aluksi peruslaskutehtäviä (ensimmäisen asteen), siirtyen pikkuhiljaa korkeamman asteen yhtälöihin.

Tasapainoon liittyvissä tehtävissä opiskelijoilla ei tässä tutkimuksessa löydetty mitään suurta yksittäistä käsitteellistä vaikeutta. Tutkimuksissa on kuitenkin todettu (ks. kappale 4.1.2), että kemiallisen reaktion opettelu ennen tasapainon opettelua johtaa ristiriitoihin oppilaan ajattelussa. Oppilaan on hankala ajatella reaktion käänteisyyttä, reaktion tapahtumista osittain ja reaktion dynaamista luonnetta. Näiden käsitteiden opettaminen laskujen avulla on hankalaa. Kyseisiä käsitteitä opettaessa tulisikin kiinnittää huomiota aluksi asiaan käsitteellisellä tasolla, ja vasta ymmärryksen jälkeen siirtyä laskennalliselle tasolle.

Myös Le Châtelier –periaatteen opettamista on kritisoitu tutkimuksissa (ks. kappale 4.1.2). Tutkituissa ylioppilastehtävissä kysyttiin usein Le Châtelier –periaatetta reaktio-olosuhteita muutettaessa, tosin reaktiotasapainon muutoksen voi perustella myös tasapainovakion lausekkeesta. Le Châtelier –periaatteen vaikeus ei ilmennyt tässä tutkimuksessa. Kuitenkin periaatteen opiskelu voi olla monelle hankalaa, sillä asia opetetaan helposti ulkoopeteltavana lakina ja perustelut jäävät vähiin. Voisi olla hyödyllistä opettaa reaktio-olosuhteiden muutos tasapainovakion avulla, tällöin muutoksen suunnan päättely tapahtuisi tapauskohtaisesti.

Jatkossa tätä aihetta voisi tutkia tarkastelemalla kemialliseen reaktioon liittyviä sanallisia tehtäviä, niissä tarvittavia käsitteitä, niiden osaamista ja suosiota sekä niissä yleisesti esiintyviä vaikeuksia. Myös tapaustutkimukset yksittäisten haastattelujen muodossa voisivat antaa syvällistä tietoa opiskelijoiden käsitteellisistä vaikeuksista kemiallisen reaktion osalta. Oppikirjojen ja opetussuunnitelman perusteiden vertailu olisi myös hyödyllistä aiheesta, sillä opettajat käyttävät usein oppikirjaa omana opetussuunnitelmanaan. Tällöin saataisiin selvyys, kattavatko oppikirjat opetussuunnitelman perusteissa asetetut tavoitteet ja sisällöt.

## LÄHTEET

- Ahtee, M. & Varjola, I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education* 20 (3), 305-316.
- Aksela, M. 2006. Kemian ymmärtämisen ja ajattelutaitojen tukeminen. *Dimensio* 70 (1), 51-53.
- Anon. 1994. Lukion opetussuunnitelman perusteet 1994. Opetushallitus.
- Anon. 1997-2006a. MAOL:n pistesuositus reaalikokeen tehtäviin keväällä 1997-2006. MAOL Ry. Julkaisematon aineisto.
- Anon. 1997-2006b. Ylioppilastutkintolautakunnan tilastoja 1997-2006. Ylioppilastutkintolautakunta. Julkaisematon aineisto.
- Anon. 2003. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Opetushallitus.
- Anon. 2004. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Opetushallitus.
- Anon. 2006a. Ylioppilastutkinto. <http://www.ylioppilastutkinto.fi/ylioppilastutkinto/info/>, haettu 5.7. 2007.
- Anon. 2006b. Ylioppilastutkintolautakunnan yleiset määräykset ja ohjeet. Ylioppilastutkintolautakunta. <http://www.ylioppilastutkinto.fi/maaraykset/ohjeet/>, haettu 5.7.2007.
- Anon. 2006c. Reaaliaineiden kokeiden määräykset ja ohjeet. Ylioppilastutkintolautakunta. <http://www.ylioppilastutkinto.fi/maaraykset/ainekohtaiset/20060206075623.html>, haettu 5.7.2007.
- Fach, M., de Boer, T. & Parchmann, I. 2007. Results of an interview study as basis for the development of stepped supporting tools for stoichiometric problems. *Chemistry Education Research and Practice* 8 (1), 13-31.
- Hesse, J. & Anderson, C. 1992. Students' Conceptions of Chemical Change. *Journal of Reserch in Science Teaching* (29) 3, 277-299.
- Huddle, P. & Pillay, A. 1996. An In-Depth Study of Misconceptions in Stoichiometry and Chemical Equilibrium at a South African University. *Journal of Research in Science Teaching* 33 (1), 65-77.
- Jones, L. & Atkins, P. 2000. *Chemistry: Molecules, Matter, and Change*. Fourth edition. Printed in USA.
- Justi, R. 2002. Teaching and learning about chemical change. Toim. J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. Treagust & J. Van Driel. *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, 269-270. Kluwer Academic Publishers.

- Keeler, J. & Wothers, P. 2004. Why chemical reactions happen. Oxford: University Press.
- Kivinen, A. & Mäkitie, O. 1988. Kemia. Viides painos. Otava: Keuruu.
- Koppinen, M., Korpinen, E. & Pollari, J. 1999. Arviointi oppimisen tukena. WSOY – Kirjapainoyksikkö: Juva.
- Lavonen, J. & Meisalo, V. 1997. Arvioinnin monipuolistaminen fysiikassa ja kemiassa. Osa 1. Dimensio 61 (6), 4-10.
- Lavonen, J. & Meisalo, V. 1998. Arvioinnin monipuolistaminen fysiikassa ja kemiassa. Osa 2. Dimensio 62 (1), 16-26.
- Meisalo, V. & Erätuuli, M. 1985. Fysiikan ja kemian didaktiikka. Otava: Keuruu s. 115-132
- Meisalo, V. & Lavonen, J. 1994. Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa. Kustantaja: Opetushallitus. Painopaikka: Helsinki.
- Naperi, P. 1999. Orgaaninen kemia. 2.-4. painos. Kustantaja: Edita. Julkaisija: Opetushallitus. Painopaikka: Helsinki.
- Noponen, J. 2006. Ylioppilaskirjoitusten ainereali korkeakoulujen pääsykokeissa. Dimensio 70 (1), 24-29.
- Oversby, J. 2001. Representing chemistry - chemical equations and formulae. Luentoesityksen materiaali.
- Saarinen, H. 1997-2006. Kevään 1997-2006 ylioppilaskirjoitusten kemian koe. Dimensio vsk. 61-70.
- Saarinen, H. 2005. Kemian ylioppilastehtävät ratkaisuihin 1996-2005. 12. painos. MFKA-Kustannus Oy. Painopaikka: Saarijärvi.
- Sanger, M. 2005. Evaluating Students' Conceptual Understanding of Balanced Equations and Stoichiometric Ratios Using a Particulate Drawing. Journal of Chemical Education 82 (1), 131-134.
- Schmidt, H-J. & Jigneus, C. 2003. Students' strategies in solving algorithmic stoichiometry problems. Chemistry education: research and practice 4 (3), 305-317.
- van Driel, J., De Vos, W., Verloop, N. & Dekkers, H. 1998. Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. International Journal of Science Education 20 (4), 379-392.
- van Driel, J. & Gräber, W. 2002. Teaching and learning about chemical change. Toim. J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. Treagust & J. Van Driel, Chemical Education: Towards Research-based Practice, 271-292. Kluwer Academic Publishers.

Yarroch, W.L. 1985. Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of research in science teaching* 22 (5), 449-459

Zumdahl, S. & Zumdahl, S. 2000. *Chemistry*. Fifth edition. Printed in USA.



# LIITTEET

## Liite 1

### Tehtävänannot tutkituista ylioppilastehtävistä kevät 1997-2006

*Kevät 1997*

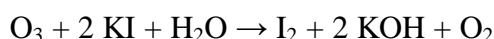
2.

Auton bensiinin kulutus on 7,9 l/100 km. Kuinka suuri tilavuus hiilidioksidia lämpötilassa 25 °C ja paineessa 1,0 bar (= 100 kPa) muodostuu ajettaessa Helsingistä Lahteen (110 km), kun oletetaan, että polttoaine palaa täydellisesti? Bensiini voidaan katsoa oktaaniksi (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>), jonka tiheys on 0,71 kg/l.

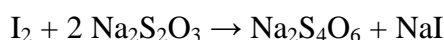
3.

[a) Otsonin vähentyminen ylemmissä ilmakerroksissa on luonnon kannalta haitallinen ilmiö. Mitkä ovat tärkeimmät kemialliset tekijät, jotka johtavat otsonikatoon?]

b) Otsoni on voimakas hapetin ja hapettaa jodidin jodiksi:



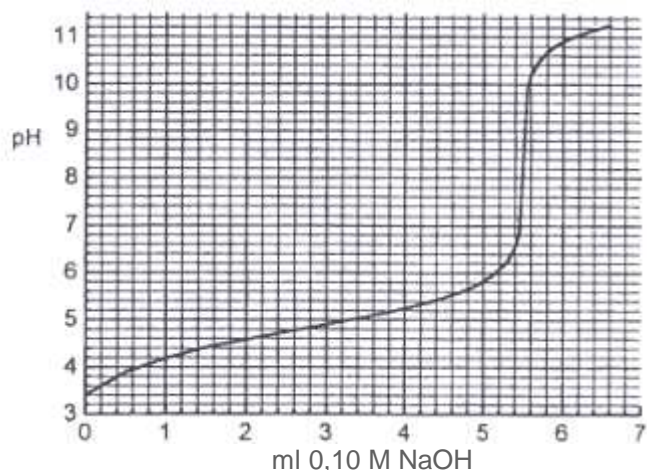
Reaktioita voidaan käyttää otsonin määrän selville saamiseen. Menetelmässä vapautunut jodi titrataan natriumtiosulfaattiliuoksella:



Kuinka monta grammaa otsonia näyte sisälsi, kun titrauksessa käytettyä 0,15 M natriumtiosulfaattia kului 11,2 ml? Mitkä aineet hapettuvat ja mitkä pelkistyvät näissä reaktioissa?

+8.

Kun erään yksiarvoisen hapon vesiliuoksesta otettu 25,0 ml:n näyte neutraloitiin 0,10 M NaOH-liuoksella saatiin oheinen titrauskäyrä. a) Mikä oli hapon konsentraatio alkuperäisessä liuoksessa? b) Titrauksen päätepiste todettiin suoran pH-mittauksen lisäksi myös happo-emäsindikaattorin avulla. Mihin happo-emäsindikaattorien toiminta perustuu, ja mitä seikkoja tuli ottaa huomioon indikaattorin valinnassa? c) Määritä hapon happovakion arvo. d) Työssä käytetty pH-mittari kalibroitiin liuoksella, jonka pH on 4,74. Liuos valmistettiin lisäämällä 0,10 M NaOH-liuosta 20,0 ml:aan 0,10 M etikkahappoa ( $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$  mol/l). Kuinka paljon emäsluosta tarvittiin?



*Kevät 1998*

3.

Autojen turvavarusteena käytettävien ilmatyynyjen toiminta perustuu reaktioon, jossa kiinteä natriumatsidi ( $\text{NaN}_3$ ) törmäyksen sattuessa hajoaa räjähtäen metalliseksi natriumiksi ja typpikaasuksi. Kirjoita reaktion yhtälö. Kuinka monta grammaa natriumatsidia tarvitaan, jotta 35 litran tyynyyn syntyy paine 1,4 bar (= 140 kPa) lämpötilassa 25 °C? Reaktion synnyttämässä kuumuudessa sulan metallina vapautuneen natriumin annetaan reagoida kiinteän rauta(III)oksidin kanssa, jolloin tuotteina saadaan kiinteää natriumoksidia ja metallista rautaa. Kirjoita myös tämän reaktion yhtälö.

6.

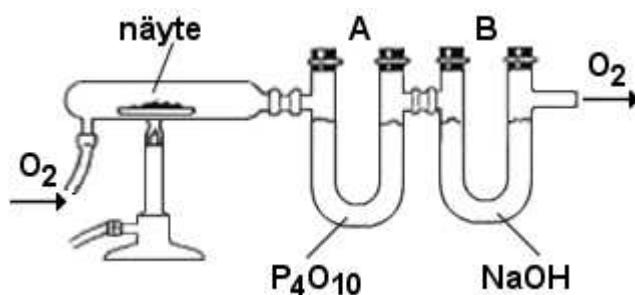
Kun 82,9 mg erästä heikkoa yksiarvoista happoa liuotetaan 250 ml:aan vettä saadaan liuos, jonka pH on 2,78. Hapon happovakion arvo on  $K_a = 1,5 \cdot 10^{-3}$  mol/l. Laske hapon molekyylipaino.

*Kevät 1999*

2.

Polttoanalyysissä näytettä kuumennetaan uunissa, jonka läpi johdetaan happivirta. Tällöin aineen palaessa muodostunut vesihöyry absorboituu tetrafosforidekaoksidiä sisältävään astiaan (A) ja muodostunut hiilidioksidi absorboituu natriumhydroksidia sisältävään astiaan (B). Kaasujen määrät saadaan selville punnitsemalla keräilyastiat A ja B ennen analyysiä ja sen jälkeen.

- Kun 125,0 mg erästä hiiltä, vetyä ja happea sisältävää yhdistettä poltettiin, saatiin 219,9 mg  $\text{CO}_2$  ja 104,8 mg  $\text{H}_2\text{O}$ . Mikä on yhdisteen empiirinen kaava (suhdekaava)?
- Mitä kemiallisia reaktioita astioissa A ja B tapahtuu?



6.

Erään yksiarvoisen hapon HA vesiliuoksen pH on 2,34. Kuinka suuri tilavuus vettä on lisättävä 15 ml:aan tätä happoliuosta, jotta pH nousee arvoon 3,34? Tarkastele erikseen tapauksia, kun a) HA on vahva happo, b) HA on heikko happo, jonka happovakio  $K_a = 2,5 \cdot 10^{-3}$  mol/l.

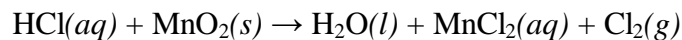
7.

Koulun kemian laboratoriotöissä tutkittiin pohjaveden kloridi-ionipitoisuutta. Tätä varten pohjavedestä otettu 5,0 litran näyte haihdutettiin noin 50 ml:n tilavuuteen. Väkevöityyn liuokseen lisättiin hopeanitraattia, jolloin kloridi-ionit saostuivat niukkaliukoisena hopeakloridina. Saostuma erotettiin nesteestä, kuivattiin ja punnittiin. Hopeakloridin massaksi saatiin tällöin 243 mg. a) Laske pohjaveden kloridi-ionipitoisuus (mg/l). Mitkä virhelähteet saattoivat vaikuttaa tuloksen luotettavuuteen? b) Miksi jouduttiin ottamaan verrattain paljon näytettä ja haihduttamaan se pieneen tilavuuteen? Miksi väkevöidyn liuoksen tilavuutta ei tarvitse tuntea tarkasti? c) Auringonvalon vaikuttaessa AgCl-saostumaan tapahtuu hapettumis-pelkistymisreaktio, jossa AgCl vähitellen hajoaa. Esitä reaktion yhtälö.

*Kevät 2000*

2.

Kloorikaasua voidaan valmistaa laboratoriossa mangaanidioksidin ja vetykloridin välisessä reaktiossa:



a) Määritä reaktioyhtälön kertoimet.

b) Kuinka suuri tilavuus kloorikaasua, jonka tiheys on 3,17 g/l, voi muodostua, kun 55,5 ml:aan 0,102 M HCl-liuosta lisätään 0,222 g  $\text{MnO}_2$ ?

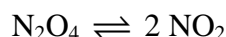
4.

Osoita reaktioyhtälöä hyväksi käyttäen, että

- a) kaliumnitraatin vesiliuos johtaa sähköä,
- b) kloori on voimakkaampi hapetin kuin bromi,
- c) amiini on emäs,
- d) muurilaasti kovettuu ilmassa.

6.

Kloroformiliuoksessa dityppitetroksidi hajoaa reaktion

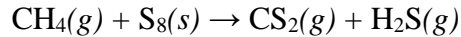


mukaisesti. Kun 2,50 moolia  $\text{N}_2\text{O}_4$  lisättiin 1,00 litraan kloroformiliuosta, muodostui astiaan tasapainon asetuttua 2,20 mol  $\text{NO}_2$ . a) Laske reaktion tasapainovakion arvo. b) Tähän tasapainoseokseen lisättiin 1,20 mol  $\text{NO}_2$ . Mikä oli typpidioksidin konsentraatio liuoksessa, kun tasapainotila jälleen asettui?

*Kevät 2001*

2.

Kun metaania kuumennetaan rikin läsnä ollessa, muodostuu hiilidisulfidia ja divetyysulfidia:



a) Määritä reaktioyhtälön kertoimet. b) Kuinka monta grammaa divetyysulfidia voidaan enintään saada, kun 3,50 g metaania ja 22,0 g rikkiä saatetaan reagoimaan keskenään 1,00 litran suljetussa astiassa? c) Mikä oli astiassa olevan kaasuseoksen tiheys reaktion jälkeen?

6.

Ammoniakki on veteen runsasliukoinen heikko emäs, jonka emäsvakion arvo lämpötilassa 25°C on  $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$  mol/l. a) Laadi ammoniakkin ja veden välisen reaktion yhtälö ja esitä ammoniakkin emäsvakion lauseke. b) Kuinka suuri ainemäärä ammoniakki kaasua on liuotettava veteen, jotta saadaan 0,50 l liuosta, jonka pH = 10,30? c) Kuinka suuri tilavuus 0,10 M vetykloridiliuosta tarvitaan tämän ammoniakki-liuoksen neutralointiin?

*Kevät 2002*

2.

Rikkihappo on maailmassa eniten valmistettu teollisuuskemikaali. Hapon valmistus perustuu reaktiosarjaan, jossa rikki hapetetaan ensin rikkidioksidiksi ja edelleen vanadiinioksidin ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) läsnä ollessa rikki-trioksidiksi. Kun rikki-trioksidi reagoi veden kanssa, saadaan rikkihappoa.

a) Laadi prosessissa tapahtuvien reaktioiden yhtälöt.

b) Miten rikin hapetusaste muuttuu reaktioiden aikana, ja mikä merkitys vanadiinioksidin käytöllä on?

c) Kuinka monta tonnia rikkihappoa voidaan enintään valmistaa, kun lähtöaineena on 2,5 tonnia rikkiä? Kuinka paljon happea kuluu?

d) Suurin osa tuotetusta rikkihaposta käytetään fosforilannoitteiden valmistukseen. Tällöin niukkaliukoinen kalsiumfosfaatti muutetaan rikkihapon avulla paremmin liukenevaksi kalsiumdivetyfosfaatiksi. Esitä myös tämän reaktion yhtälö.

3.

Hiilidioksidin määrä hiilidioksidia ja hiilimonoksidia sisältävässä kaasuseoksessa voidaan määrittää johtamalla seos bariumhydroksidia  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  sisältävään vesiliuokseen. Tällöin  $\text{CO}_2$  saostuu bariumkarbonaattina, mutta CO ei reagoi. Kun 193 ml (NTP) kaasuseosta johdettiin bariumhydroksidiliuokseen, saostui 1,04 g bariumkarbonaattia.

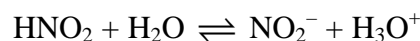
a) Laadi saostusreaktion yhtälö.

b) Kuinka monta tilavuusprosenttia hiilidioksidia kaasuseos sisälsi?

c) Mikä oli kaasuseoksen koostumus massaprosentteina?

5.

Typpihapoke on heikko happo, joka protolysoituu vedessä seuraavasti:



a) Kuinka monta prosenttia haposta protolysoituu nitriitti-ioneiksi, kun 0,10 moolia typpihapoketta liuotetaan veteen 1,0 litraksi liuosta? b) Miten liuoksen pH muuttuu, kun liuokseen lisätään natriumnitriittiä? Perustele. Typpihapokkeen happovakio  $K_a = 4,5 \cdot 10^{-4}$  mol/l.

*Kevät 2003*

3.

Puutarhan kalkitukseen voidaan käyttää dolomiittikalkkia, joka on kalsiumkarbonaatin ja magnesiumkarbonaatin seos. Kuumennuksessa kumpikin karbonaatti hajoaa vastaavaksi oksidiksi. a) Laadi reaktioyhtälöt. b) Kun 0,876 g dolomiittikalkkia kuumennettiin, saatiin jäännös, jonka massa oli 0,477 g. Kuinka monta massaprosenttia magnesiumkarbonaattia dolomiittikalkki sisälsi?

6.

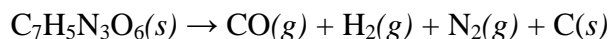
Selvitä reaktioyhtälön avulla tai sanallisesti, mitä tapahtuu, kun

- ruokasuola liukenee veteen,
- pieni natriumpala pannaan veteen,
- sinkkijauhetta lisätään suolahappoliuokseen,
- hopeanitraattia lisätään rauta(II)nitraatin vesiliuokseen,
- hopealanka upotetaan kuparisulfaatin vesiliuokseen,
- natriumkloridia ja natriumjodidia sisältävään vesiliuokseen lisätään nestemäistä bromia.

*Kevät 2004*

2.

Trinitrotolueeni (TNT) on eräs tavallisimpia räjähdysaineita. Räjähdyksessään se hajoaa hiilimonoksidiksi, vedyksi, typeksi ja hiileksi:



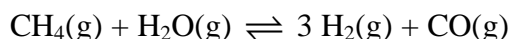
a) Määritä reaktioyhtälön kertoimet. b) Kuinka monta grammaa TNT:tä räjähti, kun kaasumaisia tuotteita muodostui 3,76 litraa (NTP)?

3.

Kun 0,500 litraan 0,400 M HCl-liuosta lisättiin 2,00 g magnesiummetallia, tapahtui voimakas kaasunmuodostusreaktio ja astia lämpeni selvästi. a) Laadi reaktion yhtälö. b) Onko reaktio endo- vai eksotermisen? c) Mikä on liuoksen pH reaktion jälkeen?

5.

Vetyä voidaan valmistaa teollisesti käsittelemällä metaania vesihöyryllä:



Kun 1,00 litran astiaan suljettiin 0,100 mol metaania ja 0,120 mol vettä ja lämpötila nostettiin 750 °C:seen, muodostui astiaan tasapainotilan asetuttua 0,270 mol vetyä.

- Laadi reaktion tasapainovakion lauseke.
- Laske tasapainovakion arvo.
- Muodostuiko vetyä enemmän vai vähemmän, kun astian tilavuus muutettiin 0,500 litraksi? Perustele.

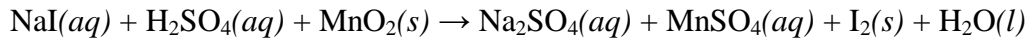
7.

Tehtävänäsi on valmistaa 500 ml typpihappoliuosta, jonka konsentraatio on noin 0,100 mol/l. Käytettävissäsi on 36 massa-% typpihappoa, jonka tiheys on 1,214 kg/l, tislattua vettä, byretti, pipettejä ja mittapulloja. Miten menettelet? Kuvaa myös jotain tapaa, jolla voit määrittää valmistamasi liuoksen tarkan konsentraation.

*Kevät 2005*

2.

Jodia voidaan valmistaa rikkihappoliuoksessa seuraavan reaktion mukaisesti:



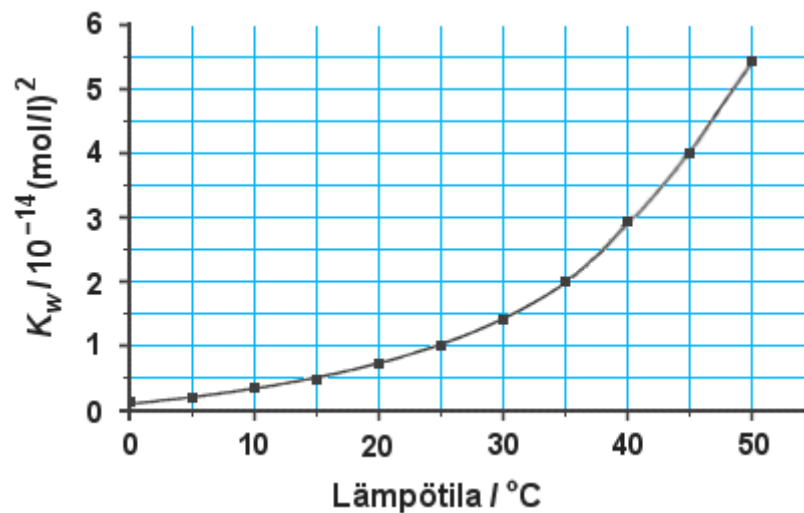
a) Määritä reaktioyhtälön kertoimet.

b) Käytössä on 159 ml 0,50 M natriumjodidiliuosta ja 2,9 g mangaanidioksidia. Kuinka paljon jodia voidaan enintään saada?

c) Mikä aine toimii reaktiossa hapettimena ja mikä pelkistimenä?

5.

Oheisessa kuvassa on esitetty veden ionitulon arvo eri lämpötiloissa.



a) Mitä tarkoitetaan veden ionitulolla?

Määritä kuvion perusteella:

b) puhtaan veden pH lämpötilassa 40 °C

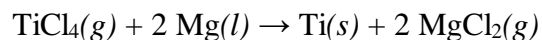
c) hydroksidi-ionin konsentraatio lämpötilassa 30 °C, kun liuoksen pH = 4,52

d) onko veden autoprotolyysi endo- vai eksoterminen reaktio? Perustele vastauksesi.

*Kevät 2006*

2.

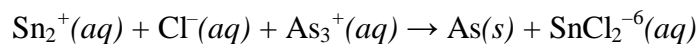
Titaani on luja, kevyt ja korroosiota kestävä metalli, jota käytetään mm. lentokoneissa, polkupyörien rungoissa ja raketeissa. Sitä valmistetaan titaani(IV)kloridin ja sulan magnesiumin välisessä reaktiossa lämpötilassa 950 – 1150 °C.



Eräässä teollisuusprosessissa lähtöaineina käytettiin 35,4 kg  $\text{TiCl}_4$  ja 8,3 kg magnesiumia. Kuinka monta kilogrammaa titaania voidaan saada?

3.

"Niin, rakas Watson", sanoi Sherlock Holmes, "osoitamme, että murha oli tehty juottamalla uhrille arsenikkia kahvin kanssa. Suoritamme huolellisesti Betterdorffin kokeen todetaksemme kahvijäännöksessä olevan arseenia. Sekoitamme kahvinäytteen väkevään suolahappoon liuotetun tina(II)kloridin kanssa, lämmitämme varovasti kaasuliekillä ja voimme todeta... aha! ... aivan oikein, liuos värjäytyy ruskeaksi, muodostuu vapaata arseenia!" Reaktio on:



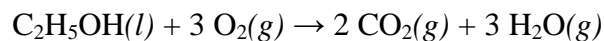
a) Määritä reaktioyhtälön kertoimet. (2 p.)

b) Mitkä aineet hapettuvat ja mitkä pelkistyvät reaktiossa? Esitä myös vastaavat hapetuslukujen muutokset. (2 p.)

c) Laadi reaktioyhtälö, kun liuoksessa oleva arseni esiintyy arseenitrioksidina ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ). Lisää tarvittaessa yhtälöön vetyioneja ja vettä. (2 p.)

4.

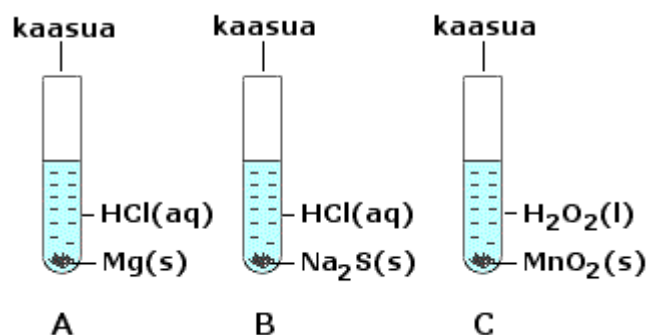
Alkoholijuoma sisältää vain etanolia ja vettä. Seosta analysoidessa etanoli hapetetaan hiilidioksidiksi reaktion



mukaisesti. Samalla juomassa oleva vesi höyrystyy ja se kerätään yhdessä reaktiossa muodostuneen veden kanssa. Mikä oli juoman alkoholipitoisuus massaprosenteina, kun siitä otetusta 10,00 gramman näytteestä saatiin 10,77 g vettä?

7.

Tarkastele oheisen kuvan mukaisia koejärjestelyjä.



a) Mitä kaasua koeputkissa A, B ja C vapautuu? (2 p.)

b) Laadi kussakin koeputkessa tapahtuvan reaktion yhtälö. (4 p.)

8.

15 millilitraan 0,0010 M hopeanitraattiliuosta lisättiin 15 ml 0,0010 M natriumkloridiliuosta.

a) Osoita, että astiaan saostuu hopeakloridia. (2 p.)

b) Laske hopeaionin konsentraatio liuoksessa, kun tasapaino on asettunut. (4 p.)  
Hopeakloridin liukoisuustulo on  $K_L(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10} \text{ (mol/l)}^2$ .



## Liite 2

### Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; yleistä luokittelua

Taulukko 10: Stoikiometriset tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; tarvittut käsitteet

Tehtävä (vuosi ja tehtävän numero)	Reaktio-yhtälön kirjoittaminen	Reaktio-yhtälön tasa-painottaminen	Ainemäärä suhteet	Rajoittava reagenssi	Ainemäärän laskeminen a) hiukkasten määrän b) massan c) tiheyden/ tilavuuden d) konsentraation/ tilavuuden e) tilavuuden (NTP) avulla	Reaktio-sarja	Kaasujen yleinen tilanyhtälö
K97 t. 2.	X	x	x	-	c	-	x
K97 t. 3. b)	-	-	x	-	d	x	-
K98 t. 3.	X	x	x	-	b	x	x
K99 t. 2.	X	x	x	-	b	-	-
K99 t. 7. a) ja c)	x	x	x	-	b	-	-
K00 t. 2.	-	x	x	x	b, c	-	-
K00 t. 4.	X	x	-	-	-	-	-
K01 t. 2.	-	x	x	x	b	-	-
K02 t. 2.	X	x	x	-	b	x	-
K02 t. 3.	X	x	x	-	b, e	-	-
K03 t. 3.	X	x	x	-	b	x	-
K03 t. 6.	X	x	-	-	-	-	-
K04 t. 2.	-	x	x	-	e	-	-
K04 t. 3.	X	x	x	x	d	-	-
K04 t. 7.	-	-	-	-	d	-	-
K05 t. 2.	-	x	x	x	b, d	-	-
K06 t. 2.	-	-	x	x	b	-	-
K06 t. 3.	X	x	-	-	-	-	-
K06 t. 4.	-	-	x	-	b	-	-
K06 t. 7.	x	x	-	-	-	-	-
Yht.	12/20	16/20	15/20	5/20	a: 0, b: 9, c: 2, d: 4, e: 2	4/20	2/20

Taulukko 11: Stoikiometriset tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; muita huomioita, kurssikohtainen ja reaktiotyyppin mukainen luokittelu

Tehtävä (vuosi ja tehtävän numero)	Muuta huomioitavaa	Mille kurssille tehtävä kuuluu	Reaktiotyyppi
K97 t. 2.	-	1 ja 3	Hapetus-pelkistys
K97 t. 3. b)	Tehtävässä kysyttiin myös hapetuslukuja sekä hapetinta ja pelkistintä	2 ja 3	Hapetus-pelkistys
K98 t. 3.	-	3	Hapetus-pelkistys
K99 t. 2.	Tehtävässä piti selvittää empiirinen kaava	1 ja 3	Hapetus-pelkistys
K99 t. 7. a) ja c)	Tehtävässä piti selvittää pitoisuus	3	Hapetus-pelkistys
K00 t. 2.	-	3	Hapetus-pelkistys
K00 t. 4.	Tehtävän perustelut reaktioyhtälön avulla	3	Hapetus-pelkistys, happo-emäs
K01 t. 2.	-	3	Hapetus-pelkistys
K02 t. 2.	Tehtävässä käsitteet hapettuminen ja pelkistyminen sekä katalyytti	2 ja 3	Hapetus-pelkistys
K02 t. 3.	Tehtävässä käsitteet tilavuusprosentti ja massaprocentti	3	Hapetus-pelkistys
K03 t. 3.	Tehtävässä käsite massaprocentti	3	Hapetus-pelkistys
K03 t. 6.	Tehtävässä perustelut reaktioyhtälön avulla	3	Hapetus-pelkistys
K04 t. 2.	-	3	Hapetus-pelkistys
K04 t. 3.	Tehtävässä käsitteet endo- ja eksotermien sekä pH	3	Hapetus-pelkistys
K04 t. 7.	Tehtävässä käsite massaprocentti. Tehtävä myös kokeellinen	5	-
K05 t. 2	Tehtävässä käsitteet hapettuminen ja pelkistyminen	2 ja 3	Hapetus-pelkistys
K06 t. 2.	-	3	Hapetus-pelkistys
K06 t. 3.	Tehtävässä käsitteet hapettuminen ja pelkistyminen	2 ja 3	Hapetus-pelkistys
K06 t. 4	Tehtävässä käsite massaprocentti	1 ja 3	Hapetus-pelkistys
K06 t. 7	Tehtävässä perustelut reaktioyhtälön avulla	3	Hapetus-pelkistys
Yht.	-	1: 3 kpl, 2: 4 kpl, 3: 19 kpl ja 5: 1 kpl yht. 20 kpl	Hapetus-pelkistys 19/20, sakka 0/20, happo-emäs 1/20

Taulukko 12: Tasapainoon liittyvät tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; tarvittut käsitteet

Tehtävä (vuosi ja tehtävän numero)	Homo- geeninen tasapaino	Hetero- geeninen tasapaino	Tasapainovakion kirjoittaminen	Liukoisuustulon kirjoittaminen	a) suolan b) veden ionitulon kirjoittaminen	a) happovakion b) emäsvakion kirjoittaminen	pH
K97 t. +8. a), c), d)	x	-	-	-	-	a	x
K98 t. 6.	x	-	-	-	-	a	x
K99 t. 6.	x	-	-	-	-	a	x
K00 t. 6.	x	-	x	-	-	-	-
K01 t. 6.	x	-	-	-	-	b	x
K02 t. 5.	x	-	-	-	-	a	x
K04 t. 5.	x	-	x	-	-	-	-
K05 t. 5.	x	-	-	-	b	-	x
K06 t. 8.	-	x	-	x	a	-	-
Yht.	8/9	1/9	2/9	1/9	a: 1, b: 1	a: 4, b: 1	6/9

Taulukko 13: Tasapainoon liittyvät tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; muita huomioita, kurssikohtainen ja reaktiotyyppin mukainen luokittelu

Tehtävä (vuosi ja tehtävän numero)	Reaktioyhtälö	Ainemäärä/ tilavuus/ massa/ konsentraatio	Muuta huomioitavaa	Mille kurssille tehtävä kuuluu	Reaktiotyyppi
K97 t. +8. a), c), d)	x	x	Reaktio ei spesifioitu	5	Happo/emäs
K98 t. 6.	x	x	Reaktio ei spesifioitu	5	Happo/emäs
K99 t. 6.	x	x	Reaktio ei spesifioitu	5	Happo/emäs
K00 t. 6.	-	-	Le Chatelier periaate	5	Hapetus-pelkistys
K01 t. 6.	x	x	-	5	Happo/emäs
K02 t. 5.	-	-	Tehtävässä käsite protolyysiaste, Le Chaterier periaate	5	Happo/emäs
K04 t. 5.	-	-	Le Chatelier periaate	5	Hapetus-pelkistys
K05 t. 5.	x	-	Tehtävässä kuvaajan lukeminen, käsite endo- ja eksoterminen	5	Happo/emäs
K06 t. 8.	x	x	-	5	Sakkareaktio
Yht.	6/9	5/9	-	5: 9kpl	Hapetus-pelkistys 2/9, sakka 1/9, happo-emäs 6/9

### Liite 3

#### **Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; vastausten määrä ja pistekeskisarvo verrattuna koko sarja**

Taulukko 14: Stoikiometriaan liittyvät tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; vastausten määrä ja pistekeskisarvo verrattuna koko sarja

Tehtävä (vuosi ja tehtävän numero)	Vastausten määrä verrattuna koko sarja	Pistekeskisarvo verrattuna koko sarja
K97 t. 2.	4051/13738	4,66/3,77
K97 t. 3. b)	927/13738	3,81/3,77
K98 t. 3.	2689/8497	4,44/3,87
K99 t. 2.	457/8540	2,90/3,57
K99 t. 7. a) ja c)	287/8540	4,07/3,57
K00 t. 2.	3838/12819	3,59/3,55
K00 t. 4.	799/12819	3,74/3,55
K01 t. 2.	3240/11235	3,50/3,45
K02 t. 2.	1609/8201	3,62/3,92
K02 t. 3.	1470/8201	4,46/3,92
K03 t. 3.	1209/9603	3,00/3,58
K03 t. 6.	1077/9603	3,09/3,58
K04 t. 2.	4014/13557	4,24/3,79
K04 t. 3.	1654/13557	3,2/3,79
K04 t. 7.	255/13557	3,85/3,79
K05 t. 2	3194/11933	4,28/3,60
K06 t. 2.	3328/20763	4,69/4,15
K06 t. 3.	2635/20763	3,50/4,15
K06 t. 4.	1703/20763	3,35/4,15
K06 t. 7.	1651/20763	3,04/4,15
Yht.	32 % kaikista tehtävistä	3,81/3,73

Taulukko 15: Tasapainoon liittyvät tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; vastausten määrä ja pistekeskisarvo verrattuna koko sarja

Tehtävä (vuosi ja tehtävän numero)	Vastausten määrä verrattuna koko sarja	Pistekeskisarvo verrattuna koko sarja
K97 t. +8. a), c), d)	420/13738	4,34(jokeri)/3,77
K98 t. 6.	1907/8497	4,59/3,87
K99 t. 6.	1169/8540	3,70/3,57
K00 t. 6.	1799/12819	3,39/3,55
K01 t. 6.	1781/11235	3,74/3,45
K02 t. 5.	1662/8201	4,56/3,92
K04 t. 5.	2201/13557	4,00/3,79
K05 t. 5.	828/11933	4,37/3,60
K06 t. 8.	987/20763	3,36/4,15
Yht.	13 % kaikista tehtävistä	4,01/3,74

#### Liite 4

### Stoikiometriaan ja tasapainoon liittyvät tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; tavallisimmat virheet ja arvostelu

Taulukko 16: Stoikiometriaan liittyvät tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; tavallisimmat virheet ja arvostelu

Tehtävä (vuosi ja tehtävän numero)	Tavallisimmat virheet	Tavallisimmat virheet, rankaisu MAOL pisteytysohjeiden mukaan	Mistä pisteet koostuivat, MAOL pisteytysohjeet
K97 t. 2.	Ideaalikaasun tilanyhtälön käyttäminen (oletettiin NTP), reaktioyhtälön kirjoittaminen	Jos käytetty NTP-olosuhteita -3p, reaktioyhtälön kirjoittaminen väärin – vähintään 2p	Reaktioyhtälön kirjoitus ja tasapainotus 2p, massan laskeminen 1p, ainemäärän laskeminen 1p, tilavuuden laskeminen 2p
K97 t. 3. b)	Hapettuvien/pelkistyvien aineiden löytäminen	Hapettuvat/pelkistyvät aineet löytymättä -2p	Ainemääräsuhteet 1p, massan laskeminen 1p, 1. reaktion hapettuminen/pelkistyminen 2/3p, 2. reaktion hapettuminen/pelkistyminen 1 1/3p
K98 t. 3.	Reaktioyhtälön kertoimien huomioon ottaminen, numeerinen tarkkuus	Jos ainemäärä suhteet puuttuvat -2p, numeerinen tarkkuus -1/3-1p	1. reaktioyhtälö 1p, ainemääräsuhteet 2p, massan laskeminen 2p, 2. reaktioyhtälön kirjoittaminen 1p
K99 t. 2.	Kuva ja tehtävänanto saattoivat hämätä, ei osattu yhdistää perus stoikiometriseen laskuun	-	Empiirisen kaavan selvittäminen 4p, 1. kemiallinen reaktio 1p, 2. kemiallinen reaktio 1p
K99 t. 7. a) ja c)	Reaktioyhtälön kirjoittaminen	Reaktioyhtälö puuttuu -1p	Pitoisuuden laskeminen 2p, kokeellisen työskentelyn perustelut 3p, reaktioyhtälön kirjoittaminen 1p
K00 t. 2.	Rajoittavan reagenssin huomioiminen, kaasujen yleinen tilanyhtälö (oletettiin NTP)	Rajoittava reagenssi huomioimatta -3p, NTP:n oletus -2p	Reaktioyhtälö 1p, ainemäärät 1p, rajoittava reagenssi 2p, kaasun massa ja tiheys 2p
K00 t. 4.	Reaktioyhtälön kirjoittaminen	Huolimaton esitystapa -0-1p	Reaktioyhtälöistä 2 x 1 1/3p ja 2 x 1 2/3p
K01 t. 2.	Rajoittavan reagenssin löytäminen, kaasuseoksen tiheyden laskeminen	Rajoittava reagenssi puuttuu -2p, kaasuseoksen laskemisessa käytetty moolitilavuutta -2p	Reaktioyhtälö 1p, lähtöaineiden ainemäärät ja rajoittava reagenssi 2p, massan laskeminen 1p, tiheyden laskeminen 2p
K02 t. 2.	Reaktioyhtälön kirjoittaminen, katalyytti – käsite, numeerinen tarkkuus	Kaikista reaktioyhtälöistä sai 3p, eli -3p jos väärin, katalyytti-käsitteen vääräys - 1/3p, tarkkuus -1/3-1p	Reaktioyhtälöt 2p, hapettumisluvut 1p, katalysaattori 1/3p, massan laskeminen 2/3p, ainemäärä ja massa 1p, reaktioyhtälö 1p
K02 t. 3.	Reaktioyhtälön kirjoittaminen	Reaktioyhtälö väärin -1p	Reaktioyhtälön kirjoittaminen 1p, kaasuseoksen tilavuusprosentin laskeminen 3p, massaprocentin laskeminen 2p
K03 t. 3.	Seoslaskun ymmärtäminen, välivaiheiden turha pyöristäminen	Jos seoslaskua ei ymmärretty -5p, pyöristämisestä -1/3-1p	Reaktioyhtälöt 1p, yhtälöryhmän muodostaminen ja ratkaisu 5p

Taulukko 16 jatkuu: Soikiometriaan liittyvät tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; tavallisimmat virheet ja arvostelu

Tehtävä (vuosi ja tehtävän numero)	Tavallisimmat virheet	Tavallisimmat virheet, rankaisu MAOL pisteytysohjeiden mukaan	Mistä pisteet koostuivat, MAOL pisteytysohjeet
K03 t. 6.	Reaktioyhtälön kirjoittaminen	Reaktioyhtälöiden epämääräisyydestä -1/3-1p/reaktioyhtälö, eli -2-6p	Reaktioyhtälöstä 1p/ eli 6x1p (tehtävään pystyi vastaamaan myös sanallisesti, jolloin reaktioyhtälöä ei tarvittu)
K04 t. 2.	Pyöristäminen	Pyöristämisen epätarkkuus -1/3-1p	Reaktioyhtälön kertoimet 2p, ainemääräsuhde 2p, massan laskeminen 2p
K04 t. 3.	Reaktioyhtälön muodostaminen, rajoittavan reagenssin huomioiminen	Reaktioyhtälön muodostaminen 1p, eli jos väärin -1p (olomuotojen puuttuminen -1/3p), mikäli rajoittavaa reagenssia ei huomattu ainemäärän, konsentraation ja pH:n laskemisen mahdotonta, jopa -4p	Reaktioyhtälö 1p, endo/eksotermisyys 1p, ainemäärän laskeminen 2p, konsentraation laskeminen 1p, pH-arvo 1p
K04 t. 7.	Kokeellisten työtapojen osaaminen, tiheyden käyttämättä jättäminen reagenssin määrän laskemisessa	Turvallisuuskäsitteiden puuttuminen -1/3-2/3p, mikäli tiheyttä ei käytetty reagenssin määrän laskemisessa saadaan väärä tulos, jopa -2p.	Tarvittavien reagenssien määrän laskeminen 2p, mittaliuoksen valmistaminen 2p, konsentraation tarkastaminen 2p
K05 t. 2	Rajoittavan reagenssin huomioiminen, hapettimen ja pelkistimen löytäminen	Jos rajoittavaa reagenssia ei perusteltu -1-2p, hapetin/pelkistin puuttuu -1p	Reaktioyhtälön kertoimet 1p, lähtöaineiden ainemäärien laskeminen 1p, rajoittava reagenssi 2p, massan laskeminen 1p, hapetin/pelkistin 1p
K06 t. 2.	-	-	Lähtöaineiden ainemäärien laskeminen 2p, rajoittava reagenssi 2p, massan laskeminen 2p
K06 t. 3.	Jatkoreaktioyhtälön kirjoittaminen	Jatkoreaktioyhtälöstä 2p, eli -2p jos väärin (-1/3 p jos olomuotoja puuttuu, -1/3p jos kertoimet moninkertaiset)	Reaktioyhtälön kertoimet 2p, hapetus/pelkistys 2p, jatkoreaktioyhtälö 2p
K06 t. 4.	Välivaiheiden turha pyöristäminen	Tarkkuudesta -1/3-1p	Ainemääräsuhteet 1p, yhtälöparin muodostaminen ja ratkaisu 3p, pitoisuuden laskeminen 2p
K06 t. 7.	Reaktioyhtälön kirjoittaminen	Reaktioyhtälöistä sai 4p, eli jos väärin jopa -4p	Muodostuvien kaasujen toteaminen 2/3p eli yht. 2p, reaktioyhtälöistä 4/3p eli yht. 4p

Taulukko17: Tasapainoon liittyvät tehtävät kevään ylioppilaskirjoituksissa 1997-2006; tavallisimmat virheet ja arvostelu

Tehtävä (vuosi ja tehtävän numero)	Tavallisimmat virheet	Tavallisimmat virheet, rankaisu MAOL pisteytysohjeiden mukaan	Mistä pisteet koostuivat, MAOL pisteytysohjeet
K97 t. +8. a), c), d)	Kuvion lukeminen	Ekvivalenttikohta luettu kuvaajasta väärin -1p, pH alussa luettu kuvaajasta väärin -2p	Alukonsentraation laskeminen 1p, happovakion laskeminen 2p, emäksen kulutus 3p
K98 t. 6.	Tasapainotilan huomioon ottaminen, laskutekniset virheet, yksiköiden puuttuminen laskuista, numeerinen tarkkuus	Tasapainotilan muodostaminen -1p, numeerinen tarkkuus ja laskutekniset virheet -1/3-1p	Konsentraation laskeminen tasapainossa 1p, tasapainotilan muodostaminen 1p, konsentraation laskeminen alussa 2p, moolimassan määrittäminen 2p
K99 t. 6.	Approksimaation oikeutus	-	Vahvan hapon tapaus 2p, heikon hapon tapaus 4p
K00 t. 6.	Kokonaisainemäärän pysyminen samana, numeerinen tarkkuus, pyöristyssäännöt	Mikäli ei ymmärretty kokonaisainemäärän pysymistä samana, ei tasapainovakiota voi muodostaa oikein -5,5p, tarkkuudesta -1/3-1p.	Reaktioyhtälö ja tasapaino konsentraatiot 1p, tasapainovakion laskeminen 1p, uudet tasapaino konsentraatiot 2p, uuden tasapainovakion laskeminen 2p
K01 t. 6.	Heikon protolyytin neutralointi	Mikäli ei ymmärrä neutralointia, viimeinen kohta jää tekemättä -2p.	Reaktioyhtälö ja emäsvakio 1p, tasapaino konsentraation laskeminen ja alkukonsentraation ja ainemäärän laskeminen 3p, neutralointireaktio ja laskut 2p
K02 t. 5.	Approksimaation oikeutus, pH:n muutos	pH:n muutoksen perustelu 2p, eli -2p jos väärin.	Konsentraation laskeminen happovakion lausekkeesta 3p, protolyysiasteen laskeminen 1p, pH:n muutos 2p
K04 t. 5.	Tasapainovakion muodostaminen, tasapainon siirtymisen perustelu tilavuuden muuttuessa	Tasapainovakion lausekkeesta 1p, eli -1p jos väärin, tasapainon siirtymisestä 2p, eli -2p jos väärin	Tasapainovakion lauseke 1p, tasapainokonsentraatiot 2p, tasapainovakion laskeminen 1p, tilavuuden muutoksen vaikutus tasapainoon 2p
K05 t. 5.	Veden ionitulon yhteys autoprotolyysiin	Veden ionitulon yhteys autoprotolyysiin puuttuu -1p.	Veden ionitulo 2p, pH kuvaajasta 1p, konsentraation laskeminen 2p, autoprotolyysin endo/eksotermisyys 1p
K06 t. 8.	Konsentraatioiden suuruuden perustelu	Mikäli konsentraatioiden suuruutta ei perusteltu -2p	Saostumisen osoitus 2p, tasapaino konsentraatioiden laskeminen 4p