

# Mikrokemian soveltaminen yläkoulun ja lukion kemian opetuksessa

PÄIVITETTY 9.9.2024

**ARI MYLLYVIITA**

ISBN 978-952-94-9598-6  
CHEMEDU - MYLLYVIITA

## Sisällys

1. Johdanto	2
1.1. Microscale chemistry - kooste	2
1.2. Mistä kaikki alkoi	3
1.3. Artikkeleita mikrokemiasta	3
1.4. Mikrokemian taustaa	4
1.5. Kemikaaliturvallisuuden lisääminen – vähemmän kemikaaleja	5
2. Johnstonen kolmio	7
3. Kemiaalliset reaktiot	10
3.1. Muovipipetit vs. tippapullot – pisarakemia (Drop chemistry)	10
3.2. Työskentelyalusta ja ilmiöiden dokumentointi	10
A1. mikrokemian työ (yläkoulu) – Indikaattorit	11
A2. mikrokemian työ – Saostumisreaktiot (hydroksidit)	12
A3. mikrokemian työ – Sähkökemiallinen jännitesarja	13
A4. mikrokemian työ – oma pH-indikaattori	14
4. Rakenneosat, molekyylit, ionit – tutkimusta diffuusion avulla	16
B6. Ionien olemassaolon toteaminen – sähkönjohtokyky	16
B7. Liuosten diffuusio	17
B8. Kaasun diffuusio	18
Diffuusio kiinteissä aineissa	19
B9. Eri suolojen diffuusio	19
5. Kvantitatiivinen kemia – moolit ja energia	20
C10. Magnesiumin palamistuotteen empiirisen kaavan määrittäminen	21
C11. Kemiaallisen energian määrittäminen	22
6. Sähkökemiallinen	25
D11. Pariston rakentaminen	25
D12. Kaliumjodidin elektrolyysi	26

# 1. Johdanto

## 1.1. Microscale chemistry - kooste

Tämä kirja pohtii mikrokemian (käännös sanasta Microscale chemistry) käyttöä kouluissa ja miten se tukee mm. kemikaaliturvallisuutta kouluissa. Mikrokemia tarjoaa turvallisemman ja kestävämmän lähestymistavan kokeellisten töiden suorittamiseen koulujen laboratorioissa.

Mikrokemian merkitys näkyy muun muassa:

1. **Kemikaalien pienemmät määrät:** Mikrokemiassa käytetään usein vain muutama tippa tai milligrammaa ainetta. Tämä vähentää altistumista vaarallisille aineille, joita voidaan käyttää kokeellisissa töissä.
2. **Pienempi onnettomuusriski:** Pienemmällä määrällä kemikaalien roiskeiden, tulipalojen ja räjähdysten riski minimoituu huomattavasti.
3. **Kustannustehokas:** Pienempien ainemäärien käyttö vähentää kustannuksia, myös varastossa säilytettävien aineiden määrät voivat olla pienemmät.
4. **Ympäristövaikutus:** Mikrokemia vähentää jätettä ja kemikaalien hävittämisen ympäristövaikutuksia.
5. **Oppimistilanteen järjestelyt:** Pienempi mittakaava edellyttää usein suurennuslaseja (teknisesti sofistikoituja mikroskooppeja tai kameroita), koska kaikki tapahtuu pienessä mittakaavassa; pieni mittakaava saattaa mahdollistaa useamman kokeellisen työn tekemisen samalla oppitunnilla.

Nämä seikat huomioiden tähän kirjaan on koottu erilaisia mikrokemian näkökulmaa hyödyntäviä kokeellisia töitä ja niiden perusteita.



Kuva 1: ChatGPT:n tuottama kuva mikrokemiasta

## 1.2. Mistä kaikki alkoi

Kiinnostus mikrokemiaan alkoi eurooppalaisen Kemikaaliturvallisuus kemian opetuksessa -hankkeen<sup>1</sup> (Online Resources for Chemical Safety in Science Education) myötä. Hankkeeseen liittyy osahanke, joka koskee vihreää kemiaa. Eräs tapa toteuttaa tätä on hyödyntämällä mikrokemian (**microscale chemistry**) näkökulmaa kokeellisessa kemiassa. Hankkeen puitteissa minulla on mahdollisuus tutustua Britanniassa toimivan CLEAPSS-nimisen organisaation<sup>2</sup> ajatuksiin ja toimintamalleihin. Mikrokemian ajattelumalleja on esitelty useissa kirjoissa, joista tuorein lienee Bob Worleyn ja David Patersonin kirjoittama kirja: "*Understanding chemistry through microscale practical work*".

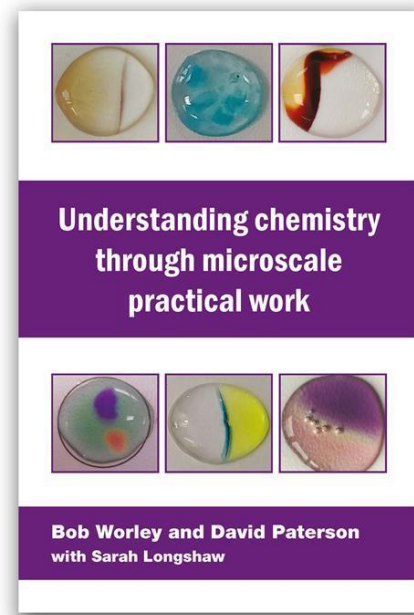
Tässä kirjassa on hyödynnetty kyseisen kirjan rakennetta, ajatuksia ja käytännön ratkaisuja. Niitä on sovitettu suomalaiseen kontekstiin ja "Kemian työkalupakki" -hankkeen mukaiseen kehitystyöhön.

Bob Worley julkaisee tutkimuksiaan ja ideoitaan omalla twitter -tilillään (UncleBob @UncleBo80053383). Lisäksi aineistoa löytyy internetsivuilta: <https://microchemuk.weebly.com/>. Mikrokemia on tärkeä lähestymistapa kemian opetukseen, jolla säästetään niin resursseja kuin ympäristöäkin pienten kemikaalimäärien ja kohtuuhintaisten laiteratkaisujen kautta.

## 1.3. Artikkeleita mikrokemiasta

Teemaan liittyviä artikkeleita:

- Hennah, N (2018). Help students connect observations to theory. RSC Education. Ladattu: <https://edu.rsc.org/ideas/help-students-connect-observations-to-theory/3009420.article>
- Paterson, D. (2017). Making Practical Work More Effective. RSC Education. <https://edu.rsc.org/feature/making-practical-work-more-effective/3008027.article>
- Paterson, D. (2022). Practical progression. RSC Education. <https://edu.rsc.org/ideas/from-microscale-to-full-scale-practicals/4016374.article>
- Skinner, J. ed. (1998), Microscale chemistry, experiments in miniature. Cambridge, UK: RSC Publishing, 1998. Downloaded <https://edu.rsc.org/resources/collections/microscale-chemistry>
- Worley, B. (2012). Microscale Chemistry Revisited. RSC Education. <https://edu.rsc.org/feature/microscale-chemistry-revisited/2020193.article>



Kuva 2: Understanding chemistry through microscale practical work -kirjan kansi

<sup>1</sup> ORCheSSE-hanke (Online Resources in Chemical Safety for Science Education) on Erasmus-rahoitteinen hanke, jonka tavoitteena on tuottaa materiaalia koulujen kemikaalivarastoista vastaaville kemian opettajille.

<sup>2</sup> CLEAPSS perustettiin vuonna 1965. CLEAPSS keskittyy kokeellisen työn edistämiseen kouluissa ja korkeakouluissa. Se tuottaa oppaita ja opastaa kemian teknikoita ja opettajia turvalliseen työskentelyyn kemian opetuksessa. Tällä hetkellä 95 % peruskouluista ja 98 % lukioista Iso-Britanniassa (Skotlantia lukuun ottamatta) on CLEAPSS:n jäseniä, samoin kuin suurin osa itsenäisistä kouluista.

## 1.4. Mikrokemian taustaa

Mikrokemialla tarkoitetaan kemian kokeellista työskentelyä ajatuksella, että työssä käytetään selvästi vähemmän kemikaaleja, mahdollisesti erilaisia työvälineitä ja tekniikoita kuin on totuttu kemian opetuksessa ja kemian oppikirjojen ohjeistuksissa. Juuri kemikaalimäärien vähentäminen tekee lähestymistavasta merkityksellisen ja "vihreää kemiaa" toteuttavan toimintamallin. Jatkossa vältän käyttämästä tätä viimeksi mainittua käsitettä, koska on muuttunut poliittiseksi välineeksi ja jo useassa tapauksessa johtaa harhaan tieteellisen ajattelun rakentamisessa ja erilaisten tiedekäytäntöjen toteuttamisessa. Paremmiin käsillä olevaa asiaa kuvaa käsite kestävä kehitys.

Mikrokemia mahdollistaa kokeellisessa työskentelyssä käytettävien kemikaalien määrän vähentämisen merkittävästi, niin jätteiden ja myös käytettävien lähtöaineiden eli peruskemikaalien määrä vähenee. Käytännössä erilaiset riskit minimoituvat, kustannukset laskevat merkittävästi ja osa töistä on mahdollista toteuttaa myös kotiloissa ilman haittavaikutuksia tai kemikaaliturvallisuuden edellyttämiä toimia.

Mikrokemian laitteistoja on ajan saatossa kehitelty tavoitteena säästää rahaa ja vähentää jätteiden määrää. Tässä kirjassa kootaan eri kemian kursseilla käytettäviä laitteistoja ja työkaluja, jotka mahdollistavat mikrokemian periaatteiden toteuttamisen. Yksi lähtökohta on myös kotona tehtävien kokeellisten töiden työstäminen ja ohjeistaminen. Esimerkkeinä mainittakoon Hofmannin laite (veden hajottamiseen käytettävä systeemi, kuva 3) tai galvaaninen kenno (sähkökemialliseen pariin perustuva systeemi).

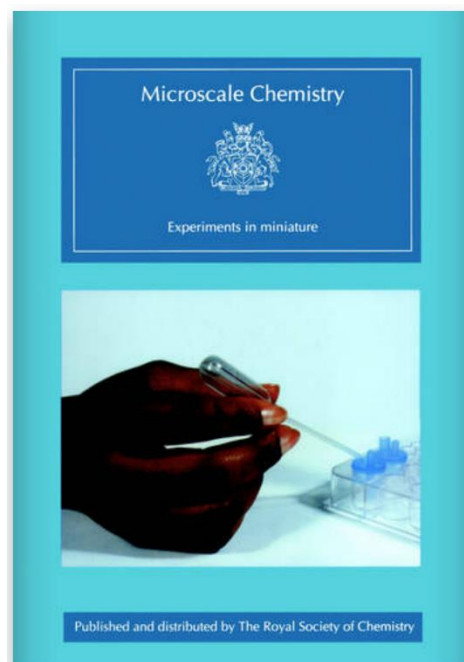
Mikrokemian laitteiston kehittäminen on jatkuva prosessi, jossa jokaisella opettajalla voi olla rooli. Corona-pandemian aikana useat opettajat kehittivät kokeellisia töitä, joita voitiin toteuttaa kotona ja kotona käytettävissä olevilla välineillä ja kemikaaleilla. Edellä mainitun kemian työkalupakin kaltaisia kokoelmia on julkaistu aiemminkin juuri koulukäyttöön tarkoitettuna, erotuksia markkinoilla olevista laatuista.

UNESCO:n rahoittama ja John Bradley'n rakentama kemian setti ohjekirjan kanssa levisi maailmalle vuosituhaten vaihteessa ja niitä voi löytyä edelleen. John Skinner toimitti vuonna 1997 kirjan mikrokemiasta (kuva 4).

Norjassa oli pitkään myynnissä kemian työkalusettejä oppilaiton kotikäyttöön. Setit rakennettiin aina toiveen mukaan. Tässä kirjassa palataan norjalaisten kokeellisiin töihin ja mahdollisiin paketteihin, joita voisi hyödyntää suomalaisessa kemian opetuksessa.



Kuva 3:  
Hofmannin  
laite (AMY)



Kuva 4: John Skinner (toim.)  
"Experiments in Miniature" (1997)



Se, mikä tekee mikrokemian ajattelusta hyödyllisen osana koulukemiaa, on kustannustehokkuus, mikä syntyy pienemmistä kemikaalimääristä, kohtuuhintaisista työkaluista ja käytännössä erittäin pienestä jätteiden määrästä (koska suurin osa on muokattu tai muokattavissa vaarattomiksi).

LISÄTIETOA: [https://youtu.be/ K5WOKh6eIA](https://youtu.be/K5WOKh6eIA) (Bob Worley youtube-video)

### 1.5. Kemikaaliturvallisuuden lisääminen – vähemmän kemikaaleja

Kemikaalilainsäädännön tiukentuessa kouluissa opettajat joutuvat lisääntyvässä määrin arvioimaan erilaisten kemikaalien käytön ja kokeellisten töiden riskejä (riskin arviointi). Opetussuunnitelmissa kokeellisten töiden merkitystä korostetaan ja opettajankoulutuksessa paneudutaan opiskelemaan tätä ja myös kehittämään uusia kokeellisia töitä oppijoiden motivoimiseksi. Mikrokemia mahdollistaa sellaisten töiden tekemisen, jossa voi syntyä haitallisia (jopa vaarallisiksi) luokiteltuja kaasuja, esim. kloridiliuosten elektrolyysi tai tiosulfaatin ja hapon reaktiot. Mikrokemian yksi tärkeä lähtökohta on **pienet kemikaalimäärät ja pienet pitoisuudet**, jolloin altistuminen on käytännössä minimaalinen ja työ riskitön.

**ORChESSE-hankeessa** (Online Resources for Chemical Safety in Science Education) on luotu laaja verkkoaineisto koulujen kemikaaliturvallisuuden takaamiseksi ja kemikaalivarastojen ylläpitämiseksi lainsäädännön ja erilaisten normien mukaisesti.



Kuva 5: ORChESSE-hankkeen suomenkielinen [www-sivusto, www.chesse.org/fi](http://www.chesse.org/fi)

### 1.6. Mikrokemia ja pedagogiikka

Mikrokemiassa käytetään erilaisia suurennustyökaluja, jotta havainnot ja ilmiöt voidaan todeta. Kemialliset ilmiöt ja niiden toteaminen vaatii tarkkaavaisuutta ja siksi on hyödyllistä, että käytetään sellaisia työkaluja, jotka parantavat havainnointitaitoja ja saavat oppijan kiinnittämään huomiota erilaisiin yksityiskohtiin.

Mikrokemia ja kotona toteutettavat kokeelliset työt voivat osaltaan myös haitata kemiassa käytettävien "oikeiden" laitteiden käytön oppimista tai laitteiden rakentamiseen liittyvien seikkojen hallintaa. Toisaalta kemian ilmiöiden tunnistaminen eri yhteyksissä ja tutkimusmenetelmien hyödyntäminen uusissa tilanteissa vastaa nykypedagogiikan linjauksia.

Opetuksen tueksi vaarallisten reaktioiden esittelyyn on tuotettu laajasti erilaisia videoita. Myös erilaisten laitteiston käytöstä on olemassa videoita, mm. titraukseen, tislaukseen tai

## Mikrokemian soveltaminen kemian opetuksessa

uuttamiseen liittyen. Näiden avulla voidaan erinomaisesti toteuttaa demonstraatioita ilman laitteistojen rakentamista (jopa hankintaa) ja kemikaalien käyttöä.

**Esimerkiksi titrauksen esittelystä** käy hyvin linkin takana oleva karboksyylihapon määrittäminen titraamalla: [https://www.youtube.com/watch?v=TFu\\_zg-tbek](https://www.youtube.com/watch?v=TFu_zg-tbek). Myös kemian ylioppilaskokeissa käytetyt videot toimivat opetuksen materiaaleina (nämä löytyvät parhaiten Abitreenien sivuilla olevista koelinkistä <https://yle.fi/aihe/abitreenit/kemia>).

Mikrokemia ja yleensä kokeelliset työt ovat yhteydessä seuraavassa kappaleessa esiteltävään kemian pedagogiseen viitekehykseen, Johnstonen kolmioon.

## 2. Johnstonen kolmio

Kemian opetuksessa ilmiöiden havainnointi ja myös niiden tuottaminen kemiallisten reaktioiden avulla on yksi tärkeä osa kemian kokeellisia töitä. Tämä ei kuitenkaan riitä asian tai ilmiön ymmärtämisessä puhumattakaan sen selittämisessä kemian käsitteillä ja kielellä. Tämän kokonaisuuden hahmottamiseksi Alex Johnstone on muovannut lähestymistavaksi kolmion, jossa yhdistyvät makrotason ilmiöt, submikroskooppisen tason tulkinnat ja symbolisen (matemaattisen) tason kuvaukset.

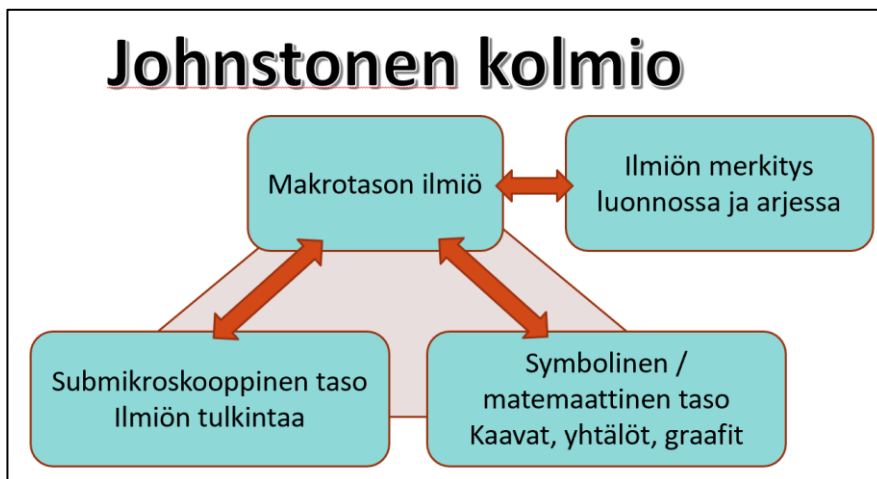
Johnstonen kolmion mukaista ajattelua on sovellettu tässä kirjassa eri töiden yhteydessä, jotta kokeellisesta työstä muodostuisi tärkeä osa jonkin tietyn kemiallisen käsitteen tai teeman käsittelyssä.

Kemian oppimiseen kuuluu ymmärrys, jossa on mukana

- submikroskooppisen tason prosessit (esim. kemialliset reaktiot ja niiden mekanismit)
- makroskooppiset havainnot (ilmiöt ja niiden yhteys luontoon ja arkeen) ja
- erilaisten kemiallisten prosessien symbolinen tai matemaattinen kuvaus (kaavat, symbolit, yhtälöt, graafiset esitykset).

Esimerkiksi kuparikloridiliuoksen elektrolyysissä kuljetaan eri tasojen läpi: makroskooppisesta, ilmiöiden ja havaintojen tasosta (kloorikaasun, kiinteän punaruskean kuparin muodostuminen) submikroskooppiselle tasolle (rakenneosien toiminta), ja siitä symboliselle tasolle, jossa esitetään kemiallisia kaavoja ja reaktioyhtälöitä. Opettamalla kolme tasoa selkeästi ja harjoittelemalla niiden käyttöä ryhmässä tapahtuvan työskentelyn avulla, voit tukea oppilaita liikkumaan näiden tasojen välillä.

Mallien ja analogioiden käyttö helpottaa kemian ymmärtämistä, jos käsitteet ja ilmiöt ovat muuten liian abstrakteja tai selittämättömiä (Bou Jaoude & Barakat, 2003; Gabel, 1999; Wolfer, 2000). Tämä johtuu kemiallisista prosesseista, jotka ovat fysikaalisesti havaittavissa (makroskooppisia) ja käsitteellisesti abstrakteja. Näiden kemiallisten prosessien ymmärtämiseksi käsitteellisellä tasolla on tutkittava erilaisia hiukkastason vuorovaikutuksia. Tavoitteena on, että opiskelija osaa vetää yhteyksiä kemian kolmen esitystason – makroskooppisen, submikroskooppisen tai hiukkastason sekä symbolisen tason – välille oikean käsitteellisen ymmärtämisen kehittämiseksi.



Kuva 6: Johnstonen kolmio



## **Kognitiivinen kuormitus**

Kolmen eri tason huomioiminen opetuksessa voi johtaa yllättävän suuren kognitiiviseen kuormitukseen (kts. kognitiivisen kuormituksen teoria, cognitive load theory, Sweller 1999<sup>3</sup>). Kolmen eri tason huomioiminen opetuksessa on opettajalta vaativa tehtävä, mutta myös oppijan kohdalla on haasteita, kognitiivinen kuormitus kasvaa melkoisesti. Kognitiivisen kuormituksen teoria jakaa kuormituksen kolmeen osaan: sisäiseen, ulkoiseen ja toiminnalliseen<sup>4</sup>.

Mikrokemian kohdalla kuormitusta voi lisätä mm. se, miten kokeellisen työn ohjeistus esitetään oppijalle. Erilaisten merkintätapojen käyttö submikroskooppisissa selityksissä voi johtaa virhekäsityksiin ja osaltaan hankaloittaa itse ilmiön ymmärtämistä. Yksi toimintamalli auttaa tässä: kemian kielen ja oikeiden kemian työvälineiden ja kemikaalien käyttö. Kognitiivisen kuormituksen vähentämiseksi on sovellettava sellaisia ohjeiden tuottamisen menetelmiä, joissa laaditaan ns. integroidut ohjeet. Niissä yhdistetään yksinkertaisia käytännön kaavioita, minimaalisia tekstiohjeita, nuolia ja kuvakkeita. Kaavion yhdistämisellä tekstiin pyritään vähentämään huomion jakautumista, jonka on todettu lisäävän ulkopuolista kognitiivista kuormitusta.

## **Kemian kieli**

LOPS 2019: "Kemialle oppiaineena on ominaista symbolien ja matemaattisten mallien käyttö osana tieteellistä lähestymistapaa. Opinnoissa pyritään selittämään arkielämän ilmiöt tieteen käsitteillä. Opinnoissa harjaannutaan käyttämään **kemian kieltä** monipuolisesti ja tieteellisen esitystavan vaatimalla tarkkuudella."

Kemian opetuksessa ja nyt myös lukion opetussuunnitelmassa kemian kohdalla korostetaan kemian kieltä ja sen hallitsemista. Kielen ja käsitteiden käytön kannalta on paikallaan, että esimerkiksi itse laitteiden ja välineiden valinta kokeellisiin töihin tehdään niin, että kemian kielen ja ajattelun kannalta oleelliset välineet ja käsitteet ovat esillä.

On myös huomionarvoista se, että kokeellisissa töissä käytetään kemiaan kuuluvia työvälineitä. Opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus 2019) todetaan, että tutkimisen taitojen osalta tavoitteena on mm. se, että "*osaa toteuttaa kokeellisia tutkimuksia käyttäen kemialle tunnusomaisia työmenetelmiä*".

---

<sup>3</sup> Sweller, J. (1999). Instruction design in technical areas. Camberwell, Australia: ACER

<sup>4</sup> **Sisäinen kuormitus:** Tämä on oppimateriaalin luontainen ominaisuus ja riippuu sisällön monimutkaisuudesta sekä oppijan aiemmasta tiedosta. Sisäistä kuormitusta ei voida muuttaa opetussuunnittelulla, mutta sitä voidaan hallita jakamalla monimutkainen tieto yksinkertaisempiin osiin.

**Ulkoisen kuormitus:** Tämä kuormitus ei ole välttämätöntä oppimiselle ja syntyy siitä, miten tieto esitetään oppijalle. Opetussuunnittelun tavoitteena on minimoida ulkoinen kuormitus vapauttaakseen kognitiivisia resursseja oppimiseen.

**Toiminnallinen kuormitus:** Viittaa kognitiiviseen ponnistukseen, joka vaaditaan tietojen käsittelyyn, skeemojen rakentamiseen ja automatisoimiseen. Opetussuunnittelun tulisi pyrkiä optimoimaan toiminnallinen kuormitus helpottaakseen syvällistä oppimista ja ymmärtämistä.

## Mikrokemian soveltaminen kemian opetuksessa

Oppijoita varten valmistettavassa "kokeellisten töiden työkalupakissa" on näin ollen säilytys- ja sekoitusastioina (muovisia) mittalaseja, dekantterilaseja ja erlenmeyereitä (kuva).

Kuvan välineet ovat muovisia (vaikka nimessä on termi "lasi"). Oppilaiden kotikäytössä on turvallista hyödyntää muovisten astioiden kestävyyttä. Käytettävät kemikaalit ovat sellaisia, joiden kanssa muoviastiat käyvät. Muoviset astiat ovat myös kevyitä ja ne kelpaavat muovinkeräykseen. Kemiassa käytettävät lasiastiat ovat yleensä borosilikaattia, joita ei voida laittaa lasinkeräykseen. Ne ovat myös merkittävä kustannustekijä, jos niitä hankitaan myös kotikäyttöön.



Kuva 7: Mittalasi, suppilo ja pieni tiputuspullo, dekantterilasi ja muoviruisku, dekantterilasi ja muovipipetti

### 3. Kemialliset reaktiot

Kemialliset reaktiot ovat kemian perusta. Kemiallisten reaktioiden mahdollisimman tehokas hyödyntäminen on kemianteollisuuden yksi lähtökohta, siinä pyritään säästämään lähtöaineita (saanto mahdollisimman hyvä), luomaan mahdollisimman optimaaliset olosuhteet reaktiolle (tasapainon siirtäminen tuotteisiin). Reaktioiden avulla valmistetaan muun muassa lääkkeitä ja kosmetiikkaa. Ruoanlaitto ja ravintoaineiden säilöminen perustuvat kemiallisiin reaktioihin. Ruoanlaitto-kemia on jopa oma tieteenalansa, molekyyli-gastronomia. Ihmisten ja eläinten fysiologia perustuu kemiallisiin reaktioihin, samoin luonnon toiminta. Mieti esimerkiksi aineiden (mm. vesi, hiili ja typpi) kiertokulkua, saalistajien myrkyjä, hämähäkin verkkoa.

Kemiallisen reaktion keskeinen tunnuspiirre on **aineen rakenteen muuttuminen**. Aistien havaittavat muutokset ovat seurausta atomitasoisen rakenteiden muutoksista. Reaktioiden submikroskooppisen tason, eli atomien ja elektronien kokoluokan tarkastelussa mallinnetaan, miten atomien ja molekyylien elektronijakaumat muuttuvat.

Reaktioissa lähtöaineatomien väliset sidokset heikkenevät ja uusia sidoksia muodostuu samalla, kun atomit järjestäytyvät uudelleen. Muutoksen suunta on aina kohti tasapainotilannetta tai pysyvämpää rakennetta. Reaktion aikana ilmenee energian muutoksia, kuten lämpö- tai valoilmioita. Reaktioon kuluu myös aina jokin aika.

#### 3.1. Muovipipetit vs. tippapullot – pisarakemia (Drop chemistry)

Mikrokemiassa opitaan hieman erilaisia annosteluun käytettäviä välineitä. Kemiassa yleisesti pidetään tärkeänä taitoa pipetin käyttöä. Hankalien säilytysastioiden (korkit erikoisia tai astiat sisältävät vähän kemikaalia) takia usein joudutaan käyttämään **väliastiaa**, mikä osaltaan aiheuttaa turhaa kemikaalikulutusta (kemikaalia ei voi palauttaa alkuperäiseen säilytysastiaan). Kuvan mukaiset pienet tippapullot mahdollistavat kemikaaliliuoksen käyttämistä jopa pisaroittain. Halvat muoviset pipetit ovat myös käytännöllisiä, mutta edellyttävät väliastiaa.

Joidenkin liuoksien osalta muoviset tippapullot eivät ole sopivia, mutta näitä on vain tietyt kemikaalit, mm. jodiliuos, rauta(II)-suolaliuokset, ammoniakkiliuos ja vesiperoksidiliuos.

Muovipipetit toimivat sitä vastoin mainiosti joidenkin mikrokemian töiden työvälineinä, esim. "pisaroittain" tehtävässä titrauksessa.



Kuva 8: Kuva pipetistä ja tippapulloista

#### 3.2. Työskentelyalusta ja ilmiöiden dokumentointi

Mikrokemiassa kemialliset reaktiot tehdään käyttäen mikrolitroja millilitrojen sijasta, tavallisten koeputkien sijaan käytetään kennolevyjä, ellei peräti muovikalvon pinnalla olevia

nestepisaroita. Moni reaktioihin liittyvistä ilmiöistä voidaan nähdä pisaratasolla (hyödyntäen diffuusio-ilmiötä). Pisara muodostaa selkeän rajatun alueen, jossa reaktio tapahtuu ja siitä voidaan havaita haluttuja ilmiöitä.



Kuva 9: Vesipisara

Tämän kirjan liitteinä on tulostettavia A4-arkkeja myöhemmin kuvattuihin "pisaratöihin". Kun niistä leikkaa 0,5 cm reunasta pois ja sitten laminoi, saadaan puhdistettavat alustat pisarakohtaisiin töihin. Arkkien käyttöä esitellään tarkemmin aina omissa kohdissaan tässä kirjassa. Erilaiset muovitaskut toimivat toki myös pintoina, joissa reaktioita voi tehdä, tulosteet antavat sitten valmiit asetelmat kokeellisten töiden toteuttamiselle.

Joissakin töissä on hyödyllistä käyttää pientä muovista petrimaljaa, jotta nesteet pysyvät hallinnassa ja niihin voi työntää esim. ohutta grafiittisauvaa jonkinlaisen elektrolyysityön yhteydessä. Näistä myös tarkemmin konkreettisisä kohdissa.

Kemiallisten reaktioiden tulkitsemiseksi on tärkeää dokumentoida kokeellinen työ valokuvoin (jopa videoin) ja kirjata ylös havaitut ilmiöt. Joissakin kohdin kirja tarjoaa raportointimalleja (yläkoulun kemian töihin, joissa harjoitellaan myös asioiden kirjaamista, kemian sanallistamista). Työselostuksien tai tutkimusraporttien laatiminen on tärkeä osa kemian kokeellista työskentelyä, niihin kirjataan hypoteeseja, luetellaan käytetyt kemikaalit ja välineet, kirjataan havainnot (ilmiöt tai niiden puuttuminen!), Dokumenttien pohjat liitteenä.

## A1. mikrokemian työ (yläkoulu) – Indikaattorit

### Kemikaalit

Tippapullot	Työvälineet	Huom.!
0,1 M kaliumjodidi/ kaliumkloridi 0,1 M natriumkarbonaatti (ruokasooda) 0,1 M natriumvetykarbonaatti (leivin jauhe) 0,1 M sitruunahappo  Fenoliftaleiini -indikaattori Bromitymolisininen (BTS) -indikaattori	muovipäällystetty alusta	Valmistus (oma ohje)

### Työn tavoite

Työn tavoitteena voi olla

1. erilaisten indikaattorien käytön harjoittelu (mikä indikaattori sopii millaiseen tilanteeseen)
2. yleisesti käytettävien suolojen happamuuden / emäksisyyden määrittäminen, käyttäen eri indikaattoreita
3. oman yleisindikaattorin valmistus ja testaaminen

### Työn kulku

Laita muovipinnalle (alusta: 1.työ) pisarat taulukon mukaisia liuoksia. Sen jälkeen laita pisara vaakarivin mukaista indikaattoria. Dokumentoi, mitä tapahtuu. Yleisindikaattorin voi valmistaa yhdistämällä eri indikaattoriliuoksia: BTS (bromitymolisininen), metyylioranssi ja fenoliftaleiini suhteessa 10:5:5 (esim. pisaroina).

### Ilmiöiden tulkinta

Työssä voi vertailla kahden erilaisen indikaattorin toimintaa. Samalla tutustutaan menetelmään, jolla voidaan tutkia mm. suolojen happamuutta tai emäksisyyttä. Työssä voidaan hyödyntää muitakin indikaattoreita.

### Työn eriyttäminen ylöspäin (lukio)

Työstä saa helposti lukio-opetukseen soveltuvan työn vaatimalla suolojen liukenemisreaktioiden kirjoittamista ja esim. happamuuden päättelemistä. Tästä oli keväällä 2023 kemian yo-kokeessa monivalintatehtävä (kuva).

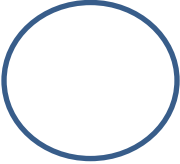
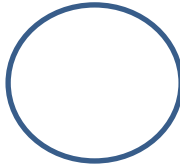
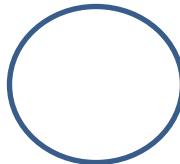
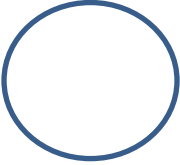
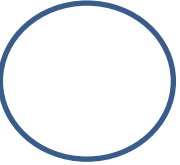
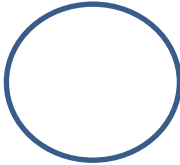
Tehtävää voi teoreettisesti syventää vaatimalla erilaisten sidoksien kirjaamista kiinteissä yhdisteissä ja sitten vesiliuoksissa.

1.6 Minkä suolan vesiliuos on hapan? 2 p.

- kaliumkloridi
- natriumasetaatti
- ammoniumkloridi
- natriumkarbonaatti

Kuva 10: Kemian yo-kokeen tehtävä keväällä 2023

### Taulukko 1: Indikaattorityön tuloksien kirjaaminen



	kaliumkloridi	hanavesi	natriumkarbonaatti (ruokasooda)
Fenoliftaleiini			
Bromitymolisininen (BTS)			

## A2. mikrokemian työ – Saostumisreaktiot (hydroksidit)

### Kemikaalit

Tippapullot	Työvälineet	Huom!
-------------	-------------	-------

## Mikrokemian soveltaminen kemian opetuksessa

<p>0,1 M tippapulloissa suolaliuoksia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rauta(II)sulfaatti ("tuore")</li> <li>- kupari(II) sulfaatti</li> <li>- rauta(III)nitraatti</li> </ul> <p>0,4 M NaOH -liuos (syövyttävää!)</p> 	<p>työskentelyalusta hammastikkuja (sekoitukseen)</p> <p>suojalasit talouspaperia</p>	<p>väkevämpi (0,5 M, 2%) NaOH-liuos:</p> 
--	---	--

### Työn tavoite

Työn tavoitteena voi olla

1. erilaisten liuosten (aineiden) reaktioiden toteaminen saostumisena (syntyvät suolat ovat niukkaliukoisia veteen)

### Työn kulku

Laita eri suolaliuoksista 2 tippaa muovipinnalle (alusta). Lisää tippa NaOH-liuosta kuhunkin suolatippaan. Sekoita pienellä puutikulla (käytön jälkeen katkaise käytetty kärki ja säästä tikku). Kirjaa ylös, mitä havaitset.

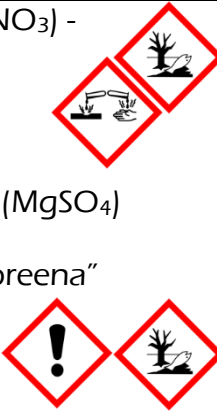
2.vaihe: Jätä näytteet puoleksi tunniksi ja katso on tapahtunut muutoksia.

### Ilmiöiden tulkinta

Natriumhydroksidin (emäs) lisääminen metallisuolojen liuokseen saostaa metallihydroksideja.

## A3. mikrokemian työ – Sähkökemiallinen jännitesarja

### Kemikaalit

Tippapullot	Työvälineet	Huom!
<p>0,05 M hopeanitraatti (<math>\text{AgNO}_3</math>) -liuos (syövyttävää!)</p> <p>2 M ammoniakki-liuos</p> <p>0,1 M tippapulloissa suolaliuoksia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- magnesiumsulfaatti (<math>\text{MgSO}_4</math>)</li> <li>- kupari(II)sulffaatti</li> <li>- rauta(II)sulfaatti "tuoreena"</li> <li>- sinkkisulfaatti (<math>\text{ZnSO}_4</math>)</li> </ul> <p>0,01 M suolahappoliuos</p> 	<p>työskentelyalusta</p> <p>suojalasit talouspaperia</p>	
<b>Kiinteät aineet</b>		
Pienet palaset: magnesium (Mg), kupari (Cu), rauta (Fe) ja sinkki (Zn)		

### Työn tavoite



Työn tavoitteena voi olla

1. eri metallien reaktiivisuuden toteaminen (sähkökemiallinen jännitesarja)
2. spontaanien hapettumis-pelkistymisreaktioiden toteaminen (määrittäminen)

### Työn kulku

Ota pieni petrimalja ja laita palanen kiinteää metallia siihen. Lisää palasen päälle hieman toisen metallin suolaliuosta:

1. laita kupariliuska ja siihen päälle hopeanitraattiliuosta (anna reaktion tapahtua vähän aikaa), mitä tapahtuu?
2. laita magnesiumiliuska ja päälle vettä (laita pisara fenoliftaleiinia magnesiumin päälle), odota hieman, mitä tapahtuu?
3. kokeilu myös seuraavia pareja: kuparisulfaattiliuos + sinkki, sinkkisulfaattiliuos + magnesium, rautasulfaatti + magnesium ja/tai kuparisulfaattiliuos + rauta (voit kokeilla myös metalli ja liuos -paperi toisin päin, mitä tapahtuu?)

### Ilmiöiden tulkinta

Ilmiöitä tulkittaessa täytyy pohtia metallien ja metalli-ionien välisiä hapettumis-pelkistymisreaktioita. Spontaanien reaktion mahdollisuus ja eri metallien reaktiivisuus selittyy metallin paikalla sähkökemiallisessa jännitesarjassa (yläkoulu) ja elektronien siirtymisellä metallilta ionille (hapetusluku).

Magnesiumin ja veden reaktiossa syntyy kuplia (vetykaasua) ja indikaattori osoittaa hydroksidi-ionien muodostumista, jolloin magnesium hapettuu ja vety pelkistyy (vesimolekyylit hajoaa hydroksidi-ioniksi ja vedyksi).

Metallien reaktiota suolahapon kanssa voi myös kokeilla, saamme määriteltyä epäjalot (reagoivat suolahapon kanssa muodostaen vetykaasua) ja jalot metallit (eivät reagoi suolahapon kanssa).

Rauta(II)suolat hapettuvat herkästi ilman hapen vaikutuksesta, minkä vuoksi rauta(II)suolan liuos kannattaa tehdä juuri ennen kokeellista työtä.

## A4. mikrokemian työ – oma pH-indikaattori

### Kemikaalit

Kiinteät aineet	Työvälineet	Huom!
punakaalikerä	työskentelyalusta suojalasit, talouspaperia	

### Työn tavoite

Työn tavoitteena voi olla

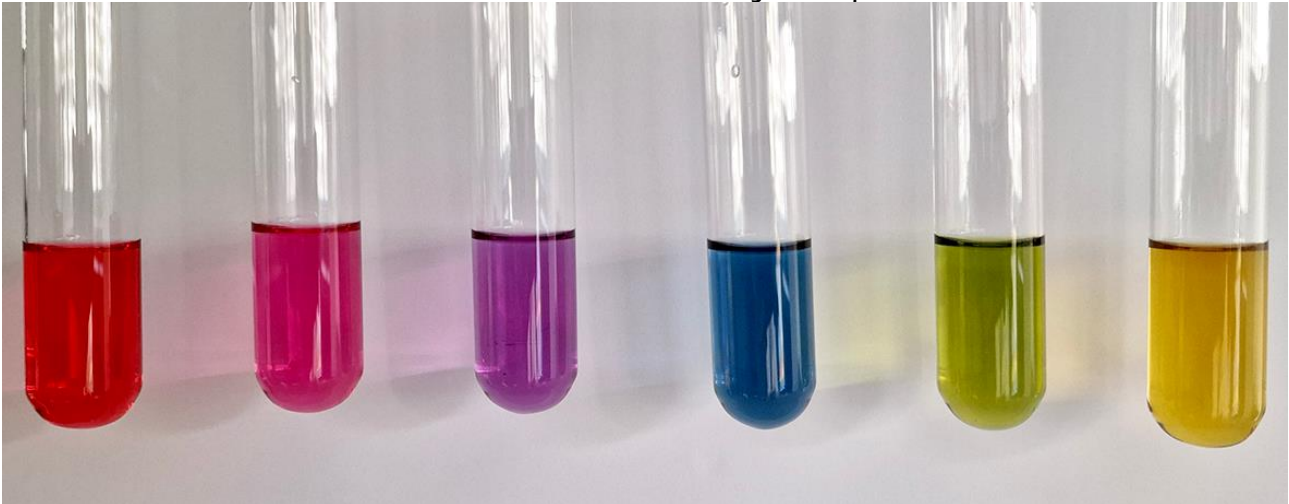
1. oman nestemäisen pH-indikaattorin valmistus
2. oman indikaattorin testaaminen eri happamuuden/emäksisyyden omaavilla aineilla (kts. Työ A1)

### Työn kulku

1. Pilko punakaalta astiaan ja kaada vettä päälle.
2. Kiehauta liuos, jolloin saadaan violetti liuos (indikaattori)
3. Suodata kiinteä aine pois.
4. Testaa indikaattoria työn A1 aineilla.

### Ilmiöiden tulkinta

Punakaali-indikaattori muodostaa erinomaisen värisarjan eri pH-arvolla. Tässä esimerkki:

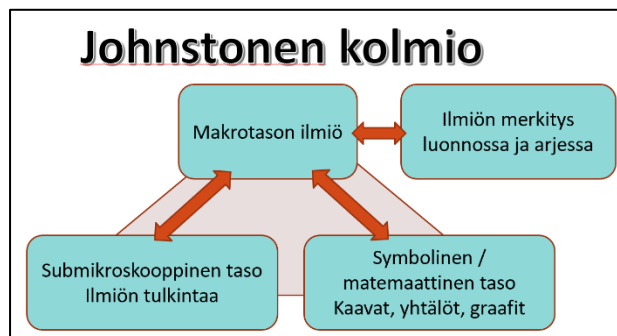


Kuva 11: Punakaali-indikaattori eri pH-arvoilla.

## 4. Rakennneosat, molekyylit, ionit – tutkimusta diffuusion avulla

Monet reaktiot ja ilmiöiden taustalla olevat seikat ovat silmille liian pieniä havaittavaksi. Joten rakennosien havaitseminen vaatii järjestelyjä, joissa luonnossa tapahtuva diffuusio mahdollistaa ilmiön tai reaktion tapahtumisen ja sitä kautta molekyylien ja ionien liikkeen havaitsemisen.


Johnstonen kolmion (kuva 10) mukaisesti **ilmiötasolla** voidaan havainnoida silmämääräisesti, miten aine liukenee ja sekoittuu nesteeseen. **Submikroskooppisella** tasolla aineen liuetessa yhdisteen rakenne muuttuu (ioniyhdiste hajoaa ioneiksi, molekyylihila hajoaa) ja rakenneosat sekoittuvat liuokseen (neste) tai kaasuun. **Symbolisella tasolla** veteen liuennutta ainetta kuvataan (aq) -merkinnällä ja konsentraatiolla tarkoitetaan liuosta, jossa liuennutta ainetta on yhtä paljon kaikkialla liuoksessa.



Kuva 12: Johnstonen kolmio

## B6. Ionien olemassaolon toteaminen – sähkönjohtokyky

### Kemikaalit

Kiinteät aineet	Työvälineet	Huom!
0,1 g kaliumpermanganaattia $\text{KMnO}_4$ 	6 astiaa  suojalasit talouspaperia	Kaliumpermangaatin hankkiminen vaatii selvityksen ja luvan (aine luokitellaan huumausaineiden lähtöaineeksi)

### Työn tavoite

Työn tavoitteena voi olla

1. ionien toteaminen
2. liuoksen laimentaminen

### Työn kulku

Punnitaan 0,10 g kaliumpermanganaattia ( $\text{KMnO}_4$ ) ja liuotetaan se 10 ml vettä. Laimennetaan tätä liuosta viisi kertaa 1/10 osaan. Saadaan taulukko ja kuvat:

$\text{KMnO}_4$ :n massa 10 ml:ssa (g)	$\text{KMnO}_4$ -konsentraatio (mol/l)	$\text{KMnO}_4$ -rakennosien määrä astiassa	Liuos (kuva)


0,10	0,063	$3,8 \times 10^{22}$	
0,010	0,0063	$3,8 \times 10^{21}$	
0,0010	0,00063	$3,8 \times 10^{20}$	
0,00010	0,000063	$3,8 \times 10^{19}$	
0,000010	0,0000063	$3,8 \times 10^{18}$	
0,0000010	0,00000063	$3,8 \times 10^{17}$	

### Ilmiöiden tulkinta

$\text{KMnO}_4$  liukenee veteen hyvin ja näin ollen vedessä on ko. ioneja (kalium-ioneja ja permanganaatti-ioneja) taulukon osoittamat määrät eri konsentraatioissa. Liuos johtaa sähköä näiden ionien takia. Konduktometrillä mitattuna laimeinkin liuos johtaa sähköä, konduktiivisuus astiassa on  $33 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Puhtaan veden konduktiivisuus on  $3 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Vaikka viimeinen laimennettu liuos näyttää lähes kirkkaalta, konduktometri tunnistaa ionien olemassaolon.

## B7. Liuosten diffuusio

### Kemikaalit

Kiinteät aineet	Työvälineet	Huom!
jokunen kide kaliumpermanganaattia $\text{KMnO}_4$ 	alusta  suojalasit talouspaperia  älypuhelin kuvien ja/tai videon ottamiseen	Kaliumpermangaatin hankkiminen vaatii selvityksen ja luvan (aine luokitellaan huumausaineiden lähtöaineeksi)

### Työn tavoite

Työn tavoitteena voi olla diffuusion toteaminen nesteessä.

### Työn kulku

Laitetaan alustalle pisara vettä. Laitetaan pisaran reunalle jokunen kide kaliumpermanganaattia ( $\text{KMnO}_4$ ) ja seurataan kiteen liukenemisestä ja yhdisteen violetin värin etenemistä.


### Ilmiöiden tulkinta

$\text{KMnO}_4$  liukenee veteen hyvin ja diffuusioilmiö näkyy värin leviämisenä pisarassa. Alla on esimerkkikuva ilmiöstä:

Aloitus	2 min	4 min	8 min	16 min	32 min

## B8. Kaasun diffuusio

### Kemikaalit

Tippapullot	Työvälineet	Huom!
0,1 M kaliumjodidiliuos 1,0 M suolahappo, HCl  <b>Muut liuokset</b> 1% tärkkelysliuos 50% klooripohjaista pesuainetta (kts. varoitusmerkki!)	työskentelyalusta  petrimalja (10 cm)  ohje, suojalasit  talouspaperia	

### Työn tavoite

Työn tavoitteena voi olla diffuusion toteaminen kaasun tapauksessa.

### Työn kulku

Laitetaan työskentelyalustalle petrimalja (ympyrät jäävät petrimaljan aloittaman alueen sisään). Laitetaan petrimaljan pohjalle pisarat tutkittavia aineita:

1. pisara kaliumjodidia ja tärkkelystä valkoisille ympyröille (kts. kuva).
2. kaksi pisaraa pesuainetta ja happoa vihreälle ympyrälle

Laita nopeasti petrimaljan kansi paikoilleen. Havainnoi valkoisille ympyröille laitettuja pisaroita.

### Ilmiöiden tulkinta

Klooripitoisesta pesuaineesta kloorikaasu leviää koko petrimaljan alueella. Diffuusioilmiö havaitaan siinä, kun valkoisissa ympyröissä sijaitsevat pisarat ensin lähellä, sitten kauempana, muuttuvat tummiksi (sininen, musta).


Diffuusion tapahtuessa kaasun leviää (edellisessä kohdassa yhdisteen konsentraatio liuoksessa kasvoi) ajan kuluessa. Kaasumolekyylit voivat liikkua hyvinkin nopeasti. Koska molekyyleja (tai muita rakenneosia) on paljon, ne törmäilevät toisiinsa ja saattavat myös reagoida keskenään.

## Diffuusio kiinteissä aineissa

Diffuusiota on edellä todettu tapahtuvan liuosten ja kaasujen kohdalla. Diffuusio tapahtuu hieman eri nopeuksilla, koska esimerkiksi nesteiden ja kaasujen kohdalla rakenneosien määrä ja niiden nopeudet ovat erilaisia ja tämä vaikuttaa törmäyksiin. Diffuusio on mahdollinen myös kiinteiden aineiden kohdalla. Jos puhdasta natriumia ja kaliumia sekoitetaan, syntyy nestemäistä natriumkaliumlejeerinkiä. Jos kuparia on sinkkipinnoitettua (harmaan väristä) ja sitä lämmitetään, kullankeltainen ohut pronssipinnoite syntyy (kuparisinkkilejeerinki).

## B9. Eri suolojen diffuusio

### Kemikaalit

Kiinteät aineet	Työvälineet	Huom!
Kaliumjodidi (muutama kide) Hopeanitraatti (muutama kide) 	ohje, suojalasit  talouspaperia	

### Työn tavoite

Usein suolaliuokset ovat valmiina ja näyttävät värittömiltä (kuin vesi). Sekoitettaessa erilaisia suolaliuoksia, syntyykin yhtäkkiä värillisiä yhdisteitä. Tämän työn tavoitteena on yhdistää liukeneminen, diffuusio ja saostuminen.

### Työn kulku

1. Tee vesikupla, jonka leveys on 1 cm (15-20 pisaraa).
2. Aseta varovaisesti muutama kide ensimmäistä suolaa toiselle puolelle ja muutama kide toista suolaa vesikuplan toiselle puolelle.
3. Ohjaa varovaisesti molempien suolojen kiteet vesikuplaan.
4. Seuraa, mitä tapahtuu ja kirjaa havaintoja.

### Ilmiöiden tulkinta

Vesikuplassa veteen lienneet suolat etenevät ja kohtaavat muodostaen veteen liukenematonta suolaa. Esimerkkitapauksessa syntyy valkoinen saostuma.



## 5. Kvantitatiivinen kemia – moolit ja energia

Kvantitatiivinen kemia yhdistää aineiden

1. makroskooppisen käsittelyn (punnitseminen), mukaan lukien reaktiossa tapahtuvien massojen muutokset (lähtöaineet, reaktiotuotteet),
2. submikroskooppisen pohdiskelun, mitä todellisuudessa tapahtuu rakenneseosten välillä (vrt. törmäysteoria, siirtymätilateoria)
3. symbolisen tarkastelun reaktioyhtälön, sen kertoimien sekä lähtöaineiden ja reaktiotuotteiden laadun ja määrien (ainemäärät) kautta

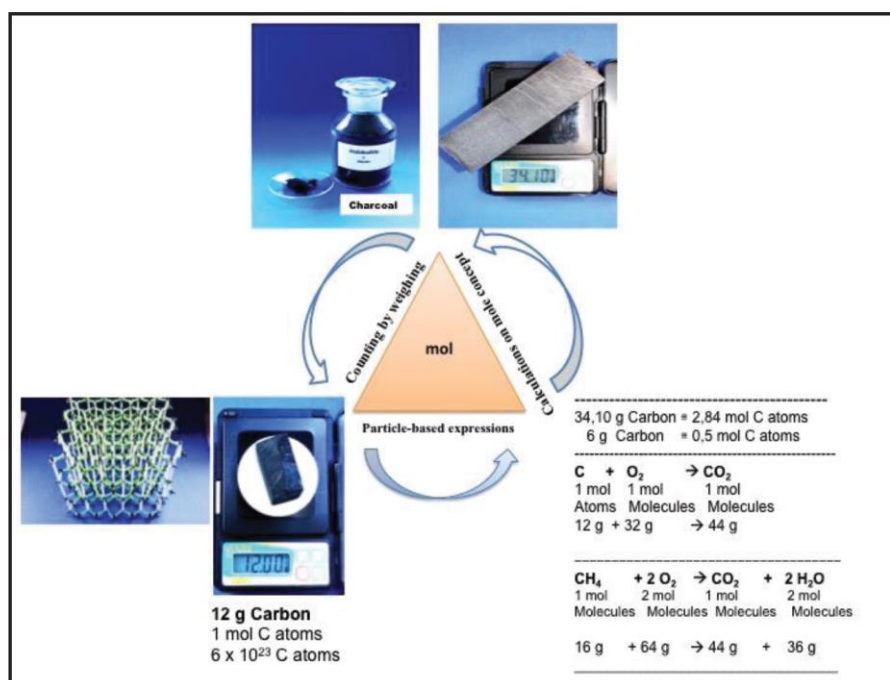


Figure 1. Mole triangle

Kuva 13: Johnstonen kolmio -tulkinta mooli-käsitteelle.

Lähde: Indriyanti&Barke2017\_TeachingTheMoleConceptWithSubmicroLevel

**Aineen punnitsemiseen** käytetään vaakoja. Kuvassa 11 koulukäyttöön soveltuva vaaka löytyy Amazonin tarjonnasta. Kemian opetuksessa käytetään pieniä määriä, jolloin vaaka ei tarvitse olla iso.

Kvantitatiiviseen kemiaan liittyy läheisesti moolin käsite (ainemäärä). Laskuissa käytetään aineiden moolimassoja (lasketaan käyttämällä alkuaineiden suhteellisia atomimassoja) ja kaava, jonka ympärillä laskut tapahtuvat

$$n = \frac{m}{M}$$



Kuva 14: Pieni vaaka  
opettajakäyttöön (Amazon)

Kokeellisilla töillä voidaan:

- määrittää empiirinen kaava – esim. magnesiumin palaminen
- määrittää kideveden määrä – esim. kidevedellisen suolan kuumentaminen
- määrittää reaktioentalpian – esim. korvautumisreaktio sinkin ja kuparisulfaatin välillä

## C10. Magnesiumin palamistuotteen empiirisen kaavan määrittäminen

### Kemikaalit

Kiinteät aineet		Työvälineet	Huom!
Magnesium Mg		kaasupoltin metallipihdit metallisia korkkeja (joita laitetaan palava magnesium) vaaka ohje, suojalasit	
Kuparisulfaatti, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ kidevedellinen			

### Työn tavoite

Työn tavoitteena on määrittää magnesiumoksidin empiirinen kaava. Kuparisulfaatin kideveden määrittäminen.

### Työn kulku

Punnitaan metallikortti (jolle palanut magnesium tulee palamisen jälkeen). Otetaan magnesiumnauhasta pala, asetetaan se korkille ja punnitaan (erotus on magnesiumin massa). Otetaan metallipihdeille magnesiumpala ja poltetaan se kaasun liekissä. Kerätään palamistuote (valkoinen jauhe) korkille. Punnitaan palamisen jälkeen korkki (jossa ko. valkoinen jauhe on).

Asetetaan kuparisulfaattia (punnittu erikseen, tai määritetty korkin ja kuparisulfaatin massojen kautta) korkille ja lämmitetään korkkia (voi tehdä useamman kerran tuloksien varmistamiseksi). Lopuksi punnitaan näyte (mitä valkoisempaa saatu jauhe on, sitä enemmän on kidevettä saatu poistettua).

### Ilmiöiden tulkinta

Tärkeää on saada poltettua kaikki magnesium, jotta saadaan paras mahdollinen tulos. Vertaile saatua tulosta teoreettiseen saantoon ( $\text{MgO}$ ). Pidemmälle menevissä analyyseissä voidaan laskea teoreettiset saannot erilaisille hapetusluvuille (1,2,4) eli oletetuille oksideille  $\text{Mg}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MgO}_2$ .

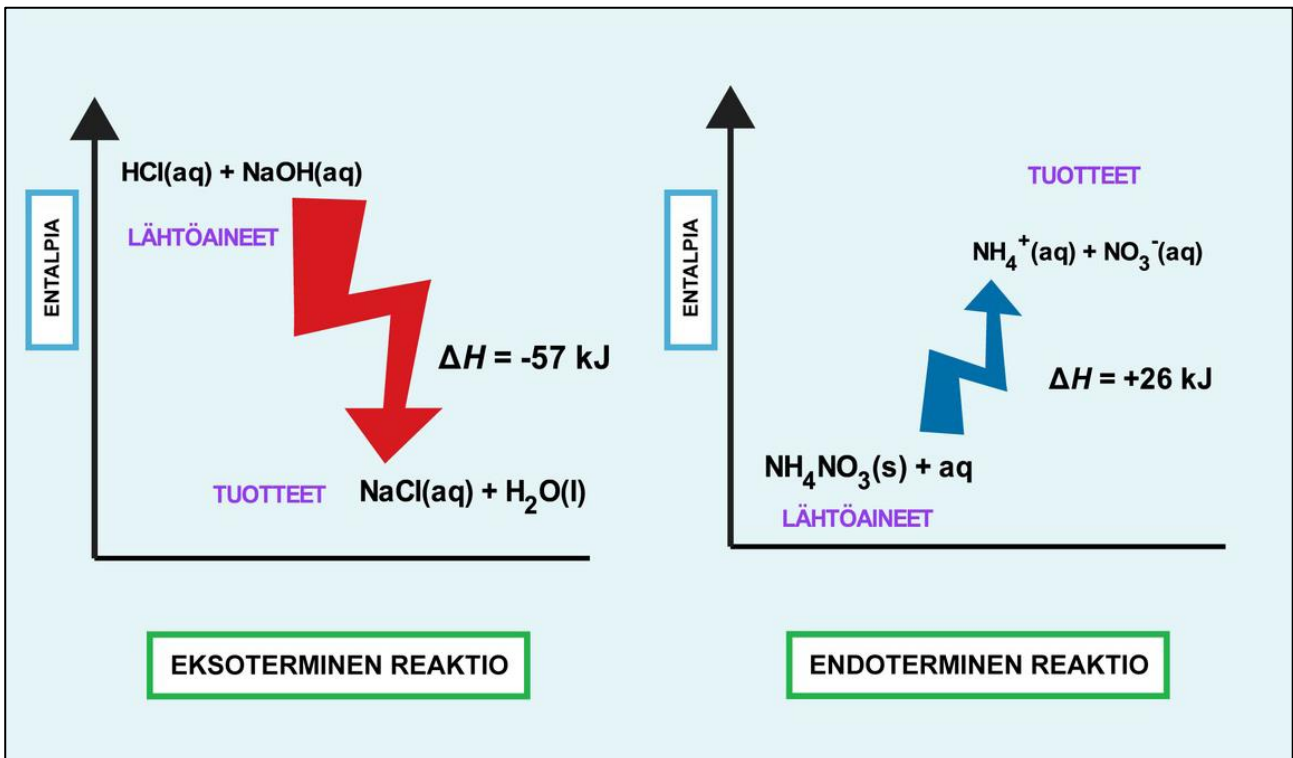
Massojen erotus kertoo kuparisulfaatin kideveden määrän.

## C11. Kemiallisen energian määrittäminen

Kemiallinen energia -käsitteen ymmärtäminen on kemiassa hieman hankalaa, siihen liittyy useita virhekäsityksiä:

1. kuvitelma, että vain polttoaineet ovat energiavarastoja
2. kuvitelma, että energiaa voidaan luoda ja kuluttaa loppuun
3. kuvitelma, että energiaa vapautuu, kun kemialliset sidokset katkeavat

Reaktiossa vapautuvia tai sitoutuvia energioita voi kuvata graafisesti diagrammeilla.




Kuva 15: Eksotermisen (energiaa luovuttava) ja endotermisen (energiaa sitova) reaktio, entalpien muutokset, lähde Orbitaali 5

Kemiallisen energia ymmärtäminen vaatii kaikkien kolmen eri tason kuvaamista ymmärryksen varmistamiseksi.

1. Makrotaso: Ilmiössä syntyy lämpöä tai ympäristö kylmenee. Joskus energioiden muutos näkyy säteilynä (esim. kemiluminesenssi) tai reaktiota voidaan käyttää paristoissa (tai akuissa).
  - a. Käytännön merkitys: Kylmäpussi urheiluvammoihin, Hiiliyhdisteiden esim. kynttilän palaminen,
2. Submikroskooppinen taso: Energia on sitoutunut atomien välisiin sidoksiin, sidoksissa tapahtuviin värähtelyihin tai rakenneseinien pyörimiseen tai liikkeeseen nesteissä tai kaasuissa.
3. Symbolinen taso: Kemiallinen reaktioyhtälö, ainemäärät, reaktioentalpialaskut, entropia.



## Kemikaalit ja välineet

Kiinteät aineet	Työvälineet	Huom!
Sinkkijauhe Zn  1, 0 M Kuparisulfaatti, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ kidevedellinen  Vesi	 digitaalinen lämpömittari kalorimetrinä toimiva muki (styrox-muki) ja muovimuki (joka mahtuu em. styrox- astiaan) ohje, suojalasit	

Kuparisulfaatin merkinnät on selvitetty chesse.org/fi -sivuston etiketikoneella. Huomioi kiinteän kuparisulfaatin ja kuparisulfaattiliuoksen (1 M) varoitusmerkkien ero.

▼ **Kuparisulfaatti,  $\text{CuSO}_4$**  CAS-numero 7758-98-7

**Merkitseminen**  
 Turvalausekkeiden ehdotukset on tarkoitettu toisen asteen kemian opetuksessa käytetyille kemikaaleille.

PITOISUUS	VAROITUSMERKKI	HUOMIOSANA	VAARALAUSEKKEET	TURVALAUSEKKEET
$c \geq 1,5 \text{ M}$ $c \geq 25 \%$  <a href="#">Luo etiketti</a>		Varoitus	Haitallista nieltynä. Aiheuttaa ihoärsytystä. Ärsyttää voimakkaasti silmiä. Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.	Pese kädet huolellisesti käsittelyn jälkeen. Käytä suojalaseja. JOS KEMIKAALIA JOUTUU SILMIIN: Huuhto huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Jos on piilolinssit, poista ne jos mahdollista. Jatka huuhtelua. Jos silmä-ärsytys jatkuu: Hakeudu lääkärin hoitoon. Vältä päästämistä ympäristöön. Kerää roiskeet.
$1,5 \text{ M} > c \geq 0,5 \text{ M}$ $25 \% > c \geq 10 \%$  <a href="#">Luo etiketti</a>		Varoitus	Aiheuttaa ihoärsytystä. Ärsyttää voimakkaasti silmiä. Erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.	Käytä suojalaseja. JOS KEMIKAALIA JOUTUU SILMIIN: Huuhto huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Jos on piilolinssit, poista ne jos mahdollista. Jatka huuhtelua. Jos silmä-ärsytys jatkuu: Hakeudu lääkärin hoitoon. Vältä päästämistä ympäristöön. Kerää roiskeet.

## Työn tavoite

Työn tavoitteena on määrittää reaktioentalpian muutos reaktiossa, jossa kuparisulfaattiliuokseen lisätään sinkkijauhetta.

### Työn kulku

Kalorimetri on laite, jolla mitataan kemiallisen reaktion lämpö määrän muutoksia. Tässä työssä veden lämpötilan muutos mitataan digitaalisella lämpömittarilla.

1. Viritä kalorimetri lämpömittareineen.
2. Laita 10 ml 1,0 M  $\text{CuSO}_4$ -liuosta muoviasiaan ja mittaa lämpötila.
3. Lisää tietty määrä sinkkijauhetta liuokseen ja sekoita. Mittaa lämpötila (maksimi).
4. Kerää jätteet raskasmetallisuolojen keräysastiaan.

Toista sama työ eri  $\text{CuSO}_4$ -liuoksen konsentraatioilla.

### Ilmiöiden tulkinta

Lämpötilan muutos on erilainen eri konsentraatioilla. Reaktioentalpian muutos  $\Delta H$  voidaan määrittellä hyödyntämällä mm. veden ominaislämpökapasiteettia. Entalpian muutos voidaan laskea suurehtälöllä  $\Delta H = c \cdot m \cdot \Delta T$ , missä  $c$  on veden ominaislämpökapasiteetti  $4,19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ ,  $m$  veden massa ja  $\Delta T$  lämpötilan muutos.

## 6. Sähkökemia

Sähkökemian käsitteet ja tekniset asiat tekevät sen hankalaksi ja monisyiseksi kemian alaksi. Kun sähkökemialla hahmottaa Johnstone'n kolmion avulla, voi käsittää sen, miksi virhekäsitykset ja ilmiöiden ymmärtäminen on vaikeaa.

Sähkökemialla yhdistää aineiden

1. makroskooppisella tasolla ilmiöt, joissa havaitaan esim. sähkönjohtuvuuden aiheuttamaa sähkövirran kulkua suolaliuoksissa, sähkövirran syntyä erilaisten metallien ja niiden suolaliuosten avulla rakennettujen systeemien avulla (galvaaninen kenno), kaasun muodostusta elektrolyysin avulla, pH:n muutoksina (indikaattorin värinmuutos)
2. submikroskooppisen tasolla kuvataan ionien muodostumista (suolojen liukeneminen), elektronien siirtymistä ja ionien liikkumista systeemissä, kiinteään aineeseen muuntumista ionimuotoon ja toisin päin
3. symbolisella tasolla reaktioyhtälöiden tarkastelun (elektronien siirtyminen), hapettumisen-pelkistymisreaktioiden kirjoittamisen, hapetuslukujen määrittämisen.

Sähkökemian merkitys on suuri paristojen (galvaaninen kenno), akkujen (galvaanisen kennon ja elektrolyysin yhdistelmä), eri alkuaineiden eristämisen (metallit, kaasut) vuoksi. Tulevaisuuden sähköntuotantoakin suunnataan aurinkoenergian avulla toteutettavaksi, polttoaineiden (vedyn) tuottamiseen elektrolyysin avulla. Paristo on tasavirtalähde, joka tuottaa sähkövirtaa kemiallisen parin periaatteella. Tavallisesti paristoista puhuttaessa tarkoitetaan sellaista virtalähdettä, jota ei voi ladata. Akku on virtalähde, joka voidaan ladata elektrolyytisesti.

### D11. Pariston rakentaminen

**Kemikaalit**

Kiinteät aineet	Työvälineet	Huom!
Kuparilevy Cu Sinkkilevy Zn Alumiinilevy (folio) Al	talouspaperi/suodatinpaperi ohje LEDit	
Kaliumnitraatti, KNO <sub>3</sub> , liuoksena		


**Työn tavoite**

Työn tavoitteena on valmistaa yksinkertainen paristo, joka tuottaa sähköä, joka voidaan todentaa LEDeillä.

**Työn kulku**

Leikataan sopivan kokoiset levyt kuparista, sinkistä ja/tai alumiinista. Kuvien mukaan rakennettiin paristo.



		
Kuvassa alumiinilevy (foliosta taiteltu). Kuparilevy laitettu talouspaperin (suolaliuoksella kasteltu) sisälle.	Alumiinilevy laitettu talouspaperin päälle niin, ettei se kosketa kuparilevyä.	Taluspaperilla peitetään myös alumiinilevy. Levyjen "kärjet" voidaan sitten yhdistää johdolla.

Pariston jännitteen voi mitata mittarilla, jännitteen olemassaolon voi myös todeta LEDeillä.

### Ilmiöiden tulkinta

Paristosta voidaan mitata jännite, mikä perustuu metallien erilaisiin normaalipotentiaaleihin.

## D12. Kaliumjodidin elektrolyysi

### Kemikaalit

Liuokset	Työvälineet	Huom!
Kaliumjodidi -liuos Indikaattoriliuos (fenoliftaleiini tai BTS)	grafiittisauvat petrimalja paristo ja johdot (leuat)	

### Työn tavoite

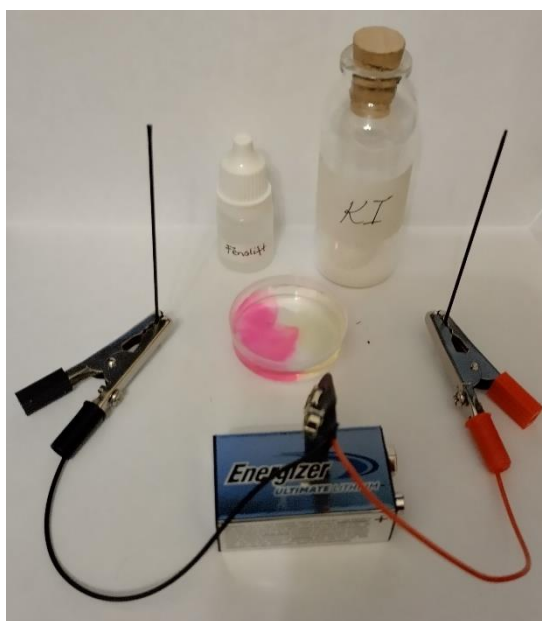
Työn tavoitteena on aikaansaada kaliumjodidin elektrolyysi.

### Työn kulku

Laita petrimaljalle kaliumjodidiliuosta (tai vettä ja kaliumjodidikiteitä). Kokoa kuvan mukainen elektrolyysisysteemi.

### Ilmiöiden tulkinta

Havaitaan syntyvä violetti väri: vedyn muodostuessa (kaasun muodostuminen näkyy kuplina) syntyy OH- eli hydroksidi-ioneja. Vesiliuoksessa kalium-ioni ei pelkisty (sen sijaan tapahtuu vesimolekyylin hajoaminen). Havaitaan petrimaljan toisessa reunassa ruskea väri: Jodidi-ioni hapettuu alkuaine-jodiksi (mikä ei liukene veteen).



Kuva 16: Kaliumjodidin elektrolyysi