

KE6

Kertausmateriaalia

ASIAA YLPPÄREISTÄ MA 14.9

Tuo MAOL tarkistukseen viim. edeltävänä perjantaina

11 tehtävää, joista 7 vastataan (max. pisteet 120p)

Kevään opastus:

<https://www.ouka.fi/documents/317762/1198302/Kemian+YO-info+kev%C3%A4t2020.pdf/3c854b65-a260-4283-b449-dc47d71c290d>

Vinkkejä:

- rauhoitu

- perustele vastauksesi täsmällisesti, näytä, että osaat sanaston (ei kannanottoja, ellei kysytä!)
- pelkkä kuvakaappaus esim. kaaviosta ei riitä yleensä vastaukseksi, vaan muista myös tulkita kuvaajaa
- vastaa aina jotain, lähde pohtimaan järjellä asioiden suhteita, idea saattaa tulla tehtävän aikana!
- järjestele lähtötietosi, mitä tiedät/ et tiedä? mitkä mahdolliset suurekaavat auttaisivat?
- Tarkista, että vastasit kaikkiin tehtäviin! (suttupaperia ei tarkisteta, eli varmista että kaikki vastauksesi on abitissa)

Pro Tip:

- muista, että yksiköistä voidaan jo päätellä laskukaavoja
- tarkista laskut yksikkötarkastelun avulla
- poimi tehtävänannosta tärkeät sanat jo lukiessasi: esim. "vahva happo" → reaktio menee loppuun
- piirrä tilanne suttupaperille
- kirjoita aineiden rakennekaavaa/molekyylakaavaa tms, jotta näet atomit
- tasapainota reaktiot, ellei ole mainintaa että tehty jo

VINKKEJÄ LISÄÄ JO KIRJOITANEILTA...

Lukekaa



Käy vessatauolla
tunkemassa pää
ulos ikkunasta 🐵

Villasukat
forever

SUKLAAAAA
AAA

Ota evääksi
salmiakkia (vinkki
by opettaja 60v+)

Lue tehtävä
huolellisesti ja
vastaa siihen, mitä
kysytään

Nuku hyvin, vikan
illan pänttäykset
ahdistaa

Jos menee ihan
*tuiksi, ota mukaan
porkkanaa niin voi
ärsyttää muita

Jos tehtävässä on
aineisto, muista
aina käyttää sitä
vastauksessasi

Käy vessassa ihan
vain kävelemisen
takia (selkeyttää
ajatuksia)

Hyödynnä
suttupaperia
täysillä!

LINKKEJÄ JA MATSKUJA NETISTÄ

titraus, tasapaino

https://peda.net/sievi/sievin-lukio/oppiaineet2/kemia/kemia-5/tkap/luku-3-3:file/download/138fd490a4c4248143d235ab167807a3f32cfd2/Reaktiot_ja_tasapaino_KE5_LUKU3.3.pdf

kertausmoniste (latautuu koneelle PDF:ksi)

https://www.editapublishing.fi/ContentFiles/kuvat/oppimateriaalit/sarjasivut/neaon_kertauskirja_nayte.pdf

Opetusvideoita aiemmista yo-tehtävistä

<https://opetus.tv/kemia/yo-ratkaisuja/kemian-yo-kevat-2010/>

KYSYMYKSIÄ TUNNEILTA

- Onko suodatettu tee homogeeninen vai heterogeeninen liuos?
 - Homogeeninen = tasakoosteinen nestemäinen seos on nimeltään liuos. Tällaisen seoksen tunnistaa siitä, että **siitä näkee läpi**, esim. limsa, teejuoma.... Liuos on siis seoksien yksi alaryhmä.
- Määriteltäessä oktettia, täytyykö huomioida/ esitellä myös elektrokonfiguraatio
 - oktettia määriteltäessä: pysyvin rakenne, johon pyritään
 - uloimmalla elektronikuorella on 8 elektronia
 - ulkoelektronin määritelmä
 - Elektronegatiivisuuteen vaikutus
 - Esimerkki heliumista (pikkuoktetti) ja jostain toisesta aineesta
 - piirros, jossa elektronit?
 - piirros atomin rakenteesta?
 - (atomin elektrokonfiguraatiosta viimeisistä orbitaaleista näkee, missä ulkoelektronit sijaitsevat)

KYSYMYKSIÄ TUNNEILTA

- Mistä tietää aineen olomuodon?

Todellisen aineen olomuoto on riippuvainen molekyylien välisistä vuorovaikutuksista. Vuorovaikutukset puolestaan ovat erilaisia riippuen lämpötilasta ja paineesta. Absoluuttisessa nollapisteessä kaikki aineet ovat kiinteitä, korkeammassa lämpötiloissa nesteitä tai kaasuja. Paineen kasvattaminen nostaa sulamis- ja kiehumispisteitä. Näin mustavalkoista tämä ei kuitenkaan ole. Olomuodon muutoksissa ei välttämättä tapahdu esim. nesteeksi tiivistymistä, vaan kaasumainen alkuaine voi muuttua suoraan kiinteäksi. Olomuotoja voi tarkastella faasidiagrammeista. Faasidiagrammit ovat tässä tapauksessa avainsana, vaikka perustuvatkin kokeelliseen tai laskennalliseen tietoon. Kiinteät reaktiotuotteet saattavat lisäksi olla liuenneina liuottimeen kuten suolanmuodostusreaktion suolat vesiliuoksessa.

Karkeasti, korostan erittäin karkeasti ottaen kiinteitä normaalipaineessa ovat

- metallit
 - suolat ja metallioksidit
 - suurimolekyyliset (paljon atomeja) yhdisteet
 - raskaat alkuaineet
- nesteitä
- vesi
 - "kohtuullisen" pienimolekyyliset yhdisteet kuten vesi ja monet orgaaniset yhdisteet

Kaasuja

KYSYMYKSIÄ TUNNEILTA

Jos kahden lähtöaineen stoikiometriset kertoimet ovat samat, voiko niillä olla silti tasapainoreaktion alussa eri ainemäärät?

Olosuhdemääritelmiä

NTP, STP; SATP...

NTP, STP, SATP... ???

(<http://goldbook.iupac.org/terms/view/S05910>)

NTP= normal temperature and pressure= 0°C, 1 atm (NIST)

STP= 0°, 1 atm (vuoteen -82)
(IUPAC)

STP= 0°, 10⁵ Pa= 1bar (vuodesta
-82 lähtien) (IUPAC)

SATP= 25°, 1bar

| STP-olosuhteet | (Standard Conditions for Temperature and Pressure) |
|----------------|--|
| lämpötila | 0 °C = 273,15 K |
| paine | 100 000 Pa = 1 bar |

| SATP-olosuhteet | (Standard Ambient Temperature and Pressure) |
|-----------------|---|
| lämpötila | 25 °C = 298,15 K |
| paine | 100 000 Pa = 1 bar |

| NTP-olosuhteet | (Normal Temperature and Pressure) |
|----------------|-----------------------------------|
| lämpötila | 20 °C = 293,15 K |
| paine | 101 325 Pa = 1,013 25 bar |

Tilannehan on siinä mielessä hauska, että riippuen luetaanko MAOL:ia vai teidän oppikirjaa, NTP=20° tai 0°...

AIHE 1:

ERILAISIA AINEITA

1.1 Olomuodot

torstai 13. elokuuta 2020 12.46

Yleistä

- Aineelle kolme olomuotoa on kiinteä (s), neste (l) ja kaasu (g).
- Jos aine on vesiliuoksessa, kirjoitetaan aineen kemiallisen merkin perään (aq)
- Riippuen siitä, kuinka vahva kemiallinen sidos on aineen atomien välillä, aine on joko kaasua, nestettä tai kiinteää.

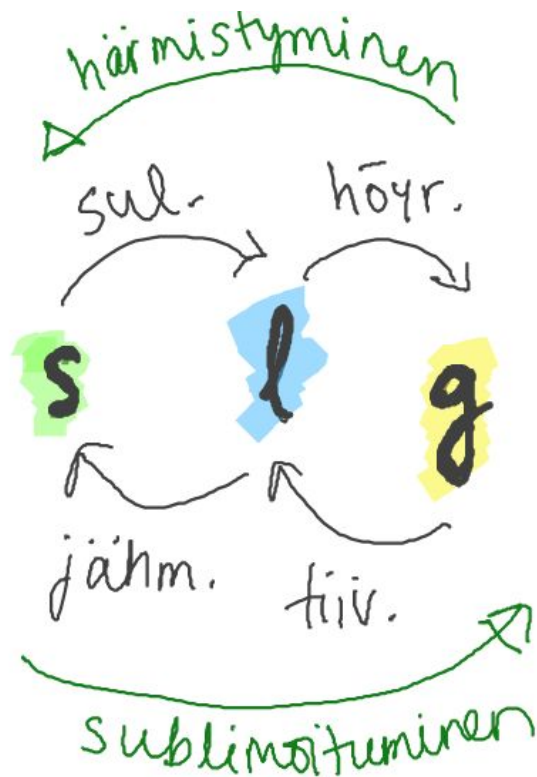
Sidosasiaa

Vahvat sidokset

- Metallisidos
 - Elektronit liikkuvat vapaasti rakenteessa
- Ionisidos
- Kovalenttinen sidos

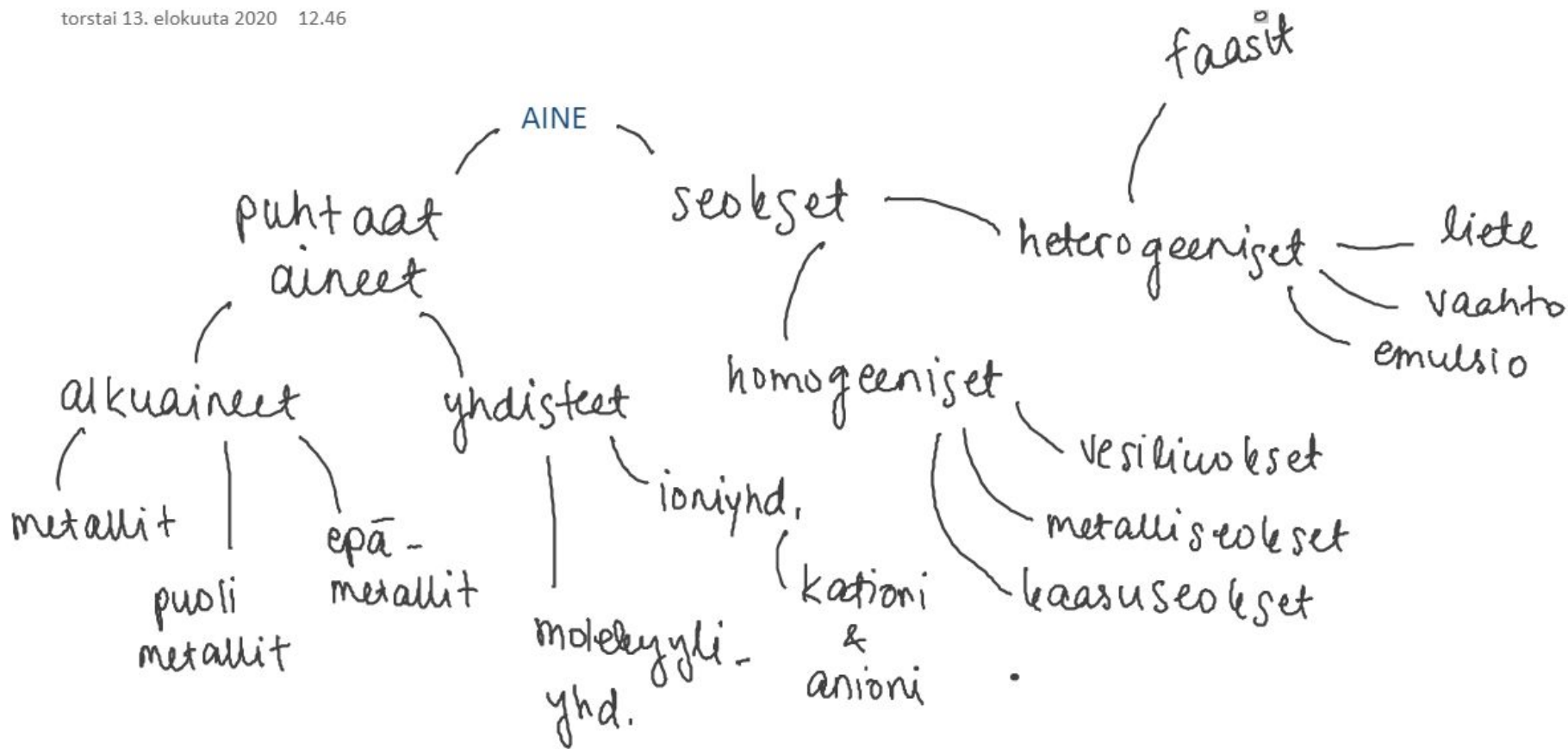
Heikot sidokset

- Dispersiovoimat
- Dipoli-dipolisidos
- Vetysidos (Happi, typpi ja fluori)



1.2 Puhtaat aineet ja seokset

torstai 13. elokuuta 2020 12.46



1.3 Kaasut

torstai 13. elokuuta 2020 12.47

- Kaasu koostuu hiukkasista, jotka pystyvät kulkemaan väljästi toistensa ohi
- Kuumentamalla kaasua, hiukkasten nopeus kasvaa. Hiukkasten välisiä törmäyksiä tapahtuu enemmän, jolloin kaasun paine kasvaa suljetussa tilassa

IDEAALIKAASUN TILANYHTÄLÖ

$$pV = nRT$$

$$R = 8,31454 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

$$R = 0,08206 \frac{\text{l} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

NTP-olosuhteet:

- Kaasun moolitilavuus (V_m) = 22,41 dm³
- Ainemäärän, tilavuuden ja moolitilavuuden välinen riippuvuus on:

$$n = \frac{V}{V_m}$$

- Kaasun tiheys on $\rho = \frac{M}{V_m}$

Kaasuseokset

- Kaasuseoksessa on monta eri kaasua: kokonaispaine on kaasuseoksen osapaineiden summa
- Osapaine tarkoittaa sitä painetta, joka kaasulla on sen täyttäessä yksin koko tilavuuden
- Kaasun osapaine voidaan ratkaista kaasun mooliosuuden avulla (y)

$$p_i = y * p_{\text{kok}}$$

- Kaasun mooliosuus on kaasun ainemäärän osuus kaasujen kokonaisainemäärästä

$$y = \frac{n(\text{kaasu})}{n(\text{kaikki kaasut})}$$

Esimerkkitehtävä s.26 t.1.10

Kun 0,227g erästä orgaanista yhdistettä X höyrystettiin täydellisesti, muodostuneet kaasun tilavuus lämpötilassa 95 C ja 102 kPa:n paineessa oli 78,5 ml.

- A) Ratkaise X:n moolimassa.
- B) Nimeä X, kun tiedetään sen olevan suoraketjuinen alkaani

Vastaukset:

- A) 86,8 g/mol
- B) heksaani

Ratkaisu

$$m(x) = 0,227 \text{ g}$$

$$T = 95^\circ\text{C} = 368,15 \text{ K}$$

$$P = 102 \text{ kPa} = 102 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$V = 78,5 \text{ ml} = 0,0785 \text{ dm}^3 = 78,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$R = 8,31451 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$M(x) = ?$$

Hyödynnetään ideaalikaasun tilanyhtälöä:

$$pV = nRT$$

Ei tiedetä kyseistä ainetta eikä sen ainemäärää, mutta tiedetään $n = \frac{m}{M}$. Sijoitetaan tilanyhtälöön

$$pV = \frac{m}{M} \cdot RT \quad || \cdot M$$

$$M \cdot p \cdot V = m \cdot R \cdot T \quad || : p \cdot V$$

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{0,227 \text{ g} \cdot 8,31451 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 368,15 \text{ K}}{102 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 78,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$= 86,780 \text{ g/mol}$$

$$\approx 86,8 \text{ g/mol}$$

Seurataan vielä, mikä alkaani:

Metaani: CH_4 $M(\text{CH}_4) = (12,01 + 4 \cdot 1,008) \text{ g/mol} = 18,032 \text{ g/mol}$ ← ei käy

Heksaani: C_6H_{14} $M(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 86,12 \text{ g/mol}$ ← ok!

1.4 Vesiliuokset ja liukoisuus

torstai 13. elokuuta 2020 12.47

- **Liukoisuus**= paljonko jotain ainetta liukenee tiettyyn tilavuuteen liuotinta
- Liuokset ovat seoksia, se sisältää liuottimen ja liuenneen aineen.
- Veteen huonosti liukenevia ioniyhdisteitä kutsutaan **niukkaliukoiseksi suoloiksi**
 - Vesiliuokseen muodostuu **heterogeeninen tasapainotila**
- Kylläisessä liuoksessa on maksimimäärä (kyseisessä lämpötilassa ja tilavuudessa liuotinta)
- **Osmoosi**= liuottimen virtausta puoliläpäisevän kalvon läpi laimeasta väkevämpään

Esimerkkitehtävä s. 26

Kuvaaja esittää kahden eri ioniyhdisteen liukoisuuden lämpötilan funktiona

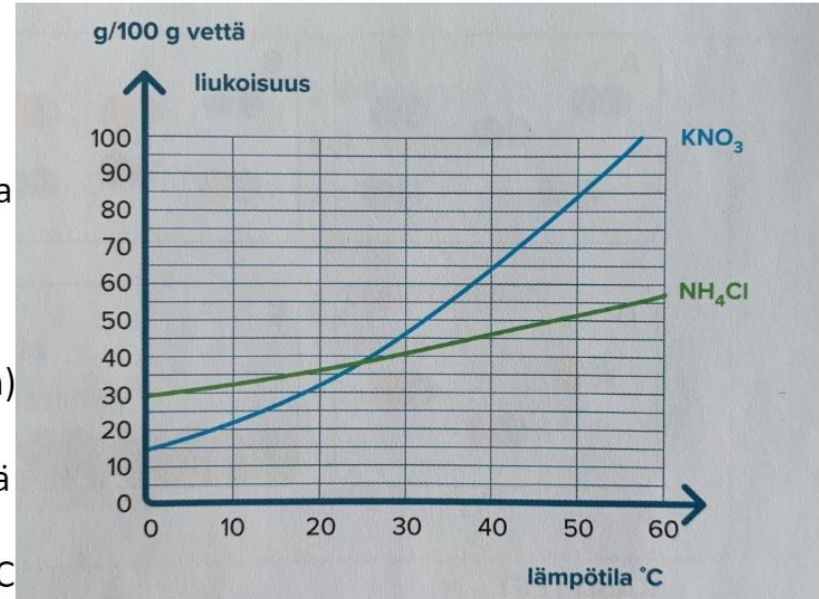
A) Nimeä ioniyhdisteet

B) Esitä kummankin suolan liukenemista kuvaavan tapahtuma yhtälö

C) Päättele kuvaajalta, kumpi suoloista liukenee paremmin veteen, jonka $T=20\text{ C}$. Lue suolan liukoisuus kuvaajalta

D) kuinka paljon kumpaakin suolaa voidaan liuottaa (erikseen) 1000g:aan vettä, kun veden $T=40\text{ C}$

E) Kiinteästä KNO_3 :sta valmistetaan kylläinen liuos käyttämällä liuottimena 50 g vettä, jonka $T=20\text{ C}$. Ratkaise kuinka paljon KNO_3 :a kiteytyy, kun tämä liuos jäähdytetään lämpötilaan 10 C



AIHE 2:
ATOMIN RAKENNE
JA JAKSOLLINEN
JÄRJESTELMÄ

2.1 Atomin rakenne

sunnuntai 16. elokuuta 2020 19.33

- Atomi koostuu ytimestä (protonit ja neutronit) sekä ydintä kiertävistä elektroneista

- =nukleonit

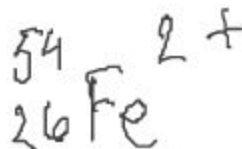
A= massaluku= protonit + neutronit

Z= järjestysluku= protonit = elektronit

- Isotooppi= eri määrä neutroneja, mutta sama alkuaine
 - Radioisotooppien ytimet hajoavat nopeasti ja hajotessaan emittoivat säteilyä
 - Puoliintumisaika= tietyn t kuluttua ytimeistä on hajonnut puolet
- Atomimassayksikkö (u) = [SI-yksikköinä](#) se on noin $1,660\ 539\ 040 \cdot 10^{-27}$ kg
- Suhteellinen atomimassa(A_r)

A Z X

Esimerkkitehtävä 2.1 s.36



Täydennä taulukko

| | | | | |
|---------------------------|----|-----|-----|--|
| Alkuaineen/ ionin symboli | | | | |
| Protonien lkm | | 79 | | |
| Neutronien lkm | 16 | 117 | 136 | |
| Elektronien lkm | 18 | 79 | | |
| Massaluku | | | 222 | |
| Kokonaisvaraus | 3- | | 0 | |

2.1

| Alkuaineen / ionin symboli | P ³⁻ | Au | Rn | ${}_{26}^{54}\text{Fe}^{2+}$ |
|----------------------------|-----------------|-----|-----|------------------------------|
| Protonien määrä | 15 | 79 | 86 | 26 |
| Neutronien määrä | 16 | 117 | 136 | 28 |
| Elektronien määrä | 18 | 79 | 86 | 24 |
| Massaluku | 31 | 196 | 222 | 54 |
| Kokonaisvaraus | 3- | 0 | 0 | 2+ |

2.2 Elektronirakenne

sunnuntai 16. elokuuta 2020 19.47

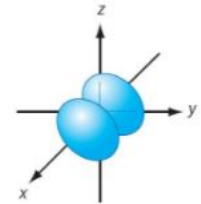
- **Ulkoelektronit** ovat keskeinen osa sidoksia ja aineen muodostumista
 - Ne määräävät aineen ominaisuudet
- **Kvanttimekaanisen atomimallin** mukaan elektronit liikkuvat ytimen ympärillä elektronipilvessä
- Elektronin energia on **kvantittunutta** = voi saada vain tiettyjä arvoja

Miten elektronit sijoittuvat?

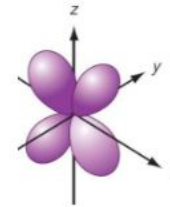
- **Pääelektronikuori** (1,2,3,4,...) joista 1-kuori on lähimpänä ydintä
 - Mitä korkeampi luku, sitä suurempi energia
 - Voi sijoittua $2n^2$ elektronia maksimissaan
 - Jokaisella on **alakuoria** s, p, d, f oman lukunsa verran:
 - 1 pääelektronikuorella on 1 alakuori
 - 2 pääelektronikuorella on 2 alakuorta
 - $l = n - 1$



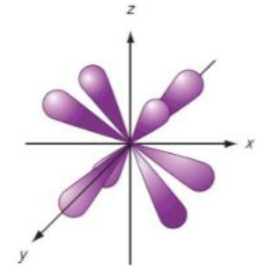
s-orbitaali



p_x -orbitaali



d_{xz} -orbitaali

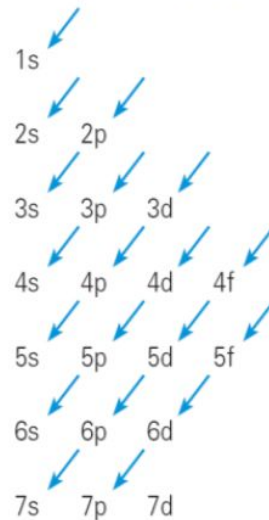


f-orbitaali

- o Alakuorella on **orbitaaleja**, eli alueita joissa elektroni todennäköisimmin on
 - Jokaisella alakuorella on aina yksi *s*-orbitaali, kolme *p*-orbitaalia (p_x, p_y, p_z) ja viisi *d*-orbitaalia ($d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}, d_{x^2y^2}, d_{z^2}$)
 - Jokaisella orbitaalille voi sijoittua aina kaksi elektronia
 - Elektroni sijoittuu **minimienergiaperiaatteen mukaisesti**
 - **Hundin sääntö** (ns. Bussisääntö)
 - o Saman alakuoren samanlaisille orbitaaleille elektronit asettuvat ensin yksitellen samansuuntaisin spinein.
 - **Paulin kielto**sääntö
 - o Elektroneilla on vastakkaiset spinit orbitaaleissa, ja näin ollen atomissa ei ole kahta energialtaan täysin samanlaista elektronia

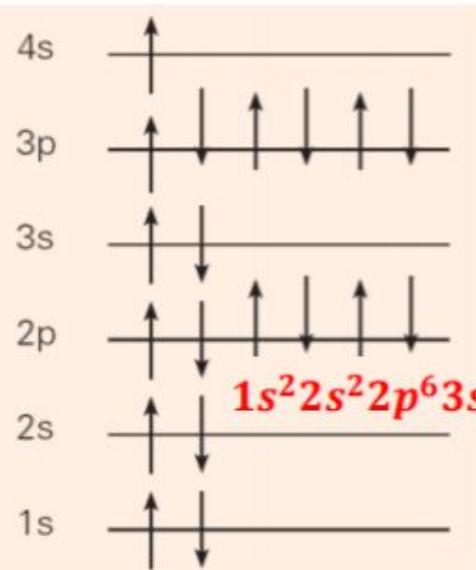
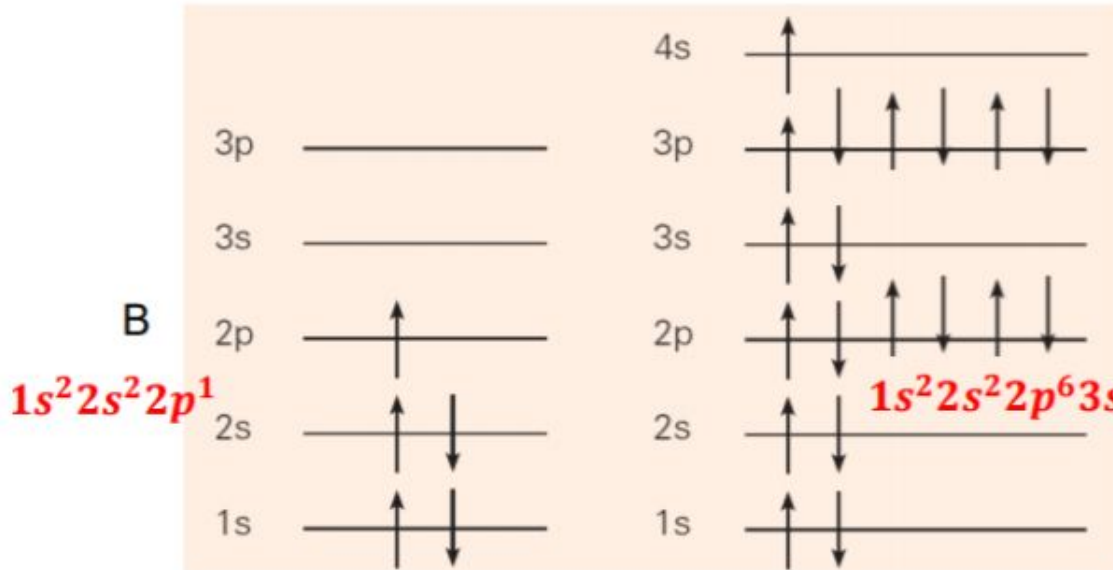
| ORBITAALIEN JA ELEKTRONIEN LUKUMÄÄRÄT KVANTTIMEKAANISEN ATOMIMALLIN MUKAAN | | | | |
|---|---------------------------|---|---|--------------------------------------|
| Pääkuoren numero (n) | Erilaisia orbitaaleja (n) | Eri orbitaalien merkinnät ja kokonaismäärät | Elektronien lukumäärä eri orbitaaleilla | Elektronien kokonaismäärä ($2n^2$) |
| 1 | 1 (s) | 1s (1 kpl) | 2 | 2 |
| 2 | 2 (s,p) | 2s (1 kpl) 2p (3 kpl) } 4 kpl | 2 6 | 8 |
| 3 | 3 (s,p,d) | 3s (1 kpl) 3p (3 kpl) 3d (5 kpl) } 9 kpl | 2 6 10 | 18 |
| 4 | 4 (s,p,d,f) | 4s (1 kpl) 4p (3 kpl) 4d (5 kpl) 4f (7 kpl) } 16 kpl | 2 6 10 14 | 32 |

Orbitaalien täyttymisjärjestys



Energia kasvaa mitä suurempi on pääkuoren numero

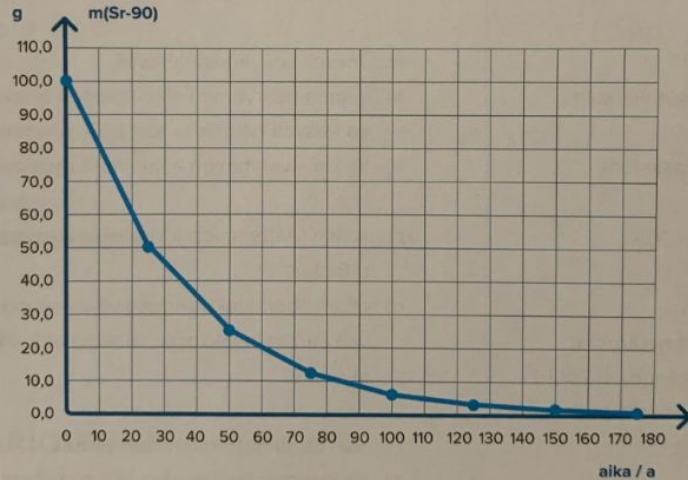
Esimerkki: Tarkastellaan litiumin, *Li*, berylliumin, *Be*, boorin, *B* ja kaliumin, *K*, elektronirakenteita.



Kemiallisissa reaktioissa

- Atomi voi hapettua = luovuttaa elektroneja= muodostuu kationeja
- Atomi voi pelkistyä= saa itselleen elektronin= muodostuu anioneja
- Ionisoituminen= jos kohdistetaan tarpeeksi energiaa atomiin, elektroni irtoaa ytimen vaikutuspiiristä
 - Ionisoitumisenergia= se määrä energiaa (kJ/mol), joka tarvitaan irroittamaan elektroni atomista
- Virittyminen= jos kohdistetaan tarpeeksi energiaa atomiin, elektroni virittyy seuraavalle pääkuorelle, eli siirtyy korkeammalle energiatasolle
 - Hetkellinen tila, elektroni palaa takaisin normaalille kuorelleen emittoiden säteilyä
 - Spektrin avulla voidaan identifioida aine

2.6 Strontiumin isotooppia, jonka massaluku on 90, voi joutua luontoon ydinkokeiden ja ydinvoimalaonnettomuuksien seurauksena. Sr-90 isotoopin haitallisuus elimistössä perustuu sen kykyyn sitoutua luustoon kalsiumin tavoin ja pitkään puoliintumisaikaan. Tutkimusten mukaan Sr-90 isotoopin biologinen puoliintumisaika voi vaihdella suuresti. Tämä johtuu isotoopin erilaisesta käyttäytymisestä eri yksilöissä. Erään tutkimuksen mukaan Sr-90 isotoopin puoliintumisajan kuvaaja on:



- A) Päättelä Sr-90 isotoopin puoliintumisaika
 B) Arvioi aika, jonka kuluessa radioaktiivisia ytimiä on jäljellä 10%

2.6 a) 25 vuotta.
 b) Noin 85 vuotta.

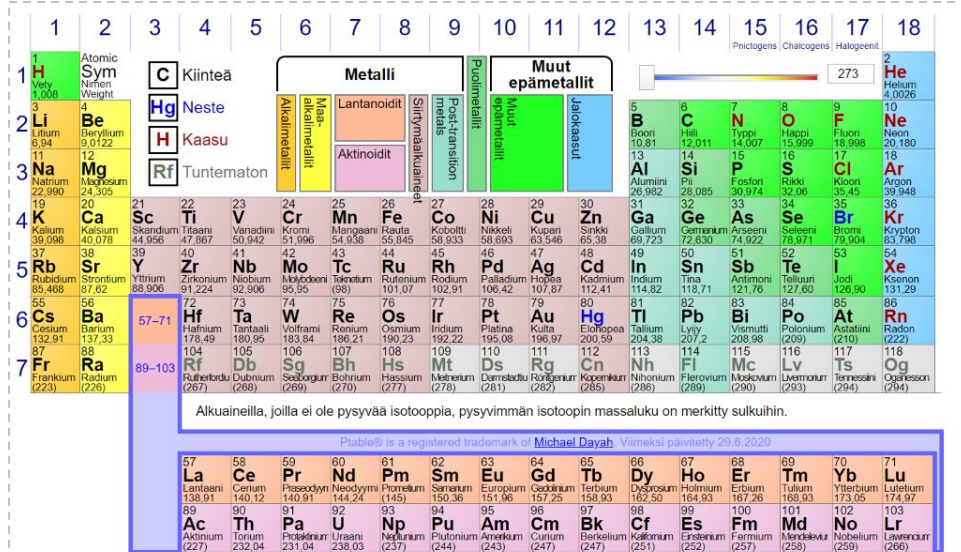
2.3 Jaksollinen järjestelmä

sunnuntai 16. elokuuta 2020 20.18

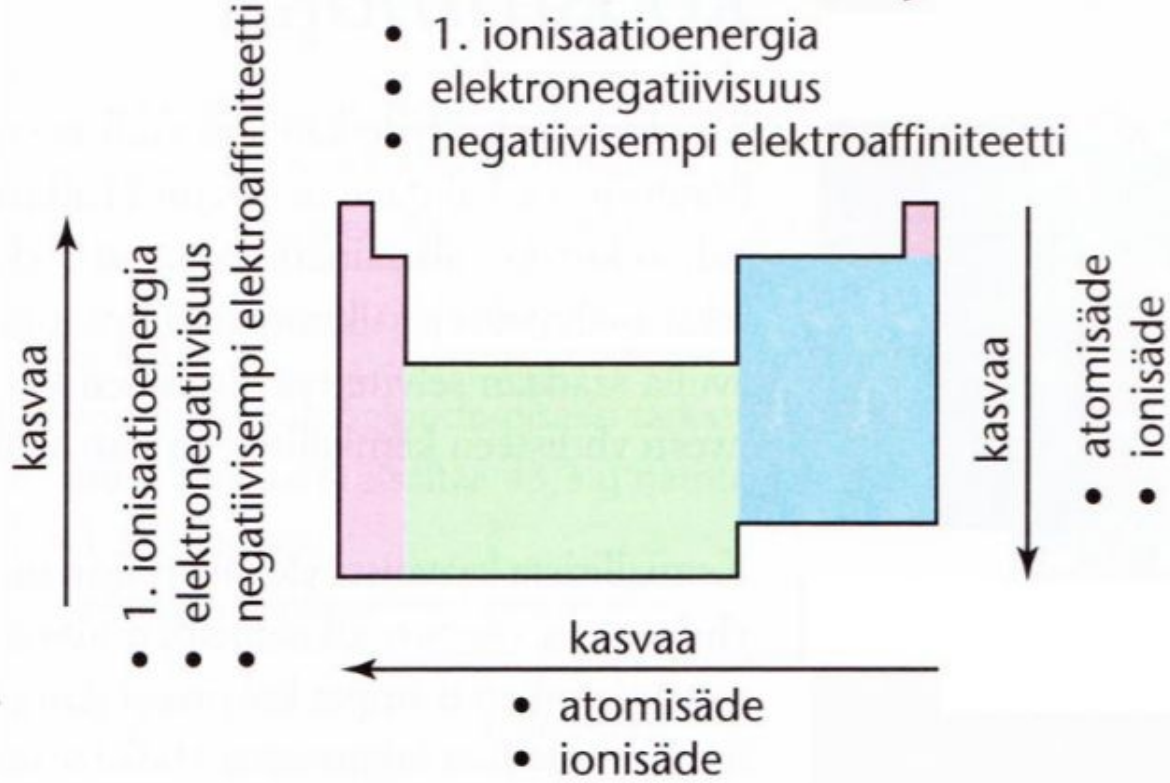
- Jaksot = vaakarivit
- Ryhmät = pysty rivit
 - Pääryhmät
 - Saman pääryhmän atomeilla on saman verran ulkoelektroneja (poikk. He)
- Lohko kertoo, mille kvanttimekaanisen atomimallin alakuorelle elektronit viimeisenä asettuvat
- Metalliluonne kasvaa oikealta vasemmalle ja ylhäältä alas
- Elektronegatiivisuus = kyky vetää puoleensa elektroneja, kasvaa alhaalta ylös ja vasemmalta

oikealle

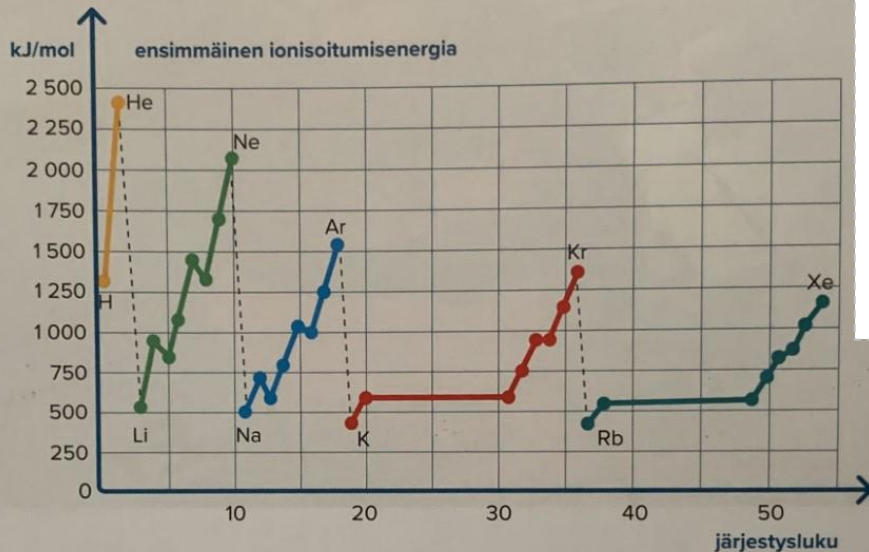
- Protonien lkm, eli elektronien lkm ja atomikoko
- Sidoksen ioniluonne voidaan ennustaa



yhteenveto



2.16 Vastaa kysymyksiin tulkitsemalla kuvaajaa.



- Mitä kuvaajaa esittää?
- Mitä yhteistä on niillä alkuaineilla, joiden kemialliset merkit näkyvät kuvaajan huippujen kohdalla? Miten selität näiden alkuaineiden suuret ionisoitumisenergia-arvot?
- Miten selität, että ksenonin ionisoitumisenergia-arvo on pienempi kuin kryptonin vastaava arvo?
- Mitä yhteistä on niillä alkuaineilla, joiden kemialliset merkit näkyvät kuvaajan alhaisimmissa kohdissa. Selitä, miksi näiden alkuaineiden ionisoitumisenergia-arvot ovat pieniä.

2.16 a) Kuvaaja esittää alkuaineiden ensimmäisen ionisoitumisenergia-arvon (kJ/mol) järjestysluvun funktiona.

- Kaikki ovat ryhmän 18 alkuaineita eli jalokaasuja. Jalokaasuilla on pysyvä elektronirakenne, minkä vuoksi elektronin irrottaminen uloimmalta kuorelta vaatii runsaasti energiaa.
- Ksenonatomi on suurempi kuin kryptonatomi eli ksenonin uloimmat elektronit ovat kauempana ytimestä. Tämän seurauksena ksenonatomien ydin vetää puoleensa ulkoelektroneja heikommin kuin kryptonatomien ydin. Lisäksi ksenonatomissa on enemmän elektroneja kuin kryptonatomissa. Lisääntynyt elektronien keskinäinen hylkimisvoima myös vaikuttaa siihen, että ksenonin ulkoelektronin irrottamiseen tarvittava energiamäärä on pienempi.
- Kaikki ovat ryhmän 1 alkuaineita eli alkalimetalleja. Näillä alkuaineilla on vain yksi ulkoelektroni, joten ne saavat pysyvän (jalokaasun elektronirakennetta vastaavan) elektronirakenteen, kun tämä elektroni irtoaa.

AIHE 3:
AINEMÄÄRÄ JA
PITOISUUS

3.1 Ainemäärä, hiukkasten lukumäärä ja konsentraatio

tiistai 18. elokuuta 2020 12.11

Ainemäärä n

- Ainemäärä: kirjaintunnus n , yksikkö mol
- Yhdessä moolissa olevien hiukkasten määrä on vakio, Avogadron vakio

$$N_A = 6,022 * 10^{(23)} \frac{1}{mol}$$

- Hiukkasten lukumäärä N liittyy ainemäärään ja Avogadron vakioon

$$n = \frac{N}{N_A}$$

Moolimassa M

- Aineen massa grammoina yhdessä moolissa
- Yksikkö g/mol

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

Konsentraatio c

- Ilmoittaa liuenneen aineen ainemäärän litrassa liuosta
- Yksikkö mol/l tai mol/dm³

$$c = \frac{n}{V}$$

Esimerkkitehtävä 3.5 s.55

Natriumfosfaatista valmistetaan liuos, jonka konsentraatio on 0,15 mol/l.

A) Kuinka monta millimoolia natriumioneja on 25 ml:ssa tätä liuosta?

B) Kuinka monta milligrammaa natriumfosfaattia on liuenneena 5,0 ml:ssa tätä liuosta?

a) $c(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,15 \text{ mol/l}$

$$V(\text{liuos}) = 25 \text{ ml} = 0,025 \text{ l}$$

$$n(\text{Na}^+) = ?$$

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V \Rightarrow n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,15 \text{ mol/l} \cdot 0,025 \text{ l} = 3,750 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

Natriumfosfaatin kaavan perusteella $n(\text{Na}^+) = 3 \cdot n(\text{Na}_3\text{PO}_4) \Rightarrow$

$$n(\text{Na}^+) = 3 \cdot 3,750 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,01125 \text{ mol} = 11,25 \text{ mmol} \approx 11 \text{ mmol.}$$

b) $V(\text{liuos}) = 5,0 \text{ ml} = 0,0050 \text{ l}$

$$c(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,15 \text{ mol/l}$$

$$M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 163,94 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = ?$$

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V \Rightarrow n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,15 \text{ mol/l} \cdot 0,0050 \text{ l} = 7,500 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M \Rightarrow$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 7,500 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 163,94 \text{ g/mol} = 0,1230 \text{ g} \approx 120 \text{ mg}$$

Esimerkkitehtävä 3.6

Opiskelija yhdisti 50 ml natriumkloridiliuosta, jonka konsentraatio oli 0,20 mol/l ja 70 ml kalsiumkloridiliuosta, jonka konsentraatio oli 10 mmol/l. Laske yhdistetyn liuoksen kloridi-ionikonsentraatio.

$$V(\text{NaCl}) = 50 \text{ ml} = 0,050 \text{ l}$$

$$c(\text{NaCl}) = 0,20 \text{ mol/l}$$

$$V(\text{CaCl}_2) = 70 \text{ ml} = 0,070 \text{ l}$$

$$c(\text{CaCl}_2) = 10 \text{ mmol/l} = 0,010 \text{ mol/l}$$

$$c(\text{Cl}^-) = ?$$

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V \Rightarrow$$

Natriumkloridiliuoksesta tulleiden kloridi-ionien ainemäärä on:

$$n(\text{Cl}^-) = n(\text{NaCl}) = 0,20 \text{ mol/l} \cdot 0,050 \text{ l} = 0,01000 \text{ mol.}$$

Kalsiumkloridiliuoksesta tulleiden kloridi-ionien ainemäärä on:

$$n(\text{Cl}^-) = 2 \cdot n(\text{CaCl}_2) = 2 \cdot (0,010 \text{ mol/l} \cdot 0,070 \text{ l}) = 1,400 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

Kloridi-ionien kokonaisainemäärä on:

$$n(\text{Cl}^-) = 0,01000 \text{ mol} + 1,400 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,01140 \text{ mol.}$$

Yhdistetyn liuoksen kokonaistilavuus on:

$$V(\text{liuos}) = V(\text{NaCl}) + V(\text{CaCl}_2) = 0,050 \text{ l} + 0,070 \text{ l} = 0,120 \text{ l.}$$

$$c(\text{Cl}^-) = \frac{n(\text{Cl}^-)}{V(\text{liuos})} = \frac{0,01140 \text{ mol}}{0,120 \text{ l}} = 0,09500 \text{ mol/l} \approx 0,095 \text{ mol/l}$$

3.2 Massa- ja tilavuusprosenttinen osuus, ppm ja ppb

tiistai 18. elokuuta 2020 12.22

Massaprocenttinen osuus (m-%)

Määritettävän aineen massan osuus koko seoksen massasta

$$m\text{-}\% = [m(\text{määritettävä aine}) / m(\text{koko seos})] * 100\%$$

Tilavuusprosenttinen osuus

Määritettävän aineen tilavuuden osuus koko seoksen tilavuudesta

$$\text{til-\%} = [V(\text{liuennut aine}) / V(\text{koko liuos})] * 100\%$$

Yksiköistä

1ppm = 1 / 1 000 000 = "parst per million"

1ppb = 1 / 1 000 000 000 = "parts per billion"

Harjoitustehtävä 3.11 s. 56

Maleiinihappo on tyydyttymätön dikarbonsyylisäilyhappo. Maleiinihapon tiedetään sisältävän 41,39 massaprosenttia hiiltä ja 3,47 massaprosenttia vetyä. Lisäksi tiedetään että 15,0 g:ssa maleiinihappoa on $7,77 \cdot 10^{22}$ kappaletta maleiinihappomolekyylejä. Ratkaise maleiinihapon suhde- ja molekyylikaava. Esitä maleiinihapon rakennekaava siten, että siitä ilmenee happomolekyylin esiintyminen cis-muodossa.

$$m\text{-}\%(\text{C}) = 41,39 \%$$

$$m\text{-}\%(\text{H}) = 3,47 \%$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{maleiinihappo}) = 15,0 \text{ g}$$

$$N(\text{maleiinihappo}) = 7,77 \cdot 10^{22} \text{ kpl}$$

Suhdekaava = ?

Molekyylikaava = ?

Rakennekaava = ?

Koska kyseessä on karbonsyylisäilyhappo, yhdisteessä on hiilen ja vedyn lisäksi happea. Lasketaan, mikä on hapen massaprosenttinen osuus:

$$m\text{-}\%(\text{O}) = 100,00 \% - m\text{-}\%(\text{C}) - m\text{-}\%(\text{H}) = 100,00 \% - 41,39 \% - 3,47 \% = 55,14 \%$$

Kun valitaan näytteen massaksi 100 g \Rightarrow

$$m(\text{C}) = 41,39 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = 3,47 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = 55,14 \text{ g}$$

Lasketaan alkuaineatomien ainemäärät:

$$n(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{41,39 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 3,4463 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{3,47 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 3,4425 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{55,14 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 3,4463 \text{ mol}$$

Jatkuu...

Harjoitustehtävä 3.11 s. 56

Maleiinihappo on tyydyttymätön dikarboksyylihappo. Maleiinihapon tiedetään sisältävän 41,39 massaprosenttia hiiltä ja 3,47 massaprosenttia vetyä. Lisäksi tiedetään että 15,0 g:ssa maleiinihappoa on $7,77 \cdot 10^{22}$ kappaletta maleiinihappomolekyyliä. Ratkaise maleiinihapon suhde- ja molekyylikaava. Esitä maleiinihapon rakennekaava siten, että siitä ilmenee happomolekyylin esiintyminen cis-muodossa.

Ainemäärien suhteeksi saadaan: $n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 1:1:1 \Rightarrow$ suhdekaava on $(\text{CHO})_x$.

Lasketaan maleiinihapon moolimassa:

$$n(\text{maleiinihappo}) = \frac{N(\text{maleiinihappo})}{N_A} = \frac{7,77 \cdot 10^{22} \text{ kpl}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol}} = 0,12903 \text{ mol}$$

$$M(\text{maleiinihappo}) = \frac{m(\text{maleiinihappo})}{n(\text{maleiinihappo})} = \frac{15,0 \text{ g}}{0,12903 \text{ mol}} = 116,25 \text{ g/mol.}$$

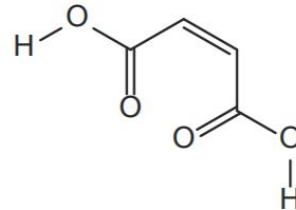
Muodostetaan lauseke:

$$x \cdot (12,01 + 1,008 + 16,00) \text{ g/mol} = 116,25 \text{ g/mol, ja ratkaistaan } x.$$

$$\Rightarrow x = 4,0061 \approx 4.$$

Molekyylikaava on $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$.

Rakennekaava on:



AIHE 4:
REAKTIOYHTÄLÖ JA
SEN SOVELTAMINEN
LASKUISSA

4.1 REAKTIOYHTÄLÖN KIRJOITTAMINEN JA TASAPAINOTUS

- Reaktioyhtälössä on aineiden kemialliset merkit, stoikiometriset kertoimet, olomuodot sekä mahdollisesti katalyytit.
- Orgaanisilla aineilla reaktioyhtälöt muodostetaan rakennekaavojen avulla (nähdään, miten atomit ovat sijoittuneet)
 - Org.yhdisteiden reaktioyhtälöt ilman olomuotoja, ellei toisin mainita
- Tasapainottaessa reaktio yhtälöitä, aina pienin mahd kokonaisluku kertoimeksi
- Jos tasapainotus hapetuslukujen avulla, ei merkitä näkyviin lopulliseen tasap. yhtälöön.

4.1 REAKTIOYHTÄLÖN KIRJOITTAMINEN JA TASAPAINOTUS

Katalyyteistä / reaktio-olosuhteet kirjoitetaan reaktionuolen päälle

Δ = kuumennus

[O] = hapetin

$\text{MnO}_2(\text{s})$ =katalyyttinä kiinteää mangaanidioksidi

H^+ =Happamat olosuhteet

→ Reaktionuoli, jossa lähtöaineesta syntyy tuotetta

⇌ Reaktionuoli, jossa tasapainotilanne, eli tuotetta muuttuu myös lähtöaineeksi

TEHTÄVÄ 4.5 S. 76

Urea (NH_2)₂CO on orgaaninen aine, jota käytetään typpipitoisena lannoitteena. Kiinteää ureaa saadaan valmistettua ammoniakista ja hiilidioksidista. Toisena reaktiotuotteena muodostuu vettä.

- Laadi urean valmistusta kuvaava tasapainotettu reaktioyhtälö olomuodon symboleineen
- Kuinka monta kilogrammaa ureaa saadaan, kun käytettävissä on 24,5 kg ammoniakkia ja ylimäärin hiilidioksidia?

TEHTÄVÄ 4.5



b) $m(\text{NH}_3) = 24,5 \text{ kg} = 24\,500 \text{ g}$

$$M(\text{NH}_3) = 17,034 \text{ g/mol}$$

$$M((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 60,062 \text{ g/mol}$$

$$m((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = ?$$

Lasketaan ammoniakkin ainemäärä:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n(\text{NH}_3) = \frac{24\,500 \text{ g}}{17,034 \text{ g/mol}} = 1\,438,3 \text{ mol.}$$

Tasapainotetun reaktioyhtälön kertoimien perusteella:

$$\frac{n((\text{NH}_2)_2\text{CO})}{n(\text{NH}_3)} = \frac{1}{2} \Rightarrow n((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{NH}_3) = \frac{1}{2} \cdot 1\,438,3 \text{ mol} = 719,15 \text{ mol.}$$

Kysytty urean massa on:

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M \Rightarrow m((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 719,15 \text{ mol} \cdot 60,062 \text{ g/mol} = 43\,194 \text{ g} = 43,2 \text{ kg.}$$

Miksi(g)?

CO₂:n ja NH₃:n

kiehumispiste on -57°

ja -33°. Näin ollen

jos CO₂ on kaasu,

todennäköisesti myös

NH₃ on kaasu.

Vastaavasti jos CO₂ on

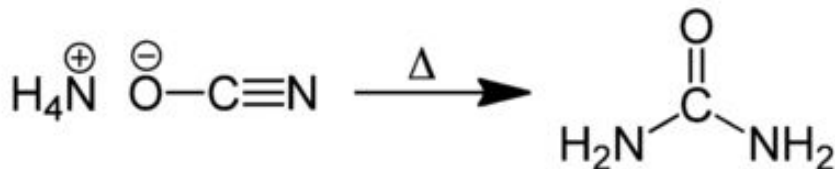
nestee, niin myös NH₃

on nestee. (sp:t ovat

-78° ja -78°)

MAININTA EDELLISEEN TEHTÄVÄÄN

Tehtävässä olisi pakollista hyväksyä myös ainemuodoksi (l), sillä useassa eri lähteessä on mainintaa urean valmistuksessa käytettävän nestemäistä hiilidioksidia ja ammoniakkia.



Teollisesti urea valmistetaan nestemäisestä [ammoniakista](#) ja [hiilidioksidista](#) korkeassa paineessa ja lämpötilassa.^[3]

Urea on tärkeä osa lannoiteteollisuuden tuotteissa, kuten esimerkiksi typpilannoitteissa, rehuraaka-aineissa sekä torjunta-aineissa ([juurikääpä](#)). Ureaa käytetään myös [muoviteollisuudessa](#) ja [lääkeaineissa](#). [Hygienia-](#) ja [kosmetiikkatuotteissa](#) urean tehtävänä on sitoa [vettä](#), ja näin säilyttää [ihon](#) kosteus.^[4] Urean vesiliuosta käytetään dieselkäyttöisten ajoneuvojen [pakokaasujen](#) typen oksidien päästöjen alentamiseen kauppanimellä [AdBlue](#).^[5]

4.2 TASAPAINOTUS HAPETUSLUVUILLA

Alkuaineiden hapetusluku on 0

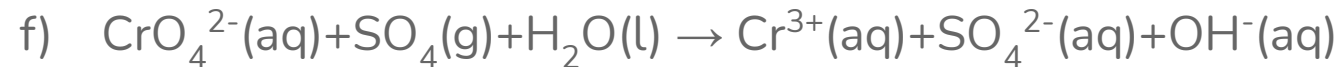
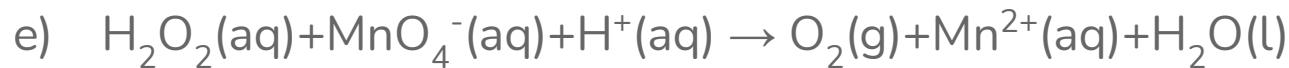
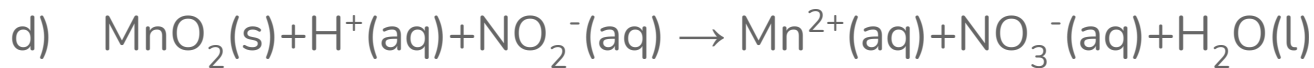
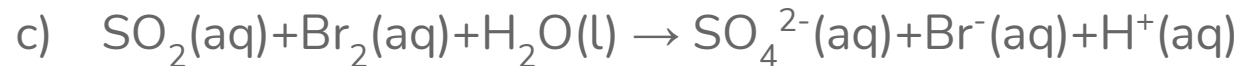
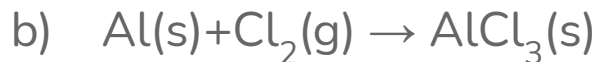
Hapettumis-pelkistymisreaktiossa tasapainota

- liikkuvien elektronien määrä
- atomien määrä
- sähkövaraukset

Jos tasapainotetaan esim emäksisessä tai happamassa ympäristössä, vedellä voidaan tasapainottaa yhtälö loppuun.

TEHTÄVÄ 4.3

Tasapainota reaktioyhtälö hapetuslukujen avulla



TEHTÄVÄ 4.3

a)

| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessa | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä/atomi |
|----------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Ag | 0 | +I | 1 |
| Au | +III | 0 | 3 |

Tasapainotettu reaktioyhtälö on: $3 \text{Ag(s)} + \text{Au}^{3+}(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Au(s)}$.

b)

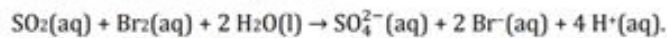
| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessa | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä/atomi |
|----------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Al | 0 | +III | 3 |
| Cl | 0 | -I | 1 (2/kloorimolekyyli) |

Tasapainotettu reaktioyhtälö on $2 \text{Al(s)} + 3 \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{AlCl}_3(\text{s})$.

c)

| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessa | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä/atomi |
|----------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| S | +IV | +VI | 2 |
| O | -II | -II | - |
| Br | 0 | -I | 1 (2/bromimolekyyli) |
| H | +I | +I | - |

Tasapainotettu reaktioyhtälö on:



Tarkistetaan sähkövaraukset:

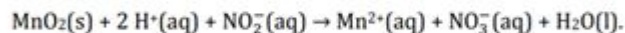
Lähtöaineet: 0

Reaktiotuotteet: $1 \cdot (2-) + 2 \cdot (1-) + 4 \cdot (1+) = 0$

d)

| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessa | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä/atomi |
|----------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Mn | +IV | +II | 2 |
| O | -II | -II | - |
| H | +I | +I | - |
| N | +III | +V | 2 |

Tasapainotettu reaktioyhtälö on:



Tarkistetaan sähkövaraukset:

Lähtöaineet: $2 \cdot (1+) + 1 \cdot (1-) = 1+$

Reaktiotuotteet: $1 \cdot (2+) + 1 \cdot (1-) = 1+$

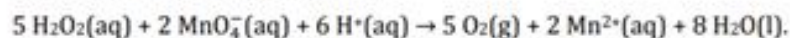
TEHTÄVÄ 4.3

| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessa | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä/atomi |
|---|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| H | +I | +I | - |
| O (happiatomit vetyperoksidimolekyylissä) | -I | 0 | 1 |
| O (muut happiatomit) | -II | -II | - |
| Mn | +VII | +II | 5 |

Kun vetyperoksidin molemmat happiatomit hapettuvat alkuainehapeksi \Rightarrow luovutettujen elektronien kokonaismäärä on 2.
Yksi permanganaatti-ionin mangaaniatomi pelkistyy, kun se vastaanottaa 5 elektronia.

Siirtyvien elektronien pienin kokonaislukumäärä on siten 10.

Tasapainotettu reaktioyhtälö on:



Tarkistetaan sähkövaraukset:

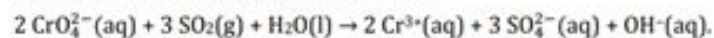
$$\text{Lähtöaineet: } 2 \cdot (-) + 6 \cdot (+) = 4+$$

$$\text{Reaktiotuotteet: } 2 \cdot (2+) = 4+$$

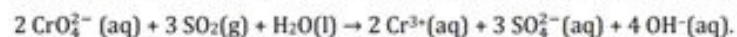
f)

| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessa | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä/atomi |
|----------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Cr | +VI | +III | 3 |
| O | -II | -II | - |
| S | +IV | +VI | 2 |
| H | +I | +I | - |

Tasapainotetaan elektronien siirtyminen:

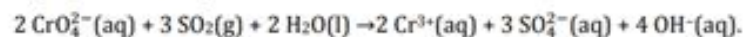


Koska lähtöainepuolella sähkövarausten summa on 4- ja reaktiotuotepuolella 1-, tulee reaktiotuotepuolelle merkitä yhteensä 4 hydroksidi-iona, jotta sähkövaraukset ovat yhtä suuret molemmilla puolilla reaktioyhtälöä. Reaktioyhtälöksi saadaan:



Täsmätään vielä vetyatomit lisäämällä kerroin 2 vesimolekyylien eteen.

Lopullinen reaktioyhtälö on:



4.3 RAJOITTAVA TEKIJÄ, TEOR.SAANTO JA PROS.SAANTO

Rajoittava tekijä = se aine, joka loppuu ensin / kuluu reaktiossa täysin

Tuotteiden ainemäärät määritetään aina rajoittavan tekijän kautta

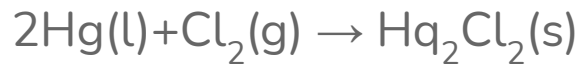
Teoreettinen saanto= paljonko teoriassa olisi mahdollista saada reaktiotuotetta

Prosentuaalinen saanto = kuinka paljon käytännössä tuotetta saatiin teoreettisesta saannosta:

saanto-%= todellinen saanto / teoreettinen saanto *100%

TEHTÄVÄ 4.8 S. 75

Elohopea(I)kloridia eli kalomelia käytetään sähkökemiallisissa mittauksissa tarvittavien vertailuelektrodien materiaalina. Esim. pH-elektrodit voivat sisältää kalomelia. Elohopea(I)kloridia saadaan valmistettua usealla eri tavalla. Yksi valmistusreaktioista on



Ratkaise, kuinka monta grammaa elohopea(I)kloridia voi muodostua, kun lähtöaineina käytetään 10,0g elohopeaa ja 10,0g klooria.

TEHTÄVÄ 4.8 S. 75

- 4.8 $m(\text{Hg}) = 10,0 \text{ g}$
 $m(\text{Cl}_2) = 10,0 \text{ g}$
 $M(\text{Hg}) = 200,59 \text{ g/mol}$
 $M(\text{Cl}_2) = 70,90 \text{ g/mol}$
 $M(\text{Hg}_2\text{Cl}_2) = 472,08 \text{ g/mol}$
 $m(\text{Hg}_2\text{Cl}_2) = ?$

Lasketaan kummankin lähtöaineen ainemäärä:

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

$$n(\text{Hg}) = \frac{10,0 \text{ g}}{200,59 \text{ g/mol}} = 0,049853 \text{ mol}$$

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{10,0 \text{ g}}{70,90 \text{ g/mol}} = 0,14104 \text{ mol.}$$

Selvitetään, kumpi lähtöaineista on reaktion rajoittava tekijä.

Tasapainotetun reaktioyhtälön perusteella elohopean ainemäärän tulee olla kaksinkertainen kloorin ainemäärään verrattuna eli $n(\text{Hg}) = 2 \cdot n(\text{Cl}_2)$.

Käytettävissä oleva kloorin ainemäärä on 0,14104 moolia.

Elohopean ainemäärän tulisi olla $2 \cdot 0,14104 \text{ mol} = 0,28208 \text{ mol}$.

Koska elohopeaa on käytettävissä vain 0,049853 moolia, on se reaktion rajoittava tekijä.

Tasapainotetun reaktioyhtälön perusteella:

$$\frac{n(\text{Hg}_2\text{Cl}_2)}{n(\text{Hg})} = \frac{1}{2} \Rightarrow n(\text{Hg}_2\text{Cl}_2) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{Hg}) = \frac{1}{2} \cdot 0,049853 \text{ mol} = 0,024927 \text{ mol.}$$

Elohopea(I)kloridin massa on:

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M \Rightarrow$$

$$m(\text{Hg}_2\text{Cl}_2) = 0,024927 \text{ mol} \cdot 472,08 \text{ g/mol} = 11,768 \text{ g} = 11,8 \text{ g.}$$

4.4 KAASULASKUT

Kaasulait

- Avogadron laki: yhtä suurilla ainemäärillä eri kaasuja on sama tilavuus (samoissa olosuhteissa)
- ideaalikaasun tilanyhtälö:

$$pV=nRT$$

$$R=8,31451 \text{ (Pa}\cdot\text{m}^3\text{)/(mol}\cdot\text{K)}$$

$$R= 0,0831451 \text{ (bar}\cdot\text{dm}^3\text{)/(mol}\cdot\text{K)}$$

TEHTÄVÄ 4.14 S.77

Suihkepulloissa ponneaineena toimiva yhdiste on kahdessa eri faasissa. Pullo on paineistettu, minkä seurauksena osa aineesta on nesteenä ja osa kaasuna. Pullossa vallitsee ns. heterogeeninen tasapainotila. Kun suihkepullon paineventtiiliä painetaan, pullon yläosassa olevaa kaasua vapautuu. Kun venttiili suljetaan, pulloon muodostuu uusi tasapainotila nestemäisen ja kaasumaisen aineen välille.

- Kuvaa pullossa vallitsevaa heterogeenistä tasapainotilaa sopivilla olomuotomerkinnoilla
- Hiusvaahtoa sisältävän pullon tilavuus on 300 ml ja se sisältää pullokaasuna 2,20 g propaania. Ratkaise, minkä paineen ponnekaasu aiheuttaa pulloon lämpötilassa $20,0^{\circ}\text{C}$

TEHTÄVÄ 4.14 S. 77

4.14 a) l ⇌ g

b) $V = 300 \text{ ml} = 0,300 \text{ dm}^3$

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) = 2,20 \text{ g}$$

$$M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) = 44,094 \text{ g/mol}$$

$$T = (20,0 + 273,15) \text{ K} = 293,15 \text{ K}$$

$$R = 0,0831451 \frac{\text{bar} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$p = ?$$

Lasketaan propaanin ainemäärä:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) = \frac{2,20 \text{ g}}{44,094 \text{ g/mol}} = 0,049893 \text{ mol.}$$

Lasketaan paine ideaalikaasun tilanyhtälöstä $pV = nRT$, josta

$$p = \frac{nRT}{V} \Rightarrow p = \frac{0,049893 \text{ mol} \cdot 0,0831451 \frac{\text{bar} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 293,15 \text{ K}}{0,300 \text{ dm}^3} = 4,0536 \text{ bar} = 4,05 \text{ bar.}$$

c) Jos tuotetta säilytetään tai käytetään yli 60 °C:n lämpötilassa, nestemäisessä olomuodossa olevaa propaania höyrystyy kaasuksi. Tämän seurauksena paine pullon sisällä voi kasvaa niin suureksi, että pullo voi "räjähtää".

Tuotetta ei saa käyttää avotulen lähetyvillä, sillä propaani on helposti syttyvä, orgaaninen yhdiste. Tuotteen käytöstä aiheutuu tällöin tulipalon vaara.

4.5 REAKTIOSARJOJA

Reaktiosarja koostuu reaktioista, jotka tapahtuvat peräkkäin

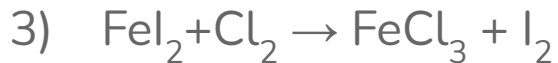
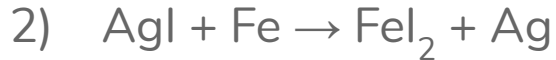
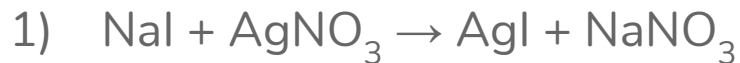
Tasapainota reaktiosarjan osareaktiot aina erikseen, jonka jälkeen ne voi yhdistää / eliminoida yhteiset aineet

Huom. eliminoidavilla aineilla oltavat samat kertoimet!

Lopuksi kootaan kokonaisreaktion reaktioyhtälö laskemalla puolittain yhteen reaktioyhtälöt

TEHTÄVÄ 4.18

Jodin tuottaminen suolavedestä perustuu seuraaviin tasapainottamattomiin reaktioyhtälöihin:



Ratkaise, kuinka monta grammaa hopeanitraattia tarvitaan, jotta jodia saadaan 250 grammaa.

TEHTÄVÄ 4.18

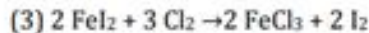
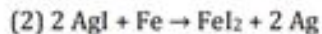
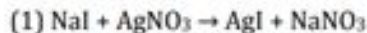
4.18 $m(\text{I}_2) = 250 \text{ g}$

$$M(\text{I}_2) = 253,80 \text{ g/mol}$$

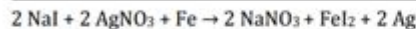
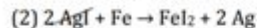
$$M(\text{AgNO}_3) = 169,88 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{AgNO}_3) = ?$$

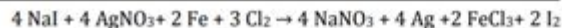
Tasapainotetaan kukin reaktioyhtälö erikseen:



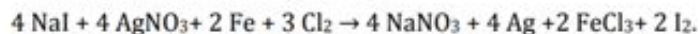
Laaditaan kokonaisreaktion reaktioyhtälö eliminoimalla ensin hopeajodidi (AgI) reaktioista (1) ja (2) ja lasketaan nämä reaktioyhtälöt puolittain yhteen:



Eliminoidaan näin saadusta reaktioyhtälöstä ja reaktioyhtälöstä (3) rauta(II)jodidi (FeI_2) ja lasketaan nämä reaktioyhtälöt puolittain yhteen:



Kokonaisreaktion reaktioyhtälö on:



Lasketaan jodin ainemäärä:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n(\text{I}_2) = \frac{250 \text{ g}}{253,80 \text{ g/mol}} = 0,98503 \text{ mol.}$$

Kokonaisreaktion reaktioyhtälön kertoimien perusteella:

$$\frac{n(\text{AgNO}_3)}{n(\text{I}_2)} = \frac{4}{2} \Rightarrow n(\text{AgNO}_3) = 2 \cdot n(\text{I}_2) = 2 \cdot 0,98503 \text{ mol} = 1,9701 \text{ mol.}$$

Lasketaan hopeanitraatin massa:

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M \Rightarrow$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 1,9701 \text{ mol} \cdot 169,88 \text{ g/mol} = 334,68 \text{ g} \approx 335 \text{ g.}$$

4.6 SEOSREAKTIOIDEN LASKENNALLINEN KÄSITTELY

Jos seoksen aineet reagoivat tuottaen samaa reaktiotuotetta, tulee kaikkien reagoivien aineiden tasapainotetut reaktioyhtälöt kirjoittaa erillisiä ja tulkita yhtälöiden kertoimia erikseen, eli ainemäärien vertailu tehdään erikseen jokaisesta reaktioyhtälöstä.

Reaktioyhtälöitä ei yhdistetä tai lasketa puolittain yhteen

vrt. reaktiosarjat

TEHTÄVÄ 4.21 s.79

Litiumin ja magnesiumin seos (massa 3,0g) poltettiin täydellisesti ilmassa, jolloin saatiin litiumoksidin ja Li_2O ja magnesiumoksidin MgO seos, jonka massa 6,0g. Ratkaise magnesiumin massaprosenttinen osuus seoksessa.

TEHTÄVÄ 4.21 s. 79

$$4.21 \quad m(\text{Mg} + \text{Li}) = 3,0 \text{ g}$$

$$m(\text{MgO} + \text{Li}_2\text{O}) = 6,0 \text{ g}$$

$$M(\text{Mg}) = 24,31 \text{ g/mol}$$

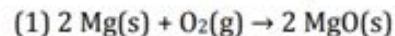
$$M(\text{Li}) = 6,941 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{MgO}) = 40,31 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Li}_2\text{O}) = 29,882 \text{ g/mol}$$

$$m\text{-}\%(\text{Mg}) = ?$$

Palamisreaktioiden tasapainotetut reaktioyhtälöt ovat:



Hyödyntämällä suureyhtälö $m = n \cdot M$, saadaan reaktioissa (1) ja (2) muodostuneiden oksidien yhteismassan ($m(\text{MgO} + \text{Li}_2\text{O}) = 6,0 \text{ g}$) lausekkeeksi:

$$m(\text{MgO} + \text{Li}_2\text{O}) = n(\text{MgO}) \cdot M(\text{MgO}) + n(\text{Li}_2\text{O}) \cdot M(\text{Li}_2\text{O}).$$

Sijoittamalla tähän lausekkeeseen edellä esitetyt oksidien ainemäärien lausekkeet ja oksidien moolimassojen lukuarvot, saadaan (yksiköt on jätetty merkitymättä selkeyden vuoksi):

$$6,0 = \frac{x}{24,31} \cdot 40,31 + \frac{1}{2} \cdot \frac{(3,0 - x)}{6,941} \cdot 29,882, \text{ josta laskettuna } x = 0,9257 \Rightarrow$$

$$m(\text{Mg}) = 0,9257 \text{ g.}$$

Lasketaan magnesiumin massaprosenttinen osuus:

$$m\text{-}\%(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{m(\text{Mg} + \text{Li})} \cdot 100\% = \frac{0,9257 \text{ g}}{3,0 \text{ g}} \cdot 100\% = 30,86\% = 31\%.$$

Kun merkitään magnesiumin massaa seoksessa merkinnällä $x \text{ g}$, litiumin massa on $(3,0 - x) \text{ g}$. Tämän perusteella metallien ainemäärät seoksessa ovat:

$$n(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} = \frac{x \text{ g}}{24,31 \text{ g/mol}}$$

$$n(\text{Li}) = \frac{m(\text{Li})}{M(\text{Li})} = \frac{(3,0 - x) \text{ g}}{6,941 \text{ g/mol}}$$

Reaktioyhtälön (1) kertoimien perusteella:

$$\frac{n(\text{MgO})}{n(\text{Mg})} = \frac{2}{2} \Rightarrow n(\text{MgO}) = n(\text{Mg}) = \frac{x \text{ g}}{24,31 \text{ g/mol}}$$

Reaktioyhtälön (2) kertoimien perusteella:

$$\frac{n(\text{Li}_2\text{O})}{n(\text{Li})} = \frac{2}{4} \Rightarrow n(\text{Li}_2\text{O}) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{Li}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{(3,0 - x) \text{ g}}{6,941 \text{ g/mol}}$$

AIHE 5: AINEEN
RAKENNE JA
OMINAISUUDET

5.1 ERILAISIA KEMIAALLISIA SIDOKSIA

Aineiden ominaisuuksia:

- olomuoto
- sp ja kp (sitä korkeampi, mitä vahvemmat sidokset)
- sähkönjohtokyky
- liukoisuus pooliseen/poolittomaan liuokseen

Nämä selittyvät aineessa olevien sidosten avulla

VAHVAT:

→ metallisidos

→ kovalenttinen sidos

(kov.lent. koordinaatiosidos on erityistapaus, jossa sidoksen muodostumisen elektronipari tulee vain yhdeltä atomilta. Kompleksi-ioni)

→ ionisidos

HEIKOT:

→ dispersiovoimat

→ dipoli-dipoli-sidokset

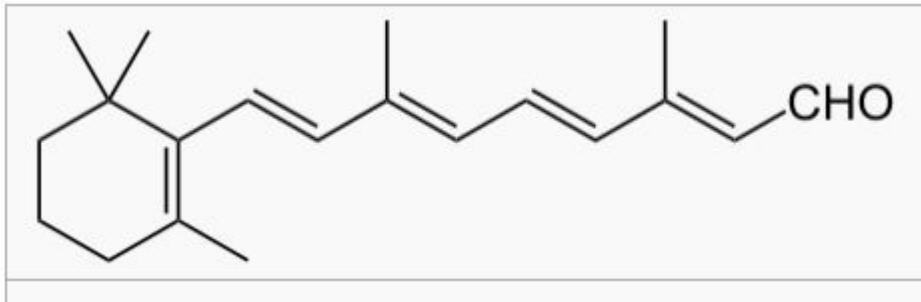
→ ioni-dipoli-sidokset

(muodostuu, kun ioniyhdiste liukenee veteen)

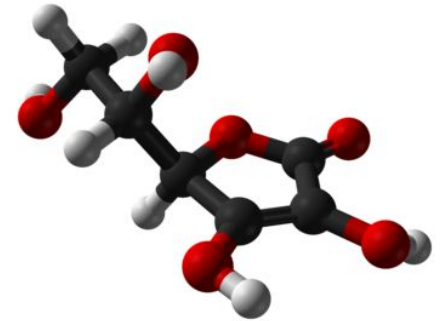
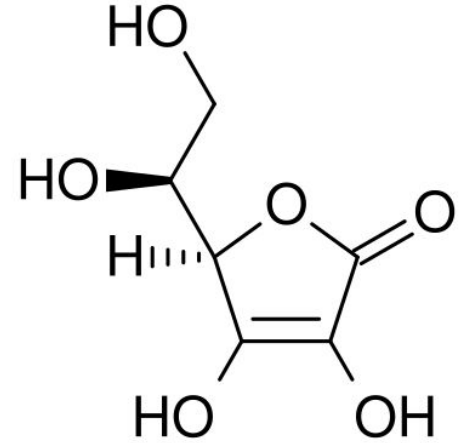
→ vetysidokset

TEHTÄVÄ 5.11

A-vitamiinia kutsutaan rasvaliukoiseksi vitamiiniksi. C-vitamiini puolestaan luokitellaan vesiliukoisten vitamiinien ryhmään. Perustele tämä luokitus oheisten rakennekaavojen avulla



A-vitamiini

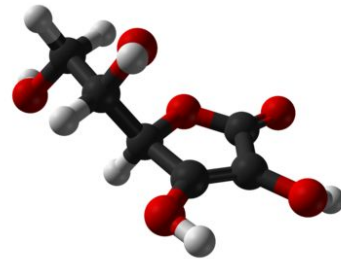
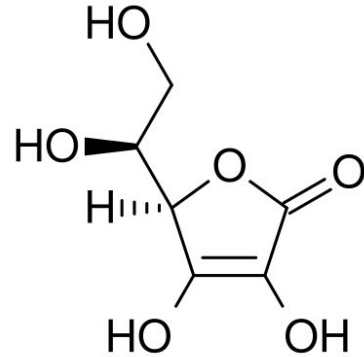
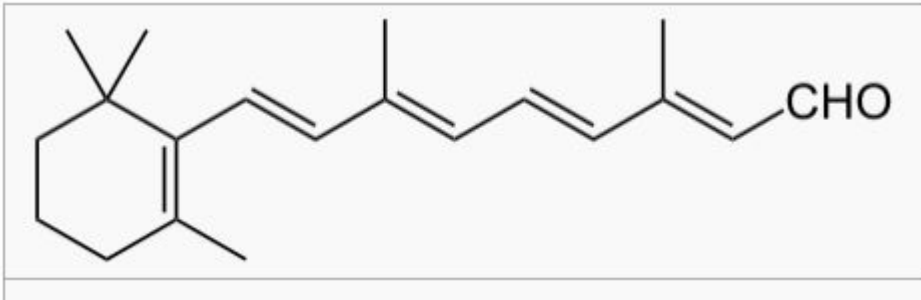


C-vitamiini

TEHTÄVÄ 5.11

A-vitamiinissa on suuri pooliton hiilivetyosa (syklinen rakenne ja pitkä hiiltä ja vetyä sisältävä ketju) ja runsaasti poolittomia metyyliiryhmiä ($-\text{CH}_3$). Molekyylissä on vain yksi poolinen hydroksyyliiryhmä pitkän hiilivetyketjun päässä. Suuren poolittoman osan vuoksi A-vitamiini liukenee hyvin poolittomiin aineisiin. Rasvat ovat rasvahappojen ja glyserolin estereitä, jotka luokitellaan poolittomiksi yhdisteiksi. Kemiallisen samankaltaisuuden (poolittomuus) vuoksi A-vitamiini liukenee rasvoihin.

C-vitamiini on pieni, useita hydroksyyliiryhmiä sisältävä yhdiste. C-vitamiinin ja vesimolekyylien välille muodostuu runsaasti vetysidoksia, mikä selittää tämän vitamiinin hyvän vesiliukoisuuden.



C-vitamiini

VAHVAT SIDOKSET

Metallisidos: vahva sähköinen vetovoima, elektronit yleisessä käytössä delokalisoituneina

Kovalenttinen sidos: elektronit yhteisessä käytössä

- poolinen kovalenttinen: atomien välillä suuri elektronegatiivisuusero
- pooltion kovalenttinen: atomien välillä pieni elektronegatiivisuusero

Ioniyhdisteet: sähköinen vetovoima anionin ja kationin välillä

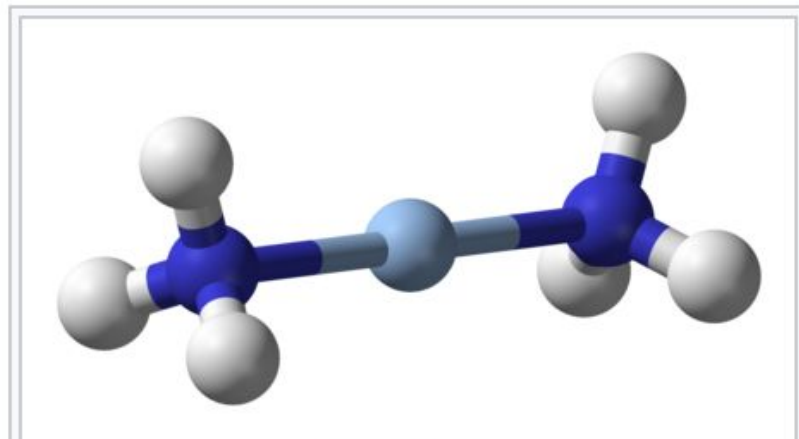
KOMPLEKSI-IONI (SYVENTÄVÄÄ TIETOA?)

Kompleksi-ioni muodostuu, kun **ligandi** liittyy kahden ulkoelektroninsa voimin positiiviseen metalli-ioniin.

Kovalenttinen koordinaatiosidos

Opetus.tv:n video kompleksin
muodostuksesta

<https://youtu.be/xrLUW0LZQZO>



Yksinkertainen kompleksiyhdiste
diammiinihopea(I)-ioni, jossa keskusatomia - eli
positiivisesti varautunutta hopea-onia - ympäröi kaksi
ammoniakkiligandia.

HEIKOT SIDOKSET

dispersiovoimat: poolittomien molekyylien välillä

- hetkellisiä, johtuu elektronien liikkeen luomasta hetkellisestä dipolista

dipoli-dipoli-sidos: poolisten molekyylien välillä

erityistilanne vetysidos: vety+F/O/N

5.4 AINEEN OMINAISUUKSIEN SELITTÄMINEN

- huoneenlämmössä kaikki metallit (s) paitsi Hg
- Metallin - ja ionisidosten katkeamiseksi vaaditaan paljon energiaa → korkea sp ja kp
- epämetalleilla alempi sp ja kp (voivat olla g, l tai s huoneenlämmössä, eli mieti maalaisjärjellä tilannetta myös:)
 - mitä pienempiä atomeja, H_2 , N_2 → kaasuina
 - mitä isompia atomeja, Br_2 → nesteinä
 - mitä jätimpiä atomeja jodi I_2 → kiinteinä (suuremmilla muodostuu enemmän hetkellisiä dipoleita, eli "vahvempia" disp.voimia
 - **katso atomikoot seuraavalta dialta!**
- jalokaasujen välillä heikkoja disp.voimia → kaasuja
- Metallihila on taottavaa ja muokattavaa

ATOMIKOOT JAKSOLLISEN JÄRJESTELMÄN MUKAAN

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 37 • H | | | | | | | | | | | | | | | | 31 • He | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 2 | 152 ● Li | 111 ● Be | | | | | | | | | | | 82 ● B | 77 ● C | 75 ● N | 73 ● O | 71 ● F | 38 ● Ne |
| 3 | 186 ● Na | 160 ● Mg | | | | | | | | | | | 143 ● Al | 111 ● Si | 106 ● P | 102 ● S | 99 ● Cl | 71 ● Ar |
| 4 | 227 ● K | 197 ● Ca | 160 ● Sc | 145 ● Ti | 131 ● V | 125 ● Cr | 137 ● Mn | 124 ● Fe | 125 ● Co | 125 ● Ni | 128 ● Cu | 134 ● Zn | 122 ● Ga | 122 ● Ge | 119 ● As | 116 ● Se | 114 ● Br | 88 ● Kr |
| 5 | 248 ● Rb | 215 ● Sr | 178 ● Y | 159 ● Zr | 143 ● Nb | 136 ● Mo | 135 ● Tc | 133 ● Ru | 134 ● Rh | 138 ● Pd | 144 ● Ag | 149 ● Cd | 163 ● In | 140 ● Sn | 145 ● Sb | 135 ● Te | 133 ● I | 108 ● Xe |
| 6 | 265 ● Cs | 217 ● Ba | 172 ● Lu | 156 ● Hf | 143 ● Ta | 137 ● W | 137 ● Re | 134 ● Os | 136 ● Ir | 139 ● Pt | 144 ● Au | 150 ● Hg | 170 ● Tl | 175 ● Pb | 154 ● Bi | 167 ● Po | | |

5.4 AINEEN OMINAISUUKSIEN SELITTÄMINEN

Molekyyliseen kasvaessa poolittomien molekyyliyhdisteiden (esim. hiilivedyt) sp ja kp kasvavat, koska disp.voimia syntyy laajemmalle alalle

poolisten molekyyliyhdisteiden sp ja kp on yleensä korkeampi, mitä suurempi molekyyli kyseessä, ja mitä enemmän on poolisia osia

Jos vapaasti kulkevia elektroneja (metallihila), sähkönjohtokyky hyvä. Jos ei elektroneja kulkemassa vapaasti, aine on eriste.

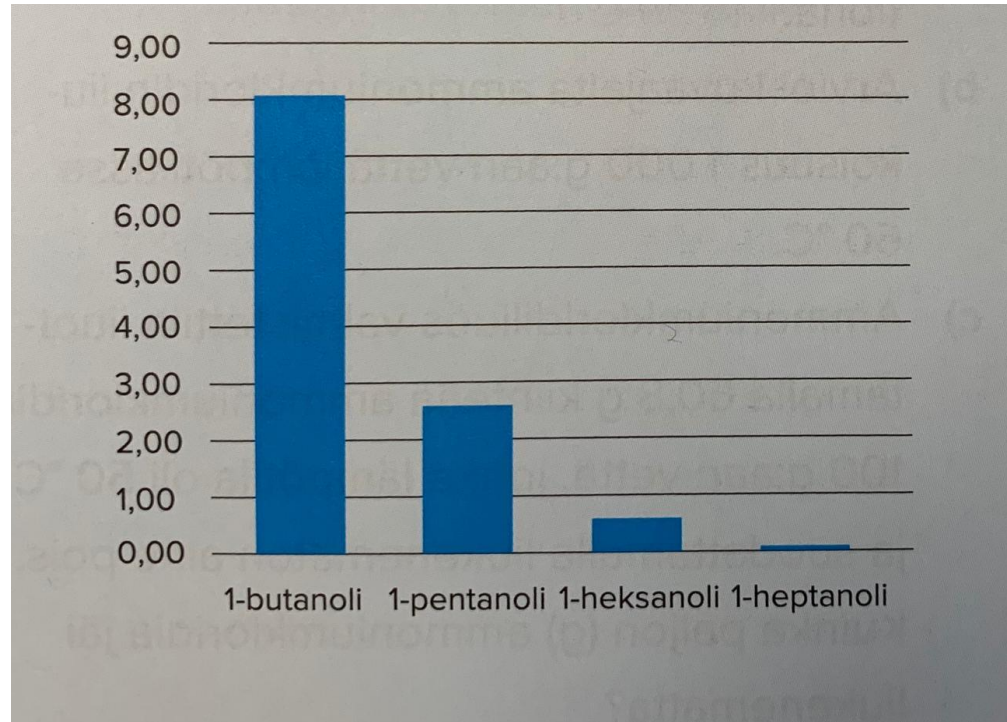
- sähköä johtavia ovat metallit, ioniyhdisteet ja vesiliuokset
- happona tai emäksenä toimivat molekyyliyhdiste johtaa sähköä veteenliuotettuna

SAMANLAINEN LIUOTTAA SAMANLAISTA

(eli pooliton poolitonta (rasvat), poolinen poolista (vesi))

TEHTÄVÄ 5.16

Pylväsdiagrammi esittää alkoholien liukoisuuden (g/100 g vettä) 25 C lämpötilassa. Kuinka selität erilaisen liukoisuuden?



TEHTÄVÄ 5.16

5.16 Alkoolien nimien perusteella kaikissa alkoholeissa on yksi hydroksyyli-ryhmä eli kukin alkoholi voi muodostaa vetysidoksia vesimolekyylin kanssa vain tämän ryhmän vaikutuksesta.

Alkoolien liukoisuuteen vaikuttaa siten hiilivetyketjun pituus.

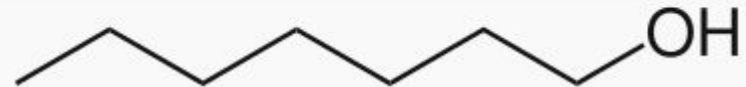
Liukoisuus pienenee, kun hiiliatomien lukumäärä kasvaa.

Pidempien, poolittomien hiilivetyketjujen (esimerkiksi 1-heptanoli ja 1-heksanoli) välillä on runsaasti dispersiivoimia eivätkä vesimolekyylit pääse tunkeutumaan pitkien hiilivetyketjujen väliin, minkä seurauksena alkoholin liukoisuus pienenee.

1-butanoli



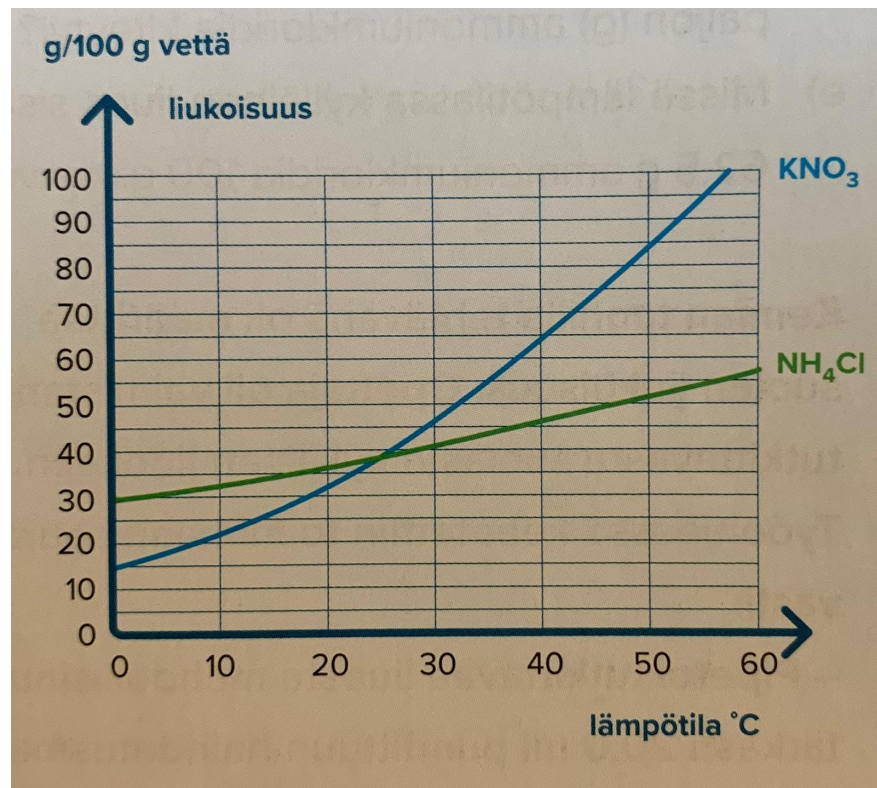
1-heptanoli



TEHTÄVÄ 5.17

Kuvaaja esittää kahden ioniyhdisteen liukoisuuden (g/100g vettä) lämpötilan funktiona.

- Missä lämpötilassa suolojen liukoisuus on yhtä suuri?
- Laske, kuinka paljon ammoniumkloridia kiteytyy, kun 50 ml kylläistä vesiliuosta jäähtyy lämpötilasta 30°C lämpötilaan 10°C
- Ratkaise kuvaajan avulla kaliumnitraatin liukoisuus yksikössä mol/dm³ lämpötilassa 40°C. Mitä oletuksia laskussa tulee tehdä?



TEHTÄVÄ 5.17

5.17 a) Lämpötilassa 37 °C.

b) Ammoniumkloridin liukoisuus lämpötilassa 30 °C on noin 41 g/100 g vettä.

50 g:an vettä ammoniumkloridia liukenee noin 20,5 g.

Ammoniumkloridin liukoisuus lämpötilassa 10 °C on noin 32,5 g/100 g vettä.

50 g:an vettä ammoniumkloridia liukenee noin 16,3 g.

Kiteytyvän ammoniumkloridin määrä on $20,5 \text{ g} - 16,3 \text{ g} = 4,2 \text{ g}$.

c) Kaliumnitraatin liukoisuus lämpötilassa 40 °C on noin 64 g/100 g vettä.

Tämän perusteella kaliumnitraattia liukenee 1 000 g:aan vettä 640 g.

$$m(\text{KNO}_3) = 640 \text{ g}$$

$$M(\text{KNO}_3) = 101,11 \text{ g/mol}$$

$$V(\text{liuos}) = 1,0 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{KNO}_3) = ?$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n(\text{KNO}_3) = \frac{640 \text{ g}}{101,11 \text{ g/mol}} = 6,330 \text{ mol}$$

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow c(\text{KNO}_3) = \frac{6,330 \text{ mol}}{1,0 \text{ dm}^3} = 6,330 \text{ mol/dm}^3 \approx 6,3 \text{ mol/dm}^3$$

Laskussa tulee olettaa, että 100 g vettä vastaa 100 ml liuosta, sillä konsentraatio ilmoittaa liuenneen aineen ainemäärän yhdessä litrassa liuosta ei yhdessä litrassa (tai 1 000 grammassa) vettä.

TEHTÄVÄ 5.18

Taulukossa on esitetty ammoniumkloridin liukoisuus veteen eri lämpötiloissa

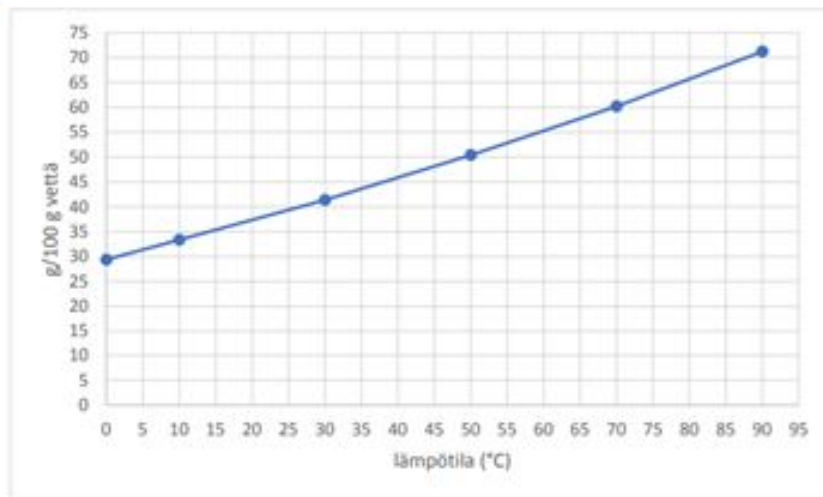
- Laadi liukoisuuskuvaaja, eli esitä ammoniumkloridin liukoisuus lämpötilan funktiona
- arvioi kuvaajalta ammoniumkloridin liukoisuus 1000 g:aan vettä $T=60\text{ C}$
- Ammoniumkloridiliuos valmistettiin liuottamalla 60,8 g kiinteää ammoniumkloridia 100g:aan vettä ($T=50\text{ C}$) ja suodattamalla liukenematon aine pois. Kuinka paljon (g) ammoniumkloridia jäi

| Lämpötila (°C) | Liukoisuus (g/100 g vettä) |
|----------------|----------------------------|
| 0 | 29,4 |
| 10 | 33,4 |
| 30 | 41,4 |
| 50 | 50,4 |
| 70 | 60,2 |
| 90 | 71,2 |

- kohdan c) mukaisesti valmistettu liuos jäädytettiin lämpötilaan 20 C . Kuinka paljon ammoniumkloridia kiteytyi?
- missä lämpötilassa kylläinen liuos sisältää 62,5g ammoniumkloridia 100 g:ssa vettä?

TEHTÄVÄ 5.18

5.18 a)

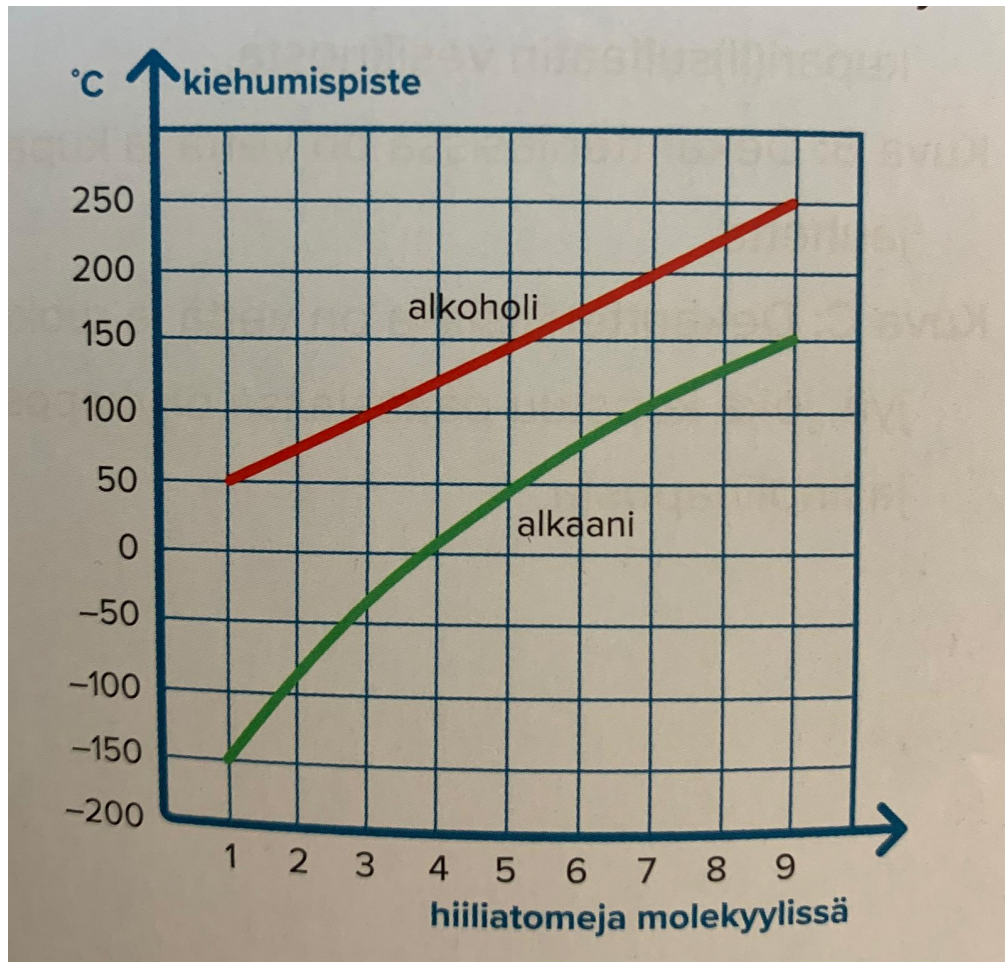


- b) Kuvaajan perusteella ammoniumkloridin liukoisuus lämpötilassa 60 °C on noin 55 g/100 g vettä. 1000 g:aan vettä ammoniumkloridia liukenee 550 g.
- c) Taulukon perusteella ammoniumkloridia liukenee 50 °C:ssa 50,4 g 100 g:aan vettä. Ammoniumkloridia jäi liukenematta 60,8 g - 50,4 g = 10,4 g.
- d) Taulukon perusteella liukoisuus lämpötilassa 50 °C on 50,4 g/100 g vettä. Kuvaajan perusteella ammoniumkloridia liukenee 20 °C:ssa noin 37,5 g 100 g:aan vettä. Ammoniumkloridia kiteytyi 50,4 g - 37,5 g = 12,9 g.
- e) Lämpötilassa 75 °C.

TEHTÄVÄ 5.14

Mitä kuvaaja esittää?

Tulkitse kuvaajaa.



TEHTÄVÄ 5.14

5.14 Kuvaaja esittää alkaanien ja alkoholien kiehumispisteen molekyylin hiiliatomien lukumäärän funktiona.

Tulkintaa:

Yhtä monta hiiliatomia sisältävän alkoholin kiehumispiste on korkeampi kuin alkaanin.

Alkaanien kiehumispiste kasvaa, kun hiiliketjun pituus (molekyylikoko) kasvaa. Kuvaajan perusteella 1–4 hiiliatomia sisältävät alkaanit ovat kaasuja huoneenlämpötilassa. Enemmän kuin viisi hiiliatomia sisältävät alkaanit ovat kuvaajan perusteella huoneenlämpötilassa joko nesteitä tai kiinteitä aineita.

Myös alkoholien kiehumispiste kasvaa, kun hiiliatomien määrä kasvaa. Kuvaajan perusteella kaikki alkoholit ovat huoneenlämpötilassa joko nesteitä tai kiinteitä aineita.

AIHE 6:
ORGAANISTEN
YHDISTEIDEN
RAKENNE JA
ISOMERIA

6.1 HIILIATOMIEN SITOUTUMINEN

- Hiiliatomeilla on neljä ulkoelektronia, joten se luo neljä kovalenttista sidosta
- sidokset voivat olla yksöis, kaksois tai kolmoissidoksia
- hiiliatomien väliset sidokset poolittomia
- Hiilen sitoutuminen happeen, typpeen tai halogeeniin, sidos on poolinen
- Avoketjuiset yhdisteet pitkiä, suoraa, haaroittuneita
- sykkliset yhdisteet rengasrakenteisia
- orgaaniset yhdisteet ovat tyydyttyneitä (yksöissidoksia= σ) tai tyydyttymättömiä ($2(p_{ii})$ - $3(2p_{ii})$ -sidoksia)
- aromaattisilla yhdisteillä elektronit delokalisoituneita

6.2 HYBRIDISAATIOTEORIA, SIGMA- JA PIISIDOS

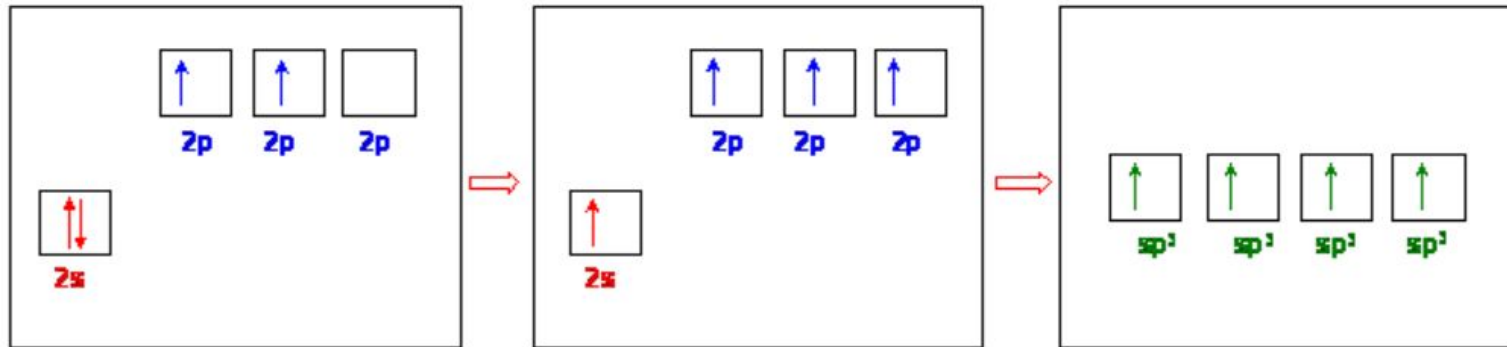
hybridisaatioteoria= selittää hiiliatomin kykyä muodostaa yksöis-, kaksois- tai kolmoissidoksia

Hybridisoituneen hiiliatomin orbitaalit järjestäytyvät uudelleen sp^3 -orbitaaleiksi

sigmasidos voi kiertyä → konformaatioisomeria

jäykkä piisidos ei kierry → konfiguraatioisomeria

<https://opetus.tv/kemia/ke2/sigma-ja-pii-sidokset/>



HYBRIDISAATIO

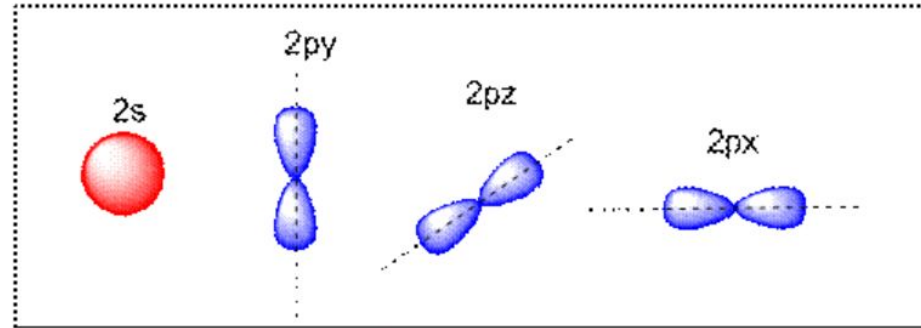
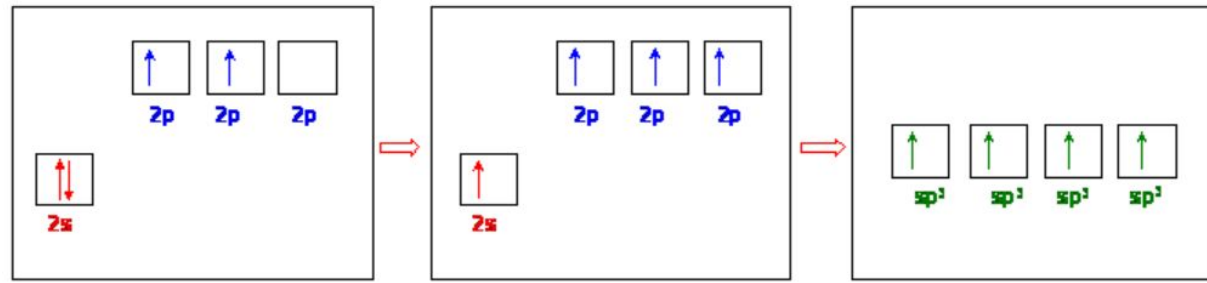
Hybridisaatio =

atomiorbitaalien uudelleenjärjestyminen, jolloin muodostuu uusia avaruudellisesti eritavoin suuntautuneita orbitaaleja.

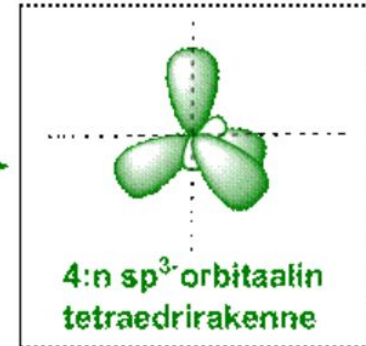
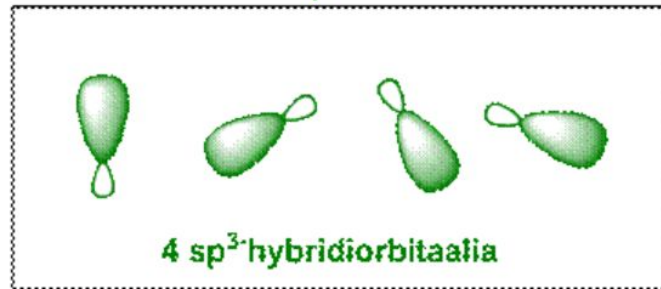
Yksöissidos: sigmasidos

Kaksoissidos: piissidos

http://www.oppi.uef.fi/wanda/users/tanev_ala/KPF2/www/1-7-hybridisaatio.htm



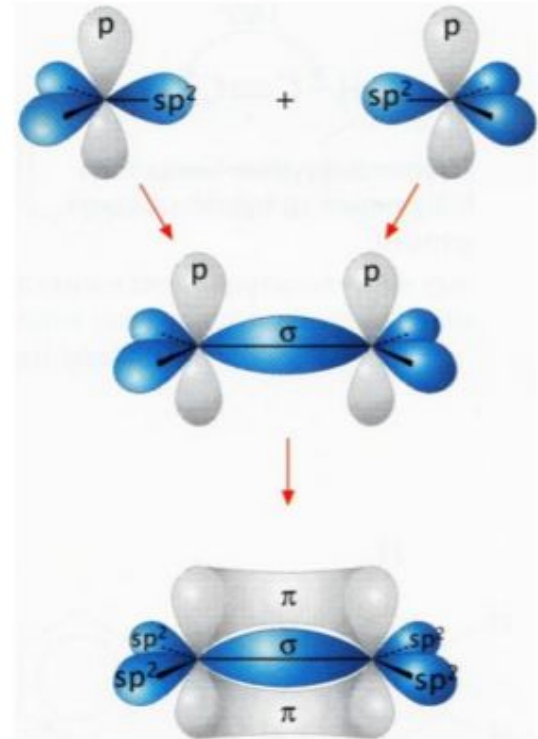
Hybridisaatio



PIISIDOKSESTA

Määritelmä, piisidos: Tällaista tason suhteen symmetristä sidosta, jossa atomiorbitaalit ovat sivuttain sulautuneet yhteen sidosorbitaaliksi, kutsutaan π -sidokseksi. Huom. Piisidos on heikompi ja reaktiivisempi kuin sigmasidos. Muodostuva kaksoisidos on rakenteellisesti jäykkä, eli atomit (atomiryhmät) eivät pääse vapaasti kiertymään cis-trans isomeria.

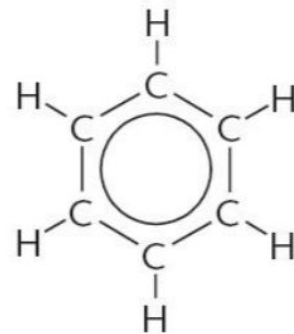
Hiili-hiilikaksoisidos muodostuu siis yhdestä σ - ja π -sidoksesta.



Esimerkki Bentseenirengas ja 1,3-butadieeni (konjukoituminen).



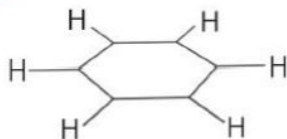
Bentseenillä kaikki hiilet sp^2 -hybridisoituneet



Bentseenillä piisidosten delokalisoituminen
→ rengasrakenteinen π -sidos

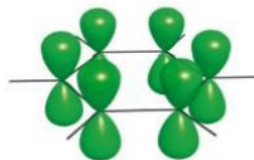
https://peda.net/sievi/sievin-luku/oppiaineet2/kemia/kemia2/tkapp/luku-2-2c:file/download/8955bd770764a25ea6f16379b9c75b05c9c16216/lhmisen_ja_elinym_p%C3%A4rist%C3%B6n_kemiaa_KE2_LUKU_2.2c.pdf

1a



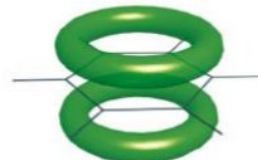
Bentseenin σ -sidosverkosto.

2a



Bentseenirengaan hiiliatomien hybridisoitumattomat p -atomiorbitaalit.

3a



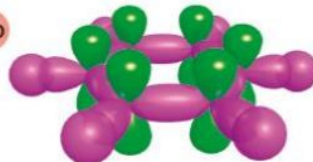
p -atomiorbitaalit sulautuvat yhteen kahdeksi elektronipilveksi.

1b



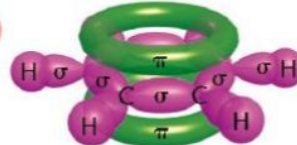
Kuvassa hiiltien väliset $\sigma(sp^2, sp^2)$ - ja hiiltien ja vetyjen väliset $\sigma(1s, sp^2)$ -sidosorbitaalit.

2b



Myös p -atomiorbitaalit näkyvissä.

3b



Lopullinen sidosverkosto: σ -sidokset ja delokalisoituneiden π -elektronien muodostamat elektronipilvet.

6.3 ORGAANISTEN YHDISTEIDEN LUOKITTELU

Orgaanisen yhdisteen käyttäytymisen määrää sen funktionaaliset ryhmät

Funktionaalisten ryhmien tunnistus

biomolekyyli= usein suuria, orgaanisia, soluissa esiintyviä, elämälle välttämättömiä, useita funktionaalisia ryhmiä sisältäviä molekyyliä

Nettimatsku
nimeämiseen

https://matskut.helsinki.fi/bitstream/handle/123456789/188/orgaanisten_yhdisteiden_nimeaminen.pdf?sequence=19

Nettimatsku
funktionaalsiin
ryhmiin

https://peda.net/sievi/sievin-lukio/oppiaineet2/kemia/kemia2/tkapp/luku-2-3:file/download/db9a793bc1a07cbdf923351b68f4858d5f58d556/lhmisen_ja_elinymp%C3%A4rist%C3%B6n_kemiaa_KE2_LUKU_2.3.pdf

Gradu
biomolekyyleistä
<https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/56034/1/URN%3ANBN%3Afi%3Aju-201711284407.pdf>

6.4 RAKENNEKAAVA JA ISOMERIA

suhdekaava= yhdisteessä olevien alkuaineatomien ainemääräsuhde

molekyylikaava= atomien todelliset ainemäärät yhdessä moolissa yhdistettä

Rakennekaava= kuinka atomit ovat sitoutuneet, mitä funktionaalisia ryhmiä on

isomeeri= samasta molekyylikaavasta voidaan piirtää erilaisia rakentuneita molekyylejä

= sama molekyylikaava, eri rakennekaava → yhdisteet ovat isomeerejä

Isomeria

Molekyylin kolmiulotteinen rakenne on erilainen

Rakennesisomeria

stereoisomeria

ketju- eli runkoisomeria

funktioisomeria

paikkaisomeria

konfiguraatioisomeria

konformaatioisomeria

hiiliketju on joko suora tai eri tavoin haarautunut

erilaiset funktionaaliset ryhmät

sama funktionaalinen ryhmä tai substituentti, mutta eri kohdassa molekyylissä

cis-trans-isomeria

Yhdisteissä, jossa kaksoissidoksia

enantioimeria

=peilikuvaisomeria
molekyylissä oltava väh. yksi asymmetrinen hiili (**kiraliakeskus**)

Esiintyy molekyyleissä, joissa hiilten välillä yksinkertaisia kov.lent.sidoksia (sigma) tai syklinen rakenne

Talidomi, ikävä enantiomeeri:

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Talidomidi>

R-AS-enantiomeerit

http://www.oppi.uef.fi/wanda/users/tanevala/KPF2/www/6-4-enantiom_nim.htm

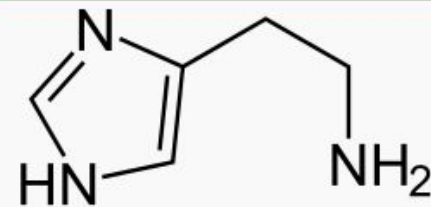
raseeminen seos= seoksessa yhtä paljon molempia peilikuvia=enantiomeeriä

TEHTÄVÄ 6.8 s.123

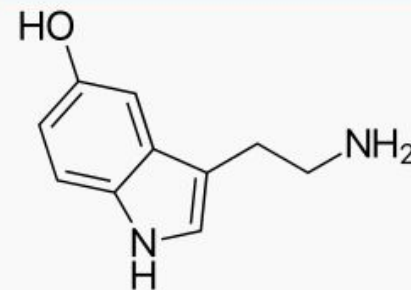
Histamiini, serotoniini ja fenyylietyyliamiini ovat keskushermostossa vaikuttavia yhdisteitä.

- mihin yhdisteryhmään kaikki nämä yhdisteet voidaan luokitella?
- Mitkä yhdisteet voidaan luokitella fenoliksi?
- Mitkä yhdisteistä ovat heterosyklisiä?
- Mitä stereoisomerian lajia kaikilla näillä yhdisteillä voi esiintyä?

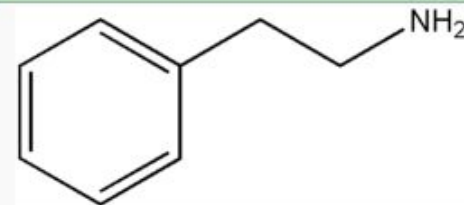
Histamiini



Serotoniini



Fenyylietyyliamiini



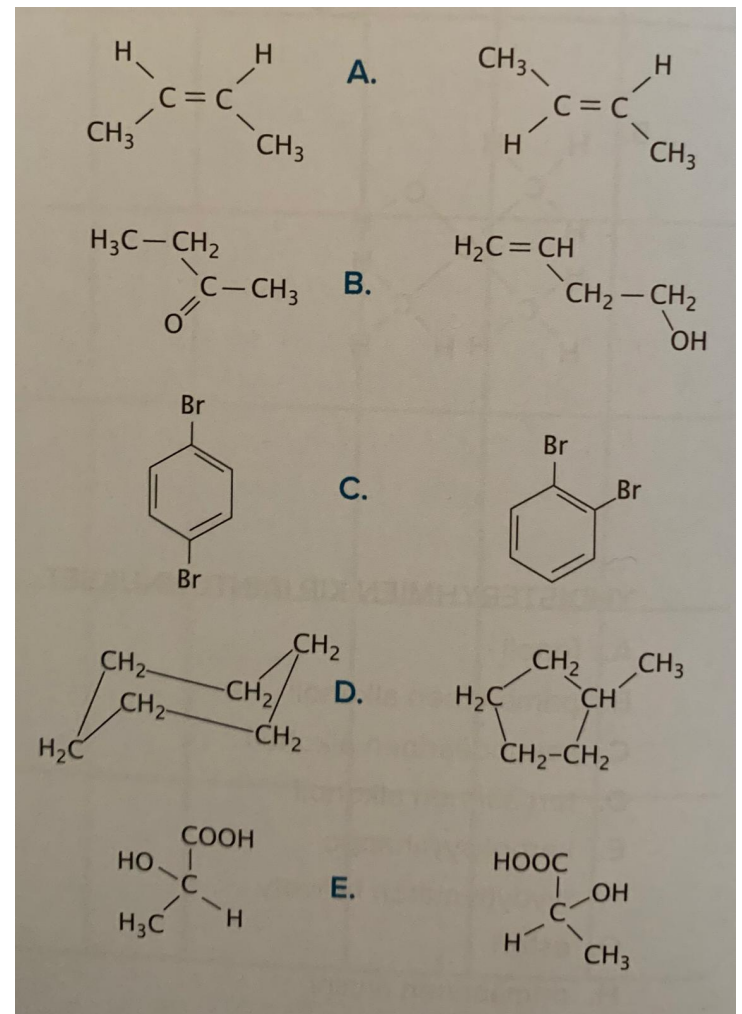
TEHTÄVÄ 6.8 S.123

- 6.8**
- a) Amiineihin
 - b) Serotoniini
 - c) Histamiini ja serotoniini
 - d) Konformaatioisomeriaa

TEHTÄVÄ 6.7 S.122

Valitse kirjaintunnus sellaiselle yhdisteparille, jotka ovat toistensa

- a) funktioisomeerejä
- b) paikkaisomeerejä
- c) enantiomeerejä
- d) cis-trans-isomeerejä
- e) ketjuisomeerejä



TEHTÄVÄ 6.7 S.122

6.7 a) B

b) C

c) E

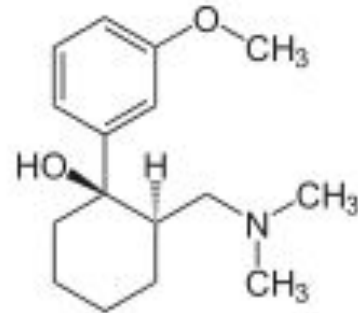
d) A

e) D

TEHTÄVÄ 6.9 S. 123

Tramadoli on synteettinen opioidi, jota käytetään mm. hermosäryn hoitoon aikuisilla. Sitä voidaan annostella joko suun kautta tabletteina tai lihakseen pistoksina. Lihakseen pistettynä päivittäinen annos on 400 mg.

- kuinka monta mmol:a tramadolia on 400 mg annoksessa?
- Mihin yhdisteryhmiin tramadoli voidaan luokitella sen sisältämien funktionaalisten ryhmien perusteella? Käytä tarvittaessa etuliitteitä primäärinen, sekundäärinen ja tertiäärinen.
- Mitä stereoisomeriaa tramadolilla voi esiintyä? Perustele



TEHTÄVÄ 6.9 s. 123

a) $m(\text{tramadoli}) = 400 \text{ mg} = 400 \cdot 10^{-3} \text{ g}$

Tramadolin molekyylikaava on $\text{C}_{16}\text{H}_{25}\text{NO}_2 \Rightarrow$

$$M(\text{tramadoli}) = 263,370 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{tramadoli}) = ?$$

Tramadolin ainemäärä on:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n(\text{tramadoli}) = \frac{400 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{263,370 \text{ g/mol}} = 1,5188 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \approx 1,52 \text{ mmol}$$

- b) Aromaattinen yhdiste, eetteri, tertiäärinen alkoholi, tertiäärinen amiini.
- c) Tramadolilla voi esiintyä konformaatioisomeriaa, enantiomeriaa (optista isomeriaa, peilikuvaisomeriaa) sekä *cis-trans*-isomeriaa (E- ja Z-muodot).

Perustelut:

Konformaatioisomeria: yhdisteessä on yksinkertaisilla hiili-hiilidoksilla (sigmasidoksilla) muodostunut rengasrakenne, joka voi esiintyä useassa erilaisessa taipuneessa muodossa. Lisäksi tähän renkaaseen liittyneet atomit ja atomiryhmät voivat suuntautua avaruudellisesti eri tavoin (sigmasidosten kiertyminen ja taipuminen).

Enantiomeria (optinen isomeria, peilikuvaisomeria): yhdisteessä on kaksi asymmetristä hiiliatomia eli sellaista hiiliatomia, johon on liittynyt neljä erilaista atomia tai atomiryhmää.

E/Z-isomeria: yksinkertaisilla hiili-hiilidoksilla muodostuneesta renkaasta lähtevät ryhmät (bentseenirengas ja hydroksyyli-ryhmä toisesta hiiliatomista sekä $-\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ja vetyatomi toisesta hiiliatomista) voivat suuntautua samalle tai eri puolille renkaan tasoa.

SUKLAASTA LÖYTYVIEN AINEIDEN TUNNISTUS

<https://suklaankemiaa.wordpress.com/tag/funktionaaliset-ryhmat/>

AIHE 7:
ORGAANISTEN
YHDISTEIDEN
REAKTIOITA

7.1 PALAMISREAKTIO

eksoterminen reaktio hapen (O) kanssa

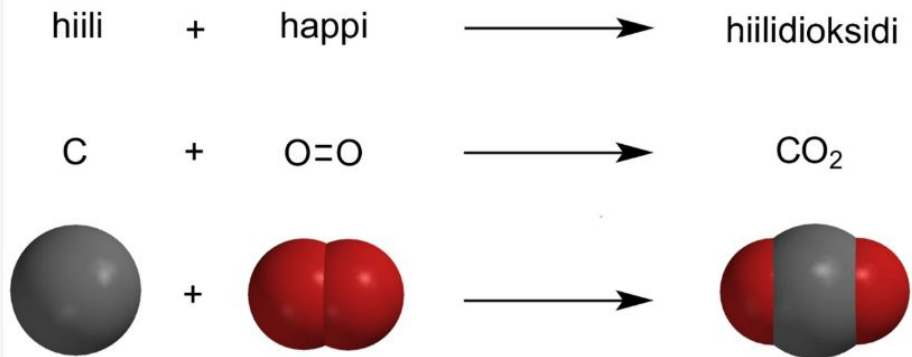
täydellinen palaminen = reaktiotuotteena hiilidioksidia ja vettä

epätäydellinen palaminen = happi rajoittava tekijä, kaikki hiili ei päädy hiilidioksidiksi vaan siitä tulee häkää (hiilimonoksidia) tai alkuainehiiltä (noki).

Orgaanisten yhdisteiden palamisreaktion tasapainotus:

- 1) hiilet
- 2) Vety
- 3) Happi

Kun vety ja happi reagoivat keskenään, syntyy vettä. Tätä reaktiota kutsutaan vedyn **palamisreaktioksi**. Tuotetta (vesi) kutsutaan palaneen aineen (vedyn) oksidiksi. Yleisesti palamisreaktiossa joku aine reagoi kemiallisesti hapen kanssa ja reaktiotuotteiksi muodostuu **oksideja**. Kun hiili palaa, syntyy hiilen oksidia, hiilidioksidia:



Jos hiili tai hiilipitoinen polttoaine ei saa palaessaan tarpeeksi happea, palamistuotteena voi hiilidioksidin ohella syntyä vaarallista hiilimonoksidia eli häkää. Sen kemiallinen kaava on CO.

7.2 HAPETTUMINEN JA PELKISTYMINEN

Pelkistymisreaktio tyypillinen (happi vähenee, vety lisääntyy)

- karboksyyli-ryhmälle (→ aldehydi-ryhmäksi → prim. alkoholin hydroksyyli-ryhmäksi)
- aldehydi-ryhmälle
- ketoryhmälle (→ sekund. alkoholin hydroksyyli-ryhmäksi)

Tyypillisiä pelkistimiä

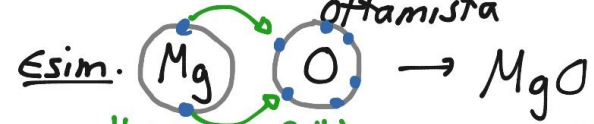
- H_2
- Na
- $LiAlH_4$ (metallihydridi) näissä vedyllä poikk. hapetusluku -1

Metalleilla jännitesarja määrää, kumpi hapettuu (epäjalompi metalli hapettuu)

Hapettuminen ja pelkistyminen

Hapettuminen: elektronien luovuttamista

Pelkistyminen: elektronien vastaanottamista



Hapettuu Pelkistyy

Pelkistyvät helpasti

| Yleisimpien metallien jännitesarja | | |
|--|--------------------|-----------------|
| Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Co, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Pt, Au | | |
| Hapettuvat helpasti | ←Epäjalot metallit | Jalot metallit→ |

7.2 HAPETTUMINEN JA PELKISTYMINEN

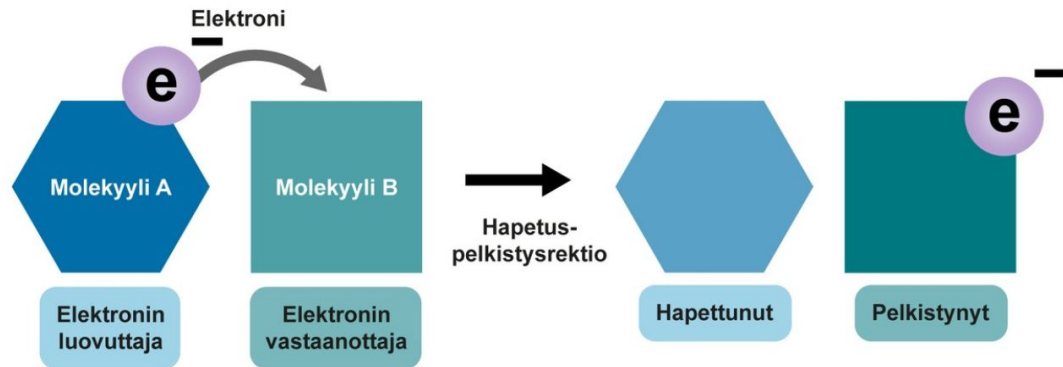
<https://peda.net/siikalatva/siikalatvan-lukio/oppiaineet/kemia/ke32/er/hjp3:file/download/dd42fc07e73d1b9cc266765139124d81d4edb911/2.1%20Hapettuminen%20ja%20pelkistuminen.pdf>

hapettumisreaktio on tyypillinen (happi lisääntyy molekyylissä)

- prim. alkoholin hydroksyyli ryhmälle (hydroksyyli r. → aldehydi → karboksyyli happo)
- sekund. alkoholin hydroksyyli ryhmälle (hydroksyyli r. → ketoni)
- (tert. alkoholin hydroksyyli ryhmä ei hapetu, mutta voi hajota vahvan hapettimen vaikutuksesta)
- aldehydien karbonyyli ryhmälle

tyypillisiä hapettimia

- KMnO_4 (kaliumpermanganaatti)
- O_2
- O_3
- H_2O_2 (vetyperoksidi)



7.3 PROTOLYYSIREAKTIOT

karboksyylihapot ja fenolit heikkoina happoina vesiliuoksessa. (luovuttavat protonin)

→ oksoniumioni, karboksylaatti-ioni ja fenolaatti-ioni

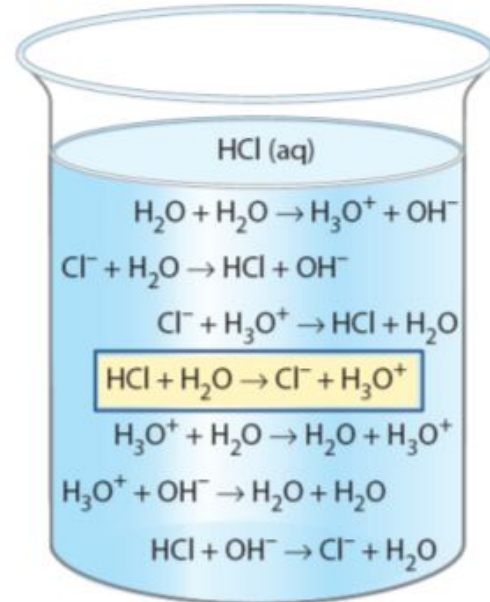
Amiinit heikkoja emäksinä (vastaanottaa protonin)

→ hydroksidi-ioneja, org. ammoniumioneja

tasapainotila vedessä

https://peda.net/sievi/sievin-lukio/oppiaineet2/kemia/kemia-5/tkap/luvut-2-1-2-22:file/download/25664a8875186e45bc4a2967786f6ea8139f231d/Reaktiot_ja_tasapaino_KE5_LUKU12.4.2015.pdf

Vetykloridin vesiliuoksessa tapahtuu monia reaktioita (s. 58) Luku 3 (5)



7.4 NEUTRALOITUMISREAKTIOT

happamat aineet (karboksyylihapot, fenolit) neutraloituvat emäksen vaikutuksesta

Emäksinä amiinit neutraloituvat hapolla

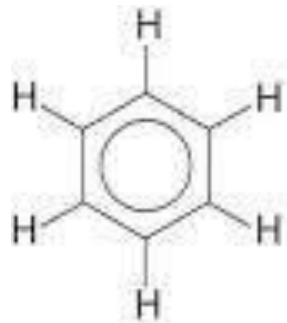
neutraloitumisreaktiossa muodostuu suolaa ja vettä

saippuoitumisreaktio= neutraloitumisreaktio, jossa pitkäketjuiset karboksyylihapot (rasvahapot) neutraloituvat natrium - tai kaliumhydroksidilla.

7.5 SUBSTITUUTIOREAKTIO

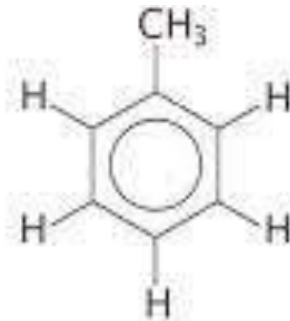
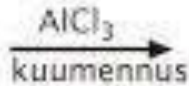
= korvautumisreaktio (molekyylin atomi korvautuu toisella atomilla)

tyypillinen tyydyttyneille (korvautuu vety) ja aromaattisille yhdisteille



bentseeni

+



metyylibentseeni eli
tolueeni

+



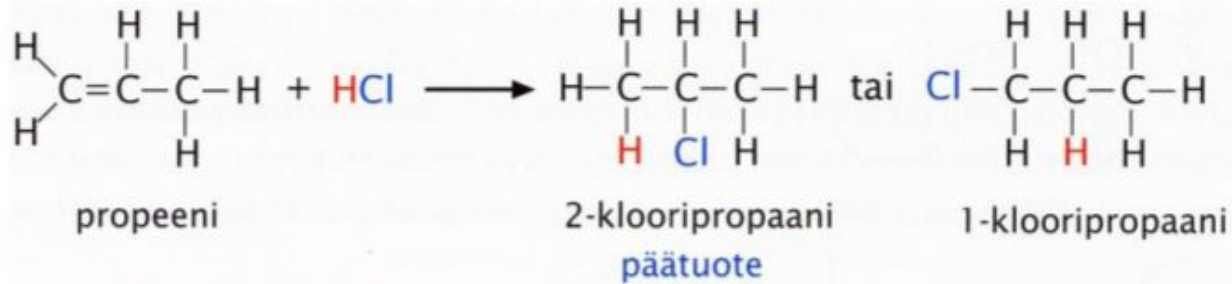
7.6 ADDITIOREAKTIO

“add” =lisätä

= liittymisreaktio

[https://peda.net/sievi/sievin-lukio/oppiaineet2/kemia/wke3/tkapp/luku-3-5:file/download/6e6351bf17cca54fcfd81ea0b596c](https://peda.net/sievi/sievin-lukio/oppiaineet2/kemia/wke3/tkapp/luku-3-5:file/download/6e6351bf17cca54fcfd81ea0b596c8b67b02296a/Reaktiot_ja_energia_KE3_LUKU_3.2.pdf)

[8b67b02296a/Reaktiot_ja_energia_KE3_LUKU_3.2.pdf](https://peda.net/sievi/sievin-lukio/oppiaineet2/kemia/wke3/tkapp/luku-3-5:file/download/6e6351bf17cca54fcfd81ea0b596c8b67b02296a/Reaktiot_ja_energia_KE3_LUKU_3.2.pdf)



tyypillinen tyydyttymättömille (kaksois- tai kolmoissidos aukeaa ja siihen liittyy uusi atomi/atomiryhmä)

hydraus= veden liittäminen tyydyttymättömään yhdisteeseen (voidaan tulkita myös pelkistymisreaktioksi)

markovnikovin sääntö= vety liittyy siihen kaksois-/kolmoissidokseen, jossa on ennestään jo vetyä.

polyadditiota käytetään polymeerien (esim. muovien) valmistuksessa: monomeerit liittyvät yhteen → polymeeri

7.7 KONDENSAATIOREAKTIO

= kaksi funktionaalista ryhmää liittyy yhteen ja niiden väliltä lohkeaa pienimolekyylinen yhdiste (yleensä H₂O)

https://peda.net/sievi/sievin-lukio/oppiaineet2/kemia/wke3/tkapp/luku-3-6:file/download/7751f5075483ca565174c5d0010fea3f743e7220/Reaktiot_ja_energia_KE3_LUKU_3.3.pdf

Kond.reagoivia:

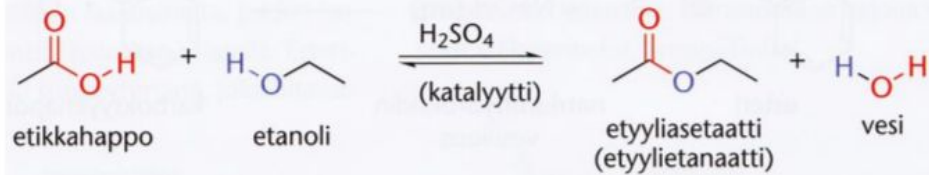
- -OH (hydroksyyli-ryhmä)
- -COOH (karboksyyli-ryhmä)
- -NH₂ (aminoryhmä)

polykondensaatio: polyesterit, polyeetterit, polyamidit

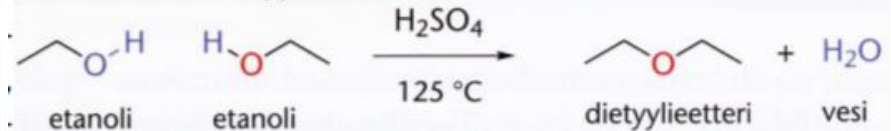
monomeerit sisältävät väh. kaksi funktionaalista ryhmää, jotta ketjun kasvatus jatkuu → polymeeri.

KOND. REAKTIO

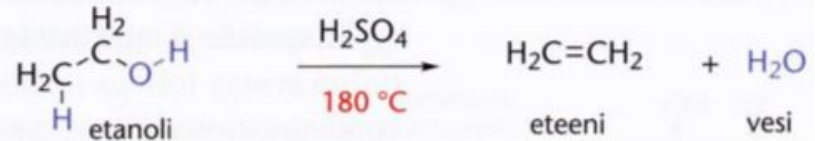
Esterien muodostuminen



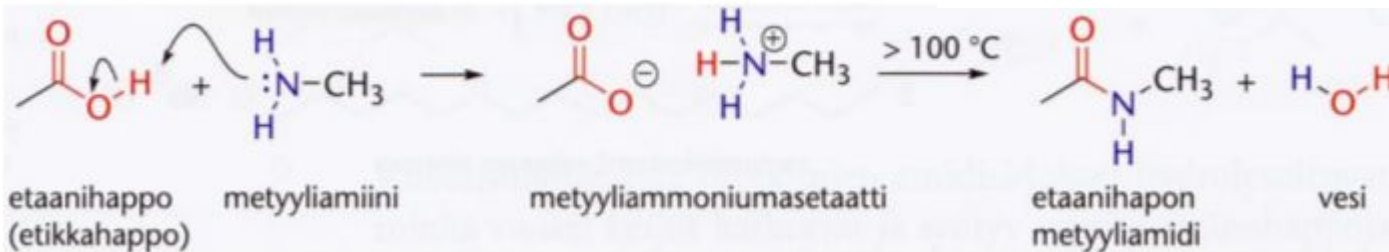
Kaksi etanolimolekyyliä voi kondensoitua eetteriksi:



Mutta liian kuumassa tapahtuukin eliminaatio eteeniksi!



Amidin muodostus



7.9 ELIMINAATIOREAKTIO

molekyylistä lohkeaa pieni molekyyli (usein H_2O) johtuen kuumennuksesta tai jostain kemikaalista

Esim. veden poistaminen alkoholista → tyydyttymättömät hiilivedyt (poistavana kemikaalina väkevä rikkihappo)

7.8 HYDROLYYSIREAKTIO

tapahuu helposti kondensaatioreaktioilla muodostuneille yhdisteille.

toinen lähtöaine on vesi → yhdisteen sidos katkeaa

tyypillinen

estereille (→ alkoholi ja karboksyylihappo (emäksisessä ympäristössä neutraloituu suolaksi)

eettereille (→ kaksi alkoholimolekyyliä)

rasvoille (→ glyseroli ja rasvahapot)

proteiinit (→ aminohapot)

hiilihydraatit (→ monosakkarideja)

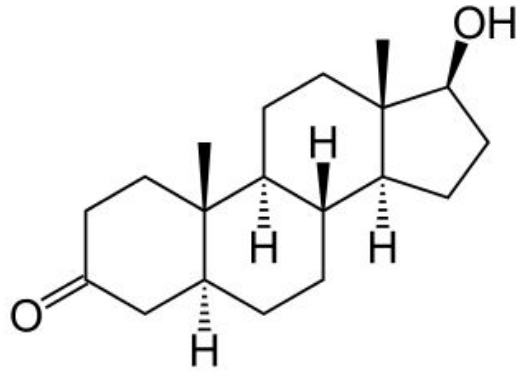
TEHTÄVÄ 7.14 (KUVAT SEURAAVALLA DIAALLA)

Kuvissa kaksi elimistössä muodostuvan steroidihormonin ja yhden synteettisen steroidin rakennekaavat.

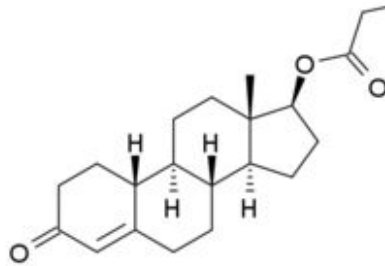
- kuvaile sanallisesti, tai esitä rakennekaavalla millainen yhteinen rakenneosiosa kaikissa kuvien steroidissa on.
- Millä reaktiolla testosteroni saadaan muutettua dihydrotestosteroniksi? Kohdistaa, missä funktionaalisessa ryhmässä reaktio tapahtuu.
- Millä reaktiossa testosteronista saadaan valmistettua kuvassa esitetty synteettinen steroidi. Esitä toisen lähtöaineen rakennekaava ja nimi.
- Seerumin testosteronipitoisuuden viitearvo miehillä on 10-38 nM/l. Kuinka monta mg:aa testosteronia on 1,0 litrassa seerumia viitearvon alarajalla?
- Voiko testosteronilla esiintyä cis-trans-isomeriaa? Perustele.

STEROIDIT

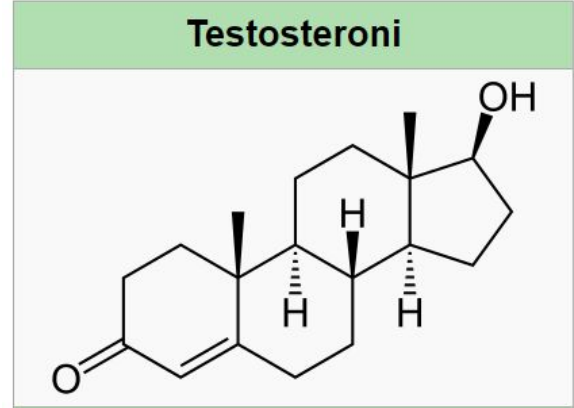
dihydrotestosteroni



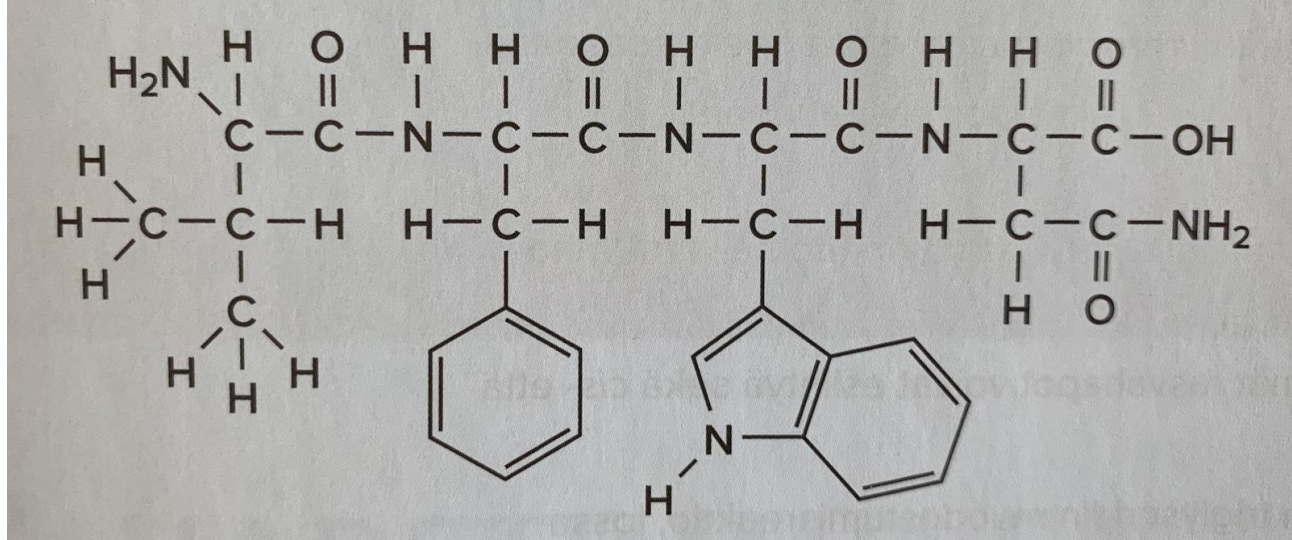
synteettinen steroidi



Testosteroni



TEHTÄVÄ 7.18



Tutki peptidin rakennekaavaa.

- kuinka monesta aminohaposta se on muodostunut?
- Nimeä peptidin hydrolyysissä vapautuvat aminohapot.
- Mitkä vapautuvista aminohapoista ovat aromaattisia?
- Selitä mahdollisimman tarkasti, kuinka peptidi on muodostunut kohdan b) aminohapoista
- Millä toisella nimellä kutsutaan peptidien ja proteiinien aminohappojärjestystä

AIHE 8:

HAPETTUMINEN,
PELKISTYMINEN JA
SÄHKÖKEMIA

8.1 HAPETTUMINEN, PELKISTYMINEN JA HAPETUSLUKU

Hapettuminen ja pelkistyminen ovat **elektroniensiirtoreaktioita**

voidaan kuvata **osa-** eli **puolireaktioilla**, joissa esitetään erikseen hapettumis- ja pelkistysreaktiot.

Näistä osareaktioista voidaan yhdistää edelleen **kokonaisreaktio**. Muista tasapainotus elektronien, atomien ja sähkövarausten avulla!

Hapettuminen = elektronien luovuttamista → hapetusluku kasvaa (-V,-IV,-III,....,III, IV, V)

hapetusluku kuvaa, kuinka paljon elektroneja on luovutettu (tai vastaanotettu)

Metalli-epämetalli-reaktiossa metalli hapettuu

Hapetin hapettaa, eli se itse pelkistyy

pelkistin pelkistää, eli se itse hapettuu

antioksidantit= hapettumisen estoaineita

8.2 METALLIEN JÄNNITESARJA JA NORMAALIPOTENTIAALI

Jännitesarja: metallit esitettynä hapettumiskykynsä mukaisesti

- Vety jakaa metallit epäjaloihin ja jaloihin metalleihin
- epäjalot hapettuvat helposti, vapauttavat vetykaasua (vedyn yläpuolella)
- Jalot metallit eivät hapetu helposti, toimivat siis hapettimina.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|
| Li | K | Ca | Na | Mg | Al | Zn | Fe | Ni | Pb | H | Cu | Ag | Pt | Au |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|

Hyvin epäjalot metallit (Na, K, Li) reagoivat myös veden kanssa vapauttaen H₂:ta

NORMAALIPOTENTIAALIARVOT

Normaalipotentialitaulukossa tietoa monien muiden aineiden hapettumis-/pelkistymistäipumuksesta:

- **kuvaa pelkistymistä** luettaessa vasemmalta oikealle
- helpoiten pelkistyvät ovat alhaalla.

- kuvaa hapettumista luettaessa oikealta vasemmalle
- helpoiten hapettuvat ovat ylhäällä

Taulukko on muodostettu tutkimalla sähkökemiallista paria, kun käytetään normaalivetyelektrodia.

Vetyä epäjalompien aineiden normaalipotentialiarvot (E/V) ovat negatiivisia

Spontaaniuden ennustaminen:



E_h = pelkistymispotentiaalin vastaluku (tarkista, kumpi aineista hapettuu ja kumpi pelkistyy. Hapettuvan luku vaihdetaan)

E_p = pelkistysreaktion potentiaali

| Reaktio | E (V) (25 °C) |
|--|---------------|
| $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$ | -2,71 |
| $\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$ | -2,37 |
| $\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}$ | -1,66 |
| $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ | -0,83 |
| $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$ | -0,76 |
| $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$ | -0,45 |
| $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$ | -0,13 |
| $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ | 0,00 |
| $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ | 0,34 |
| $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ | 0,77 |
| $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ | 1,23 |
| $\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^-$ | 1,36 |

“Hyvä hapetin” =suuri pelk.pot.arvo

“Hyvä pelkistin” = suuri hapettumispotentiaaliarvo
Reaktioyhtälön kertoimet ei vaikuta!!

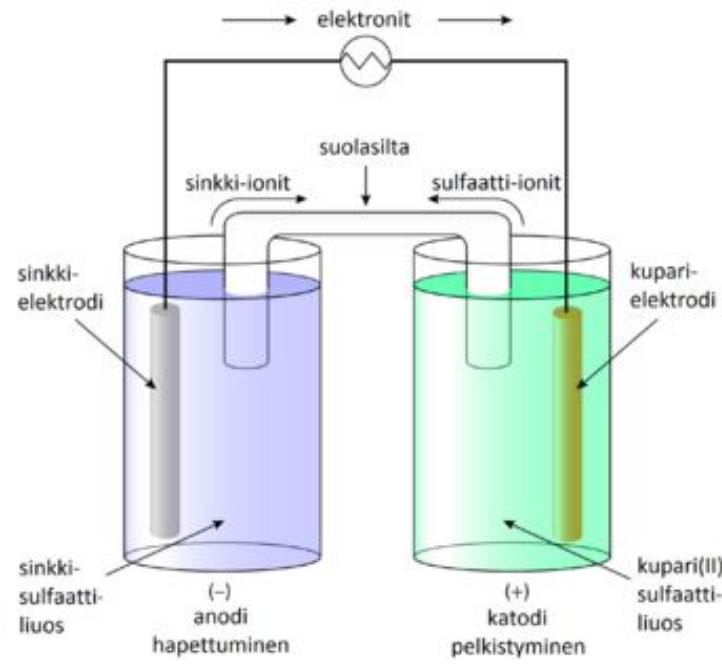
8.3 SÄHKÖKEMIAALLISET PARIT

=galvaaninen kenno: spontaanin hapettumis-pelkistymisreaktion vapauttama lämpöenergia muutetaan sähköenergiaksi (paristot, polttokennot, akut...)

Koostuu

- elektrodeista: positiivinen (katodi) ja negatiivinen (anodi=epäjalompi aine=hapettuminen)
- elektrolyytti: sähköä johtava aine, ioniyhdisteen aq.
- suolasilta: yhdistää katodin ja anodin virtapiiriksi
- virtapiiri

muistisääntö: **VAHA OPE** "VAsen HApettuu, Oikea PELkistyy"



Sähkömäärän lauseke $Q = I \cdot t$

Pelkistyvän / hapettuvain aineen ainemäärä $It = n \cdot z \cdot F$

I= virranvoimakkuus (A)

t= aika (s)

z= siirtyvät e⁻:t

F= 96 485 As/mol (Faradayn vakio)

8.3 GALVAANISET KENNOT

Mallintaminen joko piirros tai kennokaavio

Yläkulman kennokaavio:

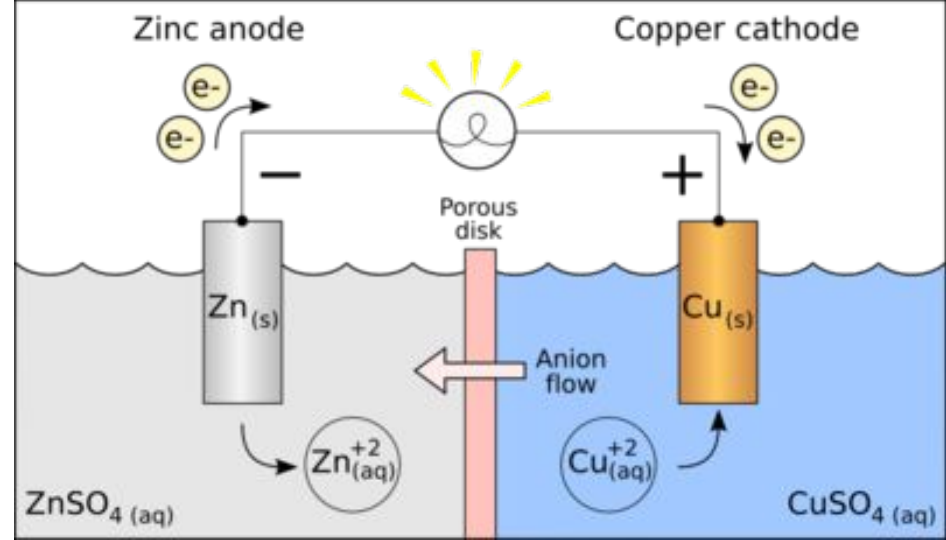


VAHA OPE

Kennoreaktio= anodilla ja katodilla tapahtuvia puolireaktioita

lähdejännite E_{pari} = elektrodien välinen jännite virrattomassa tilassa

$$E_{\text{pari}} = E_h + E_p$$



8.4 ELEKTROLYYSI - PAKOTETTU HAPETTUMIS-PELKISTYMISSREAKTIO

Sähkövirran avulla pakotettu hapettumis-pelkistysreaktio = elektrolyysi

koostuu:

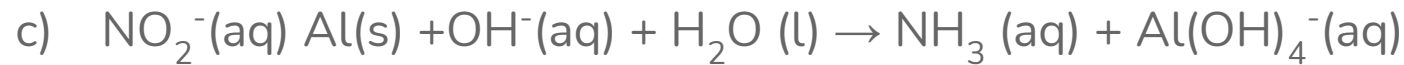
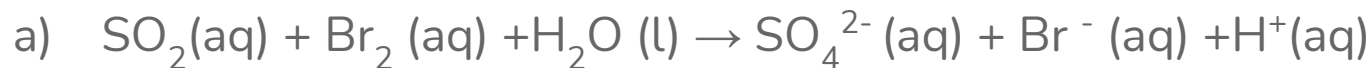
- elektrodeista: anodi ja katodi (katodi pelkistyy)
- elektrolyytistä
- johtimista
- virtalähteestä

Opetusvideo elektrolyysistä:

https://www.youtube.com/watch?v=7ullq_Ofzgw

TEHTÄVÄ 8.6

Tasapainota reaktioyhtälöt hapetuslukujen avulla. Tunnista hapettimena ja pelkistimenä toimiva aine:

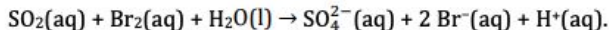


TEHTÄVÄ 8.6

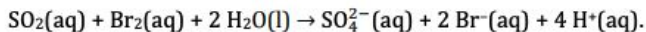
8.6 a)

| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessa | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä yhtä atomia kohden |
|----------|---------------------------|-------------------------------|---|
| S | +IV | +VI | 2 |
| O | -II | -II | - |
| Br | 0 | -I | 1 |
| H | +I | +I | - |

Koska bromimolekyylissä on kaksi atomia, elektronit ovat tasapainossa, kun rikkidioksidin ja bromin edessä on kerroin 1 \Rightarrow



Tasapainotetaan atomit:



Tarkistetaan sähkövaraukset:

Lähtöaineet: 0

$$\text{Reaktiotuotteet: } 1 \cdot (2-) + 2 \cdot (1-) + 4 \cdot (1+) = 0$$

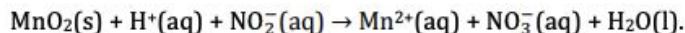
Hapetin: $\text{Br}_2(\text{aq})$

Pelkistin: $\text{SO}_2(\text{aq})$

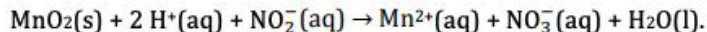
b)

| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessa | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä yhtä atomia kohden |
|----------|---------------------------|-------------------------------|---|
| Mn | +IV | +II | 2 |
| O | -II | -II | - |
| H | +I | +I | - |
| N | +III | +V | 2 |

Elektronien siirtyminen on tasapainossa, kun mangaani(IV)oksidin ja nitriitti-ionin edessä on kerroin 1 \Rightarrow



Tasapainotetaan atomit:



Tarkistetaan sähkövaraukset:

$$\text{Lähtöaineet: } 2 \cdot (1+) + 1 \cdot (1-) = 1+$$

$$\text{Reaktiotuotteet: } 1 \cdot (2+) + 1 \cdot (1-) = 1+$$

Hapetin: $\text{MnO}_2(\text{s})$

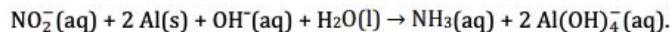
Pelkistin: $\text{NO}_2^-(\text{aq})$

TEHTÄVÄ 8.6

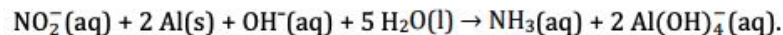
c)

| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessa | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä yhtä atomia kohden |
|----------|---------------------------|-------------------------------|---|
| N | +III | -III | 6 |
| O | -II | -II | - |
| Al | 0 | +III | 3 |
| H | +I | +I | - |

Tasapainotetaan elektronit laittamalla kerroin 2 alumiinia sisältävien aineiden eteen \Rightarrow



Tasapainotetaan atomit:



Tarkistetaan sähkövaraukset:

$$\text{Lähtöaineet: } 1 \cdot (1-) + 1 \cdot (1-) = 2-$$

$$\text{Reaktiotuotteet: } 2 \cdot (1-) = 2-$$

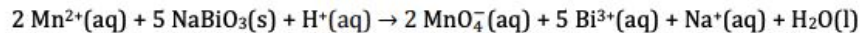
Hapetin: $\text{NO}_2^-(\text{aq})$

Pelkistin: $\text{Al}(\text{s})$

d)

| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessa | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä yhtä atomia kohden |
|----------|---------------------------|-------------------------------|---|
| Mn | +II | +VII | 5 |
| Na | +I | +I | - |
| Bi | +V | +III | 2 |
| O | -II | -II | - |
| H | +I | +I | - |

Tasapainotetaan elektronit lisäämällä kerroin 2 mangaania sisältävien aineiden ja kerroin 5 vismuttia sisältävien aineiden eteen \Rightarrow



Tasapainotetaan atomit:



Tarkistetaan sähkövaraukset:

$$\text{Lähtöaineet: } 2 \cdot (2+) + 14 \cdot (1+) = 18+$$

$$\text{Reaktiotuotteet: } 2 \cdot (1-) + 5 \cdot (3+) + 5 \cdot (1+) = 18+$$

Hapetin: $\text{NaBiO}_3(\text{s})$

Pelkistin: $\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$

TEHTÄVÄ 8.8

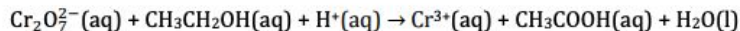
Etanoli on ns. primäärinen alkoholi, joka hapettuu etaanihapoksi, kun etanolia kuumennetaan dikromaatti-ionien ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) kanssa happamassa vesiliuoksessa. Samalla dikromaatti-ionin kromiatomit pelkistyvät Cr^{3+} -ioneiksi ja yhtenä reaktiotuotteena muodostuu vettä.

- Laadi reaktioyhtälö ja tasapainota se hapetuslukumuutosten avulla
- Ratkaise, kuinka monta mg etanolia oli sellaisessa näytteessä, jonka täydelliseen hapettumiseen kului 12 ml hapanta kaliumdikromaattiliuosta, jonka konsentraatio oli $0,0020 \text{ mol/dm}^3$



TEHTÄVÄ 8.8

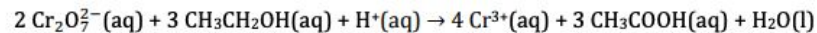
8.8 Tasapainottamaton reaktioyhtälö on:



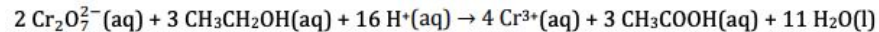
| Alkuaine | Hapetusluku lähtöaineessä | Hapetusluku reaktiotuotteessa | Siirtyvien elektronien määrä yhtä atomia kohden |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---|
| Cr | +VI | +III | 3 |
| O | -II | -II | - |
| C (laskusääntöjen perusteella) | -II | 0 | 2 |
| H | +I | +I | - |

Tasapainotetaan elektronit:

Dikromaatti-ionissa on kaksi kromiatomia, joiden pelkistämiseen tarvitaan yhteensä kuusi elektronia. Etanolissa on kaksi hiiliatomia, joten vapautuvien elektronien kokonaismäärä on neljä elektronia. Tasapainotetaan luovutettujen ja vastaanotettujen elektronien lukumäärä (yhteensä 12) laittamalla dikromaatti-ionien eteen kerroin 2, kromi(III)-ionien eteen kerroin 4 ja etanolin sekä etikkahapon eteen kerroin 3. Reaktioyhtälö on tässä vaiheessa:



Tasapainotetaan vielä muut atomit (vety ja happi):



Tarkistetaan sähkövaraukset:

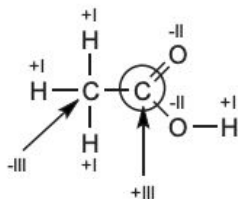
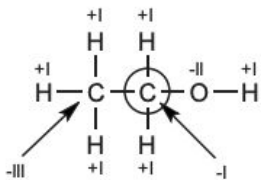
$$\text{Lähtöaineet: } 2 \cdot (2-) + 16 \cdot (1+) = 12+$$

$$\text{Reaktiotuotteet: } 4 \cdot (3+) = 12+$$

Toinen vaihtoehto hiilen hapetuslukujen ratkaisemiseksi:

Etanolissa ja etikkahapossa happi esiintyy aina hapetusluvulla -II ja vety hapetusluvulla +I. Kun määritetään hiilen hapetuslukua, sidoselektronit merkitään kuuluvaksi kunkin sidoksen elektronegatiivisemmalle atomille, joka saa negatiivisen hapetusluvun. Hapetuslukujen summan tulee molekyyliyhdisteessä olla nolla.

TEHTÄVÄ 8.8



Tämän perusteella hiilen hapetusluvun muutos tapahtuu etanolin hydroksyyliiryhmää sitovassa hiiliatomissa (ympyröity, muutos on $-I \rightarrow +III$). Eli kukin hapettuva hiiliatomi luovuttaa neljä elektronia. Tälläkin ajatusmallilla päädytään samaan elektronien määrään kuin hapetuslukulaskusääntöjä käyttämällä.

$$\text{b) } c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,0020 \text{ mol/dm}^3$$

$$V(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 12 \text{ ml} = 0,012 \text{ dm}^3$$

$$M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 46,068 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = ?$$

Lasketaan dikromaatti-ionien ainemäärä:

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V$$

Kaliumdikromaatin kaavan perusteella

$$n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) \Rightarrow n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 0,0020 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,012 \text{ dm}^3 = 2,400 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$

Tasapainotetun reaktioyhtälön kertoimien perusteella:

$$\frac{n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})}{n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})} = \frac{3}{2} \Rightarrow n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = \frac{3}{2} \cdot n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = \frac{3}{2} \cdot 2,400 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 3,600 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Lasketaan etanolin massa:

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M \Rightarrow$$

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 3,600 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 46,068 \text{ g/mol} = 1,658 \cdot 10^{-3} \text{ g} \approx 1,7 \text{ mg}$$

TEHTÄVÄ 8.10

Kolmessa eri dekantterilasissa on seuraavia ioneja sisältävät vesiliuokset:



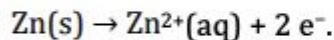
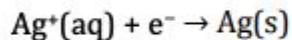
Kuhunkin liuokseen upotetaan sinkkilevy. Hyödynnä metallien jännitesarjaa ja perustele, missä liuoksissa sinkkilevyn pintaan muodostuu toisen metallin kerros. Kirjoita tapahtuvien osareaktioiden ja kokonaisreaktioiden yhtälöt

TEHTÄVÄ 8.10

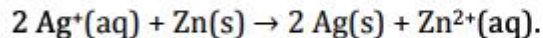
8.10 Sinkkilevyn pintaan muodostuu toisen metallin kerros Ag^+ - ja Ni^{2+} -ioneja sisältävissä liuksissa.

Perustelu: Hopea ja nikkeli ovat metallien jännitesarjassa sinkin alapuolella (sinkin jälkeen) eli ne ovat sinkkiä jalompia metalleja. Koska nämä jalommat metallit ovat liuksessa ioneina (hapettuneessa muodossa), ne pyrkivät pelkistymään, minkä seurauksena sinkkilevyn pintaan muodostuu hopea- ja nikkelikerros.

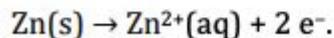
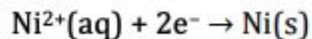
Hopeaioneja sisältävässä liuksessa osareaktiot ovat:



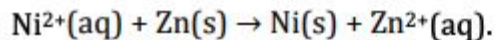
Kokonaisreaktio on:



Nikkeli(II)-ioneja sisältävässä liuksessa osareaktiot ovat:



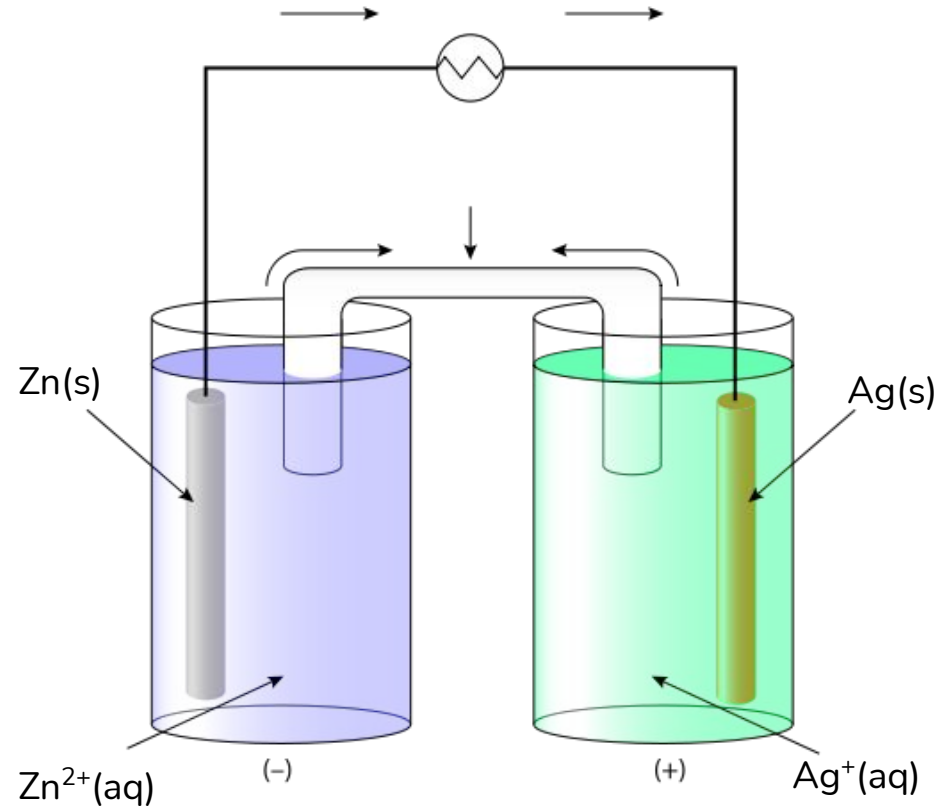
Kokonaisreaktio on:



TEHTÄVÄ 8.17

Tulkitse kuvaa:

- kuvaa paria kennokaaviolla
- Millä nimellä yleisesti kutsutaan liuoksia, joihin elektrodit on upotettu?
- Kumpi elektrodeista on katodi? Perustele
- Kun paria käytetään virtalähteenä, mitä havaintoja voit tehdä anodilla? Perustele.
- Suolasilta sis. kylläisen kaliumnitraatin vesiliuosta, mihin suuntaan suolasillan positiiviset ionit liikkuvat, kun paria käytetään virtalähteenä? Perustele.



TEHTÄVÄ 8.17

8.17 a) – $\text{Zn(s)} \mid \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Ag}^{+}(\text{aq}) \mid \text{Ag(s)} +$

b) Elektrolyyttiliuos

c) Hopeaelektrodi eli positiivinen elektrodi on katodi.

Perustelu: Sähkökemiallisessa parissa jalompi metalli kytketään katodiksi (positiiviseksi elektrodiksi), sillä tällä elektrodilla tapahtuu pelkistyminen.

d) Anodilla eli sinkkielektrodilla havaitaan elektrodin syöpyminen.

Perustelu: Sinkki hapettuu sinkki-ioneiksi, jotka liukenevat elektrolyyttiliuokseen.

e) Suolasillan positiiviset ionit eli kaliumionit liikkuvat kohti katodia (hopeaelektrodia).

Perustelu: Hopeaioneja sisältävästä liuksesta pelkistyy hopeaa. Tämän seurauksena liuoksen positiivisten ionien määrä vähenee. Kaliumionien liike kohti katodia pitää liuoksen sähkövaraukset tasapainossa.

TEHTÄVÄ 8.31

Erästä ruteniumioneja sisältävää suolaliuosta elektrolysoitiin 0,80 A:n virranvoimakkuudella 15 min. Elektrolyysin aikana katodille pelkistyi 252 mg ruteniumia.

- Ratkaise, mikä oli ruteniumin hapetusluku tutkitussa yhdisteessä ja kirjoita katodireaktio
- laadi tutkitun ruteniumsuolan kaava, kun veteen oli liuotettu ruteniumnitraattia
- Kirjoita anodireaktion yhtälö



TEHTÄVÄ 8.31

8.31 a) Osareaktio (1): Lyijyn hapetuslukumuutos on $+II \rightarrow 0$.

Osareaktio (2): Lyijyn hapetuslukumuutos on $+II \rightarrow +IV$.

b) Osareaktio (2) on anodireaktio.

Perustelu: Hapettuminen tapahtuu anodilla.

Osareaktiossa (2) lyijyn hapetusluku kasvaa eli kyseessä on hapettuminen.

c) Kokonaisreaktion $E = 2,0$ V. Tämä kuvastaa spontaanin (kun akkua käytetään virtalähteenä) hapettumis-pelkistymisreaktion tuottamaa jännitettä.

Osareaktiot (1) ja (2) kuvaavat pakotettua (sähkövirralla aikaansaatu) hapettumis-pelkistymisreaktioita, joten näiden reaktioiden $E_{\text{pari}} = -2,00$ V.

Taulukkokirjassa on osareaktion (1) (lyijy(II)-ionien pelkistyminen lyijyksi) normaalipotentialiarvo $\Rightarrow E_p = -0,13$ V.

Lasketaan osareaktion (2) normaalipotentiali lausekkeesta $-2,0$ V = $E_h + (-0,13$ V), josta $E_h = -1,87$ V.

d) $Q = I \cdot t = 110$ Ah = 396 000 As

$$F = 96\,485 \text{ As/mol}$$

$$z = 2 \text{ (osareaktiosta (1))}$$

$$M(\text{Pb}) = 207,2 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Pb}) = ?$$

Lasketaan pelkistyvän lyijyn ainemäärä lausekkeesta $I \cdot t = n \cdot z \cdot F$, josta

$$n = \frac{I \cdot t}{z \cdot F} \Rightarrow n(\text{Pb}) = \frac{396\,000 \text{ As}}{2 \cdot 96\,485 \text{ As/mol}} = 2,0521 \text{ mol}.$$

Muodostuva lyijyn massa on:

$$m(\text{Pb}) = n(\text{Pb}) \cdot M(\text{Pb}) = 2,0521 \text{ mol} \cdot 207,2 \text{ g/mol} = 425,20 \text{ g} \approx 425 \text{ g}.$$

e) Akkuja tulee käsitellä varovasti, sillä lyijyakuissa käytetään elektrolyyttinä melko väkevää rikkihapon vesiliuosta (noin 37 m-% liuos). Rikkihappo on syövyttävä aine, joten sen valumista ja roiskumista on vältettävä akkuja käsiteltäessä ja hävitettäessä.

AIHE 9:

TASAPAINOTILA

9.1 TASAPAINOTILA JA

TASAPAINOVAKIO

palautumaton reaktio = irreversiibeli " \rightarrow "

palautuva reaktio = reversiibeli " \rightleftharpoons " = tasapainoreaktio

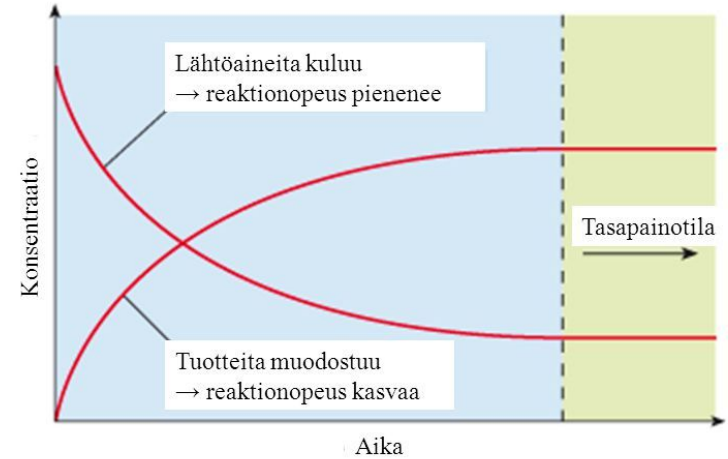
Muoto: lähtöaineet \rightleftharpoons tuotteet

Nopeus: etenevän reaktion nopeus aluksi nopea, sillä LA:n konsentraatio suuri. Palautuvan reaktion nopeus hidaski, sillä T:n konsentraatio pieni.

Tasapainotila = etenevä ja palautuva reaktio yhtä nopeaa

- konsentraatiot eivät muutu
- vain suljetussa systeemissä
- homogeeninen: LA:t ja T:t ovat samassa faasissa
- heterogeeninen: ainakin yksi aineista on eri olomuodossa kuin muut

Reaktion kulku



TASAPAINOVAKIO $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

Tasapainovakio $K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$

a,b,c,d ovat tasapainotetun reaktioyhtälön kertoimet

[...] ovat konsentraatioita

$$K_1 * K_2 = 1$$

K_1 on etenevän

K_2 on palautuvan

Jos osallistuvat aineet kaasuja, tasapainovakion lauseke voidaan laatia osapaineiden avulla.

Merkitään K_p

Muista tarkastella yksiköt erikseen.

Kun K on suuri ($\gg 1$), tasapainoseoksessa paljon tuotetta

Kun K on pieni ($\ll 1$), tasapainoseoksessa paljon lähtöaineita

→ Tasapainovakio siis kertoo, kuinka pitkälle reaktio etenee ennenkuin tasapainotila saavutetaan. Tasapainovakio ei kerro mitään reaktion nopeudesta.

KUINKA LASKETAAN K

Tehtävä: ratkaise tasapainovakio K

- sijoita tasap.konsentraatiot tai kaasujen tasap.osapaineet
- konsentraatio (tai osapaine) korotetaan kertoimeen
- tarkista tasapainovakion yksikkö
- pyöristys epätarkimman lähtöarvon mukaan

KUINKA PÄÄTELLÄÄN SUUNTA

Tehtävä: päättele, onko reaktio saavuttanut tasapainotilan ja mihin suuntaan reaktion edettävä, jotta tasap.tila saavutetaan.

- lasketaan K :n arvo tehtävänannon mukaisilla konsentraatioilla
- verrataan laskettua K :ta oikeaan K :hon
- jos $K_{\text{laskettu}} = K \rightarrow$ tasapaino saavutettu
- Jos $K_{\text{laskettu}} < K \rightarrow$ reaktion edettävä tuotteisiin
- jos $K_{\text{laskettu}} > K \rightarrow$ reaktion edettävä lähtöaineisiin

KUINKA LASKETAAN OSAPAINEILLA

tehtävä: ratkaise K_p :n arvo.

- kaasumaisten aineiden kokonaispaine p_{kok} on yksittäisten kaasujen osapaineiden p_i summa
- kaasun osapaine saadaan laskettua kaasun mooliosuuden (y) ja kokonaispaineen avulla
- kaasun mooliosuus (y) on kaasun ainemäärän osuus kaasujen kokonaisainemäärästä

9.3 TASAPAINOTILAN MUUTOKSET

Voidaan vaikuttaa:

- muuttamalla konsentraatioita
- muuttamalla kaasumaisten aineiden painetta tai tilavuutta
- muuttamalla lämpötilaa

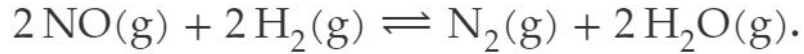
olosuhteisiin tehtyjen muutosten vaikutus tasapainotilaan voidaan ennustaa

Le Châtelier'n periaatteella

- tasapainotilassa oleva systeemi etenee siihen suuntaan, m että tehty muutos kumoutuu

ESIMERKKI 1.

3.3 Astiaan, jonka tilavuus oli 1,00 l lisättiin 0,100 mol typpimonoksidia, 0,0500 mol vetyä ja 0,100 mol vesihöyryä ja astia suljettiin. Astiaan muodostui tasapainotila:



Ratkaisu:

Tasapainotilassa typpimonoksidin konsentraatio oli 0,062 mol/l.

a)

$$n(\text{NO}) = 0,100 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2) = 0,050 \text{ mol}$$

$$n(\text{N}_2) = 0 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,100 \text{ mol}$$

$$V = 1,00 \text{ l}$$

$$[\text{NO}] = 0,062 \text{ mol/l}$$

$$[\text{N}_2] = ?$$

$$[\text{H}_2] = ?$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = ?$$

a) Laske typen, vedyn ja veden tasapainokonsentraatiot.

b) Ratkaise reaktion tasapainovakio.

Koska tilavuus on 1,00 litraa, eri aineiden alkukonsentraatiot ovat:

$$c_{\text{alku}}(\text{NO}) = 0,100 \text{ mol/l}$$

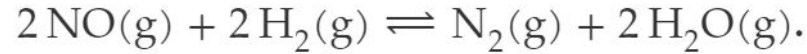
$$c_{\text{alku}}(\text{H}_2) = 0,0500 \text{ mol/l}$$

$$c_{\text{alku}}(\text{N}_2) = 0,100 \text{ mol/l}.$$

Typen alkukonsentraatioksi merkitään 0, sillä sitä ei ole alkutilanteessa lainkaan.

ESIMERKKI 1.

3.3 Astiaan, jonka tilavuus oli 1,00 l lisättiin 0,100 mol typpimonoksidia, 0,0500 mol vetyä ja 0,100 mol vesihöyryä ja astia suljettiin. Astiaan muodostui tasapainotila:



Tasapainotilassa typpimonoksidin konsentraatio oli 0,062 mol/l.

a) Laske typen, vedyn ja veden tasapainokonsentraatiot.

Merkitään taulukkoon alkukonsentraatiot, typpimonoksidin tasapainokonsentraatio ja konsentraatioiden muutokset (typpimonoksidin konsentraation muutoksen avulla) ja lasketaan tasapainokonsentraatiot. Huomaa, että vedyn ja veden konsentraation muutos on lukuarvoltaan yhtä suuri kuin typpimonoksidin konsentraation muutos reaktioyhtälön kertoimien perusteella. Typen konsentraation muutos puolestaan on lukuarvoltaan puolet typpimonoksidin konsentraation muutoksesta.

| | 2 NO(g) | + | 2 H₂(g) | ⇌ | N₂(g) | + | 2 H₂O(g) |
|------------------------------------|----------------|----------|---------------------------|----------|-------------------------|----------|----------------------------|
| <i>c</i> _{alku} (mol/l) | 0,100 | | 0,050 | | 0 | | 0,100 |
| muutos (mol/l) | -0,038 | | -0,038 | | +0,019 | | +0,038 |
| <i>c</i> _{tasap.} (mol/l) | 0,062 | | 0,012 | | 0,019 | | 0,138 |

Taulukon perusteella

$$[\text{N}_2] = 0,019 \text{ mol/l}$$

$$[\text{H}_2] = 0,012 \text{ mol/l}$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = 0,14 \text{ mol/l.}$$

ESIMERKKI 1.

b) Ratkaise reaktion tasapainovakio.

b)

$$[\text{NO}] = 0,062 \text{ mol/l}$$

$$[\text{N}_2] = 0,019 \text{ mol/l}$$

$$[\text{H}_2] = 0,012 \text{ mol/l}$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = 0,138 \text{ mol/l}$$

$$K_c = ?$$

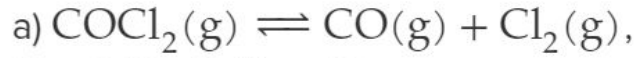
$$K_c = \frac{[\text{N}_2][\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{NO}]^2[\text{H}_2]^2} = \frac{(0,019 \text{ mol/l}) \cdot (0,138 \text{ mol/l})^2}{(0,062 \text{ mol/l})^2 \cdot (0,012 \text{ mol/l})^2} = 653,6 \frac{1}{\text{mol/l}} \approx 650 (\text{mol/l})^{-1}.$$

Vastaus:

$$\text{b) } K_c = 650 (\text{mol/l})^{-1}$$

ESIMERKKI 2

3.8 Tutki, missä tapauksissa reaktio on saavuttanut tasapainotilan. Mihin suuntaan reaktion on edettävä niissä tapauksissa, joissa tasapainotila ei vielä ole muodostunut?



$$K_c = 2,19 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

$$c(\text{COCl}_2) = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$c(\text{CO}) = 3,31 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

$$c(\text{Cl}_2) = 3,31 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

$$c(\text{COCl}_2) = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$c(\text{CO}) = 3,31 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

$$c(\text{Cl}_2) = 3,31 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

$$K_c = 2,19 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

Kirjoitetaan K_c :n lauseke, sijoitetaan siihen annetut konsentraatiot ja ratkaistaan K_c :

$$K_c = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{Cl}_2)}{c(\text{COCl}_2)} = \frac{3,31 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l} \cdot 3,31 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}}{5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}} = 2,1912 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

$$\approx 2,19 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}.$$

Koska laskettu K_c on sama kuin annettu K_c , reaktio on saavuttanut tasapainotilan.

Vastaus:

a) Reaktio on saavuttanut tasapainotilan.

ESIMERKKI 3.

3.12 Fosforipentakloridi hajoaa kuumennettaessa seuraavasti:



Ratkaise reaktion tasapainovakio K_p , kun tasapainotilassa eri kaasujen ainemäärät olivat:

$$n(\text{PCl}_5) = 0,33 \text{ mol},$$

$$n(\text{PCl}_3) = 0,67 \text{ mol ja}$$

$$n(\text{Cl}_2) = 0,67 \text{ mol.}$$

Paine astiassa oli 10,0 bar.

Ratkaisu:

$$n(\text{PCl}_5) = 0,33 \text{ mol}$$

$$n(\text{PCl}_3) = 0,67 \text{ mol}$$

$$n(\text{Cl}_2) = 0,67 \text{ mol}$$

$$p = 10,0 \text{ bar}$$

$$K_p = ?$$

Lasketaan kunkin kaasun mooliosuus ja sen avulla kunkin kaasun osapaine.

$$\text{Kaasujen kokonaisainemäärä } n_{\text{kok}} = (0,33 + 0,67 + 0,67) \text{ mol} = 1,67 \text{ mol.}$$

Kaasun mooliosuus (y) saadaan jakamalla kaasun ainemäärä kaasujen kokonaisainemäärällä.

$$y(\text{PCl}_5) = \frac{0,33 \text{ mol}}{1,67 \text{ mol}} = 0,1976$$

$$y(\text{PCl}_3) = \frac{0,67 \text{ mol}}{1,67 \text{ mol}} = 0,4012$$

$$y(\text{Cl}_2) = \frac{0,67 \text{ mol}}{1,67 \text{ mol}} = 0,4012.$$

Kaasun osapaine saadaan kertomalla kokonaispaine kaasun mooliosuudella:

$$p_i(\text{PCl}_5) = 0,1976 \cdot 10,0 \text{ bar} = 1,976 \text{ bar}$$

$$p_i(\text{PCl}_3) = 0,4012 \cdot 10,0 \text{ bar} = 4,012 \text{ bar}$$

$$p_i(\text{Cl}_2) = 0,4012 \cdot 10,0 \text{ bar} = 4,012 \text{ bar.}$$

$$K_p = \frac{p_i(\text{PCl}_3) \cdot p_i(\text{Cl}_2)}{p_i(\text{PCl}_5)} = \frac{(4,012 \text{ bar})^2}{1,976 \text{ bar}} = 8,146 \text{ bar} \approx 8,1 \text{ bar.}$$

Vastaus:

$$K_p = 8,1 \text{ bar}$$

TEHTÄVÄ 9.7

Reaktio $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ käynnistettiin lisäämällä $3,00 \text{ dm}^3$:n reaktioastiaan $2,50 \text{ mol}$ hiilidioksidia ja $2,80 \text{ mol}$ vetyä. Ratkaise kaikkien aineiden tasapainokonsentraatiot, kun $K=4,29$.

TEHTÄVÄ 9.7

Reaktio $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
käynnistettiin lisäämällä $3,00 \text{ dm}^3$:n reaktioastiaan
 $2,50 \text{ mol}$ hiilidioksidia ja $2,80 \text{ mol}$ vetyä. Ratkaise
kaikkien aineiden tasapainokonsentraatiot, kun
 $K=4,29$.

9.7 $n(\text{CO}_2)_{\text{alku}} = 2,50 \text{ mol}$

$$n(\text{H}_2)_{\text{alku}} = 2,80 \text{ mol}$$

$$V = 3,00 \text{ dm}^3$$

$$K = 4,29$$

$$[\text{CO}_2] = ?$$

$$[\text{H}_2] = ?$$

$$[\text{CO}] = ?$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = ?$$

Lasketaan hiilidioksidin ja vedyn alkukonsentraatio.

$$c(\text{CO}_2)_{\text{alku}} = \frac{2,50 \text{ mol}}{3,00 \text{ dm}^3} = 0,83333 \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{H}_2)_{\text{alku}} = \frac{2,80 \text{ mol}}{3,00 \text{ dm}^3} = 0,93333 \text{ mol/dm}^3$$

Merkitään eri aineiden alku- ja tasapainokonsentraatiot ja konsentraatioiden muutokset reaktioyhtälön perusteella.

| | $\text{CO}_2(\text{g})$ | + | $\text{H}_2(\text{g})$ | \rightleftharpoons | $\text{CO}(\text{g})$ | + | $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ |
|--|-------------------------|---|------------------------|----------------------|-----------------------|---|--------------------------------|
| c_{alku} (mol/dm ³) | 0,83333 | | 0,93333 | | 0 | | 0 |
| muutos (mol/dm ³) | -x | | -x | | +x | | +x |
| $c_{\text{tasap.}}$ (mol/dm ³) ³ | $0,83333 - x$ | | $0,93333 - x$ | | x | | x |

Kirjoitetaan tasapainovakion lauseke, sijoitetaan siihen tasapainokonsentraatiot ja lasketaan x:n arvo.

$$K = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]} \Rightarrow 4,29 = \frac{x^2}{(0,83333 - x)(0,93333 - x)}$$

Ratkaisuksi saadaan: $x_1 = 1,7109$ ja $x_2 = 0,59276$.

Näistä vain x_2 on järkevä, sillä lähtöaineiden konsentraatiot eivät voi pienentyä x_1 :n verran (tasapainokonsentraatioista tulisi negatiiviset luvut).

$$\Rightarrow x = 0,59276 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{CO}_2] = (0,83333 - 0,59276) \text{ mol/dm}^3 = 0,24057 \text{ mol/dm}^3 \approx 0,241 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{H}_2] = (0,93333 - 0,59276) \text{ mol/dm}^3 = 0,34057 \text{ mol/dm}^3 \approx 0,341 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{CO}] = 0,59276 \text{ mol/dm}^3 \approx 0,593 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = 0,59276 \text{ mol/dm}^3 \approx 0,593 \text{ mol/dm}^3$$

TEHTÄVÄ 9.12

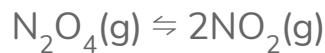
Dityppitetraoksidi hajoaa kuumennettaessa typpidioksidiksi. Suljetussa astiassa kaasujen välille muodostuu tasapainotila:



Ratkaise tasapainovakio K_p , kun tasapainotilassa reaktioseos sisälsi 0,050 mol dityppitetraoksidia ja 0,025 mol typpidioksidia. Reaktioastiassa kokonaispaine oli 230 kPa ja lämpötila 310 K.

TEHTÄVÄ 9.12

Dityypitetetraoksidi hajoaa kuumennettaessa tyypidioksidiksi. Suljetussa astiassa kaasujen välille muodostuu tasapainotila:



Ratkaise tasapainovakio K_p , kun tasapainotilassa reaktioseos sisälsi 0,050 mol dityypitetetraoksidia ja 0,025 mol tyypidioksidia. Reaktioastiassa kokonaispaine oli 230 kPa ja lämpötila 310 K.

$$9.12 \quad n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{tasap.}} = 0,050 \text{ mol}$$

$$n(\text{NO}_2)_{\text{tasap.}} = 0,025 \text{ mol}$$

$$p_{\text{kok.}} = 230 \text{ kPa}$$

$$K_p = ?$$

Lasketaan kaasujen mooliosuudet.

$$y = \frac{n(\text{yksittäinen kaasu})}{n(\text{kaikki kaasut})}$$

$$y(\text{N}_2\text{O}_4) = \frac{0,050 \text{ mol}}{(0,050 \text{ mol} + 0,025 \text{ mol})} = 0,6667$$

$$y(\text{NO}_2) = \frac{0,025 \text{ mol}}{(0,050 \text{ mol} + 0,025 \text{ mol})} = 0,3333$$

Lasketaan kaasujen osapaineet.

$$p_i = y \cdot p_{\text{kok.}}$$

$$p_i(\text{N}_2\text{O}_4) = 0,6667 \cdot 230 \text{ kPa} = 153,3 \text{ kPa}$$

$$p_i(\text{NO}_2) = 0,3333 \cdot 230 \text{ kPa} = 76,66 \text{ kPa}$$

Laaditaan K_p :n lauseke, sijoitetaan kaasujen osapaineet, lasketaan K_p :n lukuarvo ja päätellään yksikkö.

$$K_p = \frac{(p_i(\text{NO}_2))^2}{p_i(\text{N}_2\text{O}_4)} = \frac{(76,66 \text{ kPa})^2}{153,3 \text{ kPa}} = 38,34 \text{ kPa} \approx 38 \text{ kPa}$$

TEHTÄVÄ 9.15

Perustele, mihin suuntaan reaktion

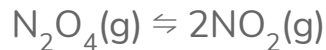


tasapainotila siirtyy, kun

- a) lasketaan lämpötilaa
- b) nostetaan painetta
- c) lisätään metanolia
- d) poistetaan vetyä

TEHTÄVÄ 9.15

Dityypitetetraoksidi hajoaa kuumennettaessa tyypidioksidiksi. Suljetussa astiassa kaasujen välille muodostuu tasapainotila:



Ratkaise tasapainovakio K_p , kun tasapainotilassa reaktioseos sisälsi 0,050 mol dityypitetetraoksidia ja 0,025 mol tyypidioksidia. Reaktioastiassa kokonaispaine oli 230 kPa ja lämpötila 310 K.

9.15 a) Lähtöaineiden suuntaan.

Perustelu: Etenevä reaktio on endoterminen eli lämpöenergiaa sitova. Tehty muutos eliminoituu, kun reaktio etenee eksotermisen eli lämpöenergiaa vapauttavan reaktion (palautuvan reaktion) suuntaan.

b) Lähtöaineiden suuntaan:

Perustelu: Paineen kasvattaminen pienentää tilavuutta. Tämä muutos eliminoituu, kun tasapainotila siirtyy siihen suuntaan, jossa kaasujen kokonaisainemäärä on pienempi. Lähtöaineiden puolella kaasumooleja on yksi, reaktiotuotteiden puolella kolme.

c) Reaktiotuotteiden suuntaan.

Perustelu: Metanoli on lähtöaine. Lähtöaineen määrän lisääntyminen eliminoituu, kun siitä muodostuu lisää reaktiotuotteita.

d) Reaktiotuotteiden suuntaan.

Perustelu: Vety on reaktiotuote. Reaktiotuotteen määrän vähentyminen eliminoituu, kun sitä muodostuu lisää metanolista.

AIHE 10: HAPOT,
EMÄKSET JA
VESILIUOKSEN PH

10.1 PROTONINSIIRTOREAKTIOT

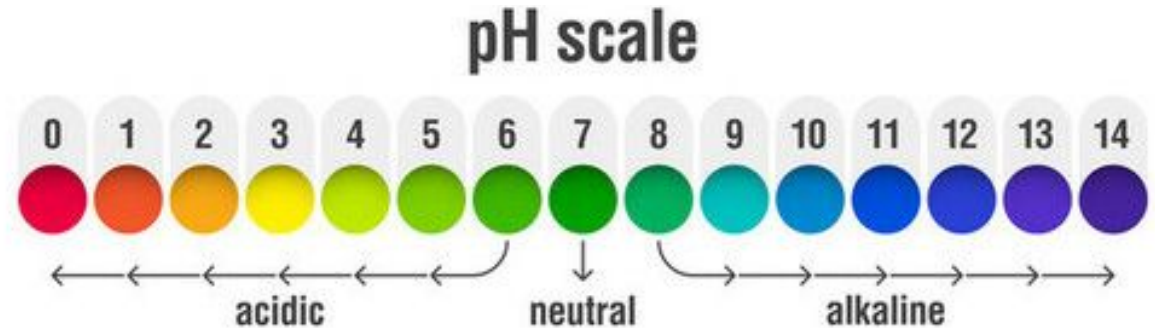
=reaktio, jossa happo luovuttaa protonin emäkselle. Happo ja emäs ovat **protolyytit**. Protolyytit ovat vahvoja tai heikkoja riippuen siitä, kuinka täydellisesti ne luovuttavat /vast.ot. protonin.

=protolyysireaktio

Bronsted-Lowryn teorian mukaan happo on protonin H^+ luovuttaja ja emäs sen vastaanottaja.

Amfoteerinen aine = aine, joka voi toimia happona tai emäksenä, esim. vesi.

- Kun vesi on emäs (vast.ottaa protonin), veteen muodostuu **oksoniumioneja** H_3O^+ (aq) → $pH < 7$
- Kun vesi on happo (luov > 7)



10.1 PROTONINSIIRTOREAKTIOT

- Happo luovuttaa protonin vain, jos reaktiossa on mukana emäs. Tällöin haposta muodostuu **vastinemäs**.
- Emäksen **vastinhappo** muodostuu, kun emäksenä toimiva aine vastaanottaa protonin.
- Vahva happo/emäs: jokainen hapon hiukkanen luovuttaa/vast.ottaa protonin. Reaktio etenee vahvasti tuotteiden suuntaan, voidaan merkitä " \rightarrow ".
- Heikko happo/emäs: vain osa hiukkasista luovuttaa/vast.ottaa protonin. Reaktio on siis tasapainoreaktio, merk. " \rightleftharpoons ".
 - taulukoituna happo- ja emäsvakiot
 - protolysoitumisaste kuvaa, kuinka suuri osa molekyyleistä on luovuttanut/vast.ottanut protonin

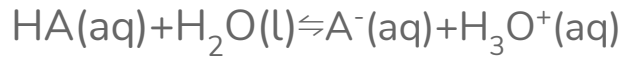
protolysoitumisaste = (protolysoituneen osan konsentraatio) / (protolyytin alkup. konsentraatio) * 100%

HAPPOJA JA EMÄKSIÄ

$$K_a \cdot K_b = K_w = 1 \cdot 10^{-14}$$

Hapot

- **Yksiarvoisia happoja** (eli luovuttavat vain yhden protonin).
Esim. HCl, HNO₃, CH₃COOH



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

- **Moniarvoisia happoja** (eli luovuttavat 2-3 protonia). Esim H₂SO₄ ja H₃PO₄
 - laskuesimerkki

<https://youtu.be/HxFBbTV635o>

Emäkset

- Yksiarvoisia emäksiä ovat esim. NH₃, OH⁻



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

- Moniarvoisia emäksiä ovat esim. S²⁻, CO₃²⁻, PO₄²⁻

10.2 HAPPO- JA EMÄSVAKIO

Heikot hapot ja emäkset protolysoituvat vain osittain, eli reaktio on tasapainotilassa

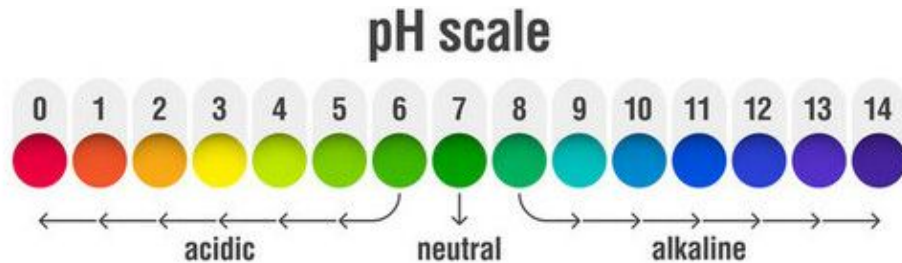
Mitä pienempi K_a tai K_b on, sitä heikompi happo/emäs.

Riippuvuus pH:n:

$$pK_a = -\lg K_a \quad \text{eli} \quad K_a = 10^{-pK_a}$$

$$pK_a + pK_b = 14.$$

$$pK_b = -\lg K_b \quad \text{eli} \quad K_b = 10^{-pK_b}$$



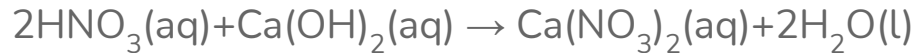
$$\lg = \log_{10}$$

10.3 NEUTRALOITUMISREAKTIO JA TITRAUSKÄYRÄ

Neutraloitumisreaktiossa syntyy aina vettä



Neutraloitumisessa voi syntyä myös suolaa. Tällöin reaktioyhtälöstä voi yhdistellä suolan kaavan:

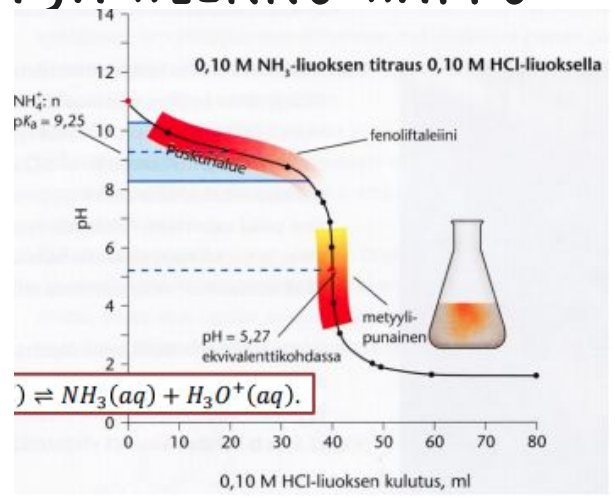
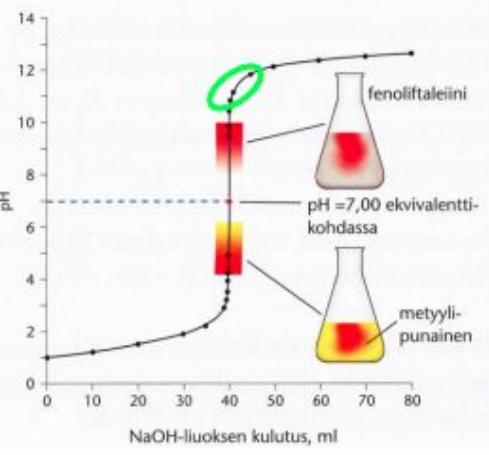


Neutralointititraus = kemian menetelmä, jossa happoliuos titrataan tunnetun väkevyisellä emäksellä. (tai emäsluos tunnetulla hapolla)

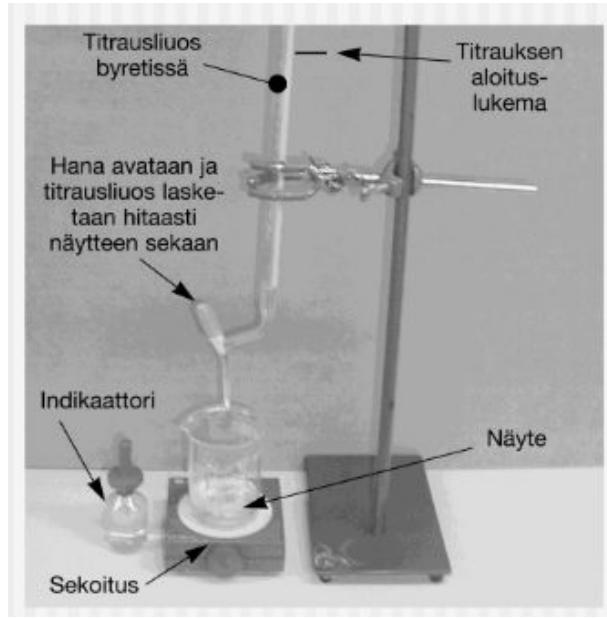
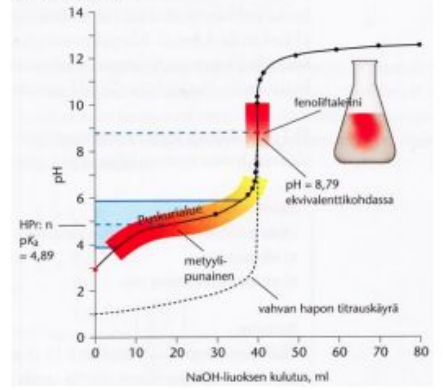
Ideana on siis, että selvitetään paljonko tilavuudeltaan titrausliuosta kului, jolloin voidaan selvittää titrausliuoksen ainemäärä, kun tiedetään konsentraatio. Stoikiometrisestä kertoimesta ja tasapainosta päästään käsiksi tutkittavaan aineeseen.

TITRAUSKÄYRÄT VAHVA JA HEIKKO HAPPO

0,10 M HCl-liuoksen titraus 0,10 M NaOH-liuoksella



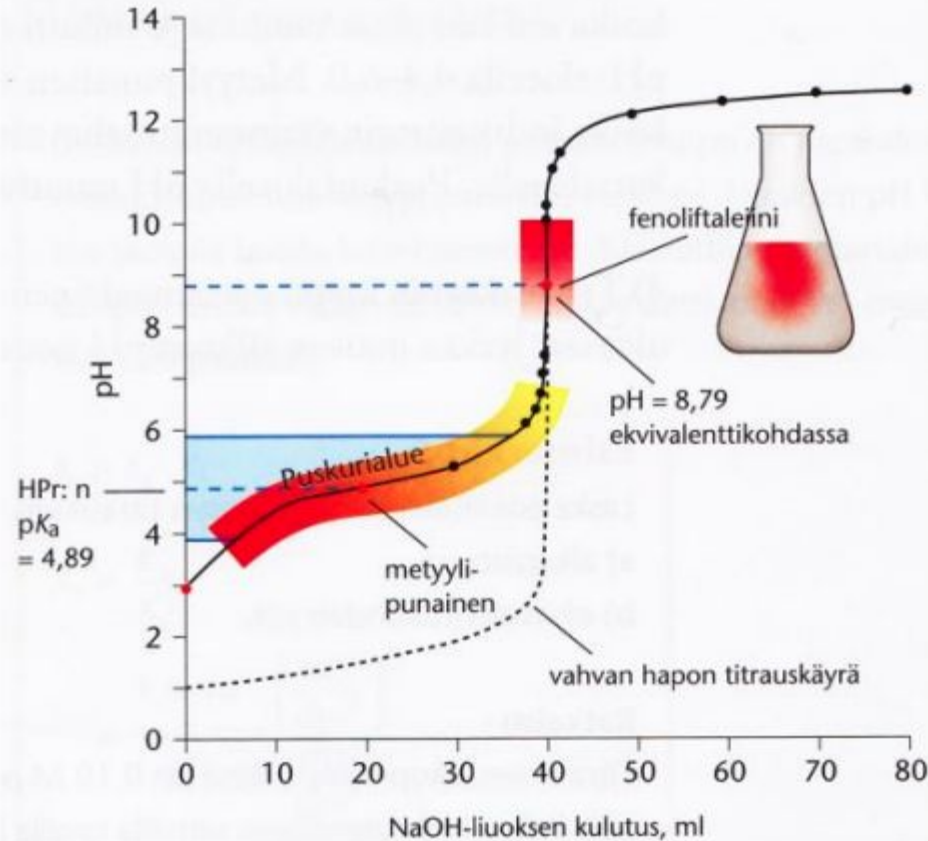
0,10 M propanihappoliuoksen (40,00 ml) titraus 0,10 M NaOH-liuoksella



Titrauskäyrästä voidaan selvittää

- happo- tai emäsluoksen konsentraatio
- laskea happo- ja emäsvakiot heikoille protolyyteille
- Selvittää ekv.pisteen pH
- valita sopiva indikaattori

0,10 M propaanihappoliuoksen (40,00 ml) titraus 0,10 M NaOH-liuoksella



Ekvivalenttipiste on kohta, jossa happo ja emäs ovat reagoineet täydellisesti. Se on jyrkimmän seinämän puolivälissä.

tutkittava liuos - titrausliuos

Vahva happo - vahva emäs
→ ekv.kohta pH=7

Vahva emäs - vahva happo
→ ekv. kohta pH=7

Heikko happo - vahva emäs
→ ekv.kohta pH > 8

Heikko emäs - vahva happo
→ ekv.kohta pH < 6

Huom. Kaksiarvoisella hapolla on "porraskäyrä" sisältäen kaksi ekv.pistettä.

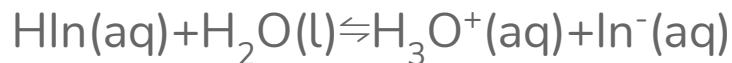
10.4 PH-INDIKAATTORI

Punakaali indikaattorin väriskaala

| | | | | | | | |
|------|-----|---------|--------------|------|-------|-------------|--------|
| pH | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| Väri | Red | Magenta | Light Purple | Blue | Green | Light Green | Yellow |

=heikkoja protolyyttejä, joiden happomuodon väri poikkeaa vastinemäsmuodosta.

vesiliuoksessa vallitsee tasapainotila happomuodon ja emäsmuodon välillä



Valitaan niin, että happo-emästitrauksen ekv.piste pH-arvo osuu alueelle, jossa indikaattori vaihtaa väriä.

10.5 PUSKURILIUOKSET

=liukokset, joiden pH-arvo ei muutu vaikka liuokseen lisättäisiin pieni määrä happoa tai liosta, tai jos sitä laimennetaan.

perustuu siihen, että liuoksen sisältämän heikon hapon ja sen vastinemäksen /heikon emäksen ja sen vastin hapon kykyyn reagoida lisätyn hapon/emäksen kanssa.

→ Puskurikapasiteetti: kuinka hyvin puskuriliuos estää pH:n muuttumisen. Suurimmillaan, kun hapon ja emäksen konsentraatiot lähes yhtäsuuria.

10.6 PH-ARVON LASKEMINEN

$\text{pH} = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+]$, missä \lg on kymmenkantainen logaritmi.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

Jos $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$, niin liuos on neutraali $\rightarrow \text{pH} = 7$

puhtaan veden autoprotolyysireaktio ($T = 25^\circ$)

$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ \rightarrow muodostuneiden oksoniumioneiden konsentraatio on $1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$, jolloin kymmenkantalogartimilla saadaan $\text{pH} = 7$.

Veden ionitulo K_w on vakio ja ilmentää hydroksidi ja oksoniumkonsentraation riippuvuutta.

$$K_a \cdot K_b = K_w = 1 \cdot 10^{-14}$$

ESIMERKKILASKU PUSKURILIUOKSESTA

5.27 Erään proteiinin eristämistä varten biokemisti tarvitsi etikkahappo-asettaattipuskuriliuosta. Hänellä oli käytössään 500 ml etikkahappoa, jonka konsentraatio oli $0,10 \text{ mol/dm}^3$, ja natriumhydroksidiliuosta, jonka konsentraatio oli $0,50 \text{ mol/dm}^3$.

a) Selitä, kuinka biokemisti voi valmistaa näistä aineista puskuriliuoksen, jolla on mahdollisimman hyvä puskurikapasiteetti. Laske, mikä on näin valmistetun puskuriliuoksen pH.

b) Biokemisti muutti edellä valmistamansa puskuriliuoksen pH-arvoa seuraavasti: hän mittasi 100 ml valmistamaansa puskuriliuosta ja lisäsi siihen 2,0 ml suolahappoliuosta, jonka konsentraatio oli $0,50 \text{ mol/l}$. Ennusta, kuinka puskuriliuoksen pH-arvo muuttui ja laske uusi pH-arvo.

ESIMERKKILASKU PUSKURILIUKKSESTA

5.27 Erään proteiinin eristämistä varten biokemisti tarvitsi etikkahappo-asetaattipuskuriliuosta. Hänellä oli käytössään 500 ml etikkahappoa, jonka konsentraatio oli $0,10 \text{ mol/dm}^3$, ja natriumhydroksidiliuosta, jonka konsentraatio oli $0,50 \text{ mol/dm}^3$.

a) Selitä, kuinka biokemisti voi valmistaa näistä aineista puskuriliuoksen, jolla on mahdollisimman hyvä puskurikapasiteetti. Laske, mikä on näin valmistetun puskuriliuoksen pH.

a)
Puskuriliuos voidaan valmistaa neutraloimalla etikkahappoa natriumhydroksidilla siten, että puolet etikkahappomolekyyleistä neutraloituu. Liuoksessa on tämän jälkeen yhtä suuret konsentraatiot etikkahappoa ja sen vastinemästä (asetaatii-ioneja). Liuoksen puskurikapasiteetti on tällöin mahdollisimman hyvä.

pH:n laskeminen:

$$V(\text{CH}_3\text{COOH}) = 500 \text{ ml} = 0,500 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,10 \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{NaOH}) = 0,50 \text{ mol/dm}^3$$

$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

pH = ?

Lasketaan, mikä ainemäärä etikkahappoa on 500 ml:ssa:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,10 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,500 \text{ dm}^3 = 0,05000 \text{ mol.}$$

Kun puolet etikkahaposta neutraloidaan, neutraloitava $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,02500 \text{ mol}$.

Neutraloitumisreaktion perusteella $n(\text{NaOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,02500 \text{ mol}$.

Tarvittava natriumhydroksidiliuoksen tilavuus on:

$$V(\text{NaOH}) = \frac{0,02500 \text{ mol}}{0,50 \text{ mol/dm}^3} = 0,05000 \text{ dm}^3.$$

NaOH-lisäyksen jälkeen $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ ja puskuriliuoksen tilavuus on: $0,500 \text{ dm}^3 + 0,0500 \text{ dm}^3 = 0,5500 \text{ dm}^3$.

Lasketaan etikkahappo- ja asetaatti-ionien alkukonsentraatiot:

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{0,02500 \text{ mol}}{0,5500 \text{ dm}^3} = 0,04545 \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = \frac{0,02500 \text{ mol}}{0,5500 \text{ dm}^3} = 0,04545 \text{ mol/dm}^3.$$

Tehdään taulukko puskuriliuoksessa olevien aineiden alkukonsentraatioista, konsentraatioiden muutoksista ja tasapainokonsentraatioista.

| | $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$ | $+$ | $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ | \rightleftharpoons | $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ | $+$ | $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ |
|-------------------------------|-------------------------------------|-----|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|-----|-----------------------------------|
| alku (mol/dm ³) | 0,04545 | | - | | 0,04545 | | 0 |
| muutos (mol/dm ³) | -x | | - | | +x | | +x |
| tasap. (mol/dm ³) | 0,04545 - x | | - | | 0,04545 + x | | x |

Lasketaan x :n arvo etikkahapon happovakion lausekkeesta:

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{(0,04545 + x) \cdot x}{0,04545 - x}.$$

Yhtälön ratkaisuna saadaan kaksi juurta:

$$x_1 = 1,799 \cdot 10^{-5} \text{ ja}$$

$$x_2 = -0,04549.$$

Näistä vain x_1 on järkevä, sillä oksoniumionikonsentraation (ja asetaatti-ionikonsentraation) tulee kasvaa.

Puskuriliuoksessa $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,799 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$.

Liuoksen pH on:

$$\text{pH} = -\lg 1,799 \cdot 10^{-5} = 4,7450 \approx 4,75.$$

ESIMERKKILASKU

PUSKURILIUOKSESTA

b) Biokemisti muutti edellä valmistamansa puskuriliuoksen pH-arvoa seuraavasti: hän mittasi 100 ml valmistamaansa puskuriliuosta ja lisäsi siihen 2,0 ml suolahappoliuosta, jonka konsentraatio oli 0,50 mol/l. Ennusta, kuinka puskuriliuoksen pH-arvo muuttui ja laske uusi pH-arvo.

b)

$$c_{\text{alku}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,04545 \text{ mol/dm}^3 \text{ (kohdasta a)}$$

$$c_{\text{alku}}(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 0,04545 \text{ mol/dm}^3 \text{ (kohdasta a)}$$

$$V(\text{liuos}) = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ dm}^3$$

$$V(\text{HCl}) = 2,0 \text{ ml} = 0,0020 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{HCl}) = 0,50 \text{ mol/dm}^3$$

$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pH} = ?$$

Ennustus: Koska puskuriliuokseen lisätään happoa, liuoksen pH-arvo hieman laskee.

Lasku:

Lasketaan etikkahapon ja asetaatti-ionien ainemäärät 100 ml:ssa puskuriliuosta:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,100 \text{ dm}^3 \cdot 0,04545 \text{ mol/dm}^3 = 4,545 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 0,100 \text{ dm}^3 \cdot 0,04545 \text{ mol/dm}^3 = 4,545 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Lasketaan lisätyn suolahapon ainemäärä:

$$n(\text{HCl}) = 0,50 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,0020 \text{ dm}^3 = 1,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Suolahappolisäyksen seurauksena tapahtuu seuraava reaktio:



Tämän reaktion seurauksena asetaatti-ionien ainemäärä pienenee $1,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ ja etikkahapon ainemäärä kasvaa $1,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$. Puskuriliuoksen uusi tilavuus on 102 ml.

Lasketaan etikkahapon ja asetaatti-ionien uudet alkukonsentraatiot:

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{(4,545 \cdot 10^{-3} + 1,000 \cdot 10^{-3}) \text{ mol}}{0,102 \text{ dm}^3} = 0,05436 \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = \frac{(4,545 \cdot 10^{-3} - 1,000 \cdot 10^{-3}) \text{ mol}}{0,102 \text{ dm}^3} = 0,03475 \text{ mol/dm}^3$$

Tehdään taulukko puskuriliuoksessa olevien aineiden alkukonsentraatioista, konsentraatioiden muutoksista ja tasapainokonsentraatioista:

| | $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) +$ | $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ | \rightleftharpoons | $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) +$ | $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--|-----------------------------------|
| $c_{\text{alku}} \text{ (mol/dm}^3\text{)}$ | 0,05436 | - | | 0,03475 | 0 |
| $\text{muutos (mol/dm}^3\text{)}$ | -x | - | | +x | +x |
| $c_{\text{tasap.}} \text{ (mol/dm}^3\text{)}$ | $0,05436 - x$ | - | | $0,03475 + x$ | x |

Lasketaan x:n arvo etikkahapon happovakion lausekkeesta:

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{(0,03475 + x) \cdot x}{0,05436 - x}$$

Yhtälön ratkaisuna saadaan kaksi juurta:

$$x_1 = 2,812 \cdot 10^{-5} \text{ ja}$$

$$x_2 = -0,03480$$

Näistä vain x_1 on järkevä, sillä oksoniumionikonsentraation (ja asetaatti-ionikonsentraation) tulee kasvaa.

Puskuriliuoksessa $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2,812 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$.

Liuoksen pH on:

$$\text{pH} = -\lg 2,812 \cdot 10^{-5} = 4,5496 \approx 4,55$$

ESIMERKKILASKU K_A :STA JA PH:STA

5.20 Opiskelijat valmistivat metyyliamiiniliuoksen, mutta unohtivat merkitä mittapulloon liuoksen konsentraation. Voidakseen laskea konsentraation he mittasivat liuoksen pH-arvon ja saivat tulokseksi 10,97. Ratkaise, kuinka väkevä liuos oli.

Ratkaisu:

$$\text{pH} = 10,97$$

$$K_b(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{p}K_w = 13,9965$$

$$c(\text{CH}_3\text{NH}_2) = ?$$

Metyyliamiinin protolyysireaktio on:



Lasketaan mitatun pH-arvon avulla metyyliamiiniliuoksen pOH-arvo:

$$\text{pOH} = \text{p}K_w - \text{pH} = 13,9965 - 10,97 = 3,027.$$

Liuoksen hydroksidi-ionikonsentraatio on:

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3,027} = 9,397 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3.$$

Protolyysireaktion reaktioyhtälön perusteella myös $[\text{CH}_3\text{NH}_4^+] = 9,397 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$.

Merkitään metyyliamiinin alkukonsentraatiota kirjaintunnuksella x ja merkitään taulukkoon alku- ja tasapainokonsentraatiot ja konsentraatioiden muutokset:

| | $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{aq})$ | + | $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ | \rightleftharpoons | $\text{H}_3\text{NH}_3^+(\text{aq})$ | + | $\text{OH}^-(\text{aq})$ |
|--------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|---|--------------------------|
| alku (mol/dm ³) | x | | - | | 0 | | 0 |
| muutos (mol/dm ³) | $-9,397 \cdot 10^{-4}$ | | - | | $+9,397 \cdot 10^{-4}$ | | $+9,397 \cdot 10^{-4}$ |
| ctasap. (mol/dm ³) | $x - 9,397 \cdot 10^{-4}$ | | - | | $9,397 \cdot 10^{-4}$ | | $9,397 \cdot 10^{-4}$ |

Sijoitetaan tasapainokonsentraatiot metyyliamiinin emäsvakion lausekkeeseen ja ratkaistaan x :

$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{NH}_2]}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 &= \frac{(9,397 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3)^2}{(x - 9,397 \cdot 10^{-4}) \text{ mol/dm}^3} \\ &= 3,042 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \approx 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3. \end{aligned}$$

Vastaus:

$$c(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

TEHTÄVÄ 10.16

Opiskelijat mittasivat sitruunasta puristetun mehun pH-arvon pH-mittarilla ja saivat mittarin lukemaksi 3,28. Laske näytteen $[H_3O^+]$, $[OH^-]$ ja pOH.

TEHTÄVÄ 10.16

Opiskelijat mittasivat sitruunasta puristetun mehun pH-arvon pH-mittarilla ja saivat mittarin lukemaksi 3,28. Laske näytteen $[\text{H}_3\text{O}^+]$, $[\text{OH}^-]$ ja pOH.

10.16 pH = 3,28

$$K_w = 1,008 \cdot 10^{-14} \text{ (mol/dm}^3\text{)}^2 \Rightarrow \text{p}K_w = 13,9965 \text{ (neljä merkitsevää numeroa)}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = ?$$

$$[\text{OH}^-] = ?$$

$$\text{pOH} = ?$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,28} = 5,248 \cdot 10^{-4} \approx 5,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3.$$

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

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,008 \cdot 10^{-14} \text{ (mol/dm}^3\text{)}^2}{5,248 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3} = 1,921 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3 \approx 1,9 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 1,921 \cdot 10^{-11} = 10,7165 \approx 10,72$$

$$\text{(Tai: } \text{p}K_w = \text{pH} + \text{pOH} \Rightarrow \text{pOH} = \text{p}K_w - \text{pH} = 13,9965 - 3,28 = 10,7165 \approx 10,72)$$

TEHTÄVÄ 10.22

Hiilihapotettuja juomia valmistetaan kuplittamalla juomaan hiilidioksidikaasua, joka happamana oksidina muodostaa vedessä hiilihappoa. Erään hiilihapotetun lähdeveden pH-arvo on 4,25. Mikä ainemäärä hiilihappoa on tällöin täytynyt muodostua 1,0 litraan lähdevettä?

TEHTÄVÄ 10.22

Hiilihapotettuja juomia valmistetaan kuplittamalla juomaan hiilidioksidikaasua, joka happamana oksidina muodostaa vedessä hiilihappoa. Erään hiilihapotetun lähdeveden pH-arvo on 4,25. Mikä ainemäärä hiilihappoa on tällöin täytynyt muodostua 1,0 litraan lähdevettä?

10.22 pH = 4,25

$$V(\text{lähdevesi}) = 1,0 \text{ l}$$

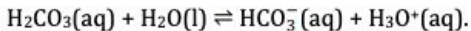
$$K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,4 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$$

$$n(\text{H}_2\text{CO}_3) = ?$$

Lasketaan lähdeveden oksoniumionikonsentraatio pH-arvon perusteella:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4,25} = 5,623 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3.$$

Hiilihapo on heikko hapo, jonka protolyysireaktio on:



Merkitään eri aineiden alku- ja tasapainokonsentraatio ja konsentraatioiden muutokset hiilihapon protolyysireaktion perusteella:



| | | | | |
|---|---------------------------|---|------------------------|------------------------|
| c_{alku} (mol/dm ³) | x | - | 0 | 0 |
| muutos (mol/dm ³) | $-5,623 \cdot 10^{-5}$ | - | $+5,623 \cdot 10^{-5}$ | $+5,623 \cdot 10^{-5}$ |
| $c_{\text{tasap.}}$ (mol/dm ³) | $x - 5,623 \cdot 10^{-5}$ | - | $5,623 \cdot 10^{-5}$ | $5,623 \cdot 10^{-5}$ |

Sijoitetaan tasapainokonsentraatiot hiilihapon happovakion lausekkeeseen ja lasketaan x:n arvo.

$$K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \Rightarrow 4,4 \cdot 10^{-7} = \frac{(5,623 \cdot 10^{-5}) \cdot (5,623 \cdot 10^{-5})}{x - 5,623 \cdot 10^{-5}}$$

Ratkaisuna saadaan $x = 7,243 \cdot 10^{-3}$.

x:llä merkittiin hiilihapon alkukonsentraatiota, joten hiilihappoa on täytynyt muodostua $7,243 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$.

Lasketaan kysytty hiilihapon ainemäärä:

$$n(\text{H}_2\text{CO}_3) = c(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{lähdevesi}) = 7,243 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot 1,0 \text{ dm}^3 \\ = 7,243 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \approx 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

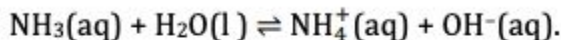
TEHTÄVÄ 10.29

Puskuriliuos sisältää ammoniakkia ja ammoniumkloridia. Esitä reaktioyhtälöt ja selitä, kuinka tämä puskuriliuos pystyy vastustamaan pH-muutoksia, kun siihen lisätään pieni määrä happoa tai emästä.

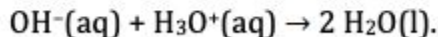
TEHTÄVÄ 10.29

Puskuriliuos sisältää ammoniakkaa ja ammoniumkloridia. Esitä reaktioyhtälöt ja selitä, kuinka tämä puskuriliuos pystyy vastustamaan pH-muutoksia, kun siihen lisätään pieni määrä happoa tai emästä.

10.29 Alkutilanteessa puskuriliuoksessa vallitsee tasapainotila:



Kun liuokseen lisätään happoa (liuoksen oksoniumkonsentraatio kasvaa), tapahtuu seuraava neutraloitumisreaktio:



Tämän reaktion seurauksena ammoniakkin ainemäärä pienenee lisätyn hapon ainemäärän verran. Kun puskuriliuokseen tämän jälkeen muodostuu uusi tasapainotila, emäsvakion lausekkeeseen sijoitettavien aineiden tasapainokonsentraatiot ovat hieman muuttuneet, mutta lausekkeen avulla laskettu pH-arvo ei juurikaan muutu.

Kun liuokseen lisätään emästä (liuoksen hydroksidi-ionikonsentraatio kasvaa), tapahtuu neutraloitumisreaktio: $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

Tämän reaktion seurauksena ammoniumionien ainemäärä pienenee lisätyn emäksen ainemäärän verran. Kun puskuriliuokseen tämän jälkeen muodostuu uusi tasapainotila, emäsvakion lausekkeeseen sijoitettavien aineiden tasapainokonsentraatiot ovat hieman muuttuneet, mutta lausekkeen avulla laskettu pH-arvo ei juurikaan muutu.

AIHE II:
ENERGIAMUUTOKSET
JA REAKTIONOPEUS

KESKUSTELUA

Mitä tarkoittaa

- a) entalpia ΔH ? Anna esimerkki, jossa entalpia kasvaa.
- b) entropia ΔS ? Anna esimerkki, jossa entropia kasvaa.
- c) reaktiolämpö?
- d) Hessin laki?
- e) Aktivoitumisenergia?

Nettimatskua:

https://peda.net/sievi/sievin-lukio/oppiaineet2/kemia/wke3/tkapp/luku-6:file/download/e8a3cc43f315a710b5109fac121a6753e4cab38e/Reaktiot_ja_energia_KE3_LUKU_6.pdf

11.1 ENDO- JA EKSOTERMISET REAKTIOT

Entalpia ΔH = aineen sisältämän energiamäärän muutos vakioaineessa
=reaktiolämpö

$$\Delta H = \sum H_{\text{reaktiotuotteet}} - \sum H_{\text{lähtöaineet}}$$

- **eksoterminen** reaktio: vapauttaa lämpöä, $\Delta H < 0$
 - palamis-, neutraloitumireaktiot ja spontaanit hap.-pelk.-reaktiot
- **endoterminen** reaktio: sitoo lämpöä, $\Delta H > 0$
- **energiaminimiperiaate** (pyritään mahd. pieneen energiaan)

→ eksotermiset reaktiot ovat pysyvämpiä kuin endotermiset

Sidosenergia = se energia, joka tarvitaan katkaisemaan yksi mooli tietyn tyyppisiä kovalenttisia sidoksia

ΔH_c = palamislämpö

- 1 mol ainetta reagoi täydellisesti hapen kanssa

ΔH_{sol} = Liukenemislämpö

- 1 mol ainetta liukenee

ΔH_f = muodostumislämpö

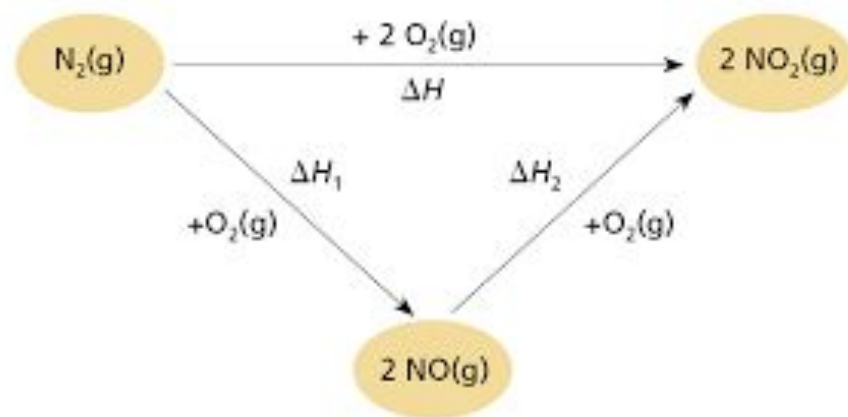
- 1 mol ainetta syntyy alkuaineistaan stand.olosuhteissa (T,p)

HESSIN LAKI

=Energian säilymlaki

=”Kemiallisen reaktion entalpiamuutos ΔH on aina sama riippumatta välivaiheista”

Alla olevassa kaaviossa siis $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$



REAKTIOLÄMMÖN LASKEMINEN

- 1) Sidosenergia-arvot (MAOL)

$$\Delta H = \left[+ \sum_{\text{lähtöaineiden sidosenergiat}} \right] + \left[- \sum_{\text{reaktiotuotteiden sidosenergiat}} \right]$$

- 2) muodostumislämmöt

$$\Delta H = \sum_{\text{f, reaktiotuotteet}} \Delta H_{\text{f}} - \sum_{\text{f, lähtöaineet}} \Delta H_{\text{f}}$$

- 3) Hessin laki: reaktiolämpö on osareaktioiden summa

- 4) Kalorimetrimittaukset

Lämpömäärän suuryhtälö $Q = cm\Delta T$ (kun määritetään kalorimetrillä reaktiolämpö)

11.3 REAKTIONOPEUS V JA SEN TEKIJÄT

reaktionopeus v = aineiden määrien muutos aikayksikössä

ilmoitetaan lähtöaineiden määrän vähenemisenä tai tuotteen lisääntymisenä: $v = \Delta c / \Delta t$ (c = konsentraatio)

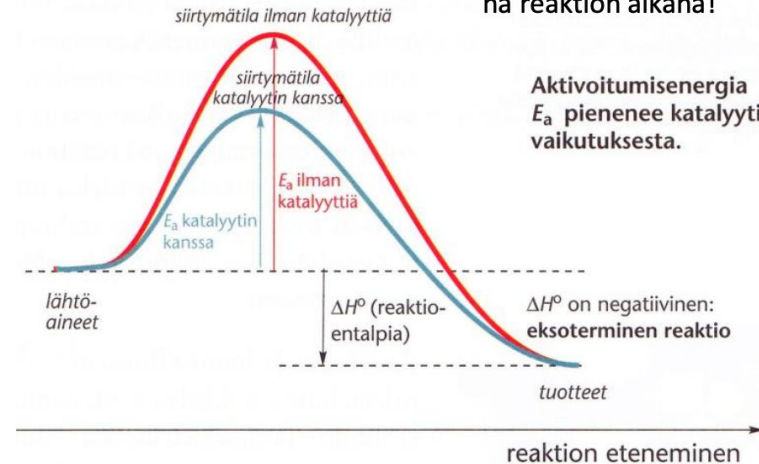
Lähtöaineet muuttuvat tuotteiksi siirtymäkompleksin kautta

→ tarvitaan tietty aktivoitumisenergia E_a

Vaikuttavat tekijät:

lähtöaineen konsentraatio (kaasuilla paine), lämpötila, katalyytti, inhibiittori, kiinteiden lähtöaineiden hiukkaskoko (reaktiopinta-ala)

Katalyytin vaikutus reaktioon



11.3 REAKTIONOPEUS V JA SEN TEKIJÄT

Konsentraatio: enemmän törmäviä hiukkasia tilavuudessa, enemmän törmäyksiä, reaktionopeus kasvaa

Lämpötila: hiukkasten kineettinen energia suurempi, hiukkaset törmää enemmän, hiukkasia joiden energia ylittää E_a :n on enemmän

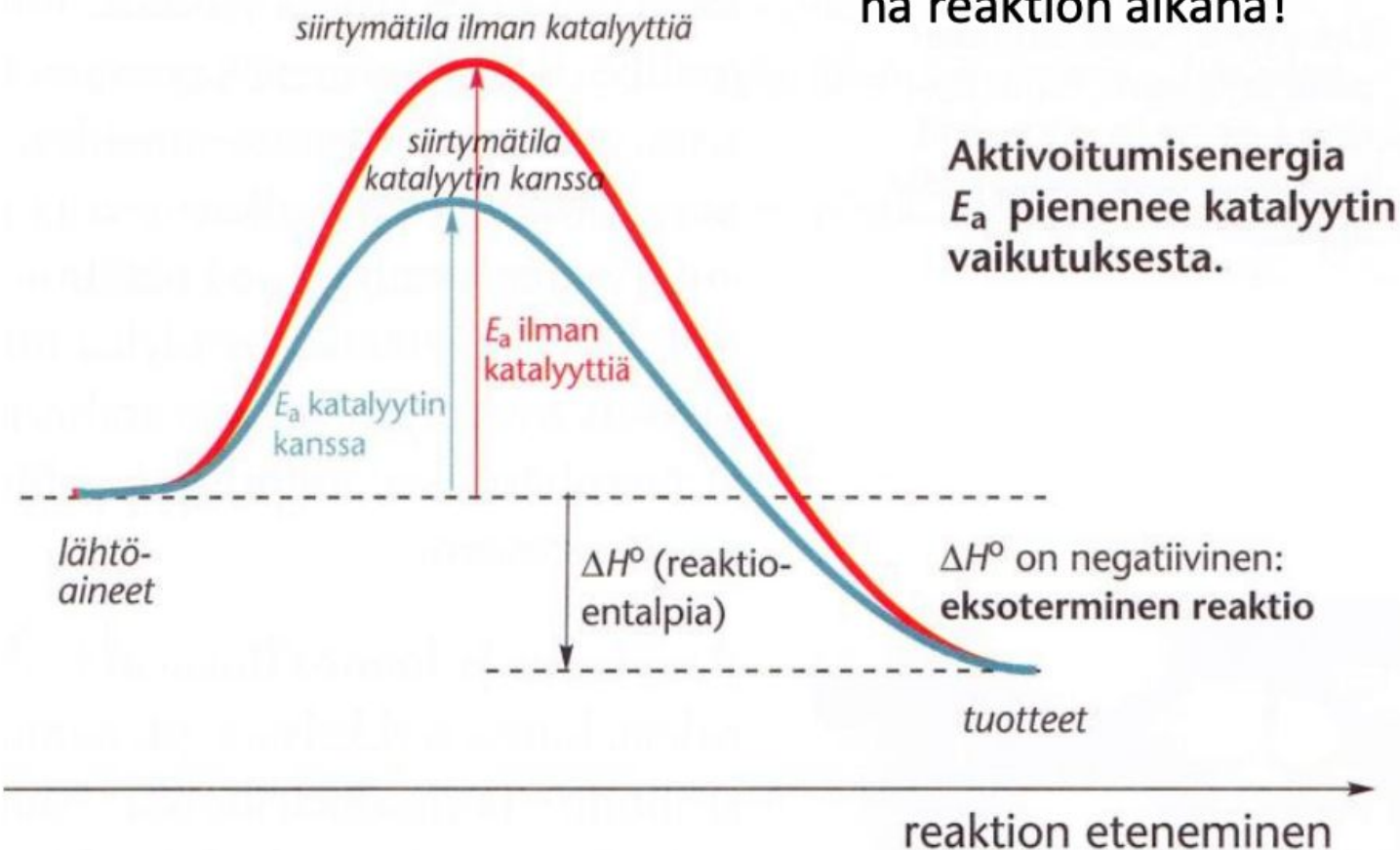
paineen kasvatus: hiukkaset pienemmässä tilassa, enemmän törmäyksiä aikayksikössä, reaktionopeus kasvaa

katalyytti: aktivoitumisenergia E_a on pienempi, koska katalyytti vaikuttaa välivaiheisiin (siirtymäkomplekseihin)

Hiukkaskoko: pienempi hiukkanen, sitä enemmän reaktiopinta-alaa, enemmän törmäyksiä

Katalyytin vaikutus reaktioon

HUOM! Katalyytin määrä pysyy samana reaktion aikana!



ESIMERKKI ENERGIAMUUTOKSISTA

5.10 Ratkaise, kuinka monta kilojoulea lämpöenergiaa vapautuu, kun

a) retkikeittimen kaasusäiliössä oleva butaani ($m = 450$ g) palaa täydellisesti. Butaanin palamislämpö on $2\,859$ kJ/mol.

b) laboratorion kaasupolttimessa oleva hiilivetyjen seos ($m = 400$ g) palaa täydellisesti. Hiilivetyseoksessa on butaania $80,0$ massaprosenttia ja propaania $20,0$ massaprosenttia. Propanin palamislämpö on $2\,220$ kJ/mol ja butaanin $2\,859$ kJ/mol.

ESIMERKKI ENERGIAMUUTOKSISTA

5.10 Ratkaise, kuinka monta kilojoulea lämpöenergiaa vapautuu, kun

a) retkikeittimen kaasusäiliössä oleva butaani ($m = 450$ g) palaa täydellisesti. Butaanin palamislämpö on $2\,859$ kJ/mol.

Ratkaisu:

a)

$$m(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 450 \text{ g}$$

$$M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 58,120 \text{ g/mol}$$

$$\Delta H_c(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 2\,859 \text{ kJ/mol}$$

Ratkaistaan butaanin ainemäärä:

$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_{10})}{M(\text{C}_4\text{H}_{10})} = \frac{450 \text{ g}}{58,120 \text{ g/mol}} = 7,7426 \text{ mol.}$$

Vapautuneen lämpöenergian määrä on

$$7,7426 \text{ mol} \cdot 2\,859 \text{ kJ/mol} = 22\,136 \text{ kJ} \approx 2,21 \cdot 10^4 \text{ kJ.}$$

Vastaus:

$$\text{a) } 2,21 \cdot 10^4 \text{ kJ}$$

ESIMERKKI ENERGIAMUUTOKSISTA

b) laboratorion kaasupolttimessa oleva hiilivetyjen seos ($m = 400$ g) palaa täydellisesti. Hiilivetyseoksessa on butaania 80,0 massaprosenttia ja propaania 20,0 massaprosenttia. Propaanin palamislämpö on 2 220 kJ/mol ja butaanin

b)

$$m(\text{kaasuseos}) = 400 \text{ g}$$
$$m\text{-}\%(\text{C}_3\text{H}_8) = 20,0 \% = 0,200$$
$$m\text{-}\%(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 80,0 \% = 0,800$$
$$M(\text{C}_3\text{H}_8) = 44,094 \text{ g/mol}$$
$$M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 58,120 \text{ g/mol}$$
$$\Delta H_c(\text{C}_3\text{H}_8) = 2\,200 \text{ kJ/mol}$$
$$\Delta H_c(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 2\,859 \text{ kJ/mol}$$

Massaprosenttisen koostumuksen perusteella propaanin ja butaanin massat ovat:

$$m(\text{propaani}) = 0,200 \cdot 400 \text{ g} = 80,0 \text{ g}$$
$$m(\text{butaani}) = 0,800 \cdot 400 \text{ g} = 320 \text{ g}.$$

Ratkaistaan kummankin kaasun ainemäärä:

$$n(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_8)}{M(\text{C}_3\text{H}_8)} = \frac{80,0 \text{ g}}{44,094 \text{ g/mol}} = 1,8143 \text{ mol}$$
$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_{10})}{M(\text{C}_4\text{H}_{10})} = \frac{320 \text{ g}}{58,120 \text{ g/mol}} = 5,5058 \text{ mol}.$$

Palamisreaktiossa vapautuvan lämpöenergian määrä on:

$$1,8143 \text{ mol} \cdot 2\,220 \text{ kJ/mol} + 5,5058 \text{ mol} \cdot 2\,859 \text{ kJ/mol} = 19\,768 \text{ kJ} \approx 19\,800 \text{ kJ}.$$

Vastaus:

$$\text{b) } 1,98 \cdot 10^4 \text{ kJ}$$

ESIMERKKI REAKTIONOPEUDESTA

1.3 Ratkaise reaktionopeus annetuista tiedoista. Ilmoita reaktionopeus sulkuihin merkityssä yksikössä.

a) Reaktio A: $\Delta c = 0,25 \text{ mol/dm}^3$, $\Delta t = 20 \text{ min}$ ($\text{mol/dm}^3 \cdot \text{min}$).

b) Reaktio B: $\Delta c = 1,4 \text{ mmol/dm}^3$, $\Delta t = 20 \text{ s}$ ($\text{mol/dm}^3 \cdot \text{min}$).

c) Reaktio C: $\Delta n = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$; $V(\text{reaktioseos}) = 5,0 \text{ ml}$, $\Delta t = 15 \text{ min}$ ($\text{mol/dm}^3 \cdot \text{s}$).

Minkä reaktion nopeus on suurin?

ESIMERKKI REAKTIONOPEUDSTA

Ratkaisu:

a)

$$\Delta c = 0,25 \text{ mol/dm}^3$$

$$\Delta t = 20 \text{ min}$$

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0,25 \text{ mol}}{\text{dm}^3 \cdot 20 \text{ min}} = 0,01250 \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{min} \approx 0,013 \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{min}.$$

Vastaus

$$\text{a) } v = 0,013 \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{min}$$

Ratkaisu:

b)

$$\Delta c = 1,4 \text{ mmol/dm}^3 = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$\Delta t = 20 \text{ s} = 0,33 \text{ min}$$

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{1,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{\text{dm}^3 \cdot 0,33 \text{ min}} = 4,242 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{min} \\ \approx 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{min}.$$

Vastaus

$$\text{b) } v = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{min}$$

1.3 Ratkaise reaktionopeus annetuista tiedoista. Ilmoita reaktionopeus sulkuihin merkityssä yksikössä.

a) Reaktio A: $\Delta c = 0,25 \text{ mol/dm}^3$, $\Delta t = 20 \text{ min}$ ($\text{mol/dm}^3 \cdot \text{min}$).

b) Reaktio B: $\Delta c = 1,4 \text{ mmol/dm}^3$, $\Delta t = 20 \text{ s}$ ($\text{mol/dm}^3 \cdot \text{min}$).

c) Reaktio C: $\Delta n = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$; $V(\text{reaktioseos}) = 5,0 \text{ ml}$, $\Delta t = 15 \text{ min}$ ($\text{mol/dm}^3 \cdot \text{s}$).
Minkä reaktion nopeus on suurin?

Ratkaisu:

c)

$$\Delta n = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$V(\text{reaktioseos}) = 5,0 \text{ ml} = 0,0050 \text{ dm}^3$$

$$\Delta t = 15 \text{ min} = 900 \text{ s}$$

$$\Delta c = \frac{\Delta n}{V} = \frac{3,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{0,0050 \text{ dm}^3} = 0,06000 \text{ mol/dm}^3$$

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0,06000 \text{ mol}}{\text{dm}^3 \cdot 900 \text{ s}} = 6,667 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s} \approx 6,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}.$$

Reaktionopeuksien vertailua varten ratkaistaan tämän reaktion nopeus myös yksikössä $\text{mol/dm}^3 \cdot \text{min}$:

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0,06000 \text{ mol}}{\text{dm}^3 \cdot 15 \text{ min}} = 4,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{min} \\ \approx 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{min}.$$

Vastaus

$$\text{c) } v = 6,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}$$

Reaktion A nopeus on suurin.

TEHTÄVÄ 11.7

Butaanin palamislämpö mitattiin hyvin eristetyssä pommikalorimetrissä, jolloin palamislämmöksi saatiin $\Delta H_c = -3509$ kJ/mol. Ratkaise butaanin palamislämpö (kJ/mol) sidosenergia-arvojen avulla.

Vertaa näin laskettua arvoa pommikalorimetrillä saatuun arvoon. Miksi sidosenergia-arvoilla laskettu arvo on epätarkempi?

TEHTÄVÄ 11.7

- 11.7 Butaanin palamisreaktion reaktioyhtälö on
 $2 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) + 13 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 8 \text{CO}_2(\text{g}) + 10 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$.

Lasketaan lähtöaineiden sidosten katkeamiseen tarvittava kokonaisenergiämäärä:

$$\begin{array}{l} \text{C-C} \quad 6 \text{ mol} \cdot 348 \text{ kJ/mol} = +2\,088 \text{ kJ} \\ \text{C-H} \quad 20 \text{ mol} \cdot 412 \text{ kJ/mol} = +8\,240 \text{ kJ} \\ \text{O=O} \quad 13 \text{ mol} \cdot 496 \text{ kJ/mol} = +6\,448 \text{ kJ} \\ \hline \text{Yhteensä} \quad +16\,776 \text{ kJ} \end{array}$$

Lasketaan kokonaisenergiämäärä, joka vapautuu, kun reaktiotuotteiden sidokset muodostuvat:

$$\begin{array}{l} \text{C=O} \quad 16 \text{ mol} \cdot 743 \text{ kJ/mol} = -11\,888 \text{ kJ} \\ \text{O-H} \quad 20 \text{ mol} \cdot 463 \text{ kJ/mol} = -9\,260 \text{ kJ} \\ \hline \text{Yhteensä} \quad -21\,148 \text{ kJ} \end{array}$$

$$\Delta H_c = +16\,776 \text{ kJ} + (-21\,148 \text{ kJ}) = -4\,372 \text{ kJ}$$

Tasapainotetussa reaktioyhtälössä on kaksi moolia butaania. Sidosenergia-arvojen avulla laskettu palamislämpö yhtä butaanimoolia kohti on:

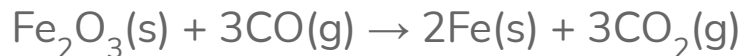
$$\Delta H_c = 1,0 \text{ mol} \cdot \frac{-4\,372 \text{ kJ}}{2,0 \text{ mol}} = -2\,186 \text{ kJ}$$

Vertailu: Sidosenergia-arvojen avulla saatu palamislämpö (-2 186 kJ/mol) on pienempi (energiaa vapautuu vähemmän) kuin pommikalorimetrillä saatu arvo (-3 509 kJ/mol).

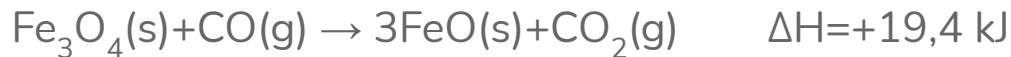
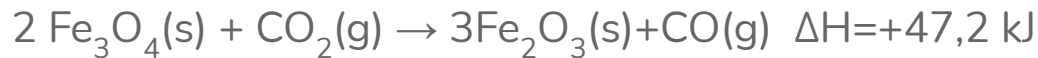
Sidosenergia-arvoilla laskettu arvo on epätarkempi, sillä taulukoidut sidosenergia-arvot ovat keskimääräisiä arvoja. Saman kovalenttisen sidoksen sidosenergia ei ole täsmälleen sama eri yhdisteissä. Lisäksi sidosenergia-arvoissa oletetaan, että kaikki aineet ovat kaasuja.

TEHTÄVÄ 11.11

Teollisuudessa raudan puhdistus tehdään rautamalmeja kemiallisesti pelkistämällä. Rauta(III)oksidista eli hematitista rautaa pelkistetään reaktiolla



Laske tämän reaktiolämpö, kun tunnetaan seuraavat reaktiolämmöt:



TEHTÄVÄ 11.11

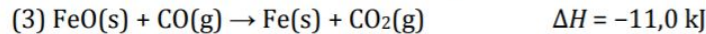
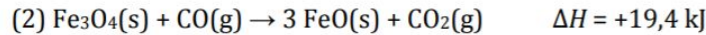
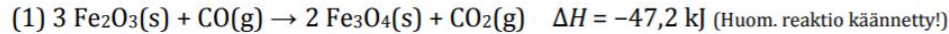
$$\Delta H = +47,2 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = +19,4 \text{ kJ}$$

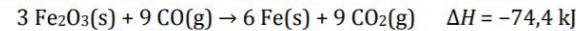
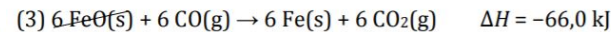
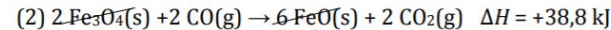
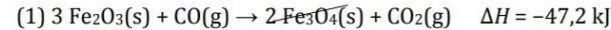
$$\Delta H = -11,0 \text{ kJ.}$$

Merkitään kysyttyä reaktiolämpöä merkinnällä $\Delta H(\text{Fe}) = ?$

Yhdistellään annettuja reaktioita (osareaktiot) siten, että niiden avulla saadaan lähtöaineiksi Fe_2O_3 ja CO ja reaktiotuotteiksi Fe ja CO_2 . Reaktiot on numeroitu selkeyden vuoksi.



Jotta saadaan eliminoitua reaktiossa (1) muodostuva Fe_3O_4 , reaktio (2) tulee kertoa kahdella. Myös reaktion (2) entalpiamuutos on kerrottava kahdella. Tämän seurauksen reaktio (3) on kerrottava kuudella, jotta FeO eliminoituu. Reaktion (3) entalpiamuutos myös kerrottava kuudella. Supistetaan reaktioyhtälöistä puolittain pois yhteiset aineet yhdistetään osareaktiot kokonaisreaktioksi.



Näin saatu entalpiamuutos on reaktiolle, jossa rautaa muodostuu kuusi moolia. Kysytyssä reaktiossa raudan ainemäärä on kaksi moolia. Lasketaan entalpiamuutos kahdelle moolille rautaa:

$$\Delta H(\text{Fe}) = 2,0 \text{ mol} \cdot \frac{-74,4 \text{ kJ}}{6,0 \text{ mol}} = -24,8 \text{ kJ.}$$

TEHTÄVÄ 11.18

Täydennä aukkoihin merkinnät (perustele lyhyesti)

aika

energia (kJ)

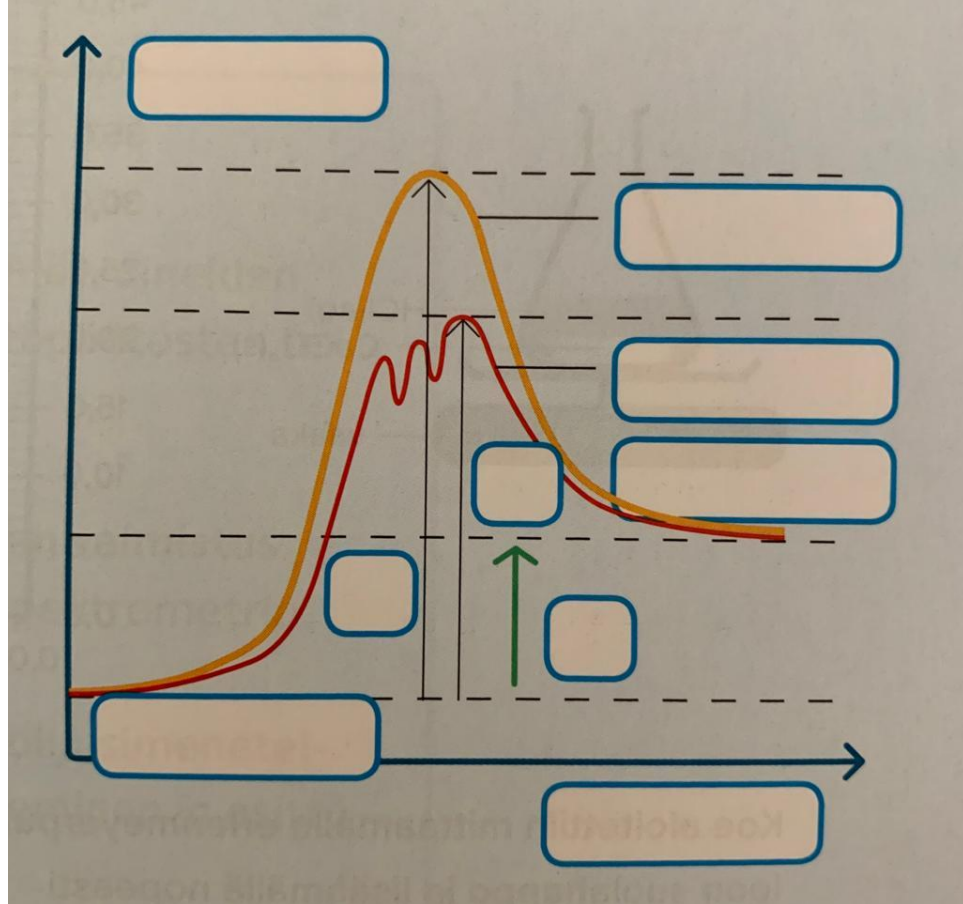
lähtöaineet

reaktiotuotteet

ΔH

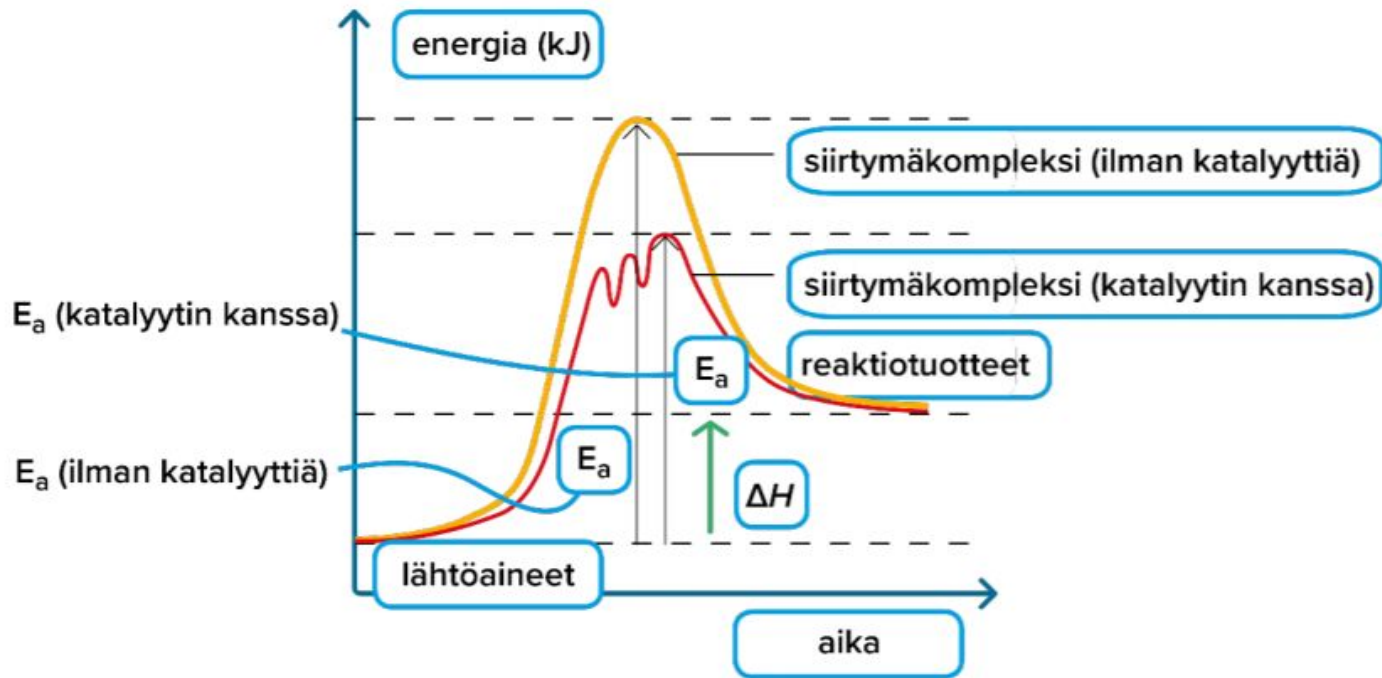
E_a (ilman katalyyttiä), E_a (katalyytillä)

siirtymäkompleksi (ilman katalyyttiä), siirtymäkompleksi (katalyytillä)



TEHTÄVÄ 11.18

11.18



TEHTÄVÄ 11.19

Päättele reaktioyhtälöstä



- Perustellen, mikä on hapen määrän muutos (mol/s), jos vedyn määrän muutos on 2,2 mol/s
- Perustellen, mikä on vesihöyryn muodostumisnopeus, jos vetyä kuluu 1,1 mol/s.

11.19 a) 1,1 mol/s

b) 1,1 mol/s

TEHTÄVÄ 11.19

11.19 a) 1,1 mol/s

b) 1,1 mol/s

Ratkaisun löydät reaktioyhtälöstä ja sen kertoimista.

- a) jos yksi mooli vetyä reagoi nopeudella 2,2 mol/s, samassa ajassa reagoi aina yksi happimolekyyli kahta vetyä kohden. Eli happea reagoi 1,1 mol/s.
- b) Jos vetykaasu H_2 reagoi nopeudelle 1,1 mol/s, ja yhteen vesimolekyyliin kuluu aina kaksi vetyä, niin tällöin vesimolekyylien muodostumisnopeus on myös se 1,1 mol/s. (katso siis stoikiometrisiä kertoimia ja pohdi, paljonko mitäkin atomeja on molekyylissä).

AIHE 12: KEMIAA
KOKEELLISESTI

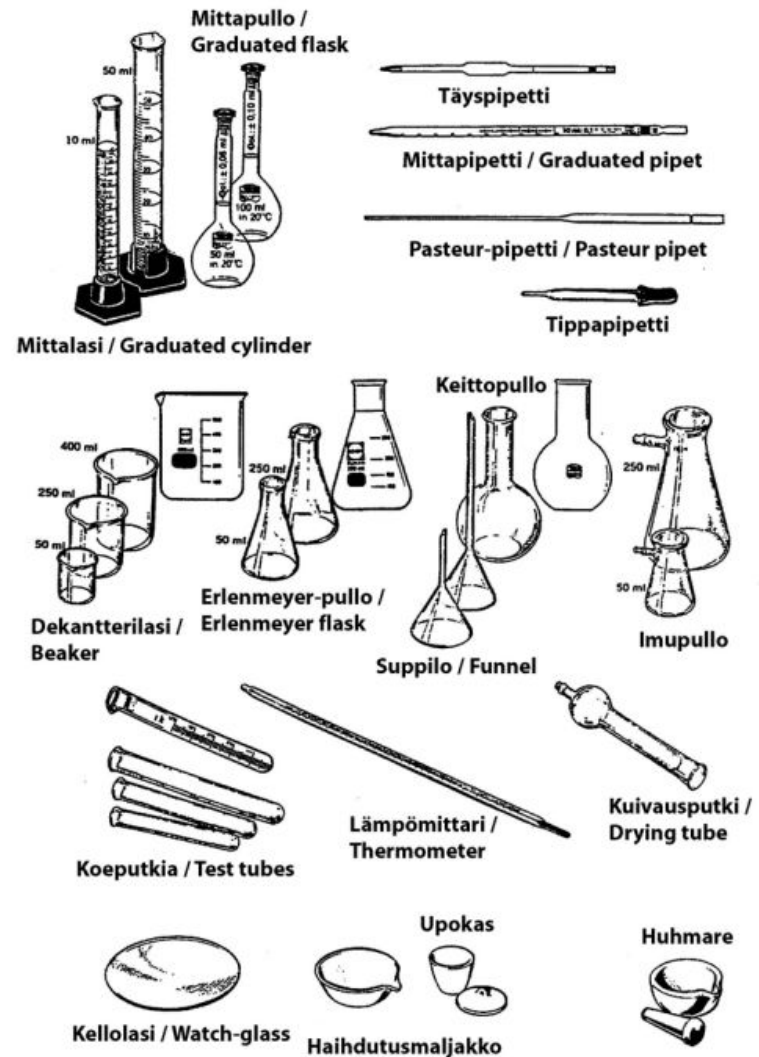
KESKUSTELUA:

Millä työvälineellä mittaisit?

- a) n. 100 ml 0,01 molaarista HCl:ää
- b) 2,3 g rautajauhetta
- c) 2 ml kalsiumhydroksidiliuosta

Miten mittaisit

- a) pyrettiin titrausliuosta 100 ml
- b) liuokseen lisättävä kiinteä NaCl-jauhe



KESKUSTELUA

Miten erottaisit:

- a) metallijauheen muusta jauheesta
- b) heptanolin vedestä
- c) liuokseen liunneen suolan
- d) hienojakoisen kiinteän aineen nesteestä
- e) epäpuhtaudet vedestä

TERMEJÄ

Kvalitatiivinen = laadullinen tutkimus: havainnot (väri, olomuoto, saostuma, lämpötila, kaasu, haju)

Kvantitatiivinen = määrällinen tutkimus: mittaukset, määrät

12.6 SPEKTROSKOPIA

perustuu aineen ja sähkömagneettisen säteilyn vuorovaikutukseen

mitataan joko aineeseen absorboituneen tai aineesta emittoituneen säteilyn intensiteetti

UV-spektroskopia: hyödynnetään UV-alloonpituuksia

VIS-spektroskopia: näkyvä valo

Atomiabsorptiospektroskopia (AAS): kaasumaisen atomin elektroneja viritetään ja mitataan säteilyn määrä. Atomien elektronirakenne on ominainen jokaiselle alkuaineelle, AAS:llä voidaan määrittää alkuaine

A = säteilyn absorboitumista vastaava absorbanssiarvo

Lamber-Beerin laki: $A = \epsilon c l$ ϵ = moolinen absorptiokerroin (MAOL)

c = tutkittavan aineen konsentraatio

l = valon kulkema matka näytteessä

LAMBER-BEERIN LAKI

Lamber-Beerin laki: $A = \epsilon c l$

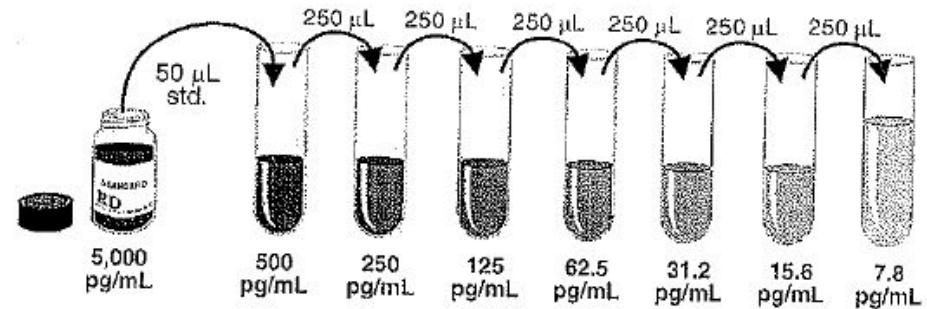
→ valmistetaan tutkittavasti aineesta laimennussarja (stand.liuokset)

→ mitataan stand.liuosten absorbanssiarvot valitulla aallonpituudella

→ piirretään tuloksista standardikuvaaja

→ mitataan näyteliuoksen abs.arvo ja luetaan

kuvaajalta



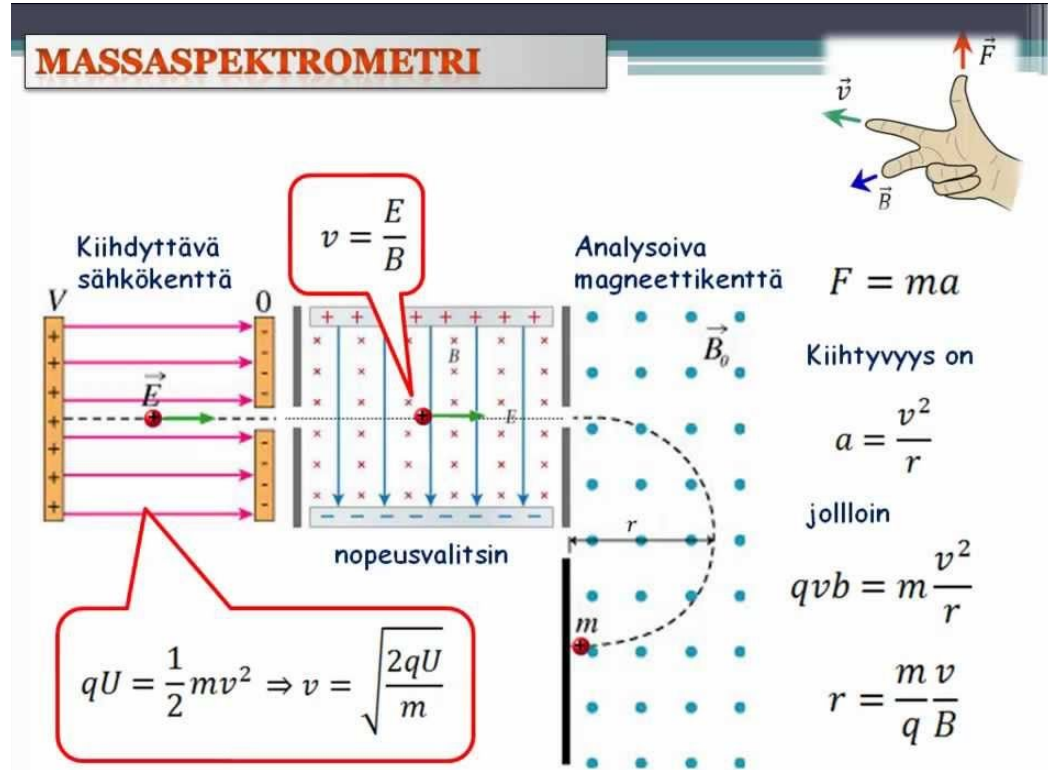
MASSASPEKTROMETRIA (MS)

Orgaanista yhdistettä pommitetaan esim. elektroneilla niin, että molekyylistä irtoaa yksi elektroni ja muodostuu positiivinen molekyyli-ioni.

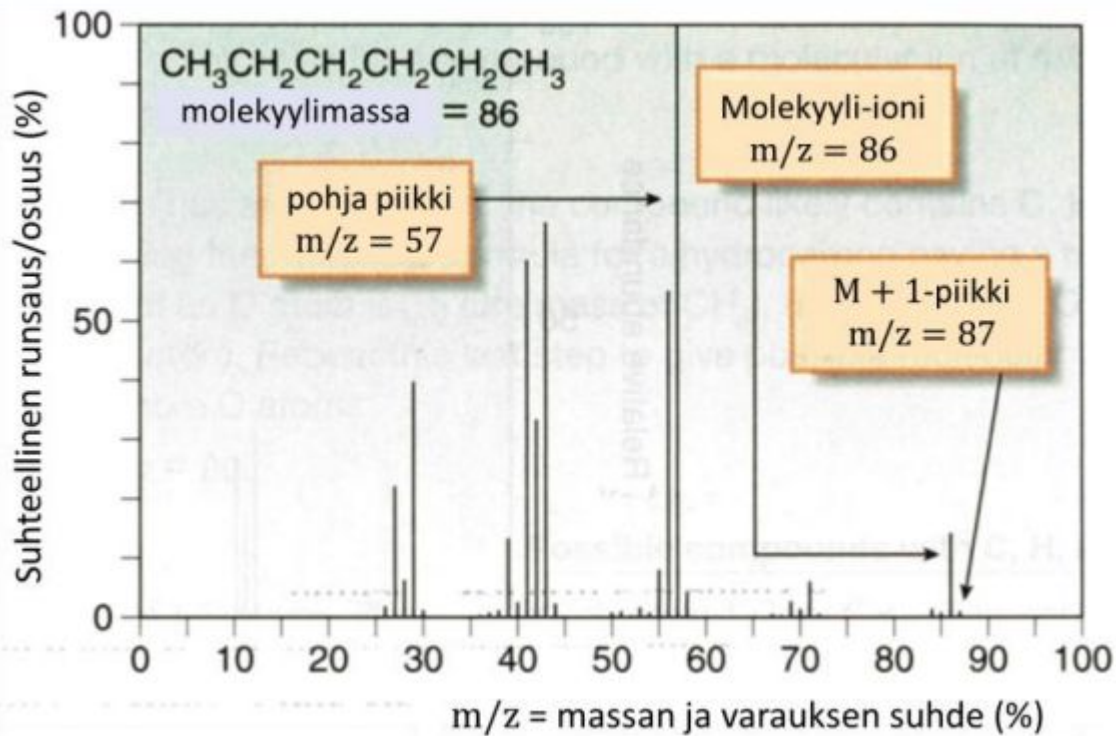
Ionit ohjataan sähkökentän kautta magneettikenttään, jossa erottuvat massansa (m) ja varauksensa (z) perusteella.

Ionit kulkevat matkan (riippuu massasta) ja osuu detektorille.

Tuloksena on m/z -kuvaaja, jossa on piikkejä. Tätä kuvaa tulkitaan ja saadaan tieto molekyylin rakenteesta.



MASSASPEKTROMETRIA (MS)



Suurimmalla m/z-arvolla oleva piikki vastaa molekyyli-onia, josta on irronnut vain elektroni. Tämän lukuarvosta voidaan päätellä yhdisteen suhteellinen molekyyli massa.

https://peda.net/sievi/sievin-lukio/oppiaineet2/kemia/kemia2/tkapp/luku-3-4_ms2:file/download/4586df640b01784f9027e862bc8f7316b6fa0d17/lhminen_ja_elinymp%C3%A4rist%C3%B6n_kemiaa_KE2_LUKU_3.4_MS.pdf

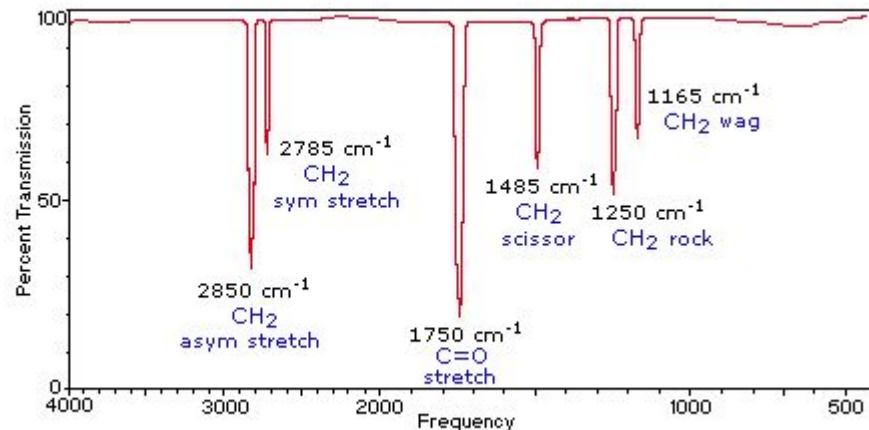
INFRAPUNASPEKTROSKOPIA (IR)

perustuu orgaanisen molekyylin kykyyn absorboida infrapunasäteilyä. Säteily aiheuttaa kovalenttisten sidosten värähtelyä → sidokset taipuvat / venyvät. Jokaisella sidoksella on oma tyypillinen värähtelytaajuus.

Muodostetaan näytteestä saatua IR-spektriä kirjallisuuden IR-spektreihin.

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetetel>

mat_5-4_infrapunaspektrometria.html



Kuva 2. Formaldehydin (H₂C = O) IR-spektri

IR (SYVENTÄVÄÄ)

Syventävää tietoa:

venymisvärähtelyt:

symmetrinen ja
asymmetrinen

Taipumisvärähtely:

sakset (tasossa),

kivi (tasossa),

kierto (ei tasossa)

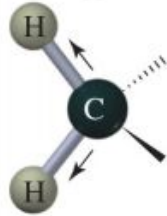
“wag” (ei tasossa)

<http://ecas.wvu.edu/chemvideos/pages/234/IR%20Lecture%20Slides.pdf>

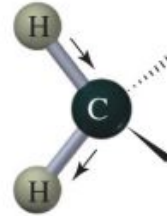
General Theory of IR Spectroscopy

Normal modes of vibration = stretching and bending

Stretching vibrations

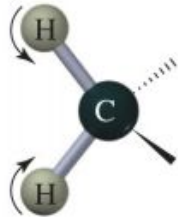


symmetric stretch

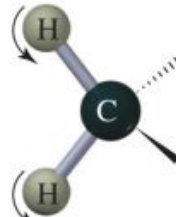


asymmetric stretch

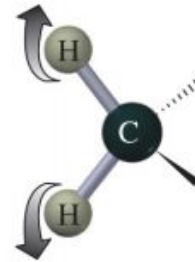
Bending vibrations



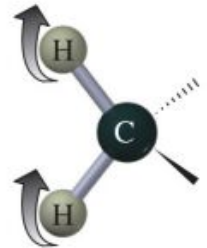
symmetric in-plane
bend (scissor)



asymmetric in-plane
bend (rock)



symmetric out-of-plane
bend (twist)

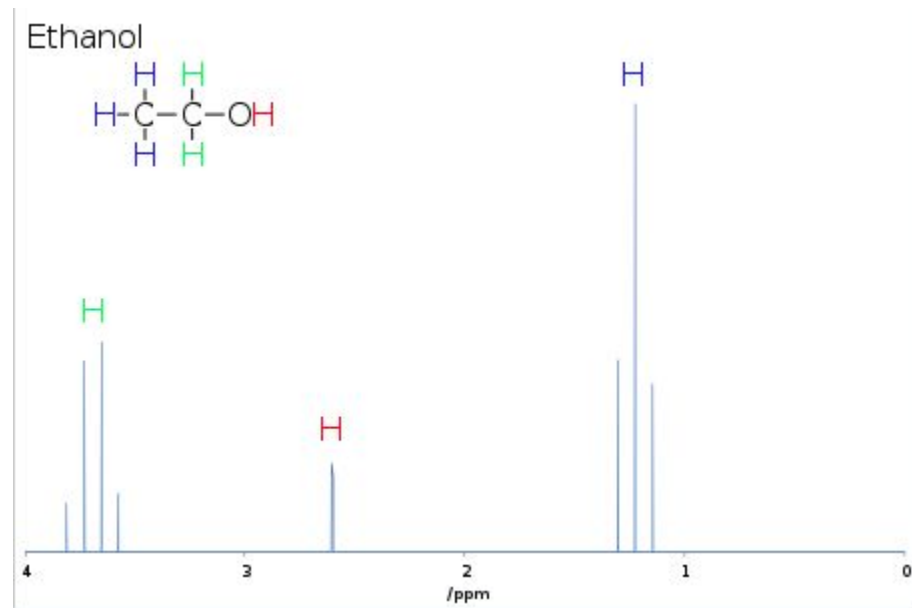


asymmetric out-of-plane
bend (wag)

YDINMAGNEETTINEN RESONANSSISPEKTROMETRIA (NMR)

Saadaan selville, millaisia rakenneseosia näytteessä on: atomien sitoutuminen toisiin atomeihin.

Koska kaikissa org.yhdisteissä on vetyä, niin rakennetutkimuksen yleisesti käytetty menetelmä on protoni-NMR, eli H-NMR: vetyatomien ytimet (protonit) vast.ottavat ja lähettävät radiosäteilyä, kun ne ovat vahvassa magneettikentässä. Eri tavoin sitoutuneet vetyatomit tuottavat erilaisen signaalin NMR-spektriin.



KALORIMETRI

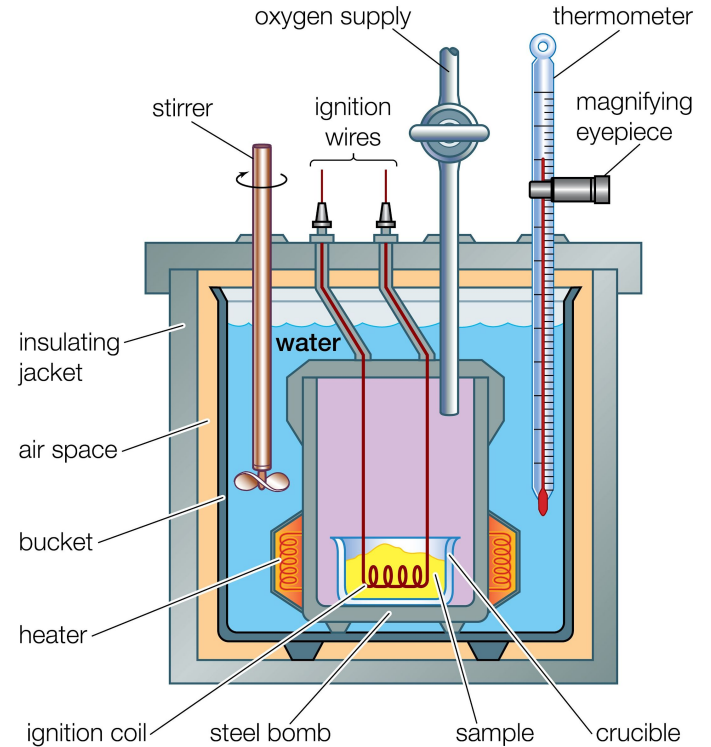
reaktioiden reaktiolämpö voidaan määrittää kalorimetrillä

astia on eristetty, kaksiosainen “pommi”.
Sisempään astiaan asetetaan näyte. Ulommassa
astiassa on vesivaippa, jonka lämpötila mitataan.

mittauksessa saatujen tulosten avulla
reaktiolämpö ratkaistaan $\Delta H = cm\Delta T$

c =veden ominaislämpökapasiteetti $4,19\text{kJ/kgK}$,
 m =kalorimetrissä olevan vesiliuoksen massa

ΔT = lämpötilan muutos



KAASUJEN VALMISTUS, TUNNISTUS, MITTAAMINEN

happea voidaan tuottaa esim.

- vetyperoksidia hajottamalla: $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- vettä hajottamalla: $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^-$

Happi voidaan tunnistaa viemällä hehkuva puutikku koeputkeen, jolloin tikku syttyy palamaan.

Vetyä voidaan tuottaa esim.

- hyvin epäjalon metallin reaktio veden kanssa
- epäjalon metallin reaktion hapon kanssa
- veden hajottaminen elektrolyytisesti

Vety voidaan tunnistaa, kun palava tulitikku viedään koeputkeen (H_2 :ta), hapen ja veden reagoiessa kuuluu räjähdys.

KAASUJEN VALMISTUS, TUNNISTUS, MITTAAMINEN

$$pV=nRT$$

$$m=nM$$

$$\rho=m/V$$

Hiilidioksidia muodostuu

- karbonaatti- tai vetykarbonaatti-ionit reagoivat hapen kanssa

Hiilidioksidin tunnistus:

- johdetaan kylläiseen kalsiumhydroksidin vesiliuokseen hiilidioksidia → sumentaa, koska muodostuu kalsiumkarbonaattia (niukkaliukoinen suola)
- palava tulitikku koeputkeen (CO₂:ta), tulitikku sammuu

Ammoniakin muodostuminen

- kuumennetaan ammoniumioneja sisältävää suolaa emäsluoksessa

Ammoniakin tunnistus

- haju!!
- viedään vedellä kostutettu yleisindikaattoripaperi reaktioastian suulle → paperi muuttuu siniseksi (pH 14)

TEHTÄVÄ 12.4

Kemian työssä tarvitaan kaliumtiosyanaattiliuosta (KSCN), jonka konsentraatio on 0,50 mol/l. Kuinka paljon kiinteää kaliumtiosyanaattia on punnittava, kun liuosta valmistetaan 50 ml? Miten liuos valmistetaan käytännössä?

TEHTÄVÄ 12.11

Säilönnässä ja mausteena käytettävä ruokaetikka on 10 m-% etikkahappoliuos. Suunnittele koejärjestely, jonka avulla voit määrittää ruokaetikan etikkahappokonsentraation. Käytettävissäsi on tavallisimmat laboratoriovälineet, kiinteää natriumhydroksidia ja fenoliftaleiiniliuosta. Kuvaile lyhyesti, miten toimit ja millaisella laskutoimituksella saat etikkahappokonsentraation ratkaistua. Mitä työturvallisuusseikkoja otat huomioon? Miten käsittelet työssä syntyneet jätteet?

TEHTÄVÄ 12.19

Neljässä eri dekanterilaseissa on valkoisia kiinteitä aineita. Tiedetään, että kussakin dekanterilasissa on yhtä seuraavista aineista: glukoosi, kaliumfluoridi, natriumfluoridi ja naftaleeni. Suunnittele, millaisilla testeillä saisit tunnistettua aineet. Selitä lyhyesti, mihin valitsemasi testi perustuu.