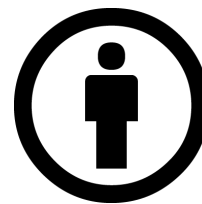


#ALADIN

Avoin, laadukas & digitaalinen



Prosessiteollisuuden epäorgaanisen kemian perusteet

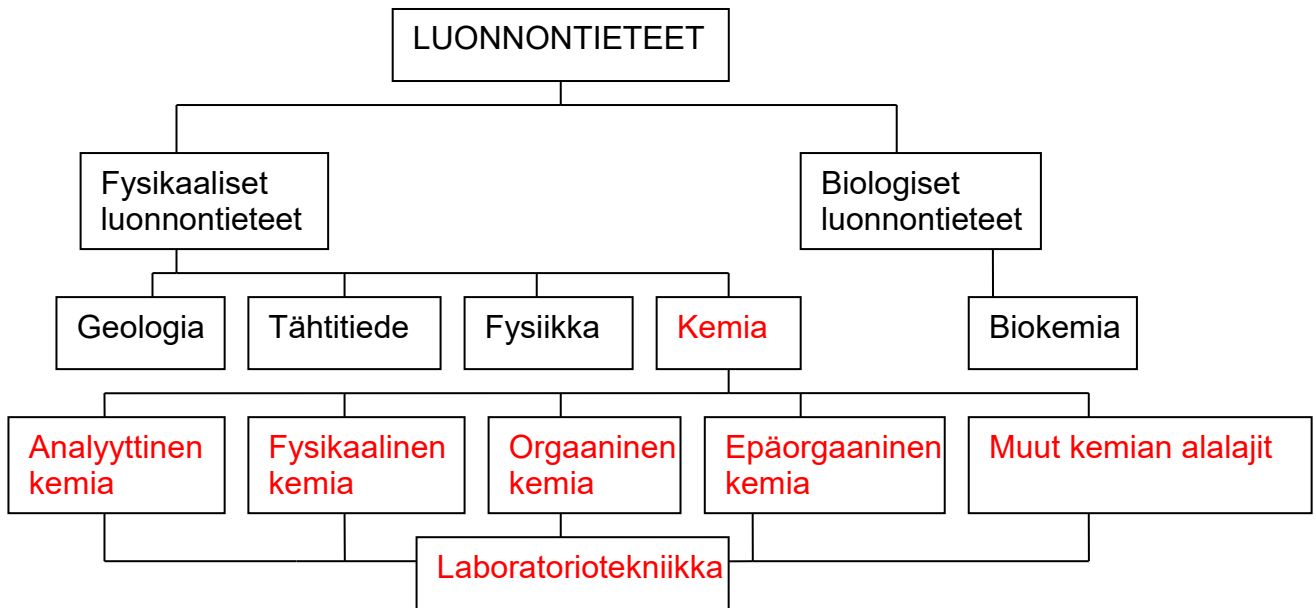
		VB 5	VB 6	VIB 7	VIB 8		
Ca	Sc SCANDIUM	22 47.867 Ti TITAN	23 50.942 V VANADIUM	24 51.996 Cr CHROM	25 54.938 Mn MANGAN	26 55.845 Fe EISEN	27 58.933 Co
Sr	Y YTTRIUM	40 91.224 Zr ZIRKON	41 92.906 Nb NIOB	42 95.95 Mo MOLYBDÄN	43 (98) Tc TECHNETIUM	44 101.07 Ru RUTHENIUM	45 101.07 Rh RHODIUM
Ba	57-71 Lanthaniden	72 178.49 Hf HAFNIUM	73 180.95 Ta TANTAL	74 183.84 W WOLFRAM	75 186.21 Re RHENIUM	76 190.23 Os OSMIUM	77 192.22 Ir IRIDIUM
Ra	89-103 Actiniden	104 (267) Rf RUTHERFORDIUM	105 (268) Db DUBNIUM	106 (271) Sg SEABORGIUM	107 (272) Bh BOHRIUM	108 (277) Hs HASSIUM	109 (278) Mt MEITNERIUM
				59 140.91 Nd	60 144.24 Pm	61 (145) Sm	62 (150) Eu

Sisällysluettelo

Epäorgaaninen kemia	1
1. Alkuaineet ja yhdisteet	2
1.2 Molekyyli	5
1.3 Molekyyli massa M (g/mol)	5
2. Ainemäärä (mol)	7
2.1 Kaasumaisten aineiden ainemäärä NTP:ssä	8
3. Jaksollinen järjestelmä	10
4. Kemialliset reaktiot	13
4.1. Stoikiometria	14
5. Aineiden olomuodot	17
5.1 Puhtaat aineet ja seokset	17
5.1.1 Alkuaine	17
5.1.2 Kemiallinen yhdiste	18
5.1.3 Puhdas aine	18
5.1.4 Seos	18
5.2. Olomuodot	18
5.2.1 Kiinteät aineet	19
5.2.3 Nestemäiset aineet	19
5.2.2 Kaasut	20
5.2.4 Sulamis- ja kiehumispiste	21
6. Kemiallinen sitoutuminen	23
6.1 Kovalenttinen sidos	24
6.2 Ionisidos	26
6.3 Metallisidos	28
6.4 Heikot sidokset	29
7. Kemiallisista reaktioista	31
7.1 Reaktionopeus	31
7.1.1 Reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät	31
7.2. Kemiallinen tasapaino	32
7.2.2 Eksoterminen ja endoterminen reaktio	33
8. Liuokset	34
8.1 Tiheys	35
8.2 Liuoksen pitoisuus	36

8.2.1 Konsentraatio	36
8.2.2 Massaprosentti	37
8.2.3 Tilavuusprosentti	38
8.2.4 ppm ja promillepitoisuus	39
8.2.5 Liuosten laimennus	40

Epäorgaaninen kemia



Kemia on aineen koostumusta ja ominaisuuksia sekä eri alkuaineista muodostuvia yhdisteitä tutkiva tieteenlaji. Kemia tutkii aineiden rakennetta ja käyttäytymistä sekä etsii keinoja aineiden tunnistamiseksi ja valmistamiseksi. Kemia voidaan jakaa osa-alueisiin seuraavasti;

Analyyttinen kemia

Tutkii orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden koostumuksia sekä menetelmiä niiden määrittämiseksi, käyttäen kvalitatiivisia (laadullinen) ja kvantitatiivisia (määrällinen) menetelmiä.

Fysikaalinen kemia

Soveltaa fysiikan menetelmiä kemian ongelmien ratkaisemiseksi, käyttäen fysikaalisten ja kemiallisten ilmiöiden lainalaisuuksia.

Orgaaninen kemia

Tutkii hiiliyhdisteiden kemiaa.

Epäorgaaninen kemia

Tutkii alkuaineiden ja muiden kuin orgaanisten yhdisteiden kemiaa.

Muut kemian alalajit

Esim. polymeerikemia, geokemia, radiokemia jne.

Laboratoriotekniikka

Tutustuttaa kemian laboratorion työskentelymenetelmiin ja välineistöön.

1. Alkuaineet ja yhdisteet

Alkuaine koostuu vain yhdestä atomilajista, yhdisteissä atomilajeja on useampia. Alkuaineita tunnetaan tällä hetkellä 118 kpl ja samalla siis erilaisia atomilajeja.

Eräs viimeisimmistä löydettyistä alkuaineista on vuonna 2010 löydetty Uus eli Ununseptium. Venäläis-yhdysvaltalainen tutkijaryhmä ilmoitti onnistuneensa synnyttämään kuusi atomia ununseptiumia hiukkaskiihdyttimen avulla. Sen puoliintumisaika on vain sekunnin murto-osia. Ununseptium on IUPACin antama tilapäisnimi. Myöhemmin alkuaine nimettiin Tennesseeiksi Ts.

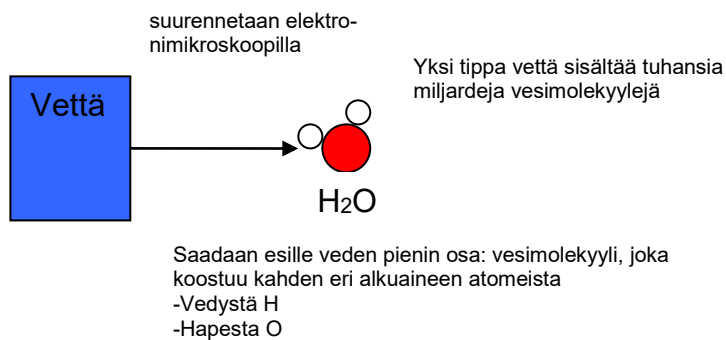
Vaikka alkuaineita on vain rajallinen määrä, niin yhdisteitä on lukematon määrä, kun eri atomit liittyvät toisiinsa eritavoin ja eri suhteissa.

Kaikilla alkuaineilla on oma kansainvälinen symboli, kemiallinen merkki.

Esim. Hiili C
Happi O
Rauta Fe
Kulta Au

Mikäli kemiallisessa merkissä on kaksi kirjainta, on ensimmäinen kirjain iso ja toinen pieni. Esim. Cu = kupari, ei CU, joka tarkoittaa hiiltä ja uraania.

Kemialliset yhdisteet koostuvat molekyyleistä tai ioneista. Molekyyleistä puhutaan, kun useampi sama tai eri alkuaine on liittynyt yhteen esim. happi O₂ tai vesi H₂O.



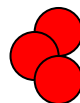
Kun eri määrä saman alkuaineen atomeja yhdistyy, saadaan erilaisia aineita, joilla on omat erilaiset ominaisuutensa.

Esim. happiatomin yhdistyminen happimolekyyliksi tai otsonimolekyyliksi

2 x happiatomi → Happimolekyyli

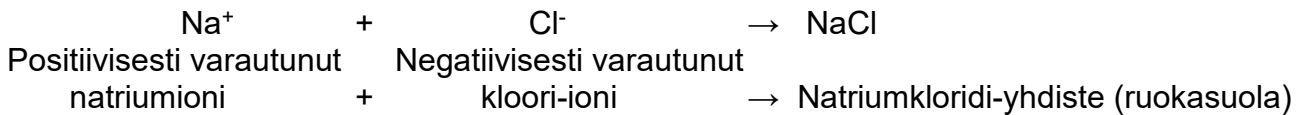


3 x happiatomi → Otsonimolekyyli



Esim. Vetyperoksidi H_2O_2 on mm. valkaisuaineena käytetty voimakkaasti hapettava aine, jota ei missään tapauksessa voi syödä. Kun taas juomavesi H_2O on samoista atomeista koostuva yhdiste jonka ominaisuudet ovat täysin erilaiset.

Ioneista taas puhutaan, kun sähköisesti varautuneet atomit tai atomiryhmät ovat kiinni toisissaan sähköisten vetovoimien vaikutuksesta. Esim.

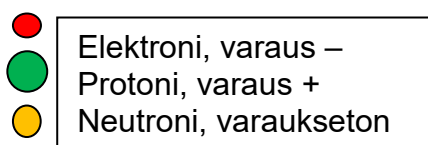
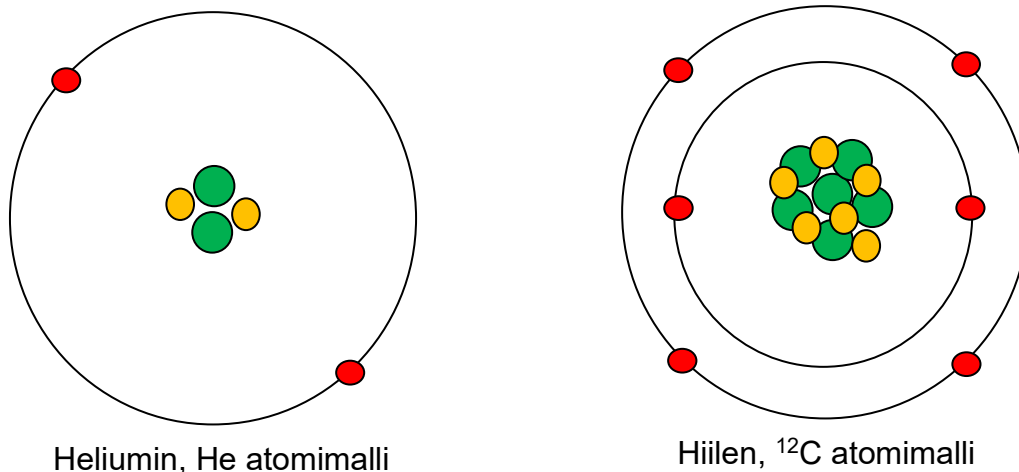


Atomit koostuvat vielä pienemmistä osista alkeishiukkasista joita ovat:

<u>symboli</u>	<u>sähkövaraus</u>	
• Elektronit e^-	-1	
• Protonit p^+	+1	} Nukleonit; koostuvat vielä pienemmistä hiukkasista kvarkeista
• Neutronit n	0	

Yksinkertaistetun atomimallin mukaan nukleonit eli protonit ja neutronit sijaitsevat atomissa keskellä eli ytimessä, joka on positiivisesti varautunut (ydinhiukkaset). Nukleonien koko on keskenään samanlainen. Elektronit taas ovat niitä huomattavasti pienempiä, niiden massa on 1/1840 nukleonin massasta. Elektronit sijaitsevat ydintä kiertävillä kiertoradoilla ns. elektroniverhossa, joka on varautunut negatiivisesti. Elektroniradat ovat hyvin kaukana ytimestä, jolloin atomi on suurimmalta osaltaan tyhjää tilaa. Jos kuviteltaisiin, että atomin ytimen halkaisija olisi yksi metri, olisivat elektronit siitä kymmenen kilometrin päässä.

Atomeista voidaan piirtää yksinkertaistettu malli, jossa alkeishiukkaset sijoitetaan suunnilleen oikealle paikalle.



KUVA. Bohrin yksinkertaistettu atomimalli

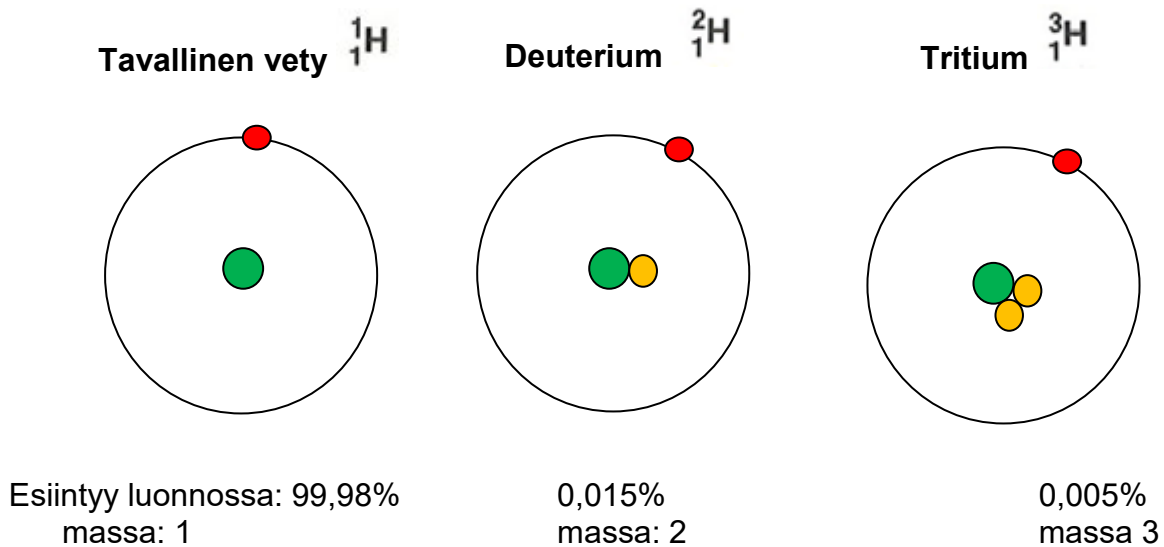
Atomin ydin määrää alkuaineen, mutta elektroniverho sen, millaisia ioneja ja yhdisteitä voi alkuaineesta syntyä. Kuoret nimetään sisimmästä lähtien joko 1,2,3,4... tai K,L,M,N... Kuorelle mahtuu elektroneja $2 \cdot n^2$, n = kuoren numero. Uloimmalla elektronikuorella joka atomilla on käytössä voi olla maksimissaan kahdeksan elektronia (oktetti).

Sähköisesti varauksettomalla atomilla on elektronien (neg. varaus) ja protonien (pos. varaus) määrän oltava sama.

Tietyn alkuaineen atomeilla on keskenään aina sama määrä protoneja ytimessään, mutta neutronien määrä voi vaihdella, jolloin myös sen massa muuttuu. Tällaisia erimassaisia atomeja kutsutaan toistensa isotoopeiksi. Esim. hiilellä on kaksi pysyvää isotooppia:

	Protoneja	Neutroneja	Määrä luonnossa
^{12}C	6	6	98,9%
^{13}C	6	7	1,1%

Esim. Vedyn isotoopit, neutronien määrän vaihtelun vuoksi ovat:



Koska atomien massat ovat todella pieniä, käytetään todellisen massan sijaan suhteellista atomimassaa, jonka perustana on hiilen C atomimassa 12,011, joka saadaan laskemalla:

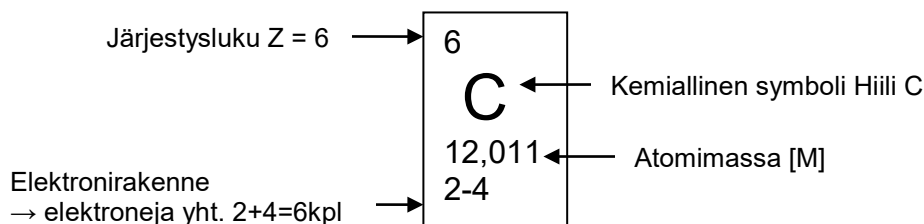
$$\left[12 \cdot \frac{98,9\%}{100\%} \right] + \left[13 \cdot \frac{1,1\%}{100\%} \right] = 12,011$$

Myös muut alkuaineet esiintyvät luonnossa isotooppiseoksina, mistä johtuen niiden atomimassat eivät ole kokonaislukuja. Esim.

- Vety H 1,008 (Otettu huomioon isotooppien suhteellinen esiintyminen luonnossa.)
- Elohopea Hg 200,59
- Ununbium 285 (vain yksi isotooppi)

Protonien lukumäärä atomin ytimessä on sama kuin alkuaineen järjestysluku Z.

Jaksolliseen järjestelmään on taulukoitu kaikki alkuaineet järjestysluvun mukaan 1-118.

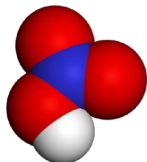


Atomimassasta saadaan neutronien määrä pyöristämällä se kokonaisluvuksi ja vähentämällä siitä järjestysluku eli protonien määrä. Esim. $12,011 \approx 12 \rightarrow 12-6=6$ kpl

1.2 Molekyyli

Erilaisista atomien yhdistelmistä syntyy erilaisia molekyylejä. Kuten happi O_2 , Typpi N_2 , vety H_2 . Eri alkuaineista yhdistyneet molekyylit ovat kemiallisia yhdisteitä,

esim. typpihappomolekyylillä HNO_3



- 1 kpl typpiatomeja
- 1 kpl vetyatomeja
- 3 kpl happiatomeja

Molekyylikaava kertoo, minkä alkuaineiden atomeista yhdiste koostuu. Atomien lukumäärä molekyylissä kirjoitetaan alkuaineen merkin jälkeen oikeaan alakulmaan. Sulut kemiallisessa kaavassa tarkoittavat samaa kuin matematiikassakin eli sulkujen ulkopuolella olevalla luvulla kerrotaan kaikki sisällä olevat.

esim. $Ca(OH)_2$ Kalsiumhydroksidi sisältää: 1 x kalsiumatomin, 2 x happimolekyylin ja 2 x vetymolekyylin

1.3 Molekyylimassa M (g/mol)

Suhteellinen molekyylimassa saadaan laskemalla yhteen molekyylissä olevien atomien atomimassat, jotka löytyvät jaksollisesta järjestelmästä.

Esim.

Kalsiumhydroksidi $Ca(OH)_2$

- 1 kpl Kalsiumatomeja (atomimassa $M = 40,08$ g/mol)
- 2 kpl Happiatomeja (16,01 g/mol)
- 2 kpl Vetyatomeja (1,008 g/mol)

$$M(Ca(OH)_2) = 40,08 + 2 \cdot 16,00 + 2 \cdot 1,008 = 74,1 \text{ g/mol}$$

Mikäli kertomerkki esiintyy kemiallisessa kaavassa, kideveden yhteydessä tukitaan se molekyyli­massan laskemisessa yhteenlaskuksi.

Esim.

Kuparisulfaattipentahydraatti $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

- 1 kpl Kupariatomeja
- 1 kpl Rikkiatomeja
- $4 + 5 = 9$ kpl Happiatomeja
- $2 \cdot 5 = 10$ kpl Vetyatomeja

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) = 63,55 + 32,06 + 9 \cdot 16,00 + 10 \cdot 1,01 = 249,71 \text{ g/mol}$$

Molekyyli­massan perusteella voidaan laskea yhdisteen koostumus massaprosentteina. Esimerkiksi Typpihappo HNO_3 sisältää massaprosentteina:

$$M(\text{HNO}_3) = 1,01 + 14,01 + 3 \cdot 16,00 = 63,02 \text{ g/mol}$$

$$\text{vety}\% = \frac{1,01}{63,02} \cdot 100\% = 1,6\%$$

$$\text{Typpi}\% = \frac{14,01}{63,02} \cdot 100\% = 22,2\%$$

$$\text{Happi}\% = \frac{3 \cdot 16,00}{63,02} \cdot 100\% = 76,2\%$$

$$\text{Tarkistus: } 1,6\% + 22,2\% + 76,2\% = 100\%$$

2. Ainemäärä (mol)

Kemiassa ei atomien pienen massan vuoksi tarkastella massayksiköitä tai tilavuusyksiköitä. Toisin sanoen atomien pienen massan vuoksi vähän ainetta on paljon atomeja. Tämän vuoksi kemiassa tarkastellaan mitattavissa määrissä olevaa aine-erää, ainemäärää jonka symboli on n.

Ainemäärä on yksi SI-järjestelmän perussuure, jonka yksikkö on mooli (mol).

Koska atomit ja molekyylit ovat niin pieniä, käytetään moolia. 1 mooli ainetta sisältää avogadron vakion (N) verran aineen rakenne osia.

$$N = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ hiukkasta/mol}$$

Lukua $6,022 \cdot 10^{23}$ nimitetään mooliksi aivan kuin lukua 2 nimitetään pariksi.

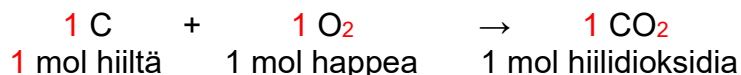
Esim. kuinka monta atomia on kahdessa moolissa kultaa?

Atomien lukumäärä saadaan kertomalla Avogadron vakio kahdella:

$$\text{Atomit}(kpl) = 2 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{\text{perusosaa}}{\text{mol}} = 1,2044 \cdot 10^{24} \text{ kpl}$$

Reaktioyhtälöillä kuvataan kemiallisten yhdisteiden muodostumista. Reaktioyhtälön kertoimet kuvaavat sitä, kuinka monta moolia kutakin lähtöainetta tarvitaan, jotta tuotteita syntyy saman verran.

Esim. Yhdestä moolista hiiltä ja happimolekyylejä syntyy yksi mooli hiilidioksidia.



Esim. Yhdestä moolista typpimolekyylejä (N₂) ja kolmesta moolista vetymolekyylejä (H₂) syntyy 2 moolia ammoniakkia, joka sisältää kaksi typpiatomia ja 2 x 3 vetyatomia. ↔ molemmilla puolilla reaktioyhtälöä tulee olla sama määrä atomeja.



Ainemäärä lasketaan moolimassan ja aineen massan avulla.

$$\begin{array}{c} \triangle \\ \hline m \\ \hline n \cdot M \\ \triangle \end{array}$$

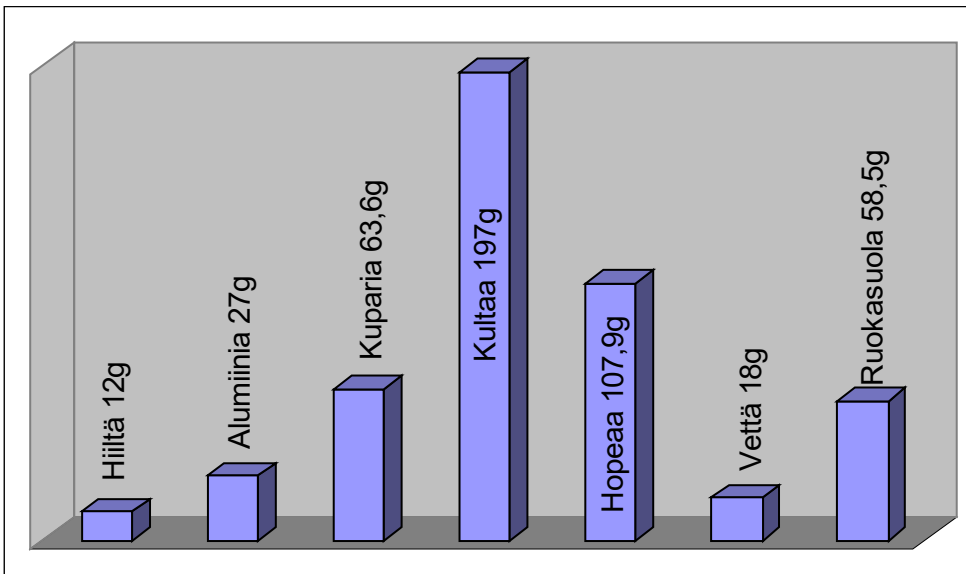
$$n = \frac{m}{M} = \frac{\text{massa}}{\text{moolimassa}}$$

n = ainemäärä [n] = mol

m = aineen massa [m] = g

M = moolimassa [M] = g/mol

Kukin kuvan yksi pylväs sisältää $6,022 \cdot 10^{23}$ kappaletta aineen yksiköitä eli moolin ainetta.



Esim. Montako moolia on yksi kilogramma vettä?

Veden massa = $m(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$

Veden moolimassa = $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$

Veden moolien määrä:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1000 \text{ g}}{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 55,6 \text{ mol}$$

Esim. Montako grammaa on 5 moolia rautaa?

Raudan moolimassa = $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g/mol}$

Raudan ainemäärä = $n(\text{Fe}) = 5 \text{ mol}$

Raudan massa:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M = 5 \text{ mol} \cdot 55,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 279 \text{ g}$$

2.1 Kaasumaisten aineiden ainemäärä NTP:ssä

Kaasumaisia aineita mitataan yleensä tilavuusyksiköissä. Kaasujen tilavuus riippuu merkittävästi vallitsevasta lämpötilasta ja paineesta. Kun lämpötila on 0°C ja paine $1,013 \text{ bar}$ (1 atm), on kaasu normaaliolosuhteissa eli NTP:ssä. Tällöin yhden kaasumoolin tilavuus kaasusta riippumatta on $22,4 \text{ litraa}$.

Kaikkien kaasujen moolitilavuus NTP:ssä:

$$V_m = 22,41 \text{ l/mol}$$

Ainemäärä kaasuille lasketaan siis kaavasta:

$$\begin{array}{c} \triangle \\ \hline V \\ \hline n \cdot V_m \\ \triangle \end{array}$$

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{\text{tilavuus}}{\text{moolitilavuus}}$$

n = ainemäärä (mol)

V = kaasun tilavuus (l)

V_m = moolitilavuus = 22,41 (l/mol)

Esim. Montako moolia on 50l happea NTP:ssä?

$$n(O_2) = \frac{50l}{22,41 \text{ l/mol}} = \underline{2,2 \text{ mol}}$$

Esim. Kuinka suuren tilavuuden vie 5,0 mol kloorikaasua NTP:ssä?

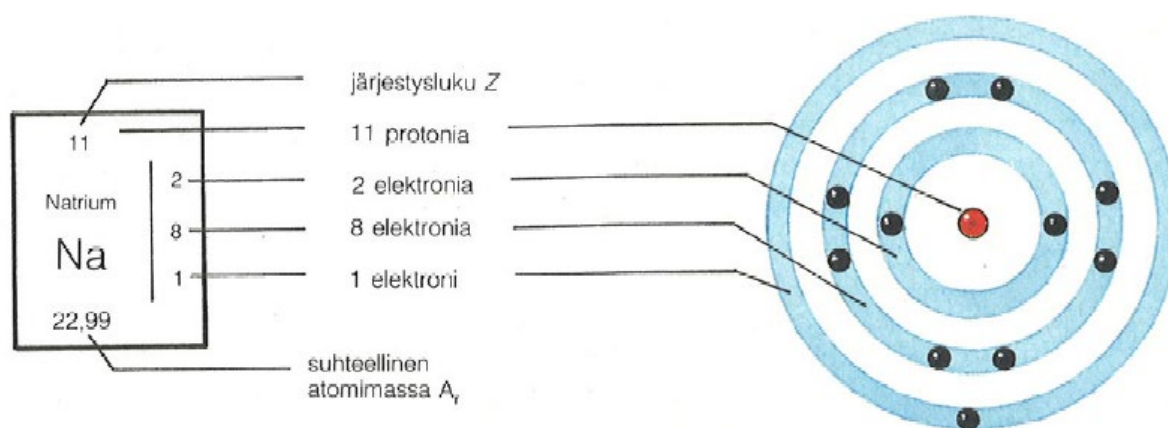
3. Jaksollinen järjestelmä

Jaksollisessa järjestelmässä alkuaineet on järjestetty atomien protonien lukumäärän eli järjestysluvun mukaiseen järjestykseen. Alkuaineen sijainti jaksollisessa järjestelmässä antaa tietoja alkuaineen kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista sekä atomin rakenteesta.

Edettäessä kasvavan järjestysluvun mukaisessa järjestyksessä kasvaa paitsi protonien myös elektronien lukumäärä, koska elektroneja ja protoneita on atomissa yhtä monta.

Alkuaineen kemialliset ominaisuudet määräytyvät atomien elektroniverhon rakenteen mukaan, eli sen mukaan miten elektronit ovat sijoittuneet ytimen ympärille. Elektronit sijoittuvat elektronikuorille erilaisten energiatilojensa mukaisesti. Niillä elektroneilla jotka ovat lähinnä ydintä, on pienin energia. Elektronikuoria merkitään joko numeroin 1...7 tai kirjaimin K, L, M, N, O, P, Q. Elektroneja elektronikuorille mahtuu $2 \cdot n^2$ kpl. Eli ensimmäiselle K-kuorelle mahtuu 2 toiselle L-kuorelle 8 ja kolmannelle M-kuorelle 18 elektronia ennen kuin ne täyttyvät. Jokainen atomi pyrkii pienimpään mahdolliseen energiatilaan, mistä johtuen K-kuori täyttyy ensin. M-kuoren ja siitä eteenpäin täytyminen ei ole säännönmukaista ja N-kuori alkaakin täytyä kun M-kuorella on vasta 8 elektronia.

Uloimmalla kuorella EI IKINÄ voi olla enempää kuin 8 elektronia. Kun uloin kuori on täynnä eli siellä on kahdeksan elektronia, on se silloin saavuttanut elektronioktetin.



Kuvassa suhteellisen atomimassan merkkinä käytetään A_r , mutta yleisemmin käytetään atomimassan symbolina merkintää M . Täydellisestä jaksollisesta järjestelmästä käy ilmi sekä atomin ytimessä olevien protonien lukumäärä että elektronikuorilla olevien elektronien lukumäärät.

Atomin ulointa elektronikuorta havainnollistetaan ns. rakennekaavoilla, joissa uloimman kuoren elektronit piirretään kemiallisen merkin ympärille pistein tai kun elektroneja on enemmän kuin neljä muodostuu kahdesta elektronista elektronipari.

Esim.



Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Period																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
Lanthanides			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
Actinides			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Järjestelmässä *vaakarivit eli jaksot* vastaavat atomin elektronikuoria. Vety ja helium joiden elektronit ovat K-kuorella muodostavat oman jakson. Alkuaineet litiumista neoniin muodostavat toisen jakson, sillä niiden elektronit ovat jakautuneet K- ja L-kuorille.

Näin jaksoteltuina kemiallisesti samankaltaiset alkuaineet joutuvat järjestelmässä *allekkain muodostaen ryhmän*. Ensimmäisen ryhmän muodostavat vety, litium, natrium, kalium, rubidium, cesium ja frankium. Näiden kaikkien alkuaineiden uloimmalla kuorella on yhtä monta elektronia, eli tässä tapauksessa yksi. Koska atomien elektroniverhon rakenne vaikuttaa alkuaineiden ominaisuuksiin, saman ryhmän alkuaineet muistuttavat ominaisuuksiltaan toisiaan.

Muutamilla ryhmillä on omat nimensä ja keskinäinen samankaltaisuus on erityisen selvä.

Ryhmän numero	Nimi	Ominaisuudet
1A (ei vety)	alkalimetallit	metalleja, keveitä, kemiallisesti aktiiveja
2A	maa-alkalimetallit	metalleja, hieman edellistä raskaampia, kemiallisesti aktiivisia
7B	halogeenit	epämetalleja, kaasuja tai helposti höyrystyviä, myrkyllisiä, kemiallisesti aktiivisia
0	jalokaasut	epämetalleja, kaasuja, kemiallisesti tehottomia

Alkuaineen paikasta jaksollisessa järjestelmässä saadaan tietoja aineen ominaisuuksista:

- Alkuaineen taipumus luovuttaa elektroneja kasvaa ryhmissä alaspäin ja jaksoissa vasemmalle mentäessä (=metallimaiset ominaisuudet kasvavat).
- Atomikoko kasvaa ryhmissä alaspäin mentäessä.
- Sulamispiste, kiehumispiste ja tiheys kasvavat ryhmissä alaspäin mentäessä.
- Ryhmien 2A ja 3B välissä ovat siirtymäryhmien alkuaineet eli raskaat metallit
 - Siirtymämetallien yhteisiä ominaisuuksia ovat
 - Korkea sulamispiste (paitsi elohopea -39°C)
 - Suuri tiheys
 - Muodostavat värillisiä yhdisteitä (paitsi sinkki)

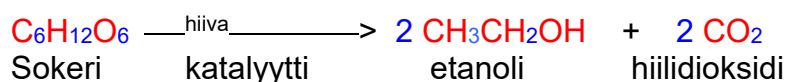
4. Kemiaalliset reaktiot

Aineessa tapahtuvat reaktiot ovat kolmenlaisia: fysikaalisia, kemiallisia tai ydinreaktioita.

- Fysikaalinen; muutoksessa aineen rakenneosat säilyvät ennallaan, esim. sulaminen, kiehuminen tai liukeneminen.
- Kemiallinen; atomit sitoutuvat toisiin atomeihin. Kemiallisessa reaktiossa syntyvät aineet ovat usein erilaisia kuin lähtöaineet.
- Ydinreaktio; muutokset tapahtuvat atomin ytimessä. Esim. käytetään hyödyksi ydinvoimassa.

Kemialliset reaktiot tapahtuvat atomin uloimmalla elektronikuorella olevien elektronien välityksellä. Aineen kemialliset ominaisuudet, kuten halu reagoida muiden aineiden kanssa määräytyy siis pääasiassa atomien elektroniverhon perusteella.

Reaktioyhtälö kuvaa kemiallista reaktiota kemiallisten merkkien avulla.



Reaktioyhtälössä:

- Lähtöaineet vasemmalle puolelle, tuotteet oikealle
- Nuoli ilmoittaa reaktion kulkusuunnan
- Reaktioyhtälöön voidaan merkitä nuolen kohdalle tietoja reaktio-olosuhteista, kuten lämpötila ja paine. Myös mahdollinen katalyytti voidaan merkitä näkyviin.
- Reaktioyhtälöstä käy ilmi kuinka monta moolia kutakin lähtöainetta tarvitaan ja kuinka monta moolia kutakin tuotteita syntyy.
- Etsitään pienimmät mahdolliset kertoimet, joilla kummallakin puolella on yhtä monta saman alkuaineen atomia.
- Reagoivien aineiden perään voidaan myös merkitä sen olomuoto. Esim. $\text{H}_2\text{O} (\text{l})$ tarkoittaa että vesi on nestemäinen l =nestemäinen (liquid), g =kaasu (gas), s =kiinteä (solid) ja aq =vesiliuoksessa

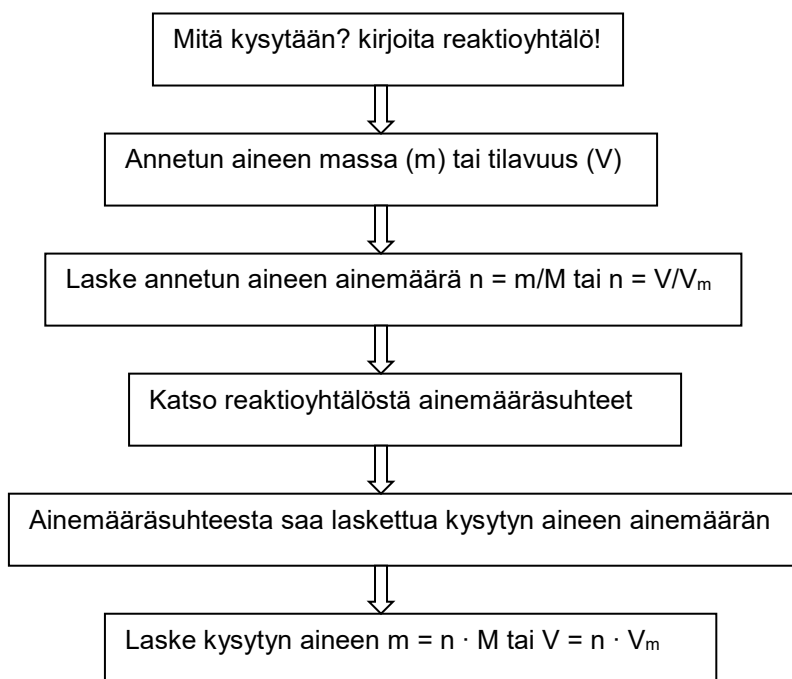
Reaktioyhtälön kertoimia kutsutaan toisiaan vastaaviksi eli ekvivalenteiksi ainemääriksi. Näitä suhteita käytetäänkin hyväksi kemian laskuissa.

Reaktioyhtälöissä on otettava huomioon, että jotkin alkuaineet ovat kahden atomin molekyyliä. Esim. Happi O_2 , Vety H_2 , Typpi N_2 , Halogeenit.

4.1. Stoikiometria

Stoikiometriassa tutkitaan kemiallisten reaktioiden lähtöaineiden ja tuotteiden suhteita ja niiden muuttumista.

Stoikiometrisissa laskuissa voidaan yhden tunnetun aineen massan avulla laskea, kuinka paljon kysyttyä ainetta tarvitaan, jotta kemiallinen reaktio voi tapahtua mahdollisimman täydellisesti.



Esim. Montako grammaa happea kuluu kun 120g hiiltä palaa hiilidioksidiksi?

Reaktioyhtälö: $C + O_2 \rightarrow CO_2$

$$m(C) = 120g$$

$$M(C) = 12,01g/mol$$

Reaktiossa kuluvan hiilen ainemäärä on:

$$n(C) = \frac{m}{M} = \frac{120g}{12,01g/mol} = 9,99 \approx 10mol$$

Reaktioyhtälön mukaan yksi mooli hiiltä kuluttaa yhden moolin happea.

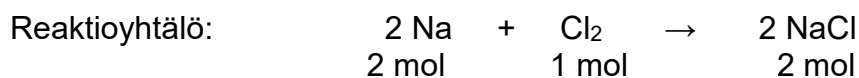
$$\rightarrow n(C) = n(O_2) = 10 mol$$

Palamiseen kuluva hapen määrä:

$$M(O_2) = 2 \cdot 16,00g/mol = 32g/mol$$

$$m(O_2) = n \cdot M = 10 \text{ mol} \cdot 32 \text{ g/mol} = \underline{320 \text{ g}}$$

Esim. Montako grammaa ruokasuolaa syntyy 100 grammasta natriumia?



$$m(\text{Na}) = 100 \text{ g}$$

$$M(\text{Na}) = 22,99 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{NaCl}) = 22,99 \text{ g/mol} + 35,45 \text{ g/mol} = 58,44 \text{ g/mol}$$

Reaktiossa kuluvan natriumin ainemäärä on:

$$n(\text{Na}) = \frac{m}{M} = \frac{100 \text{ g}}{22,99 \text{ g/mol}} = 4,35 \text{ mol}$$

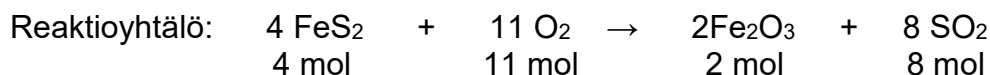
Reaktioyhtälöstä nähdään, että 2 mol natriumia = 2 mol NaCl

$$\rightarrow n(\text{NaCl}) = n(\text{Na}) = 4,35 \text{ mol}$$

Reaktiossa syntyvän ruokasuolan määrä:

$$m(\text{NaCl}) = n \cdot M = 4,35 \text{ mol} \cdot 58,44 \text{ g/mol} = \underline{254,21 \text{ g}}$$

Esim. Pasutettaessa (kuumennettaessa ilmvirrassa) pyriittiä FeS_2 , saadaan rauta(III)oksidia Fe_2O_3 ja rikkidioksidia SO_2 , josta valmistetaan rikkihappoa. Kuinka paljon happea (kg) kuluu valmistettaessa 2 kg rikkidioksidia?



$$m(\text{SO}_2) = 2 \text{ kg} = 2000 \text{ g}$$

$$M(\text{SO}_2) = 32,06 + 2 \cdot 16,00 = 64,06 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{SO}_2) = \frac{2000 \text{ g}}{64,06 \text{ g/mol}} = 31,22 \text{ mol}$$

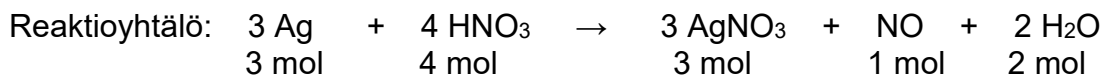
Yksi mooli rikkidioksidia vaatii reaktioyhtälön mukaan 11/8 mol happea, joten tarvittava happimäärä:

$$n(O_2) = \frac{11}{8} \cdot n(\text{SO}_2) = \frac{11}{8} \cdot 31,22 \text{ mol} = 42,93 \text{ mol}$$

$$M(O_2) = 2 \cdot 16,00 = 32,00 \text{ g/mol}$$

$$m(O_2) = n \cdot M = 42,93 \text{ mol} \cdot 32,00 \text{ g/mol} = 1373,68 \text{ g} = \underline{1,374 \text{ kg}}$$

Esim. Hopean liueteissa laimeaan typpihappoon muodostuu hopeanitraattia typpimonoksidia ja vettä. Kuinka monta grammaa typpimonoksidia muodostuu kun 15 g hopeaa liuutetaan typpihappoon?



$$m(\text{Ag}) = 15 \text{ g}$$

$$M(\text{Ag}) = 107,89 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{Ag}) = \frac{15 \text{ g}}{107,89 \text{ g/mol}} = 0,139 \text{ mol}$$

Reaktioyhtälön mukaan kolmen hopeamoolin liueteissa syntyy yksi mooli typpimonoksidia.

$$n(\text{NO}) = \frac{1}{3} \cdot n(\text{Ag}) = \frac{1}{3} \cdot 0,139 \text{ mol} = 0,0463 \text{ mol}$$

$$M(\text{NO}) = 14,01 + 16,00 = 30,01 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{NO}) = 0,0463 \text{ mol} \cdot 30,01 \text{ g/mol} = \underline{1,39 \text{ g}}$$

Esim. Happea valmistetaan kuumentamalla kaliumkloraattia? Kuinka paljon tarvitaan kaliumkloraattia valmistettaessa 10,0 l happea (NTP)?



$$V(\text{O}_2) = 10,0 \text{ l}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{10,0 \text{ l}}{22,41 \text{ l/mol}} = 0,446 \text{ mol}$$

Yhden happimoolin syntymiseen tarvitaan reaktioyhtälön mukaan 2/3 moolia kloraattia.

$$n(\text{KClO}_3) = \frac{2}{3} \cdot n(\text{O}_2) = \frac{2}{3} \cdot 0,446 \text{ mol} = 0,297 \text{ mol}$$

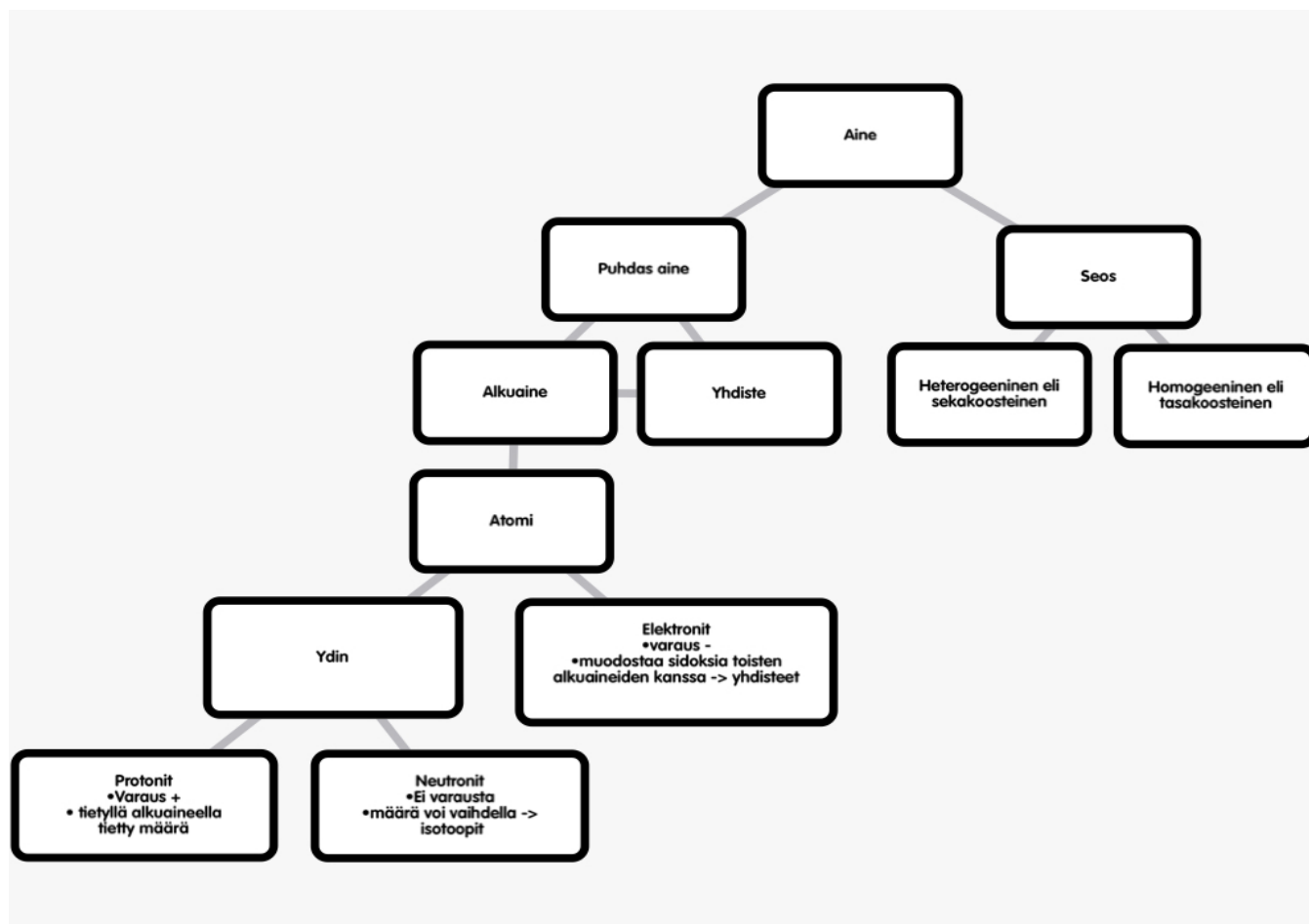
$$M(\text{KClO}_3) = (39,10 + 35,45 + 3 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 122,55 \text{ g/mol}$$

$$m = n \cdot M = 0,297 \text{ mol} \cdot 122,55 \text{ g/mol} = 36,40 \text{ g}$$

5. Aineiden olomuodot

5.1 Puhtaat aineet ja seokset

Aineet voidaan luokitella puhtaisiin aineisiin ja seoksiin. Luonnossa aineet esiintyvät yleensä seoksina, mutta myös puhtaina alkuaineina. Aineen koostumuksella tarkoitetaan sitä, minkälaisista rakenneosista (atomi, ioni tai molekyyli) aine koostuu.



5.1.1 Alkuaine

Koostuu vain yhdenlaisista atomeista. Osa alkuaineista esiintyy kahden atomin yhteenliittyminä, alkuainemolekyyleinä, esim. happi ja typpi. Tällä hetkellä tunnetaan noin 115 alkuainetta. Niistä n. 90 esiintyy luonnossa, loput ovat keinotekoisesti valmistettuja. Maankuoren yleisimmät alkuaineet ovat pii ja happi.

5.1.2 Kemiallinen yhdiste

Muodostuu kahdesta tai useammasta eri alkuaineesta. Yhdisteet jaotellaan rakenteen perusteella molekyyliyhdisteisiin ja ionirakenteisiin yhdisteisiin.

- Molekyyliyhdisteessä atomit ovat sitoutuneet toisiinsa yhteisessä käytössä olevien elektronien välityksellä. Esim. vesi.
- Ionirakenteinen yhdiste rakentuu vastakkaismerkkisten sähkövarauksien omaavista rakenneosista, ioneista. Esim. ruokasuola eli natriumkloridi.

5.1.3 Puhdas aine

Koostuu vain yhdenlaisista rakenneosista. Se voi olla alkuaine tai kemiallinen yhdiste.

5.1.4 Seos

Koostuu kahdesta tai useammasta puhtaasta aineesta; siinä on erilaisia rakenneosia. Seoksia löytyy rajaton määrä

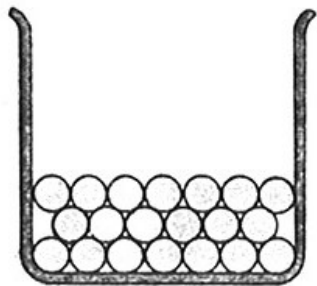
- **Tasakoosteinen eli homogeeninen seos** näyttää joka kohdasta samanlaiselta. Esim. alkoholi (liuos), sumu (vesipisaroita kaasussa) ja teräs (metalliseokset) ovat tasakoosteisia seoksia.
- **Sekakoosteinen eli heterogeeninen seos** näyttää eri kohdista erilaiselta. Esimerkiksi monet kivilajit ovat sekakoosteisia seoksia tai jogurtti jossa on kokonaisia marjoja.

5.2. Olomuodot

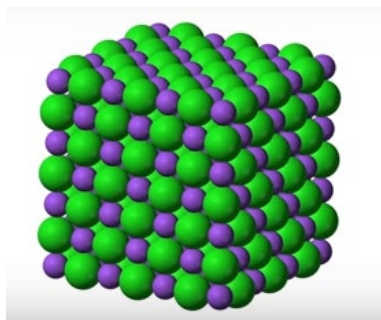
Aineella on kolme olomuotoa: kiinteä (kiteinen), neste ja kaasu. Lämmitettäessä kiinteä aine muuttuu nesteeksi ja edelleen kaasuksi. Jäähdyttämällä ainetta muutokset tapahtuvat vastakkaiseen suuntaan.

Aineen rakenneosina olevat pienet hiukkaset: atomit, molekyylit ja ionit, pyrkivät vetovoimien vaikutuksesta lähelle toisiaan. Toisaalta hiukkasilla on liike-energiaa, joka pyrkii irrottamaan niitä toisistaan.

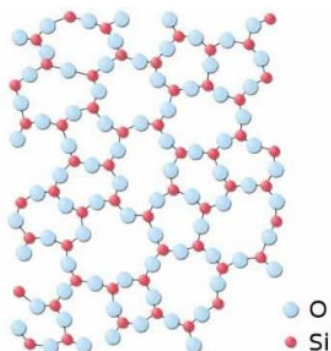
5.2.1 Kiinteät aineet



Kiinteät aineet voivat olla joko kiteisiä tai amorfisia. Kiteisissä aineissa hiukkaset muodostavat säännöllisen kuviollisen avaruushilan. Kiinteän aineen rakenneosat, atomit, molekyylit tai ionit voivat vain värähdellä asemansa suhteen. Tätä värähtelyä kutsutaan lämpöliikkeeksi ja on sitä voimakkaampaa mitä korkeampi lämpötila on.



Amorfisilla aineilla (kuten lasi, kumi, tai monet muovit) ei ole säännöllistä rakennetta, joten ne voidaan ajatella äärimmäisen jäykiksi nesteiksi. Niillä ei myöskään ole varsinaista sulamispistettä, vaan ne muuttuvat kuumennettaessa vähitellen pehmeiksi ja juokseviksi.



5.2.3 Nestemäiset aineet

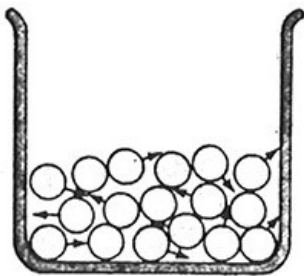
Nesteet ovat lähes kokoon puristumattomia. Nestemäisissä aineissa hiukkaset ovat toistensa vaikutuspiirissä jolloin ne voivat kulkea toistensa ohi, mistä johtuu nesteiden juoksevuus tai ts. valuvuus. Hiukkasten väliset voimat pitävät kuitenkin nesteiden tilavuuden sa-

mana. Koska hiukkaset sijaitsevat lähempänä toisiaan, on nesteillä kaasuja suurempi tiheys.

Tiheys:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Nestemäisillä aineilla hiukkasten liikkeeseen vaikuttaa: lämpötila, vetovoimat, hiukkasten koko ja muoto, jotka aiheuttavat vaihteluita nesteen viskositeettiin eli jäykkyyteen. Nestemäiset aineet eivät aina sekoitu täysin toisiinsa.



5.2.2 Kaasut

Kaasumaisella aineella hiukkasten liike on hyvin nopeaa. Esimerkiksi happikaasussa O_2 -molekyylit liikkuvat 440 m/s 25°C lämpötilassa. Molekyylit täyttävätkin liikkeellään koko käytettävissä olevan tilan ja näin ollen niiden välimatkat ovat suuria. Esimerkiksi litrasta vettä muodostuu lämmitettäessä 700 l vesihöyryä. Kaasumaisten aineiden paine johtuu hiukkasten törmäyksestä astian seiniin. Mitä suurempi on näiden ranneosion lukumäärä tilavuusyksikköä kohti, sitä useammin törmäys tapahtuu ja sitä suurempi on kaasun paine. Lämpötilan noustessa ranneosasten liike nopeutuu ja törmäystiheys kasvaa. Kaasuja voidaan helposti puristaa kokoon pakottamalla rakenneosaset lähemmäksi toisiaan. Tilavuuden pienentyessä kaasun paine kasvaa törmäysten todennäköisyyden kasvaessa.

$$pV = nRT$$

p = paine [Pa = N/m²]

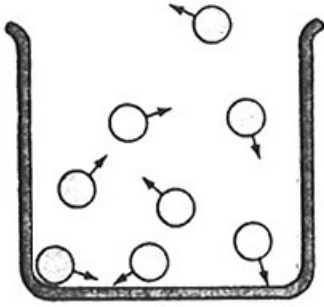
V = tilavuus [m³]

n = ainemäärä [mol]

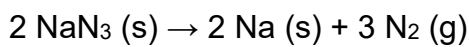
R = yleinen kaasuvakio = 8,314 J/mol·K = 8,314 Nm/mol·K

T = lämpötila [K]

Kaasumaisten aineiden tiheys on pieni verrattuna vastaavaan aineen kiinteään tai nestemäiseen muotoon. Kaasumaiset aineet sekoittuvat toisiinsa täydellisesti muodostaen homogeenisen seoksen.

**Esim.**

Kuinka paljon typpikaasua syntyy, kun 100g natriumatsidia NaN_3 hajoaa 25°C natriumiksi ja typeksi?



$$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$$

$$T = (273,15 + 25)\text{K} = 298,15 \text{ K}$$

$$p = 101325 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$M(\text{NaN}_3) = (22,99 + 3 \cdot 14,01) \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 65,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n(\text{NaN}_3) = \frac{m}{M} = \frac{100 \text{ g}}{65,02 \text{ g}} = 1,54 \text{ mol}$$

Reaktioyhtälön mukaan: 2 mol natriumatsidia tuottaa 3 mol typpikaasua

$$n(\text{N}_2) = \frac{3}{2} n(\text{NaN}_3)$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{3}{2} \cdot 1,54 \text{ mol} = 2,31 \text{ mol}$$

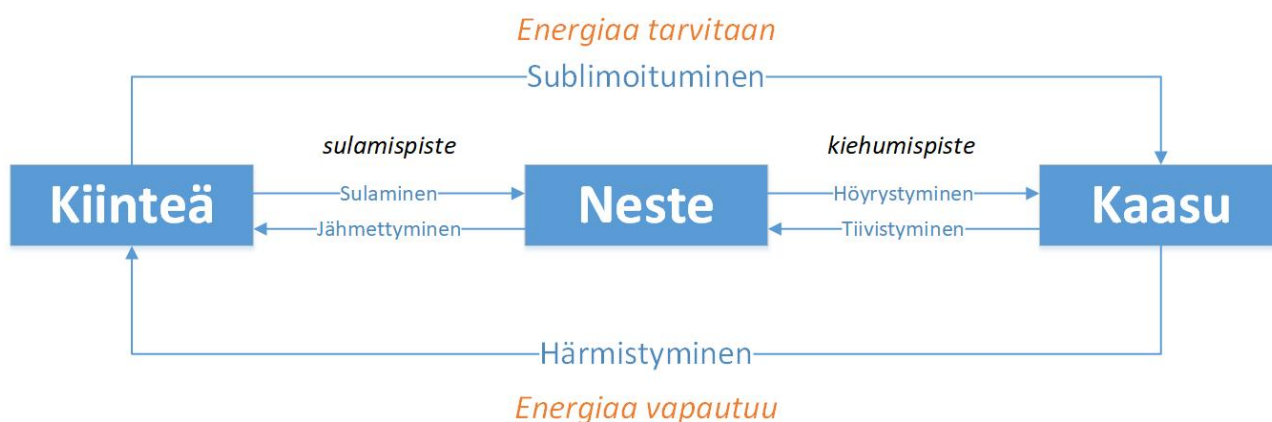
$$pV = nRT$$

$$V(\text{N}_2) = \frac{nRT}{p} = \frac{2,31 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ Nm} \cdot 298,15 \text{ K}}{101325 \text{ N}} = 0,0565 \text{ m}^3 = 56,5 \text{ l}$$

5.2.4 Sulamis- ja kiehumispiste

Aineen sulamispiste on se lämpötila, jossa kiinteä aine muuttuu saman lämpöiseksi nesteeksi. Koko sulamisen ajan lämpötila pysyy muuttumattomana. Amorfisilla aineilla ei ole

sulamispistettä vaan pehmeämis – sulamisalue. Aineen kiehumispiste on se lämpötila, jossa neste muuttuu saman lämpöiseksi höyryksi. Kiehumisen aikana ei lämpötila muutu.



Jotkin aineet voivat muuttua suoraan kiinteästä aineesta kaasuksi ja päinvastoin. Muun muassa Jodi ja naftaleeni käyttäytyvät näin. On myös aineita joilla ei ole sulamis- ja kiehumispistettä, koska ne lämmitettäessä hajoavat muiksi aineiksi.

Sulamispiste ja kiehumispiste ovat puhtaille aineilla tyypillisiä fysikaalisia ominaisuuksia. Varsinkin sulamispiste muuttuu herkästi vieraiden aineiden vaikutuksesta.

Sekoitettaessa jätää ja ruokasuolaa saadaan ns. kylmäseos jonka lämpötila laskee noin -20°C :seen. Muita kylmäseoksia ovat jään ja kalsiumkloridin seos, jonka lämpötila laskee -50°C :seen sekä kiinteän hiilidioksidin ja asetonin seos jolla saavutetaan jopa -100°C :n kylmyys.

Olomuodot lyhennetään seuraavasti: s = kiinteä, l = neste, g = kaasu.

Aine	-150°C	0°C	$+150^{\circ}\text{C}$	$+20^{\circ}\text{C}$
Typpi	g	g	g	g
Etanoli	s	l	g	l
Bromi	s	l	g	l
Alumiini	s	s	s	s
Elohopea	s	l	l	l

Mikäli jokin aine on liuenneena veteen, käytetään sen olomuodon lyhenteenä aq.

6. Kemiallinen sitoutuminen

Jalokaasut ovat lähes reagoimattomia alkuaineita, sillä niiden uloimman elektronikuoren miehitys on oktetissa. Toisin sanoen heliumilla on kaksi elektronia K-kuorella ja muilla (Ne, Ar, Kr, Xe, Rn) 8 elektronia eli oktetti. Tämän vuoksi ne esiintyvät luonnossa yksittäisinä atomeina.

Muiden alkuaineiden atomit pyrkivät oktettiin joko luovuttamalla tai vastaanottamalla elektroneja kemiallisessa reaktiossa. Näitä siirtyviä elektroneja kutsutaan sidoselektroneiksi. Alkuaineet voivat myös jakaa yhteisiä elektroneja.

Eri alkuaineilla on erilainen kyky vetää sidoselektroneja puoleensa. Tätä ominaisuutta kutsutaan elektronegatiivisuudeksi. Elektronegatiivisuus ilmaistaan vertausluvulla. Kaikista elektronegatiivisin on fluori, jolle on annettu arvo 4,0. Sidoksen luonteen määrää kemiallisilla yhdisteillä sidokseen osallistuvien atomien elektronegatiivisuusero. Mikäli elektronegatiivisuusero on alle 1,7 muodostuu atomien välille yleensä kovalenttinen sidos. Elektronegatiivisuuden kasvaessa yli 1,7 atomit muodostavat ionisidoksia.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 2,1																	He
2	Li 1,0	Be 1,5											B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0	Ne
3	Na 0,9	Mg 1,2											Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0	Ar
4	K 0,8	Ca 1,0	Sc 1,3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,5	Mn 1,6	Fe 1,8	Co 1,9	Ni 1,8	Cu 1,9	Zn 1,7	Ga 1,8	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8	Kr
5	Rb 0,8	Sr 1,0	Y 1,2	Zr 1,4	Nb 1,6	Mo 1,8	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 1,7	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,8	Te 2,1	I 2,5	Xe
6	Cs 0,7	Ba 0,9	*	Hf 1,3	Ta 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,9	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2	Rn
	Fr 0,7	Ra 0,9	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

	Epämetallit
	metallit
	puolimetallit

ELEKTRONEGATIIVISUUS on kemiallisesti sitoutuneiden alkuaineiden ominaisuus, jolla mitataan alkuaineen kykyä vetää sidoselektroneja puoleensa kemiallisessa yhdisteessä.

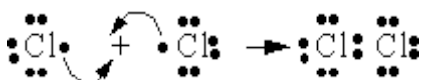
Sidos	Alkuaine	Yhdiste
IONISIDOS	METALLI+ EPÄMETALLI	→ SUOLA eli IONIYHDISTE
KOVALENTTINEN SIDOS	EPÄMETALLI + EPÄMETALLI	→ MOLEKYYLI
METALLISIDOS	METALLI + METALLI	→ METALLI tai METALLISEOS

6.1 Kovalenttinen sidos

EPÄMETALLI + EPÄMETALLI → MOLEKYYLI

Atomit ottavat ulkoelektronejaan yhteisiksi pyrkiessään oktettiin. Tällöin syntyy elektronipareja. Esimerkiksi vetyatomeja sitoo yhteen niiden yhteinen elektronipari = kovalenttinen sidos. Kovalenttisiä sidoksia muodostaa yleensä epämetallit.

Esim. klooriatomit saavat oktetin jakamalla kaksi elektronia.

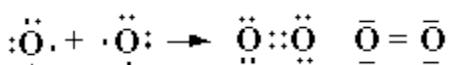


Mikäli atomit jakavat vain yhden elektroniparin, syntyy niiden välille yksikertainen kovalenttinen sidos esim.

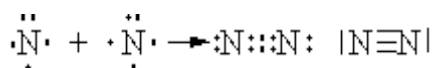


Kaksi atomia voi myös sitoa useampia elektronipareja kuin yhden.

Esim. happi jakaa oktettiin päästäkseen kaksi elektroniparia jolloin syntyy kaksoissidos.



Esim. typpimolekyylissä on kolme sitovaa elektroniparia, jolloin syntyy kolmoissidos



Kovalenttisesti sitoutuneiden yhdisteiden sulamis- ja kiehumispisteet ovat yleensä matalia, koska molekyylien välillä on vain heikkoja sidosvoimia pitämässä molekyyliä lähellä toisiinsa. Useimmat kovalenttiset yhdisteet eivät johda sähköä.

Samanaikaisesti välisissä kovalenttisissa sidoksissa elektronit ovat täysin yhteisiä molemmille atomeille. Eri alkuaineiden muodostamissa kovalenttisissa sidoksissa sidoselektronit ovat usein lähempänä jommankumman alkuaineen atomia, jolloin sidokset ovat poolisia.

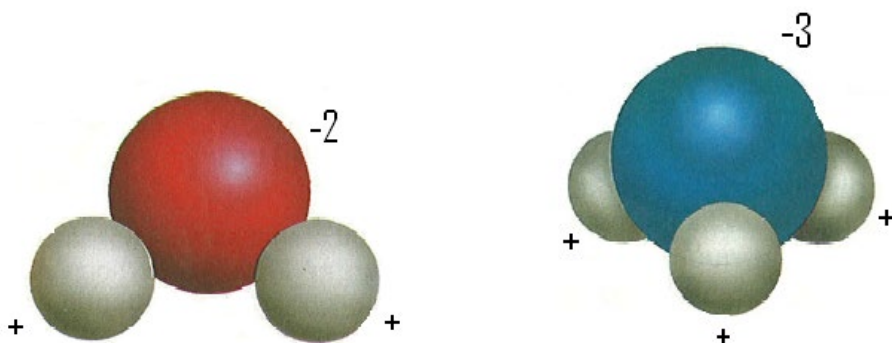
Esim. Vetyfluorimolekyyli HF, jonka fluori on erittäin elektronegatiivinen ja näin ollen vetää elektroneja voimakkaammin puoleensa. Fluori muodostaa molekyylin negatiivisesti varautuneen pään, jonka osittaisvaraus on elektronin varausta pienempi. Vedylle on puolestaan tullut positiivinen samansuuruinen osittaisvaraus. Näin varautunutta molekyyliä kutsutaan dipoliksi.



Kovalenttinen sidos on myös suuntautunut. Esim. vesimolekyyli H₂O, rakentuu kahdesta vedystä ja yhdestä hapesta. Happi-vetysidosten muodostama kulma vesimolekyylissä on noin 105 astetta. Tällöin vesimolekyylin negatiivisesti varautuneen hapen ja positiivisesti varautuneiden vetyjen varaukset eivät "ylety" kumoamaan toisiaan ja koko molekyyli on poolinen eli polaarinen.



Samoin esim. ammoniakkimolekyylissä elektronegatiivisemmän typen ja positiivisen osittaisvarauksen omaavien vetyjen varaukset eivät ylety kumoamaan toisiaan, joten ammoniakkimolekyyli on polaarinen yhdiste.



Vesimolekyyli H₂O

Ammoniakkimolekyyli NH₃

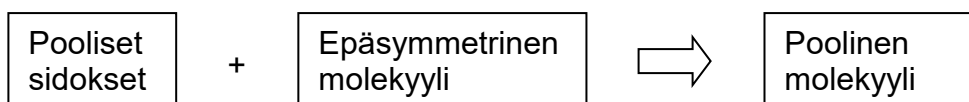
Hiilidioksidimolekyylissä sidokset O=C=O ovat poolisia hapen ollessa elektronegatiivisempi, mutta hiilidioksidimolekyyli on muodoltaan sauvamainen minkä takia elektronien siirtymät kumoavat toistensa vaikutuksen ja koko molekyyli on kokonaisuudessaan pooliton.



-2 +4 -2

Hiilidioksidimolekyyli CO₂

Poolisen eli polaarisen yhdisteen edellytyksenä on:



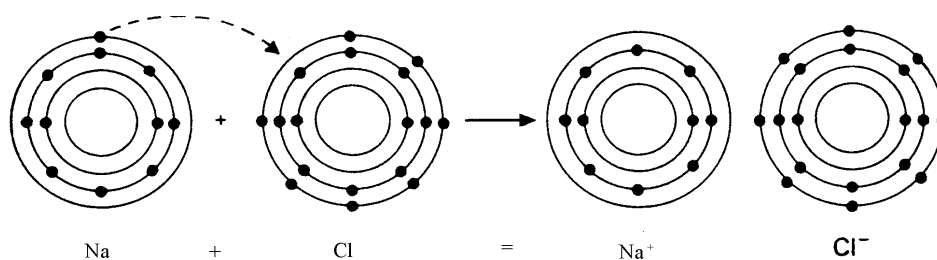
6.2 Ionisidos

Kemiallinen sidos on ionisidos, kun atomien välinen elektronegatiivisuusero on 1.7 tai suurempi, esimerkiksi natriumkloridi eli ruokasuola koostuu Na⁺-ja Cl⁻-ioneista ja niiden elektronegatiivisuusero on 2.1.

Metallien ja epämetallien väliset sidokset muodostuvat yleensä elektroneja luovuttamalla ja vastaanottamalla. Metallien elektronegatiivisuus on yleensä pieni kun taas epämetalleilla se on suuri jolloin elektronegatiivisuusero muodostuu niin suureksi että kemiallisissa reaktioissa epämetalliatomit ottavat kokonaan itselleen metallien sidoselektronit.

Ionirakenteisia yhdisteitä pitää koossa positiivisten ja negatiivisten ionien väliset sähköiset vetovoimat. Ionisidos onkin luonteeltaan vahva kemiallinen sidos.

Esim. NaCl. Natrium luovuttaa kloorille yhden elektronin, jolloin kloori saavuttaa oktetin ja muodostuu ionisidos. Samalla natrium saavuttaa lähinnä olevan jalokaasun elektronirakenteen.



Positiivisesti varautunut ioni on kationi esim. Natrium Na⁺
 Negatiivisesti varautunut ioni on anioni esim. Kloori Cl⁻

Taulukko: Tavallisimpien alkuaineiden muodostamia ioneja.

Kationeja		Anioneja	
Li ⁺	Litiumioni	Cl ⁻	Kloridi-ioni
Na ⁺	Natriumioni	I ⁻	Jodidi-ioni
K ⁺	Kaliumioni	Br ⁻	Bromidi-ioni
Ca ²⁺	Kalsiumioni	F ⁻	Fluoridi-ioni
Cu ²⁺	Kupari-ioni	S ²⁻	Sulfidi-ioni
Fe ²⁺	Ferroioni	O ²⁻	Oksidi-ioni
Fe ³⁺	Ferri-ioni		
Zn ²⁺	Sinkki-ioni		
Pb ²⁺	Lyijyioni		
Sn ²⁺	Stannoioni		
Sn ⁴⁺	Stanni-ioni		
H ⁺	Vetyioni		
Ag ⁺	Hopeaioni		
Al ³⁺	Alumiini-ioni		
Mg ²⁺	Magnesiumioni		

Taulukko: Ionit saattavat olla myös varautuneita atomiryhmiä.

NO ₃ ⁻	Nitraatti-ioni
SO ₄ ²⁻	Sulfaatti-ioni
HSO ₄ ⁻	Vetysulfaatti-ioni
PO ₄ ³⁻	Fosfaatti-ioni
HPO ₄ ²⁻	Vetyfosfaatti-ioni
H ₂ PO ₄ ⁻	Divetyfosfaatti-ioni
CO ₃ ²⁻	Karbonaatti-ioni
HCO ₃ ⁻	Vetykarbonaatti-ioni
NH ₄ ⁺	Ammoniumioni
CH ₃ COO ⁻	Asetaatti-ioni
OH ⁻	Hydroksidi-ioni
H ₃ O ⁺	Oksonium-ioni

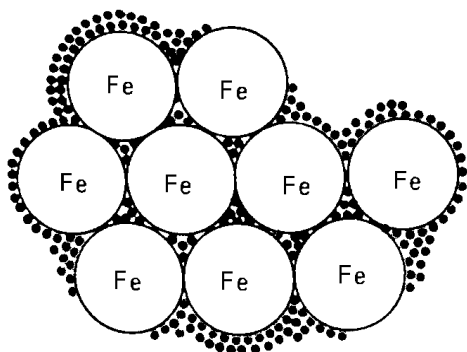
Ionirakenteisen yhdisteen kaavassa kationi merkitään aina ensin ja sitten anioni. Varauksia ei yleensä merkitä valmiiseen kaavaan. Tyypillisiä ioniyhdisteitä ovat suolat. Ioniyhdisteet johtavat sähköä sekä sulatteina että vesiliuoksina. Sidosten sähköisten vetovoimien ansiosta ioniyhdisteiden sulamis- ja kiehumispisteet ovat korkeita.

Taulukko: Tyypillisiä ioniyhdisteitä

Ioniyhdiste	Yhdisteen ionit	Kaava
Litiumoksidi	$Li^+ O^{2-}$	Li_2O
Litiumkloridi	$Li^+ Cl^-$	$LiCl$
Litiumnitraatti	$Li^+ NO_3^-$	$LiNO_3$
Litiumsulfaatti	$Li^+ SO_4^{2-}$	Li_2SO_4
Litiumkarbonaatti	$Li^+ CO_3^{2-}$	Li_2CO_3
Litiumhydroksidi	$Li^+ OH^-$	$LiOH$
Sinkkioksidi	$Zn^{2+} O^{2-}$	ZnO
Sinkkikloridi	$Zn^{2+} Cl^-$	$ZnCl_2$
Sinkkinitraatti	$Zn^{2+} NO_3^-$	$Zn(NO_3)_2$
Sinkkisulfaatti	$Zn^{2+} SO_4^{2-}$	$ZnSO_4$
Sinkkihydroksidi	$Zn^{2+} OH^-$	$Zn(OH)_2$
Alumiinihydroksidi	$Al^{3+} OH^-$	$Al(OH)_3$
Alumiinioksidi	$Al^{3+} O^{2-}$	Al_2O_3
Alumiinikloridi	$Al^{3+} Cl^-$	$AlCl_3$

6.3 Metallisidos

Metallit ovat elohopeaa lukuun ottamatta kiinteitä aineita. Niillä on uloimmalla kuorella 1-3 elektronia. Yleensä metalliatomi luovuttaa helposti uloimmalta kuorelta yhden tai useampia elektroneja pyrkiessään oktettiin, ja tämän jälkeen metalliatomit hylkivät elektronejaan pysyäkseen oktetissa. Nämä luovutetut elektronit jäävät metallikiteeseen vaeltamaan vapaana syntyneiden positiivisten metalli-ionien välillä. Positiivisten metalli-ionien ja liikkuvien elektronien väliset vetovoimat pitävät metallikidettä koossa.



Vapaasti liikkuvista elektroneista johtuu metallien hyvä sähkön- ja lämmönjohtokyky sekä läpinäkymättömyys, sillä osa valosta imeytyy metalliin. Metallien hyvä muokattavuus ja taottavuus selittyvät sillä, että yksittäiset ionit voivat muuttaa paikka ilman että sidoksia särkyy.

Metallisidosten voimakkuus vaihtelee huomattavasti metallien välillä, mikä vaikuttaa mm. sulamispisteeseen. Esimerkiksi elohopea on huoneenlämmössä neste (sp. -39°C), kun taas volframin sulamispiste on erittäin korkea (sp. 3410°C).

6.4 Heikot sidokset

Heikko sidos on yhdisteiden (molekyylien tai molekyylien ja ionien) välinen sidos. Dipoli-dipolisidos syntyy poolisten molekyylien välille. Vetysidos on erityisen voimakas heikko sidos, ja se on dipoli-dipolisidoksen erityistapaus. Vetysidos syntyy vedyn ja hyvin elektronegatiivisen alkuaineen (F, O, N) välille. Esimerkiksi vesimolekyylien H_2O välillä on vetysidoksia, kun toisen vesimolekyylin vety liittyy toisen vesimolekyylin happeen.

Dispersiovoimia esiintyy poolittomien molekyylien välillä, ja ne ovat heikoimpia molekyylien välisiä sidoksia. Ioni-dipolisidoksia syntyy ioniyhdisteiden ja poolisten molekyylien välille, kun positiiviset ionit vetävät puoleensa poolisen molekyylin negatiivista päätä, ja päinvas-

Taulukko: Eri sidostyyppit ja niiden ominaisuudet.

	<i>Vahvat sidokset</i>	<i>Sidostyyppi</i>	<i>Hilatyypit</i>	<i>Sitoutuvat hiukkaslajit</i>	<i>Fysikaaliset ominaisuudet</i>	<i>Esimerkkiaine ja sulamispiste</i>
		Kovalentti sidos	atomihila	atomit	sp. vaihtelee, kova aine, murtuu, eriste/puolijohde	H ₂ O, 0°C N ₂ , -210°C timatti > 3550°C
		Ionisidos	ionihila	kationit ja anionit	korkea sp. kova, murtuu, sulina johteita	NaCl, 801°C Al ₂ O ₃ , 2045°C
		Metallisidos	metallihila	metallikationit ja liikkuvat elektronit	sp. ja kovuus vaihtelevat, lämmön- ja sähkönjohde	Hg, -39°C Cu, 1083°C
<i>molekyylien välisiä sidosvoimia</i>	<i>Heikot sidokset</i>	Dispersiovoimat	molekyylihila	poolittomat molekyylit	matala sp., helposti hajoava, eriste	N ₂ , -210°C CH ₄ , -183°C
		dipoli-dipolisidos	molekyylihila	pooliset molekyylit	suht. matala sp. kovuus vaihtelee	NH ₃ , -78°C H ₂ O, 0°C

7. Kemiallisista reaktioista

7.1 Reaktionopeus

Erilaiset kemialliset reaktiot tapahtuvat eri nopeuksilla. Esim. nopeita ovat vesiliuoksissa tapahtuvat ionireaktiot, jotka voivat tapahtua jopa 10^{-10} sekunnissa, kun taas hitaita reaktioita ovat esim. maidon happaneminen, hopean tummuminen tai raudan ruostuminen. Jossain tapauksissa reaktionopeutta on mahdollista mitata laboratoriokokein. Tällaisia reaktioita ovat mm. jotkin orgaanisten yhdisteiden väliset reaktiot.

7.1.1 Reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät

Kemiallisten reaktioiden edellytyksenä on, että hiukkaset törmäävät toisiinsa. Samalla niiden on törmäys hetkellä omattava riittävän suuri nopeus ja törmäyksen tulee olla oikean suuntaisia.

Reaktio-olosuhteita muuttamalla on mahdollista nopeuttaa tai hidastaa kemiallisia reaktioita.

- Lähtöaineiden konsentraation lisääminen nopeuttaa reaktioita → Hiukkasten määrä tilavuusyksikköä kohden kasvaa, jolloin myös törmäysten kokonaismäärä kasvaa.
- Kiinteän reagenssin pinta-alan lisääminen (hienonnuks, jauhatus) lisää reaktionopeutta, jolloin reaktio tapahtuu kiinteän aineen pinnalla → Mitä suurempi pinta-ala sitä suurempi todennäköisyys reaktioon johtaviin törmäyksiin.
- Lämpötilan nostaminen lisää reaktionopeutta → lämpötilan noustessa hiukkaset liikkuvat nopeammin jolloin törmäyksiä tapahtuu enemmän.
- Lämpötilan alentaminen ei estä reaktiota tapahtumasta, ainoastaan hidastaa sitä, esimerkiksi maidon pilaantuminen.
- Katalyytit lisäävät reaktionopeutta, mutta eivät itse osallistu reaktioon tai muutu reaktion aikana tai sen vaikutuksesta.
 - Heterogeeninen katalyytti = katalyytti eri olomuodossa kuin reagoivat aineet
 - Homogeeninen katalyytti = katalyytti samassa olomuodossa kuin reagoivat aineet
 - Myös valo voi toimia katalyyttinä
 - Entsyymit ovat biologisia reaktioita katalysoivia yhdisteitä.
- Inhibiitit hidastavat reaktionopeutta mutta eivät itse osallistu reaktioon tai muutu reaktion aikana tai sen vaikutuksesta.

Esim. Kankaalle pudonnut pisara happoa voi syövyttää reiän kankaaseen välittömästi. Mikäli happo on laimeaa, reikä saattaa syntyä vasta useiden päivien kuluttua. Tai vastaavasti halot eivät pala sytyttämättä ilmassa olevan hapen kanssa, mutta hyvin hienojakoinen puupöly aiheuttaa räjähdysmäisen tulipalon. Inhibiittejä käytetään mm. kumiin hidastamaan kumin hapettumisreaktioita ja siten estämään kumin haurastumista. Valon toimimisesta katalyyttinä voidaan mainita valokuvausreaktio, jossa filmillä hopeabromidi hajoaa valon vaikutuksesta hopeaksi ja bromiksi.

Reaktionopeuden lisääminen on taloudellisista syistä kannattavaa monissa teollisissa prosesseissa, kuten

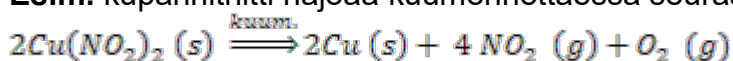
- Valmistettaessa ammoniakkaa typestä ja vedystä sekä valmistettaessa typpi-happoa ammoniakista
- Valmistettaessa etikkahappoa
- kovetettaessa luonnon kasviöljyjä margariineiksi

Teollisesti käytetyt katalyytit ovat usein raskaita metalleja tai niiden yhdisteitä, verkkona, lankana tai hienojakoisena jauheena.

7.2. Kemiallinen tasapaino

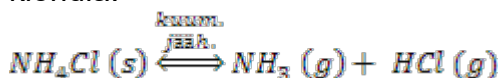
Kemiallisessa reaktiossa tapahtuu aina aineen muuttumista toiseksi aineiksi. On olemassa sellaisia reaktioita jotka reagoivat niin kauan kunnes yksi lähtöaineista loppuu. Tällaiset reaktiot ovat palautumattomia reaktioita, ja niitä ovat useimmiten termiset reaktiot.

Esim. kuparinitriitti hajoaa kuumennettaessa seuraavasti:



Eräät aineet eivät kuitenkaan reagoi kokonaan tai saattavat palautua osittain tai kokonaan lähtöaineiksi. Tällaisia reaktioita sanotaan käänteisiksi

Esim. Ammoniumkloridi hajoaa kuumennettaessa ammoniakiksi ja vetykloridiksi, mutta reaktioseoksen jäähtyessä ammoniakki ja vetykloridi reagoivat muodostaen ammoniumkloridia.

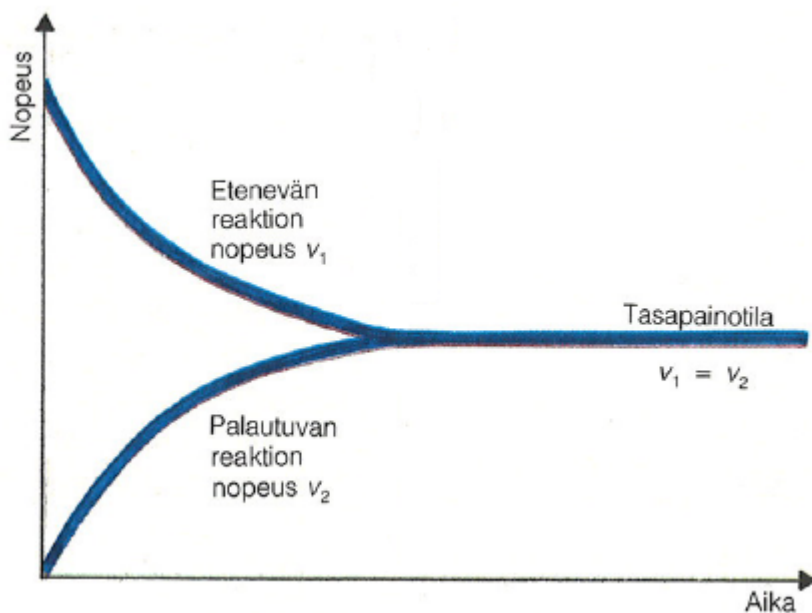


Esim. Prosessi jossa valmistetaan rikkitrioksidia, rikkidioksidista on käänteinen.



Kun suljettuun astiaan laitetaan lähtöaineita SO_2 ja O_2 alkaa niiden kesken tapahtua reagoimista, jonka nopeus hidastuu samaa vauhtia kuin lähtöaineiden konsentraatiot pienevät. Kyseinen reaktio tuottaa SO_3 :a, mitä suuremmaksi sen konsentraatio kasvaa sitä nopeammin tapahtuu reaktiolle vastakkainen reaktio eli palautuva reaktio. Tietyssä vaiheessa etenevän ja palautuvan reaktion nopeudet ovat yhtä suuret, jolloin reaktio on saavuttanut tasapainotilan, ulkoisten olosuhteiden pysyessä samoina.

Kaikki käänteiset reaktiot saavuttavat jossain vaiheessa tasapainotilan tietyissä vakio olosuhteissa. Käytännössä näyttää siltä kuin reaktio olisi pysähtynyt, mutta kokeellisesti on voitu todistaa, että reaktion lähtöaineet ja tuotteet muuttuvat jatkuvasti toisikseen samalla nopeudella, jolloin niiden keskinäiset määrät pysyvät muuttumattomina.



Reaktio on saavuttanut dynaamisen tasapainotilan etenevän ja palautuvat reaktion leikkauksipisteessä.

Reaktio-olosuhteita muuttamalla voidaan tasapainoasemaa muuttaa. Tasapainotilaa saadaan muutettua joko palautuvaan tai etenevään suuntaan, muuttamalla reaktioseoksen pitoisuuksia, painetta tai lämpötilaa.

Esim. Luonnossa ilmassa olevat typpi $N_2(g)$ ja happi $O_2(g)$ voivat reagoida keskenään seuraavasti:



Luonnossa esiintyvissä lämpötiloissa reaktion tasapaino on lähes täysin lähtöaineiden puolella, eli typpioksidia ei esiinny juuri ollenkaan. Auton moottorissa 1500°C lämpötilassa typpioksidia syntyy merkittäviä määriä. Katalysaattorien avulla syntyvä typpioksidi voidaan poistaa pakokaasuista lähes kokonaan.

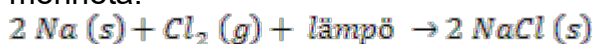
7.2.2 Eksotermisen ja endotermisen reaktio

Kemialliseen reaktioon liittyy aineen muutoksen ohella myös aina energian muutos.

Esim. Kalkin sammutusreaktiossa kalsiuoksidi (sammuttamaton kalkki), yhtyy veden kanssa, jolloin reaktion tuotteena syntyy kalsiumhydroksidia eli sammutettua kalkkia sekä reaktiossa vapautuvaa lämpöä.



Esim. Natriummetallin ja kloorikaasun välinen reaktio ei tapahdu, jollei reaktioseosta kuumenneta.



Mikäli reaktiossa vapautuu lämpöä, nimetään reaktiota eksotermiseksi. Mikäli taas reaktio vaatii tapahtuakseen lämpöä, kutsutaan sitä endotermiseksi.

8. Liuokset

Liuoksen olomuoto voi olla kiinteä, nestemäinen tai kaasumainen. Liuoksia ovat siten muun muassa: ilma, metalliseokset, vesiliuokset ja maito. Yleensä kuitenkin liuoksista puhuttaessa tarkoitetaan nestemäisiä liuoksia.

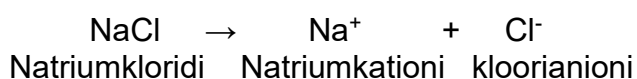
Liuos on homogeeninen seos, jossa liennut aine (kaasumainen, nestemäinen tai kiinteä) on tasaisesti jakaantunut liuottimeen. Liuotin on se aine, jota liuoksessa on eniten, mikäli molemmat ovat nestemäisiä. Mikäli liuotettava aine on kiinteä, on neste aina liuotin.

Ylivoimaisesti yleisin liuotin on vesi. Paljon käytettyjä ovat myös orgaaniset liuottimet kuten asetoni, eetteri, tolueeni ja alkoholit. Orgaaniset liuottimet ovat useimmiten herkästi syttyviä ja niiden höyryt voivat olla terveydelle haitallisia.

Aineen liukoisuuteen vaikuttavista tekijöistä tärkeimmät ovat: aineen laatu, käytetty liuotin, lämpötila sekä paine.

Kovalenttisesti sitoutuneet aineet liukenevat molekyyleinä, kun taas ioniyhdisteet hajoavat ioneiksi liuokseen, jolloin liuokset sisältävät sekä kationeja, että anioneja.

Esim. lisättäessä ruokasuolaa veteen NaCl hajoaa seuraavasti:



Liukenemisen nyrkkisääntö; samankaltaiset aineet liukenevat hyvin toisiinsa.

Esim. Vesi on poolinen yhdiste, joten se liuottaa hyvin muita poolisia yhdisteitä, kuten alkoholia. Samoin vesi liuottaa hyvin yhdisteitä, jotka koostuvat varauksellisista osista, kuten ioniyhdisteet.

Bensiinin, eetterin, parafiinin sekä muiden samankaltaisten aineiden molekyyleissä ei ole sähkövarausten jakautumista molekyylin eri osiin, joten aineet ovat poolittomia. Poolittomat aineet liukenevat parhaiten poolittomiin liuottimiin. Esim. bensiini liukenee hyvin eetteriin (pooliton), mutta ei veteen (polaarinen).

Lämpötilan kohottaminen yleensä lisää kiinteiden aineiden ja nesteiden liukoisuutta. Esim. sokerin liukoisuus 1 dl vettä kasvaa 80 grammasta 490 grammaan lämpötilan noustessa 0°C:sta 100°C:en. Kaasujen liukoisuus taas pienenee lämpötilan kohotessa. Esim. keittämällä vettä saadaan siihen liuenneena olleet kaasut poistettua.

Paineen vaikutus kiinteiden aineiden ja nesteiden liukoisuuteen on vähäinen. Kaasujen liukoisuutta, voidaan sitä vastoin huomattavasti parantaa painetta kohottamalla.

Tiettyyn tilavuuteen liuotinta ei ainetta voida liuottaa miten paljon tahansa. Liuotettaessa jää ainetta vähitellen liukenematta. Liuos on muuttunut kylläiseksi. Ylikylläinen liuos saadaan kuumentamalla liuotinta, jolloin siihen liukenee enemmän liuotettavaa ainetta, jonka jälkeen liuoksen annetaan jäähtyä.

Niukkaliukoisiksi sanotaan aineita, jotka liukenevat vain vähän käytettyyn liuottimeen. Esim. sinkkisulfidi liukenee kahteen litraan + 25°C vettä 0,0000015g. Niukkaliukoiset aineet saattavat kiteytyä kiinteiksi aineiksi kun liuotin haihtuu tai lämpötila laskee.

Kaasut voidaan liukoisuuden perusteella jakaa kolmeen ryhmään:

	Kaasu	Liukoisuus (+20°C) litraa kaasua / litra H ₂ O
Vähän liukenevia	Typpi N ₂	0,015
	Vety H ₂	0,018
	Happi O ₂	0,31
Kohtalaisesti liukenevia	Hiilidioksidi CO ₂	0,88
	Asetyleeni C ₂ H ₂	1,0
	Kloori Cl ₂	2,3
Runsaasti liukenevia	Rikkidioksidi SO ₂	39
	Vetykloridi HCl	450
	Ammoniakki NH ₃	700

8.1 Tiheys

Tiheys on suure, joka ilmaisee aineen massan suhteessa sen tilavuuteen. Tiheyden yksikkö on kg/m³ (kilogrammaa per kuutiometri), mutta myös yksikköjä g/cm³ (grammaa per kuutiosenttimetri) ja kg/l tai vastaavasti kg/dm³ (kilogrammaa per litra tai kilogrammaan per kuutiodesimetri) käytetään.

Laskettaessa tiheyden avulla sijoitetaan tiheys kaavaan yksikössä g/l tai vastaavasti g/dm³. Tiheyden eri yksiköiden yhteneväisyydet:

$$1 \frac{kg}{m^3} = \frac{1 \cdot 10^3 g}{1 \cdot 10^3 dm^3} = 1 \frac{g}{dm^3} = 1 \frac{g}{l}$$

$$1 \frac{g}{cm^3} = \frac{1g}{1 \cdot 10^{-3} dm^3} = 1000 \frac{g}{dm^3} = 1000 \frac{g}{l}$$

$$1 \frac{kg}{dm^3} = 1 \frac{kg}{l} = \frac{1 \cdot 10^3 g}{l} = 1000 \frac{g}{l}$$

Tiheyden tunnus on ρ .

Aineen *keskitiheys* saadaan kaavasta:

$$\rho = \frac{\text{aineen massa}}{\text{aineen tilavuus}} = \frac{m}{V}$$

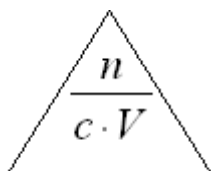
8.2 Liuoksen pitoisuus

8.2.1 Konsentraatio

Liuenneen aineen määrä eli liuoksen pitoisuus ilmoitetaan käyttötarkoituksesta riippuen eri tavoin.

Molaarisuus eli massakonsentraatio kertoo, kuinka monta moolia ainetta on liennut litraan liuosta

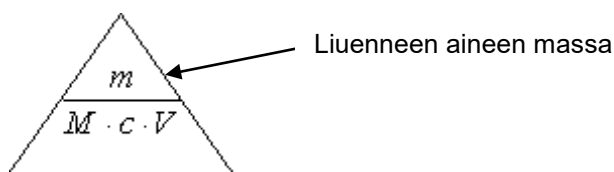
$$\text{Konsentraatio} = \text{Molaarisuus} = c = \frac{n}{V}$$



c = konsentraatio [c] = mol/l = mol/dm³ = M
 n = liuenneen aineen ainemäärää [n] = mol
 V = liuoksen tilavuus [V] = l = dm³

Yhdistämällä ainemäärän kaava: $n = \frac{m}{M}$, saadaan:

$$m = M \cdot V \cdot c$$



Esim. Kuinka monta grammaa natriumhydroksidia tarvitaan valmistettaessa 50 ml liuosta, jonka NaOH konsentraatio on 2 mol/l?

Lasketaan NaOH:n ainemäärä:

$$c = 2 \text{ mol/l}$$

$$V = 50 \text{ ml} = 0,05 \text{ l}$$

$$c = \frac{n}{V} \leftrightarrow n = c \cdot V = 2 \text{ mol/l} \cdot 0,05 \text{ l} = 0,10 \text{ mol}$$

Lasketaan NaOH:n moolimassa ja massa:

$$M(\text{NaOH}) = (22,99 + 16,0 + 1,01) \text{g/mol} = 40,0 \text{g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M} \leftrightarrow m = M \cdot n = 40 \text{g/mol} \cdot 0,1 \text{mol} = \underline{4,0 \text{g}}$$

8.2.2 Massaprosentti

Liuoksen pitoisuus voidaan esittää myös prosenttiosuutena:

$$\text{Massaprosenttiosuus (m-\%)} = \frac{\text{liuenneen aineen massa}}{\text{liuoksen massa}} \cdot 100 \%$$

liuoksen massa = liuenneen aineen massa + liuottimen massa

Esim. Vesiliuos, jonka NaOH-pitoisuus on 10 m-% sisältää 10g NaOH ja 90g vettä 100 g:ssa liuosta.

Esim. Natriumhydroksidiliuos on valmistettu liuottamalla 15 g NaOH:a 0,06 litraan vettä. Mikä on liuoksen pitoisuus massaprosentteina?

Veden massa saadaan laskettua tiheyden kautta:

$$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{g/l} = 1 \text{g/ml}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 0,06 \text{l} = 60 \text{ml}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \rho \cdot V = 1 \text{g/ml} \cdot 60 \text{ml} = 60 \text{g}$$

Liuoksen massa saadaan laskemalla yhteen liuottimen ja liotettavan aineen massat:

Lionneen aineen massa	15 g
<u>Liuottimen (H₂O) massa</u>	<u>60 g</u>
Liuoksen massa	75 g

Liuoksen pitoisuus massaprosentteina:

$$\frac{15 \text{g}}{75 \text{g}} \cdot 100\% = 20 \text{ m-\%}$$

Muutamien yleisten kemikaalien väkevien vesiliuosten tiheydet ja pitoisuudet massaprosentteina:

Aine	Kaava	Tiheys g/cm ³ (20°C)	m-%
ammoniakki	NH ₃	0,91	25
etikkahappo	CH ₃ COOH	1,05	99,5
rikkihappo	H ₂ SO ₄	1,84	96
suolahappo	HCl	1,18	36
typpihappo	HNO ₃	1,41	69,5
etanoli	CH ₃ CH ₂ OH	0,79	99,5

Mikäli tunnetaan sekä liuoksen pitoisuus, että liuoksen tiheys voidaan liuenneen aineen massa laskea seuraavasti:

Esim. Kuinka monta grammaa typpihappoa HNO_3 sisältää litra väkevää 69,5 m-% typpihappoliuosta? Mitä konsentraatiota tämä vastaa?

$$\begin{aligned}\rho(\text{HNO}_3) &= 1,41 \text{ g/cm}^3 = 1,41 \text{ g/ml} \\ V(\text{HNO}_3) &= 1 \text{ l} = 1000 \text{ ml} \\ m(\text{HNO}_3) &= \rho \cdot V = 1,41 \text{ g/ml} \cdot 1000 \text{ ml} = 1410 \text{ g}\end{aligned}$$

Puhdasta typpihappoa on liuoksessa 69,5 m-%

$$\frac{69,5}{100} \cdot 1410 \text{ g} = 979 \text{ g}$$

Litra väkevää typpihappoa sisältää 979g HNO_3 :a.

Massan avulla voidaan täten laskea väkevän hapon konsentraatio.

$$\begin{aligned}M(\text{HNO}_3) &= (1,008 + 14,01 + 3 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 63,02 \text{ g/mol} \\ n(\text{HNO}_3) &= m/M = 979 \text{ g} / 63,02 \text{ g/mol} = 15,53 \text{ mol}\end{aligned}$$

Koska tiheyden yhteydessä tilavuus on litra on ainemäärä = konsentraatio

$$c(\text{HNO}_3) = 15,53 \text{ mol/l}$$

8.2.3 Tilavuusprosentti

Liuoksen tilavuusprosenttiosuus ilmoittaa liuenneen aineen tilavuuden prosentteina liuoksen tilavuudesta.

$$\text{Tilavuusprosenttiosuus (t-% tai V-%)} = \frac{\text{Liuenneen aineen tilavuus}}{\text{Liuoksen tilavuus}} \cdot 100\%$$

Liuoksen tilavuus = liuenneen aineen tilavuus + liuottimen tilavuus

Esim. Etanoli on hyvä liuotin, joka liukenee veteen. Moniko prosenttinen etanoliliuos saadaan jos 50 ml etanolia liuotetaan 150 ml vettä?

Liuenneen aineen tilavuus	50 ml
<u>Liuottimen tilavuus</u>	<u>150 ml</u>
Liuoksen tilavuus	200 ml

Etanoliliuoksen pitoisuus tilavuusprosentteina:

$$\frac{50 \text{ ml}}{200 \text{ ml}} \cdot 100\% = 25\% - \%$$

8.2.4 ppm ja promillepitoisuus

Mikäli liuenneen aineen määrä on hyvin pieni, on järkevää ilmoittaa pitoisuudet miljoonasosina:

$$\frac{1 \text{ osa liuennutta ainetta}}{10^6 \text{ osaa liuosta}}$$

- 1 miljoonasosa = 1 ppm = 1 mg/kg tai 1 cm³/m³

Esimerkiksi myrkkujen tai saasteiden määrä vedessä ja ilmassa ilmoitetaan usein miljoonasosina.

Promillepitoisuus ‰ saadaan kaavasta:

$$\frac{1 \text{ osa liuennutta ainetta}}{10^3 \text{ osaa liuosta}}$$

Esim. Terveydelle vaarallisten aineidensallitut enimmäispitoisuudet työpaikan ilmassa on Suomessa tarkoin määritelty.

- Rikkidioksidia saa olla työpaikan ilmassa enintään 5 ppm eli 1 m³:ssa saa olla 5 cm³ = 0.000005 m³ SO₂:a
- Rikkivedyn enimmäispitoisuus on 10 ppm eli 1 m³ ilmaa saa sisältää enintään 10 cm³ = 0,000010 m³ H₂S:ä.

Esim. tutkittaessa lyijyn määrää säilykkeessä todettiin yhdessä kilogrammassa säilykettä olevan 3 mg lyijyä. Säilykkeen lyijypitoisuus oli täten 3 ppm.

Esim. Kuinka paljon tulee punnita natriumhydroksidia valmistettaessa 455 ml natriumhydroksidin suhteen 85 ppm liuosta? (oletus ρ=1530 g/l)

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

$$V(\text{liuos}) = 455 \text{ ml} = 0,455 \text{ l}$$

$$85 \text{ ppm} = 85 \text{ mg/kg} = \text{liuennut aine} / \text{liuos}$$

$$\rho(\text{liuos}) = 1530 \text{ g/l}$$

$$m(\text{liuos}) = \rho \cdot V = 1530 \text{ g/l} \cdot 0,455 \text{ l} = 696,15 \text{ g} = 0,696 \text{ kg}$$

Muodostetaan verranto:

Liuoksen paino (kg)	liuennut aine (mg)
1	85
0,696	X

Kertomalla verranto ristiin saadaan:

$$x = 85 \cdot 0,696 = 59,16 \text{ mg}$$

Natriumhydroksidia on siis punnittava 59,16mg

Esim. Paljonko otetaan yllä olevaa liuosta tehtäessä siitä 100 ml 5,0 ppm liuosta?

Muodostetaan verranto:

tilavuus (ml)	pitoisuus (ppm)
100	5
x	85

Koska yhtälö on kääntäen verrannollinen, vaihdetaan x:n paikkaa.

tilavuus (ml)	pitoisuus (ppm)
x	5
100	85

Kertomalla ristiin saadaan:

$$85x = 5 \cdot 100$$

$$x = \frac{500}{85} = 5,88\text{ml}$$

Liuosta on siis mitattava 5,88 ml

8.2.5 Liuosten laimennus

Valmis liuos ei aina ole vahvuudeltaan sopiva. Laimennuksen avulla liuos saadaan nopeasti haluttuun käyttövahvuuteen. Laimennus on yksinkertaisesti laimentimen (yleensä vesi) lisäämistä. Liuosten määrät pitää hallita tarkasti, jotta lopputulos on haluttu.

Alkuperäinen liuos + laimennin = uusi liuos

Alkuperäinen liuos on vahvempaa kuin uusi, mutta alkuperäistä liuosta on vähemmän kuin uutta liuosta. Kun suureet muuttuvat näin eri suuntiin, liuoksen vahvuus pienenee mutta liuosmäärä kasvaa, sanotaan että suureet ovat kääntäen verrannollisia.

Liuos saadaan laimennettua verrannon avulla:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Esim. Massaprosentti kappaleen yhteydessä laskettiin kuinka monta grammaa typpihappoa HNO_3 sisältää litra väkevää 69,5 m-% typpihappoliuosta. Mikäli tätä väkevää typpihappoliuosta halutaan laimentaa 50 massaprosenttiseksi, paljonko vettä on lisättävä?

$$C_1 = 69,5 \text{ m-\%}$$

$$V_1 = 1,0 \text{ l}$$

$$C_2 = 50 \text{ m\%}$$

$$V_2 = ?$$

$$C_1V_1 = C_2V_2 \rightarrow V_2 = \frac{C_1V_1}{C_2}$$

$$V_2 = \frac{69,5\text{m-\%} \cdot 1,0\text{l}}{50\text{m-\%}} = 1,39$$

Vettä on siis lisättävä: $V_2 - V_1 = 1,39 \text{ l} - 1,0 \text{ l} = \underline{0,39 \text{ l}}$