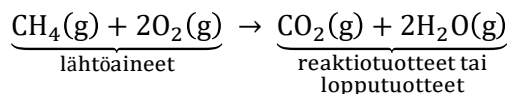


# Reaktioyhtälöt

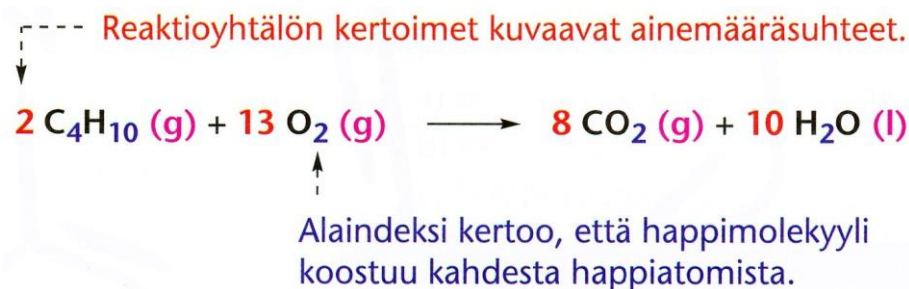
Kemistit välittävät tietoa kemiallisista reaktioista kirjoittamalla lyhennettyjä esityksiä siitä, mitä reaktioastiassa tapahtuu. Näitä esityksiä kutsutaan **reaktioyhtälöiksi**, esimerkiksi



Tulkinta aina mukaan. *Metaanin palaessa syntyy hiilidioksidia ja vettä.*

Aineiden olomuodot huoneen lämpötilassa: **s**=kiinteä (solid), **l**=neste (liquid), **g**=kaasu (gas) ja **aq**=veteen liuenneena (aqueous solution).

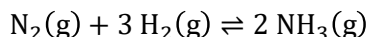
Huomaa yllä olevassa reaktiossa merkintä  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , jolla tarkoitetaan vesihöyryä (reaktio-olosuhteet!), muuten  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ .



Reaktioyhtälön on

- oltava yhtäpitävä kokeellisten havaintojen kanssa
- kerrottava, mitkä aineet reagoivat ja mitä reaktiotuotteita syntyy; muita reaktioon osallistumattomia aineita ei tavallisesti kirjoiteta näkyviin
- kerrottava reaktion ainemääräsuhteet (=moolisuhteet)

**Esimerkki** Kemian 5.-kurssilla tarkastellaan tasapainoreaktioita, huomaa ns. tasapainonuoli



→ MarvinSketch –ohjelmassa kaikki nuolet saatavilla!

**Reaktioyhtälöön merkitään seuraavat asiat:**

- **Lähtöaineet** merkitään **vasemmalle** puolelle.
- **Reaktiotuotteet** merkitään **oikealle** puolelle.
- Lähtöaineiden ja reaktiotuotteiden väliin merkitään **nuoli**, joka kuvaa reaktiota ja sen suuntaa. Nuolen päälle voidaan liittää tietoa reaktio-olosuhteista, kuten lämpötilasta, paineesta, katalyytistä, liuottimesta jne.  $\Delta$ ,  $p$ , kat.,  $H_2SO_4$ ,  $h\nu$
- Kunkin alkuaineen atomien lukumäärät lähtöaineissa ovat samat kuin reaktiotuotteissa. Samoin sähkövarausten summat reaktioyhtälön eri puolilla ovat yhtä suuret: **Atomeja ja elektroneja ei siis voida tuhota kemiallisessa reaktiossa.**
- Kunkin lähtöaineen ja reaktiotuotteen ainemääräsuhteet ilmaistaan pienimmillä mahdollisilla kokonaisluvulla.
- Lähtöaineiden ja reaktiotuotteiden olomuoto voidaan merkitä.

**MUISTA:**

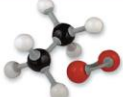
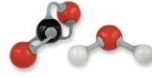
- metallit kiinteitä (elohopea, Hg, nesteenä),
- happi, typpi, vety ja halogeenit kaksiatomisia,
- ioniyhdisteet eli suolat kiinteitä, mutta kylläisessä vesiliuoksessa sekä (aq) (veteen liuenneena ioneina) että (s) (kiinteä suolana)
- hapot ja emäkset veteen liuenneina

Kemiallisessa reaktiossa ainetta ei voi hävitä eikä syntyä, vain olomuodot muuttuvat → **aineen häviämättömyyden periaate**. Tämän vuoksi reaktioyhtälö *tasapainotetaan*, eli etsitään pienimmät kokonaislukukertoimet *kemiallisten kaavojen* eteen.

Kemialliset kaavat:  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $KClO_3$ ,  $C_3H_5N_3O_9$ , jne. → **ÄLÄ MUUTA** kemiallisia kaavoja (alaindeksejä)!

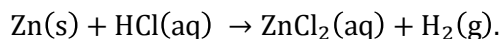
Sähkövarauksen pitää pysyä samana. Eli esimerkiksi ionireaktioissa yhtälön molemmilla puolilla on ionien varausten summan oltava sama. Samoin hapetus-pelkistys ilmiössä hapetuslukujen täytyy olla itseisarvoltaan samat, mutta vastakkaismerkkiset! → tarkemmin kurssilla 4.

## Reaktioyhtälön kertoimien määrittäminen

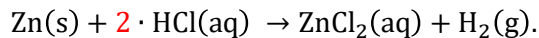
|                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Reaktion lähtöaineet ovat etaani <math>C_2H_6</math> ja kaksiatominen happikaasu <math>O_2</math>.</p>                                                                         | → | <p>Reaktion tuotteet ovat hiilidioksidi <math>CO_2</math> ja vesi <math>H_2O</math>.</p>  |
| <p>Sekä lähtöaineet että reaktiotuotteet ovat reaktiolämpötilassa kaasuja:</p> $C_2H_6(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$                                                                                                                                  |   |                                                                                                                                                                              |
| <p>Lisätään kertoimia niin, että hiili- ja vetyatomeja on kummallakin puolella yhtä monta:</p> $C_2H_6(g) + O_2(g) \rightarrow 2 CO_2(g) + 3 H_2O(g)$                                                                                                              |   |                                                                                                                                                                              |
| <p>Lasketaan hapen kerroin: oikealla puolella on <math>2 \cdot 2 + 3 = 7</math> happiatomia, joten hapen <math>O_2</math> kertoimeksi tulee vasemmalle puolelle <math>3\frac{1}{2}</math>.</p> $C_2H_6(g) + 3\frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow 2 CO_2(g) + 3 H_2O(g)$ |   |                                                                                                                                                                              |
| <p>Kerrotaan reaktioyhtälö vielä kahdella, jotta hapenkin kertoimeksi saadaan kokonaisluku:</p> $2 C_2H_6(g) + 7 O_2(g) \rightarrow 4 CO_2(g) + 6 H_2O(g)$                                                                                                         |   |                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                  |   |                                                                                                                                                                              |

### Esimerkki 1, reaktioyhtälön tasapainottaminen:

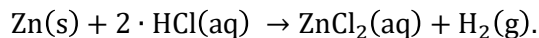
#### a) Tasapainotetaan reaktioyhtälö:



Nyt sinkit Zn ovat tasapainossa, mutta kloorit Cl ja vedyt H eivät. Kirjoitetaan kerroin kaksi vetykloridin (suolahapon) eteen



Havaitaan, että näin on saatu tasapainotettu metallisen sinkin reaktio suolahapon kanssa



#### b) Tasapainotetaan reaktioyhtälö



Havaitaan, että aluksi vain happi O ei ole tasapainossa. Kirjoitetaan kerroin kaksi kaliumklooraatin eteen ja kerroin kolme happimolekyylin eteen

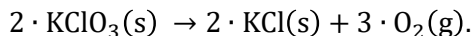


Seuraavaksi tasapainotetaan kaliumit, jotka alun perin oli tasapainossa.

Lähtöpuolella on nyt 2 kpl, reaktiotuotteissa vain yksi, joten kirjoitetaan kerroin 2 kaliumkloridin eteen



Havaitaan, että samalla myös kloorit saavuttivat tasapainon. Tasapainotettu reaktio on siis

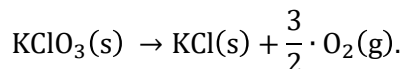


### Toinen vaihtoehtoinen tapa:

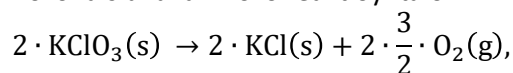
Reaktioyhtälö on siis



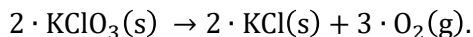
Tasapainotetaan hapet



Kerrotaan lopuksi kokonaisluvulla 2 koko reaktioyhtälö

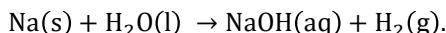


jolloin tasapainotettu reaktioyhtälö on

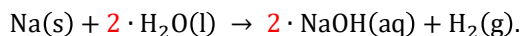


**Esimerkki 2, reaktioyhtälön tasapainottaminen: a)** Natriummetalli reagoi veden kanssa muodostaen natriumhydroksidin vesiliuoksen ja vetykaasua.

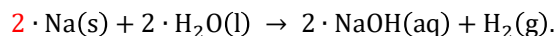
Reaktioyhtälö on:



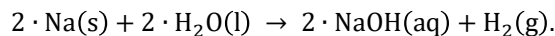
Tasapainotetaan vedyt



ja sitten natriumit (hapet tasapainossa)

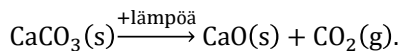


Hapet säilyvät tasapainossa. Siis tasapainotettu reaktioyhtälö on:



**b)** Kalsiumkarbonaatti hajoaa kuumennettaessa kalsiumoksidiksi ja hiilidioksidiksi.

Reaktioyhtälö on:



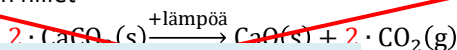
MUISTA triviaalinimet:

poltetu kalkki = CaO

ja sammutettu kalkki

Ca(OH)<sub>2</sub>

Tasapainotetaan ensin hiilet



ja sit

**ON VALMIIKSI TASAPAINOSSA!**



Havaitaan, että reaktio on nyt tasapainotettu.

## Yhdisteiden nimeäminen A

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metallien ja epämetallien yhdisteet ovat yleensä ioniyhdisteitä, joissa metalli on positiivisena ionina ja epämetalli negatiivisena ionina. Yhdisteen kaavassa positiivinen ioni ilmoitetaan ensin. Poikkeuksena ovat orgaanisten happojen suolat.                                                                                                         | NaCl <b>natrium</b> kloridi<br>CH <sub>3</sub> COONa <b>natrium</b> asetaatti                                                                                                                                                                |
| Metallikationit nimetään vastaavan metallin mukaan. Epämetalli-ionien nimi muodostetaan päätteellä <b>-idi</b> .                                                                                                                                                                                                                                           | Na <sub>2</sub> O natriumoksi <b>di</b><br>CaS kalsiumsulfi <b>di</b>                                                                                                                                                                        |
| Moniatomisten ionien nimet löytyvät taulukoista. Ionien atomit ovat liittyneet toisiinsa kovalenttisiin sidoksiin. Tällaiset ioniryhmät ovat yleensä pysyviä eivätkä hajoa esimerkiksi veteen liuetessaan.                                                                                                                                                 | KNO <sub>3</sub> (s) → K <sup>+</sup> (aq) + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq)<br>kaliumnitraatti                                                                                                                                            |
| Ionien varaukset kumoutuvat yhdisteessä. Sitoutuneiden rakenneosien lukumäärä ilmoitetaan kaavassa aina alaindeksillä. Moniatomisten ionien lukumäärä yhdisteessä ilmaistaan tarvittaessa sulkujen avulla. Alaindeksit ovat aina pienimpiä mahdollisia kokonaislukuja.                                                                                     | 2 Na <sup>+</sup> + O <sup>2-</sup> → Na <sub>2</sub> O<br>3 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> → (NH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> PO <sub>4</sub><br>Huom! Suolan kaavaan ei merkitä ionien varauksia.             |
| Jos yhdisteen rakenne on yksiselitteinen, atomien lukumäärää ei sanota nimessä.                                                                                                                                                                                                                                                                            | MgCl <sub>2</sub> magnesiumkloridi                                                                                                                                                                                                           |
| Jos metalli muodostaa yhdisteitä useilla hapetusluvuilla, luku merkitään yhdisteen nimeen roomalaisella numerolla sulkuihin metallin nimen jälkeen.                                                                                                                                                                                                        | Fe <sup>2+</sup> + 2 Cl <sup>-</sup> → FeCl <sub>2</sub> rauta(II)kloridi (rautadikloridi)<br>Fe <sup>3+</sup> + 3 Cl <sup>-</sup> → FeCl <sub>3</sub> rauta(III)kloridi (rautatrikloridi)                                                   |
| Epämetallien yhdisteissä ilmoitetaan ensin sen alkuaineen nimi, jolla on pienempi elektronegatiivisuusarvo. Negatiivisen osavaruksen saavan epämetallin nimi on sama kuin vastaavan ionin nimi. Mikäli alkuainepari voi muodostaa keskenään useampia yhdisteitä, ne erotetaan toisistaan etuliitteiden avulla. Etuliite mono voidaan jättää ilmoittamatta. | CO hiili <b>mon</b> oksidi tai hiilioksidi<br>SO <sub>2</sub> rikki <b>di</b> oksidi<br>SO <sub>3</sub> rikki <b>tri</b> oksidi<br>N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <b>dityppi</b> tetraoksidi<br>PCl <sub>5</sub> fosfori <b>pent</b> akloridi |

## Yhdisteiden nimeäminen B

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Joidenkin ioniyhdisteiden hilassa on ioneihin sitoutuneita vesimolekyyliä. Tällaisia rakenteita nimitetään kidehydraateiksi ja vettä kidevedeksi. Kidevesi merkitään kaavaan pisteellä ja vesimolekyylien lukumäärä ilmaistaan nimessä etuliitteillä.                                                                                                                                      | CuSO <sub>4</sub> · 5 H <sub>2</sub> O kuparisulfaattipentahydraatti<br>CuSO <sub>4</sub> kidevedetön kuparisulfaatti                                                                                                                                                                           |
| Anhydridi on aine, joka muodostuu kun yhdisteen molekyyli-rakenteesta poistetaan vettä.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | CH <sub>3</sub> COOH etikkahappo<br>(CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O etikkahappoanhydridi                                                                                                                                                                                                    |
| Monet yhdisteet reagoivat veteen liuetessaan happoina. Nämä vesiliuokset nimetään tarvittaessa lisäämällä yhdisteen nimen jälkeen sana <b>happo</b> .                                                                                                                                                                                                                                      | HCl(g) vetyklori <b>di</b><br>HCl(aq) vetykloridi <b>happo</b> (suolah <b>happo</b> )<br>H <sub>2</sub> S(g) vetysulfi <b>di</b> (rikkivety)<br>H <sub>2</sub> S(aq) vetysulfidi <b>happo</b>                                                                                                   |
| Jos alkuaineella on vain yksi happihappo, tämän alkuaineen nimen perään liitetään sana <b>happo</b> . Jos samalla alkuaineella on kaksi happihappoa, käytetään nimeä <b>hapoke</b> siitä haposta, jossa happea on vähemmän. <b>Hypo</b> - etuliitettä käytetään, kun yhdisteessä on vieläkin vähemmän happea ja <b>per</b> - etuliitettä, kun happea on enemmän kuin yleisimmässä muodossa | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> boori <b>happo</b><br>HNO <sub>2</sub> typpi <b>hapoke</b> ja HNO <sub>3</sub> typpi <b>happo</b><br>HClO <b>hypokloori</b> hapoke, HClO <sub>2</sub> kloori <b>hapoke</b><br>HClO <sub>3</sub> kloori <b>happo</b> ja HClO <sub>4</sub> <b>perkloori</b> hapoke |
| Happoja vastaavien suolojen anionien nimet johdetaan happojen nimistä. Happo-pääte muutetaan päätteeksi <b>-aatti</b> ja hapoke-pääte muutetaan päätteeksi <b>-iitti</b> . Mahdolliset etuliitteet säilytetään.                                                                                                                                                                            | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> rikkihappo → SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> sulfa <b>aatti</b> -ioni<br>H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> rikkihapoke → SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> sulfi <b>iitti</b> -ioni<br>HClO hypokloorihapoke → ClO <sup>-</sup> hypoklori <b>iitti</b> -ioni              |
| Happaman eli vetyä sisältävän suolan anionin nimesä pitää ilmoittaa haposta anioniin jääneiden vetyionien lukumäärä. Etuliite mono jätetään yleensä pois.                                                                                                                                                                                                                                  | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> <b>divety</b> fosfaatti-ioni, HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> <b>vety</b> fosfaatti-ioni<br>NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ammonium <b>divety</b> fosfaatti                                                                          |

### Jäikö mieleen?

- Mitä eri asioita kemiallinen merkki Fe voi tarkoittaa?
- Mitä aineen häviämättömyyden laki tarkoittaa?
- Miten aineiden hapetusluvut otetaan huomioon reaktioyhtälön kertoimia määritettäessä?
- Mitä nettoreaktiolla tarkoitetaan?
- Miten reaktioyhtälöön merkitään
  - a) reagoivien aineiden olomuoto
  - b) energianmuutokset?
- Mitä erilaiset nuolet tarkoittavat reaktioyhtälössä?
- Mitä tietoja reaktionuolen yläpuolelle voidaan merkitä?
- Miten kidevesi ilmoitetaan yhdisteen kaavassa?
- Miten metallin eri hapetusluvut ilmoitetaan yhdisteen nimessä?