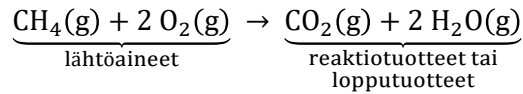


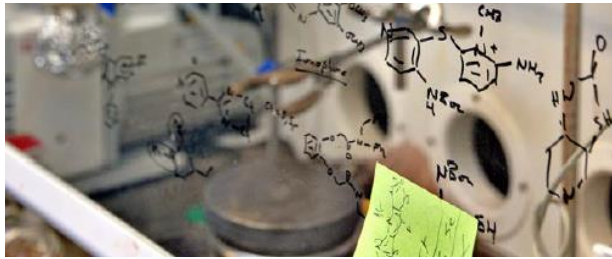
Reaktioyhtälö kertoo reaktion lähtöaineet ja tuotteet

KEMIALLINEN
REAKTIO, KE4

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 epäorgaanisissa reaktioissa huoneen lämpötilassa:

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

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

Orgaanisissa reaktioissa käytetään kemiallisten kaavojen sijaan rakennekaavoja tai viivakaavoja, eikä olomuotoja yleensä merkitä reaktioyhtälöön.

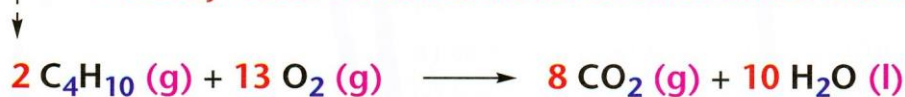
Elleivät reaktio-olosuhteet käy selville asiayhteydestä, oletetaan, että reaktio tapahtuu huoneenlämpötilassa.

Kemiallisissa reaktioissa lähtöaineita hajoaa ja uusia reaktiotuotteita syntyy, mutta alkuaineatomien lukumäärä pysyy aina samana.

Aineiden olomuotoja reaktioyhtälössä

Aine	Esimerkkejä	Poikkeuksia
Metallit ovat huoneenlämpötilassa kiinteitä.	magnesium Mg(s), alumiini Al(s), kupari Cu(s)	elohopea Hg(l)
Kaksiatomisena molekyylinä esiintyvät kaasut.	H ₂ (g), O ₂ (g), N ₂ (g), F ₂ (g), Cl ₂ (g)	bromi Br ₂ (l), jodi I ₂ (s)
Ioniyhdisteet ovat yleensä kiinteitä tai vesiliuokseen liuenneena.	kiinteä natriumkloridi NaCl(s) natriumkloridin vesiliuos NaCl(aq)	
Hapot ovat yleensä vesiliuoksia.	vetykloridihapon vesiliuos HCl(aq)	
Vesi on yleensä nesteenä, mutta palamistuotteena kaasuna.	H ₂ O(l), H ₂ O(g) Älä merkitse koskaan H ₂ O(aq)!	

Reaktioyhtälön kertoimet kuvaavat ainemääräsuhteet.

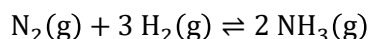


Alaindeksi kertoo, että happimolekyyl
koostuu kahdesta happiatomista.

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!

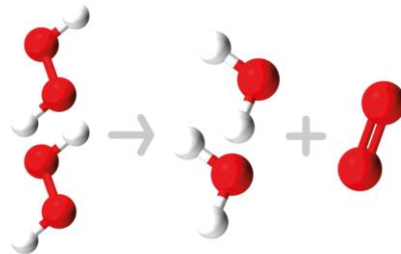
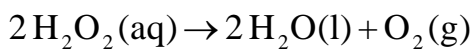
Reaktioyhtälöön merkitään seuraavat asiat:

- **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. $\Delta, p, \text{kat.}, \text{H}_2\text{SO}_4, h\nu$
- 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.

Harjoitus 1 Mitä seuraavat kemialliset merkinnät tarkoittavat?

- 3 Al kolme alumiiniatomia
- N_2 yksi typpimolekyyli
- NO_2 yksi typpidioksidimolekyyli
- 4 N_2 neljä typpimolekyyliä
- $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ kiinteää alumiinioksidia
- $\text{HCl}(\text{aq})$ vetykloridihapon vesiliuos, ei suolahappo!

Harjoitus 2 Kuva esittää vesiliuoksessa olevan vetyperoksidin hajoamista vedeksi ja hapeksi. Kirjoittakaa reaktioyhtälö.



Punainen pallo kuvaa happiatomia ja valkoinen pallo vetyatomia.

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)!


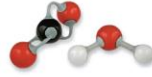
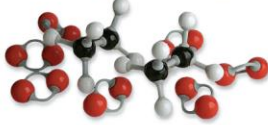
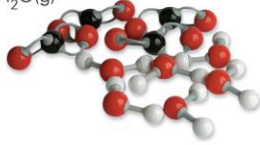
Sähkövarauksen pitää pysyä samana. Eli esimerkiksi ionireaktioissa yhtälön molemmilla puolilla on ionien varausten summan oltava sama. Samoin hapetus-pelkistys ilmiössä hapetuslukujen täytyy olla itseisarvoltaan samat, mutta vastakkaismerkkiset! → tarkemmin opintojaksolla 5.

Aineen häviämättömyyden laki



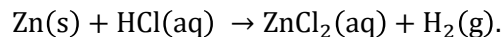
Esimerkki Raudan Fe ja rikin S seosta kuumennettaessa niiden välillä tapahtuu reaktio, jonka päätuotteena on rautasulfidia FeS . Jos kaasumaisia reaktiotuotteita ei muodostu, reaktioseoksen massa säilyy koko ajan samana, sillä atomeja ei synny eikä häviä reaktiossa.

Reaktioyhtälön kertoimien määrittäminen

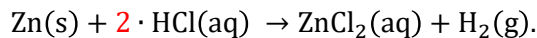
Reaktion lähtöaineet ovat etaani C_2H_6 ja kaksiatominen happikaasu O_2 .		→	Reaktion tuotteet ovat hiilidioksidi CO_2 ja vesi H_2O .	
Sekä lähtöaineet että reaktiotuotteet ovat reaktiolämpötilassa kaasuja:				
$C_2H_6(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$				
Lisätään kertoimia niin, että hiili-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

Esimerkki 1, reaktioyhtälön tasapainottaminen:

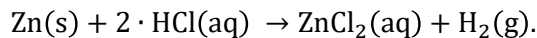
a) Tasapainotetaan reaktioyhtälö:



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

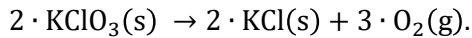


Seuraavaksi tasapainotetaan kaliumit, jotka alun perin oli tasapainossa.

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

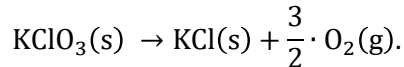


Toinen vaihtoehtoinen tapa:

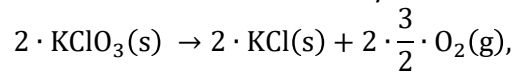
Reaktioyhtälö on siis



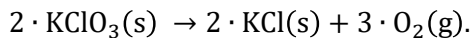
Tasapainotetaan hapet



Kerrotaan lopuksi kokonaisluvulla 2 koko reaktioyhtälö

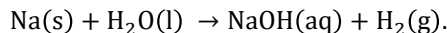


jolloin tasapainotettu reaktioyhtälö on

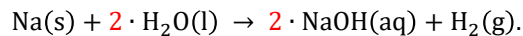


Esimerkki 2, reaktioyhtälön tasapainottaminen: a) Natriummetalli reagoi veden kanssa muodostaen natriumhydroksidin vesiliuoksen ja vetykaasua.

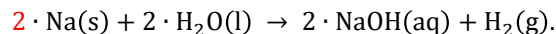
Reaktioyhtälö on:



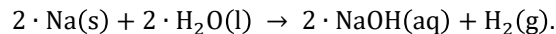
Tasapainotetaan vedyt



ja sitten natriumit (hapet tasapainossa)

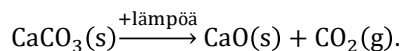


Hapet säilyvät tasapainossa. Siis tasapainotettu reaktioyhtälö on:



b) Kalsiumkarbonaatti hajoaa kuumennettaessa kalsiumoksidiksi ja hiilidioksidiksi.

Reaktioyhtälö on:



Havaitaan, että on valmiiksi tasapainossa.

MUISTA triviaalinimet:

poltettu kalkki = CaO ja sammutettu kalkki Ca(OH)₂.

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 natrium kloridi CH ₃ COONa natrium asetaatti
Metallikationit nimetään vastaavan metallin mukaan. Epämetalli-ionien nimi muodostetaan päätteellä -idi .	Na ₂ O natrium oksi di CaS kalsium sulfi di
Moniatomisten ionien nimet löytyvät taulukoista. Ionien atomit ovat liittyneet toisiinsa kovalenttisin sidoksin. Tällaiset ioniryhmät ovat yleensä pysyviä eivätkä hajoa esimerkiksi veteen liuetessaan.	KNO ₃ (s) → K ⁺ (aq) + NO ₃ ⁻ (aq) kalium nitra atti
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 ⁺ + O ²⁻ → Na ₂ O 3 NH ₄ ⁺ + PO ₄ ³⁻ → (NH ₄) ₃ PO ₄ Huom! Suolan kaavaan ei merkitä ionien varauksia.
Jos yhdisteen rakenne on yksiselitteinen, atomien lukumäärää ei sanota nimessä.	MgCl ₂ magnesium klor idi
Jos metalli muodostaa yhdisteitä useilla hapetusluvuilla, luku merkitään yhdisteen nimeen roomalaisella numerolla sulkuihin metallin nimen jälkeen.	Fe ²⁺ + 2 Cl ⁻ → FeCl ₂ rauta(II)kloridi (rautadikloridi) Fe ³⁺ + 3 Cl ⁻ → FeCl ₃ 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 mon oksidi tai hiili oksi di SO ₂ rikki di oksidi SO ₃ rikki tri oksidi N ₂ O ₄ dityppi tetraoksidi PCl ₅ fosfori pent akloridi

Yhdisteiden nimeäminen B

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