


## KEMIAN SIVUT

## Ylioppilaskokeen kemian kysymykset, syksy 2006

1. Oheisessa taulukossa on esitetty joitakin yhdisteitä ja niihin mahdollisesti liittyviä ominaisuuksia. Kopioi alla oleva taulukko vastauspaperiisi ja vastaa "kyllä" tai "ei" taulukon avoimiin kohtiin

Yhdiste	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> OH	HCOOH	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
Hiilivety						
Tyydyttymätön yhdiste						
Poolinen molekyyli						
Vetysidoksia molekyylien välillä						
Hapan vesiliuos						

Ratkaisu

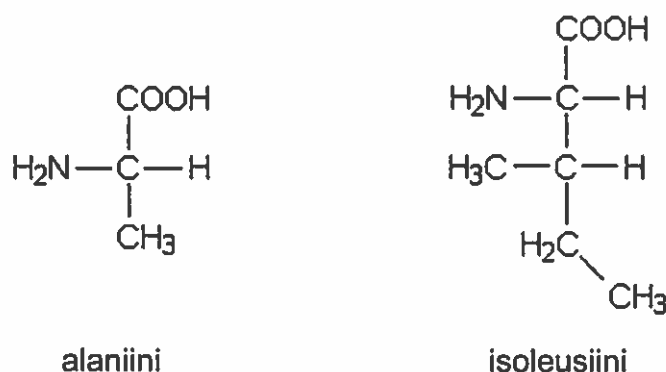
2. Ureaa, (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO, voidaan valmistaa ammoniakkin ja hiilidioksidin välisessä reaktiossa, jolloin tuotteena urean ohella saadaan vettä.
- a) Laadi reaktion yhtälö. (2 p.)
- b) Kuinka monta grammaa ureaa voidaan saada, kun lähtöaineina käytetään 637 g ammoniakkia ja 1140 g hiilidioksidia? (4 p.)

Ratkaisu

3. Paineen kestävässä astiassa sytytetään kaasuseos, jossa on 50 ml etaania ja 520 ml happea sekä 70 ml erästä alkeenia, C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>. Täydellisen palamisen jälkeen astiassa on 30 ml reagoimatonta happea. Mikä on alkeenin molekyylikaava? Kaikki tilavuudet on ilmoitettu samoissa olosuhteissa.

Ratkaisu

4. Kuvassa on esitetty kahden aminohapon, alaniinin ja isoleusiinin, rakennekaavat.



- a) Kiinteää alaniinia liuotetaan natriumhydroksidin vesiliuokseen. Laadi reaktion yhtälö. (2 p.)
- b) Kun kaksi aminohappomolekyyliä reagoi keskenään, muodostuu dipeptidi. Esitä alaniinin ja isoleusiinin välisessä reaktiossa syntyvien dipeptidien rakennekaavat. (4 p.)

Ratkaisu

5. 0,50 litrassa liuosta on 1,0 millimoolia suolahappoa (vetykloridia) lämpötilassa 25 °C.
- a) Mikä on liuoksen pH? (1 p.)
- b) Mihin tilavuuteen liuos on laimennettava, jotta sen pH olisi 3,00? (2 p.)
- c) Kuinka suuri tilavuus 0,10 M NaOH-liuosta on lisättävä alkuperäiseen suolahappoliuokseen, jotta muodostuvan liuoksen pH olisi 12,00? (3 p.)

Ratkaisu

6. Tarkastele seuraavia orgaanisia yhdisteitä: **A**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHCH}_2$ , **B**  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ , **C**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
- a) Yhdiste A on molekyylissä olevan asymmetrisen (kiraalisen) hiiliatomin takia optisesti aktiivinen. Merkitse asymmetrinen hiiliatomi yhdisteen rakennekaavaan tähdellä (1 p.)
- b) Yhdistettä A valmistetaan synteettisesti. Miksi tuote ei ole optisesti aktiivinen?

(2 p.)

- c) Esiintyykö yhdisteellä **A** *cis-trans*-isomeriaa? Perustele. (1 p.)
- d) Laadi rakennekaavoja käyttäen yhdisteen **B** ja **C** välisen reaktion yhtälö. (2 p.)

Ratkaisu

---

7. Aineen ominaisuudet johtuvat ensisijaisesti aineessa esiintyvistä kemiallisista sidoksista. Selvitä sidosten avulla, miksi
- a) metallit johtavat sähköä, (2 p.)
- b) jalokaasuilla on alhainen kiehumispiste, (2 p.)
- c) suolat liukenevat veteen. (2 p.)

Ratkaisu

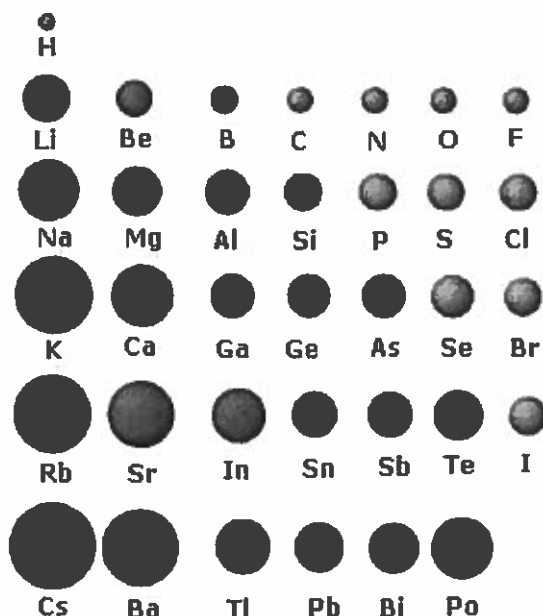
---

8. Selvitä, miksi
- a) olut kuohuu pulloa avattaessa, (2 p.)
- b) avoimessa pullossa viini happanee helposti, (2 p.)
- c) kananmunan valkuainen hyytyy keitettäessä. (2 p.)

Ratkaisu

---

9. Alla on kuvattu eräiden atomien kokoa. Mistä atomien erilainen koko johtuu? Millainen on kationien ja anionien koko verrattuna saman varauksettoman atomin kokoon?

Ratkaisu

10. Analysoitava valkoinen jauhe saattoi olla joko kaliumkloridia, kaliumfluoridia tai kaliumkarbonaattia. Kun jauheesta otettu pieni näyte liuotettiin veteen, todettiin liuoksen kastetun lakmuspaperin värjäytyvän siniseksi. Mitään näkyvää reaktiota ei tapahtunut, kun liuokseen lisättiin suolahappoa. Mikä valkoinen jauhe oli? Perustele valintasi.

Ratkaisu

11. Autojen pakokaasut sisältävät ympäristölle haitallisia kaasuja, kuten hiilivetyjä, typpimonoksidia ja hiilimonoksidia. Ne voidaan kuitenkin pääosin muuttaa pakokaasukatalysaattorin avulla ympäristölle vähemmän haitallisiksi yhdisteiksi.

- a) Pohdi, mitä ympäristöhaittoja aiheutuu edellä mainituista yhdisteistä, jos ne joutuvat ilmaan sellaisinaan. (5 p.)
- b) Mihin pakokaasukatalysaattorin toiminta perustuu? Kirjoita mahdolliset reaktioyhtälöt. (4 p.)

Ratkaisu

**+12. Reaktio**

tasapainovakio määritettiin seuraavalla tavalla. Eri määrät vetyjodidia suljettiin viiteen 0,400 litran astiaan, joita säilytettiin lämpötilassa 623 K. Tietyn ajan kuluttua astiat avattiin ja muodostunut jodi määritettiin titraamalla 0,0150 M natriumtiosulfaatilla reaktion



mukaisesti. Määritä näin saatujen kokeellisten tulosten perusteella reaktion tasapainovakion arvo. Mitkä seikat vaikuttavat tuloksen luotettavuuteen?

Reaktioastian numero	HI(g):n alkuperäinen määrä grammoina	Astian avaamisaika reaktion alusta lukien tunteina	Titrauksessa kuluneen tiosulfaatin tilavuus millilitroina
1	0,300	2	20,96
2	0,320	4	27,90
3	0,315	12	32,31
4	0,406	20	41,50
5	0,280	40	28,68

Ratkaisu

KEMIAN SIVUT

Yo-sivujen alku




## KEMIAN SIVUT

## Kemian ylioppilastehtävien ratkaisut, syksy 2006

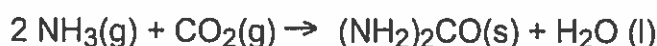
1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | kysymykset (erilliseen selainikkunaan)

1.

Yhdiste	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> OH	HCOOH	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
Hiilivety	kyllä	kyllä	ei	ei	ei	kyllä
Tyydyttymätön yhdiste	kyllä	ei	ei	ei	ei	kyllä*
Poolinen molekyyli	ei	ei	kyllä	kyllä	ei	ei
Vetyäsidoksia molekyylien välillä	ei	ei	kyllä	kyllä	ei	ei
Hapan vesiliuos	ei	ei	ei	kyllä	ei	ei

\* Yhdiste on bentseeni, joka on aromaattinen yhdiste. Aromaattiset yhdisteet luokitellaan tyydyttymättömiksi molekyylin vetyatomien ja hiiliatomien määrien suhteiden perusteella. Reaktioiden perusteella aromaattiset yhdisteet voisivat kuulua tyydyttyneisiin yhdisteisiin.

2. a) Reaktioyhtälö:



b) Lasketaan ammoniakkin ja hiilidioksidin ainemäärä

	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
<i>m</i> (g)	637	1140
<i>M</i> (g/mol)	17,03	44,01
<i>n</i> = <i>m</i> : <i>M</i> (mol)	37,405	25,903

Ammoniakin kerroin reaktioyhtälössä on 2, joten ammoniakkia kuluu

$$37,405 \text{ mol} : 2 = 18,7025 \text{ mol}$$

Ammoniakin määrä on siten rajoittava tekijä.

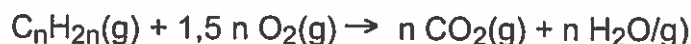
$$M(\text{urea}) = 60,06 \text{ g/mol}$$

$$m = n M$$

Ureaa saadaan korkeintaan

$$m(\text{urea}) = 18,7025 \text{ mol} \cdot 60,06 \text{ g/mol} = 1123 \text{ g}, \text{ tarkkuus huomioiden } 1120 \text{ g}.$$

### 3. Palamisreaktioiden yhtälöt:



Lasketaan kuinka paljon (tilavuudet) happea etaani ja alkeeni kuluttavat. Voidaan käyttää tilavuuksia, koska reaktiot tapahtuvat kaasufaasissa (ja suljetussa astiassa).

$$\text{C}_2\text{H}_6: 3,5 \cdot 50 \text{ ml} = 175 \text{ ml}$$

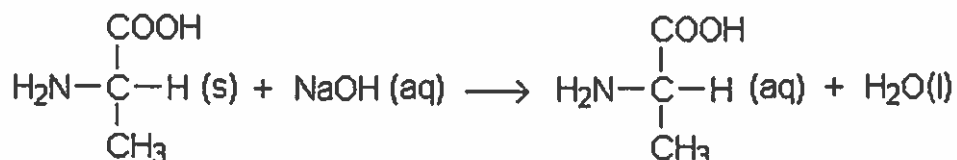
$$\text{C}_n\text{H}_{2n}: 1,5 n \cdot 70 \text{ ml} = 105 n \text{ ml}$$

Hapen määrästä saadaan yhtälö:

$$(105 n + 175 + 30) \text{ ml} = 520 \text{ ml} \text{ eli } 105 n \text{ ml} = 315 \text{ ml}, \text{ josta } n:n \text{ arvoksi tulee } 3.$$

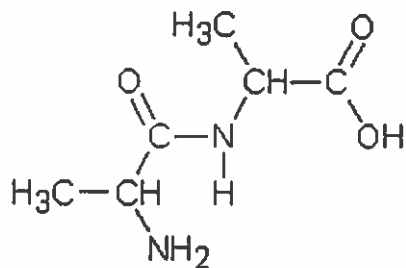
Alkeenin molekyylikaava on siis **C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>**.

### 4. a) Reaktioyhtälö:

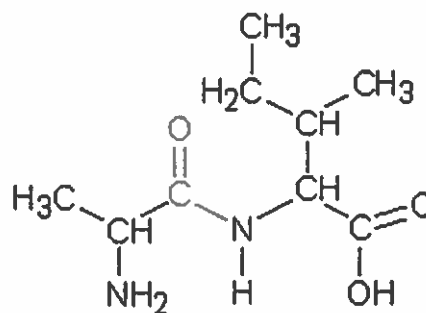


b) Reaktiossa syntyy neljää dipeptidiä:

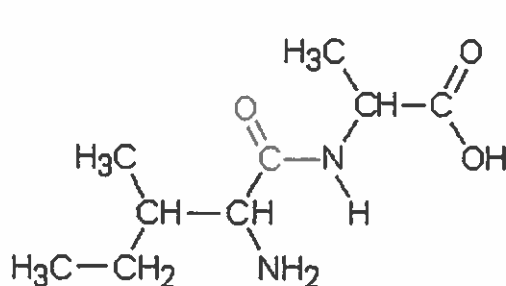
alaniini - alaniini, alaniini - isoleusiini, isoleusiini - alaniini ja isoleusiini - isoleusiini



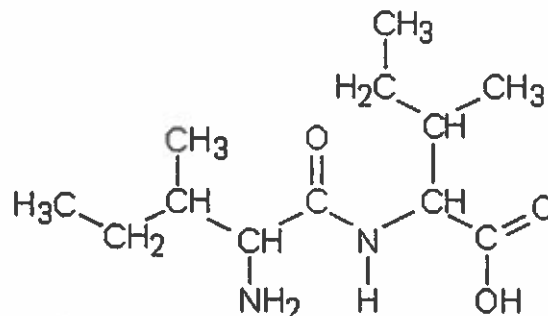
alaniini-alaniini



alaniini-isoleusiini



isoleusiini-alaniini



isoleusiini-isoleusiini

Kaavat voidaan piirtää usealla tyylillä. Tässä hiiliketjut on piirretty polveileviksi ChemSketchin tyyliin.

☞ a) Liuoksen pH

Lasketaan  $[H_3O^+]$ , joka on sama kuin  $c(HCl)$ .

$$[H_3O^+] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} : 0,50 \text{ l} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$pH = -\log 2,0 \cdot 10^{-3} = 2,7$$

b) Kun  $pH = 3,00$ ,  $[H_3O^+] = 10^{-3} \text{ mol/l}$

Merkitään laimennetun liuoksen tilavuutta  $V$ :llä. Ainemäärien ( $n = cV$ ) perusteella saadaan yhtälö:

$$V \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}, \text{ josta saadaan } V = 1 \text{ litra}.$$

c) Merkitään lisättävää  $NaOH$ -liuoksen määrää  $x$ :llä.

Liuoksen lopputilavuus on  $x + 0,50$  litraa.

Koska liuoksen  $pH$ :n tulee olla  $12,00$ , sen  $pOH$  on silloin  $14,00 - 12,00 = 2,00$ , josta saadaan

$$[OH^-] = 10^{-2}.$$

	Lisätty $OH^-$	Neutralointiin kului	Liuokseen jää
Ainemäärä (mol)	$0,10 \cdot x$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$10^{-2}(x + 0,50)$

Laaditaan yhtälö  $OH^-$ -ionien ainemäärien perusteella

$$0,10 x = 0,001 + 0,01(x + 0,50), \text{ josta ratkaisuna}$$

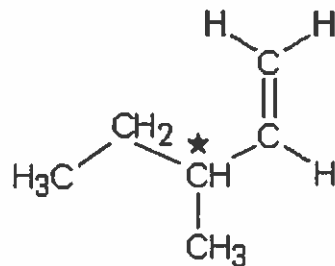
$$x = 0,006 : 0,09 = 0,06666$$

$NaOH$ -liuosta on lisättävä  $0,067 \text{ l} = 67 \text{ ml}$



6. Yhdisteet **A**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHCH}_2$ , **B**  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ , **C**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$

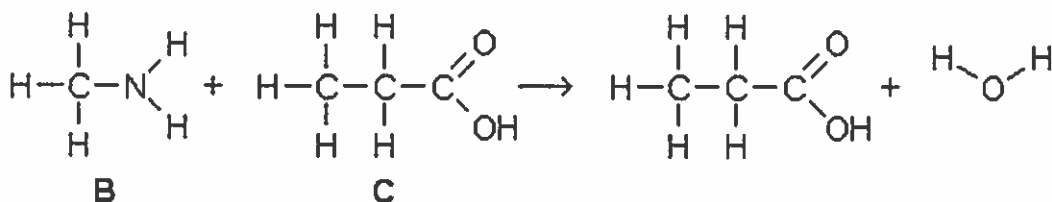
a) Yhdisteen **A** rakennekaava, johon asymmetrinen (kiraalinen) hiiliatomi on merkitty tähdellä.:



b) Valmistettaessa yhdistettä **A** synteettisesti saadaan molempia optisia isomeerejä. Tuotteeksi syntyy raseeminen seos, joka ei ole optisesti aktiivinen.

c) Yhdisteestä **A** ei ole olemassa *cis-trans*-isomeerejä, sillä kaksoissidoksen toiseen hiiliatomiin on liittynyt kaksi vetyatomia. Kuvassa atomit on merkitty sinisellä.

d) Reaktio



7. a) **Metallit johtavat sähköä**, koska metallisidoksessa sidoselektronit pääsevät liikkumaan atomien välisessä tilassa. Metalliatomeissa on uloimmalla kuorella vajaa elektronimiehitys (vain 1 — 4 elektronia).



Metalliatomien sitoutuessa toisiinsa uloimmat kuoret eivät silloinkaan täyty tai saavuta oktettia. Atomien uloimmat elektronit muodostavat "elektronimeren", jonka negatiivinen varaus sitoo metalliatomit hilaan mutta jossa elektronit eivät ole lokalisoituneet vaan pystyvät siirtymään vajaamiehitettyihin orbitaaleihin.

b) **Jalokaasuilla on alhainen kiehumispiste**, koska ne koostuvat lähes irrallisista atomeista. Niiden atomien väliset sidosvuorovaikutukset ovat heikkoja dispersiivoimia (van der Waalsin sidoksia). Jalokaasuilla on uloimmalla elektronikuorella oktetti lukuun

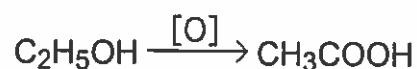
ottamatta heliumia, jolla on täydellä uloimmalla kuorellaan kaksi elektronia. Elektronirakenteensa takia jalokaasut eivät muodosta alkuaineina esiintyessään molekyylejä. Niinpä dispersiovoimat jäävät atomien välisiiksi ja siitä syystä heikoiksi. Dispersiovoimien suuruushan riippuu sitoutuvien hiukkasten koosta ja elektronien määrästä.

**c) Suolat liukenevat veteen,** koska niillä on ionihila. Pooliset vesimolekyylit pääsevät liittymään hilan ioneihin, siten purkamaan sen ja hydratoimaan irronneet ionit, jotta ne pysyvät vesiliuoksessa. Kuvassa esimerkkinä NaCl-hilan purkautuminen ja ionien hydratoituminen.

---

**8. a) Pulloa avattaessa** olueen liunneet kaasut (pääasiassa hiilidioksidi) pääsevät poistumaan ja poistuessaan aiheuttavat kuohunnan. (Olut sisältää sokereita, pieniä määriä valkuaisaineita ym. yhdisteitä, jotka vaikuttavat kuohun muodostukseen.) Kaasut poistuvat, koska pullon avaaminen rikkoo sen sisällä (suljetussa systeemissä) vallitsevan liukoisuustasapainon. Le Châtelier'n periaatteen mukaisesti pyrkii muodostuman uusi tasapainotila, mutta koska uusi systeemi on avoin, kaasun virtaus jatkuu.

**b) Viini happanee helposti avoimessa pullossa,** sillä siinä oleva etanoli hapettuu ilman hapen (ja viinissä olevien entsyymien) vaikutuksesta etikkahapoksi (tapahtuu etikkahappokäymistä).



**c) Kananmunan valkuainen hyytyy keitetessä,** koska sen sisältämien liuenneiden

(kolloidisten) valkuaisaineiden tertiaari- ja sekundaarirakenne purkautuu kuumennuksessa ja purkautuneet aminohappoketjut liittyvät toisiinsa sikin sokin suuriksi kokkareiksi, ts. valkuaisaineet *koaguloituvat*. Kuorineen keitetystä kananmunassa valkuainen jää yhtenäiseksi kiinteäksi kerrokseksi kuoren takia. Keitettäessä rikkoutuneesta munasta valkuainen valuu keitinveeseen ja muodostaa selvemmin kokkareisen rakenteen.

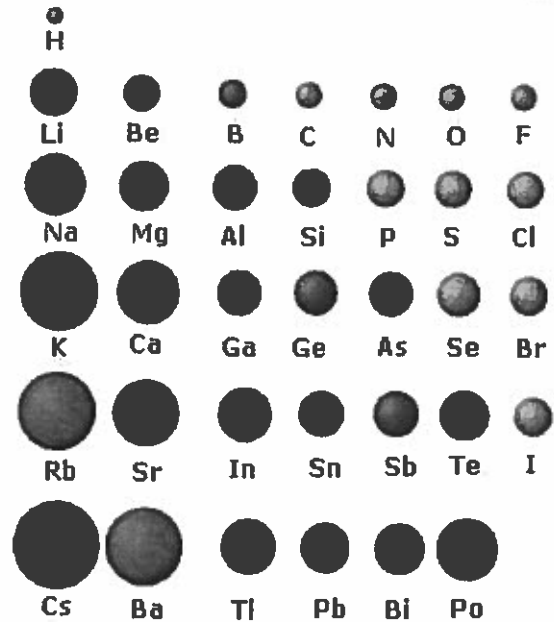
9. Atomien kokoon vaikuttavat *elektroniverho* ja *ytimen varaus*. Elektroniverhon osalta oleellisia tekijöitä ovat *elektronikuorten määrä* ja *miehitys*.

Vety (H) on atomikooltaan pienin, koska sillä on vain yksi protoni ytimessään ja yksi elektroni K-kuorella.  $H^+$ -ioni on H-atomia pienempi, koska elektroni on poistunut kokonaan.

Alkalimetallien ryhmässä (Li — Cs) atomien

koko kasvaa järjestysluvun, siis myös ytimen varauksen, kasvaessa, koska elektronikuorten määrä kasvaa. Uloimmalla kuorella on yksi lelektroni, joka irtoaa positiivisen alkalimetalli-ionin syntyessä. Ionin koko on näin ollen pienempi kuin vastaavan atomin koko. Vastaava kokomuutos esiintyy selvästi myös ryhmässä maaalkalimetalleilla (Be — Ba). Booriryhmässä ja sitä seuraavissa ryhmissä atomien koon kasvu järjestysluvun kasvaessa ei ole yhtä selvä, mikä johtuu lähinnä uloimman elektronikuoren runsaammasta elektronimäärästä, johon ytimen varaus ulottaa hyvin vaikutuksensa.

Jaksossa alkalimetalleista halogeeneihin atomien koko pienenee järjestysluvun kasvaessa — tosin monet jakson loppupään atomeista ovat liki samankokoisia. Elektronikuorten lukumäärä ei kasva samassa jaksossa vasemmalta oikealla siirryttäessä vaikka elektronin määrä lisääntyykin. Jotkin raskaat alkuaineet poikkeavat hieman säännöstä (Te ja Po) runsaan elektronimääränsä ja ytimen varauksen vaikutusta hajottavan neutronimäärän takia.



Elektronin menettäminen pienentää kokoa ja elektronien vastaanottaminen taas suurentaa: metalliatomien muodostamat positiiviset ionit ovat varauksetonta atomia pienempiä, kun taas epämetallien negatiiviset ionit (esim. halogeenien ionit) ovat alkuperäistä atomia suurempia. Metallionien koko pienenee jaksossa siten, että alkalimetallien ionit ovat suurimpia ( $\text{Na}^+$ -ionista alkaen). Ilmiö osoittaa, että elektroni — vaikka onkin massaltaan pieni hiukkanen — vaatii tilaa varauksensa vuoksi ja hylkiessään toisia elektroneja. Lisäksi ilmiö osoittaa, että sähköisen vuorovaikutuksen ollessa riittävän voimakas (protoneja runsaasti) ytimen ja elektroniverhon välillä, elektronit pakkautuvat lähemmäs toisiaan ja ydintä.

---

10. Valkoinen jauhe on joko kaliumkloridia  $\text{KCl}$ , kaliumfluoridia  $\text{KF}$  tai kaliumkarbonaattia  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Lakmuspaperin värinmuutos viittaa emäksiseen aineeseen, mutta koska  $\text{HCl}$  (aq) ei aiheuta näkyvää reaktiota, kyseessä ei voi olla  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .  $\text{KCl}$  on vahvan hapon ( $\text{HCl}$ ) ja vahvan emäksen ( $\text{KOH}$ ) suola, joten sen vesiliuoksessa ei tapahdu hydrolyysiä, joka tuottaisi lakmuksella nähtävän emäksisen reaktion.  $\text{KF}$  on vahvan emäksen ( $\text{KOH}$ ) ja suhteellisen heikon hapon, vetyfluoridin  $\text{H}_2\text{F}_2$  (tai  $\text{HF}$ ) suola. Vetyfluoridin happovakion arvo on  $6,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$ .  $\text{KF}$ :n liuoksessa tapahtuu siten hydrolyysi, joka tuottaa liuokseen  $\text{OH}^-$ -ioneja. Nämä värjäävät lakmuspaperin siniseksi. **Valkoinen jauhe on siis kaliumfluoridia  $\text{KF}$ .**

---

+11. a) Hiilimonoksidi ( $\text{CO}$ ) on hengitettynä myrkyllistä, koska se estää hapen sitoutumisen hemoglobiiniin. Hiilivedyt saattavat aiheuttaa hengitystieärsytystä ja jopa altistaa syövälle. Ko. yhdisteet ja erityisesti typpimonoksidi edistävät alailmakehän otsonin muodostusta. Otsoni puolestaan on vahvasti hapettavaa, korroosiota aiheuttavaa ja hengitettynä myrkyllistä.

Alailmakehän kohonneet otsonipitoisuudet ovatkin aurinkoisen vuodenajan paha ilmanlaatuongelma joka puolella Eurooppaa. Alailmakehän otsonipitoisuuden kasvun merkittävin aiheuttaja on liikenne. Suomen pahimmat otsonipiikit esiintyvät kesäisin korkeapaineen vallitessa. Tällöin myös muualta Euroopasta kulkeutuu Suomeen otsonia ja muita ilmansaasteita sisältävää ilmaa. Lisäksi omien hiilivety- ja typenoksidipäästöjemme aiheuttama otsoninmuodostus on helteellä runsasta. Otsonin määrä riippuu vuorokauden ajasta: otsonin määrä on suurimmillaan iltapäivällä ja

alkuillasta. Yöllä pitoisuudet alenevat. Taajamissa otsoni reagoi herkästi muiden ilmansaasteiden kanssa ja otsonipitoisuudet laskevat näin ollen usein alemmas kuin lähimaaseudulla. Maaseudun puhtaammassa ilmassa otsonin kehittyminen on vallitseva prosessi. Korkeimmat otsonipitoisuudet voivatkin hieman yllättäen esiintyä alueilla, joilla päästöjä on hyvin vähän tai ei juuri lainkaan.

Vaikka katalysaattorit muuntavat hiilimonoksidia, hiilivetyjä ja typpimonoksidia vähemmän haitallisiksi yhdisteiksi, ilmanlaatu kaipaa silti kohentamista, sillä katalysaattorit eivät pysty kokonaan estämään mainittujen haitallisten aineiden syntyä liikenteessä. Ko. aineiden lähteitä on toki muuallakin, mutta liikenteen päästöt ovat edelleen suurin ongelma.

b) Katalysaattorin toiminta perustuu *katalyysiin* eli kemiallisten reaktioiden nopeuttamiseen. Kolmitoimikatalysaattoreissa hiilimonoksidi eli häkä (CO) hapettuu hiilidioksidiksi (CO<sub>2</sub>), palamattomat hiilivedyt hapettuvat hiilidioksidiksi ja vedeksi. Typpimonoksidit (NO puolestaan pelkistyy typeksi (N<sub>2</sub>).

Yhdiste	Reaktio	Tuote
CO	hapetus	CO <sub>2</sub>
Hiilivedyt	hapetus	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O
NO	pelkistys	N <sub>2</sub>

Katalysaattori voi hapettaa myös rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>) rikkiatrioksidiksi (SO<sub>3</sub>), joka muodostaa veden kanssa rikkihappoa (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Katalysaattorissa on keraaminen tai metallinen kennosto, joka on pinnoitettu katalyyteillä. Katalyyteinä käytetään jalometalleja ja niiden seoksia, platinaa (Pt) ja rodiumia (Rh). Jalometalleja tarvitaan vain pari grammaa, vaikka kennoston pinta-ala on suuri. Suuri pinta-ala on tärkeä, jotta kaasumolekyylit kulkeutuisivat mahdollisimman tarkkaan katalyyttipinnalle ja reagoisivat. Reaktiot vaativat korkean lämpötilan (n. 300 °C). Katalysaattori ei siis pysty toimimaan heti auton käynnistämisen jälkeen vaan vasta pakokaasujen lämmitettyä katalysaattoria rittävästi.

Katalysaattoriautoissa on käytettävä lyijytöntä polttoainetta, koska lyijy tuhoaa katalysaattorin.

Tässäpä pääpiirteitä. Voisi vastata toisinkin.

**+12.** Titrausreaktio:



Reaktioastian numero	HI(g):n alkuperäinen määrä grammoina	Astian avaamisaika reaktion alusta lukien tunteina	Titrauksessa kuluneen tiosulfaatin tilavuus millilitroina
1	0,300	2	20,96
2	0,320	4	27,90
3	0,315	12	32,31
4	0,406	20	41,50
5	0,280	40	28,68
<i>Merkintöjä</i>	$m_a(\text{HI}) = m_a$		V

Titraamalla saadaan selville tasapainoseoksen koostumus seuraavasti:

Tasapainoseoksen koostumus $2 \text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$	
Jodin määrä mmol: $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = c = 0,0150 \text{ M}$ $n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} \cdot c \cdot V$	Vedyn määrä mmol: $n(\text{H}_2) = n(\text{I}_2)$
HI:n alkumäärä mmol: $n_a(\text{HI}) = 1000 \cdot m_a : M(\text{HI})$ $M(\text{HI}) = 127,91 \text{ g/mol}$	Vetyjodidin määrä mmol: $n_a - c \cdot V$

Reaktioastian numero	$n_a(\text{HI})$	$n(\text{I}_2)$	$n(\text{H}_2)$	$n(\text{HI})$	$K$
1	2,34540	0,15720	0,15720	2,03100	0,00599
2	2,50176	0,20925	0,20925	2,08326	0,01009
3	2,46267	0,24233	0,24233	1,97802	0,01501
4	3,17411	0,31125	0,31125	2,55161	0,01488
5	2,18904	0,21510	0,21510	1,75884	0,01496

$$K = [\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2] : [\text{HI}]^2$$

Laskettaessa konsentraatioiden lausekkeessa esiintyvä tilavuus supistuu pois. Moolien

asemesta laskuissa käytettiin millimooleja, koska titraustulosta oli näin helppo käsitellä (eikä virhettä aiheudu  $K$ :n lausekkeen muodon takia).  $Hl$ :n alkuperäinen määrä laskettiin siitä syystä millimooleiksi.

Reaktioastioissa 1 ja 2 tasapaino ei ehkä ole ehtinyt asettua, koska ajat olivat 2 h ja 4 h, joten jätetään niistä saatu tasapainovakion arvo pois keskiarvoa laskettaessa.

$$K = (0,01501 + 0,01488 + 0,01496) : 3 = 0,01495, K = 0,0150$$

Tuloksen luotettavuuteen vaikuttaa, että

- reaktion tasapaino on varmasti ehtinyt asettua
- jodia estetään haihtumasta titraukseen ryhdyttäessä (faasinmuutos  $g \rightarrow s!$ )
- mittaukset ovat täsmällisiä (titrauksen onnistuminen,  $Hl$ :n alkuperäisen määrän tarkkuus)
- lämpötila pysyy vakiona reaktion kestäessä
- astiat ovat puhtaita (ettei pääse tapahtumaan sivureaktioita) ja niitä käsitellään siististi.