



# Kemian harjoitustehtäviä

KEMIAN HARJOITUSTEHTÄVIÄ • KURSSIT 1 – 5 • ILARI NIEMI



TURUN KRISTILLISEN OPISTON OPPIMATERIAALEJA

Kemia ja integroivat tehtävät: Ilari Niemi, 2014.

Taitto ja kuvitus: Ulriikka Lipasti, Turun Etusivu Oy.

Julkaisija: Turun kristillisen opiston säätiö, Lustokatu 7, 20380 Turku.

Rahoitettu Opetushallituksen tuella.

ISBN 978-952-5803-27-3

KEMIAN  
HARJOITUSTEHTÄVIÄ  
KURSSIT 1 - 5

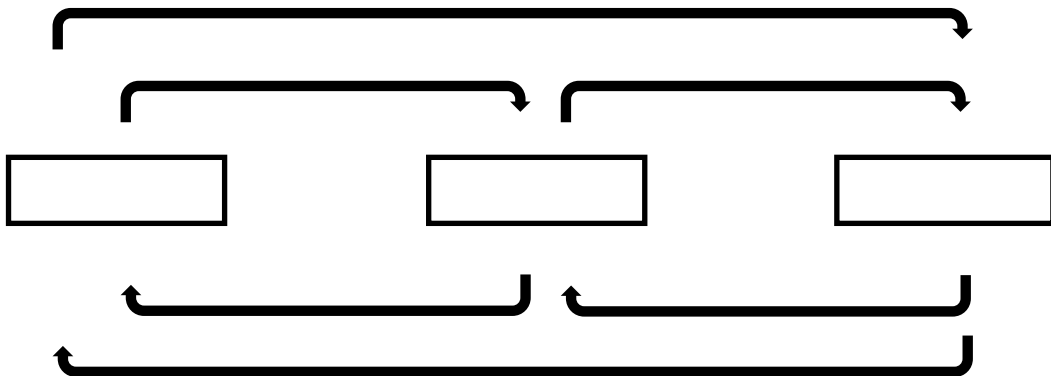
## **Sisällysluettelo** .....

<b>Kemian kurssi 1 – Ihmisen ja elinympäristön kemia.....</b>	<b>5</b>
<b>Kemian kurssi 2 – Kemian mikromaailma.....</b>	<b>12</b>
<b>Kemian kurssi 3 – Reaktiot ja energia.....</b>	<b>19</b>
<b>Kemian kurssi 4 – Metallit ja materiaalit.....</b>	<b>24</b>
<b>Kemian kurssi 5 – Reaktiot ja tasapaino.....</b>	<b>29</b>
<b>Harjoitustehtävien ratkaisut.....</b>	<b>34</b>

# Kemia • Kurssi I • Harjoitustehtäviä

## Ihmisen ja elinympäristön kemia

1. Täydennä kuvaan aineen olomuotojen muutokset. Mihin olomuodonmuutokseen kuluu energiaa ja missä vapautuu energiaa?



2. Luokittele seuraavat aineet puhtaisiin aineisiin, homogeenisiin seoksiin tai heterogeenisiin seoksiin.

- a. veri
- b. hiilidioksidi
- c. pitsa
- d. tislattu vesi
- e. makkarakeitto
- f. merivesi

3. Täydennä taulukko.

kemiallinen merkki	${}^4\text{He}$			
järjestysluku		12		
massaluku			52	
protonit				35
neutronit		12		45
elektronit			24	

4. Mikä alkuaine on kysymyksessä?

- a. Se kuuluu ensimmäiseen ryhmään ja neljänteen jaksoon.

- b. Sillä on kaksi elektronikuorta ja siltä puuttuu kaksi elektronia oktetista.
- c. Sillä on neljä ulkoelektronia, ja kaksi elektronikuorta.
- d. Se saa oktetin luovuttamalla yhden elektronin, ja sillä on neljä elektronikuorta.
- e. Se on maa-alkalimetalli, ja sillä on neljä elektronikuorta.
- f. Se kuuluu halogeeneihin ja viidenteen jaksoon.

5. Minkälainen sidos syntyy seuraavien atomien välille? Perustele.

- a. kalium ja jodi
- b. vety ja kloori
- c. hiili ja happi
- d. magnesium ja bromi

6. Yhdistä oikein.

sumu	kiinteää ainetta kaasussa
suspensio	nestettä kaasussa
savu	kiinteää ainetta nesteessä
emulsio	nestettä nesteessä

7. Muodosta kaikki ioniyhdisteet seuraavista alkuaineista ja nimeä ne.

Na, S, Br, Ca, Al, F, O, Mg.

8. Kirjoita seuraavien molekyyliyhdisteiden Lewisin rakennekaavat.

- a.  $\text{CO}_2$
- b.  $\text{H}_2\text{O}$
- c.  $\text{NH}_3$
- d.  $\text{HCN}$
- e.  $\text{PBr}_3$

9. Piirrä kaikki mahdolliset rakenne- tai viivakaavat yhdisteelle, jonka molekyylikaava on  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ .

10. Piirrä rakenne- tai viivakaavat yhdisteelle, joka on

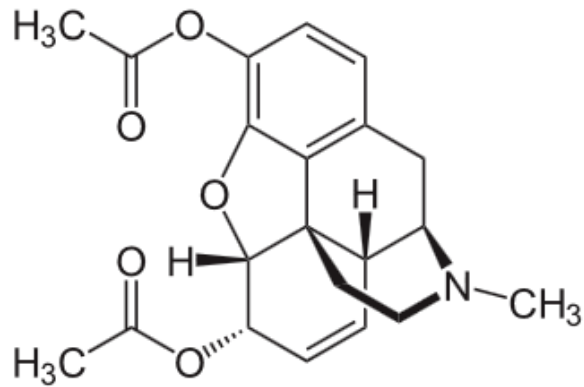
- a. avoketjuinen tyydyttynyt primäärinen alkoholi
- b. rengasrakenteinen tyydyttynyt ketoni

- c. aromaattinen aldehydi
- d. asyklinen sekundäärinen amiini.

11. Piirrä rakennekaavat tai viivakaavat seuraaville yhdisteille.

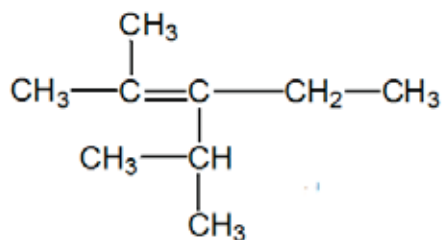
- a. propanaali
- b. butanoni
- c. 3,4-dimetyyli-2-penteeni
- d. 2-etyyli-3-metyylisykloheksanoni
- e. 3-bromi-4-metyylipentanaali

12. Alla olevassa kuvassa on esitetty heroiinin rakennekaava. Ympyröi kuvaan heroiinin funktionaaliset ryhmät ja nimeä ne.

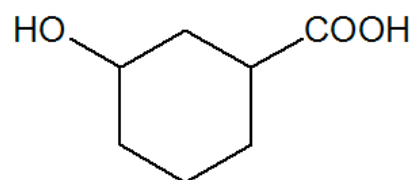


13. Nimeä alla olevat molekyylit.

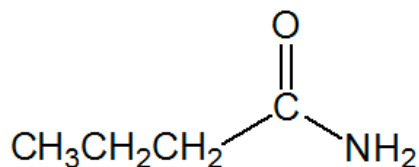
a.



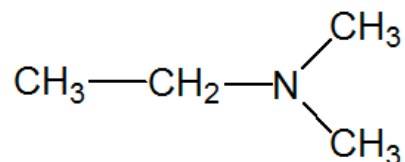
b.



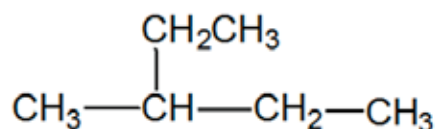
c.



d.



e.



14. Piirrä seuraavien yhdisteiden viiva- tai rakennekaavat.

- etyylimetyylieetteri
- 2-metyyli-1,3-butadieeni
- 2-metyyli-2-propen-1-oli
- 2-fenylietanoli
- 1,3-dietyylisyklopentaani

15. Piirrä yhdisteiden rakennekaavat ja merkitse poolisiin sidoksiin osittaisvaraukset  $\delta^+$  ja  $\delta^-$ .

- vesi
- etanoli
- etaanihappo
- dimetyyliamiini
- butanaali

16. Laske, kuinka monta vetyatomia on 3 mmol:ssa vettä.

17. Lyijykynän terä on grafiittia, jossa on  $7,5 \cdot 10^{22}$  hiiliatomia. Mikä on terän massa?

18. Salmiakki sisältää 0,007 % ammoniumkloridia ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Kuinka monta mikromoolia ( $\mu\text{mol}$ ) ammoniumkloridia on yhdessä karamellissa, kun yhden karamellin massa on 3 g?

19. Laske liuoksen sokeripitoisuus (m-%), kun sekoitat 500 g 20 m-% sokeriliuosta ja 1 kg puhdasta vettä.



20. Veren normaali glukoosipitoisuus on 5,0 mM. Hypoglykemisellä potilaalla veren glukoosipitoisuus on 1 mM.
- Kuinka monta millilitraa sinun tulee antaa potilaalle 0,5 M glukoosiliuosta, jotta hänen verensokerinsa palautuu normaaliksi? Glukoosin imeytymistä tai vapautumista elimistössä eikä veren tilavuuden muutosta tarvitse huomioida. Potilaan veren tilavuus on 5,0 l.
  - Kuinka monta millilitraa sinun tulee antaa potilaalle 0,5 M glukoosiliuosta, jos veren tilavuuden muutos otetaan huomioon?
21. Tehtävänäsi on valmistaa 500 ml typpihappoliuosta, jonka konsentraatio on noin 0,100 mol/l. Käytettävissäsi on 36 m-% typpihappoa, jonka tiheys on 1,214 kg/l, tislattua vettä, byretti, pipettejä ja mittapulloja. Miten menettelet? (Yo-koe, kevät 2004, tehtävä 7.)
22. Mikä on liuoksen konsentraatio, kun liuotat 3,0 g glukoosia 250 ml:ksi liuosta?
23. Mitä molekyylien välisiä vuorovaikutuksia seuraavissa aineissa on?
- $\text{H}_2\text{O}$  (l)
  - $\text{I}_2$  (g)
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
  - $\text{MgCl}_2$  (s)
  - $\text{O}_3$  (g)
24. Kummalla aineella on alla olevista pareista korkeampi kiehumispiste? Perustele.
- etaani vai propaani
  - etanoli vai metanoli
  - etanoli vai eteeni
  - eteeni vai etaani
  - 1-propanoli vai 2-propanoli
  - 1-propanoli vai propanaali
25. Piirrä näkyviin kaikki mahdolliset vetysidokset, joita esiintyy etanolin vesiliuoksessa.
26. Aineen ominaisuudet johtuvat ensisijaisesti aineessa esiintyvistä kemiallisista sidoksista. Selvitä sidosten avulla, miksi
- metallit johtavat sähköä
  - jalokaasuilla on alhainen kiehumispiste
  - suolat liukenevat veteen. (Yo-koe, syksy 2006, tehtävä 7.)

27. Miksi ruokasuola

- a. liukenee paremmin veteen kuin etanoliin
- b. ei liukene pentaaniin
- c. liukenee huonommin dietyylieetteriin kuin metanoliin?

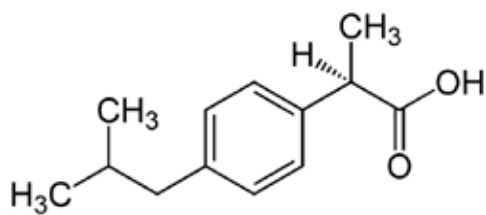
28. Piirrä jokin

- a. sekundäärinen alkoholi
- b. tertiäärinen amiini
- c. neljänarvoinen alkoholi
- d. eetteri, jossa on 5 hiiliatomia.

29. Piirrä alla olevien yhdisteiden rakenne- tai viivakaava.

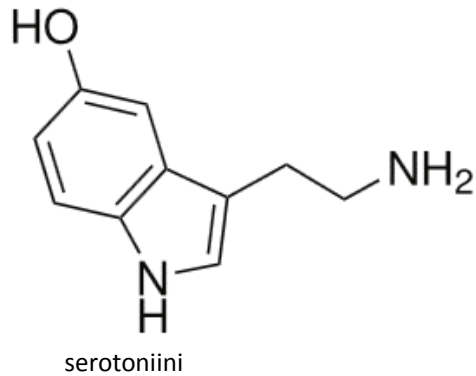
- a. 2,2-dimetyylipropanoli
- b. 2-sykloheksenoli
- c. etyylimetyylieetteri
- d. dietyyliamiini
- e. sykloheksyyliamiini
- f. 2-amino-3,3-dimetyyliheptaanihappo
- g. 2-butenaali
- h. syklopentanoni
- i. 2-etyyliheksanaali
- j. 2-hydroksipropanihappo
- k. 3-metyyli-1,5-pentaanidihappo
- l. metyylipropionaatti
- m. N-metylibutaaniamidi

30. Nimeä Ibuprofeeni IUPAC-nimeämiskäytännön mukaan.



Ibuprofeeni

31. Serotoniini on verisuonia supistava kudoshormoni sekä aivojen välittäjäaine. Ympyröi serotoniinin rakenteesta funktionaaliset ryhmät ja nimeä ne.



32. Laita seuraavat molekyylit hapettumisasteen mukaiseen järjestykseen. (Vähiten hapettunut ensin jne.)  $\text{CH}_3\text{CH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CHO}$
33. Kirjoita propanolin tasapainotettu reaktioyhtälö, kun
- palaminen on epätäydellistä (muodostuu hiilimonoksidia)
  - palaminen on täydellistä.
34. Muodostuuko alla olevista molekyyleistä hapan, emäksinen vai neutraali vesiliuos? Perustele.
- kaliumhydroksidi
  - metanoli
  - fenoli
35. Kirjoita seuraavien molekyylien protoninsiirtoreaktiot vedessä.
- etikkahappo
  - metyyliamiini
  - 4-hydroksibutaanihappo
  - fenoli

### Kemian mikromaailma

1. Kirjoita seuraavien alkuaineiden tai ionien elektronikonfiguraatiot.

- mangaani
- kloori
- $\text{Mg}^{2+}$  -ioni
- $\text{F}^-$  -ioni

2. Mikä alkuaine on kyseessä?

- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
- $[\text{Ar}] 4s^2 3d^2$
- $[\text{Ne}] 3s^2 3p^2$

3. Miksi alkuaineiden ionisaatioenergiat kasvavat

- siirryttäessä jaksossa oikealle
- siirryttäessä ryhmässä ylöspäin?

4. Mikä on yhdisteen empiirinen kaava, kun se sisältää 3,6 g hiiltä, 0,6 g vetyä ja 4,8 g happea?

5. Erään aromaattisen hiilivedyn todettiin sisältävän 92,2 massaprosenttia hiiltä. Yhdisteen moolimassan voitiin osoittaa olevan alle 110 g/mol.

- Mikä on yhdisteen molekyylikaava?
- Laadi yhdisteen rakennekaava.
- Nimeä yhdiste.

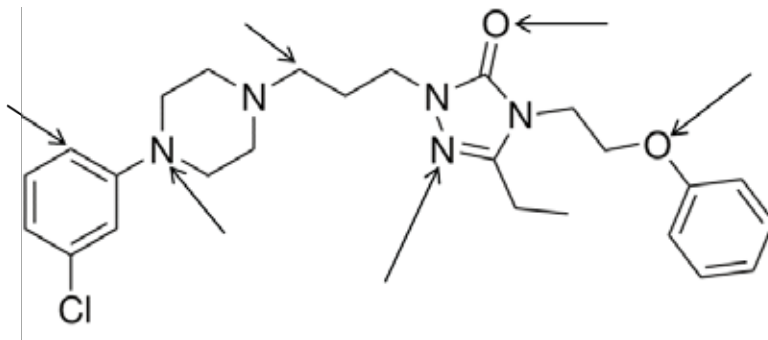
(Yo-koe, kevät 2005, tehtävä 6.)

6. Kuinka monta grammaa klooria on 5,0 grammassa kalsiumkloridia ( $\text{CaCl}_2$ )?

7. Polttoanalyysissä poltetaan täydellisesti 1,646 g yhdistettä, joka sisältää vain hiiltä, vetyä ja happea. Tuotteeksi saadaan 4,89 g hiilidioksidia ja 1,2006 g vettä. Mikä on yhdisteen empiirinen kaava?

8. Eräs sekundäärinen alkoholi sisältää 59,96 m-% hiiltä, 13,42 m-% vetyä ja loput happea. Mikä on yhdisteen rakennekaava, kun yhdisteen moolimassa on 60,094 g/mol?

9. Alla on nefatsodonin rakennekaava. Mikä on merkittyjen atomien hybridisaatio?

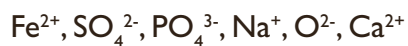


10. Nimeä yhdisteet.

- $\text{NaPCl}_6$
- $\text{KNO}_3$
- $\text{Na}_3\text{PS}_4$
- $\text{CaS}$
- $\text{Li}_3\text{N}$
- $\text{FeCl}_3$

11. Miksi rikki voi esiintyä  $d^2sp^3$  hybridisaatiossa, mutta happi ei?

12. Kirjoita ja nimeä kaikki mahdolliset ioniyhdisteet, jotka muodostuvat seuraavista ioneista?



13. Mikä hilarakenne esiintyy alla olevissa molekyyliissä?

- tetrakloorimetaani  $\text{CCl}_4$
- rubidiumjodidi  $\text{RbI}$
- strontiumoksidi  $\text{SrO}$
- fosfiini  $\text{PH}_3$
- vetyjodidi  $\text{HI}$

14. Mikä on fosforin hapetusluku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  molekyyliissä? Mikä on molekyylin nimi?

15. Kuinka monta  $\sigma(1s, sp^2)$  -sidosta esiintyy buteenissa?

16. Selitä lyhyesti

- a. amfolyytti
- b. hydraatti
- c. hygroskooppinen aine
- d. alkeiskoppi
- e. amorfinen aine.

17. Täytä taulukko.

yhdiste	hiilen hybridisaatio	molekyylin muoto	polaarisuus
metanaali			
hiilidioksidi			
vetysyanidi (HCN)			
hiilitetrakloridi			

18. Grafiitti ja timantti ovat molemmat hiilen allotrooppisia olomuotoja.

- a. Mitä tarkoittaa allotropia?
- b. Miksi grafiitti johtaa sähköä, mutta timantti ei?

19. Mainitse kolme asiaa, jotka vaikuttavat aineiden liukoisuuteen.

20. Mitkä sidokset pääasiassa määräävät seuraavien aineiden olomuodon?

- a. vesi
- b. hiilidioksidi
- c. messinki
- d. butanoni
- e. etanoli
- f. timantti
- g. pentaani

21. Magnesiumkloridia käytetään mm. makean veden akvaarioissa veden kovuuden lisäämiseen. Magnesiumkloridi sisältää kidevettä, jonka tarkka ainemäärä voidaan määrittää hehkuttamalla suolaa upokkaassa, kunnes kidevesi on haihtunut. Opiskelijan tekemässä määrittämisessä mittaustuloksiksi saatiin:

	massa (g)
Upokas	22,347
Näyte + upokas	25,825
Näyte + upokas ensimmäisen hehkutuksen jälkeen	23,982
Näyte + upokas toisen hehkutuksen jälkeen	23,976
Näyte + upokas kolmannen hehkutuksen jälkeen	23,977

- Mistä opiskelija päätteli, että tarvittiin kolme hehkutusta?
- Laske kideveden ainemäärä näytteessä.
- Mikä oli kidevedellisen magnesiumkloridin kaava?
- Erään toisen opiskelijan työssä pieni osa näytteestä oli roiskahtanut pois upokkaasta hehkutuksen aikana. Miten tämä vaikutti määrittämisessä saadun kideveden määrään? Perustelee.  
(Yo-koe, kevät 2011, tehtävä 5.)

22. Valmistat etanoliliuoksen pipetoimalla 20,0 ml etanolia 250 ml:n mittapulloon ja täyttämällä pullon merkkiin tislattua vedellä. Etanolin tiheys on  $0,789 \text{ kg/dm}^3$  ja valmiin liuoksen  $0,982 \text{ kg/dm}^3$ . Laske liuoksen etanolipitoisuus

- tilavuusprosentteina
- massaprocentteina
- yksikkönä  $\text{mol/dm}^3$ .

23. Missä lämpötilassa vesi on kaikkein tiheintä? Mitä hyötyä tästä on Suomen vesieliöille?

24. Mikä tai mitkä väittämistä ovat väärin? Korjaa virheellinen väite oikeaksi.

- Jodin sublimoituminen sitoo energiaa.
- Huoneen lämpötilassa vesi esiintyy vain nesteinä.
- Veden korkea sulamispiste johtuu molekyylien välisistä Van der Waalsin voimista.
- Jäätymässä vesimolekyylit voivat liikkua vapaasti.
- Vesi on jäätä tiheämpää.

25. Selitä lyhyesti

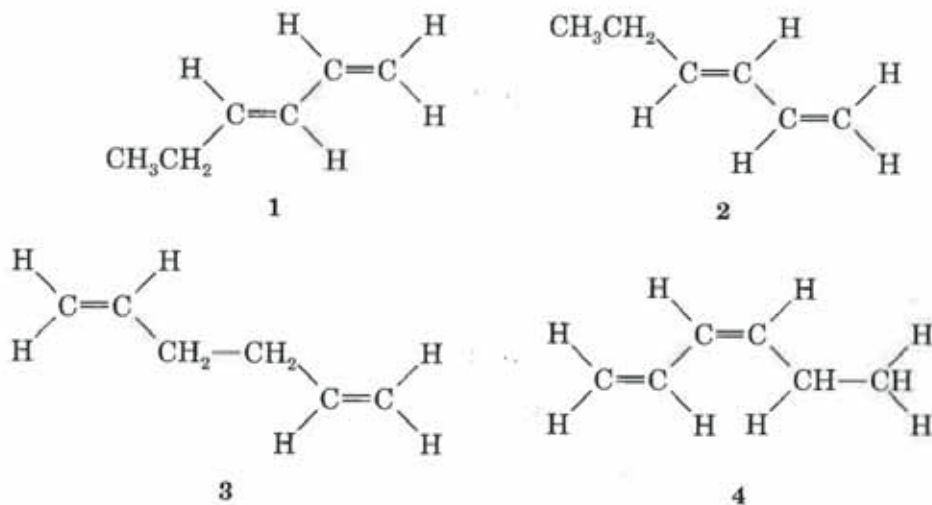
- kationinen tensidi
- pintajännitys
- kylläinen liuos
- miselli.

26. Miksi vedellä esiintyy kapillaari-ilmiö lasiputkessa, mutta elohopealla ei?

27. Kuinka monta alkoholi-isomeeriä on 2-buten-2-olilla?

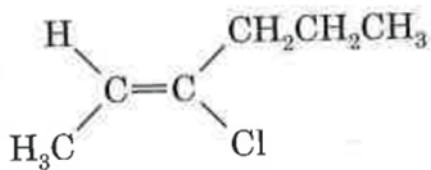
28. Mitkä alla olevista molekyyleistä

- esittävät samoja molekyylejä
- ovat toistensa rakenneisomeerejä
- ovat toistensa stereoisomeerejä?



29. Mikä tehtävän 28 molekyyleistä on *cis*-isomeeri? Nimeä yhdiste.

30. Nimeä alla oleva yhdiste mahdollisimman tarkasti.



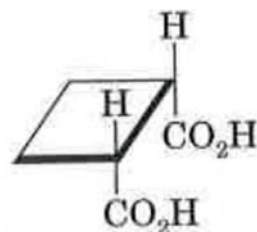
31. Piirrä (*Z*)-2-klooributenaalin viiva- tai rakennekaava.

32. Ovatko alla olevat yhdisteet *cis* vai *trans* vai ei kumpaakaan?

a.



b.





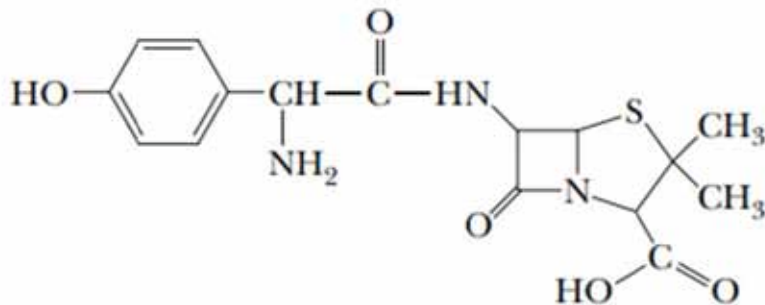
33. Piirrä 2-penteenin *cis-trans*-isomeerit.

34. Piirrä *trans*-1-klooripropreenin viiva- tai rakennekaava.

35. Millä seuraavista sykloalkaaneista esiintyy *cis-trans*-isomeriaa? Jos yhdisteellä esiintyy *cis-trans*-isomeriaa, piirrä yhdisteen *cis*-muoto.

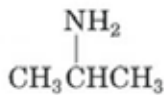
- a. metyylysyklopentaani
- b. 1,1-dimetyylisyklopentaani
- c. 1,3-dimetyylisyklobutaani

36. Ympyröi amoksisilliinin rakennekaavasta asymmetriset hiilet.

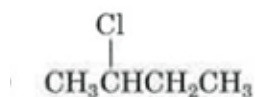


37. Merkitse tähdellä alla olevista yhdisteistä mahdolliset kiraaliset hiilet.

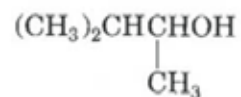
a.



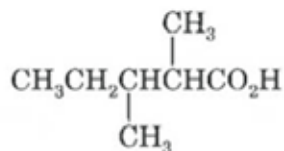
b.



c.



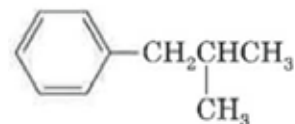
d.



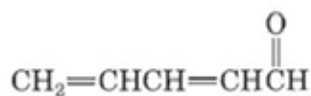
e.



f.



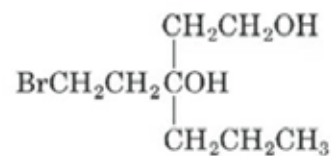
g.



h.



i.



38. Puutarhan kalkitukseen voidaan käyttää dolomiittikalkkia, joka on kalsiumkarbonaatin ja magnesiumkarbonaatin seos. Kuumennuksessa kumpikin karbonaatti hajoaa vastaavaksi oksidiksi. .

a. Laadi reaktioyhtälöt.

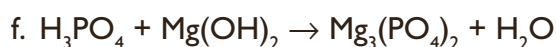
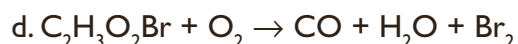
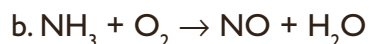
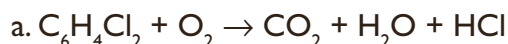
b. Kun 0,876 g dolomiittikalkkia kuumennettiin, saatiin jäännös, jonka massa oli 0,477 g.

Kuinka monta massaprosenttia magnesiumkarbonaattia dolomiittikalkki sisälsi?

(Yo-koe, kevät 2003, tehtävä 3.)

### Reaktiot ja energia

I. Tasapainota reaktioyhtälö.



2. Bariumkloridi reagoi alumiinisulfaatin kanssa, jolloin muodostuu bariumsulfaattia ja alumiinikloridia. Kuinka monta grammaa alumiinikloridia saadaan 2,00 g:sta bariumkloridia?
3. Kuinka monta grammaa vettä muodostuu, kun 4,0 g vetykaasua ja 40,0 g happikaasua reagoivat keskenään?
4. Litiumin ja magnesiumin seos, joka painoi 3,00 g, poltettiin täydellisesti hapessa, jolloin saatiin litiumoksidin ( $Li_2O$ ) ja magnesiumoksidin ( $MgO$ ) seos, joka painoi 6,00 g. Laske montako grammaa magnesiumia oli alkuperäisessä näytteessä? (Kemian valintakoetehtävä, 1998.)
5. Lyijy(II)sulfidi reagoi happikaasun kanssa muodostaen lyijymonoksidia ja rikkidioksidia. Lyijymonoksidi reagoi edelleen hiilen kanssa, jolloin muodostuu metallista lyijyä ja hiilimonoksidia. Kuinka monta kilogrammaa lyijyä voidaan valmistaa 50,0 kg:sta lyijysulfidia?
6. Kun 30,0 g metaanin ja propaanin seosta poltettiin, syntyi 85,0 g hiilidioksidia.
- a. Kuinka monta grammaa seos sisälsi metaania?
- b. Kuinka monta m-% seos sisälsi propaania?
7. 20,0 g kidevedellistä mangaani(II)sulfaattia kuumennettiin, jolloin siitä poistui 6,46 g kidevettä. Määritä kidevedellisen mangaani(II)sulfaatin molekyylikaava.
8. 25,0 g kiinteää natriumvetykarbonaattia ja 60,0 ml 5,00 M suolahappoa reagoivat keskenään ja muodostavat natriumkloridia, vettä ja hiilidioksidia.
- a. Kirjoita reaktion reaktioyhtälö.

- b. Laske natriumkloridin teoreettinen saanto.
- c. Laske natriumkloridin saantoprosentti, kun sen todellinen saanto oli 13,0 g.

9. Piirrä yksi esimerkki jokaisesta alla olevasta reaktiotyypistä.

- a. protoninsiirtoreaktio
- b. substituutioreaktio
- c. hapetusreaktio (orgaaninen yhdiste)
- d. pelkistysreaktio (orgaaninen yhdiste)
- e. additioreaktio
- f. eliminaatioreaktio
- g. kondensaatioreaktio
- h. hydrolyysireaktio
- i. primäärisen amiinin alkylointireaktio

10. Esitä etikkahapon ja ammoniakkin välisen reaktion protoninsiirtomekanismi.

11. Piirrä bromietaanin ja metyyliamiinin alkylointireaktio.

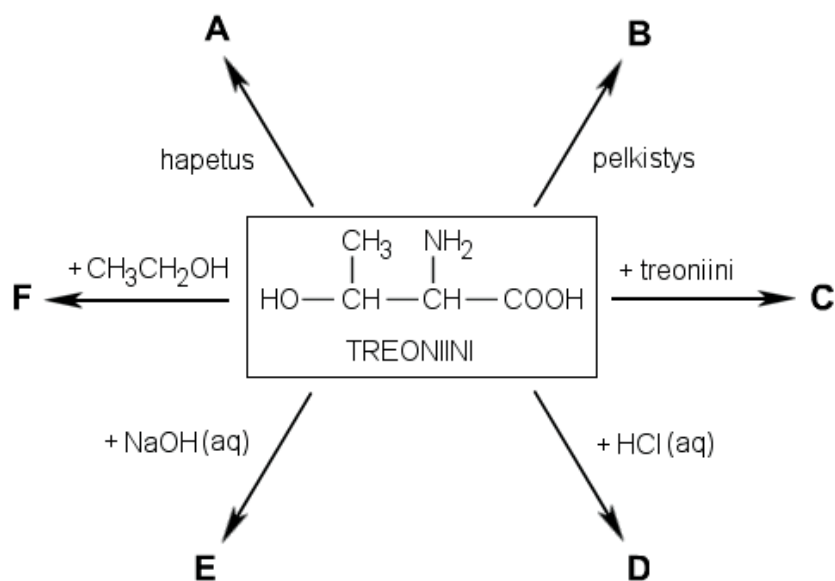
12. Bentseeni ja bromi reagoivat keskenään.

- a. Kirjoita tasapainotettu reaktioyhtälö (vain yksi bentseenin vetyatomeista korvautuu).
- b. Mikä on saantoprosentti, kun 10 g bentseeniä reagoi muodostaen 10,7 g monobromibentseeniä?

13. Trinitrotolueeni (TNT) on räjähdettä, jota saadaan kun nitraataan metyylibentseeniä typpihapolla. Reaktion katalyyttinä toimii väkevä rikkihappo.

- a. Kirjoita TNT:n muodostumista kuvaava reaktioyhtälö.
- b. Laske, kuinka monta grammaa TNT:tä saadaan, jos typpihappoa on käytettävissä 1,0 kg. Metyylibentseeniä on reaktiossa ylimäärin.

14. Laadi jokin mahdollinen rakennekaava yhdisteille A – F: (Yo kevät 2001, tehtävä 4)



(Yo-koe, kevät 2001, tehtävä 4.)

15. Piirrä ja nimeä lopputuote, kun

- a. bentsoehappo pelkistetään litiumalumiinihydridin avulla
- b. etanoli hapetetaan kaliumpermanganaatin avulla.

16. Veijo ajoi Turusta helsinkiin. Matkalla kului bensiiniä ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ , tiheys: 0,71 kg/l) 10,5 litraa. Kuinka monta litraa muodostui yhteensä hiilidioksidia ja vesihöyryä, kun bensiini paloi täydellisesti ja kaasujen lämpötila on  $+450\text{ }^\circ\text{C}$  ja paine 202 kPa?

17. Heliumtäytteen vappupallon tilavuus on 5,0 l maanpinnalla (lämpötila  $+25\text{ }^\circ\text{C}$ , 101,325 kPa). Se päästetään irti, jolloin se nousee 1,0 km:iin, jossa paine on 70,0 kPa ja lämpötila  $+10,0\text{ }^\circ\text{C}$ . Kuinka monta litraa pallon tilavuus kasvaa?

18. Autojen turvavarusteena käytettävien ilmatyynyjen toiminta perustuu reaktioon, jossa kiinteä natriumatsidi ( $\text{NaN}_3$ ) törmäyksen sattuessa hajoaa räjähtäen metalliseksi natriumiksi ja typpikaasuksi. Kirjoita reaktion yhtälö. Kuinka monta grammaa natriumatsidia tarvitaan, jotta 35 litran tynnyyn syntyy paine 1,4 bar (=140 kPa) lämpötilassa  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ? Reaktion synnyttämässä kuumuudessa sulan metallina vapautuneen natriumin annetaan reagoida kiinteään rauta(III)oksidin kanssa, jolloin tuotteina saadaan kiinteää natriumoksidia ja metallista rautaa. Kirjoita myös tämän reaktion yhtälö. (Yo-koe, kevät 1998, tehtävä 3.)

19. 35 g metaania poltetaan 85 g:ssa happea.

Mikä on syntyneen hiilidioksidin tilavuus ( $+25\text{ }^\circ\text{C}$ , 101,325 kPa)?

20. 80 litran tynnyri on täytetty typpikaasulla ( $+15\text{ }^\circ\text{C}$ , 101,325 kPa). Kuinka paljon tynnyrin paine nousee auringon paistaessa, kun sen lämpötila kohoaa  $+35\text{ }^\circ\text{C}$ :een?

21. Elimistö polttaa glukoosia tuottaakseen energiaa. Kuinka monta litraa vapautuu hiilidioksidi-kaasua (+37°C ja 100,3 kPa) uloshengityksen mukana, kun 5,00 g glukoosia palaa?
22. Kaasusäiliössä on 20,0 kg nestekaasua, jossa on 98 m-% propaania ja 2,0 m-% butaania. Kuinka monta litraa ilmaa (+20,0 °C, 101,325 kPa) tarvitaan, kun kaasupullo poltetaan tyhjäksi? Ilman happipitoisuus on 21 til-%.
23. Mainitse esimerkki reaktiosta, jossa
- kemiallinen energia muuttuu valoksi
  - sähköenergia muuttuu kemialliseksi energiaksi
  - säteilyenergia muuttuu kemialliseksi energiaksi.
24. Laske entalpiamuutos, kun vetykaasun palaessa muodostuu 350 litraa vettä. Onko reaktio ekso- vai endoterminen?  $[H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l), \Delta H = -285,8 \text{ kJ/mol}]$
25. Laske entalpiamuutos, kun 1,0 mol nonaania palaa vedeksi ja hiilidioksidiksi.
26. Dityppipentaoksidi hajoaa 65 °C:ssa:  $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$   
Tutkittaessa hajoamista saatiin alla olevan taulukon mukaiset tulokset:

$[N_2O_5]$ (mol/l)	0,100	0,086	0,073	0,063	0,054	0,046	0,039	0,034	0,029
Aika t (h)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

- Piirrä samaan kuvaan dityppipentaoksidin hajoamista ja typpidioksidin muodostumista osoittavat kuvaajat.
  - Mikä on dityppipentaoksidin hajoamisen nopeus (mol/l · h) ajan hetkellä 2,0 h?
  - Onko dityppipentaoksidin hajoamisreaktio vertailuolosuhteissa endo- vai eksoterminen?  $\Delta H_f^\circ(N_2O_5(g)) = 11,3 \text{ kJ/mol}$  ja  $\Delta H_f^\circ(NO_2(g)) = 33,8 \text{ kJ/mol}$ .
27. Retkikeittimessä on 300 g butaania.
- Kuinka paljon lämpöä on vapautunut, kun kaikki butaani on poltettu?
  - Kuinka monta litraa +20°C vettä saadaan lämmitettyä kiehumispisteeseen retkikeittimellä? (Butaanin palamisentalpia on -3509 kJ / mol.)
28. Kylmäpussi sisältää 20 g ammoniumnitraattia ja 200 ml vettä. Laske ammoniumnitraatin liukenemisentalpia (kJ / mol), kun kylmäpussin lämpötila laskee +25°C:sta +2°C:een. Systemistä ei karkaa eikä siihen sitoudu lämpöä ympäristöstä.

29. Laske reaktion  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g})$  reaktiolämpö kun tiedät, että:



30. Ammoniakkia valmistetaan vetykaasusta ja typpikaasusta. Typpikaasua kuluu reaktiossa nopeudella 2000 mol/min. Millä nopeudella

a. vetykaasua kuluu samassa reaktiossa

b. ammoniakkia muodostuu samassa reaktiossa?

31. Kalsiumkarbonaatti (ylimäärin) reagoi 1,0 M suolahapon (150 ml) kanssa muodostaen hiilidioksidia. Hiilidioksidin tilavuus mitattiin puolen minuutin välein (105 kPa, +20°C).

Aika (s)	0	30	60	90	120	150	180	210
V (ml)	0	32	54	60	82	90	98	100

Mikä oli  $\text{CO}_2$ :n muodostumisnopeus ajanhetkellä 150 s yksikössä mol/s?

32. Ovatko alla olevat väittämät oikein vai väärin? Korjaa virheelliset väittämät oikeiksi.

a. Katalyytti pienentää aktivoitumisenergiaa.

b. Katalyytti ei osallistu reaktioon.

c. Katalyytti kuluu reaktiossa.

d. Katalyytti nopeuttaa reaktiota molempiin suuntiin.

e. Reaktioentalpia kasvaa katalyytin vaikutuksesta.

### Metallit ja materiaalit

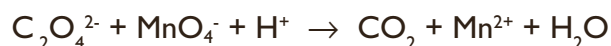
- Mitä tapahtuu alkuaineen hapetusluvulle, kun
  - alkuaine hapettuu
  - alkuaine pelkistyy?
- Lisää reaktioon oikeat kertoimet ja alkuaineiden hapetusluvut. Mikä alkuaine pelkistyy?
  - $a \text{ Zn} + b \text{ H}_2\text{SO}_4 \rightarrow a \text{ ZnSO}_4 + c \text{ H}_2\text{S} + d \text{ H}_2\text{O}$
  - $a \text{ SnO} + b \text{ CO}_2 + c \text{ CaO} \rightarrow d \text{ Ca}_2\text{SnO}_4 + e \text{ CO}$
  - $a \text{ CuSO}_4 + b \text{ KI} \rightarrow c \text{ CuI} + d \text{ I}_2 + e \text{ K}_2\text{SO}_4$
  - $a \text{ NH}_3 + b \text{ O}_2 \rightarrow c \text{ N}_2\text{O}_4 + d \text{ H}_2\text{O}$
- Tasapainota reaktiot hapetuslukumenetelmällä.
  - $\text{CH}_3\text{OH} (\text{l}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g})$
  - $\text{MnO}_2 (\text{s}) + \text{Al} (\text{s}) \rightarrow \text{Mn} (\text{s}) + \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s})$
- Tasapainota reaktiot puolireaktiomenetelmällä.
  - $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) + \text{Fe}^{2+} (\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{3+} (\text{aq}) + \text{Mn}^{2+} (\text{aq})$  (happamat olosuhteet)
  - $\text{Ag} (\text{s}) + \text{CN}^- (\text{aq}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow [\text{Ag}(\text{CN})_2]^- (\text{aq})$  (emäksiset olosuhteet)
- Tasapainota seuraavat hapettumis-pelkistymisreaktiot.
  - $\text{Al} (\text{s}) + \text{I}_2 (\text{s}) \rightarrow \text{AlI}_3 (\text{s})$
  - $\text{PbO} (\text{s}) + \text{CO} (\text{g}) \rightarrow \text{Pb} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g})$
  - $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} (\text{aq}) + \text{SO}_3^{2-} (\text{aq}) + \text{H}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{Cr}^{3+} (\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$
- Osoita normaalipotentialien avulla, että alumiini reagoi suolahapon kanssa, ja kirjoita kennoreaktio.
- Osoita normaalipotentialien avulla, että
  - natrium-metalli reagoi veden kanssa vetykaasua vapauttaen ja samalla muodostuu emäksinen liuos
  - sinkki ei reagoi veden kanssa.



8. Sähköparin kennokaavio on  $\text{Zn (s) | Zn}^{2+} \text{ (aq) || Ag}^+ \text{ (aq) | Ag (s)}$ .

- Kumpi elektrodeista on positiivinen?
- Piirrä kuva sähköparista.
- Piirrä kuvaan elektronien kulkusuunta.
- Kirjoita elektrodireaktiot, kokonaisreaktio ja laske parin lähdejännite.

9. Kalsium voidaan analysoida saostamalla se liuoksesta vaihtelevan määrän kidevettä sisältävänä oksalaattina  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Oksalaatin määrä saadaan selville titrauksella, jossa yhdiste permanganaatti-ionin avulla happamassa liuoksessa hajotetaan hiilidioksidiksi:



Määritä reaktioyhtälön kertoimet ja erittele reaktion aikana tapahtuvat hapettumis-pelkistymisprosessit hapetusluvun muutoksineen. Kuinka paljon kalsiumia näyte sisälsi, kun titrauksessa kului 18,2 ml permanganaattiliuosta, jonka konsentraatio oli 0,102 mol/l? (Yo-koe, syksy 1992, tehtävä 4.)

10. Elektrolyysikennossa kulkee 0,250 A:n virta 1200 s ajan. Kennossa on 70,0 cm<sup>3</sup>:ä 0,150 M NaCl-liuosta. Anodilla muodostuu vain kloorikaasua, ja katodilla vesi pelkistyy vetykaasuksi. Mikä on liuoksen OH<sup>-</sup>-ionikonsentraatio elektrolyysin lopussa?

11. Mangaanidioksidin ja vetykloridin välisessä reaktiossa voidaan valmistaa kloorikaasua:



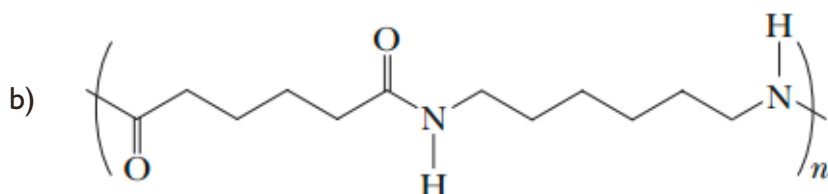
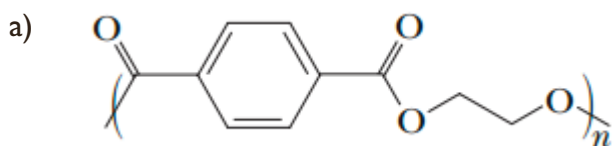
- Tasapainota reaktioyhtälö.
- Kuinka suuri tilavuus kloorikaasua, jonka tiheys on 3,17 g/l, voi muodostua, kun 65,5 ml:aan 0,150 M HCl-liuosta lisätään 0,300 g MnO<sub>2</sub>:a?

12. Merkitse onko väittämä oikein vai väärin. Korjaa väärät väittämät oikeiksi.

- Elektrolyysikennossa anodi on positiivinen kohtio.
- Elektrolyysikennossa on passiiviset elektrodit. Vesiliuos sisältää sinkkikloridia ja hopeakloridia. Katodilla pelkistyy hopeaionit metalliseksi hopeaksi ja anodilla kloridi-ionit hapettuvat kloorikaasuksi.
- Metallien ja hapen muodostamat oksidit ovat yleensä emäksisiä oksideja.
- Aminohappoketju on tyypillinen polyadditiolla valmistettu polymeeri.
- Komposiitit ovat eri materiaalien yhdistelmiä.
- Amfoteeriset oksidit voivat reagoida hapon ja emäksen kanssa.
- Halogeeniatomien välillä oleva erittäin vahva sigma-sidos tekee niistä reaktiivisia.
- Lyijymetalli pelkistää rauta(II)ionit galvaanisessa parissa.

13. Elektrolyysi suoritetaan sulassa seoksessa, jossa on 50,0 g litiumkloridia ja 145 g sinkki(II) kloridia. Kirjoita elektrolyysissä tapahtuvien katodi- ja anodireaktioiden yhtälöt, kun elektrodit ovat passiivisia. Kuinka monta grammaa ainetta erottuu anodilla ja katodilla, kun sulatteen läpi johdetaan 4,0 A virta 15 minuutin ajan?
14. Haluat päällystää 2,50 dm<sup>2</sup> kokoisen metallilevyn sinkillä (kerroksen vahvuus 0,05 mm). Elektrolyyttiliuoksena on sinkkikloridin vesiliuos ja anodina sinkkilevy. Sinkin tiheys on 7,13 kg/l.
- Kirjoita anodi- ja katodireaktiot.
  - Kuinka kauan pinnoitus kestää 2,5 A:n virralla, jota saadaan hyödynnettyä 93-prosenttisesti.
15. Elektrolyysikennoon, jossa on kultasuolaa, johdetaan 1,50 A:n virtaa 3,00 tunnin ajan. Elektrolyysin jälkeen katodille on muodostunut 11,05 g metallista kultaa.
- Mikä on kullan hapetusluku suolassa?
  - Kirjoita katodireaktio.
16. Sinun tulee valmistaa galvaaninen kenno, jolla on mahdollisimman suuri jännite. Käytössäsi on hopealankaa, alumiinilankaa, rautalankaa ja nikkeliä ja seuraavien yhdisteiden 1 M vesiliuokset: AgNO<sub>3</sub>, Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ja Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.
- Kirjoita kennokaavio.
  - Kirjoita anodilla ja katodilla tapahtuvat reaktiot.
  - Laske kennon lähdejännite.

17. Mistä monomeereista (rakenne- tai viivakaava) alla olevat polymeerit on valmistettu?



18. Kirjoita toistuvana yksikkönä

- buteenin muodostaman polymeerin kaava
- propanidihapon ja 1,2-etaanidiolin polymeerin kaava.
- Millä yleisellä nimellä kutsutaan b-kohdan polymeeriä?

19. Kerro neljä keinoa, joilla voit suojata metalleja korroosiolta.

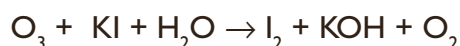
20. Mikä seuraavista alkuaineista on paras hapetin ja mikä paras pelkistin?

- a. Br
- b. Ca
- c. Na
- d. O
- e. H
- f. S

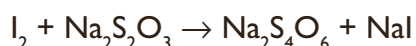
21. Kuinka paljon natrium- ja kalsiumkarbonaattia sekä piidioksidia tarvitaan valmistettaessa 1,00 kg tavallista lasia, jonka koostumus voidaan esittää kaavalla  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$  ?  
(Yo-koe, syksy 1983)

22. Piirrä alaniinin, valiinin ja asparagiinin muodostaman tripeptidin rakenne- tai viivakaava. Aminohappojärjestys tripeptidissä on Ala-Val-Asn. Kuinka monta vesimolekyyliä vapautuu tripeptidin muodostuessa?

23. Jodidi-ioni voidaan hapettaa otsonin avulla jodiksi alla olevan tasapainottamattoman reaktioyhtälön mukaan.



Reaktion avulla voidaan määrittää myös otsonin määrä näytteestä. Tällöin reaktiossa vapautunut jodi titrataan natriumtiosulfaattiliuoksella alla olevan tasapainottamattoman reaktioyhtälön mukaan.



a. Mitkä aineet hapettuvat ja mitkä pelkistyvät molemmissa reaktioissa?

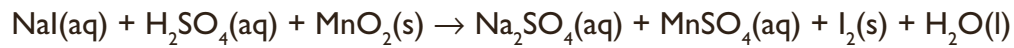
b. Kuinka monta grammaa otsonia näyte sisälsi, kun titrauksessa kului 0,10 M natriumtiosulfaattia 12,5 ml?

24. Sinun tulee päällystää sinkillä metallikuutioita, joiden särmän pituus on 12 cm. Kaikkien 7 kuution pinnalle halutaan 0,7 mm sinkkikerros. Sinkin tiheys 7,13 kg / dm<sup>3</sup>.

a. Kytketäänkö kuutiot anodiksi vai katodiksi?

b. Kuinka kauan pinnoitus kestää, kun elektrolyysikennossa käytetään 35 A:n virtaa hyötysuhteella 97 %?

25. Jodia voidaan valmistaa rikkihappoliuoksessa seuraavan reaktion mukaisesti:



a. Määritä reaktioyhtälön kertoimet.

b. Käytössä on 159 ml 0,50 M natriumjodidiliuosta ja 2,9 g mangaanidioksidia.

Kuinka paljon jodia voidaan enintään saada?

c. Mikä aine toimii reaktiossa hapettimena ja mikä pelkistimenä?

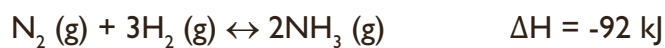
(Yo-koe, kevät 2005, tehtävä 2.)

## Reaktiot ja tasapaino

### I. Selitä lyhyesti

- reversiibeli reaktio
- homogeeninen kemiallinen tasapaino
- Le Châtelier'n periaate
- amfolyytti
- happihappo
- veden autoionisaatio
- puskurikapasiteetti
- suspensio.

2. Alla olevassa reaktioyhtälössä on esitetty ammoniakkin synteesi typpikaasusta ja vetykaasusta.



Mihin suuntaan tasapainoasema siirtyy,

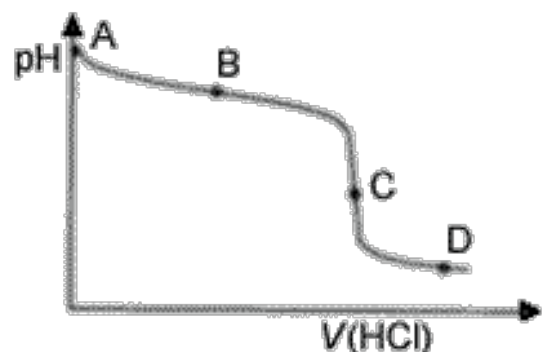
- kun reaktioastian tilavuutta pienennetään
- lämpötilaa nostetaan
- reaktioseokseen lisätään vetykaasua
- kun reaktioseokseen lisätään katalyyttiä
- kun reaktioon lisätään argon-kaasua (reaktioastian tilavuus ei muutu)?

3. Kun ammoniakkin vesiliuosta titrattiin suolahapolla, saatiin oheisen kuvan mukainen titrauskäyrä.

Valitse pisteistä A - D se, jossa

- ammoniakkin konsentraatio on suurin
- ammoniumionin konsentraatio on suurin
- liuos on puskuriliuos
- Onko liuos pisteessä C hapan, neutraali vai emäksinen? Perustele kussakin tapauksessa vastauksesi.

(Yo-koe, kevät 2000, tehtävä 7.)



4. Reaktion  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HF}(\text{g})$  tasapainovakio on  $+200\text{ }^\circ\text{C}$ :n lämpötilassa 125. Eräessä kokeessa 2,0 litran reaktioastiaan suljettiin 3,60 mol vety-, fluori- ja vetyfluoridikaasua.
- Onko systeemi tasapainossa? Perustele.
  - Mihin suuntaa reaktio etenee? Perustele.
  - Laske kaikkien kaasujen tasapainokonsentraatiot.
5. Viiden litran astiaan suljettiin 0,0055 mol vetyä ja 0,015 mol jodia. Astian lämpötila nostettiin  $+548\text{ }^\circ\text{C}$ :een ja tasapainon annettiin asettua. Reaktioseoksen analyysi osoitti, että vetyjodidin konsentraatio tasapainotilassa oli  $0,00169\text{ mol/dm}^3$ . Laske reaktion tasapainovakio.
6. Typpi- ja happikaasu reagoivat keskenään muodostaen typpimonoksidia. Laske eri kaasujen tasapainokonsentraatiot, kun 2,0 litran astiaan suljettiin 3,0 mol typpimonoksidia. Reaktion tasapainovakion arvo 3,5.
7. Miten eroavat toisistaan
- vahva happo ja heikko happo
  - monoproottinen happo ja diproottinen happo?
8. Laske 1,0 M etikkahapon vesiliuoksen  $\text{H}_3\text{O}^+$  konsentraatio ja ionisoitumisaste. Etikkahapon  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$ .
9. Laske
- 1,00 M HCl-liuoksen pH
  - 1,00 M HF-liuoksen pH ( $K_a = 7,2 \cdot 10^{-4}\text{ M}$ ).
10. Sekoitat keskenään 10 ml 0,10 M HCl-liuosta ja 10 ml 0,10 M etikkahappoliuosta. Laske liuoksen pH sekoituksen jälkeen. (Etikkahapon  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$ )
11. Kuinka suuri tilavuus 0,2 M KOH-liuosta tarvitaan neutraloimaan täysin 20 ml 0,15 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -liuosta?
12. Mikä on liuoksen pH, kun yhdistät 400 ml 1,2 M NaOH-liuosta ja 200 ml 0,70 M HCl-liuosta?
13. Sekoitat 100,0 ml suolahappoliuosta, jonka pH on 2,50 ja 100,0 ml natriumhydroksidiliuosta, jonka pH on 11,00. Mikä on syntyneen liuoksen pH?

14. Puskuriliuos sisältää 0,50 M etikkahappoa HAc ( $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$  M) ja 0,50 M natriumasetaatia (NaAc).

a. Mikä on tämän liuoksen pH?

b. Mikä on em. liuoksen pH, kun 1,0 dm<sup>3</sup>:iin lisätään 0,010 mol kiinteää NaOH:a?

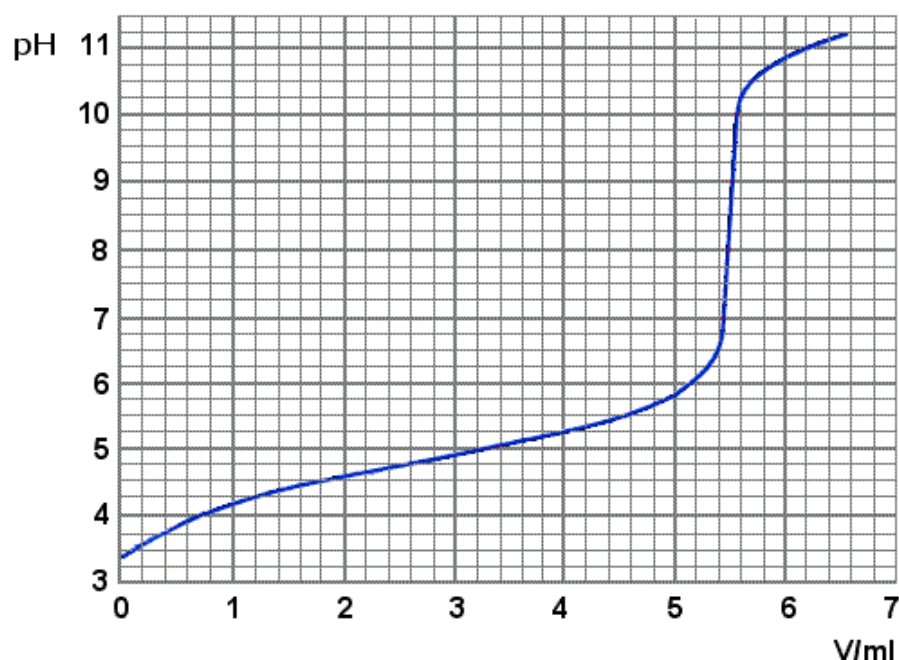
15. 70 ml etikkahappoa (0,10 M) titrataan 0,15 M NaOH- liuoksella. (Etikkahapon  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$  M)

a. Mikä on alkupisteen pH?

b. Kuinka paljon NaOH-liuosta kuluu, että saavutetaan ekvivalenttikohhta?

c. Mikä on ekvivalenttikohdan pH?

16. Kun erään yksiarvoisen hapon vesiliuoksesta otettu 25,0 ml:n näyte neutraloitiin 0,10 M NaOH-liuoksella saatiin oheinen titrauskäyrä.



a. Mikä oli hapon konsentraatio alkuperäisessä liuoksessa?

b. Määritä hapon happovakion arvo.

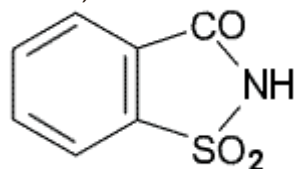
c. Työssä käytetty pH-mittari kalibroitiin liuoksella, jonka pH on 4,74. Liuos valmistettiin lisäämällä 0,10 M NaOH-liuosta 20,0 ml:aan 0,10 M etikkahappoa ( $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$  mol/l). Kuinka paljon emäsluosta tarvittiin?  
(Yo-koe, kevät 1997, tehtävä 8.)

17. Sekoitat keskenään 60,0 ml liuosta A, jonka pH on 2,50 sekä 60,0 ml liuosta B, jonka pH on 4,50. Laske muodostuneen liuoksen pH.

18. Mikä on liuoksen pH, kun yhdistät 200,0 ml 0,20 M ammoniakkiliuosta ja 5,0 ml 0,10 M NaOH liuosta? (Ammoniakin  $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$  mol/l)

19. Mikä on liuoksen pH, kun yhdistät 500 ml 0,50 M etikkahappoliuosta ja 300 ml 0,50 M NaOH-liuosta? (Etikkahapon  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$  mol/l)

20. Makeutusaineena usein käytettävä sakkariini (kuva) on heikkoa happoa ( $K_a = 2,0 \cdot 10^{-12}$  mol/l). Juomiin sakkariini lisätään tavallisesti natriumsuolana. Mikä on sellaisen liuoksen pH, joka on valmistettu liuottamalla 29 mg sakkariinin natriumsuolaa 1,0 litraan vettä? (Yo-koe, syksy 1995, tehtävä 6.)



sakkariini

21. Veren pääasiallinen puskuri on vetykarbonaatti-ionin ja hiilidioksidin muodostama puskurijärjestelmä. Mikä on vetykarbonaatti-ionin ja hiilidioksidin suhteen oltava, jos veren pH on 7,3? ( $pK_a(\text{CO}_2) = 6,1$ )

22. Erään yksiarvoisen hapon HA vesiliuoksen pH on 2,24.

a. Kuinka monta millilitraa vettä on lisättävä 25 ml:aan tätä happoliuosta, jotta pH nousee arvoon 3,24, kun happo on vahva happo?

b. Kuinka monta millilitraa vettä on lisättävä 25 ml:aan tätä happoliuosta, jotta pH nousee arvoon 3,24, kun happo on heikko happo ( $K_a = 2,5 \cdot 10^{-3}$  mol/l)?

23. Normaalisti valtimoveren hiilidioksidiosapaine ( $p\text{CO}_2$ ) on 5,33 kPa, pH 7,4 ja vetykarbonaatti-ionin konsentraatio 26,6 mmol/l. Saunomisen aikana hiilidioksidin osapaine voi kohota kapillaariveren plasmassa arvoon 7,15 kPa ja veren pH laskea arvoon 7,26. Mitkä ovat tällöin kapillaariveren plasmaan liunneen hiilidioksidin ja vetykarbonaatti-ionin konsentraatiot (mmol/l)? Muita mahdollisia veren pH-arvoon vaikuttavia tekijöitä ei oteta huomioon. (Henryn laki:  $c = k_H \cdot p_0$ , missä  $p_0$  = liunneen kaasun osapaine,  $c$  = kaasun konsentraatio ja  $k_H$  = Henryn vakio) [ $k_H(\text{CO}_2) = 0,250 \mu\text{mol} / \text{l} \cdot \text{Pa}$ ] (Lääketieteellisen pääsykoe, 2009.)

24. Mikä on kupari(II)hydroksidin liukoisuus veteen ( $\text{g}/\text{dm}^3$ ) +23 °C:n lämpötilassa? Kupari(II)hydroksidin liukoisuustulo on  $2,2 \cdot 10^{-20}$  ( $\text{mol}/\text{dm}^3$ )<sup>3</sup>.

25. Mikä on hopeakromaatin  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  liukoisuus 0,08 M  $\text{AgNO}_3$ -liuokseen? ( $K_s(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 9,0 \cdot 10^{-12} \text{ M}^3$ ).

26. Muodostuuko saostuma, kun 100 ml 3 mM lyijy(II)nitraattiliuosta ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) sekoitetaan 400 ml 5mM natriumsulfaattiliuosta ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )? ( $K_s(\text{PbSO}_4) = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ M}^2$ )

27. Laske  $\text{Pb}^{2+}$  ja  $\text{I}^-$  ionien tasapainokonsentraatiot, kun sekoitat keskenään 220 ml 80 mM NaI-liuosta ja 95 ml 50 mM  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -liuosta. ( $K_s(\text{PbI}_2) = 1,40 \cdot 10^{-8} \text{ M}^3$ )

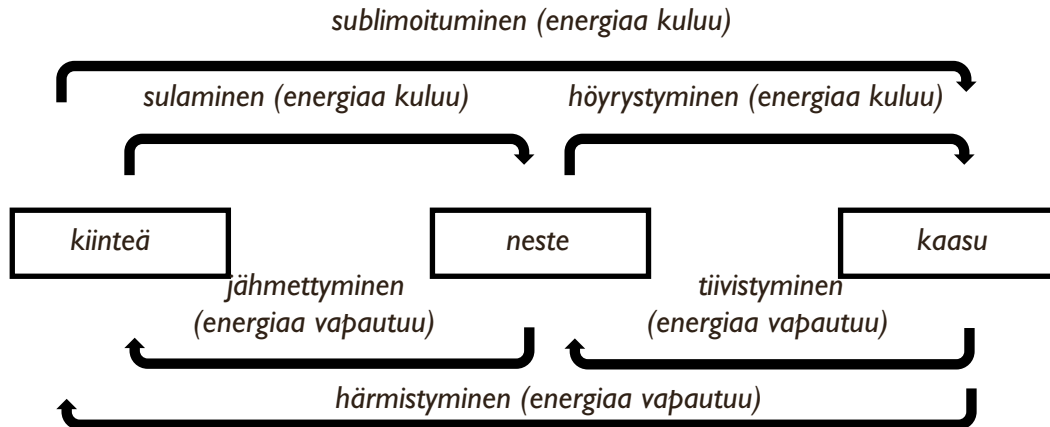


28. Sekoitat keskenään 150 ml 0,2 mM kalsiumkloridiliuosta, 200 ml 7mM natriumsulfaattiliuosta, 25 ml 15 mM rikkihappoliuosta ja 0,051 g kiinteää natriumhydroksidia. Saostuuko liuoksesta kalsiumsulfaattia, kun kalsiumsulfaatin liukoisuustulon arvo on  $K_s = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ M}^2$ ?
29. Kuinka monta grammaa saostuu hopeakloridia, kun sekoitetaan 25 mg ruokasuolaa, 210 ml tislattua vettä, ja 110 ml 55 mM hopeanitraattiliuosta? ( $K_s(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10} \text{ M}^2$ )
30. Strontiumhydroksidi- ja natriumhydroksidiliuokseen lisättiin 0,045 l 220 mM rikkihappoa. Liuokseen muodostui saostuma, jonka kuivaksi massaksi punnittiin 470 mg. Happamaksi jäänyt liuos titrattiin 110 mM kaliumhydroksidiliuoksella. Titranttia kului 23,1 ml. Kuinka monta milligrammaa natriumhydroksidia oli alkuperäisessä liuoksessa?

KEMIAN  
HARJOITUSTEHTÄVIEN  
RATKAISUT

## Ihmisen ja elinympäristön kemia

1. Täydennä kuvaan aineen olomuotojen muutokset. Mihin olomuodonmuutoksiin kuluu energiaa ja missä vapautuu energiaa?



2. Luokittele seuraavat aineet puhtaisiin aineisiin, homogeenisiin seoksiin tai heterogeenisiin seoksiin.

- a. veri *homogeeninen seos*
- b. hiilidioksidi *puhdas aine*
- c. pitsa *heterogeeninen seos*
- d. tislattu vesi *puhdas aine*
- e. makkarakeitto *heterogeeninen seos*
- f. merivesi *homogeeninen seos*

3. Täydennä taulukko.

kemiallinen merkki	<sup>4</sup> He	<sup>24</sup> Mg	<sup>24</sup> Cr	<sup>35</sup> Br
järjestysluku	2	12	24	35
massaluku	4	24	52	80
protonit	2	12	24	35
neutronit	2	12	28	45
elektronit	2	12	24	35

#### 4. Mikä alkuaine on kysymyksessä?

- a. Se kuuluu ensimmäiseen ryhmään ja neljänteen jaksoon. kalium
- b. Sillä on kaksi elektronikuorta ja siltä puuttuu kaksi elektronia oktetista. happi
- c. Sillä on neljä ulkoelektronia, ja kaksi elektronikuorta. hiili
- d. Se saa oktetin luovuttamalla yhden elektronin, ja sillä on neljä elektronikuorta. kalium
- e. Se on maa-alkalimetalli, ja sillä on neljä elektronikuorta. kalsium.
- f. Se kuuluu halogeeneihin ja viidenteen jaksoon. jodi

#### 5. Minkälainen sidos syntyy seuraavien atomien välille? Perustelee.

- a. kalium ja jodi ionisidos (metalli ja epämetalli,  $\chi=1,7$ )
- b. vety ja kloori poolinen kovalenttinen sidos (epämetalli ja epämetalli,  $\chi=0,9$ )
- c. hiili ja happi poolinen kovalenttinen sidos (epämetalli ja epämetalli,  $\chi=1,0$ )
- d. magnesium ja bromi ionisidos (metalli ja epämetalli,  $\chi=1,6$ )

#### 6. Yhdistä oikein.

- sumu → kiinteää ainetta kaasussa
- suspensio → nestettä kaasussa
- savu → kiinteää ainetta nesteessä
- emulsio → nestettä nesteessä

#### 7. Muodosta kaikki ioniyhdisteet seuraavista alkuaineista ja nimeä ne.

Na, S, Br, Ca, Al, F, O, Mg.

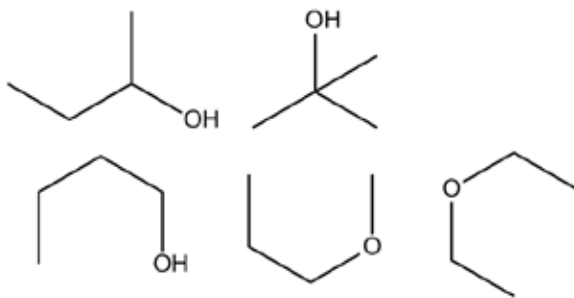
- ionit:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , F,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Br}^-$

	$\text{S}^{2-}$	F	$\text{O}^{2-}$	$\text{Br}^-$
$\text{Na}^+$	$\text{Na}_2\text{S}$ , natriumsulfidi	$\text{NaF}$ , natriumfluoridi	$\text{Na}_2\text{O}$ , natriumoksidi	$\text{NaBr}$ , natriumbromidi
$\text{Ca}^{2+}$	$\text{CaS}$ , kalsiumsulfidi	$\text{CaF}_2$ , kalsiumfluoridi	$\text{CaO}$ , kalsiumoksidi	$\text{CaBr}_2$ , kalsiumbromidi
$\text{Al}^{3+}$	$\text{Al}_2\text{S}_3$ , alumiinisulfidi	$\text{AlF}_3$ , alumiinifluoridi	$\text{Al}_2\text{O}_3$ , alumiinioksidi	$\text{AlBr}_3$ , alumiinibromidi
$\text{Mg}^{2+}$	$\text{MgS}$ , magnesiumsulfidi	$\text{MgF}_2$ , magnesiumfluoridi	$\text{MgO}$ , magnesiumoksidi	$\text{MgBr}_2$ , magnesiumbromidi

#### 8. Kirjoita seuraavien molekyyliyhdisteiden Lewisin rakennekaavat.

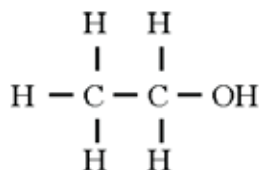
a. $\text{CO}_2$	b. $\text{H}_2\text{O}$	c. $\text{NH}_3$	d. $\text{HCN}$	e. $\text{PBr}_3$
$\text{:}\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}\text{:}$	$\text{H}-\ddot{\text{O}}-\text{H}$	$\text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H}$ $\text{H}$	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N:}$	$\text{:}\ddot{\text{Br}}\text{:}$ $\text{P}$ $\text{:}\ddot{\text{Br}}\text{:}$ $\text{:}\ddot{\text{Br}}\text{:}$

9. Piirrä kaikki mahdolliset rakenne- tai viivakaavat yhdisteelle, jonka molekyylikaava on  $C_4H_{10}O$ .

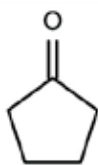


10. Piirrä rakenne- tai viivakaavat yhdisteelle, joka on

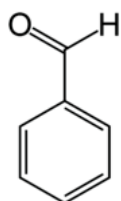
a. avoketjuinen tyydyttynyt primäärinen alkoholi



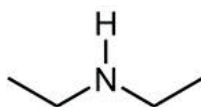
b. rengasrakenteinen tyydyttynyt ketoni



c. aromaattinen aldehydi

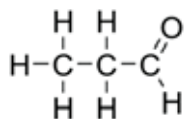


d. asyklinen sekundäärinen amiini

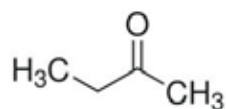


11. Piirrä rakennekaavat tai viivakaavat seuraaville yhdisteille.

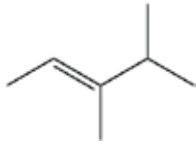
a. propanaali



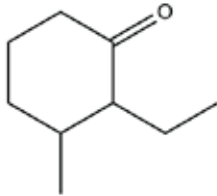
b. butanoni



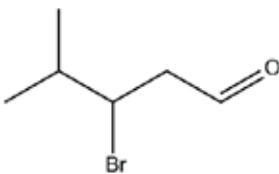
c. 3,4-dimetyyli-2-penteeni



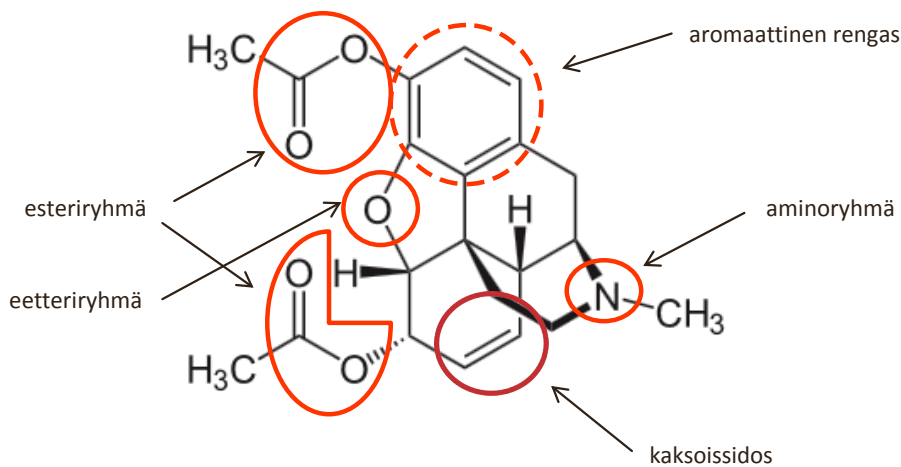
d. 2-etyyli-3-metyylisykloheksanoni



e. 3-bromi-4-metyylipentanaali

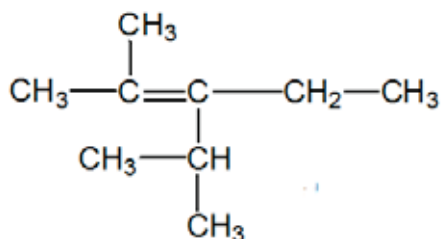


12. Alla olevassa kuvassa on esitetty herooinin rakennekaava. Ympyröi kuvaan herooinin funktionaaliset ryhmät ja nimeä ne.

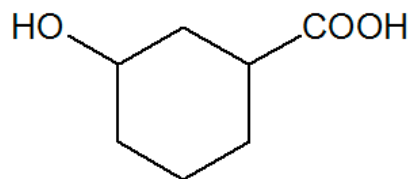


13. Nimeä alla olevat molekyylit.

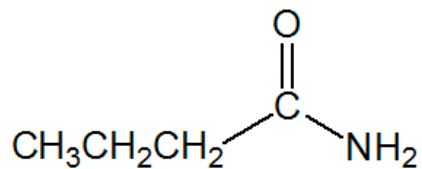
a. 3-isopropyyli-2-metyyli-2-penteeni



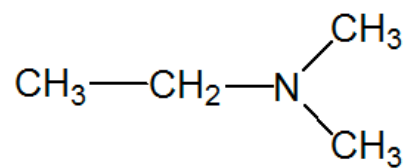
b. 3-hydroksisykloheksaanikarboksylihappo tai  
3-hydroksisykloheksyylimetaanihappo



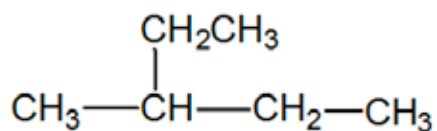
c. butaaniamidi



d. N,N-dimetyylietyyliamiini

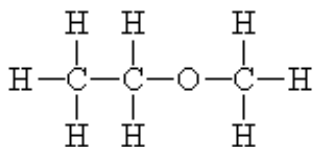


e. 3-metyyli-pentaani

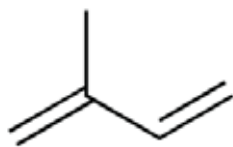


14. Piirrä seuraavien yhdisteiden viiva- tai rakennekaavat.

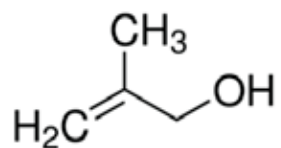
a. etyylimetyylieetteri



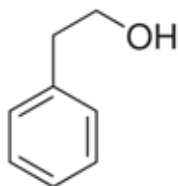
b. 2-metyyli-1,3-butadieeni



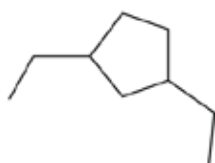
c. 2-metyyli-2-propen-1-oli



d. 2-fenyylietanoli

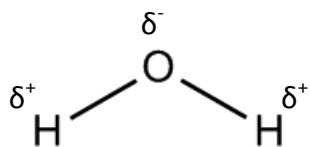


e. 1,3-dietyylisyklopentaani

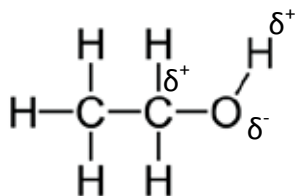


15. Piirrä yhdisteiden rakennekaavat ja merkitse poolisiin sidoksiin osittaisvaraukset  $\delta^+$  ja  $\delta^-$ .

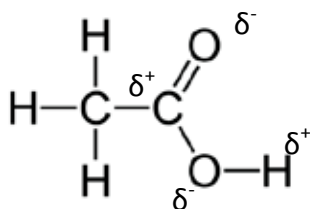
a. vesi



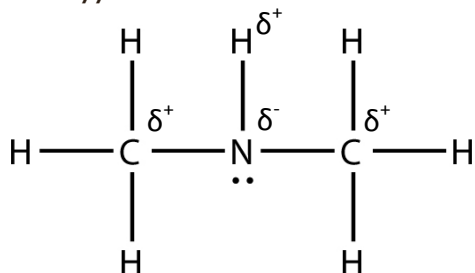
b. etanoli



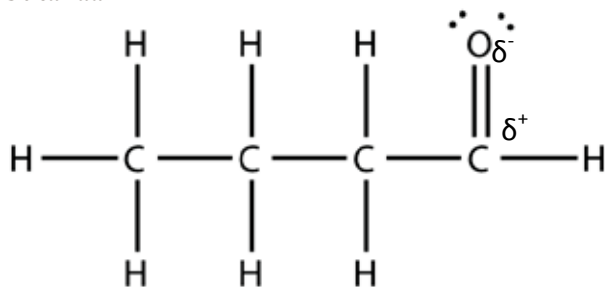
c. etaanihappo



d. dimetyyliamiini



e. butanaali



16. Laske, kuinka monta vetyatomia on 3 mmol:ssa vettä.

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

$$n(H) = 2 \cdot n(H_2O)$$

$$n(H_2O) = \left[ \frac{N(H)}{N_A} \right] : 2, \rightarrow N(H) = 2 \cdot n(H_2O) \cdot N_A$$

$$N(H) = 2 \cdot 0,003 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 3,6132 \cdot 10^{21} \approx 4 \cdot 10^{21} \text{ vetyatomia}$$



17. Lyijykynän terä on grafiittia, jossa on  $7,5 \cdot 10^{22}$  hiiliatomia. Mikä on terän massa?

$$n = \frac{m}{M} \text{ ja } n = \frac{N}{N_A}, \text{ yhdistämällä saadaan } m = \frac{M \cdot N}{N_A}$$

$$m = \frac{M(C) \cdot N(C)}{N_A} = \frac{12,01 \text{ g/mol} \cdot 7,5 \cdot 10^{22} \text{ kpl}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol}} = 1,495 \dots \text{ g} \approx 1,5 \text{ g}$$

18. Salmiakki sisältää 0,007 % ammoniumkloridia ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Kuinka monta mikromoolia ( $\mu\text{mol}$ ) ammoniumkloridia on yhdessä karamellissa, kun yhden karamellin massa on 3 g?

$$\text{Yhdessä karamellissa on ammoniumkloridia } \frac{0,007\%}{100\%} \cdot 3 \text{ g} = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

$$M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53,492 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2,1 \cdot 10^{-4} \text{ g}}{53,492 \text{ g/mol}} = 3,925 \dots \cdot 10^{-6} \text{ mol} \approx 4 \mu\text{mol}$$

19. Laske liuoksen sokeripitoisuus (m-%), kun sekoitat 500 g 20 m-% sokeriliuosta ja 1 kg puhdasta vettä.

$$\text{Sokerin massa } 0,2 \cdot 500 \text{ g} = 100 \text{ g}$$

$$\text{Koko liuoksen massa } 500 \text{ g} + 1000 \text{ g} = 1500 \text{ g}$$

$$\text{Sokeripitoisuus } \frac{m(\text{sokeri})}{\text{koko liuoksen massa}} \cdot 100 \% = \frac{100 \text{ g}}{1500 \text{ g}} \cdot 100 \% = 6,666 \dots \text{ m-\%} \approx 7 \text{ m-\%}$$

20. Veren normaali glukoosipitoisuus on 5,0 mM. Hypoglykemisellä potilaalla veren glukoosipitoisuus on 1 mM.

a. Kuinka monta millilitraa sinun tulee antaa potilaalle 0,5 M glukoosiliuosta, jotta hänen veren sokerinsa palautuu normaaliksi? Glukoosin imeytymistä tai vapautumista elimistössä eikä veren tilavuuden muutosta tarvitse huomioida. Potilaan veren tilavuus on 5,0 l.

$$\text{Konsentraation on noustava } 5 \text{ mM} - 1 \text{ mM} = 4 \text{ mM}$$

$$c_1 V_1 = c_2 V_2, V_2 = \frac{c_1 V_1}{c_2}$$

$$V_2 = \frac{4 \text{ mM} \cdot 5,0 \text{ l}}{500 \text{ mM}} = 0,04 \text{ l} = 40,0 \text{ ml}$$

b. Kuinka monta millilitraa sinun tulee antaa potilaalle 0,5 M glukoosiliuosta, jos veren tilavuuden muutos otetaan huomioon?

$$\text{Potilaan veressä on aluksi glukoosia } n = 0,001 \text{ M} \cdot 5,00 \text{ l} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Potilaalle annetaan lisää tilavuuden } V_2 \text{ verran } 0,500 \text{ M glukoosiliuosta.}$$

$$\text{Potilaan veressä on tällöin } (5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} + 0,500 \text{ M} \cdot V_2) \text{ moolia glukoosia.}$$

Veren glukoosikonsentraation on oltava 0,005 M ja kokonaistilavuus on tällöin 5,00 l + V<sub>2</sub>.

$$c = \frac{n}{V}, \quad \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} + 0,500 \text{ M} \cdot V_2}{5,00 \text{ l} + V_2} = 0,005 \text{ M, ratkaistaan } V_2.$$

$$V_2 = \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 5,00 \text{ l} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}}{(5 \cdot 10^{-3} \text{ M} - 0,5 \text{ M})} = 0,0404 \dots \text{ l} \approx \underline{40,4 \text{ ml}}$$

21. Tehtävänäsi on valmistaa 500 ml typpihappoliuosta, jonka konsentraatio on noin 0,100 mol/l. Käytettävissäsi on 36 m-% typpihappoa, jonka tiheys on 1,214 kg/l, tislattua vettä, byretti, pipettejä ja mittapulloja. Miten menettele? (Yo-koe, kevät 2004, tehtävä 7.)

Lasketaan tarvittava HNO<sub>3</sub>:n ainemäärä.

$$n(\text{HNO}_3) = 0,100 \text{ mol/l} \cdot 500 \text{ ml} = 0,050 \text{ mol}$$

$$M(\text{HNO}_3) = 63,01 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M}, \quad m = n \cdot M$$

$$m(\text{HNO}_3) = 0,050 \text{ mol} \cdot 63,01 \text{ g/mol} = 3,1505 \text{ g.}$$

Olkoon x mitattavan 36 m-% HNO<sub>3</sub>-liuoksen massa

$$m(\text{HNO}_3) = 0,36 \cdot x = 3,1505 \text{ g}$$

$$x = 8,751 \text{ g}$$

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

$$V(\text{HNO}_3 \text{ 36 m-\%}) = \frac{8,751 \text{ g}}{1,214 \text{ g/ml}} = 7,2 \text{ ml}$$

Mitataan mittapipetillä (tai byretistä) 7,2 ml väkevää HNO<sub>3</sub>-liuosta 500 ml:n mittapulloon.

Täytetään mittapullo tislattulla vedellä merkkiin saakka ja sekoitetaan hyvin kääntelemällä pulloa ylös ja alas korkkia kädellä tukien.

22. Mikä on liuoksen konsentraatio, kun liuotat 3,0 g glukoosia 250 ml:ksi liuosta?

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{ja} \quad c = \frac{n}{V}$$

$$c = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$M(\text{glukoosi}) = 180,16 \text{ g/mol}$$

$$c = \frac{3,0 \text{ g}}{180,16 \text{ g/mol} \cdot 0,25 \text{ l}} = 0,0666 \dots \text{ mol/l} \approx \underline{67 \text{ mM}}$$

23. Mitä molekyylien välisiä vuorovaikutuksia seuraavissa aineissa on?

a. H<sub>2</sub>O (l) vetysidoksia

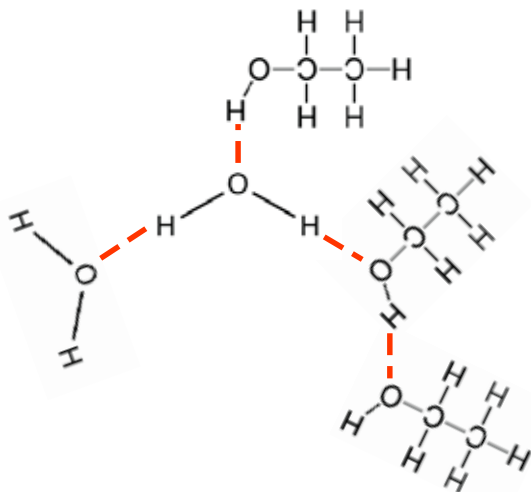
b. I<sub>2</sub> (g) Van der Waalsin voimia (dispersiovoimia, Londonin dispersiovoimia)

- c.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  vetysidoksia ja Van der Waalsin voimia  
 d.  $\text{MgCl}_2$  (s) ionisidokset  
 e.  $\text{O}_3$  (g) Van der Waalsin voimia (dispersiovoimia, Londonin dispersiovoimia)

24. Kummalla aineella on alla olevista pareista korkeampi kiehumispiste? Perustelee.

- a. etaani vai propaani propaanilla (vahvemmat dispersiovoimat)  
 b. etanoli vai metanoli etanolilla (molemmilla vetysidoksia, mutta etanolilla vahvemmat dispersiovoimat)  
 c. etanoli vai eteeni etanolilla (vetysidokset ovat vahvempia kuin dispersiovoimat)  
 d. eteeni vai etaani etaanilla (vahvemmat dispersiovoimat)  
 e. 1-propanoli vai 2-propanoli 1-propanolilla (molemmilla vetysidoksia, mutta 1-propanolilla vahvemmat dispersiovoimat)  
 f. 1-propanoli vai propanaali 1-propanolilla (vetysidokset vahvempia kuin dipoli-dipolisidokset)

25. Piirrä näkyviin kaikki mahdolliset vetysidokset, joita esiintyy etanolin vesiliuoksessa.



26. Aineen ominaisuudet johtuvat ensisijaisesti aineessa esiintyvistä kemiallisista sidoksista.

Selvitä sidosten avulla, miksi

a. metallit johtavat sähköä

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

Jalokaasuilla on alhainen kiehumispiste, koska ne koostuvat lähes irrallisista atomeista. Niiden atomien väliset sidosvuorovaikutukset ovat heikkoja dispersiovoimia (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 dispersiivoimat jäävät atomien välisiksi ja siitä syystä heikoiksi. Dispersiivoimien suuruushan riippuu sitoutuvien hiukkasten koosta ja elektronien määrästä.

c. suolat liukenevat veteen.

Suolat liukenevat veteen, koska niillä on ionihila. Pooliset vesimolekyylit pääsevät liittymään hilan ioneihin, siten purkamaan sen ja hydratoimaan irronneet ionit, jotta ne pysyvät vesiliuoksessa.

(Yo-koe, syksy 2006, tehtävä 7.)

## 27. Miksi ruokasuola

a. liukenee paremmin veteen kuin etanoliin?

*Ioniyhdiste liukenee poolisiin liuottimiin. Vesi on poolisempi liuotin kuin etanoli.*

b. ei liukene pentaaniin?

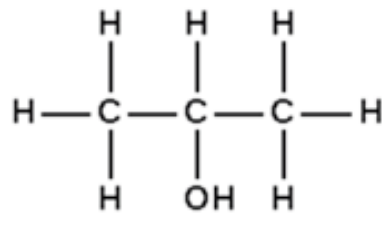
*Ioniyhdiste liukenee poolisiin liuottimiin. Pentaani on pooliton liuotin.*

c. liukenee huonommin dietyylieetteriin kuin metanoliin?

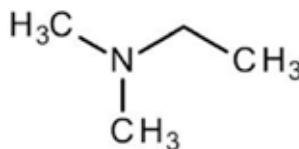
*Ioniyhdiste liukenee poolisiin liuottimiin. Metanoli on poolisempi liuotin kuin dietyylieetteri.*

## 28. Piirrä jokin

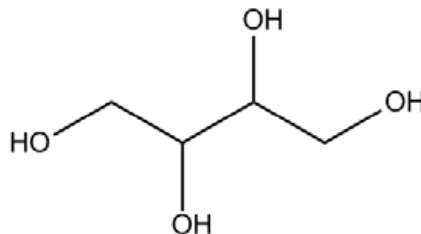
a. sekundäärinen alkoholi



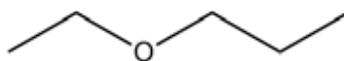
b. tertiäärinen amiini



c. neljänarvoinen alkoholi

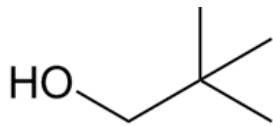


d. eetteri, jossa on 5 hiiliatomia

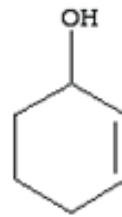


29. Piirrä alla olevien yhdisteiden rakenne- tai viivakaava.

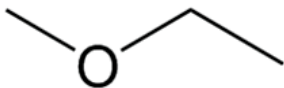
a. 2,2-dimetyylipropanoli



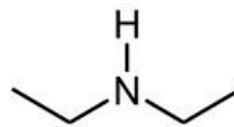
b. 2-sykloheksenoli



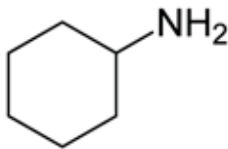
c. etyylimetyylieetteri



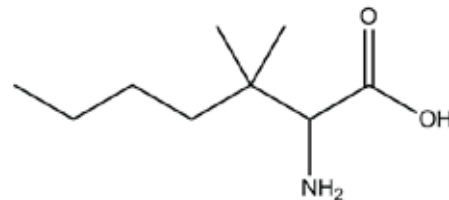
d. dietyyliamiini



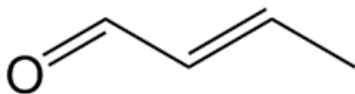
e. sykloheksyyliamiini



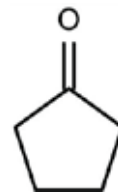
f. 2-amino-3,3-dimetyyliheptaanihappo



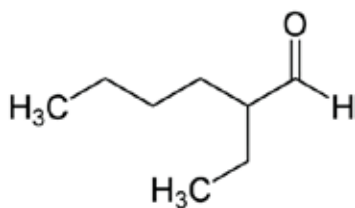
g. 2-butenaali



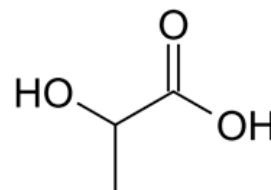
h. syklopentanoni



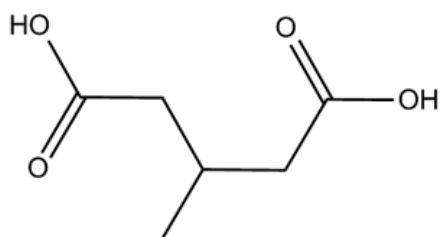
i. 2-etyyliheksanaali



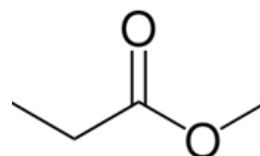
j. 2-hydroksiipropaanihappo



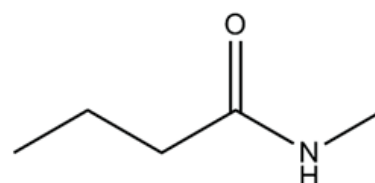
k. 3-metyyli-1,5-pentaanidihappo



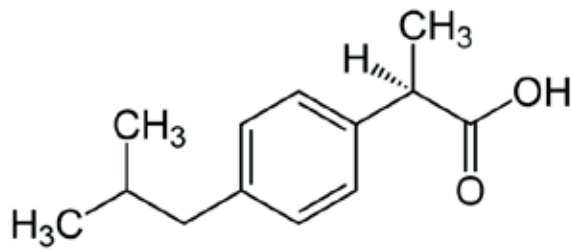
l. metyylipropionaatti



m. N-metyylibutaaniamidi



30. Nimeä Ibuprofeeni IUPAC-nimeämiskäytännön mukaan.



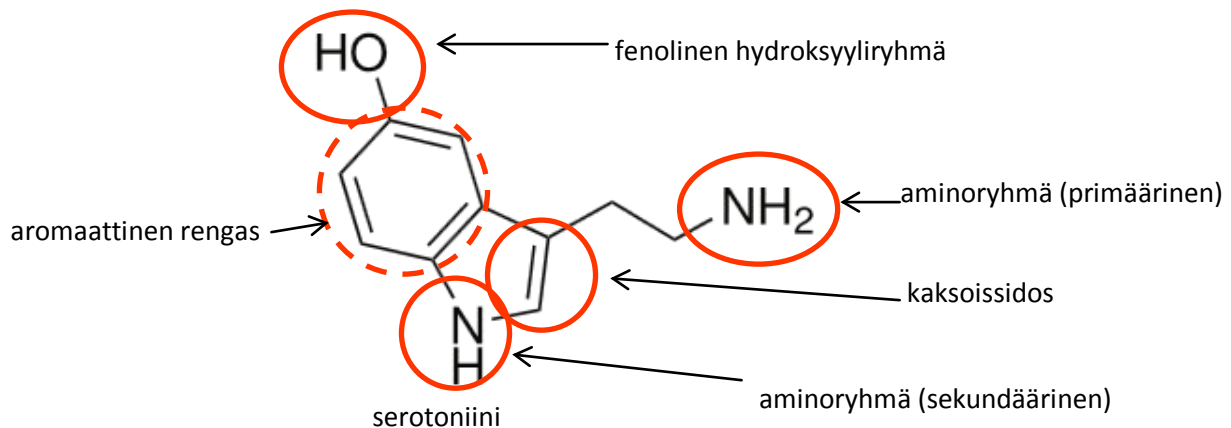
Ibuprofeeni

*Ibuprofeeni nimetään happona.*

*Sivuryhmänä on fenyyl, jossa on myös sivuryhmä.*

*Nimi: 2-[4-(2-metyylipropyyli)fenyyli]propanihappo*

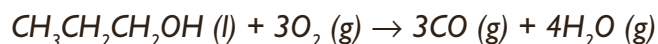
31. Serotoniini on verisuonia supistava kudoshormoni sekä aivojen välittäjäaine. Ympyröi serotoniinin rakenteesta funktionaaliset ryhmät ja nimeä ne.



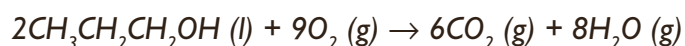
32. Laita seuraavat molekyylit hapettumisasteen mukaiseen järjestykseen.  
(Vähiten hapettunut ensin jne.)  $\text{CH}_3\text{CH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CHO}$   
Vähiten hapettunut  $\text{CH}_3\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CHO}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CO}_2$  eniten hapettunut

33. Kirjoita propanolin tasapainotettu reaktioyhtälö, kun

a. palaminen on epätäydellistä (muodostuu hiilimonoksidia)



b. palaminen on täydellistä.



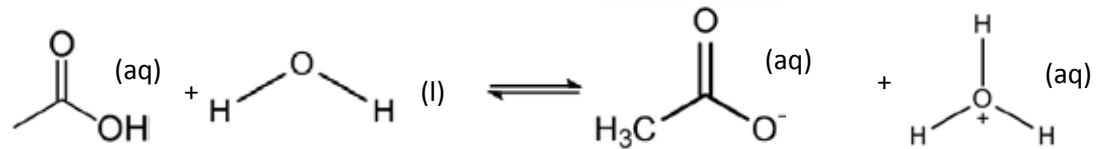
34. Muodostuuko alla olevista molekyyleistä hapan, emäksinen vai neutraali vesiliuos? Perustelee.

a. kaliumhydroksidi emäksinen (Vahva emäs. Metallien hydroksidit muodostavat emäksisiä vesiliuoksia.)

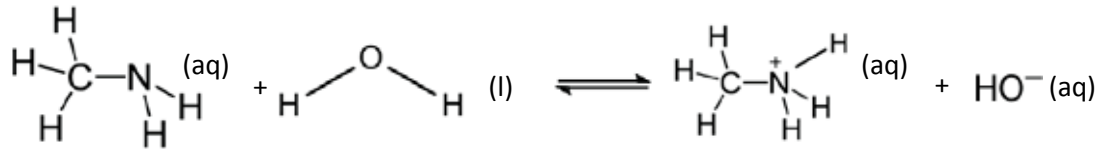
- b. metanoli      *neutraali (Alkoholien vesiliuokset luokitellaan neutraaleiksi.)*
- c. fenoli      *hapan (Fenolinen hydroksyyli­ryhmä toimii haponä, koska se voi luovuttaa vedelle protonin. Bentseenirengas voimistaa hydroksyyli­ryhmän polaarisuutta.)*

35. Kirjoita seuraavien molekyylien protoninsiirtoreaktiot vedessä.

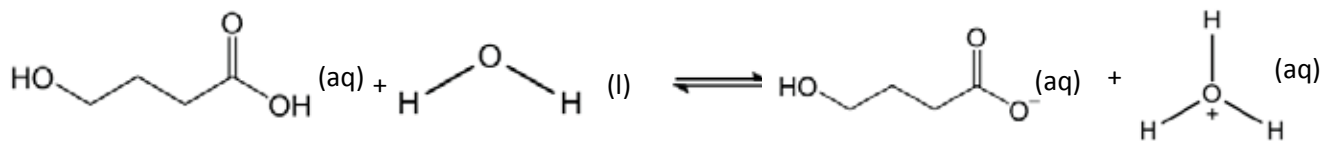
a. etikkahappo



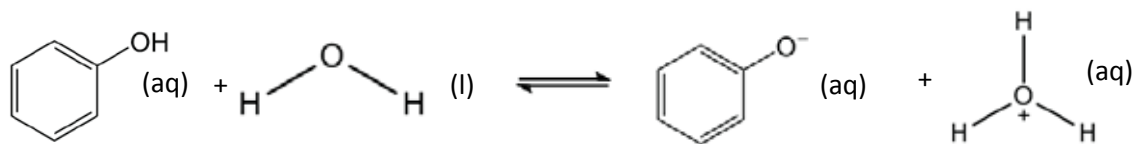
b. metyyliamiini



c. 4-hydroksibutaanihappo



d. fenoli



### Kemian mikromaailma

1. Kirjoita seuraavien alkuaineiden tai ionien elektronikonfiguraatiot.

- a. mangaani  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$   
b. kloori  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$   
c.  $Mg^{2+}$  -ioni  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^0$   
d.  $F^-$  -ioni  $1s^2 2s^2 2p^6$

2. Mikä alkuaine on kyseessä?

- a.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$  fosfori  
b.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$  kalsium  
c.  $[Ar] 4s^2 3d^2$  titaani  
d.  $[Ne] 3s^2 3p^2$  pii

3. Miksi alkuaineiden ionisaatioenergiat kasvavat

- a. siirryttäessä jaksossa oikealle  
*Atomin ytimen varaus kasvaa sekä atomisäde pienenee.*
- b. siirryttäessä ryhmässä ylöspäin?  
*Elektronikuoret ovat lähempänä ydintä siirryttäessä ryhmässä ylöspäin, jolloin ytimen sähkövaraus pääsee vaikuttamaan voimakkaammin.*

4. Mikä on yhdisteen empiirinen kaava, kun se sisältää 3,6 g hiiltä, 0,6 g vetyä ja 4,8 g happea?

Lasketaan atomien ainemäärät:

$$n(C) = \frac{3,6 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 0,2997... \text{ mol}$$

$$n(H) = \frac{0,6 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 0,5952... \text{ mol}$$

$$n(O) = \frac{4,8 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 0,3 \text{ mol}$$

Jaetaan kaikkien ainemäärä pienimmällä ainemäärällä  $\rightarrow C:H:O = 1 : 2 : 1$

Empiirinen kaava  $(CH_2O)_n$



5. Erään aromaattisen hiilivedyn todettiin sisältävän 92,2 massaprosenttia hiiltä. Yhdisteen moolimassan voitiin osoittaa olevan alle 110 g/mol. (Yo kevät 2005, tehtävä 6)

a. Mikä on yhdisteen molekyylikaava?

Otetetaan 100 g:n näyte ja lasketaan alkuaineiden ainemäärät.

	C	H
%	92,2	7,8
m (g)	92,2	7,8
M g/mol	12,01	1,01
n(mol)	7,68	7,72
suhdeluku	1	1

Koska ainemäärien suhde:  $n(C) : n(H) = 1 : 1$ , yhdisteen suhdekaava on  $k(CH)$ .

Mahdollisia ehdokkaita ovat

bentseeni:  $M(C_6H_6) = 78 \text{ g/mol} << 110 \text{ g/mol}$

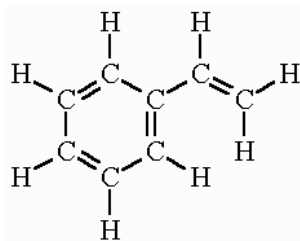
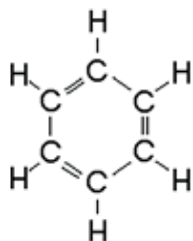
styreeni:  $M(C_8H_8) = 104 \text{ g/mol} < 110 \text{ g/mol}$

Näistä styreenin moolimassa on lähempänä annettua moolimassaa 110 g/mol.

Myös bentseeni täyttää ehdot.

(Yo-koe, kevät 2005, tehtävä 6.)

b. Laadi yhdisteen rakennekaava.



c. Nimeä yhdiste.

Vasemman puoleinen on bentseeni ja oikeanpuoleinen etenylibentseeni tai fenyylieteeni eli styreeni.

6. Kuinka monta grammaa klooria on 5,0 grammassa kalsiumkloridia ( $CaCl_2$ )?

Olkoon kloorin massa  $x$ , jolloin kalsiumin massa on  $5-x$ .

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

$$n(Cl) = 2 \cdot n(Ca)$$

$$\frac{m(Cl)}{M(Cl)} = 2 \cdot \frac{m(Ca)}{M(Ca)} \rightarrow \frac{x}{35,45 \text{ g/mol}} = 2 \cdot \frac{5-x}{40,08 \text{ g/mol}}$$

$$x = 3,194... \text{ g} \approx 3,2 \text{ g}$$

Toisin:

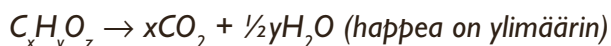
$$(2 \cdot 35,45 \text{ g/mol}) : (40,08 \text{ g/mol} + 2 \cdot 35,45 \text{ g/mol}) \cdot 100 \% \approx 64 \text{ m-\%}$$

5,0 grammassa kalsiumkloridia on klooria:

$$0,64 \cdot 5,0 \text{ g} \approx \underline{3,2 \text{ g}}$$

7. Polttoanalyysissä poltetaan täydellisesti 1,646 g yhdistettä, joka sisältää vain hiiltä, vetyä ja happea. Tuotteeksi saadaan 4,89 g hiilidioksidia ja 1,2006 g vettä.

Mikä on yhdisteen empiirinen kaava?



$$\begin{aligned} n(C) = n(CO_2) &= m(CO_2) : M(CO_2) \\ &= 4,89 \text{ g} : (12,01 \text{ g/mol} + 2 \cdot 16,00 \text{ g/mol}) \\ &= 0,111... \text{ mol} \approx 0,111 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$n(H) = 2 \cdot n(H_2O) \text{ (vesimolekyylissä 2 vetyatomia)}$$

$$\begin{aligned} n(H) &= 2 \cdot n(H_2O) = 2 \cdot [m(H_2O) : M(H_2O)] \\ &= 2 \cdot [1,2006 \text{ g} : (2 \cdot 1,008 \text{ g/mol} + 16,00 \text{ g/mol})] \\ &= 0,1332... \text{ mol} \approx 0,133 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$m(C) = n(C) \cdot M(C) = 0,111 \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g/mol} \approx 1,334 \text{ g}$$

$$m(H) = n(H) \cdot M(H) = 0,1332 \text{ mol} \cdot 1,008 \text{ g/mol} \approx 0,134 \text{ g}$$

$$m(O) = m(\text{näyte}) - m(C) - m(H) = 1,646 \text{ g} - 1,334 \text{ g} - 0,134 \text{ g} \approx 0,178 \text{ g}$$

$$n(O) = m(O) : M(O) = 0,178 \text{ g} : 16,00 \text{ g/mol} \approx 0,0112 \text{ mol}$$

Jaetaan ainemäärät pienimmällä ainemäärällä  $\rightarrow$  saadaan ainemäärien suhteeksi 10 : 12 : 1 ja empiiriseksi kaavaksi  $(C_{10}H_{12}O)_n$

8. Eräs sekundäärinen alkoholi sisältää 59,96 m-% hiiltä, 13,42 m-% vetyä ja loput happea. Mikä on yhdisteen rakennekaava, kun yhdisteen moolimassa on 60,094 g/mol?

Otetaan 100 g yhdistettä, jolloin alkuaineiden ainemäärät:

$$n(C) = \frac{59,96 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 4,992... \text{ mol}$$

$$n(H) = \frac{13,42 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 13,313... \text{ mol}$$

$$n(O) = \frac{(100 - 59,96 - 13,42) \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 1,663... \text{ mol}$$

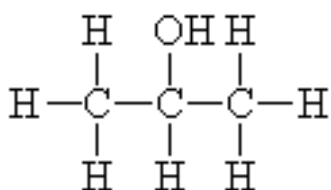
Jaetaan kaikki ainemäärät pienimmällä eli  $n(O) = 1,663... \text{ mol}$

$$\text{Saadaan } C : H : O \rightarrow 3 : 8 : 1$$

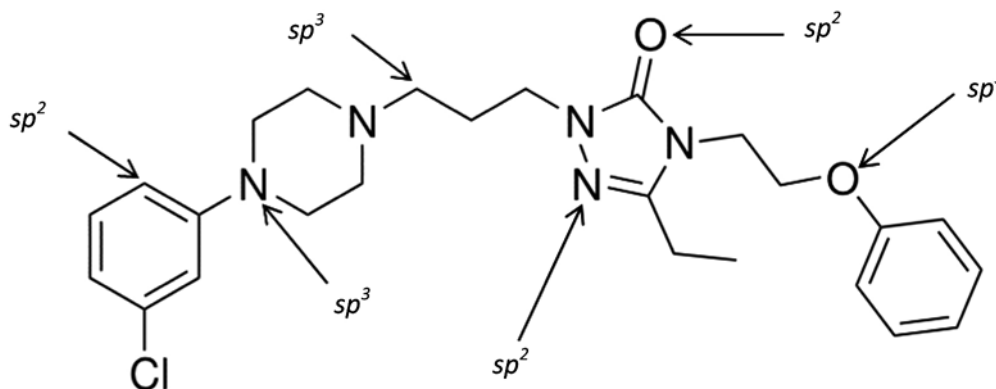
Empiirinen kaava  $(C_3H_8O)_n$

$$M(C_3H_8O) = 60,094 \text{ g/mol, joten } n = 1$$

Ainoa mahdollinen rakennekaava on 2-propanolilla.



9. Alla on nefatsodonin rakennekaava. Mikä on merkittyjen atomien hybridisaatio?



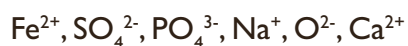
10. Nimeä yhdisteet.

- $\text{Na}_6\text{PCl}_6$  natriumheksaklorofosfaatti
- $\text{KNO}_3$  kaliumtrioksonitraatti tai kaliumnitraatti
- $\text{Na}_3\text{PS}_4$  trinatriumtetraatiofosfaatti
- $\text{CaS}$  kalsiumsulfidi
- $\text{Li}_3\text{N}$  litiumnitridi
- $\text{FeCl}_3$  rautakloridi

11. Miksi rikki voi esiintyä  $d^2sp^3$  hybridisaatioissa, mutta happi ei?

Hapella ei ole kuin kaksi elektronikuorta, joten sen toisen kuoren elektronit eivät voi hybridisoitua d-orbitaalille. Rikillä on kolme elektronikuorta, joten sen kolmannen kuoren elektronit voivat hybridisoitua 3d-orbitaalille.

12. Kirjoita ja nimeä kaikki mahdolliset ioniyhdisteet, jotka muodostuvat seuraavista ioneista?



	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{O}^{2-}$
$\text{Fe}^{2+}$	$\text{FeSO}_4$ , rautatetraoksosulfaatti	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ , trirautaditetraoksofosfaatti	$\text{FeO}$ , rauta(II)oksidi
$\text{Na}^+$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$ , dinatriumtetraoksosulfaatti	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ , trinatriumtetraoksosulfaatti	$\text{Na}_2\text{O}$ , natriumoksidi

$Ca^{2+}$	$CaSO_4$ , kalsiumtetraokso-sulfaatti	$Ca_3(PO_4)_2$ , trikalsiumditetraoksofosfaatti	$CaO$ , kalsiumoksidi
-----------	--	--	--------------------------

13. Mikä hilarakenne esiintyy alla olevissa molekyyliissä?

- a. tetrakloorimetaani  $CCl_4$  poolinen molekyylihila  
 b. rubidiumjodidi  $RbI$  ionihila  
 c. strontiumoksidi  $SrO$  ionihila  
 d. fosfiini  $PH_3$  pooliton molekyylihila  
 e. vetyjodidi  $HI$  molekyylihila (heikosti poolinen)

14. Mikä on fosforin hapetusluku  $H_3PO_4$  molekyyliissä? Mikä on molekyylin nimi?

Fosforin hapetusluku on +5.

Molekyylin nimi on trivetytetraoksofosfaatti tai trivetyfosfaatti eli fosforihappo.

15. Kuinka monta  $\sigma(1s, sp^2)$  -sidosta esiintyy buteenissa?

kolme

16. Selitä lyhyesti

- a. amfolyytti Amfolyytti on aine, joka voi toimia happona ja emäksenä.  
 b. hydraatti Molekyyli tai ioni, joka on vesimolekyylien ympäröimänä rakenteena, on nimeltään hydraatti.  
 c. hygroskooppinen aine Aine, joka pystyy sitomaan ympäristöstään vettä. Esimerkiksi yhdiste, josta on kidevesi poistettu, on usein hygroskooppinen aine.  
 d. alkeiskoppi Kiderakenteen pienin osa, jota toistamalla saadaan koko kiderakenne koottua.  
 e. amorfinen aine Aine, jonka rakenneosat ovat epäjärjestyksessä ja jolla ei ole tarkkaa sulamispistettä.

17. Täytä taulukko.

yhdiste	hiilen hybridisaatio	molekyylin muoto	polaarisuus
metanaali	$sp^2$	tasomainen	poolinen
hiilidioksidi	$sp$	lineaarinen	pooliton
vetysyanidi (HCN)	$sp$	lineaarinen	poolinen
hiilitetrakloridi	$sp^3$	tetraedri	pooliton

18. Grafiitti ja timantti ovat molemmat hiilen allotrooppisia olomuotoja.

a. Mitä tarkoittaa allotropia?

*Alkuaineiden kyky esiintyä erilaisissa kemiallisissa muodoissa samassa paineessa ja lämpötilassa.*

b. Miksi grafiitti johtaa sähköä, mutta timantti ei?

*Grafiitin hiilet muodostavat säännöllisen tasomaisen rakenteen, jossa hiilet ovat  $sp^2$ -hybridisoituneina. Vapaat  $p$ -atomiorbitaalit muodostavat pilven, jossa elektronit voivat liikkua tasojen välissä. Vapaat elektronit kuljettavat sähköä. Timantin hiilet ovat  $sp^3$ -hybridisoituneita, joten timantin hilarakenteessa ei ole vapaasti liikkuvia elektroneja eikä näin ollen sähkön kuljettajia.*

19. Mainitse kolme asiaa, jotka vaikuttavat aineiden liukoisuuteen.

*Lämpötila, aineiden väliset vuorovaikutukset (poolinen ja pooliton), kaasulla paine, hapoilla ja emäksillä pH.*

20. Mitkä sidokset pääasiassa määräävät seuraavien aineiden olomuodon?

- a. vesi                      vetysidokset
- b. hiilidioksidi          dispersiovoimat
- c. messinki                metallisidos
- d. butanoni                dipoli-dipoli -sidos
- e. etanoli                  vetysidokset
- f. timantti                 kovalenttiset sidokset (atomihila)
- g. pentaani                dispersiovoimat

21. Magnesiumkloridia käytetään mm. makean veden akvaarioissa veden kovuuden lisäämiseen. Magnesiumkloridi sisältää kidevettä, jonka tarkka ainemäärä voidaan määrittää hehkuttamalla suolaa upokkaassa, kunnes kidevesi on haihtunut. Opiskelijan tekemässä määrittämisessä mittaustuloksiksi saatiin:

	massa (g)
Upokas	22,347
Näyte + upokas	25,825
Näyte + upokas ensimmäisen hehkutuksen jälkeen	23,982
Näyte + upokas toisen hehkutuksen jälkeen	23,976
Näyte + upokas kolmannen hehkutuksen jälkeen	23,977

a. Mistä opiskelija päätteli, että tarvittiin kolme hehkutusta?

*Nähdään, ettei massa laske enää hehkutuksen jälkeen. Kaikki kidevesi on poistunut.*

b. Laske kideveden ainemäärä näytteessä

$$m(\text{näyte}) = 25,825 \text{ g} - 22,347 \text{ g} = 3,478 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 25,825 \text{ g} - 23,976 \text{ g} = 1,849 \text{ g}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1,849 \text{ g}}{18,016 \text{ g/mol}} = \underline{0,1026... \text{ mol}}$$

c. Mikä oli kidevedellisen magnesiumkloridin kaava?

Kidevedettömän magnesiumkloridin massa:

$$m(\text{MgCl}_2) = 3,478 \text{ g} - 1,849 \text{ g} = 1,629 \text{ g}$$

$$n(\text{MgCl}_2) = \frac{m(\text{MgCl}_2)}{M(\text{MgCl}_2)} = \frac{1,629 \text{ g}}{95,211 \text{ g/mol}} = 0,017109... \text{ mol}$$

Ainemäärien suhde:

$$\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{MgCl}_2)} = \frac{0,1026... \text{ mol}}{0,017109... \text{ mol}} \approx 6$$

Kidevedellisen magnesiumkloridin kaava on  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

d. Erään toisen opiskelijan työssä pieni osa näytteestä oli roiskahtanut pois upokkaasta hehkutuksen aikana. Miten tämä vaikutti määrittäksessä saadun kideveden määrään? Perustele.

Punnitus antoi liian pienen massan, minkä katsottiin johtuvat pelkästään kideveden haihtumisesta. Kideveden määräksi saatiin liian suuri arvo.

(Yo-koe, kevät 2011, tehtävä 5.)

22. Valmistat etanoliliuoksen pipetoimalla 20,0 ml etanolia 250 ml:n mittapulloon ja täyttämällä pullon merkkiin tislattulla vedellä. Etanolin tiheys on 0,789 kg/dm<sup>3</sup> ja valmiin liuoksen 0,982 kg/dm<sup>3</sup>. Laske liuoksen etanolipitoisuus

a. tilavuusprosentteina

Etanolipitoisuus tilavuusprosentteina:

$$\frac{20 \text{ ml}}{250 \text{ ml}} \cdot 100 \% = \underline{8 \text{ til-\%}}$$

b. massaprocentteina

$$m(\text{etanoli}) = \rho(\text{etanoli}) \cdot V(\text{etanoli})$$

$$= 0,789 \text{ g/ml} \cdot 20 \text{ ml} = 15,78 \text{ g}$$

$$m(\text{valmis liuos}) = \rho(\text{valmis liuos}) \cdot V(\text{valmis liuos})$$

$$= 0,982 \text{ g/ml} \cdot 250 \text{ ml} = 245,5 \text{ g}$$

Etanolipitoisuus massaprocentteina

$$\frac{15,78 \text{ g}}{245,5 \text{ g}} \cdot 100 \% = \underline{6,4 \text{ m-\%}}$$

c. yksikkönä mol/dm<sup>3</sup>

$$n(\text{etanoli}) = \frac{m(\text{etanoli})}{M(\text{etanoli})} = \frac{15,78 \text{ g}}{46,068 \text{ g/mol}} = 0,3425 \dots \text{ mol}$$

$$\frac{n(\text{etanoli})}{V(\text{valmis liuos})} = \frac{0,3425 \dots \text{ mol}}{0,250 \text{ dm}^3} = 1,370 \dots \text{ mol/dm}^3 \approx \underline{1,4 \text{ mol/dm}^3}$$

23. Missä lämpötilassa vesi on kaikkein tiheintä? Mitä hyötyä tästä on Suomen vesieliöille?

*Vesi on tiheintä + 4°C:ssa, jolloin talvellaan järvet eivät jäädy pohjaa myöten ja vesieliöt selviävät talven yli järvien pohjissa. Lisäksi keväällä, kun pintavesi saavuttaa + 4°C:een, alkaa pintavesi painua kohti pohjaa, jolloin vesimassat sekoittuvat ja ravinteet sekä happi sekoittuvat järviveteen tasaisemmin.*

24. Mikä tai mitkä väittämistä ovat väärin? Korjaa virheellinen väite oikeaksi.

a. Jodin sublimoituminen sitoo energiaa.

*Oikein.*

b. Huoneen lämpötilassa vesi esiintyy vain nesteinä.

*Väärin. Vesi esiintyy huoneenlämpötilassa myös vesihöyrynä.*

c. Veden korkea sulamispiste johtuu molekyylien välisistä Van der Waalsin voimista.

*Väärin. Korkea sulamispiste johtuu vesimolekyylien välisistä vetysidoksista.*

d. Jäässä vesimolekyylit voivat liikkua vapaasti.

*Väärin. Jäässä vesimolekyylit muodostavat molekyylihilan, jolloin molekyylit pääsevät lähinnä värähtelemään.*

e. Vesi on jäätä tiheämpää.

*Oikein.*

25. Selitä lyhyesti

a. kationinen tensidi      *Molekyyl, jonka toisen (hydrofobisen) pään muodostaa pitkä hiilivetyketju ja toisen pään positiivisesti (hydrofiilinen) varautunut ioni.*

b. pintajännitys      *Veden pinnalla olevat vesimolekyylit muodostavat kalvorakenteen. Vesimolekyylien väliset vetysidokset ovat voimakkaampia kuin vesimolekyylien ja ilman väliset dispersiovoimat, minkä vuoksi pintajännitys muodostuu.*

c. kylläinen liuos      *Kylläinen liuos muodostuu, kun tietyssä lämpötilassa liuotettavaa ainetta ei enää liukene lisää liuottimeen. Liuoksessa vallitsee dynaaminen tasapaino.*

d. miselli      *Tensidimolekyylit muodostavat vedessä pallomaisen rakenteen, jonka sisäosissa ovat molekyylin hydrofobiset osat ja ulkopinnalla hydrofiiliset osat.*

26. Miksi vedellä esiintyy kapillaari-ilmiö lasiputkessa, mutta elohopealla ei?

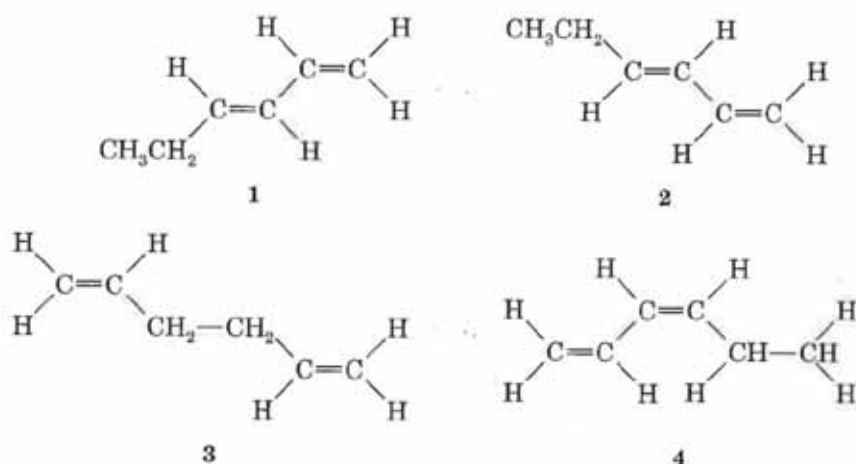
a. Kapillaari-ilmiössä nestemolekyylien ja ohuen putken seinämien väliset vuorovaikutukset ovat voimakkaampia kuin nesteen sisäiset vuorovaikutukset. Tästä syystä nesteen pinta kaareutuu ylöspäin putken reunoilla ja neste nousee ylös putkessa. Mikäli nesteen sisäiset vuorovaikutukset ovat voimakkaampia kuin nesteen ja putken seinämien väliset vuorovaikutukset, kapillaari-ilmiö tapahtuu vastakkaiseen suuntaan.

Vedellä nesteen sisäiset vuorovaikutukset ovat pienempiä kuin nesteen ja putken seinämien väliset vuorovaikutukset ja kapillaari-ilmiö tapahtuu. Elohopealla nesteen väliset vuorovaikutukset ovat voimakkaampia, minkä vuoksi kapillaari-ilmiö tapahtuu vastakkaiseen suuntaan ja nestepinta painuu putkessa alaspäin.

27. Kuinka monta alkoholi-isomeeriä on 2-buten-2-olilla? Yhdeksän.

28. Mitkä alla olevista molekyyleistä

- a. esittävät samoja molekyylejä Molekyylit 1 ja 2  
b. ovat toistensa rakenneisomeerejä Molekyylit 3 ja (1-2)  
c. ovat toistensa stereoisomeerejä? Molekyylit 4 ja (1-2)

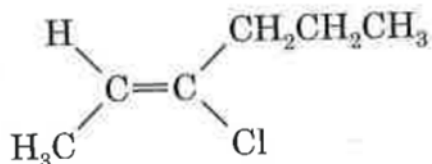


29. Mikä tehtävän 28 molekyyleistä on cis-isomeeri? Nimeä yhdiste.

Molekyyli 4.  
cis-1,3-heksadieeni

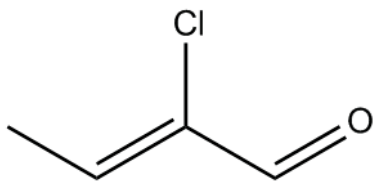
30. Nimeä alla oleva yhdiste mahdollisimman tarkasti.

(Z)-3-kloori-2-hekseeni





31. Piirrä (Z)-2-klooributenaalin viiva- tai rakennekaava.



32. Ovatko alla olevat yhdisteet *cis* vai *trans* vai ei kumpaakaan?

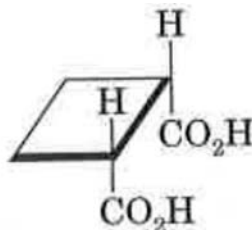
a. *trans*

b. *cis*

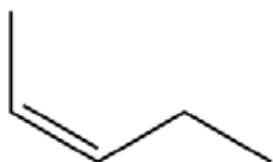
a.



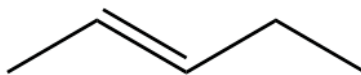
b.



33. Piirrä 2-penteenin *cis-trans*-isomeerit.

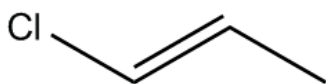


*cis*-2-penteeni



*trans*-2-penteeni

34. Piirrä *trans*-1-klooripropeenin viiva- tai rakennekaava.

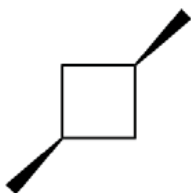


35. Millä seuraavista sykloalkaaneista esiintyy *cis-trans*-isomeriaa? Jos yhdisteellä esiintyy *cis-trans*-isomeriaa, piirrä yhdisteen *cis*-muoto.

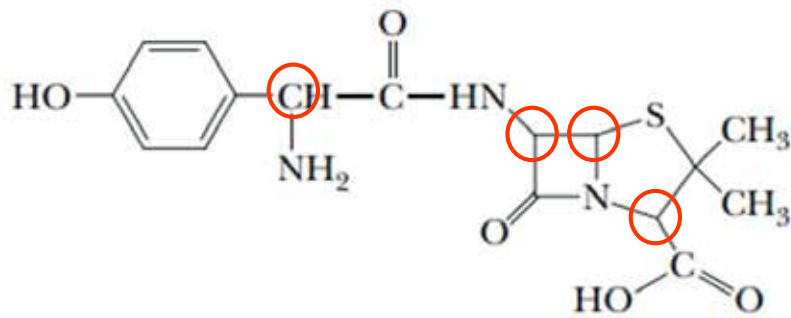
a. metyyli syklopentaani *Ei esiinny.*

b. 1,1-dimetyyli syklopentaani *Ei esiinny.*

c. 1,3-dimetyyli syklobutaani *Esiintyy.*

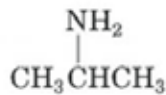


36. Ympyröi amoksisilliinin rakennekaavasta asymmetriset hiilet.

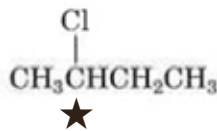


37. Merkitse tähdellä alla olevista yhdisteistä mahdolliset kiraaliset hiilet.

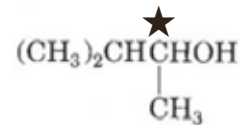
a.



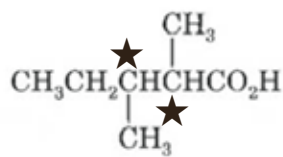
b.



c.



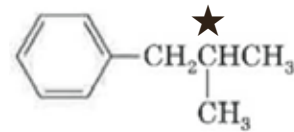
d.



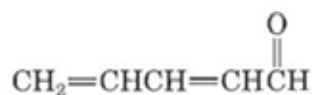
e.



f.



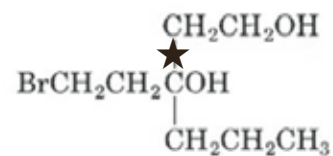
g.



h.



i.



38. Puutarhan kalkitukseen voidaan käyttää dolomiittikalkkia, joka on kalsiumkarbonaatin ja magnesiumkarbonaatin seos. Kuumennuksessa kumpikin karbonaatti hajoaa vastaavaksi oksidiksi.

a. Laadi reaktioyhtälöt.



b. Kun 0,876 g dolomiittikalkkia kuumennettiin, saatiin jäännös, jonka massa oli 0,477 g. Kuinka monta massaprosenttia magnesiumkarbonaattia dolomiittikalkki sisälsi?

$$M(\text{MgCO}_3) = 84,32 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100,09 \text{ g/mol}$$

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

$$M(\text{CaO}) = 56,08 \text{ g/mol}$$

$$\text{Merkitään } x = m(\text{MgCO}_3)$$

$$n(\text{CaCO}_3) = (0,876 \text{ g} - x) : 100,09 \text{ g/mol} = n(\text{CaO})$$

$$m(\text{CaO}) = n(\text{CaO}) \cdot M(\text{CaO})$$

$$m(\text{CaO}) = [(0,876 \text{ g} - x) : 100,09 \text{ g/mol}] \cdot 56,08 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{CaO}) = 0,4908 - 0,5603x$$

$$n(\text{MgO}) = n(\text{MgCO}_3)$$

$$n(\text{MgO}) = x : 84,32 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{MgO}) = n(\text{MgO}) \cdot M(\text{MgO}) = (x : 84,32 \text{ g/mol}) \cdot 40,31 \text{ g/mol} = 0,4781x$$

$$\text{Jäännös } 0,477 \text{ g} = m(\text{MgO}) + m(\text{CaO})$$

Ratkaistaan yhtälö:

$$0,4908 - 0,5603x + 0,4781x = 0,477 \text{ ja saadaan } x = 0,1678 \text{ g}$$

$$\text{MgCO}_3\text{:n osuus massaprosentteina: } \frac{0,1678 \text{ g}}{0,876 \text{ g}} \cdot 100 \% = \underline{19,2 \text{ m-}\%}$$

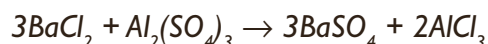
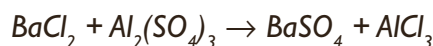
(Yo-koe, kevät 2003, tehtävä 3.)

### Reaktiot ja energia

I. Tasapainota reaktioyhtälö.

- $2C_6H_4Cl_2 + 13O_2 \rightarrow 12CO_2 + 2H_2O + 4HCl$
- $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$
- $2Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2PbO + 4NO_2 + O_2$
- $4C_2H_3O_2Br + 3O_2 \rightarrow 8CO + 6H_2O + 2Br_2$
- $CaCN_2 + 3H_2O \rightarrow CaCO_3 + 2NH_3$
- $2H_3PO_4 + 3Mg(OH)_2 \rightarrow Mg_3(PO_4)_2 + 6H_2O$

2. Bariumkloridi reagoi alumiinisulfaatin kanssa, jolloin muodostuu bariumsulfaattia ja alumiinikloridia. Kuinka monta grammaa alumiinikloridia saadaan 2,00 g:sta bariumkloridia?



3 mol bariumkloridia saadaan 2 mol alumiinikloridia

$$m(AlCl_3) = n(AlCl_3) \cdot M(AlCl_3)$$

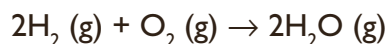
$$n(AlCl_3) = 2/3 \cdot n(BaCl_2) = 2/3 \cdot [m(BaCl_2) / M(BaCl_2)]$$

$$m(AlCl_3) = 2/3 \cdot [m(BaCl_2) / M(BaCl_2)] \cdot M(AlCl_3)$$

$$m(AlCl_3) = 2/3 \cdot [2,00 \text{ g} / 208,23 \text{ g/mol}] \cdot 133,33 \text{ g/mol}$$

$$m(AlCl_3) = \underline{0,85 \text{ g}}$$

3. Kuinka monta grammaa vettä muodostuu, kun 4,0 g vetykaasua ja 40,0 g happikaasua reagoivat keskenään?



$$n(H_2) = \frac{m(H_2)}{M(H_2)} = \frac{4 \text{ g}}{2 \cdot 1,008 \text{ g/mol}} = 1,984... \text{ mol}$$

$$n(O_2) = \frac{m(O_2)}{M(O_2)} = \frac{40 \text{ g}}{2 \cdot 16,00 \text{ g/mol}} = 1,25 \text{ mol}$$

$$n(H_2) = 2 \cdot n(O_2) \rightarrow \text{Tarvittava } H_2 = 2 \cdot 1,25 \text{ mol} = 2,5 \text{ mol}$$

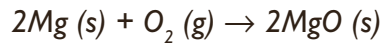
Vetykaasua on kuitenkin vain 1,984... mol, joten sen määrä rajoittaa reaktiota.

$$n(H_2O) = n(H_2)$$

$$m(H_2O) = n(H_2) \cdot M(H_2O)$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1,984\dots \text{ mol} \cdot 18,016 \text{ g/mol} = 35,746\dots \text{ g} \approx \underline{36 \text{ g}}$$

4. Litiumin ja magnesiumin seos, joka painoi 3,00 g, poltettiin täydellisesti hapessa, jolloin saatiin litiumoksidin ( $\text{Li}_2\text{O}$ ) ja magnesiumoksidin ( $\text{MgO}$ ) seos, joka painoi 6,00 g. Laske montako grammaa magnesiumia oli alkuperäisessä näytteessä? (Kemian valintakoetehtävä, 1998.)



$$m(\text{Li}) + m(\text{Mg}) = 3,00 \text{ g}$$

$$n(\text{Li}) \cdot M(\text{Li}) + n(\text{Mg}) \cdot M(\text{Mg}) = 3,00 \text{ g}$$

$$m(\text{Li}_2\text{O}) + m(\text{MgO}) = 6,00 \text{ g}$$

$$n(\text{Li}_2\text{O}) \cdot M(\text{Li}_2\text{O}) + n(\text{MgO}) \cdot M(\text{MgO}) = 6,00 \text{ g}$$

$$n(\text{Li}_2\text{O}) = \frac{1}{2} n(\text{Li}) \text{ ja } n(\text{MgO}) = n(\text{Mg})$$

$$\frac{1}{2} n(\text{Li}) \cdot M(\text{Li}_2\text{O}) + n(\text{Mg}) \cdot M(\text{MgO}) = 6,00 \text{ g}$$

$$n(\text{Li}) \cdot M(\text{Li}) + n(\text{Mg}) \cdot M(\text{Mg}) = 3,00 \text{ g}$$

Olkoon  $n(\text{Li}) = x$  ja  $n(\text{Mg}) = y$

$$\frac{M(\text{Li}_2\text{O})}{2} \cdot x + M(\text{MgO}) \cdot y = 6$$

$$M(\text{Li}) \cdot x + M(\text{Mg}) \cdot y = 3 \rightarrow x = \frac{3 - M(\text{Mg}) \cdot y}{M(\text{Li})}$$

Yhdistetään:

$$\frac{M(\text{Li}_2\text{O})}{2} \cdot \frac{3 - M(\text{Mg}) \cdot y}{M(\text{Li})} + M(\text{MgO}) \cdot y = 6$$

Ratkaistaan  $y$ :

$$y = \frac{6}{M(\text{MgO}) - M(\text{Li}_2\text{O}) \cdot M(\text{Mg}) : 2 \cdot M(\text{Li})} - \frac{M(\text{Li}_2\text{O}) \cdot 3}{2 \cdot M(\text{Li}) \cdot [M(\text{MgO}) - M(\text{Li}_2\text{O}) \cdot M(\text{Mg}) : 2 \cdot M(\text{Li})]}$$

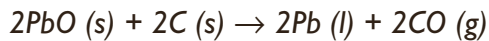
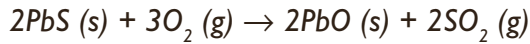
$$y = 0,0380\dots \text{ mol}$$

Koska  $n(\text{Mg}) = y$  saadaan:

$$m(\text{Mg}) = y \cdot M(\text{Mg})$$

$$m(\text{Mg}) = 0,0380\dots \text{ mol} \cdot 24,31 \text{ g/mol} = 0,9257\dots \text{ g} \approx \underline{0,926 \text{ g}}$$

5. Lyijy(II)sulfidi reagoi happikaasun kanssa muodostaen lyijymonoksidia ja rikkidioksidia. Lyijymonoksidi reagoi edelleen hiilen kanssa, jolloin muodostuu metallista lyijyä ja hiilimonoksidia. Kuinka monta kilogrammaa lyijyä voidaan valmistaa 50,0 kg:sta lyijysulfidia?



Reaktioyhtälöiden kertoimista nähdään, että  $n(\text{PbS}) = n(\text{Pb})$

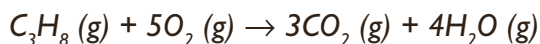
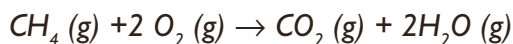
$$m(\text{Pb}) = n(\text{Pb}) \cdot M(\text{Pb}) \text{ ja } n(\text{PbS}) = \frac{m(\text{PbS})}{M(\text{PbS})}$$

$$m(\text{Pb}) = \frac{m(\text{PbS})}{M(\text{PbS})} \cdot M(\text{Pb})$$

$$m(\text{Pb}) = \frac{50000 \text{ g}}{239,27 \text{ g/mol}} \cdot 207,2 \text{ g/mol} = 43298,36... \text{ g} \approx \underline{43,3 \text{ kg}}$$

6. Kun 30,0 g metaanin ja propanin seosta poltettiin, syntyi 85,0 g hiilidioksidia.

- a. Kuinka monta grammaa seos sisälsi metaania?



$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)}$$

Olkoon  $m(\text{CH}_4) = x$ , jolloin  $m(\text{C}_3\text{H}_8) = 30 - x$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_4) + 3 \cdot n(\text{C}_3\text{H}_8)$$

$$\frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)} + 3 \cdot \frac{m(\text{C}_3\text{H}_8)}{M(\text{C}_3\text{H}_8)}$$

$$\frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{x}{M(\text{CH}_4)} + 3 \cdot \frac{30 - x}{M(\text{C}_3\text{H}_8)}$$

Ratkaistaan  $x$ :

$$x = \frac{M(\text{CH}_4) \cdot M(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2) \cdot [M(\text{C}_3\text{H}_8) - 3 \cdot M(\text{CH}_4)]} - \frac{M(\text{CH}_4) \cdot 90}{[M(\text{C}_3\text{H}_8) - 3 \cdot M(\text{CH}_4)]}$$

$$x = 19,247... \text{ g} \approx 19,2 \text{ g}$$

Vastaus: Seos sisälsi metaania 19,2 g.

b. Kuinka monta m-% seos sisälsi propaania?

$$m\% (C_3H_8) = \frac{30,0 \text{ g} - m(CH_4)}{30,0 \text{ g}} \cdot 100 \%$$

$$m\% (C_3H_8) = \frac{30,0 \text{ g} - 19,247... \text{ g}}{30,0 \text{ g}} \cdot 100 \% = 35,84... \text{ m}\% \approx \underline{35,8 \text{ m}\%}$$

7. 20,0 g kidevedellistä mangaani(II)sulfaattia kuumennettiin, jolloin siitä poistui 6,46 g kidevettä. Määritä kidevedellisen mangaani(II)sulfaatin molekyylikaava.

$$m(MnSO_4 \text{ kuiva}) = m(MnSO_4 \cdot x H_2O) - m(H_2O) = 20 \text{ g} - 6,46 \text{ g} = 13,54 \text{ g}$$

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{6,46 \text{ g}}{(2 \cdot 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16,00 \text{ g/mol})} = 0,358... \text{ mol}$$

$$n(MnSO_4 \text{ kuiva}) = \frac{m(MnSO_4)}{M(MnSO_4)} = \frac{13,54 \text{ g}}{\left(54,94 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 32,07 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 4 \cdot 16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} = 0,0896... \text{ mol}$$

Ainemäärien suhde antaa kideveden määrän.

$$\frac{n(H_2O)}{n(MnSO_4 \text{ kuiva})} = 3,999... \rightarrow \underline{\text{Vastaus: } MnSO_4 \cdot 4 H_2O}$$

8. 25,0 g kiinteää natriumvetykarbonaattia ja 60,0 ml 5,00 M suolahappoa reagoivat keskenään ja muodostavat natriumkloridia, vettä ja hiilidioksidia.

a. Kirjoita reaktion reaktioyhtälö.



b. Laske natriumkloridin teoreettinen saanto.

$$n(NaHCO_3) = \frac{m(NaHCO_3)}{M(NaHCO_3)} = \frac{25,0 \text{ g}}{84,008 \text{ g/mol}} = 0,297... \text{ mol}$$

$$n(HCl) = c(HCl) \cdot V(HCl) = 5 \text{ M} \cdot 0,06 \text{ l} = 0,3 \text{ mol}$$

$NaHCO_3$  rajoittaa reaktiota.

$$n(NaCl) = n(NaHCO_3)$$

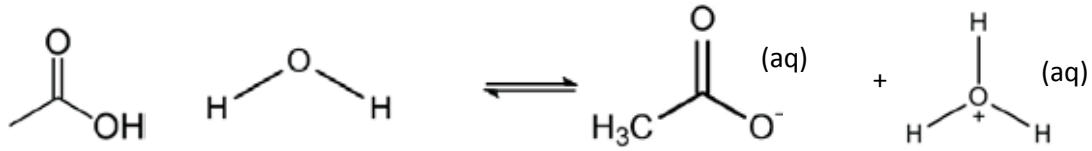
$$m(NaCl) = n(NaHCO_3) \cdot M(NaCl) = 0,297... \text{ mol} \cdot 58,44 \text{ g/mol} = 17,391... \text{ g} \approx \underline{17,4 \text{ g}}$$

c. Laske natriumkloridin saantoprosentti, kun sen todellinen saanto oli 13,0 g.

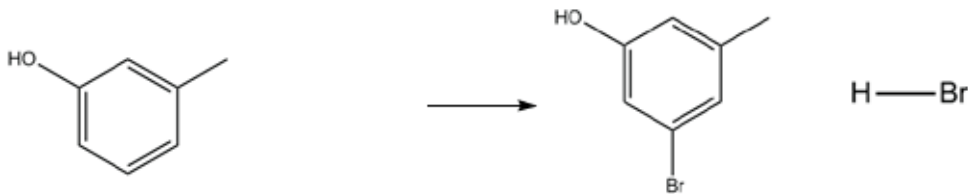
$$\frac{13,0 \text{ g}}{17,391 \dots \text{ g}} \cdot 100 \% = 74,750 \dots \% \approx \underline{74,8 \%}$$

9. Piirrä yksi esimerkki jokaisesta alla olevasta reaktiotyypistä.

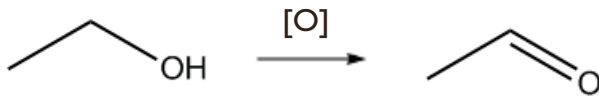
a. protoninsiirtoreaktio



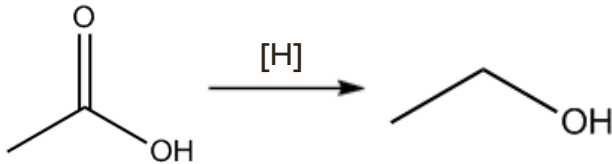
b. substituutioreaktio



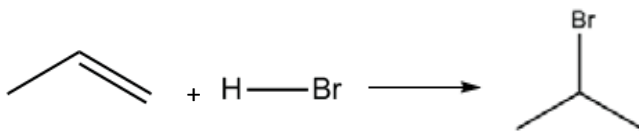
c. hapetusreaktio (orgaaninen yhdiste)



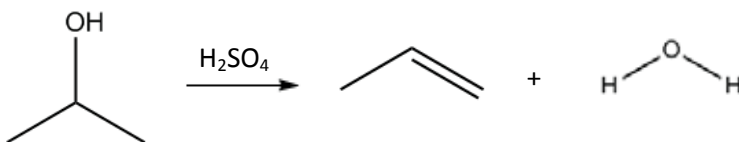
d. pelkistysreaktio (orgaaninen yhdiste)



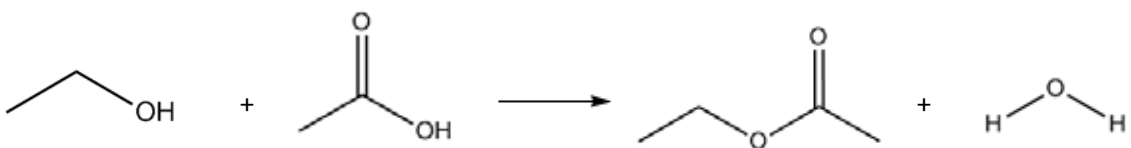
e. additioreaktio



f. eliminaatioreaktio

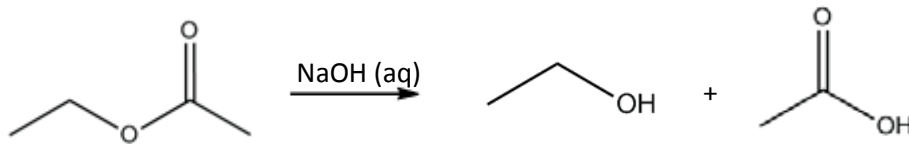


g. kondensaatioreaktio

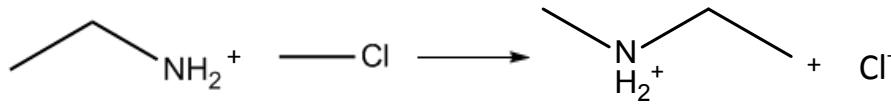




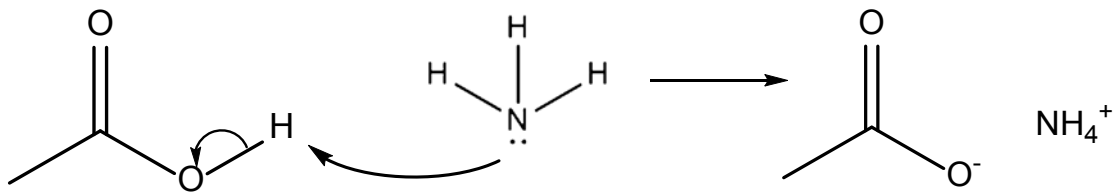
h. hydrolyysireaktio



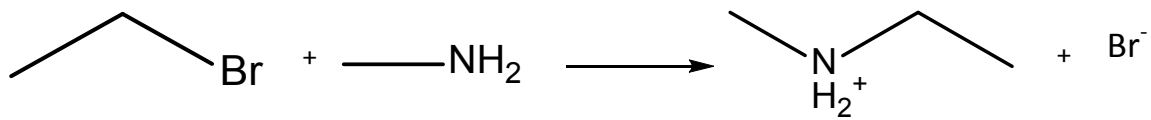
i. primäärisen amiinin alkylointireaktio



10. Esitä etikkahapon ja ammoniakkin välisen reaktion protoninsiirtomekanismi.

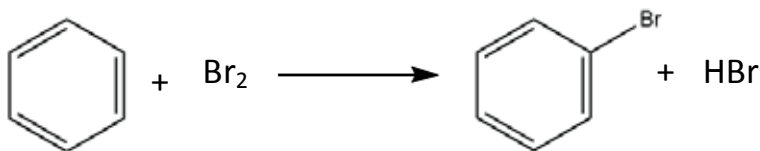


11. Piirrä bromietaanin ja metyyliamiinin alkylointireaktio.



12. Bentseeni ja bromi reagoivat keskenään.

a. Kirjoita tasapainotettu reaktioyhtälö (vain yksi bentseenin vetyatomeista korvautuu).



b. Mikä on saantoprosentti, kun 10 g bentseeniä reagoi muodostaen 10,7 g monobromibentseeniä?

Monobromibentsenin teoreettinen saanto:

$$n(C_6H_6) = n(C_6H_5Br)$$

$$\frac{m(C_6H_6)}{M(C_6H_6)} = \frac{m(C_6H_5Br)}{M(C_6H_5Br)}$$

$$m(C_6H_5Br) = \frac{m(C_6H_6)}{M(C_6H_6)} \cdot M(C_6H_5Br)$$

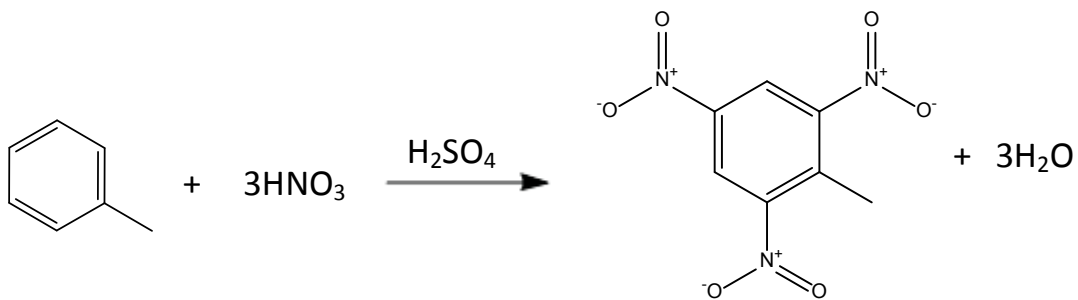
$$m(C_6H_5Br) = \frac{10 \text{ g}}{78,108 \text{ g/mol}} \cdot 157 \text{ g/mol} = 20,100... \text{ g}$$

Saantoprosentti:

$$\frac{10,7 \text{ g}}{20,100 \dots \text{ g}} \cdot 100 \% = 53,232 \dots \% \approx \underline{53 \%}$$

13. Trinitrotolueeni (TNT) on räjähdettä, jota saadaan kun nitraataan metyylibentseeniä typpihapolla. Reaktion katalyyttinä toimii väkevä rikkihappo.

a. Kirjoita TNT:n muodostumista kuvaava reaktioyhtälö.



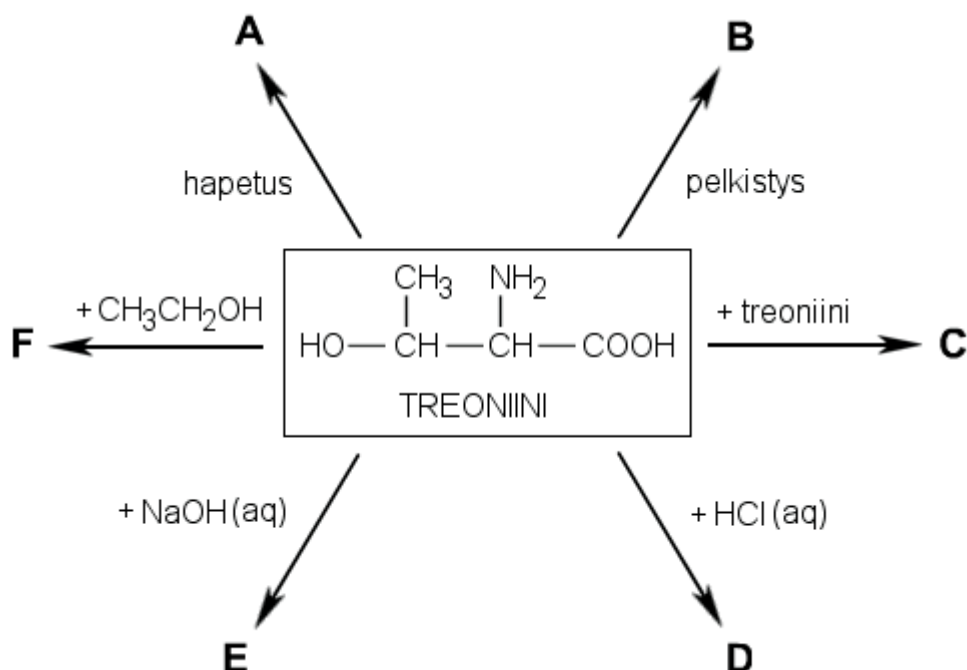
b. Laske, kuinka monta grammaa TNT:tä saadaan, jos typpihappoa on käytettävissä 1,0 kg. Metyylibentseeniä on reaktiossa ylimäärin.

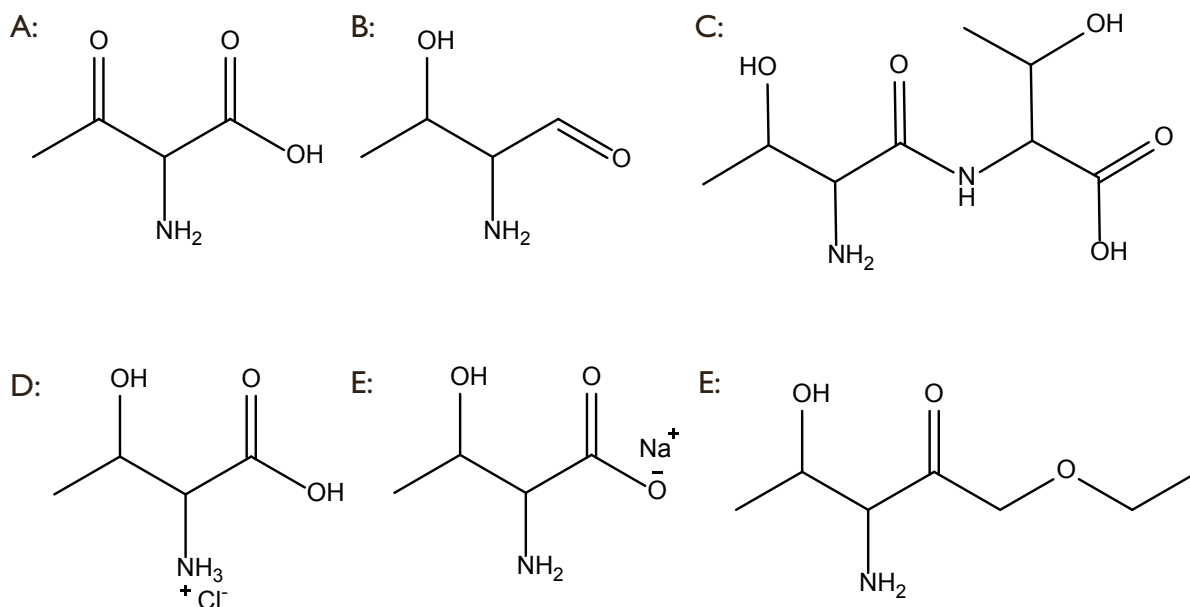
$$n(\text{TNT}) = \frac{1}{3} n(\text{HNO}_3)$$

$$\frac{m(\text{TNT})}{M(\text{TNT})} = \frac{m(\text{HNO}_3)}{3 \cdot M(\text{HNO}_3)}$$

$$m(\text{TNT}) = \frac{m(\text{HNO}_3) \cdot M(\text{TNT})}{3 \cdot M(\text{HNO}_3)} = \frac{1000 \text{ g} \cdot 227,14 \text{ g/mol}}{3 \cdot 63,018 \text{ g/mol}} = 1201,455 \dots \text{ g} \approx \underline{1200 \text{ g}}$$

14. Laadi jokin mahdollinen rakennekaava yhdisteille A – F:

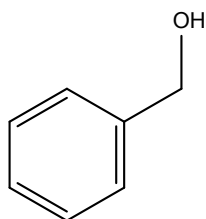




(Yo-koe, kevät 2001, tehtävä 4.)

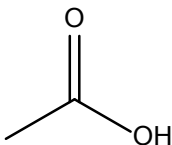
15. Piirrä ja nimeä lopputuote, kun

a. bentsoehappo pelkistetään litiumalumiinihydridin avulla



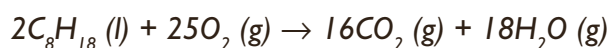
fenyylimetanol tai bentsyylialkoholi

b. etanoli hapetetaan kaliumpermanganaatin avulla.



etaanihappo tai etikkahappo

16. Veijo ajoi Turusta Helsinkiin. Matkalla kului bensiiniä ( $C_8H_{18}$ , tiheys: 0,71 kg/l) 10,5 litraa. Kuinka monta litraa muodostui yhteensä hiilidioksidia ja vesihöyryä, kun bensiini paloi täydellisesti ja kaasujen lämpötila on  $+450\text{ }^\circ\text{C}$  ja paine 202 kPa?



$$\rho = m/V \rightarrow m = \rho \cdot V$$

$$n(C_8H_{18}) = \frac{m(C_8H_{18})}{M(C_8H_{18})}$$

$$n(\text{kaasut}) = n(CO_2) + n(H_2O) = \frac{34}{2} \cdot n(C_8H_{18}) = 17 \cdot n(C_8H_{18})$$

$$pV = nRT$$

Yhdistetään:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{\rho(C_8H_{18}) \cdot V(C_8H_{18})}{M(C_8H_{18})} RT$$

$$= \frac{17 \cdot \frac{1000 \text{ g/kg} \cdot 0,71 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 10,5 \text{ l}}{114,224 \text{ g/mol}} \cdot 8,31451 \text{ J} \cdot 723,15 \text{ K}}{202000 \text{ Pa} \cdot \text{mol} \cdot \text{K}} = 33,025 \text{ m}^3 \approx 33\,000 \text{ l}$$

17. Heliumtäytteen vappupallon tilavuus on 5,0 l maanpinnalla (lämpötila +25 °C, 101,325 kPa). Se päästetään irti, jolloin se nousee 1,0 km:iin, jossa paine on 70,0 kPa ja lämpötila +10,0 °C. Kuinka monta litraa pallon tilavuus kasvaa?

$$pV = nRT$$

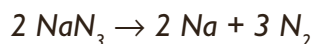
Heliumin ainemäärä säilyy samana, joten:

$$n = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 0,005 \text{ m}^3 \cdot \text{mol} \cdot \text{K}}{8,31451 \text{ J} \cdot 298,15 \text{ K}} = 0,204... \text{ mol}$$

$$V_2 = \frac{nRT_2}{p_2} = \frac{0,204... \text{ mol} \cdot 8,31451 \text{ J} \cdot 283,15 \text{ K}}{70000 \text{ Pa}} = 6,873... \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \approx 6,9 \text{ l}$$

Pallon tilavuus kasvaa: 6,9 l – 5,0 l = 1,9 l

18. Autojen turvavarusteena käytettävien ilmatyynyjen toiminta perustuu reaktioon, jossa kiinteä natriumatsidi ( $\text{NaN}_3$ ) törmäyksen sattuessa hajoaa räjähtäen metalliseksi natriumiksi ja typpikaasuksi. Kirjoita reaktion yhtälö. Kuinka monta grammaa natriumatsidia tarvitaan, jotta 35 litran tyynyyn syntyy paine 1,4 bar (=140 kPa) lämpötilassa 25 °C? Reaktion synnyttämässä kuumuudessa sulan metallina vapautuneen natriumin annetaan reagoida kiinteän rauta(III)oksidin kanssa, jolloin tuotteina saadaan kiinteää natriumoksidia ja metallista rautaa. Kirjoita myös tämän reaktion yhtälö. (Yo-koe, kevät 1998, tehtävä 3.)



$$n = pV : RT$$

$$n(\text{N}_2) = 1,4 \text{ bar} \cdot 35 \text{ dm}^3 : (0,0831 \text{ bar dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K})$$

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

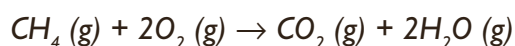
$$\text{Tästä: } m(\text{NaN}_3) = 2 \cdot 1,4 \text{ bar} \cdot 35 \text{ dm}^3 \cdot 65,02 \text{ g/mol} : (3 \cdot 0,0831 \text{ bar dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K})$$

$$= 86 \text{ g}$$



19. 35 g metaania poltetaan 85 g:ssa happea.

Mikä on syntyneen hiilidioksidin tilavuus (+25 °C, 101,325 kPa)?



$$n(\text{CH}_4) = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)} = \frac{35 \text{ g}}{16,042 \text{ g/mol}} = 2,181 \dots \text{ mol}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} = \frac{85 \text{ g}}{32,00 \text{ g/mol}} = 2,656 \dots \text{ mol}$$

Happea tarvitaan 2 moolia yhtä metaanimoolia kohti, joten hapen määrä on rajoittava tekijä.

$$n(\text{CO}_2) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{O}_2)$$

$$pV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{p}$$

$$V(\text{CO}_2) = \frac{0,5 \cdot n(\text{O}_2)RT}{p} = \frac{0,5 \cdot 2,656 \dots \text{ mol} \cdot 8,31451 \text{ J} \cdot 298,15 \text{ K}}{101325 \text{ Pa} \cdot \text{mol} \cdot \text{K}} = 0,0324 \dots \text{ m}^3 \approx \underline{32 \text{ l}}$$

20. 80 litran tynnyri on täytetty typpikaasulla (+15 °C, 101,325 kPa). Kuinka paljon tynnyrin paine nousee auringon paistaessa, kun sen lämpötila kohoaa +35 °C:een?

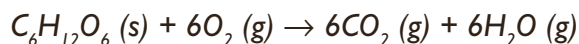
$$pV = nRT$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{p_1 V}{RT_1} = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 0,080 \text{ m}^3 \cdot \text{mol} \cdot \text{K}}{8,31451 \text{ J} \cdot 288,15 \text{ K}} = 3,383 \dots \text{ mol}$$

$$p_2 = \frac{nRT_2}{V} = \frac{3,383 \dots \text{ mol} \cdot 8,31451 \text{ J} \cdot 308,15 \text{ K}}{0,080 \text{ m}^3} = 108357,7 \dots \text{ Pa} \approx 108,357 \text{ kPa}$$

$$\underline{\text{Paine nousee: } 108,357 \text{ kPa} - 101,325 \text{ kPa} = 7,032 \text{ kPa} \approx 7,0 \text{ kPa}}$$

21. Elimistö polttaa glukoosia tuottaakseen energiaa. Kuinka monta litraa vapautuu hiilidioksidikaasua (+37°C ja 100,3 kPa) uloshengityksen mukana, kun 5,00 g glukoosia palaa?



$$n(\text{CO}_2) = 6 \cdot n(\text{glukoosi})$$

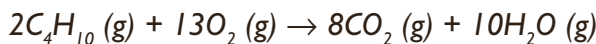
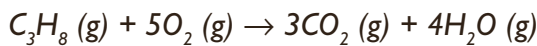
$$n(\text{CO}_2) = 6 \cdot \frac{m(\text{glukoosi})}{M(\text{glukoosi})}$$

$$pV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{p}$$

$$V(\text{CO}_2) = 6 \cdot \frac{m(\text{glukoosi})}{M(\text{glukoosi})} \frac{RT}{p} = 6 \cdot \frac{5,00\text{g}}{180,156\text{g/mol}} \frac{8,31451\text{J} \cdot 310,15\text{K}}{100300\text{Pa} \cdot \text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$= 4,281\dots \cdot 10^{-3}\text{m}^3 \approx \underline{4,3\text{l}}$$

22. Kaasusäiliössä on 20,0 kg nestekaasua, jossa on 98 m-% propaania ja 2,0 m-% butaania. Kuinka monta litraa ilmaa (+20,0 °C, 101,325 kPa) tarvitaan, kun kaasupullo poltetaan tyhjäksi? Ilman happipitoisuus on 21 til-%.



$$n(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_8)}{M(\text{C}_3\text{H}_8)} = \frac{0,98 \cdot 20000\text{g}}{44,094\text{g/mol}} = 444,504\dots\text{mol}$$

$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_{10})}{M(\text{C}_4\text{H}_{10})} = \frac{0,02 \cdot 20000\text{g}}{58,12\text{g/mol}} = 6,882\dots\text{mol}$$

Happea kuluu yhteensä:

$$5 \cdot n(\text{propaani}) + \frac{13}{2} \cdot n(\text{butaani}) = 5 \cdot 444,504\dots\text{mol} + \frac{13}{2} \cdot 6,882\dots\text{mol} = 2267,259\dots\text{mol}$$

$$V(\text{O}_2) = \frac{nRT}{p} = \frac{2267,259\dots\text{mol} \cdot 8,31451\text{J} \cdot 293,15\text{K}}{101325\text{Pa} \cdot \text{mol} \cdot \text{K}} = 54,539\dots\text{m}^3$$

Ilmaa kuluu tällöin:

$$V(\text{ilma}) = \frac{V(\text{O}_2)}{0,21} = \frac{54,539\dots\text{m}^3}{0,21} = 259,711\dots\text{m}^3 \approx \underline{260\text{m}^3}$$

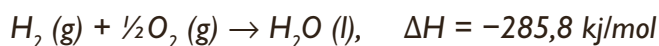
23. Mainitse esimerkki reaktiosta, jossa

- |   |  |
|---|--|
| a. kemiallinen energia muuttuu valoksi              | <i>kemiluminesenssi (esim. tulikärpänen)</i> |
| b. sähköenergia muuttuu kemialliseksi energiaksi    | <i>akkujen lataaminen</i>                    |
| c. säteilyenergia muuttuu kemialliseksi energiaksi? | <i>fotosynteesi</i>                          |

24. Laske entalpiamuutos, kun vetykaasun palaessa muodostuu 350 litraa vettä. Onko reaktio ekso- vai endoterminen? [ $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,  $\Delta H = -285,8\text{kJ/mol}$ ]

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 350\text{l} \cdot 1\text{kg/l} = 350\text{kg} = 350\,000\text{g} \text{ (veden tiheys } 1\text{ kg/l)}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{350000\text{g}}{\left(2 \cdot 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16,00\text{g/mol}\right)} = 19427,175\dots\text{mol}$$

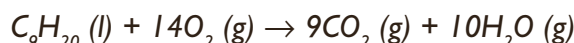


$$n(H_2O) \cdot \Delta H = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} \cdot \Delta H = \frac{350000 \text{ g}}{\left(2 \cdot 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16,00 \text{ g/mol}\right)} \cdot -285,8 \text{ kJ/mol}$$

$$= -5552286,8 \text{ kJ} \approx -5,6 \text{ GJ}$$

Vastaus: -5,6 GJ. Reaktio on eksoterminen.

25. Laske entalpiamuutos, kun 1,0 mol nonaania palaa vedeksi ja hiilidioksidiksi.



Lasketaan sidosten katkaisemiseen tarvittava energia ja uusien sidosten muodostumisessa vapautuva energia. Energioiden erotus antaa entalpiamuutoksen kyseiselle reaktiolle.

Sidosten katkaiseminen vaatii energiaa:

$$8 \text{ kpl C-C sidoksia} \rightarrow 8 \cdot 348 \text{ kJ/mol} = 2784 \text{ kJ/mol}$$

$$20 \text{ kpl C-H sidoksia} \rightarrow 20 \cdot 412 \text{ kJ/mol} = 8240 \text{ kJ/mol}$$

$$14 \text{ kpl O=O sidoksia} \rightarrow 14 \cdot 496 \text{ kJ/mol} = 6944 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Yhteensä } 17968 \text{ kJ/mol}$$

Sidosten muodostuessa vapautuu energiaa:

$$18 \text{ kpl C=O sidoksia} \rightarrow 18 \cdot 743 \text{ kJ/mol} = 13374 \text{ kJ/mol}$$

$$20 \text{ kpl O-H sidoksia} \rightarrow 20 \cdot 463 \text{ kJ/mol} = 9260 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Yhteensä } 22634 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H = \text{vapautunut energia} - \text{katkaisuun vaadittava energia}$$

$$= 22634 \text{ kJ/mol} - 17968 \text{ kJ/mol} = 4666 \text{ kJ/mol}$$

Vastaus: Entalpiamuutos on 4,7 MJ/mol

26. Dityypipentaoksidi hajoaa 65 °C:ssa:  $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$

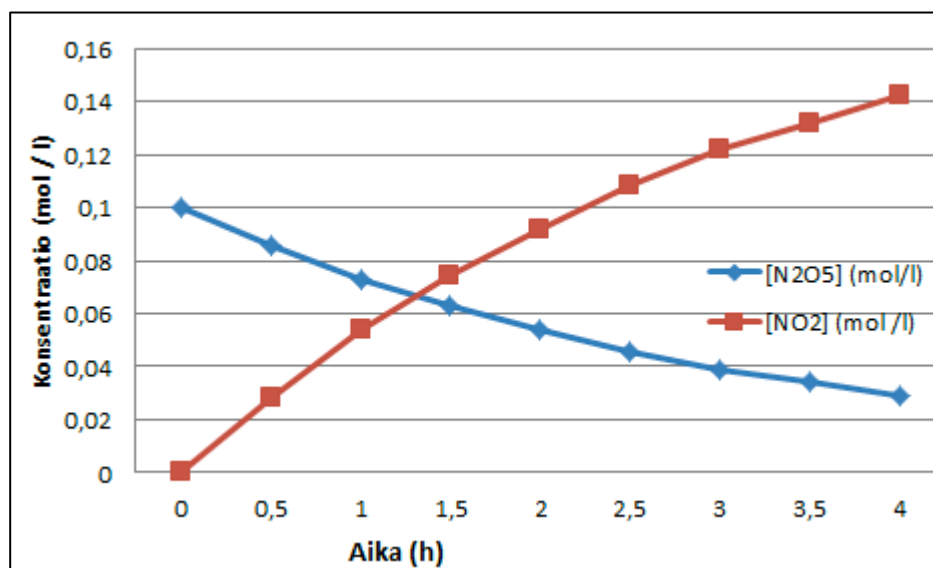
Tutkittaessa hajoamista saatiin alla olevan taulukon mukaiset tulokset:

$[N_2O_5]$ (mol/l)	0,100	0,086	0,073	0,063	0,054	0,046	0,039	0,034	0,029
Aika t (h)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

a. Piirrä samaan kuvaan dityypipentaoksidin hajoamista ja tyypidioksidin muodostumista osoittavat kuvaajat.

Lasketaan tyypidioksidin konsentraatiot ajanhetkillä. Otetaan huomioon kertoimet, jolloin yhtä moolia dityypipentaoksidia kohti muodostuu 2 moolia tyypidioksidia.

[N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ] (mol/l)	0,1	0,086	0,073	0,063	0,054	0,046	0,039	0,034	0,029
[NO <sub>2</sub> ] (mol/l)	0	0,028	0,054	0,074	0,092	0,108	0,122	0,132	0,142
Aika t (h)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4



b. Mikä on dityppipentaoksidin hajoamisen nopeus (mol/l) / h ajan hetkellä 2,0 h?

Piirretään tangentti aikapisteeseen 2h ja määritetään tangentin kulmakerroin.

Vastaus: 0,02 (mol/l) / h (Tätä suuruusluokkaa, mutta voi vaihdella aika paljon. Riippuu kuinka hyvän kuvan on piirtänyt.)

c. Onko dityppipentaoksidin hajoamisreaktio vertailuolosuhteissa endo- vai eksoterminen?

$$\Delta H_f^\circ(\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})) = 11,3 \text{ kJ/mol ja } \Delta H_f^\circ(\text{NO}_2(\text{g})) = 33,8 \text{ kJ/mol.}$$

Lasketaan reaktioentalpia muodostumisentalpioiden avulla.

$$\Delta H^\circ = \sum n \Delta H_f^\circ(\text{tuotteet}) - \sum n \Delta H_f^\circ(\text{lähtöaineet})$$

$$\Delta H^\circ = (4 \cdot 33,8 \text{ kJ/mol} + 0 \text{ kJ/mol}) - 2 \cdot 11,3 \text{ kJ/mol} = 112,6 \text{ kJ/mol}$$

Vastaus: Endoterminen reaktio, koska  $\Delta H^\circ$  on positiivinen.

27. Retkikeittimessä on 300 g butaania.

a. Kuinka paljon lämpöä on vapautunut, kun kaikki butaani on poltettu?

$$n(\text{butaani}) = \frac{m(\text{butaani})}{M(\text{butaani})} = \frac{300 \text{ g}}{58,12 \text{ g/mol}} = 5,161 \dots \text{ mol}$$

$$\text{Lämpöä vapautuu: } 5,161 \dots \text{ mol} \cdot -3509 \text{ kJ/mol} = 18112,525 \dots \text{ kJ} \approx 18 \text{ MJ}$$



b. Kuinka monta litraa +20°C vettä saadaan lämmitettyä kiehumispisteeseen retkikeittimellä?  
(Butaanin palamisentalpia on -3509 kJ / mol.)

Veden ominaislämpökapasiteetti on 4,1819 kJ / (kg · K)

Kun lämmitetään 1 litra +20°C vettä kiehumispisteeseen (+100 °C) energiaa tarvitaan:

$$\Delta t = 100 \text{ °C} - 20 \text{ °C} = 80 \text{ °C} = \Delta T = 80 \text{ K}$$

$$80 \text{ K} \cdot 4,1819 \text{ kJ / (kg} \cdot \text{K)} = 334,552 \text{ kJ / l (veden tiheys 1 kg/l)}$$

Tällöin retkikeittimellä saadaan lämmitettyä:

$$18112,525... \text{ kJ} : 334,552 \text{ kJ / l} = 54,139 \text{ l} \approx \underline{54 \text{ litraa +20°C vettä kiehumispisteeseen.}}$$

28. Kylmäpussi sisältää 20 g ammoniumnitraattia ja 200 ml vettä. Laske ammoniumnitraatin liukenemisentalpia (kJ / mol), kun kylmäpussin lämpötila laskee +25°C:sta +2°C:een. Systemistä ei karkaa eikä siihen sitoudu lämpöä ympäristöstä.

Veden lämpötila laskee: 298,15 K – 275,15 K = 23 K

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{m(\text{NH}_4\text{NO}_3)}{M(\text{NH}_4\text{NO}_3)} = \frac{20 \text{ g}}{80,052 \text{ g / mol}} = 0,2498... \text{ mol}$$

Kun 200 ml vettä laskee yhden asteen, vapautuu energiaa:

$$\frac{200 \text{ ml}}{1000 \text{ ml/l}} \cdot 1 \text{ kg / l} \cdot 4,1819 \text{ kJ / (kg} \cdot \text{K)} = 0,83638 \text{ kJ / K (veden tiheys 1 kg/l)}$$

Tällöin kylmäpussin jäähtymisessä vapautuu energiaa:

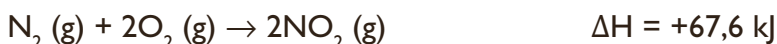
$$23 \text{ K} \cdot 0,83638 \text{ kJ / K} = 19,23674 \text{ kJ}$$

Ammoniumnitraatin liukeneminen sitoo tämän verran energiaa.

Ammoniumnitraatin liukenemisentalpia:

$$(19,23674 \text{ kJ}) / (0,2498... \text{ mol}) = 76,996... \text{ kJ / mol} \approx \underline{80 \text{ kJ / mol}}$$

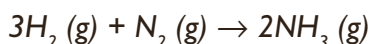
29. Laske reaktion  $\text{N}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2\text{NO} (\text{g})$  reaktiolämpö kun tiedät, että:



$$\underline{\Delta H = +67,6 \text{ kJ} + 113,2 \text{ kJ} = 180,8 \text{ kJ}}$$

30. Ammoniakkia valmistetaan vetykaasusta ja typpikaasusta. Typpikaasua kuluu reaktiossa nopeudella 2000 mol/min. Millä nopeudella

a. vetykaasua kuluu samassa reaktiossa



Vetykaasua kuluu 3 kertaa enemmän kuin typpikaasua:

$$3 \cdot 2000 \text{ mol / min} = \underline{6000 \text{ mol / min}}$$

b. ammoniakkia muodostuu samassa reaktiossa?

Ammoniakkia muodostuu 2 kertaa enemmän kuin typpikaasua kuluu:

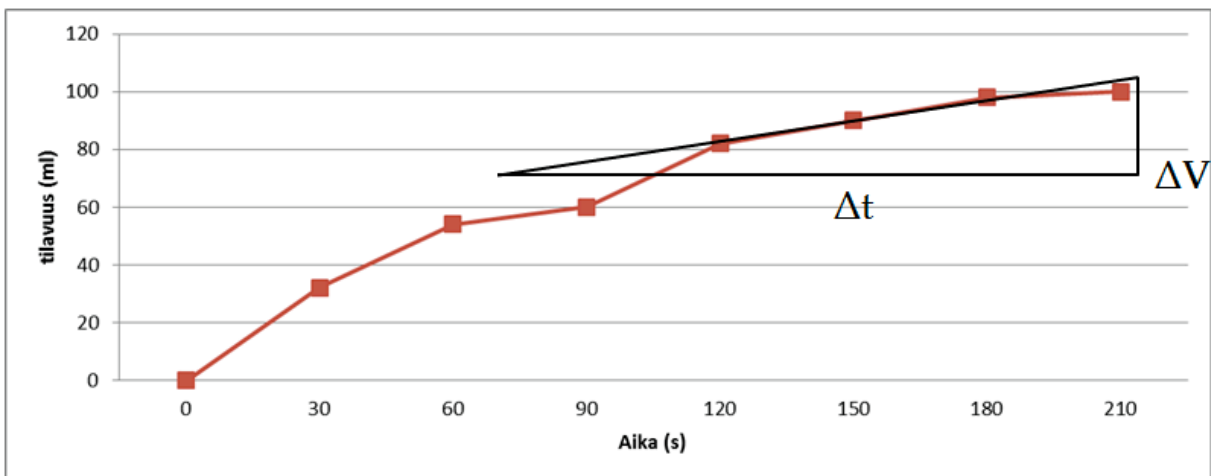
$$2 \cdot 2000 \text{ mol} / \text{min} = \underline{4000 \text{ mol} / \text{min}}$$

31. Kalsiumkarbonaatti (ylimäärin) reagoi 1,0 M suolahapon (150 ml) kanssa muodostaen hiilidioksidia. Hiilidioksidin tilavuus mitattiin puolen minuutin välein (105 kPa, +20°C).

Aika(s)	0	30	60	90	120	150	180	210
V (ml)	0	32	54	60	82	90	98	100

Mikä oli CO<sub>2</sub>:n muodostumisnopeus ajanhetkellä 150 s yksikössä mol/s?

Piirretään hiilidioksidin muodostumisnopeudesta kuvaaja, jossa x-akselina on aika ja y-akselina hiilidioksidin tilavuus.



Piirretään tangenti pisteeseen 150 s. Lasketaan tangentin avulla reaktionopeus yksikössä ml / s.

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{105 \text{ ml} - 72 \text{ ml}}{210 \text{ s} - 67 \text{ s}} = 0,23... \text{ ml} / \text{s}$$

Lasketaan tilavuuden avulla ainemäärä yhtälöstä  $pV = nRT \rightarrow n = pV / RT$

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{105000 \text{ Pa} \cdot 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{mol} \cdot \text{K}}{8,31451 \text{ J} \cdot 293,15 \text{ K}} = 9,908... \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

(nopeus yhden sekunnin aikana)  $\rightarrow$  Nopeus yksikössä mol / s =  $9,908... \cdot 10^{-6} \text{ mol} / \text{s}$

$$\approx \underline{9,9 \dots \cdot 10^{-6} \text{ mol} / \text{s}}$$

32. Ovatko alla olevat väittämät oikein vai väärin? Korjaa virheelliset väittämät oikeiksi.

a. Katalyytti pienentää aktivoitumisenergiaa.

*Oikein.*

b. Katalyytti ei osallistu reaktioon.

*Väärin. Katalyytti osallistuu reaktioon, mutta se palautuu alkutilaansa katalyyysin jälkeen.*

c. Katalyytti kuluu reaktiossa.

*Väärin. Katalyytti ei kulu reaktiossa.*

d. Katalyytti nopeuttaa reaktiota molempiin suuntiin.

*Oikein.*

e. Reaktioentalpia kasvaa katalyytin vaikutuksesta.

*Väärin. Katalyytti ei vaikuta reaktioentalpiaan. Se ainoastaan nopeuttaa reaktiota alentamalla aktivoitumisenergiaa.*

### Metallit ja materiaalit

1. Mitä tapahtuu alkuaineen hapetusluvulle, kun

- a. alkuaine hapettuu     *Alkuaineen hapetusluku kasvaa, koska hapettuessaan se luovuttaa elektroneja.*  
b. alkuaine pelkistyy?     *Alkuaineen hapetusluku pienenee, koska pelkistyessään se vastaanottaa elektroneja.*

2. Lisää reaktioon oikeat kertoimet ja alkuaineiden hapetusluvut. Mikä alkuaine pelkistyy?



*Zn: 0 → +2 (hapettuu)*

*S: +6 → -2 (pelkistyy) (sinkkisulfaatissa edelleen +6)*

*H: koko ajan +1*

*O: koko ajan -2*

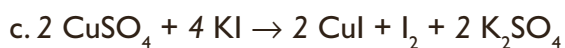


*Sn: +2 → +4 (hapettuu)*

*C: +4 → +2 (pelkistyy)*

*O: koko ajan -2*

*Ca: koko ajan +2*



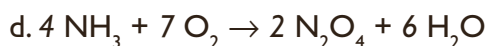
*Cu: +2 → +1 (pelkistyy)*

*I: -1 → 0 (hapettuu)*

*O: koko ajan -2*

*S: koko ajan +6*

*K: koko ajan +1*

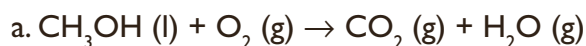


*N: -3 → +4 (hapettuu)*

*O: 0 → -2 (pelkistyy)*

*H: koko ajan +1*

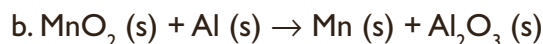
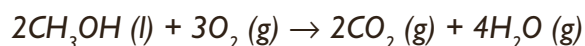
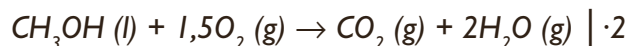
### 3. Tasapainota reaktiot hapetuslukumenetelmällä.



C arvosta  $-II \rightarrow +IV$

O arvosta  $0 \rightarrow -II$

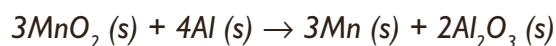
Tarvitaan 3 happiatomia yhtä hiiliatomia kohden



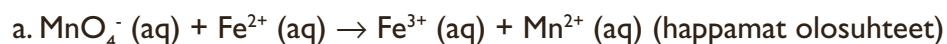
Mn  $+IV \rightarrow 0$

Al  $0 \rightarrow +III$

Tarvitaan 3 Mn-atomia, 4 Al-atomia kohden



### 4. Tasapainota reaktiot puolireaktiomenetelmällä.

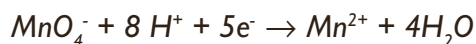


Pelkistyminen:



Tarvitaan 8  $\text{H}^+$  vasemmalle puolelle.

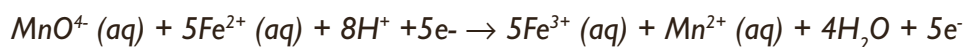
Tasapainotetaan varaukset elektronien avulla.



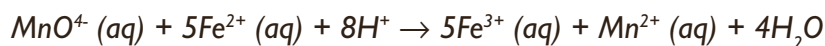
Hapettuminen:



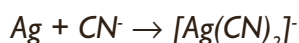
Tasapainotettu reaktioyhtälö:



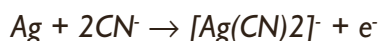
Poistetaan elektronit yhtälön molemmilta puolilta.



Hapettuminen:

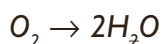


Tasapainotetaan varaukset ja atomit:

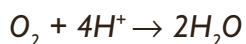


Pelkistyminen:

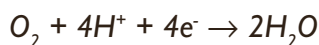
$\text{O}_2$  tasapainotetaan vesimolekyylin avulla



Tasapainotetaan vetyatomit  $H^+$ -ionien avulla:

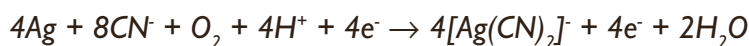


Tasapainotetaan varaukset:

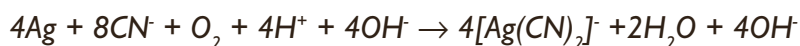


Tasapainotetaan puolireaktioissa siirtyneiden elektronien lukumäärä (kerrotaan hapettumisreaktio neljällä)

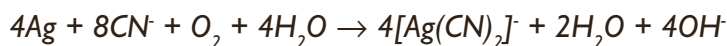
Yhdistetään puolireaktiot:



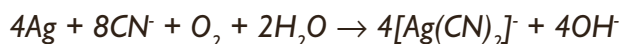
Lisätään molemmille puolille 4 kpl  $OH^-$ -ioneja (emäksiset olosuhteet) ja poistetaan elektronit



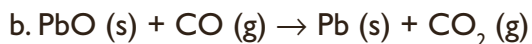
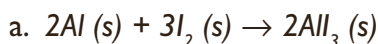
Yhdistetään  $H^+$  ja  $OH^-$  ionit:



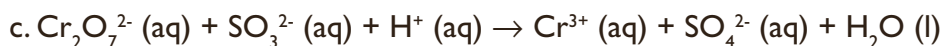
Poistetaan vesimolekyylit (2 kpl):



## 5. Tasapainota seuraavat hapettumis-pelkistymisreaktiot.



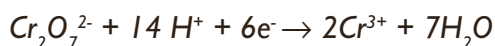
On jo valmiiksi tasapainossa.



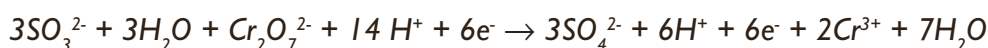
Hapettuminen



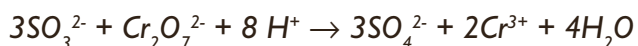
Pelkistyminen:



Kokonaisreaktio:



(poistetaan elektronit, vedyt ja vedet)



6. Osoita normaalipotentialien avulla, että alumiini reagoi suolahapon kanssa, ja kirjoita kennoreaktio.



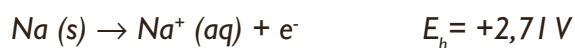
Potentiaalien summa on +1,66 V, joten reaktio on spontaani.

Kennoreaktio:



7. Osoita normaalipotentialien avulla, että

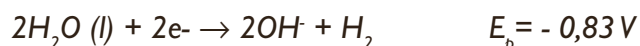
a. natrium-metalli reagoi veden kanssa vetykaasua vapauttaen ja samalla muodostuu emäksinen liuos



Normaalipotentialien summa on +1,88 V (reaktio tapahtuu, koska summa on positiivinen).

Liuos on emäksinen, koska veden pelkistymisessä muodostuu hydroksidi-ioneja.

b. sinkki ei reagoi veden kanssa.



Normaalipotentialien summa on -0,07 V

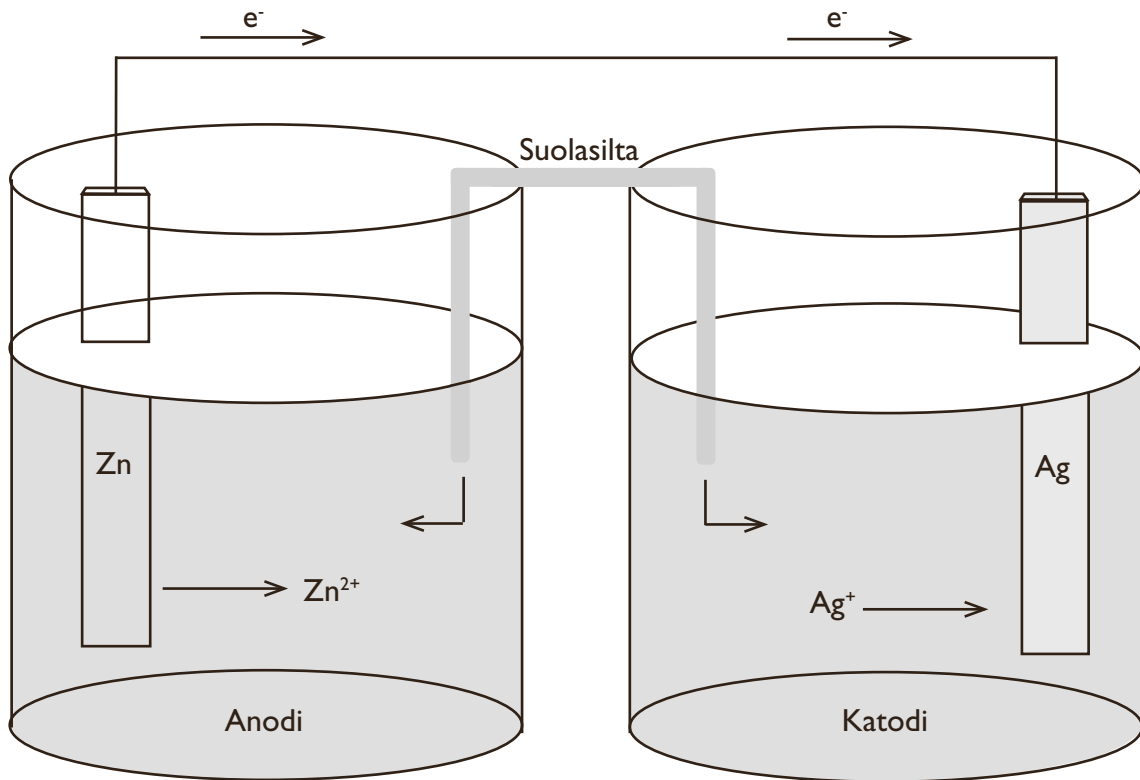
(reaktiota ei tapahdu, koska potentialien summa on negatiivinen).

8. Sähköparin kennokaavio on  $Zn (s) | Zn^{2+} (aq) || Ag^+ (aq) | Ag (s)$ ,

a. Kumpi elektrodeista on positiivinen?

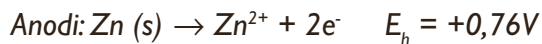
hopeaelektrodi

b. Piirrä kuva sähköparista.

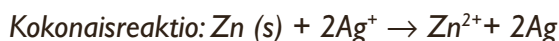


c. Piirrä kuvaan elektronien kulkusuunta.

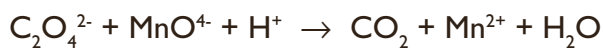
d. Kirjoita elektrodireaktiot, kokonaisreaktio ja laske parin lähdejännite.



$$\text{Lähdejännite: } +0,80 + 0,76 = 1,56\text{V}$$



9. Kalsium voidaan analysoida saostamalla se liuoksesta vaihtelevan määrän kidevettä sisältävänä oksalaattina  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Oksalaatin määrä saadaan selville titrauksella, jossa yhdiste permanganaatti-ionin avulla happamassa liuoksessa hajotetaan hiilidioksidiksi:

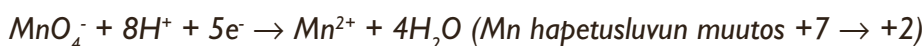


Määritä reaktioyhtälön kertoimet ja erittele reaktion aikana tapahtuvat hapettumis-pelkistymisprosessit hapetusluvun muutoksineen. Kuinka paljon kalsiumia näyte sisälsi, kun titrauksessa kului 18,2 ml permanganaattiliuosta, jonka konsentraatio oli 0,102 mol/l? (Yo-koe, syksy 1992, tehtävä 4.)

*Hapettuminen:*

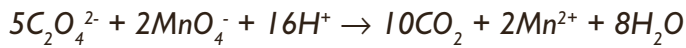


*Pelkistyminen:*





Tasapainotettu reaktioyhtälö:



$$n(\text{Ca}) = n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = \frac{5}{2} n(\text{MnO}_4^-)$$

$$n(\text{Ca}) = \frac{5}{2} \cdot c(\text{MnO}_4^-) \cdot V(\text{MnO}_4^-) = \frac{5}{2} \cdot 0,102 \text{ mol/l} \cdot 0,0182 \text{ l} = 4,641 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

4,64 mmol kalsiumia.

10. Elektrolyysikennossa kulkee 0,250 A:n virta 1200 s ajan. Kennossa on 70,0 cm<sup>3</sup>:ä 0,150 M NaCl-liuosta. Anodilla muodostuu vain kloorikaasua, ja katodilla vesi pelkistyy vetykaasuksi. Mikä on liuoksen OH<sup>-</sup>-ionikonsentraatio elektrolyysin lopussa?



$$It = n z F \rightarrow n = \frac{It}{zF}$$

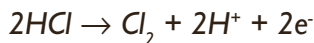
$$n(\text{OH}^-) = 2 \cdot n(\text{Cl}_2) = 2 \cdot \frac{0,250 \text{ A} \cdot 1200 \text{ s}}{2 \cdot 96485 \text{ As/mol}}$$

$$c(\text{OH}^-) = \frac{n(\text{OH}^-)}{V_{\text{tot}}} = \left[ 2 \cdot \frac{0,250 \text{ A} \cdot 1200 \text{ s}}{2 \cdot 96485 \text{ As/mol}} \right] : 0,070 \text{ dm}^3 = 0,04441 \dots \text{ M} \approx \underline{0,044 \text{ M}}$$

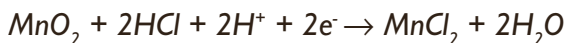
11. Mangaanidioksidin ja vetykloridin välisessä reaktiossa voidaan valmistaa kloorikaasua:  
 $\text{HCl}(\text{aq}) + \text{MnO}_2(\text{s}) \rightarrow \text{MnCl}_2(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

a. Tasapainota reaktioyhtälö.

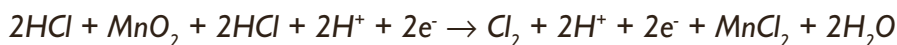
Hapettuminen:



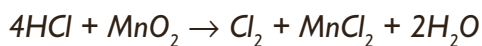
Pelkistyminen:



Kokonaisreaktio:



(poistetaan vedyt ja elektronit ja lasketaan HCl yhteen)



b. Kuinka suuri tilavuus kloorikaasua, jonka tiheys on 3,17 g/l, voi muodostua, kun 65,5 ml:aan 0,150 M HCl-liuosta lisätään 0,300 g MnO<sub>2</sub>:a?

Lasketaan rajoittava tekijä:

$$n(\text{HCl}) = 0,0655 \text{ l} \cdot 0,150 \text{ M} = 9,825 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{MnO}_2) = 0,300 \text{ g} : 86,94 \text{ g/mol} = 3,450... \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{HCl rajoittaa } (4 \cdot 3,450... \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,0138... \text{ mol} > 9,825 \cdot 10^{-3} \text{ mol})$$

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{1}{4} n(\text{HCl})$$

$$m(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{Cl}_2) = \frac{1}{4} n(\text{HCl}) \cdot M(\text{Cl}_2)$$

$$V(\text{Cl}_2) = m(\text{Cl}_2) : 3,17 \text{ g/l} = \left[ \frac{1}{4} n(\text{HCl}) \cdot M(\text{Cl}_2) \right] : 3,17 \text{ g/l}$$

$$V(\text{Cl}_2) = \left[ \frac{1}{4} \cdot (0,0655 \text{ l} \cdot 0,150 \text{ M}) \cdot 70,90 \text{ g/mol} \right] : 3,17 \text{ g/l}$$

$$= 0,05493... \cdot 10^{-3} \text{ l}$$

Vastaus: 54,9 ml

12. Merkitse onko väittämä oikein vai väärin. Korjaa väärät väittämät oikeiksi.

a. Elektrolyysikennossa anodi on positiivinen kohtio.

*Oikein.*

b. Elektrolyysikennossa on passiiviset elektrodit. Vesiliuos sisältää sinkkikloridia ja hopeakloridia. Katodilla pelkistyy hopeaionit metalliseksi hopeaksi, ja anodilla kloridi-ionit hapettuvat kloorikaasuksi.

*Väärin. Anodilla vesi hapettuu.*

c. Metallien ja hapen muodostamat oksidit ovat yleensä emäksisiä oksideja.

*Oikein.*

d. Aminohappoketju on tyypillinen polyadditiolla valmistettu polymeeri.

*Väärin. Aminohappoketju on tyypillinen polyakondensaatiolla valmistettu polymeeri.*

e. Komposiitit ovat eri materiaalien yhdistelmiä.

*Oikein.*

f. Amfoteeriset oksidit voivat reagoida hapon ja emäksen kanssa.

*Oikein.*

g. Halogeeniatomien välillä oleva erittäin vahva sigma-sidos tekee niistä reaktiivisia.

*Väärin. Halogeeniatomien välillä oleva heikko sigma-sidos tekee niistä reaktiivisia.*

h. Lyijymetalli pelkistää rauta(II)ionit galvaanisessa parissa.

*Väärin. Lyijy ei pysty pelkistämään rauta(II)ioneja, koska kyseisen kemiallisen parin lähdejännite jää negatiiviseksi ( $E^\circ = -0,32 \text{ V}$ )*

13. Elektrolyysi suoritetaan sulassa seoksessa, jossa on 50,0 g litiumkloridia ja 145 g sinkki(II)kloridia. Kirjoita elektrolyysissä tapahtuvien katodi- ja anodireaktioiden yhtälöt, kun elektrodit ovat passiivisia. Kuinka monta grammaa ainetta erottuu anodilla ja katodilla, kun sulatteen läpi johdetaan 4,0 A virta 15 minuutin ajan?

Hapettuminen:



Pelkistyminen:



$$n(\text{Cl}_2) = \frac{It}{zF}$$

$$m(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{Cl}_2) = \frac{It}{zF} \cdot M(\text{Cl}_2) = \frac{4,0\text{ A} \cdot 15\text{ min} \cdot 60\text{ s} / \text{min}}{2 \cdot 96485\text{ As} / \text{mol}} \cdot 70,90\text{ g/mol} = 1,3226\dots\text{ g}$$

$\approx 1,3\text{ g}$  (Kloorikaasua muodostuu anodilla)

$$n(\text{Zn}) = n(\text{ZnCl}_2) = \frac{m(\text{ZnCl}_2)}{M(\text{ZnCl}_2)} = \frac{145\text{ g}}{136,29\text{ g/mol}} = 1,0639\dots\text{ mol}$$

Katodilla pelkistyy ensin sinkki:

$$n(\text{Zn}) = \frac{It}{zF} = \frac{4,0\text{ A} \cdot 15\text{ min} \cdot 60\text{ s} / \text{min}}{2 \cdot 96485\text{ As} / \text{mol}} = 0,0186\dots\text{ mol}$$

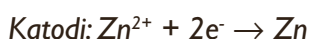
(Sinkkiä on ylimäärin seoksessa, joten litium ei pelkisty.)

$$m(\text{Zn}) = n(\text{Zn}) \cdot M(\text{Zn}) = \frac{It}{zF} \cdot M(\text{Zn}) = \frac{4,0\text{ A} \cdot 15\text{ min} \cdot 60\text{ s} / \text{min}}{2 \cdot 96485\text{ As} / \text{mol}} \cdot 65,41\text{ g/mol}$$

$= 1,220\dots\text{ g} \approx 1,2\text{ g}$  (Metallista sinkkiä saostuu katodilla.)

14. Haluat päällystää 2,50 dm<sup>2</sup> kokoisen metallilevyn sinkillä (kerroksen vahvuus 0,05 mm). Elektrolyyttiliuoksena on sinkkikloridin vesiliuos ja anodina sinkkilevy. Sinkin tiheys on 7,13 kg/l.

a. Kirjoita anodi- ja katodireaktiot.



b. Kuinka kauan pinnoitus kestää 2,5 A:n virralla, jota saadaan hyödynnettyä 93-prosenttisesti?

Sinkkiä tarvitaan:

$$n(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} \text{ ja } m(\text{Zn}) = 2,50\text{ dm}^2 \cdot 0,0005\text{ dm} \cdot 7130\text{ g} / \text{dm}^3$$

$$n(\text{Zn}) = \frac{2,50\text{ dm}^2 \cdot 0,0005\text{ dm} \cdot 7130\text{ g} / \text{dm}^3}{65,41\text{ g/mol}} = 0,1362\dots\text{ mol}$$

$$It = nzF \rightarrow t = \frac{nzF}{I}$$

$$t = \frac{0,1362\dots\text{ mol} \cdot 2 \cdot 96485\text{ As}}{(0,93 \cdot 2,5\text{ A}) \cdot \text{mol}} = 11308,94\dots\text{ s} = 3\text{ h } 8\text{ min } 29\text{ s} \approx \underline{3\text{ h } 10\text{ min}}$$

15. Elektrolyysikennoon, jossa on kultasuolaa, johdetaan 1,50 A:n virtaa 3,00 tunnin ajan. Elektrolyysin jälkeen katodille on muodostunut 11,05 g metallista kultaa.

a. Mikä on kullan hapetusluku suolassa?

$$n(\text{Au}) = \frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})}$$

$$It = nzF \rightarrow z = \frac{It}{nF}$$

$$z = \frac{M(\text{Au}) \cdot I \cdot t}{m(\text{Au}) \cdot F} = \frac{196,97 \text{ g/mol} \cdot 1,50 \text{ A} \cdot 3,00 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}}{11,05 \text{ g} \cdot 96485 \text{ As/mol}} = 2,99... \approx 3$$

Kullan hapetusluku suolassa on +III.

b. Kirjoita katodireaktio.

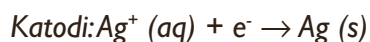
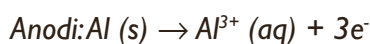


16. Sinun tulee valmistaa galvaaninen kenno, jolla on mahdollisimman suuri jännite. Käytössäsi on hopealankaa, alumiinilankaa, rautalankaa ja nikkilankaa sekä seuraavien yhdisteiden 1 M vesiliuokset:  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$  ja  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ .

a. Kirjoita kennokaavio.



b. Kirjoita anodilla ja katodilla tapahtuvat reaktiot.



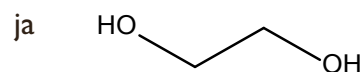
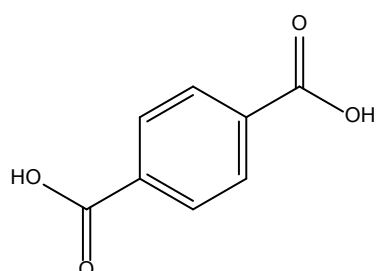
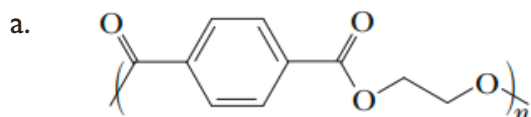
c. Laske kennon lähdejännite.

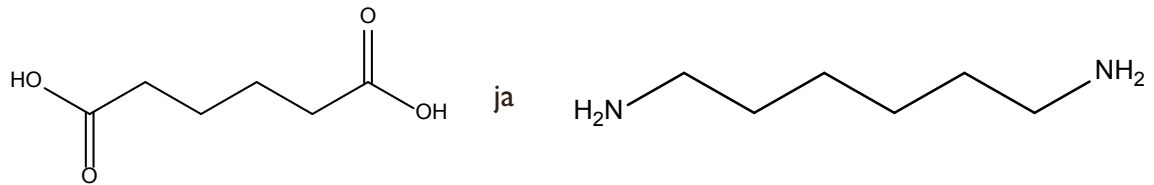
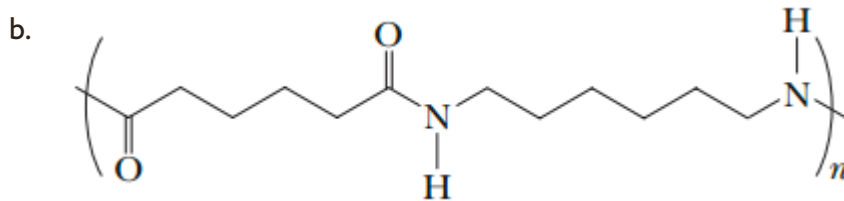
$$E_n = +1,66 \text{ V}$$

$$E_p = +0,80 \text{ V}$$

$$\text{Kennon lähdejännite: } +1,66 \text{ V} + 0,80 \text{ V} = \underline{+2,46 \text{ V}}$$

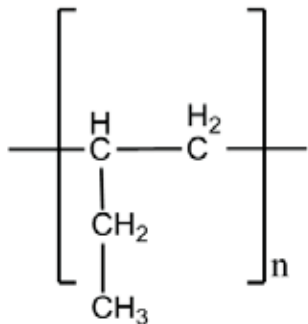
17. Mistä monomeereista (rakenne- tai viivakaava) alla olevat polymeerit on valmistettu?



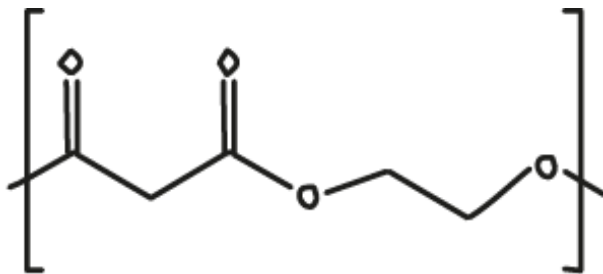


18. Kirjoita toistuvana yksikkönä

a. buteenin muodostaman polymeerin kaava



b. propanidihapon ja 1,2-etaanidiolin muodostaman polymeerin kaava.



c. Millä yleisellä nimellä kutsutaan b-kohdan polymeeriä?

*polyesteri*

19. Kerro neljä keinoa, joilla voit suojata metalleja korroosiolta.

*pinnoitus (esim. maalaus, öljyt, rasvat, toinen metalli)*

*uhrimetallit*

*inhibiittorit*

*metallin oma oksidikerros (esim. alumiinin pinnalle muodostuva alumiinioksidikerros)*

20. Mikä seuraavista alkuaineista on paras hapetin ja mikä paras pelkistin?

- a. Br
- b. Ca
- c. Na
- d. O
- e. H
- f. S

Na on paras pelkistin ja O on paras hapetin.

21. Kuinka paljon natrium- ja kalsiumkarbonaattia sekä piidioksidia tarvitaan valmistettaessa 1,00 kg tavallista lasia, jonka koostumus voidaan esittää kaavalla  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ ? (Yo-koe, syksy 1983)

$$n(\text{lasi}) = \frac{m(\text{lasi})}{M(\text{lasi})}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{lasi})$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{lasi})}{M(\text{lasi})} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{1000 \text{ g}}{478,6 \text{ g/mol}} \cdot 105,99 \text{ g/mol} = 221,45... \text{ g} \approx \underline{221 \text{ g}}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{lasi})$$

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)$$

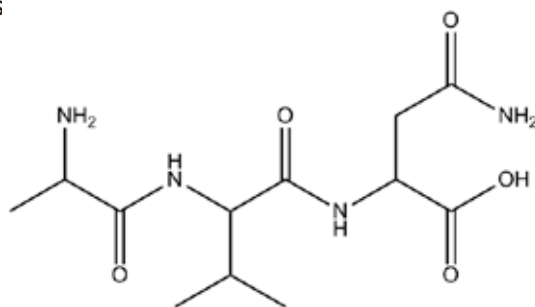
$$m(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{lasi})}{M(\text{lasi})} \cdot M(\text{CaCO}_3) = \frac{1000 \text{ g}}{478,6 \text{ g/mol}} \cdot 100,09 \text{ g/mol} = 209,13... \text{ g} \approx \underline{209 \text{ g}}$$

$$n(\text{SiO}_2) = 6 \cdot n(\text{lasi})$$

$$m(\text{SiO}_2) = n(\text{SiO}_2) \cdot M(\text{SiO}_2)$$

$$m(\text{SiO}_2) = 6 \cdot \frac{m(\text{lasi})}{M(\text{lasi})} \cdot M(\text{SiO}_2) = 6 \cdot \frac{1000 \text{ g}}{478,6 \text{ g/mol}} \cdot 60,09 \text{ g/mol} = 753,32... \text{ g} \approx \underline{753 \text{ g}}$$

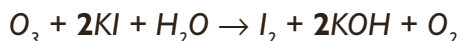
22. Piirrä alaniinin, valiinin ja asparagiinin muodostaman tripeptidin rakenne- tai viivakaava. Aminohappojärjestys tripeptidissä on Ala-Val-Asn. Kuinka monta vesimolekyyliä vapautuu tripeptidin muodostamisessa?



Vesimolekyyliä vapautuu 2 kappaletta, koska peptidisidoksia muodostuu 2 kappaletta.

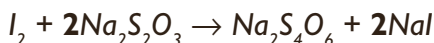
23. Jodidi-ioni voidaan hapettaa otsonin avulla jodiksi alla olevan tasapainottamattoman reaktioyhtälön mukaan.

*Tasapainotettu reaktioyhtälö:*



Reaktion avulla voidaan määrittää myös otsonin määrä näytteestä. Tällöin reaktiossa vapautunut jodi titrataan natriumtiosulfaattiliuoksella alla olevan tasapainottamattoman reaktioyhtälön mukaan.

*Tasapainotettu reaktioyhtälö:*



a. Mitkä aineet hapettuvat ja mitkä pelkistyvät molemmissa reaktioissa?

*Ensimmäisessä reaktiossa otsonin happi pelkistyy ja jodi hapettuu.*

*Toisessa reaktiossa jodi pelkistyy ja rikki (osa rikistä) hapettuu.*

b. Kuinka monta grammaa otsonia näyte sisälsi, kun titrauksessa kului 0,10 M natriumtiosulfaattia 12,5 ml?

$$n(O_3) = \frac{1}{2} \cdot n(Na_2S_2O_3)$$

$$m(O_3) = n(O_3) \cdot M(O_3)$$

$$m(O_3) = \frac{1}{2} \cdot n(Na_2S_2O_3) \cdot M(O_3)$$

$$n(Na_2S_2O_3) = c(Na_2S_2O_3) \cdot V(Na_2S_2O_3)$$

$$m(O_3) = \frac{1}{2} \cdot c(Na_2S_2O_3) \cdot V(Na_2S_2O_3) \cdot M(O_3)$$

$$m(O_3) = \frac{1}{2} \cdot 0,10 \text{ M} \cdot 0,0125 \text{ dm}^3 \cdot 48,00 \text{ g/mol} = 0,030 \text{ g}$$

24. Sinun tulee päällystää sinkillä metallikuutioita, joiden särmän pituus on 12 cm. Kaikkien 7 kuution pinnalle halutaan 0,7 mm sinkkikerros. Sinkin tiheys 7,13 kg / dm<sup>3</sup>.

a. Kytetäänkö kuutiot anodiksi vai katodiksi?

*Kuutiot kytketään katodiksi.*

b. Kuinka kauan pinnoitus kestää, kun elektrolyysikennossa käytetään 35 A:n virtaa hyötysuhteella 97 %.

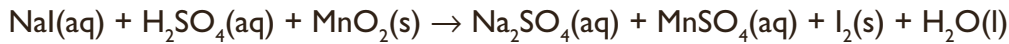
$$m(Zn) = (1,2 \text{ dm})^2 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 0,007 \text{ dm} \cdot 7130 \text{ g / dm}^3 = 3018,5568 \text{ g}$$

$$n(Zn) = \frac{m(Zn)}{M(Zn)} = \frac{(1,2 \text{ dm})^2 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 0,007 \text{ dm} \cdot 7130 \text{ g / dm}^3}{65,41 \text{ g / mol}} = 46,148... \text{ mol}$$

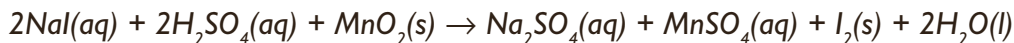
$$It = nzF \rightarrow t = \frac{nzF}{I}$$

$$t = \frac{46,148... \text{ mol} \cdot 2 \cdot 96485 \text{ As}}{(35 \text{ A} \cdot 0,97) \cdot \text{mol}} = 262304,1861 \text{ s} = 72 \text{ h } 51 \text{ min } 44 \text{ s} \approx \underline{73 \text{ h}}$$

25. Jodia voidaan valmistaa rikkihappoliuoksessa seuraavan reaktion mukaisesti:



a. Määritä reaktioyhtälön kertoimet.



b. Käytössä on 159 ml 0,50 M natriumjodidiliuosta ja 2,9 g mangaanidioksidia.

Kuinka paljon jodia voidaan enintään saada?

$$n(\text{NaI}) = 0,50 \text{ M} \cdot 0,159 \text{ dm}^3 = 0,0795 \text{ mol}$$

$$n(\text{MnO}_2) = \frac{2,9 \text{ g}}{86,94 \text{ g/mol}} = 0,03335... \text{ mol}$$

$$n(\text{NaI}) = 2 \cdot n(\text{MnO}_2)$$

$$2 \cdot 0,03335... \text{ mol} = 0,06671... \text{ mol} < 0,0795 \text{ mol}$$

Reaktion rajoittavana tekijänä toimii siis mangaanidioksidi.

$$n(\text{I}_2) = n(\text{MnO}_2)$$

$$m(\text{I}_2) = n(\text{I}_2) \cdot M(\text{I}_2) = n(\text{MnO}_2) \cdot M(\text{I}_2)$$

$$m(\text{I}_2) = 0,03335... \text{ mol} \cdot 253,8 \text{ g/mol} = 8,465... \text{ g} \approx \underline{8,5 \text{ g}}$$

c. Mikä aine toimii reaktiossa hapettimena ja mikä pelkistimenä?

Hapettimena reaktiossa toimii mangaani (mangaanidioksidi) ja pelkistimenä toimii jodidi-ioni (NaI).

(Yo-koe, kevät 2005, tehtävä 2.)



### Reaktiot ja tasapaino

#### I. Selitä lyhyesti

- a. reversiibeli reaktio

*Etenevän reaktion lisäksi tapahtuu käänteinen reaktio vastakkaiseen suuntaan.*

- b. homogeeninen kemiallinen tasapaino

*Samassa faasissa olevista lähtöaineista muodostuu tuotteita samalla nopeudella, kuin tuotteet hajoavat takaisin lähtöaineikseen.*

- c. Le Châtelier'n periaate

*Jos tasapainotilassa olevan systeemin olosuhteita muutetaan, systeemi pyrkii kumoamaan tehdyn muutoksen.*

- d. amfolyytti.

*Amfolyytti on aine, joka voi toimia sekä happona että emäksenä.*

- e. happihappo.

*Epämetallikeskusatomiin on sitoutunut yksi tai useampi OH-ryhmä.*

- f. veden autoionisaatio

*Vesimolekyylit hajoavat oksoniumioniksi ja hydroksidi-ioniksi.*

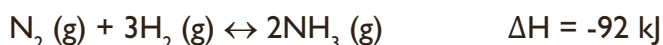
- g. puskurikapasiteetti

*Puskurikapasiteetti tarkoittaa sitä määrää protoneja tai hydroksidi-ioneja, joita puskuriliuokseen voidaan lisätä ilman, että tapahtuu merkittävää pH-muutosta.*

- h. suspensio.

*Kiinteää ainetta on sekoittuneena nesteeseen.*

#### 2. Alla olevassa reaktioyhtälössä on esitetty ammoniakkin synteesi typpikaasusta ja vetykaasusta.



Mihin suuntaan tasapainoasema siirtyy,

- a. kun reaktioastian tilavuutta pienennetään

*Tuotteiden suuntaan.*

- b. lämpötilaa nostetaan

*Lähtöaineiden suuntaan.*

- c. reaktioseokseen lisätään vetykaasua

*Tuotteiden suuntaan.*

d. kun reaktioseokseen lisätään katalyyttiä

*Ei kumpaankaan suuntaan.*

e. kun reaktioon lisätään argon-kaasua (reaktioastian tilavuus ei muutu)?

*Ei kumpaankaan suuntaan.*

3. Kun ammoniakkin vesiliuosta titrattiin suolahapolla, saatiin oheisen kuvan mukainen titrauskäyrä. Valitse pisteistä A - D se, jossa

a. ammoniakkin konsentraatio on suurin,

*Piste A.*

b. ammoniumionin konsentraatio on suurin,

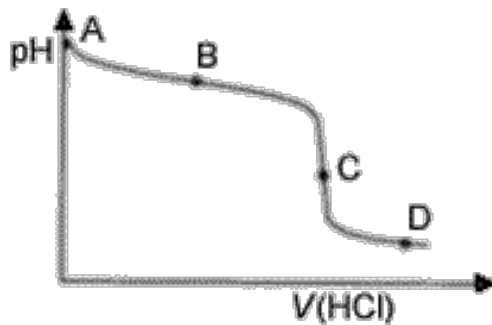
*Piste C.*

c. liuos on puskuriliuos.

*Piste B.*

d. Onko liuos pisteessä C hapan, neutraali vai emäksinen? Perustele kussakin tapauksessa vastauksesi.

*Liuos on hapan, koska ekvivalenttipisteessä ammoniumionit hydrolysoituvat ja muodostuu oksoniumioneja.*



(Yo-koe, kevät 2000, tehtävä 7.)

4. Reaktion  $H_2(g) + F_2(g) \leftrightarrow 2HF(g)$  tasapainovakio on  $+200\text{ }^\circ\text{C}$ :n lämpötilassa 125. Eräessä kokeessa 2,0 litran reaktioastiaan suljettiin 3,60 mol vety-, fluori- ja vetyfluoridikaasua.

a. Onko systeemi tasapainossa? Perustele.

$$\text{Reaktion alkusuhde } Q = \frac{[HF]^2}{[H_2][F_2]} = \frac{\left(\frac{3,6\text{ mol}}{2,0\text{ l}}\right)^2}{\left(\frac{3,6\text{ mol}}{2,0\text{ l}}\right) \cdot \left(\frac{3,6\text{ mol}}{2,0\text{ l}}\right)} = 1, Q < K, \text{ joten reaktio ei ole tasapainotilassa.}$$

b. Mihin suuntaa reaktio etenee? Perustele.

*Tuotteiden suuntaan, koska  $Q < K$ .*

c. Laske kaikkien kaasujen tasapainokonsentraatiot.

	$H_2$	+	$F_2$	$\rightleftharpoons$	$2HF$
$c_{\text{alku}}$	$\frac{3,6\text{ mol}}{2,0\text{ l}}$		$\frac{3,6\text{ mol}}{2,0\text{ l}}$		$\frac{3,6\text{ mol}}{2,0\text{ l}}$
muutos	-x		-x		+2x
$c_{\text{tasap.}}$	$\frac{3,6\text{ mol}}{2,0\text{ l}} - x$		$\frac{3,6\text{ mol}}{2,0\text{ l}} - x$		$\frac{3,6\text{ mol}}{2,0\text{ l}} + 2x$

$$K = \frac{[HF]^2}{[H_2][F_2]} \rightarrow 125 = \frac{\left(\frac{3,6 \text{ mol}}{2,0 \text{ l}} + 2x\right)^2}{\left(\frac{3,6 \text{ mol}}{2,0 \text{ l}} - x\right) \cdot \left(\frac{3,6 \text{ mol}}{2,0 \text{ l}} - x\right)} \rightarrow 121x^2 - 457,2x + 401,76 = 0,$$

$x_1 = 1,3902...M$  ja  $(x_2 = 2,3882...M, \text{ liian suuri, koska lähtökonsentraatio on } 1,8 M)$

$$[H_2]_{\text{tasap.}} = \frac{3,6 \text{ mol}}{2,0 \text{ l}} - 1,3902...M = 0,409...M \approx 0,41 M$$

$$[F_2]_{\text{tasap.}} = \frac{3,6 \text{ mol}}{2,0 \text{ l}} - 1,3902...M = 0,409...M \approx 0,41 M$$

$$[HF]_{\text{tasap.}} = \frac{3,6 \text{ mol}}{2,0 \text{ l}} + (2 \cdot 1,3902...M) = 4,58...M \approx 4,6 M$$

5. Viiden litran astiaan suljettiin 0,0055 mol vetyä ja 0,015 mol jodia. Astian lämpötila nostettiin +548 °C:een ja tasapainon annettiin asettua. Reaktioseoksen analyysi osoitti, että vetyjodidin konsentraatio tasapainotilassa oli 0,00169 mol/dm<sup>3</sup>. Laske reaktion tasapainovakio.



Lasketaan vedyn ja jodin alkukonsentraatiot:

$$[H_2] = 0,0055 \text{ mol} / 5,0 \text{ dm}^3 = 0,0011 \text{ mol/dm}^3$$

$$[I_2] = 0,015 \text{ mol} / 5,0 \text{ dm}^3 = 0,003 \text{ mol/dm}^3$$

Lasketaan vedyn ja jodin konsentraation muutos reaktioyhtälön kertoimien avulla.

$$\frac{1}{2} \cdot 0,00169 \text{ mol/dm}^3 = 8,45 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

Taulukoidaan kaikki konsentraatiot

	$H_2 (g)$	+	$I_2 (g)$	$\rightleftharpoons$	$2 HI$
$c_{\text{alku}} \text{ (mol/dm}^3\text{)}$	0,0011		0,003		0
$\text{muutos (mol/dm}^3\text{)}$	$-8,45 \cdot 10^{-4}$		$-8,45 \cdot 10^{-4}$		0,00169
$c_{\text{tasap.}} \text{ (mol/dm}^3\text{)}$	$0,0011 - 8,45 \cdot 10^{-4}$ $= 2,55 \cdot 10^{-4}$		$0,003 - 8,45 \cdot 10^{-4}$ $= 2,155 \cdot 10^{-3}$		0,00169

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0,00169)^2}{2,55 \cdot 10^{-4} \cdot 2,155 \cdot 10^{-3}} = 5,197... \approx 5,2 \text{ (yksiköt supistuvat pois)}$$

Vastaus: Tasapainovakion arvo on 5,2.

6. Typpi- ja happikaasu reagoivat keskenään muodostaen typpimonoksidia. Laske eri kaasujen tasapainokonsentraatiot, kun 2,0 litran astiaan suljettiin 3,0 mol typpimonoksidia. Reaktion tasapainovakion arvo 3,5.



	$N_2(g)$	+	$O_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2NO$
$c_{alku} \text{ (mol/dm}^3\text{)}$	0		0		$3/2 = 1,5$
muutos (mol/dm <sup>3</sup> )	+x		+x		-2x
$c_{tasap} \text{ (mol/dm}^3\text{)}$	x		x		$1,5 - 2x$

$$K = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]} \rightarrow 3,5 = \frac{(1,5 - 2x)^2}{x \cdot x}$$

Ratkaistaan x:

$$0,5x^2 - 6x + 2,25 = 0$$

$$x_1 = 0,3875... \text{ mol / dm}^3 \text{ ja } (x_2 = 11,6124... \text{ mol / dm}^3, \text{ liian suuri})$$

$$c(N_2) = c(O_2) = 0,3875... \text{ mol / dm}^3 \approx 0,39 \text{ mol / dm}^3$$

$$c(NO) = 1,5 - 2 \cdot 0,3875... \text{ mol / dm}^3 = 0,725... \text{ mol / dm}^3 \approx 0,73 \text{ mol / dm}^3$$

7. Miten eroavat toisistaan

a. vahva happo ja heikko happo

Vahva happo dissosioituu täydellisesti (luovuttaa kaikki vetyprotoninsa), mutta heikko happo vain osittain.

b. monoproottinen happo ja diproottinen happo?

Monoproottisessa hapossa on vain yksi irtoava vetyprotoni, kun taas diproottisessa protoneja voi irrota kaksi.

8. Laske 1,0 M etikkahapon vesiliuoksen  $H_3O^+$  konsentraatio ja ionisoitumisaste. Etikkahapon

$$K_a = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol / dm}^3.$$

	$CH_3COOH(aq)$	+	$H_2O(l)$	$\rightleftharpoons$	$CH_3COO^-(aq)$	+	$H_3O^+(aq)$
$c_{alku} \text{ (mol/dm}^3\text{)}$	1,0				0		0
muutos (mol/dm <sup>3</sup> )	$1,0 - x$				+x		+x
$c_{tasap} \text{ (mol/dm}^3\text{)}$	$1,0 - x$				x		x

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{1,0 - x}$$

Ratkaistaan x:

$$x_1 = 4,233... \cdot 10^{-3} \text{ M ja } (x_2 = -4,2... \cdot 10^{-3} \text{ M, negatiivinen ei käy})$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log 4,233... \cdot 10^{-3} M = 2,373... \approx 2,37$$

Ionisoitumisaste:

$$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{[CH_3COOH]_0} \cdot 100 \% = 0,423... \% \approx \underline{0,42 \%}$$

## 9. Laske

a. 1,00 M HCl-liuoksen pH

HCl on vahva happo, joten  $[H_3O^+] = 1,00 M$

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log 1,00 M = 0$$

b. 1,00 M HF-liuoksen pH ( $K_a = 7,2 \cdot 10^{-4} M$ ).



	HF (aq) +	H <sub>2</sub> O (l)	⇌	F <sup>-</sup> (aq) +	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (aq)
$c_{alku}$ (mol/dm <sup>3</sup> )	1,0			0	0
muutos (mol/dm <sup>3</sup> )	1,0 - x			+x	+x
$c_{tasap}$ (mol/dm <sup>3</sup> )	1,0 - x			x	x

$$K_a = \frac{[F^-] \cdot [H_3O^+]}{[HF]}$$

$$7,2 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{1,0 - x}$$

Ratkaistaan x:

$$x_1 = 0,0264... M \text{ ja } (x_2 = -0,0271... M, \text{ negatiivinen ei käy})$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log 0,0264... M = 1,577... \approx \underline{1,58}$$

10. Sekoitat keskenään 10 ml 0,10 M HCl-liuosta ja 10 ml 0,10 M etikkahappoliuosta. Laske liuoksen pH sekoituksen jälkeen. (Etikkahapon  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol /dm}^3$ )

HCl on vahva happo ja se dissosioituu täydellisesti  $\rightarrow n(H_3O^+)_{HCl} = 0,10 M \cdot 0,010 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ mol}$

Etikkahappo on heikko happo, joten se dissosioituu vain osittain. Liuoksen  $[H_3O^+]$  lasketaan etikkahapon happovakion avulla, ottaen huomioon HCl-lisäyksen oksoniumionit.

	CH <sub>3</sub> COOH (aq) +	H <sub>2</sub> O (l)	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> (aq) +	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (aq)
$c_{alku}$	$\frac{0,10M \cdot 0,010 \text{ dm}^3}{0,010\text{dm}^3 + 0,010\text{dm}^3} = 0,05 M$	-	0	$\frac{0,001 \text{ mol}}{0,010\text{dm}^3 + 0,010\text{dm}^3} = 0,05 M$
muutos	-x	-	+x	+x
$c_{tasap}$	0,05 M -x	-	+x	0,05 M +x

$$K_a = \frac{x \cdot (0,05 + x)}{(0,05 - x)} \rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol / dm}^3 = \frac{x \cdot (0,05 + x)}{(0,05 - x)}$$

$$x^2 + 0,050018x - 9 \cdot 10^{-7} = 0$$

$$x_1 = 1,7987... \cdot 10^{-5} \text{ mol / dm}^3 \text{ tai } (x_2 = -0,050... \text{ mol / dm}^3, \text{ ei käy})$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(0,05 \text{ M} + 1,7987... \cdot 10^{-5} \text{ M}) = \underline{1,3}$$

11. Kuinka suuri tilavuus 0,2 M KOH-liuosta tarvitaan neutraloimaan täysin 20 ml 0,15 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-liuosta?



$$n(\text{KOH}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$c(\text{KOH}) \cdot V(\text{KOH}) = 2 \cdot c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$V(\text{KOH}) = \frac{2 \cdot c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)}{c(\text{KOH})} = \frac{2 \cdot 0,15 \text{ M} \cdot 0,020 \text{ l}}{0,2 \text{ M}} = 0,03 \text{ l} = \underline{30 \text{ ml}}$$

12. Mikä on liuoksen pH, kun yhdistät 400 ml 1,2 M NaOH-liuosta ja 200 ml 0,70 M HCl-liuosta?

$$n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 1,2 \text{ M} \cdot 0,4 \text{ l} = 0,48 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 0,70 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ l} = 0,14 \text{ mol}$$

$$\text{NaOH: a on ylimäärin: } 0,48 \text{ mol} - 0,14 \text{ mol} = 0,34 \text{ mol}$$

$$\text{NaOH on vahva emäs, joten } [\text{OH}^-] = \frac{0,34 \text{ mol}}{0,4 \text{ l} + 0,2 \text{ l}} = 0,5666... \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,5666... \text{ M} = 0,2466...$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 0,2466... = 13,753... \approx \underline{13,75}$$

13. Sekoitat 100,0 ml suolahappoliuosta, jonka pH on 2,50 ja 100,0 ml natriumhydroksidiliuosta, jonka pH on 11,00. Mikä on syntyneen liuoksen pH?

Suolahappoliuoksessa on oksoniumioneja:

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,1 \text{ l} \cdot 10^{-2,5} \text{ M} = 3,1622... \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

NaOH-liuoksessa on hydroksidi-ioneja:

$$n(\text{OH}^-) = 0,1 \text{ l} \cdot 10^{-(14-11)} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Liuoksessa on ylimäärin oksoniumioneja:

$$3,1622... \cdot 10^{-4} \text{ mol} - 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 2,1622... \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{2,1622... \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{0,1 \text{ l} + 0,1 \text{ l}} = 1,081... \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1,081... \cdot 10^{-3} \text{ M} = 2,9661... \approx \underline{2,9}$$

14. Puskuriliuos sisältää 0,50 M etikkahappoa HAc ( $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ ) ja 0,50 M natriumasettaattia (NaAc).

a. Mikä on tämän liuoksen pH?



Liuoksen komponentit:

HAc (heikko happo)

$\text{Na}^+$  (ei hapan eikä emäs)

Ac<sup>-</sup> (heikkoa happoa vastaava emäs)

$\text{H}_2\text{O}$  (erittäin heikko happo tai emäs)

Liuoksen pH saadaan heikon hapon tasapainovakion lausekkeesta:

	HAc (aq) +	$\text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons$	Ac <sup>-</sup> (aq)	$\text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)}$
Alku	0,50 M	-	0,50 M	0
Tasap.	0,50 M - x	-	0,50 M + x	x

$$1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M} = \frac{[\text{Ac}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HAc}]} = \frac{x(0,50+x)}{(0,50-x)} \approx x \quad (x \ll 0,50 \text{ M})$$

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M} = 4,744 \dots \approx 4,74$$

b. Mikä on em. liuoksen pH, kun 1,0 dm<sup>3</sup>:iin lisätään 0,010 mol kiinteää NaOH:a?

Lisätty NaOH on vahva emäs ja se dissosioituu täydellisesti. Muodostuneet OH<sup>-</sup>-ionit riistävät protonit etikkahapolta. Etikkahaposta tulee asetaatti-ioneja yhtä paljon kuin NaOH tuottaa OH<sup>-</sup>-ioneja.



$V = 1 \text{ dm}^3$ , joten konsentraatio = ainemäärä

Uusi tasapaino:

	HAc (aq) +	$\text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons$	Ac <sup>-</sup> (aq)	$\text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)}$
Alku	0,50 M - 0,01 M = 0,49 M	-	0,50 M + 0,01 M = 0,51 M	0
Tasap.	0,49 M - x	-	0,51 M + x	x

$$1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M} = \frac{[\text{Ac}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HAc}]} = \frac{x(0,51+x)}{(0,49-x)} \approx \frac{0,51x}{0,49} \quad (x \ll 0,50 \text{ M})$$

$$x = (1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M} \cdot 0,49) : 0,51$$

$$x = 1,729 \dots \cdot 10^{-5} \text{ M} = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1,729 \dots \cdot 10^{-5} \text{ M} = 4,762 \dots \approx 4,76$$

15. 70 ml etikkahappoa (0,10 M) titrataan 0,15 M NaOH- liuoksella. (Etikkahapon  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$  M)

a. Mikä on alkupisteen pH?

	CH <sub>3</sub> COOH (aq) +	H <sub>2</sub> O (l) $\rightleftharpoons$	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> (aq) +	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (aq)
$c_{alku}$ (mol/dm <sup>3</sup> )	0,1		0	0
muutos (mol/dm <sup>3</sup> )	-x		+x	+x
$c_{tasap}$ (mol/dm <sup>3</sup> )	0,1 - x		x	x

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,1 - x}$$

Ratkaistaan x:

$$x_1 = 1,3326... \cdot 10^{-3} \text{ M ja } (x_2 = \text{negatiivinen} \rightarrow \text{ei käy})$$

$$\text{pH} = -\log [H_3O^+] = -\log 1,3326... \cdot 10^{-3} \text{ M} = 2,8752... \approx \underline{2,88}$$

b. Kuinka paljon NaOH-liuosta kuluu, että saavutetaan ekvivalenttikohda?

$$c(\text{etikkahappo}) \cdot V(\text{etikkahappo}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$V(\text{NaOH}) = \frac{c(\text{etikkahappo}) \cdot V(\text{etikkahappo})}{c(\text{NaOH})} = \frac{0,1 \text{ M} \cdot 0,070 \text{ l}}{0,15 \text{ M}} = 0,04666... \text{ l} \approx \underline{47 \text{ ml}}$$

c. Mikä on ekvivalenttikohdan pH?

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,55... \cdot 10^{-10} \text{ M} \approx 5,6 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

Ekvivalenttipisteessä asetaatti-ioni määrää pH:n:



	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> (aq) +	H <sub>2</sub> O (l) $\rightleftharpoons$	CH <sub>3</sub> COOH(aq) +	OH <sup>-</sup> (aq)
$c_{alku}$ (mol/dm <sup>3</sup> )	$\frac{0,1 \text{ M} \cdot 0,07 \text{ l}}{0,07 \text{ l} + 0,04666... \text{ l}}$		0	0
muutos (mol/dm <sup>3</sup> )	-x		+x	+x
$c_{tasap}$ (mol/dm <sup>3</sup> )	$\frac{0,1 \text{ M} \cdot 0,07 \text{ l}}{0,07 \text{ l} + 0,04666... \text{ l}} - x$		x	x

$$K_b = \frac{[CH_3COOH] \cdot [OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

$$5,55... \cdot 10^{-10} \text{ M} = \frac{x^2}{\left( \frac{0,1 \text{ M} \cdot 0,07 \text{ l}}{0,07 \text{ l} + 0,04666... \text{ l}} - x \right)}$$



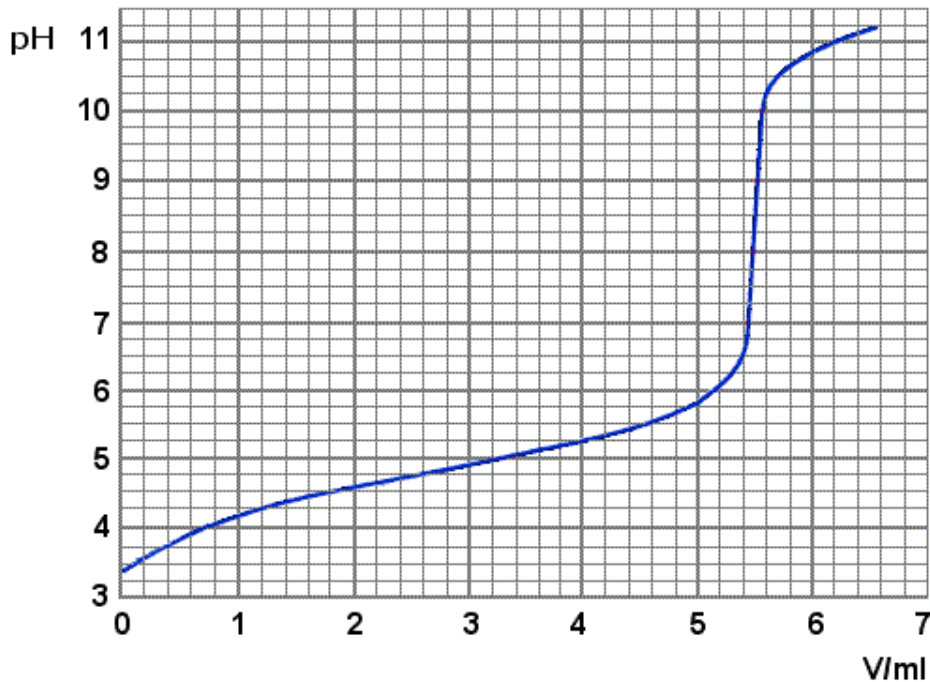
Ratkaistaan x:

$$x_1 = 5,773... \cdot 10^{-6} \text{ M } (x_2 = \text{negatiivinen} \rightarrow \text{ei käy})$$

$$pOH = -\log [OH^-] = -\log 5,773... \cdot 10^{-6} \text{ M} = 5,2385... : 10^{-6} \text{ M} = 5,2385...$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 5,2385... = 8,761... \approx \underline{8,76}$$

16. Kun erään yksiarvoisen hapon vesiliuoksesta otettu 25,0 ml:n näyte neutraloitiin 0,10 M NaOH-liuoksella saatiin oheinen titrauskäyrä.



a. Mikä oli hapon konsentraatio alkuperäisessä liuoksessa?

$$c(\text{HA}) \cdot V(\text{HA}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$c(\text{HA}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{HA})} = \frac{0,10 \text{ M} \cdot 5,5 \text{ ml}}{25,0 \text{ ml}} = 0,022 \text{ M}$$

b. Määritä hapon happovakion arvo.

Hapon  $pK_a$  saadaan kuvaajalta puoliksi neutraloidusta pisteestä. Tällöin NaOH:a on kulunut 5,5 ml : 2 = 2,75 ml.

$$\text{Kuvaajalta } pH (2,75 \text{ ml kohdalta}) = pK_a = 4,8 \rightarrow K_a = -\log pK_a = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

c. Työssä käytetty pH-mittari kalibroitiin liuoksella, jonka pH on 4,74. Liuos valmistettiin lisäämällä 0,10 M NaOH-liuosta 20,0 ml:aan 0,10 M etikkahappoa ( $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$ ). Kuinka paljon emäsluosta tarvittiin?

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} \rightarrow 10^{(pH - pK_a)} = \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$10^{(pH - pK_a)} = 10^{(4,74 - (-\log 1,8 \cdot 10^{-5}))} = 1$$

$$\frac{[A^-]}{[HA]} = 1 \rightarrow \text{Etikkahaposta on neutraloitava puolet.}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,020 \text{ l} \cdot 0,10 \text{ M} = 0,002 \text{ mol}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,001 \text{ mol}$$

$$V(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{c(\text{NaOH})} = \frac{0,001 \text{ mol}}{0,1 \text{ M}} = 0,01 \text{ l} = 10 \text{ ml}$$

Vastaus: 10 ml. (Yo-koe, kevät 1997, tehtävä 8.)

17. Sekoitat keskenään 60,0 ml liuosta A, jonka pH on 2,50 sekä 60,0 ml liuosta B, jonka pH on 4,50. Laske muodostuneen liuoksen pH.

Liuos A:

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot V(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-2,5} \text{ M} \cdot 0,06 \text{ l} = 1,897... \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Liuos B:

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot V(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-4,5} \text{ M} \cdot 0,06 \text{ l} = 1,897... \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Liuos C:

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)_A + n(\text{H}_3\text{O}^+)_B}{V_A + V_B} = \frac{1,897... \cdot 10^{-4} \text{ mol} + 1,897... \cdot 10^{-6} \text{ mol}}{0,12 \text{ l}}$$

$$= 1,596... \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1,596... \cdot 10^{-3} \text{ M} = 2,7967... \approx \underline{2,797}$$

18. Mikä on liuoksen pH, kun yhdistät 200,0 ml 0,20 M ammoniakiliuosta ja 5,0 ml 0,10 M NaOH liuosta? (Ammoniakin  $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$ )

NaOH-liuos dissosioituu täydellisesti, jolloin se tuottaa hydroksidi-ioneja liuokseen:

$$n(\text{OH}^-) = 0,005 \text{ l} \cdot 0,10 \text{ M} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Ammoniakki dissosioituu osittain, jolloin muodostuu tasapaino:

	$\text{NH}_3(\text{aq})$ +	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\rightleftharpoons$	$\text{NH}_4^+(\text{aq})$ +	$\text{OH}^-(\text{aq})$
$c_{\text{alku}} (\text{mol/dm}^3)$	$\frac{0,2 \text{ l} \cdot 0,2 \text{ M}}{0,2 \text{ l} + 0,005 \text{ l}} = 0,1951...$			0	$\frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{0,2 \text{ l} + 0,005 \text{ l}} = 2,439... \cdot 10^{-3}$
muutos ( $\text{mol/dm}^3$ )	-x			+x	+x
$c_{\text{tasap}} (\text{mol/dm}^3)$	$0,1951... - x$			x	$2,439... \cdot 10^{-3} + x$

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} = \frac{x \cdot (2,439... \cdot 10^{-3} + x)}{0,1951... - x}$$

Ratkaistaan x:  $x_1 = 1,0123... \cdot 10^{-3} \text{ M}$  ( $x_2 =$  negatiivinen  $\rightarrow$  ei käy)

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 3,451... \cdot 10^{-3} \text{ M} = 2,462...$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2,462... = 11,537... \approx \underline{11,5}$$

19. Mikä on liuoksen pH, kun yhdistät 500 ml 0,50 M etikkahappoliuosta ja 300 ml 0,50 M NaOH-liuosta? (Etikkahapon  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$  mol/l)

NaOH-liuos neutraloi etikkahappoliuoksesta osan, jolloin muodostuu asetaatti-ioneita:

$$n(\text{CH}_3\text{COO}^-) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,3 \text{ l} \cdot 0,5 \text{ M} = 0,15 \text{ mol}$$

Etikkahapon ja asetaatti-ionien tasapaino määrää liuoksen pH:n:

	$\text{CH}_3\text{COOH (aq)}$	+	$\text{H}_2\text{O (l)}$	$\rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COO}^- \text{ (aq)}$	+	$\text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)}$
$c_{\text{alku}}$ (mol/dm <sup>3</sup> )	= 0,125 M				= 0,1875 M		0
muutos (mol/dm <sup>3</sup> )	- x				+x		+x
$c_{\text{tasap}}$ (mol/dm <sup>3</sup> )	0,125 - x				0,1875 + x		x

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot (0,1875 + x)}{0,125 - x}$$

Ratkaistaan x:

$$x_1 = 1,1998... \cdot 10^{-5} \text{ M ja } (x_2 = \text{negatiivinen} \rightarrow \text{ei käy})$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1,1998... \cdot 10^{-5} \text{ M} = 4,9208... \approx \underline{4,92}$$

20. Makeutusaineena usein käytettävä sakkariini (kuva) on heikkoa happoa ( $K_a = 2,0 \cdot 10^{-12}$  mol/l). Juomiin sakkariini lisätään tavallisesti natriumsuolana. Mikä on sellaisen liuoksen pH, joka on valmistettu liuottamalla 29 mg sakkariinin natriumsuolaa 1,0 litraan vettä?



Aine	Alussa	Tasapainossa
$\text{C}_7\text{H}_4\text{NO}_3\text{S}^-$	c	c - x
$\text{C}_7\text{H}_5\text{NO}_3\text{S}$	0	x
$\text{OH}^-$	0	x

$$M(\text{C}_7\text{H}_4\text{NO}_3\text{S}^- \text{ Na}^+) = 205,17 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{C}_7\text{H}_4\text{NO}_3\text{S}^- \text{ Na}^+) = 29 \text{ mg}$$

$$c(\text{C}_7\text{H}_4\text{NO}_3\text{S}^- \text{ Na}^+) = 0,1413 \text{ mmol/l}$$

$$K_a = 2,0 \cdot 10^{-12} \text{ mol/l}$$

$$K_b = 10^{-14} \text{ mol}^{-2} \cdot \text{l}^2 : K_a = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

Emäsvakion lauseke:

$$K_b = x^2 : (c - x).$$

$$\text{josta: } x = \frac{-K_b \pm \sqrt{K_b^2 - (4 \cdot -c \cdot K_b)}}{2}$$

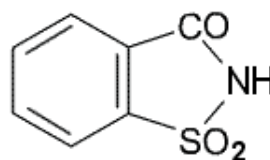
$$x^2 + K_b x - c K_b = 0$$

Ratkaistaan: Sijoitetaan c:n ja  $K_b$ :n arvo x:n lausekkeeseen (negatiivinen juuri hylätään).

$$\text{Saadaan: } x = 1,375 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$\text{pOH} = 3,86 \text{ eli n. } 4 \quad \text{pH} = 14 - 4 = 10$$

(Yo-koe, syksy 1995, tehtävä 6.)



sakkariini

21. Veren pääasiainen puskuri on vetykarbonaatti-ionin ja hiilidioksidin muodostama puskurijärjestelmä. Mikä on vetykarbonaatti-ionin ja hiilidioksidin suhteen oltava, jos veren pH on 7,3? ( $pK_a(\text{CO}_2) = 6,1$ )

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$7,3 = 6,1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$

Ratkaistaan hiilidioksidin ja vetykarbonaatti-ionin suhde:

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = 10^{(7,3 - 6,1)} = 15,84... \approx \underline{16}$$

22. Erään yksiarvoisen hapon HA vesiliuoksen pH on 2,24.

- a. Kuinka monta millilitraa vettä on lisättävä 25 ml:aan tätä happoliuosta, jotta pH nousee arvoon 3,24, kun happo on vahva happo?

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$$

$$V_2 = c_1 \cdot V_1 : c_2$$

$$V_2 = 10^{-2,24} \cdot 0,025 \text{ l} : 10^{-3,24}$$

$$V_2 = 0,25 \text{ l}$$

Vettä on lisättävä: 0,250 l – 0,025 l = 0,225 l = 225 ml

- b. Kuinka monta millilitraa vettä on lisättävä 25 ml:aan tätä happoliuosta, jotta pH nousee arvoon 3,24, kun happo on heikko happo ( $K_a = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ )?

Koska HA on heikko happo, lasketaan protolyysireaktion tasapainokonsentraatioiden avulla  $c_1(\text{HA})$  ja  $c_2(\text{HA})$ .

Aine	c tasapainossa mol/l
HA	$c_1 - 10^{-2,24}$
A <sup>-</sup>	$10^{-2,24}$
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	$10^{-2,24}$

$$K_a = (10^{-2,24})^2 : (c_1 - 10^{-2,24}) \text{ mol/l} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}, \text{ mistä saadaan}$$

$$c_1 = 1,899 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}.$$

$$\text{Vastaavasti laskien saadaan } c_2 = 7,0789 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Yhtälön  $c_1 V_1 = c_2 V_2$  perusteella

$$V_2 = c_1 V_1 : c_2$$

$$V_2 = 1,899 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l} \cdot 25 \text{ ml} : (7,0789 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}) = 670,7 \text{ ml}$$

Vesilisäys on 670,7 ml – 25 ml = 645,7 ml = 646 ml

23. Normaalisti valtimoveren hiilidioksidiosapaine ( $p\text{CO}_2$ ) on 5,33 kPa, pH 7,4 ja vetykarbonaatti-ionin konsentraatio 26,6 mmol/l. Saunomisen aikana hiilidioksidin osapaine voi kohoata kapillaariveren plasmassa arvoon 7,15 kPa ja veren pH laskea arvoon 7,26. Mitkä ovat tällöin kapillaariveren plasmaan liunneen hiilidioksidin ja vetykarbonaatti-ionin konsentraatiot (mmol/l)? Muita mahdollisia veren pH-arvoon vaikuttavia tekijöitä ei oteta huomioon. (Henryn laki:  $c = k_H \cdot p_0$ , missä  $p_0$  = liunneen kaasun osapaine,  $c$  = kaasun konsentraatio ja  $k_H$  = Henryn vakio) [ $k_H(\text{CO}_2) = 0,250 \text{ } \mu\text{mol} / \text{l} \cdot \text{Pa}$ ] (Lääketieteellisen pääsykoe, 2009.)

*pKa-arvo hiilidioksidi-vetykarbonaattipuskurijärjestelmälle voidaan ratkaista sijoittamalla normaalitilanteen arvot yhtälöön:*

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$\text{p}K_a = \text{pH} - \log \frac{[A^-]}{[p\text{CO}_2 \cdot H]} = 7,40 - \log \frac{26,6}{(5,33 \cdot 0,25)} = 6,10$$

*Saunomisen aikana liunneen  $\text{CO}_2$ :n konsentraatio kapillaariveressä:*

$$c(\text{CO}_2) = p(\text{CO}_2) \cdot H$$

$$c(\text{CO}_2) = 7,15 \text{ kPa} \cdot 0,250 \text{ mmol} / (\text{l} \cdot \text{kPa})$$

$$c(\text{CO}_2) = 1,79 \text{ mmol} / \text{l}$$

$[\text{HCO}_3^-]$ :

$$7,26 = 6,10 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{1,79}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \underline{25,9 \text{ mmol} / \text{l}}$$

24. Mikä on kupari(II)hydroksidin liukoisuus veteen ( $\text{g}/\text{dm}^3$ )  $+23 \text{ }^\circ\text{C}$ :n lämpötilassa. Kupari(II)hydroksidin liukoisuustulo on  $2,2 \cdot 10^{-20} (\text{mol}/\text{dm}^3)^3$ ?



	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}^{2+} (\text{aq})$	+	$2\text{OH}^- (\text{aq})$
$C_{\text{alku}}$	kiinteä		0		0
muutos	liukenee x		+x		+2x
$C_{\text{tasap}}$	kiinteä		+x		2x

$$K_s = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$= x \cdot (2x)^2$$

$$= 4x^3 = 2,2 \cdot 10^{-20} (\text{mol}/\text{dm}^3)^3$$

$$x = 1,765 \dots \cdot 10^{-7} \text{ mol}/\text{dm}^3$$

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} \rightarrow m = c \cdot V \cdot M$$

$$m = 1,765 \dots \cdot 10^{-7} \text{ mol}/\text{dm}^3 \cdot 1 \text{ dm}^3 \cdot 97,566 \text{ g}/\text{mol}$$

$$= 1,722 \dots \cdot 10^{-5} \text{ g}$$

Koska tilavuus on  $1 \text{ dm}^3$

$$\rightarrow 1,722... \cdot 10^{-5} \text{ g} : 1 \text{ dm}^3 \approx \underline{1,7 \cdot 10^{-5} \text{ g/dm}^3}$$

25. Mikä on hopeakromaatin  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  liukoisuus  $0,08 \text{ M AgNO}_3$ -liuokseen? ( $K_s(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 9,0 \cdot 10^{-12} \text{ M}^3$ .)



	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4$	$\text{Ag}^+ (\text{aq})$	+	$\text{CrO}_4^{2-} (\text{aq})$
$c_{\text{alku}}$	kiinteä	$0,08 \text{ M}$		0
muutos	liukenee $x$	$+2x$		$+x$
$c_{\text{tasap}}$	kiinteä	$0,08 \text{ M} + 2x$		$x$

$$K_s = [\text{Ag}^+][\text{CrO}_4^{2-}]^2$$

$$= (0,08 + 2x)^2 \cdot x \quad (\text{Oletetaan, että } 0,08 + 2x = 0,08, \text{ koska } K_s \ll 0,08 \text{ M})$$

$$= 0,0064x$$

$$9,0 \cdot 10^{-12} \text{ M}^3 = 0,0064x$$

$$x = 1,406... \cdot 10^{-9} \text{ M} \approx 1 \cdot 10^{-9} \text{ M}$$

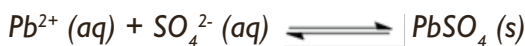
Vastaus: Hopeakromaatin liukoisuus on  $1 \cdot 10^{-9} \text{ M}$

26. Muodostuuko saostuma, kun  $100 \text{ ml } 3 \text{ mM}$  lyijy(II)nitraattiliuosta ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) sekoitetaan  $400 \text{ ml } 5 \text{ mM}$  natriumsulfaattiliuosta ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )? ( $K_s(\text{PbSO}_4) = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ M}^2$ )

Mahdollisesti saostuvat suolat ovat:

$\text{NaNO}_3$  (liukenee runsaasti veteen)

$\text{PbSO}_4$  voi saostua, koska sen liukoisuustulo on pieni.



Lasketaan lyijy(II)ionikonsentraatio ja sulfaatti-ionikonsentraatio yhdistetyssä liuoksessa:

$$c(\text{Pb}^{2+}) = \frac{n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)}{V_{\text{kok}}} = \frac{c(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) \cdot V(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)}{V_{\text{kok}}}$$

$$c(\text{Pb}^{2+}) = \frac{0,003 \text{ M} \cdot 0,10 \text{ dm}^3}{(0,10 \text{ dm}^3 + 0,40 \text{ dm}^3)} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$c(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{n(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{V_{\text{kok}}} = \frac{c(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{V_{\text{kok}}}$$

$$c(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{0,005 \text{ M} \cdot 0,40 \text{ dm}^3}{(0,10 \text{ dm}^3 + 0,40 \text{ dm}^3)} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

Lasketaan lyijy(II)sulfaatin ionitulo:

$$Q = [\text{Pb}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 6 \cdot 10^{-4} \text{ M} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$= \underline{2,4 \cdot 10^{-6} \text{ M}^2} > K_s(\text{PbSO}_4), \text{ joten liuoksesta saostuu lyijy(II)sulfaattia}$$

27. Laske  $\text{Pb}^{2+}$  ja  $\text{I}^-$  ionien tasapainokonsentraatiot, kun sekoitat keskenään 220 ml 80 mM  $\text{NaI}$ -liuosta ja 95 ml 50 mM  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -liuosta. ( $K_s(\text{PbI}_2) = 1,40 \cdot 10^{-8} \text{ M}^3$ )

Tarkistetaan saostuuko  $\text{PbI}_2$



$$Q = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{I}^-]^2 = \frac{0,095 \text{ l} \cdot 0,05 \text{ M}}{0,22 \text{ l} + 0,095 \text{ l}} \cdot \left[ \frac{0,22 \text{ l} \cdot 0,08 \text{ M}}{0,22 \text{ l} + 0,095 \text{ l}} \right]^2 = 4,707 \dots \cdot 10^{-5} \text{ M}^3$$

$Q > K_s$ , eli saostuu

Koska liukoisuustulon arvo on erittäin pieni, voidaan olettaa, että  $\text{PbI}_2$  saostuu täydellisesti.

Tämän jälkeen ajatellaan  $\text{PbI}_2$  liukenevan liuokseen, jossa on  $\text{I}^-$ -ioneja jäljellä.

$\text{I}^-$ -ioneja liuoksessa saostumisen jälkeen:

$$[(0,22 \text{ l} \cdot 0,08 \text{ M}) - 2 \cdot (0,095 \text{ l} \cdot 0,05 \text{ M})] : (0,22 \text{ l} + 0,095 \text{ l}) = 0,02571 \dots \text{ M}$$

	$\text{PbI}_2 (\text{s})$	$\rightleftharpoons$	$\text{Pb}^{2+} (\text{aq})$	+	$2\text{I}^- (\text{aq})$
$c_{\text{alku}}$	kiinteä		0		$0,02571 \dots \text{ M}$
muutos	liukenee $x$		$+x$		$+2x$
$c_{\text{tasap}}$	kiinteä		$x$		$0,02571 \dots \text{ M} + 2x$

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{I}^-]^2$$

$$1,40 \cdot 10^{-8} \text{ M}^3 = x \cdot (0,02571 \dots \text{ M} + 2x)^2 \approx x \cdot (0,02571 \dots \text{ M})^2$$

$$x = 2,117 \dots \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] \approx 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ M} \text{ ja } [\text{I}^-] \approx \underline{0,026 \text{ M}}$$

28. Sekoitat keskenään 150 ml 0,2 mM kalsiumkloridiliuosta, 200 ml 7mM natriumsulfaatti-liuosta, 25 ml 15 mM rikkihappoliuosta ja 0,051 g kiinteää natriumhydroksidia. Saostuuko liuoksesta kalsiumsulfaattia, kun kalsiumsulfaatin liukoisuustulon arvo on  $K_s = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ M}^2$ ?



$$n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{0,051 \text{ g}}{39,998 \text{ g/mol}} = 1,275 \dots \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,025 \text{ l} \cdot 0,015 \text{ M} = 3,75 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 3,75 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} < n(\text{NaOH}), \text{ joten NaOH neutraloi täydellisesti}$$

rikkihapon. Lasketaan  $\text{Ca}^{2+}$ -ionien konsentraatio:

$$0,15 \text{ l} \cdot 0,0002 \text{ M} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol} : (0,15 \text{ l} + 0,2 \text{ l} + 0,025 \text{ l}) = 8 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

Lasketaan  $\text{SO}_4^{2-}$ -ionien konsentraatio:

$$0,2 \text{ l} \cdot 0,007 \text{ M} + 0,025 \text{ l} \cdot 0,015 \text{ M} = 1,775 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 1,775 \cdot 10^{-3} \text{ mol} : (0,15 \text{ l} + 0,2 \text{ l} + 0,025 \text{ l}) = 4,7333 \dots \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$Q = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 8 \cdot 10^{-5} \text{ M} \cdot 4,7333 \dots \cdot 10^{-3} \text{ M} = 3,7866 \dots \cdot 10^{-7} \text{ M}^2$$

$Q < K_s$ , joten kalsiumsulfaatti ei saostu.

29. Kuinka monta grammaa saostuu hopeakloridia, kun sekoitetaan 25 mg ruokasuolaa, 210 ml tislattua vettä, ja 110 ml 55 mM hopeanitraattiliuosta? ( $K_s(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10} \text{ M}^2$ )



$$[\text{Ag}^+] = \frac{0,11\text{l} \cdot 0,055\text{M}}{0,11\text{l} + 0,21\text{l}} = 0,0189... \text{ M}$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{0,025 : \left( 22,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}{0,11\text{l} + 0,21\text{l}} = 1,3368... \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

	AgCl (s)	Ag <sup>+</sup> (aq)	+	Cl <sup>-</sup> (aq)
c <sub>alku</sub>	kiinteä	0,0189... M		1,3368... · 10 <sup>-3</sup> M
muutos	saostuu x	-x		-x
c <sub>tasap</sub>	kiinteä	0,0189... M - x		1,3368... · 10 <sup>-3</sup> M - x

Hopeakloridia saostuu kunnes  $Q = K_s$

$$K_s = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]$$

$$1,56 \cdot 10^{-10} \text{ M}^2 = (0,0189... \text{ M} - x) \cdot (1,3368... \cdot 10^{-3} \text{ M} - x)$$

Ratkaistaan x:

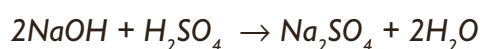
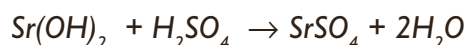
$$x_1 = 1,3368... \cdot 10^{-3} \text{ M} \quad (x_2 = 0,0189... \text{ M, liian suuri})$$

$$m(\text{AgCl}) = c(\text{AgCl}) \cdot V(\text{AgCl}) \cdot M(\text{AgCl})$$

$$m(\text{AgCl}) = 1,3368... \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot (0,21\text{l} + 0,11\text{l}) \cdot 143,32 \text{ g/mol} = 0,0613... \text{ g} \approx \underline{0,061 \text{ g}}$$

30. Strontiumhydroksidi- ja natriumhydroksidiliuokseen lisättiin 0,045 l 220 mM rikkihappoa. Liuokseen muodostui saostuma, jonka kuivaksi massaksi punnittiin 470 mg. Happamaksi jäänyt liuos titrattiin 110 mM kaliumhydroksidiliuoksella. Titranttia kului 23,1 ml. Kuinka monta milligrammaa natriumhydroksidia oli alkuperäisessä liuoksessa?

Tapahtuvat reaktiot:



Natriumsulfaatti on runsasliukoinen, joten saostuma on  $\text{SrSO}_4$ .

$$m(\text{SrSO}_4) = 0,470 \text{ g}$$

$$n(\text{SrSO}_4) = m(\text{SrSO}_4) : M(\text{SrSO}_4) = 0,470 \text{ g} : 183,69 \text{ g/mol} = 2,558... \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,045 \text{ l} \cdot 0,22 \text{ M} = 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Strontiumhydroksidi loppuu reaktiossa ensin.

Rikkihappoa kului strontiumhydroksidin saostamiseen  $2,558... \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ , joten rikkihappoa jäi yli:

$$9,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 2,558... \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 7,341... \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Natriumhydroksidin ainemäärä seoksessa:

$$n(\text{NaOH}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{ylijäämä}} - n(\text{KOH})$$



$$n(\text{NaOH}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{yljäämä}} - c(\text{KOH}) \cdot V(\text{KOH})$$

$$n(\text{NaOH}) = 2 \cdot 7,341 \dots \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 0,11 \text{ M} \cdot 0,0231 \text{ l} = 0,0121 \dots \text{ mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) = 0,0121 \dots \text{ mol} \cdot 39,998 \text{ g/mol} = 0,486 \dots \text{ g} \approx \underline{490 \text{ mg}}$$

