

## KEMIAN SIVUT

## Ylioppilaskokeen kemian kysymykset, kevät 2002

1. Joihinkin kodissa käytettäviin laitteisiin kerääntyy ns. kattilakiveä, joka täytyy poistaa säännöllisin väliajoin. Kuvassa esitetty kattilakiven poistoon tarkoitettu kaupallinen aine sisältää tuoteselosteen mukaan vaikuttavina aineina fosfori- ja sitruunahappoa sekä tensidejä.



- a) Mistä kattilakiven kerääntyminen johtuu, ja mitä kattilakivi on kemialliselta koostumukseltaan?
- b) Mikä merkitys hapoilla ja tensideillä on kattilakiven poistossa?
- c) Kuvassa olevan muoviasian ilmoitetaan olevan polyeteeniä. Voidaanko astia hävittää ympäristön kannalta turvallisesti polttamalla? Perustele vastauksesi.

Ratkaisu

Selvennä etiketti!

2. Rikkihappo on maailmassa eniten valmistettu teollisuuskemikaali. Hapon valmistus perustuu reaktiosarjaan, jossa rikki hapetetaan ensin rikkidioksidiksi ja edelleen vanadiinioksidin ( $V_2O_5$ ) läsnä ollessa rikkitrioksidiksi. Kun rikkitrioksidi reagoi veden kanssa, saadaan rikkihappoa.
- a) Laadi prosessissa tapahtuvien reaktioiden yhtälöt.
- b) Miten rikin hapetusaste muuttuu reaktioiden aikana, ja mikä merkitys vanadiinioksidin käytöllä on?
- c) Kuinka monta tonnia rikkihappoa voidaan enintään valmistaa, kun lähtöaineena on 2,5 tonnia rikkiä? Kuinka paljon happea kuluu?
- d) Suurin osa tuotetusta rikkihaposta käytetään fosforilannoitteiden valmistukseen. Tällöin niukkaliukoinen kalsiumfosfaatti muutetaan rikkihapon avulla paremmin liukenevaksi kalsiumdivetyfosfaatiksi. Esitä myös tämän reaktion yhtälö.

Ratkaisu

3. Hiilidioksidin määrä hiilidioksidia ja hiilimonoksidia sisältävässä kaasuseoksessa voidaan määrittää johtamalla seos bariumhydroksidia  $Ba(OH)_2$  sisältävään vesiliuokseen. Tällöin  $CO_2$  saostuu bariumkarbonaattina, mutta  $CO$  ei reagoi. Kun 193

ml (NTP) kaasuseosta johdettiin bariumhydroksidiliuokseen, saostui 1,04 g bariumkarbonaattia.

- Laadi saostusreaktion yhtälö.
- Kuinka monta tilavuusprosenttia hiilidioksidia kaasuseos sisälsi?
- Mikä oli kaasuseoksen koostumus massaprosentteina?

Ratkaisu

4. Krotonialdehydi  $C_4H_6O$  on kyynelkaasuna tunnettu aldehydi. Yhdiste on avoketjuinen, ja sillä tavataan *cis-trans*-isomeriaa. Krotonialdehydin isomeerit voidaan hydrata samaksi yhdisteeksi, jolloin yhtä aldehydimoolia kohti tarvitaan kaksi moolia vetykaasua.
- Laadi krotonialdehydin isomeerien rakennekaavat.
  - Esitä hydraustuotteen rakennekaava ja nimi.
  - Krotonialdehydiä hapetettaessa saadaan kaksi yhdistettä, jotka kumpikin reagoivat hydraustuotteen kanssa. Esitä näissä reaktioissa muodostuvien yhdisteiden rakennekaavat.

Ratkaisu

5. Typpihapoke on heikko happo, joka protolysoituu vedessä seuraavasti:



- Kuinka monta prosenttia haposta protolysoituu nitriitti-ioneiksi, kun 0,10 moolia typpihapoketta liuotetaan veteen 1,0 litraksi liuosta? b) Miten liuoksen pH muuttuu, kun liuokseen lisätään natriumnitriittiä? Perustele. Typpihapokkeen happovakio  $K_a = 4,5 \cdot 10^{-4}$  mol/l.

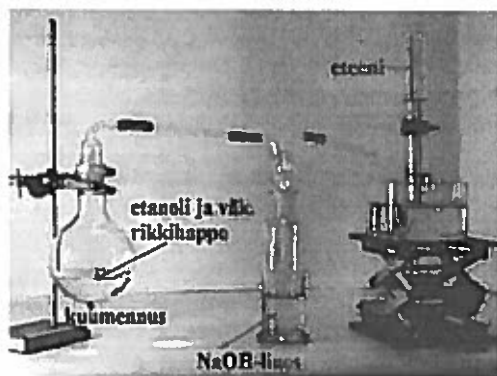
Ratkaisu

6. Vanhan yleissäännön mukaan samanlainen liuottaa samanlaista: "*similia similibus solvuntur*". Selvitä, mihin tämä sääntö perustuu, ja valaise vastauksesi käytännön esimerkein.

## Ratkaisu

7.

Oheinen kuva esittää eteenin valmistamista laboratoriossa kuumentamalla etanolia väkevän rikkihapon kanssa. Tärkeimmät reaktion yhteydessä syntyvät epäpuhtaudet ovat hiilidioksidi, rikkidioksidi ja dietyylieetteri



Laitteistokuva suurempana

- Laadi etanolin, eteenin ja dietyylieetterin rakennekaava. Merkitse kaikki sidosviivat näkyviin.
- Mitä työturvallisuuteen liittyviä tekijöitä tulee koetta suoritettaessa ottaa huomioon?
- Osoita, miten NaOH-liuos toimii epäpuhtauksien poistajana.
- Eteenikaasussa on mukana hieman vesihöyryä. Mitä seuraavista kiinteistä aineista käyttäisit kaasun kuivaamiseen: NaCl, CaCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O? Perustele vastauksesi.

## Ratkaisu

- +8.** Vahvat ja heikot kemialliset sidokset. Selosta myös, miten sidostyyppi vaikuttaa aineen ominaisuuksiin.

## Ratkaisu

## KEMIAN SIVUT

## Kemian ylioppilastehtävien ratkaisut, kevät 2002

[1](#) | [2](#) | [3](#) | [4](#) | [5](#) | [6](#) | [7](#) | [+8](#) | [kysymykset \(erilliseen selainikkunaan\)](#)

1. a) Talousvedessä (vesijohto- ja kaivovedessä) on aina jonkin verran kalsium- eli  $\text{Ca}^{2+}$ -ioneja. Ilmassa taas on hiilidioksidia  $\text{CO}_2$ . Vesijohtoveteen voidaan myös varta vasten lisätä hiilidioksidia. Näiden aineiden reagoidessa keskenään vedessä syntyy liukoista kalsiumvetykarbonaattia  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(\text{aq})$ , joka vähitellen hajoaa esimerkiksi vettä keitetessä tai veden pH:n muuttuessa putkistossa tai käyttöastiassa. Hajoamistuotteena syntyy kiinteää kalsiumkarbonaattia  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ , joka saostuu laitteiden pinnoille. Tällaista saostumaa sanotaan **kattilakiveksi**. Kattilakivi ei ole aivan pelkkää kalsiumkarbonaattia, vaan siihen on tavallisesti takertunut mukaan muita veteen joutuneita epäpuhtauksia (esim. ilmakostuttajissa ja kahvinkeitimissä pölyä).



Selvennä etiketti!

- b) Fosforihappo ja sitruunahappo liuottavat  $\text{CaCO}_3$ -saostuman: syntyy liukoisia suoloja mm. kalsiumdivetyfosfaattia  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  (kaavaa ei tarvinnut mainita) ja vapautuu hiilidioksidia. Sitruunahapon tehtävänä on osaltaan huolehtia riittävästä happamuudesta. Tensidit puolestaan irrottavat orgaanista likaa ja pitävät likahiukkaset (myös mahdolliset kattilakiven pikku muruset) liuoksessa eli emulgoivat likaa ja stabiloivat syntyvän emulsion. Tensidi on anioni tai molekyyli, jossa on poolinen ja pooliton osa. Pooliton osa tunkeutuu orgaanista likaa sisältävään hiukkaseen (kts. tehtävä 6)

#### Huomautus

- c) Polyeteeni  $[-\text{CH}_2-]_n$  koostuu hiilestä ja vedystä, joten polyeteeniastia voidaan hävittää polttamalla. Täydellisen palamisen tuotteina syntyy hiilidioksidia ja vettä.

Muoviastioiden (HD-polyeteenin) polttaminen kotiloissa ei kuitenkaan ole suositeltavaa, sillä palamista on tavallisessa tulisijassa vaikea saada tapahtumaan riittävän tehokkaasti. Muovi sulaa. Sulanut möykky palaa huonosti: syntyy savua ja nokea, koska lämpötila jää usein liian matalaksi eikä hapen saanti ole riittävää. Asiaa auttaa, jos tulisija on jo kuuma, muovia on vain vähän ja sen seurana on runsaasti hyvin palavaa puuta. Polyeteenin

polttaminen sopivissa **energiantuotantolaitoksissa** on parempi vaihtoehto, mutta se edellyttää että muovinjätteen keräys on järjestetty.

Koska CO<sub>2</sub>-päästöjä tulisi rajoittaa, myös tällaiset muovipullot olisi hyvä toimittaa **uusiokäyttöön** jos mahdollista. Uusiokäyttöä ovat esim. lannoitesäkkien, muovisten kukkaruukkujen yms. valmistus.

### Huomautus

2. a) ja b) Hapetusaste lasketaan olettaen, että yhdisteissä hapen hapetusasteena on  $-2$  ja vedyn  $+1$ . Alkuainerikin S hapetusaste on  $0$  (samoin alkuainehapen O<sub>2</sub>).

Reaktio		Hapetusasteen muutos	
1.	$S + O_2 \rightarrow SO_2$	$0 \rightarrow +4$	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> on katalyytti.
2.	$2 SO_2 + O_2 \rightarrow 2 SO_3$	$+4 \rightarrow +6$	
3.	$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$	Hapetusaste ei muutu.	

c) Rikkihappoa voi syntyä korkeintaan yhtä suuri ainemäärä kuin rikkiä on käytettävissä. Reaktiossa 1 kuluu yhtä suuri ainemäärä happea ja rikkiä. Reaktiossa 2 hapen ainemäärä on puolet rikin ainemäärästä. Kaikkiaan happea tarvitaan siis 1,5 kertaa rikin ainemäärä.

$$n(H_2SO_4) = n(S) = 2,5 \cdot 10^6 \text{ g} : 32,06 \text{ g/mol}$$

$$m(H_2SO_4) = (2,5 \cdot 10^6 \text{ g} : 32,06 \text{ g/mol}) \cdot 98,07 \text{ g/mol}$$

$$m(H_2SO_4) = 7,64 \cdot 10^6 \text{ g} = 7,6 \text{ tn}$$

$$M(S) = 32,06 \text{ g/mol}$$

$$M(H_2SO_4) = 98,07 \text{ g/mol}$$

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

$$m = nM$$

$$1 \text{ tn} = 1\,000\,000 \text{ g} = 10^6 \text{ g}$$

$$n(O_2) = 1,5 \cdot n(S)$$

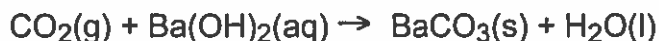
$$m(O_2) = 1,5 \cdot (2,5 \cdot 10^6 \text{ g} : 32,06 \text{ g/mol}) \cdot 32,00 \text{ g/mol}$$

$$m(O_2) = 3,74 \cdot 10^6 \text{ g} = 3,7 \text{ tn}$$

d) Kalsiumfosfaatin ja rikkihapon välisessä reaktiossa syntyy kalsiumdivetyfosfaatin lisäksi kalsiumsulfaattia.



3. a) Reaktioyhtälö



b) Reaktioyhtälön mukaan hiilidioksidin ja bariumhydroksidin ainemäärä on sama.

$$V(\text{CO} + \text{CO}_2) = 193 \text{ ml}$$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{BaCO}_3) = 1,04 \text{ g} : 197,34 \text{ g/mol}$$

$$V(\text{CO}_2) = (1,04 \text{ g} : 197,34 \text{ g/mol}) \cdot 22,4 \cdot 10^3 \text{ ml} = 118,1 \text{ ml}$$

$$V_m = 22,4 \text{ l/mol}$$

$$M(\text{BaCO}_3) = 197,34 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{BaCO}_3) = 1,04 \text{ g}$$

$$\text{CO}_2\text{:n määrä tilavuusprosentteina: } 100 \% \cdot 118,1 \text{ ml} : 193 \text{ ml} = 61,2 \% (61 \%)$$

c) Kaasun tiheys NTP-olosuhteissa  $\rho = M : V_m$

$$\rho = 28,01 \text{ g/mol} : 22,4 \cdot 10^3 \text{ ml}$$

$$\rho = 44,01 \text{ g/mol} : 22,4 \cdot 10^3 \text{ ml}$$

$$m(\text{CO}) = (193 - 118,1) \text{ ml} \cdot 28,01 \text{ g/mol} : 22,4 \cdot 10^3 \text{ ml} = 0,09366 \text{ g}$$

$$m(\text{CO}_2) = 118,1 \text{ ml} \cdot 44,01 \text{ g/mol} : 22,4 \cdot 10^3 \text{ ml} = 0,2320 \text{ g}$$

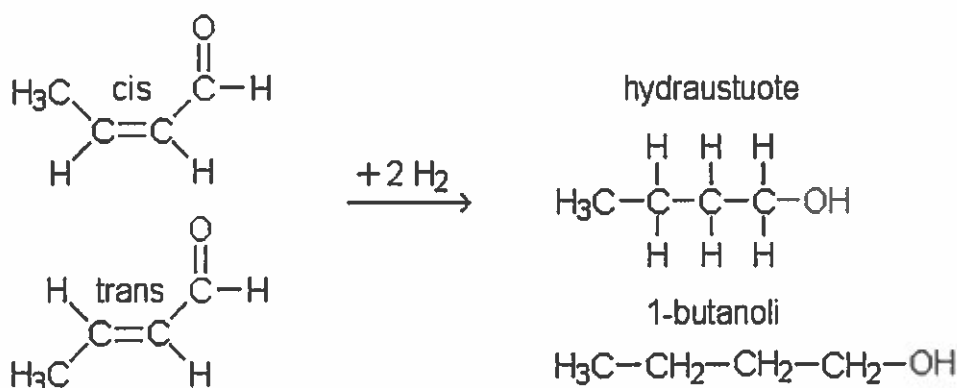
$$m(\text{CO} + \text{CO}_2) = 0,09366 \text{ g} + 0,2320 \text{ g} = 0,32566 \text{ g}$$

$$\text{CO:n osuus massaprosentteina: } 100 \% \cdot 0,09366 \text{ g} : 0,32566 \text{ g} = 28,8 \%$$

$$\text{CO}_2\text{:n osuus massaprosentteina: } 100 \% - 28,8 \% = 71,2 \%$$

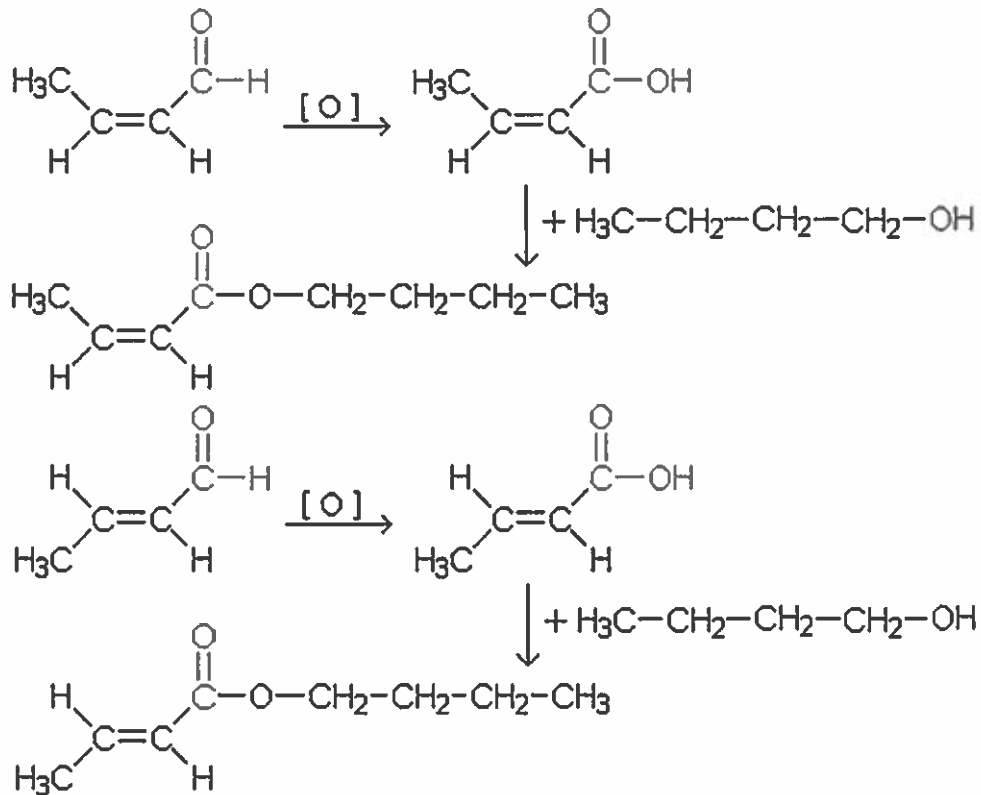
**CO 29 % , CO<sub>2</sub> 71 %**

4. a) ja b) Hydrauksessa häviää C=C-kaksoissidos sekä aldehydin C=O-sidos, jolloin kummastakin krotonialdehydin isomeeristä syntyy sama alifaattinen alkoholi, **1-butanoli**.

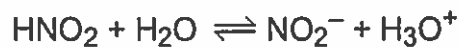


c) Kun hapetetaan aldehydiä, saadaan tulokseksi **karboksyylihappo**.

Karboksyylihappo muodostaa esterin 1-butanolin kanssa.



5. a) Kun 0,10 moolia typpihapoketta liuotetaan veteen saadaan liuos, jonka  $c(\text{HNO}_2) = 0,10 \text{ mol/l}$ .



Aine	c alussa	c tasapainossa	Yksikkö
$\text{HNO}_2$	0,10	$0,10 - x$	mol/l
$\text{NO}_2^-$	0	$x$	mol/l
$\text{H}_3\text{O}^+$	0	$x$	mol/l

$$K_a = [\text{NO}_2^-] [\text{H}_3\text{O}^+] : [\text{HNO}_2]$$

$$K = x \cdot x : (0,10 - x) = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ (yksikkö mol/l)}$$

Tästä saadaan toisen asteen yhtälö, josta ratkaistaan konsentraatio  $x$ .

$$x^2 + 4,5 \cdot 10^{-4} x - 4,5 \cdot 10^{-5} = 0$$

Yhtälön toinen juuri on negatiivinen, joten se ei kelpaa ratkaisuksi. Positiivinen juuri on

$$x = 0,00649$$

$$[\text{NO}_2^-] = 0,0065 \text{ mol/l}$$

$$\text{Prosenttiosuus: } 100 \% \cdot 0,0065 \text{ mol/l} : 0,10 \text{ mol/l} = 6,5 \%$$

b) Kun liuokseen lisätään natriumnitriittiä  $\text{NaNO}_2$ , liuoksen nitriitti-ionin konsentraatio kasvaa. Le Châtelier'n periaatteen mukaisesti typpihapokkeen protolyysitasapaino siirtyy vasemmalle ja oksoniumionin konsentraatio pienenee. Tästä seuraa, että **pH-arvo kasvaa**.

 YLE, Klaffi, Professori Saarisen vastaus (1:08 min)

---

6. Samanlainen liuottaa samanlaista, "*similia similibus solvuntur*" oli jo alkemisteille tuttu kokemukseen perustuva sääntö, jota voidaan selittää yhdisteiden sidosrakenteen, poolisuuden ja poolittomuuden pohjalta.

Kuvassa  $\text{NaCl}$  liukenee veteen ja hydratoituminen alkaa. Pooliset vesimolekyylit pommittavat kidehilaa ja kerääntyvät ionien ympärille. Vesimolekyyli kääntää happipään kationia kohti ja vetyatomit anionia kohti.

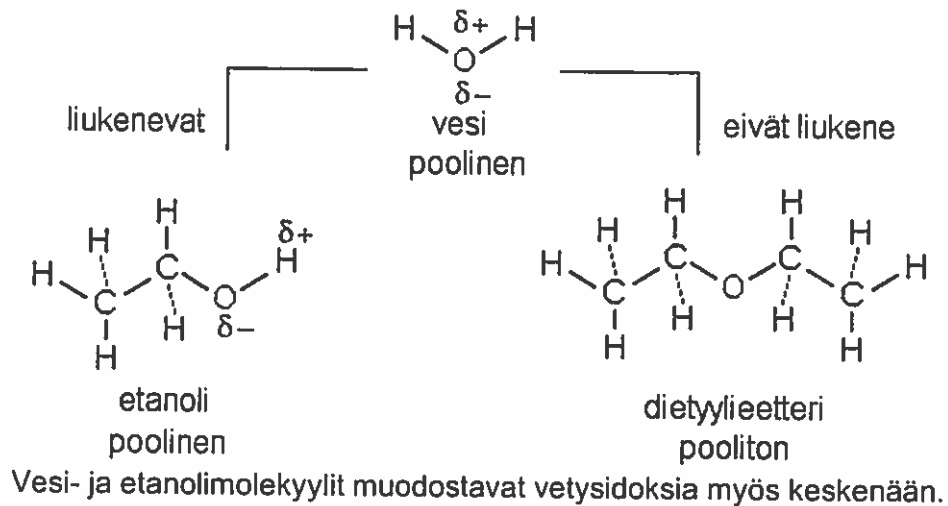
Kevät 2001, tehtävä 1 f

### Esimerkki 1

**Vesi** on pienimolekyylinen poolinen yhdiste, joka liuottaa hyvin monia **ioniyhdisteitä**, mm. ruokasuolaa  $\text{NaCl}$ , sekä **poolisia molekylyyhdisteitä**, kuten pienimolekyyllisiä alkoholeja, mm. metanolia ja etanolia. Myös sokerit, etenkin mono- ja disakkaridit liukenevat veteen useiden poolisuutta lisäävien OH-ryhmiensä ansiosta.

Vesimolekyylien ja liukenevan yhdisteen väliset hallitsevat vuorovaikutukset ovat tyypiltään samanlaisia ja siksi myös vahvuudeltaan samaa luokkaa: **dipoli-dipoli-**, **ioni-dipoli-vuorovaikutuksia** ja **vetysidoksia**. Myös dispersiovoimat (van der Waalsin voimat) ovat mukana, mutta dipoliset vuorovaikutukset ovat huomattavasti niitä voimakkaampia. Dipoliset vuorovaikutukset syntyvät **pysyvien** dipolien ja ionien välille.





### Esimerkki 2

Poolittomat yhdisteet, kuten **rasvat**, liukenevat tuskin lainkaan veteen, mutta sen sijaan ne liukenevat hyvin poolittomiin liuottimiin, kuten **bensiniin** (hiilivetyseos) tai **etteriin**. Näihin liuottimiin taas esimerkissä 1 mainitut pooliset yhdisteet eivät liukene.

### Esimerkki 3

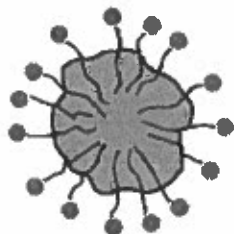
Vesi ja eetteri eivät liukene toisiinsa juuri lainkaan, joten niiden seoksesta erottuu kaksi kerrosta. Tätä ilmiötä voidaan käyttää hyväksi uutettaessa erityyppisiä aineita.

Poolittomien molekyylien väliset vuorovaikutukset ovat **dispersiovoimia**, jotka syntyvät elektronien liikkeestä ja ovat hetkellisiä. Ne riittävät keskenään samantyyppisten molekyylien sekoittumiseen, mutta eivät pysty kilpailemaan poolisten yhdisteiden välisten voimakkaiden vetovoimien kanssa. Tämän takia pooliset molekyylit liittyvät yhteen ja erottuvat omaksi kerrokseksi.

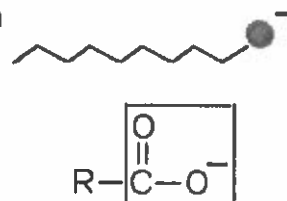
### Esimerkki 4

Huonosti toisiinsa liukenevat aineet, kuten öljy ja vesi, voidaan saada kolloidiliuokseksi emulgaattorilla eli aineella, jonka molekyylissä tai ionissa on sekä poolinen pää ja riittävän suuri pooliton osuus. Pooliton osa kiinnittyy liuotettavaan poolittomaan molekyyliin. Tällainen kolloidi ei kuitenkaan ole varsinainen liuos eikä yleensä pysyvä. Esimerkiksi maito on kolloidi, jossa emulgaattoreina toimivat maidon valkuaisaineet.

Likahiukkanen saippuan  
 anionien ympäröimänä  
 (vasemmalla).



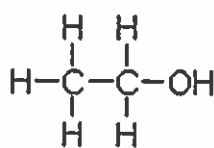
Saippuan anioni (oikealla). R on politon osa.



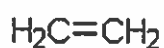
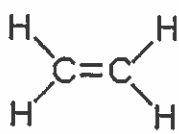
Syksy 2001, tehtävä 6b  
Tämän kokeen tehtävä 1 b

Emulgointi on myös pesutapahtumassa oleellinen. Emulgaattoreina ovat saippuan anionit tai synteettisten pesuaineiden tensidit.

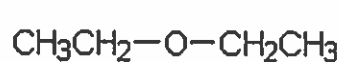
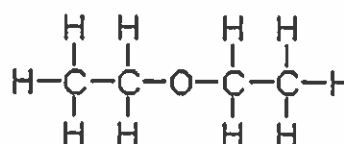
### 7. a) Rakennekaavat



etanoli



eteeni



dietyylieetteri

Kaavoista voi saada yhteensä 1 pisteen.

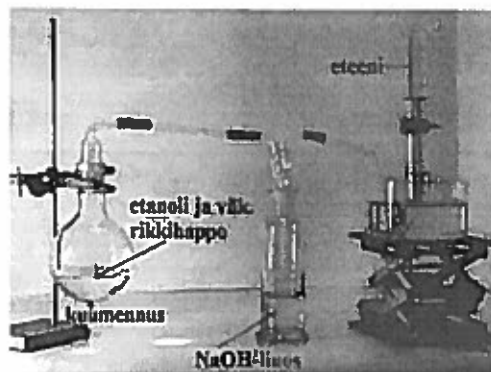
### b) Työturvallisuus

- Väkevä rikkihappo  $\text{H}_2\text{SO}_4$  on erittäin syövyttävää, joten sitä käsiteltäessä on varottava räiskeitä ja erityisesti suojattava kädet ja silmät (hansikkaat, suojalasit). Samoin emäksistä natriumhydroksidia  $\text{NaOH}$  käsiteltäessä. Rikkihappo- ja natriumhydroksidiliuosta ei saa päästää kosketukseen toistensa kanssa, sillä neutraloitumisreaktiossa syntyy runsaasti lämpöä, joka saa reaktioseoksen räiskymään.
- Avotulta ei pidä käyttää kuumentamiseen, koska eteeni ja dietyylieetteri ovat herkästi syttyviä. Myös etanoli palaa hyvin.
- Työ on turvallisinta tehdä vetokaapissa, jotta pienetkin määrät mahdollisesti karkaavia kaasuja saadaan pois työalueelta.
- Kuvassa kaasunpesupullolla ei näytä olevan tukea. Kaatumisvaaran vuoksi se olisi kuitenkin hyvä tukea. Myös pullosta pneumattiseen ammeeseen lähtevä lasiputki vaikuttaa kovin helposti liikkavalta. Jonkinlainen tukikiinnitys olisi siinäkin tarpeen.
- Kolvissa olevan ilman päästävä pois ennen eteenin talteenottoa.

- Entä eteenin keräykseen käytetty mittalasi? Onko se mahdollista sulkea? Miten eteeni otetaan talteen, kun valmistus lopetetaan ja laitteisto puretaan?

Eteeni on hieman ilmaa kevyempää: ilman keskimääräinen moolimassa on 29 g/mol ja eteenin 28 g/mol.

- kiehumakivet
- tuenta
- liitosten kiinnitys
- ilman poistuminen



Muihinkin kuin edellä mainittuihin seikkoihin voidaan kiinnittää huomiota. Pisteitä annettaessa b-kohdan osuus voi olla enintään 3 pistettä.

Laitteistokuva suurempana

c) Kolvista tuleva kaasuseos johdetaan NaOH-liuokseen. Kaasuista itse tuote eli eteeni ja orgaaninen epäpuhtaus eli dietyylieetteri eivät sanottavasti liukene emäksiseen vesiliuokseen. Sen sijaan rikkidioksidi SO<sub>2</sub> ja hiilidioksidi CO<sub>2</sub> reagoivat NaOH:n kanssa, koska ne ovat happamia oksideja. Tuotteena syntyy natriumsulfiittia ja -karbonaattia.



(Reaktioyhtälöitä ei vaadittu)

d) Natriumkloridi NaCl ei ota kidevettä, joten se ei sovi kuivausaineeksi. Kuparisulfaatti CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O sisältää jo maksimimäärän kidevettä, joten se ei pysty kuivaamaan eteeniä. Kidevedetön kalsiumkloridi CaCl<sub>2</sub> pystyy ottamaan kaavayksikköä kohti 2 – 6 kidevesimolekyyliä, joten se soveltuu kuivaukseen.

- +8. Sidosten muodostuminen tulisi kuvata lyhyesti. Muutamin sanoin voisi kertoa myös aluksi, **mitä sidoksen vahvuudella tarkoitetaan.**

#### Vahvat kemialliset sidokset

- **Kovalenttinen sidos:** yksi, kaksi tai kolme sitovaa elektroniparia atomien välillä

Esimerkkejä: alkuainemolekyylit,  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ , timantti,  $SiO_2$ , orgaaniset molekyylit

- **Ionisidos:** sähköstaattinen vetovoima anionien ja kationien välillä

Esimerkkejä. NaCl, vrt. moniatomisten ionien muodostamat yhdisteet, proteiineissa esiintyvät molekyylin sisäiset ionisidokset

- **Metallisidos**

### Heikot kemialliset sidokset

- **Ioni-dipoli-sidokset**

Esimerkkejä: ionit vesiliuoksessa, hydratoituminen

- **Dipoli-dipoli-sidokset, vetysidos**

Esimerkkejä: veden rakenne, etikkahapon rakenne, proteiineissa esiintyvät vetysidokset, DNA

- **Dispersiivoimat (van der Waalsin sidokset)**

molekyylin välillä ja sisällä, atomien välillä (jalokaasut)

Aineiden ominaisuuksien selittämien sidostyyppin perusteella: mm. metallien

sähkönjohtavuus, timantin kovuus, veden korkea kiehumispiste, jään rakenne, typen "passiivisuus", proteiinien rakenne jne.

Huom! Tehtävän 6 liukenemisasia sivuaa jokerin aihepiiriä, joten sieltäkin voinee poimia esimerkkejä (dispersio- ja dipolivuorovaikutukset) viittauksina, jos on siihen vastannut.