

Tehtävä 1. Valitse seuraavista vaihtoehdoista oikea ja merkitse kirjain alla olevaan taulukkoon (12 p)

A. Mikä seuraavista yhdisteistä on vahva happo?

a) etaanihappo b) ammoniakki c) suolahappo d) muurahaishappo e) ei mikään näistä

B. Vesiliuoksen pH normaaliolosuhteissa on 7,9. Vesiliuoksen hydroksidi-ionipitoisuus on silloin noin

a) $1,3 \times 10^{-5}$ mol/l b) $1,3 \times 10^{-6}$ mol/l c) $1,3 \times 10^{-7}$ mol/l d) $1,3 \times 10^{-8}$ mol/l e) $1,3 \times 10^{-9}$ mol/l f) $1,3 \times 10^{-10}$ mol/l

C. Typpiryhmän alkuaineiden uloimman kuoren elektronikonfiguraatio on

a) ns^2np^3 b) ns^1 c) ns^2np^1 d) ns^2np^4 e) $(n-1)d^{10}(n)s^1$ f) joku muu

D. Heikkojen protolyyttien protolysoitumisaste kuvaa

a) sitä kuinka suuri osa haposta on reagoimatta b) sitä kuinka suuri osa haposta on reagoanut c) happamuutta d) emäksisyyttä e) ei mitään edellisistä

E. Mikä seuraavista alkuaineista on elektronegatiivisin?

a) Barium b) Pii c) Fluori d) Typpi e) Happi

F. Mikä seuraavista ei ole hapettumista?

a) yhdisteen hapetusluku kasvaa b) yhdiste vastaanottaa elektronin c) kirkon kuparikaton värin muutos ilman hapen vaikutuksesta d) vedyn lukumäärän kasvu

G. Kemiällisen reaktion nopeus ei riipu

a) reagoivien aineiden konsentraatiosta b) reaktioseoksen lämpötilasta c) katalyytistä d) homogeenisuudesta e) reagoivien aineiden pinta-alasta

H. Reaktion tasapainotila tarkoittaa, että

a) reaktio on pysähtynyt b) reaktio on tapahtunut täydellisesti c) tapahtuu sekä etenevä että palautuva reaktio d) vain etenevä reaktio tapahtuu

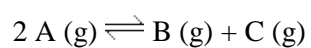
I. Toistensa isotooppeja ovat atomit,

a) joilla on eri järjestysluku ja sama massaluku b) joilla on eri järjestysluku c) joilla on eri massaluku ja sama järjestysluku d) joilla on sama massaluku

J. Amorfinen aine

a) on säännöllisesti järjestäytynyt molekyyli b) omaa tarkan sulamispisteen c) on kiinteä aine, jonka rakenneyksiköillä ei ole säännöllistä järjestystä d) yhdiste, jolla on kaksi erilaista kiderakennetta

K. Seuraava reaktio on tasapainotilassa. Miten saadaan syntymään lisää tuotteita?



a) lisäämällä tasapainoseokseen lähtöainetta A b) pienentämällä painetta c) suurentamalla painetta d) käyttämällä katalyyttiä e) ei millään edellisistä

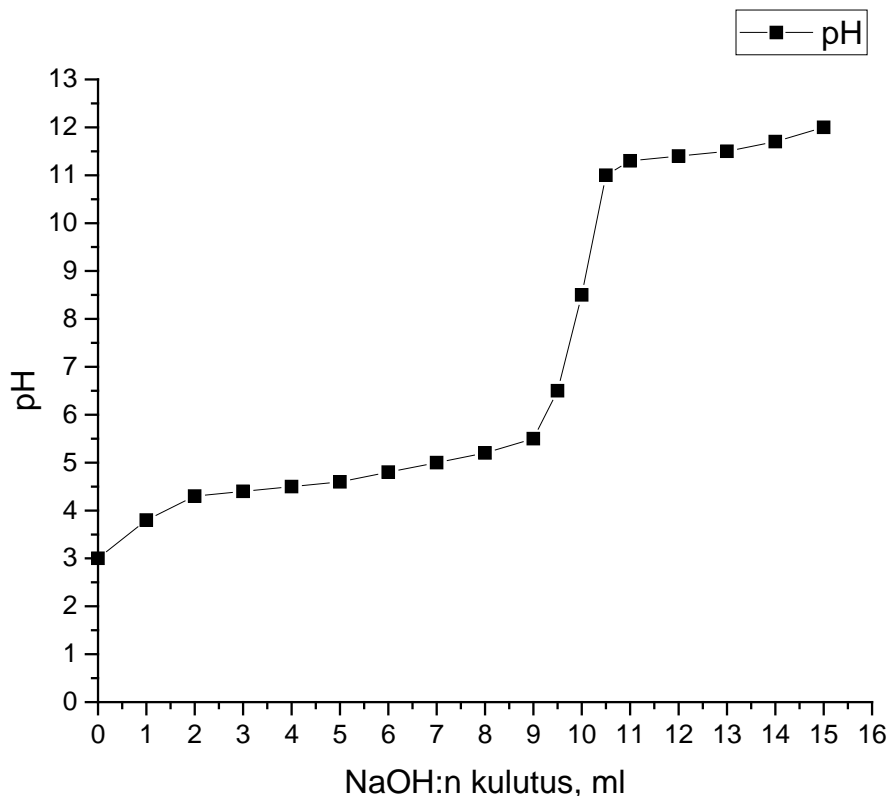
L. Ammoniumionin geometrinen muoto voidaan parhaiten kuvata typpiä atomien suhteen

a) kolmioksi b) neliöksi c) trigonaaliseksi tasoksi d) tetraedriksi e) trigonaaliseksi kaksoispyramidiksi

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
c	d	a	b	c	b	d	c	c	c	a	d

0 p jos ympyröinyt vastaukset (ei kirjainta ruudussa, ohjeistuksen mukaan, sovittu yhdessä muiden tarkastajien kanssa käytäntö)

Tehtävä 2. Alla olevassa kuvaajassa on etikkahapon titrauskäyrä 0.1 M NaOH –liuoksella.



- a) Mikä on liuoksen happamuus ja NaOH-liuoksen kulutus ekvivalenttikohdassa?
 pH = 8.5 (hyväksytään väliltä 8.-9) ja kulutus 10 ml (hyväksytään väliltä 9.75-10.25 ml)
 (0.5 p + 0.5 p)
- b) Kirjoita neutraloitumisreaktioyhtälö

$$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad (1 \text{ p})$$
 hyväksytään myös suola ionimuodossa, sekä etikkahappo empiirisellä ja rakennekaavalla ilmaistuna
 Jos olomuodot puuttuvat kokonaan -0,5 p. Yksittäisestä olomuotovirheestä ei ole raketettu.
 Väärä/virheellinen happomerkintä -1p
- c) Laske kuvaajan ja annettujen tietojen avulla etikkahapon konsentraatio ja happovakio K_a , kun titrattava liuos on 20 ml
Tapa 1.: K_a määritetään kuvaajasta alkuportaasta puolivälistä, $\text{pH} \approx \text{p}K_a$, $K_a = 10^{-\text{pH}}$. Vastaukseksi hyväksytään kaikki väliltä $5.6 \cdot 10^{-5}$ - $1.8 \cdot 10^{-5}$. (kirjallisuusarvo $1.8 \cdot 10^{-5}$) (2 p)
Tapa 2.: K_a lasketaan reaktiosta $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ yhtälöllä
 $K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{tp}}[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{tp}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{tp}}} = 2,04 \cdot 10^{-5} \approx 2,0 \cdot 10^{-5}$ (2 p)
 Jos happovakiolauseke osattu kirjoittaa 0,5 p

$V(\text{NaOH}) = 10 \text{ ml}$, $C(\text{NaOH}) = 0.1 \text{ M}$

$V(\text{CH}_3\text{COOH}) = 20 \text{ ml}$, $C(\text{CH}_3\text{COOH}) = ?$

$n(\text{NaOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) = CV = 0.1\text{M} \cdot 0.01 = 1 \text{ mmol}$ (1 p)

$C(\text{CH}_3\text{COOH}) = n/V = 1 \text{ mmol}/20 \text{ ml} = 0.05 \text{ M}$ (1 p)

Jos $n(\text{NaOH})=n(\text{CH}_3\text{COOH})$ ymmärretty (0,5p)

Jos laskettu väärällä lähtöarvolla, mutta tehtävä muuten oikein, vastauksesta 1p

- d) Miksi heikon hapon titrauskäyrä alkaa korkeammasta pH-arvosta kuin vahvan hapon käyrä saman väkevyisiä happoliuoksia titrattaessa samalla ja saman väkevyisellä emäksellä?

Heikko happo protolysoituu vain osittain, joten pH jää korkeammaksi (liuoksen $[\text{H}_3\text{O}^+]$ pienemmäksi) kuin täysin protolysoituvalla vahvalla hapolla. (1 p)

Jos protolysoitumista ei ole mainittu -0,5p

- e) Mikä on kuvaajan mukaan liuoksen pH kohdassa, jossa on muodostunut puskuriliuos?

4.5 (hyväksytään väliltä 4.25-4.75), hyväksytään myös ”hieman yli 4”, sekä jos annettu puskurialue (1 p)

- f) Miksi veden lisäyksellä titrauksen aikana ei ole vaikutusta lopputulokseen?

Näytteen ainemäärä ei muutu laimennuksessa, vaikka konsentraatio muuttuu. Kunhan vettä ei lisätä huomattavia määriä, laimeneminen ei haittaa neutraloitumisreaktion kulkua.

(1 p)

Jos näytteen ainemäärää ei mainita -0,5p

- g) Fenoliftaleiinin värinmuutosalue on 8,3-10. Miksi fenoliftaleiinia alemmilla pH-arvoilla väriään muuttava indikaattori sopii käytettäväksi titrattaessa heikkoa emästä vahvalla hapolla?

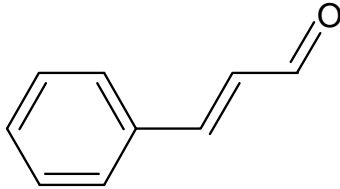
Titrattaessa heikkoa emästä vahvalla hapolla ekvivalenttikohdan pH on alle 7 (1 p)

Ekvivalenttikohdan oltava alle fenoliftaleenin värinmuutosalueen, (mutta pH alle 7 puuttuu) 0,5p

3.

(12 p).

a. Kaneli sisältää 2 - 4 % kanelialdehydiä. Ympyröi ja nimeä kanelialdehydin toiminnalliset (funktionaaliset) ryhmät: (2 p.)



aromaattinen rengas / fenyyli-ryhmä / bentseenirengas

kaksoissidos

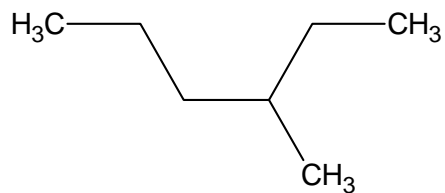
karbonyyli-ryhmä / aldehydi-ryhmä

ryhmän tunnistaminen ja ympyröiminen 1 p., jos 2/3 tunnistettu 0,5 p.

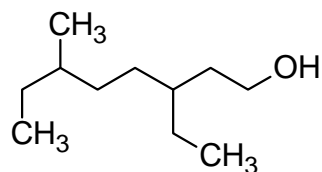
ryhmien nimeäminen 1 p., jos 2/3 tunnistettu 0,5 p.

b. Nimeä seuraavat yhdisteet:

(2 p.)



3-metyyliheksaani



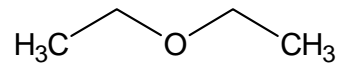
3-etyyli-6-metyylioktanol

oikea nimi 1 p., pieni virhe nimessä 0,5 p, virhe nimessä 0 p.

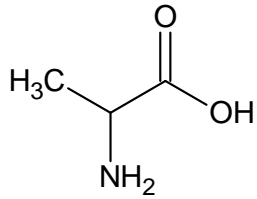
c. Piirrä seuraavat yhdisteet:

(2 p.)

dietyylieetteri

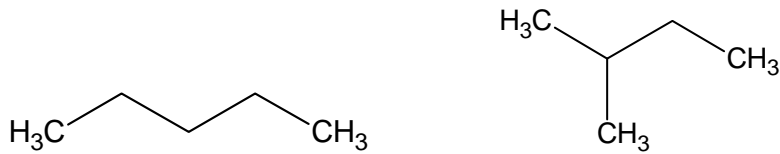


alaniini eli 2-aminopropaanihappo



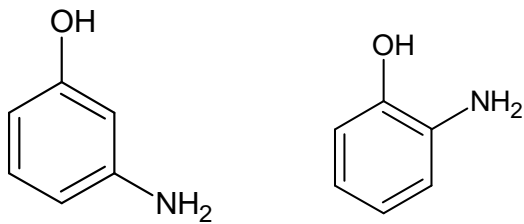
oikea yhdiste 1 p., pieni epäselvyys tai mitätön virhe 0,5 p., virheellinen yhdiste 0 p.

d. Seuraavat yhdisteet ovat isomeerejä. Mikä rakenneisomerian muoto on kyseessä? (1 p.)



ketjuisomeria / runkoisomeria

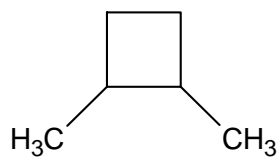
e. Seuraavat yhdisteet ovat isomeerejä. Mikä rakenneisomerian muoto on kyseessä? (1 p.)



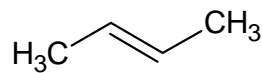
paikkaisomeria

f. Ympyröi yhdisteet, joilla voi esiintyä cis-trans -isomeriaa.

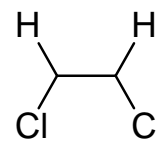
(2 p.)



x



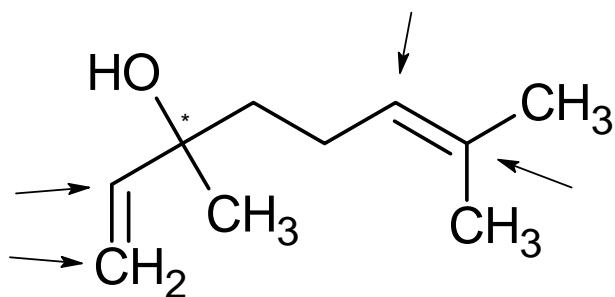
x



oikea valinta 1 p., väärä valinta -1 p.

g. Useat luonnonkukat ja maustekasvit sisältävät linalolia. Merkitse linalolin rakennekaavaan (i) mahdolliset sp²-hybridisoituneet hiiliatomit nuolella ja mahdolliset kiraaliset hiiliatomit tähdellä.

(2 p.)



kiraalinen hiiliatomi oikein 1 p., muita atomeja valittu 0 p.

kaikki sp²-hybridisoituneet hiiliatomit oikein 1 p., 3/4 oikein 0,5 p.

Tehtävä 4. Lue oheinen artikkeli ja vastaa siihen liittyviin kysymyksiin:

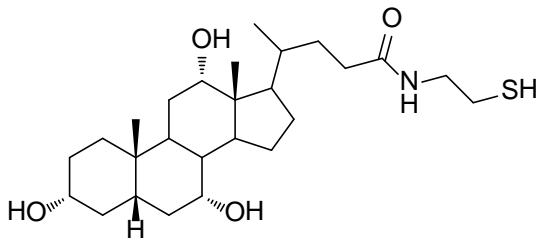
Supramolekulaariset geelit biohyteensopivissa materiaaleissa

Erästä Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen synteesi- ja rakennekemian vahvuusalueella toimivista tutkimusryhmistä johtaa yliopistonlehtori Elina Sievänen. Hänen ryhmänsä pyrkii kehittämään biohyteensopivia materiaaleja lääketieteellisiin sovelluksiin käyttäen fysiologisesti ja farmakologisesti aktiivisia molekyylejä geelinmuodostajina. Tällaiset biohyteensopivat materiaalit voivat esimerkiksi korvata osittain tuhoutuneen elävän kudoksen tai toimia kudosten kasvualustoina jopa parantaen niiden ominaisuuksia.

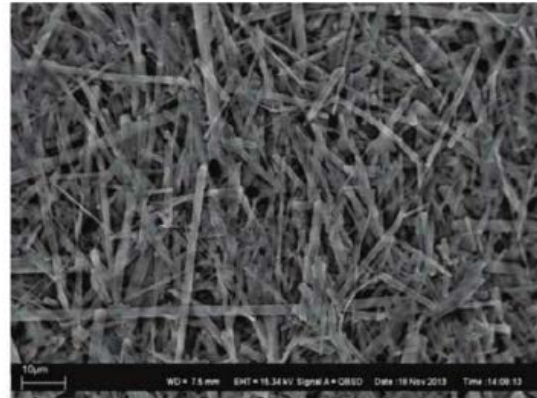
Geelit ovat palautuvia ja voivat vastata ärsykkeisiin

Supramolekulaariset geelit muodostuvat matalan molekyylipainon yhdisteiden vuorovaikuttaessa keskenään ja muodostaessa verkoston, joka lopulta sitoo itseensä suuren määrän liuotinta kapillaarivoimien vaikutuksesta. Supramolekulaariset (fysikaaliset) geelit eroavat perinteisistä (kemiallisista) geeleistä, sillä ne ovat palautuvia.

Supramolekulaariset geelit voidaan altistaa ulkoisille ärsykkeille, kuten muutoksille lämpötilassa tai happamuudessa, joihin ne vastaavat muuttamalla olomuotoaan geelistä liuokseksi. Kun ärsykkeen vaikutus päättyy, geeli muodostuu uudelleen.



Kuva 1. Koolihapon 2-merkaptotoetyyliamidi.



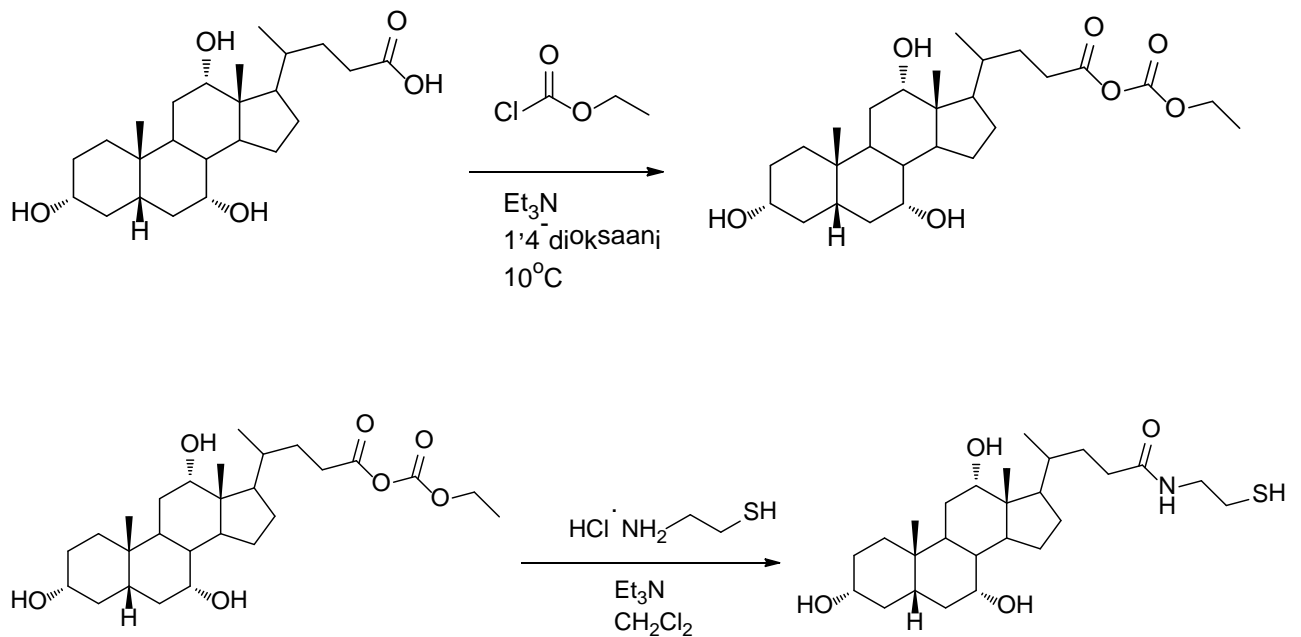
Kuva 2. Elektronimikrooppikuva supra-molekulaarisesta geelistä.

Kohti systeemien ohjailua

Sieväsen johtamassa projektissa on tarkasteltu lukuisten biologisesti ja farmakologisesti aktiivisten pienten molekyylien geelinmuodostusominaisuuksia eri liuottimissa, ja muodostuneiden geelien fysikaalisia, kemiallisia, biologisia ja farmakologisia ominaisuuksia on tutkittu yksityiskohtaisesti.

Esimerkkejä tutkituista molekyyleistä ovat esimerkiksi sappihappojen ja aminohappojen, lääkeaineiden tai alkyyliamiinien johdokset. Kuvassa 1 on eräs Sieväsen tutkimusryhmässä koolihappo-nimisestä sappihaposta valmistettu molekyyli (koolihapon 2-merkaptotoetyyliamidi). Synteessissä lähtöaineina toimivat koolihappo (karboksyylihappo) ja 2-aminoetaanitioli. 2-Aminoetaanitiolia käytetään erään harvinaisen munuaissairauden hoidossa. Se on kuitenkin erittäin epämiellyttävän makuinen aine, joka ärsyttää voimakkaasti ruuansulatuskanavaa. Näitä sivuvaikutuksia on pyritty lieventämään liittämällä lääkeaine johonkin toiseen, ns. kantajamolekyylisiin. Liitettäessä 2-aminoetaanitioli kantajamolekyylinä toimivaan sappihappoon, happo aktivoidaan ensin tekemällä siitä etyliklooriformiaatin avulla anhydridi, joka sitten reagoi 2-aminoetaanitiolin aminoryhmän kanssa. Suolahapon sitojana käytetään trietyyliamiinia.

Alla on esitettynä synteessin kaksi reaktiovaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa koolihaposta valmistetaan anhydridi ja toisessa vaiheessa koolihappoanhydridi reagoi 2-aminoetaanitiolin kanssa:

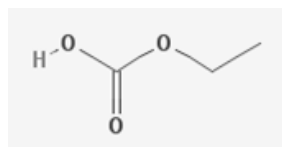


Valmistetun molekyylin, koolihapon 2-merkptoetyyliamidin, havaittiin muodostavan supramolekulaarisia geelejä (kuva 2.). Tällaisia geelisysteemejä tarkastelemalla on pyritty selvittämään monimutkaisia prosesseja, joita tapahtuu kiinteän olomuodon, geelin ja liuoksen rajapinnalla, ja näin onkin saatu selville seikkoja, joilla näitä prosesseja voidaan ohjailta haluttuun suuntaan. (Suomennettu mukailien artikkelista: Elina Sievänen, *Pan European Networks: Science & Technology*, **10**, 2014, 202.)

a) Mitä muita yhdisteitä kuin kuvaan merkityt reaktioissa syntyy? Kirjoita molekyylikaavat tai piirrä rakennekaavat (2 p):

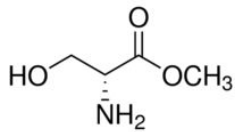
Ensimmäinen reaktiovaihe: **HCl** (1 piste)

Toinen reaktiovaihe: **C₃H₆O₃** tai

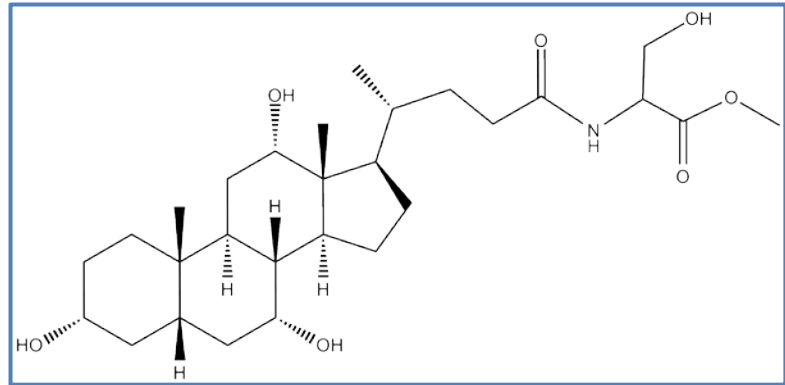


(1 piste)

b) Mikä olisi syntyvän tuotteen rakenne, jos toisessa reaktiovaiheessa käytettäisiin 2-aminoetaanitiolin sijaan seriini-proteiinin metyyliesteriä (kuva 3.)? Piirrä tuotteen rakennekaava (2 p).



Kuva 3. Seriinin metyyliesteri



Oikea tuote (liittyminen NH_2 -ryhmästä) ja rakenne 2 pistettä.

Pieniä virheitä rakenteessa TAI esim. liittyminen OH-ryhmästä, mutta rakenne muuten ok 1 piste.

Funktionaalisten ryhmien ja ketjujen avaruudellinen suuntautuminen ei vaikuta pisteisiin, vetyjä ei tarvitse merkitä näkyviin.

c) Geelinmuodostuksen kannalta molekyylien väliset vuorovaikutukset ovat tärkeitä. Minkä tuotemolekyyleistä löytyvien funktionaalisten ryhmien kesken voi muodostua vetysidoksia? Valitse oikea tai oikeat vaihtoehdot ympäröimällä kirjaimet ja perustele vastauksesi (4 p).

- 1) kahden -OH -ryhmän välillä
- 2) =O ja -OH -ryhmien välillä
- 3) kahden -CH₃ -ryhmän välillä
- 4) -NH ja -OH -ryhmien välillä
- 5) -SH ja -CH₃ -ryhmien välillä

1 piste per oikea ympyröinti, vääristä -1 p
(kaikki kohdat ympäröimällä ei voi saada täysiä pisteitä)

1 piste perustelusta

Perustelut:

Vetysidos on erittäin elektronegatiiviseen atomiin (happi, typpi tai fluori) liittyneen vetyatomin (H) ja toisen happi-, typpi- tai fluoriatomin vapaan elektroniparin välille muodostuva sidos. Nämä ehdot täyttyvät 1)-, 2)- ja 3)-kohdissa.

(Pisteeseen riittää kuvata vetysidoksen määritelmä sen verran tarkasti, että se sulkee pois 3)- ja 5)-vaihtoehdot. Vastauksessa tulee kuitenkin määritellä vetysidos. Jos jokaista kohtaa 1–5 on käsitelty erikseen, riittää, että valittujen kohtien kuvaus vastaa vetysidoksen määritelmää. Lukion kirjat määrittelevät vetysidokset vain näiden kolmen alkuaineen mukaan joten tämä määritelmä riittää – ks. kuitenkin myös <http://goldbook.iupac.org/H02899.html>).

Tehtävä 5.

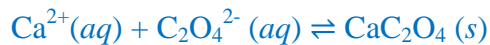
Hyperkalsuriaa potevan ihmisen virtsaan joutuu poikkeuksellisen suuria määriä kalsiumia ionimuodossa. Se voi johtaa munuais kivien muodostumiseen ja sitä kautta munuais-kivikohtaukseen. Munuaiskivi voi muodostua, kun niukkaliukoisia suoloja muodostavien ionien ionipitoisuus kasvaa liian suureksi ja suola alkaa saostua munuaisaltaaseen.

Eräällä henkilöllä virtsan kalsiumionipitoisuus on 1,2 mmol/l. Hän syö metsäretkellä käenkaalia (*Oxalis acetosella*), jonka sisältämä oksaalihappo (COOH)₂ poistuu mm. munuaisten kautta oksalaattina (C₂O₄²⁻).

Oletetaan tilanne munuaisaltaassa (V = 50,0 ml) hetkellisesti staattiseksi ja oksalaatti-pitoisuuden olevan 1,50×10⁻⁴ mol/l.

Kalsiumokksalaatin liukoisuustulo on 2,6×10⁻⁹ (mol/dm³)².

- a) Kirjoita kalsiumokksalaatin saostumista kuvaava reaktioyhtälö. (2 p)



Olomuodot väärin/puuttuu -0,5 p; yksisuuntainen nuoli -0,5 p; väärä alkuaine Ca:n paikalla mutta varaukset ja tasapainotus oikein -0,5 p; väärä yhdistettä, varauksia, tasapainotus väärin jne. -0,5–1 p.

- b) Perustele miksi kyseillä henkilöllä muodostuu munuaiskiveä. (3 p)

Niukkaliukoista suolaa saostuu, mikäli sen ionitulo Q on suurempi kuin liukoisuustulo K_s. Lasketaan ionitulo Q:

$$Q = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = (1,2 \times 10^{-3} \text{ mol/l}) \times (1,5 \times 10^{-4} \text{ mol/l}) = 1,8 \times 10^{-7} (\text{mol/l})^2$$

$Q = 1,8 \times 10^{-7} (\text{mol/l})^2 > 2,6 \times 10^{-9} (\text{mol/l})^2 = K_s$, joten kalsiumokksalaattia saostuu eli munuaiskiveä syntyy.

Ionitulon lasku (oikein) ja arvojen vertailu 2 pistettä (käytetyt symbolit kuten Q ja K_s on selitettävä). Lisäksi tehtävässä on sanallisesti kerrottava saostumisen ehdot, tästä 1 piste. Sanalliset selitykset ilman laskua 0–1 p, ionitulo/liukoisuustulo/liukoisuus tms. mainittava.

c) Laske muodostuvan munuaiskiven massa. (5 p)

Suolaa saostuu, kunnes $Q = K_s$ (0,5 p).

Merkitään saostuvaa osuutta x :llä ja muodostetaan yhtälö ionitulolle tasapainossa (1 p):

Konsentraatio (mol/l)	Ca^{2+}	+	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	\rightleftharpoons	CaC_2O_4
Alussa	$1,2 \times 10^{-3}$		$1,5 \times 10^{-4}$		0
Tasapainossa	$1,2 \times 10^{-3} - x$		$1,5 \times 10^{-4} - x$		x

$$Q = (1,2 \times 10^{-3} - x) \times (1,5 \times 10^{-4} - x) = 2,6 \times 10^{-9}$$

Muodostuu toisen asteen yhtälö, josta saadaan (laskimella ratkaisu ok, 0,5 p):

$$x_1 = 1,2022470378 \times 10^{-3} \text{ mol/l} \quad \text{ja} \quad x_2 = 1,475296217 \times 10^{-4} \text{ mol/l}.$$

Koska x_1 :n arvolla laskettuna ionien konsentraatioiksi tasapainossa tulisi negatiivinen luku, valitaan ratkaisuksi x_2 (oikea valinta 0,5 p, perustelu 0,5 p).

Lasketaan saostuvan kalsiumoksalaatin ainemäärä munuaisaltaan tilavuuteen perustuen:

$$n(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 0,050 \text{ l} \times 1,475296217 \times 10^{-4} \text{ mol/l} = 7,376481085 \times 10^{-6} \text{ mol} \quad (1 \text{ p}).$$

Ja lopulta saostuvan kalsiumoksalaatin eli munuaiskiven massa:

$$m(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 7,376481085 \times 10^{-6} \text{ mol} \times 128,096 \text{ g/mol} = 9,448977211 \times 10^{-4} \text{ g},$$

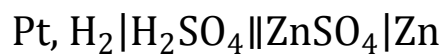
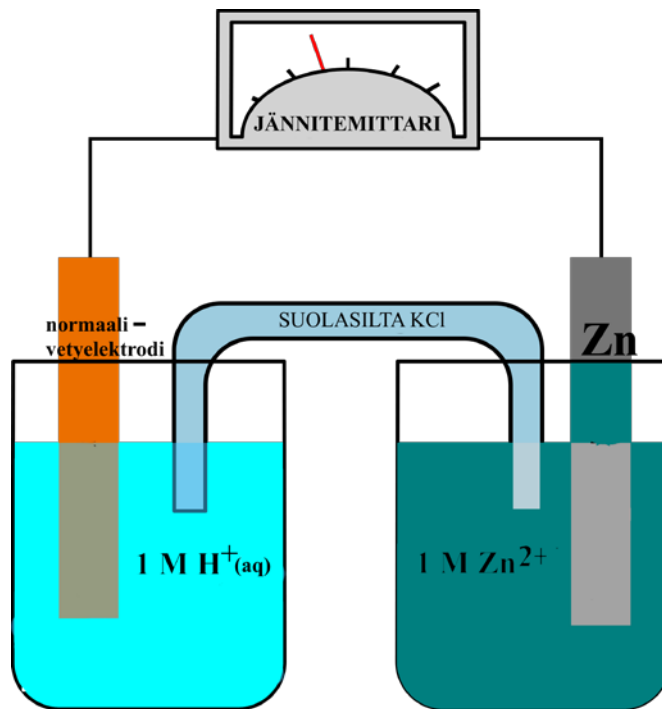
eli munuaiskiven massaksi saadaan 0,94 mg (oikea tulos 0,5 p; pyöristys 0,5 p).

Väärällä logiikalla laskettujen vastausten arvostelussa huomioitu mm:

Osoitettu, että osataan laskea ainemäärä ja massa; 0,5 p

Liukoisuustulo mainittu, mutta sen käyttö väärin ymmärretty; 0,5 p

TEHTÄVÄ 6. Alla on esitetty eräs galvaaninen kenno ja sen kennokaavio.



- kirjoita puolireaktio sekä katodille että anodille ja laske kennon kokonaispotentiaali (3 p)
- Mikä on jännitemittarin lukema, jos suolasilta poistetaan? Perustelee vastauksesi. (1 p)
- Voiko suolasillan korvata grafiitilla? Perustelee vastauksesi. (2 p)

Tasapainota seuraavat happamissa olosuhteissa tapahtuvat reaktiot

- $\text{Al}(s) + \text{Cu}^{2+}(aq) \rightarrow \text{Al}^{3+}(aq) + \text{Cu}(s)$ (1 p)
- $\text{Fe}^{2+}(aq) + \text{MnO}_4^{-}(aq) \rightarrow \text{Fe}^{3+}(aq) + \text{Mn}^{2+}(aq)$ (1 p)

Vastaukset:

a)



NIO – PIR –sääntö: more negative is oxidized = sinkki hapettuu. Hapettuminen aina anodilla.

$E_{\text{cell}} = E_{\text{katodi}} - E_{\text{anodi}} = 0 - (-0,76 \text{ V}) = 0,76 \text{ V}$ 1 p

b) jännite on nolla, koska virtapiiri ei ole suljettu. 1 p

c) grafiitti on puolijohde joka johtaa sähköä. Se **ei voi** kuitenkaan korvata suolasiltaa, **koska** grafiitin kanssa kenno ei säily sähköisesti neutraalina (sinkki hapettuu ja liuokseen tulee lisää Zn^{2+} ioneja – sille kaveriksi sitten Cl^- joka tulee suolasillasta) 2 p

d&e Tro Example 18.1. s.863 luvusta Balancing Oxidation-Reduction Equations

