

KEMIAN SIVUT

Ylioppilaskokeen kemian kysymykset, syksy 2000

1. Selvitä, mitä kemiallista ilmiötä oheinen kuva esittää. Minkä tyyppisiä sidosvoimia kuvassa olevien hiukkasten välillä esiintyy?

Ratkaisu

2. Dinitroglykoli $C_2H_4N_2O_6$ on voimakas räjähdysaine, joka räjähtäessään hajoaa täydellisesti hiilidioksidiksi, vesihöyryksi ja typpikaasuksi. Laadi reaktion yhtälö. Kuinka monta grammaa dinitroglykolia hajosi, kun muodostuneen kaasuseoksen tilavuus NTP-olosuhteissa, joissa vesi oli tiivistynyt nesteeksi, oli 27,5 litraa?

Ratkaisu

3. Laadi rakennekaava seuraavien yhdisteryhmien moolimassaltaan pienimmälle yhdisteelle: a) esteri, b) ketoni, c) amiini, d) tyydyttymätön aldehydi, e) aromaattinen alkoholi, f) optisesti aktiivinen avoketjuinen hiilivety.

Ratkaisu

4. Selvitä, miten kivihielessä epäpuhtautena oleva rikki päätyy kivihiiltä poltettaessa happamana sateena takaisin maahan. Miten rikistä johtuvaa happamoitumista voidaan vähentää?

Ratkaisu

5. Nykyisin yleisessä käytössä olevan happo-emäs-määritelmän esitti tanskalainen kemisti Johannes Brønsted vuonna 1923.

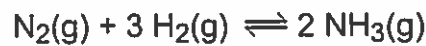
a) Mitä hapolla ja emäksellä tarkoitetaan Brønstedin mukaan?

b) Selvitä esimerkein, mitä tarkoitetaan heikolla hapolla ja heikolla emäksellä.

c) Vesiliuoksessa heikon yksiarvoisen hapon ja sen natriumsuolan konsentraatiot ovat yhtä suuria. Osoita, että kyseisessä liuoksessa $[\text{OH}^-] = K_w / K_a$.

Ratkaisu

6. Ammoniakin valmistus typestä ja vedystä



on teollisesti tärkeä tasapainoreaktio. Astiaan, jonka tilavuus on 1,0 l suljettiin 25 mmol typpeä ja 99 mmol vetyä. a) Mikä on reaktion tasapainovakion arvo ko. lämpötilassa, kun tasapainon asettuessa astiaan muodostui 24 mmol NH_3 ? b) Astian tilavuutta muutettiin siten, että ammoniakin ainemäärä tasapainon jälleen asettuessa oli 30 mmol. Mikä oli astian uusi tilavuus?

Ratkaisu

7.

Käytettävissäsi on hopealankaa, kuparilankaa, sinkkilevy ja lyijylevy. Lisäksi saatavilla ovat seuraavien yhdisteiden 1,0 M vesiliuokset: $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, AgNO_3 ja $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Mitä näistä aineista käytät, kun tarkoituksesi on rakentaa mahdollisimman tehokas (suurin jännite) galvaaninen sähkökenno? Perustele. Laadi tässä kennossa tapahtuvien kemiallisten reaktioiden yhtälöt ja esitä piirroksen avulla kennon rakenne.

Ratkaisu

+8. Orgaanisten yhdisteiden isomeria

Ratkaisu

KEMIAN SIVUT
Yo-sivujen alku



KEMIAN SIVUT

Kemian ylioppilastehtävien ratkaisut, syksy 2000

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

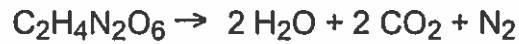
1. Kuva esittää natriumkloridin NaCl kidehilan purkautumista vesimolekyylien vaikutuksesta eli **NaCl:n liukenemista veteen**.

NaCl:n kidehilaa pitävät koossa positiivisten Na^+ - ja negatiivisten Cl^- -ionien väliset **sähköstaattiset vetovoimat**. Hilassa ionit värähtelevät sidosten rikkoutumatta.

Vedessä vesimolekyyliä sitovat osittain toisiinsa **vetysidokset** happiatomien ja toisten vesimolekyylien vetyatomien välillä. Liuoksessa kuitenkin vesimolekyylit ovat liikkeessä koko ajan törmäillen toisiinsa ja kidehilaan, jolloin vetysidoksia sekä katkeilee että syntyy. Koska vesimolekyylit ovat **dipoleja**, suotuisissa törmäyksissä kidehilaan ne suuntautuvat kohti ioneja siten, että dipolin negatiivinen pää eli happiatomin puoli lähestyy Na^+ -ionia ja dipolin positiivien pää puolestaan suuntautuu Cl^- -ionia kohti. Vesimolekyylien jatkuvan pommituksen takia reunimmaisat ionit irtautuvat hilasta ja siirtyvät vesimolekyylien ympäröiminä liuokseen.

Vesimolekyylit peittävät ionien sähkövarauksen asettumalla ionien ympärille **hydraattiverhoksi**, jossa vesimolekyylin ja ionin välillä on **ioni-dipolisidos**. Hydraattiverho estää ionien välisten sähköstaattisten vetovoimien synnyn.

2. Reaktioyhtälö:



CO_2 ja N_2 ovat kaasuina NTP-olosuhteissa, joten reaktioyhtälön perusteella:

$$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6) : n(\text{kaasut}) = 1 : 3.$$

$$M(\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6) = 152,1 \text{ g/mol}$$

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

$$m = nM$$

Lasketaan kaasujen ainemäärä ideaalikaasun

moolitilavuutta käyttäen ja edelleen nitroglyserolin ainemäärä:

$$n(\text{kaasut}) = 27,5 \text{ l} : 22,4 \text{ l/mol}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6) = 27,5 \text{ l} : 22,4 \text{ l/mol} : 3.$$

Nitroglyserolin massa:

$$m(\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6) = n(\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6)$$

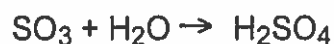
$$m(\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6) = 27,5 \text{ l} : 22,4 \text{ l/mol} : 3 \cdot 152,1 \text{ g/mol} = \mathbf{62,2 \text{ g}}.$$

3. Rakennekaavat

4. Kivihiili voi sisältää rikkiä ja rikkijhdisteitä vaihtelevia määriä. Rikin ja sen yhdisteiden palaessa syntyy rikkidioksidi SO_2 .

Sekä rikkidioksidi että siitä ilmassa hapettunut SO_3 reagoivat veden kanssa. Näin syntyy rikkihapoketta H_2SO_3 sekä rikkihappoa H_2SO_4 . Reaktio voi tapahtua veden kanssa ilmassa (pilvet, ilman kosteus), maassa, kasvustossa tai vesistöissä.

Rikkijhdisteistä aiheutuva hapan laskeuma voi siis sisältää em. happoja mutta myös reagoimattomia rikin oksideja, jotka ilman hiukkasepäpuhtauksiin takertuneina laskeutuvat maahan ja vesistöihin.



Protolyysi:

Molemmat hapot ovat kaksiarvoisia, joten toinenkin protolyysireaktio tapahtuu.



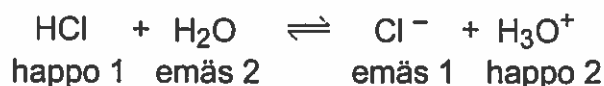
Happamoitumista voidaan vähentää poistamalla kivihiilen palamiskaasuista rikin oksideja. Esimerkiksi **polttomenetelmä**, jossa kivihiili ensin kaasutetaan ja kaasut poltetaan kahdessa vaiheessa, antaa mahdollisuuden jonkin asteiseen puhdistukseen.

Jo tapahtuneen happamoitumisen vaikutuksia esim. maaperään ja vesistöihin voidaan vähentää **kalkituksella**, koska kalkki $\text{Ca}(\text{OH})_2$ emäksisenä aineena neutraloi happamia liuoksia. Kalkin OH^- -ionit reagoivat oksoniumionien H_3O^+ kanssa. Kalsiumionit sitovat sulfaatin suolaksi CaSO_4 . Kalsiumsulfaatti on niukkaliukoinen yhdiste, mikä on jossakin määrin ongelmallista, sillä liuoksissa sulfaatti-ionit olisivat biologisesti käyttökelpoisia: maaperästä tai vedestä ne päätyisivät kasvien ja bakteerien käyttöön.

5. a) Brønstedin mukaan happo luovuttaa protonin ja emäs vastaanottaa protonin protolyysireaktioissa.

Protolyysireaktiossa on aina kaksi happo-emäsparia:

Esimerkki



HCl on vahva happo, josta jää jäljelle hyvin heikko emäs, kloridianioni Cl^- . Vesi toimii vetykloridihapon luovuttaman protonin vastaanottajana, emäksenä, josta muodostuu happo H_3O^+ .

b) Kuten vahvempi happo on, sitä herkemmin se luovuttaa protonin, ja kuten vahvempi emäs on, sitä herkemmin se sitoo protonin.

Heikko happo ei protolysoitu täydellisesti protolyysireaktiossaan. Sen protolyysin seurauksena esim. vesiliuokseen jää aina runsaasti reagoimatonta happoa protolyysituotteiden ohella. Vastaavasti **heikko emäs jää suurelta osin protonoitumatta.** Esim. etikkahappo CH_3COOH on heikko happo, jonka vesiliuoksessa on aina läsnä oksoniumionien H_3O^+ ja asetaatti-ionien CH_3COO^- lisäksi ja huomattavasti niitä enemmän kokonaisia etikkahappomolekyylejä CH_3COOH , kun

taas vahvan vetykloridihapon vesiliuoksessa ei ole käytännöllisesti katsoen lainkaan ehjiä HCl-molekyylejä. Ammoniakki NH_3 on heikko emäs, jonka vesiliuoksessa on hydroksidi-ionien OH^- ja ammoniumionien NH_4^+ lisäksi (enemmistönä) ammoniakkimolekyylejä.

Huom. Edellä oleva sanallinen selitys on kätevää korvata reaktioyhtälöillä ja maininnalla reaktion tasapainosta.

Vahva happo: $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ Tasapaino oikealla.

Heikko happo: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ Tasapaino vasemmalla.

c) Olkoon HA heikko yksiarvoinen happo ja NaA sen natriumsuola. Hapon protolyysireaktio on:



Reaktion mukaan happovakio $K_a = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-] : [\text{HA}]$

Veden ionitulo on määritelmän mukaan $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]$

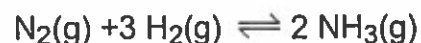
$$K_a : K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] : [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-]^{-1} \cdot [\text{HA}] = [\text{HA}] : [\text{A}^-] \cdot [\text{OH}^-] = [\text{OH}^-]$$

Lauseke kuvana

sillä ehdolla, että $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ eli anionin konsentraatio on yhtä suuri kuin suolan konsentraatio. Oletuksen mukaan tämä ehto on voimassa. (Liuenneen suolan

tuottamien anionien konsentraatio on sama kuin suolan konsentraatio: $\text{NaA} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{A}^-$)

6. a) Ammoniakin valmistus typestä ja vedystä:



Aine	Alussa	Tasapainossa mmol/l	T.p. mol/l
N_2	25	$25 - 12 = 13$	0,013
H_2	99	$99 - 3 \cdot 12 = 63$	0,063
NH_3	0	24	0,024

$$V = 1 \text{ l}$$

$$K = (0,024 \text{ mol/l})^2 : [0,013 \text{ mol/l} \cdot (0,053 \text{ mol/l})^3] = 177,197 \text{ l}^2/\text{mol}^2 = 177 \text{ l}^2/\text{mol}^2$$

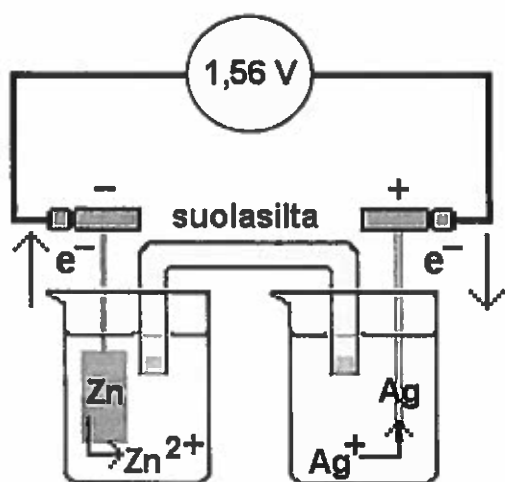
b) $V = ?$

Aine	Alussa	Tasapainossa mmol	T.p. mol
N ₂	25	25 - 15 = 10	0,010
H ₂	99	99 - 3 · 15 = 54	0,054
NH ₃	0	30	0,030

$$K = (0,030 \text{ mol/l } V)^2 : [0,010 \text{ mol/l } V \cdot (0,054 \text{ mol/l } V)^3] = 177,197 \text{ l}^2/\text{mol}^2 \text{ eli } V = 0,56 \text{ l}$$

Yhtälö kuvana

7. Taulukkokirjan normaalipotentialitaulukosta näkyy, että sinkin Zn/Zn²⁺ ja hopean Ag⁺/Ag välille saadaan tarjotuista aineista suurin jännite: sinkki on valikoiman, Zn, Pb, Cu, Ag, epäjaloin metalli ja hopea jaloin.

Zn(NO₃)₂-liuosAgNO₃-liuosZn/Zn²⁺(aq) || Ag/Ag⁺(aq)

Rakennetaan kenno sijoittamalla sinkkilevy Zn (NO₃)₂-liuokseen ja hopealanka AgNO₃-liuokseen, kumpikin omaan astiaansa. Yhdistetään astiat suolasillalla (esim. KCl-liuoksella perusteellisesti kostutettua vanua tiiviisti lasiputkessa), jotta hapettumis-pelkistymisreaktio pääsee tapahtumaan.

Zn → Zn ²⁺ + 2 e ⁻	+0,76 V
2 Ag ⁺ + 2 e ⁻ → Ag	+0,80 V
2 Ag ⁺ + Zn → 2 Ag + Zn	+1,56 V

Kennon laskennalliseksi jännitteeksi saadaan 1,56 V, mutta käytännössä ihan tähän arvoon ei päästä. Kennoa kuormitettaessa sinkkilevy syöpyy eli sinkkiä liukenee ja Zn (NO₃)₂-liuos väkevöityy. Hopealangan pintaan saostuu hopeaa ja AgNO₃-liuos laimenee. Nitraatti-ionikonsentraatio tasapainottuu ionien vaeltaessa suolasiltaa pitkin astiasta toiseen.

- +8. Isomeria on ilmiö, joka syntyy siitä, että yhdisteillä on sama molekyylikaava mutta erilainen rakenne. Kuten useampia atomeja molekyylikaavassa on, sitä useammat erilaiset rakenteet ovat mahdollisia. Konformaatioisomeerejä lukuun ottamatta

isomeerit ovat eri yhdisteitä, joiden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet saattavat poiketa toisistaan hyvinkin paljon. Orgaanisten yhdisteiden isomeriaa kuvattaessa tarvitaan seuraavien isomerian lajien käsittelyä.

- **Rakenneisomeria:** ketjuisomeria, paikkaisomeria, funktioisomeria
- **Stereo- eli avaruusisomeria:** cis-trans-isomeria, optinen isomeria
- **Konformaatioisomeria**

Kaikista isomerian lajeista tulisi olla mukana selkeä **rakennekaavoin piirretty esimerkki**. Lisäksi tarvitaan **esimerkkejä isomeerien erilaisista kemiallisista tai fysikaalisista ominaisuuksista**. Optisen isomerian yhteydessä on hyvä muistaa luonnonaineille tyypillinen yhden optisen isomeerin esiintyminen (esim. proteiinien L-aminohapot ja sokerien vallitseva D-muotoisuus) ja sen vertailukohtana synteeseissä usein tuotteina saadut raseemiset seokset, joista eri isomeerien erottaminen on hyvin vaikeaa. Biotekniset menetelmät tosin nykyään tekevät mahdolliseksi puhtaidenkin optisten isomeerien tuottamisen.

- Ikävänä esimerkkinä isomeerien erottelun tärkeydestä mainitaan monesti talidomidin isomeerit.
- Näköaistin toiminnan kannalta tärkeä isomeriatapaus on cis-11-retinaalin nopea fotokemiallinen muuttuminen trans-11-retinaaliksi ja trans-11-retinaalin hitaampi pimeässä tapahtuva palautuminen cis-11-retinaaliksi.
- Jos haluaa vielä tarkastella asiaa historiallisesta näkökulmasta, voi ottaa esille vaikkapa Louis Pasteurin L- ja D-viinihappokiteiden erottelutyön (hän poimi pinseteillä erinäköiset kiteet erilleen).