

KEMIAN SIVUT

Ylioppilaskokeen kemian kysymykset, kevät 2001

1. Selvitä, mitä tarkoitetaan seuraavilla käsitteillä: a) kylläinen liuos, b) elektrolyyttiliuos, c) liuoksen happamuus, d) pooliton liuotin, e) kova vesi, f) hydratoituminen.

Ratkaisu

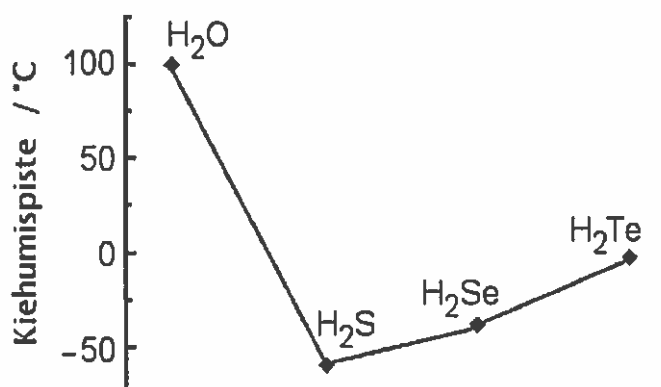
2. Kun metaania kuumennetaan rikin läsnä ollessa, muodostuu hiilidisulfidia ja divetyysulfidia:



- a) Määritä reaktioyhtälön kertoimet. b) Kuinka monta grammaa divetyysulfidia voidaan enintään saada, kun 3,50 g metaania ja 22,0 g rikkiä saatetaan reagoimaan keskenään 1,00 litran suljetussa astiassa?
c) Mikä oli astiassa olevan kaasuseoksen tiheys reaktion jälkeen?

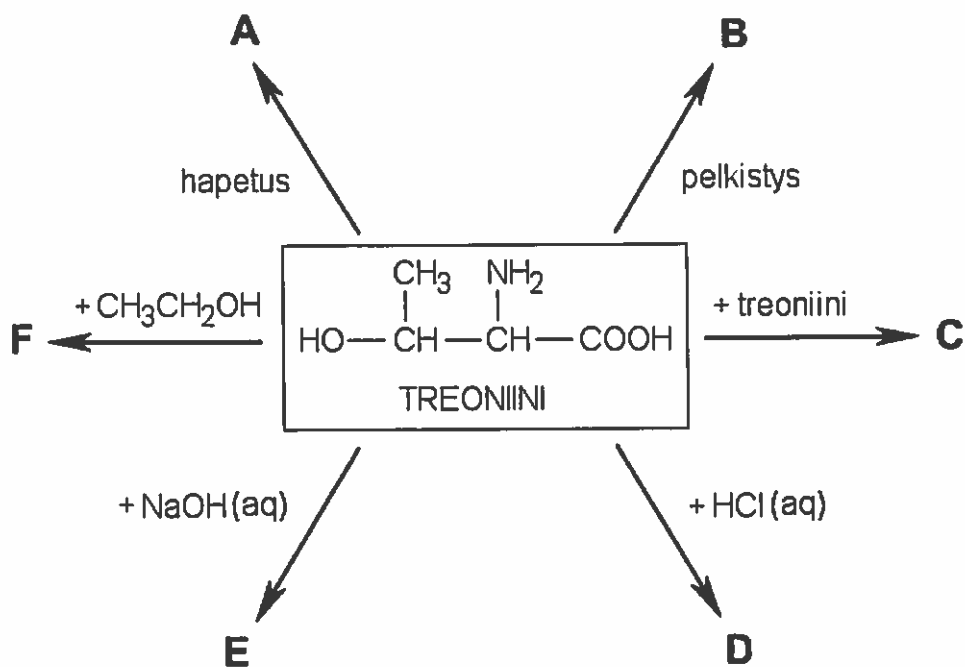
Ratkaisu

3. Oheisessa kuvassa on esitetty jaksollisen järjestelmän happiryhmän vety-yhdisteiden kiehumispisteet. Mitkä tekijät vaikuttavat kuvaajan muotoon?



Ratkaisu

4. Laadi jokin mahdollinen rakennekaava yhdisteille A - F:

Ratkaisu

5. Eräs hapen allotrooppinen muoto on otsoni. Mitä käsite allotropia tarkoittaa? Miten otsonia muodostuu tavallisesta hapesta? Mikä merkitys otsonilla on ilmakehässä?

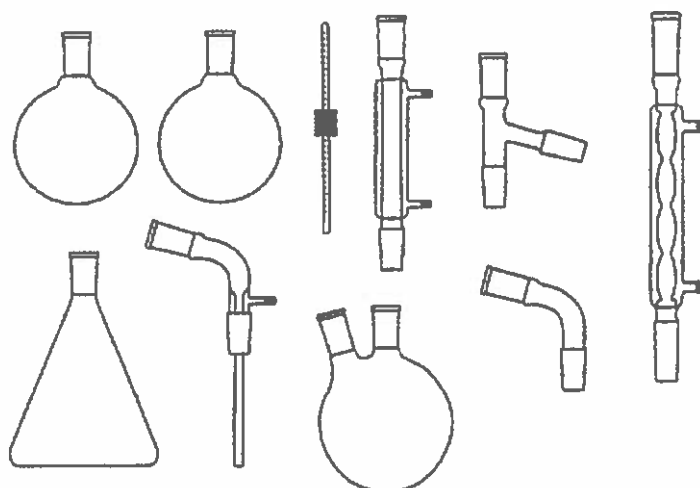
Ratkaisu

6. Ammoniakki on veteen runsasliukoinen heikko emäs, jonka emäsvakion arvo lämpötilassa 25°C on $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$ mol/l. a) Laadi ammoniakkin ja veden välisen reaktion yhtälö ja esitä ammoniakkin emäsvakion lauseke. b) Kuinka suuri ainemäärä ammoniakkikaasua on liuotettava veteen, jotta saadaan 0,50 l liuosta, jonka pH = 10,30? c) Kuinka suuri tilavuus 0,10 M vetykloridiliuosta tarvitaan tämän ammoniakkiliuoksen neutralointiin?

Ratkaisu

7. Eräessä orgaanisessa synteesissä saatiin seos, jossa haluttua tuotetta, isobutyylidikloridia (kp. 69 °C), oli suurin osa. Lisäksi reaktioseos sisälsi hieman synteesin lähtöainetta isobutanolia (kp. 108 °C) ja liuottimena käytettyä eetteriä (kp. 35 °C). Isobutyylidikloridi erotettiin seoksesta tislamalla.
- a) Piirrä alla olevia välineitä hyväksi käyttäen tisluslaitteisto.

b) Kuvaa tislauksen kulku.



Ratkaisu

+8. Kemiallisen reaktion nopeus. Tarkastele reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä ja reaktionopeuden merkitystä luonnon reaktioissa ja teollisuuden prosesseissa.

Ratkaisu

KEMIAN SIVUT
Yo-sivujen alku



KEMIAN SIVUT

Kemian ylioppilastehtävien ratkaisut, kevät 2001

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

1. a) Liuos on *kylläinen*, kun siihen on liuennut ainetta suurin mahdollinen määrä.

Määrän suuruus riippuu liuottimesta, liukenevasta aineesta ja lämpötilasta (kaasujen liukeneminen myös paineesta). Kiinteän aineen kylläisessä liuoksessa on aina mukana *kaksi faasia* (olomuotoaluetta), nestefaasi ja kiinteä faasi. Faasien välillä vallitsee dynaaminen tasapainotila: kiinteästä faasista siirtyy ainetta liuokseen ja liuoksesta saostuu saman verran ainetta kiinteään faasiin. Liuoksen konsentraatio ei siis muutu. Myös nesteet ja kaasut voivat muodostaa kylläisiä liuoksia.

b) *Elektrolyyttiliuos* on liuos (tavallisesti vesiliuos), jossa vapaasti liikkuvat ionit voivat toimia sähkövirran kuljettajina. (Elektrolyyttiliuos on siis sähkönjohde.) Ioneja syntyy suolojen liuetessa veteen sekä happojen ja emästen protolyysireaktioissa. Puhdas vesikin ionisoituu, mutta sen ionien määrä on niin vähäinen $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ mol/l, ettei puhdas vesi voi toimia elektrolyytinä. Tyypillisiä elektrolyyttiliuoksia ovat esimerkiksi NaCl:n, NaOH:n, HCl:n ja CH_3COOH :n vesiliuokset. Elektrolyyttiliuoksen sähkönjohtokyky riippuu elektrolyytin konsentraatiosta (eli ionien määrästä liuoksessa, ionien määrä taas riippuu elektrolyytin liukoisuudesta tai hapon/emäksen vahvuudesta).

c) *Liuoksen happamuus* johtuu liuoksen sisältämistä oksoniumioneista H_3O^+ . Liuos on hapan, jos siinä on *enemmän* oksoniumioneja kuin hydroksidi-ioneja. Kuta suurempi liuoksen oksoniumionikonsentraatio $[H_3O^+]$ on, sitä happamampi liuos on. Liuoksen happamuuden mittana käytetään pH-asteikkoa, jossa neutraali liuos saa pH-arvon 7 ja happamien liuosten pH arvoja alle 7. Asteikko perustuu puhtaan veden $[H_3O^+]$:n arvoon, 10^{-7} mol/l. Liuoksen $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ eli $pH = -\log [H_3O^+]$.

d) *Poolittomassa liuottimessa* liuotinmolekyylien atomien väliset elektronegatiivisuuserot ovat usein hyvin pieniä. Tällaisia liuottimia ovat esimerkiksi hiilivedyt, kuten oktaani C_8H_{18} . Poolittomia liuottimia ovat myös sellaiset liuottimet, joiden molekyyliarakenteessa suurehkot elektronegatiivisuuserot eivät vaikuta ulospäin

molekyylin muodon takia. Tällainen liuotin on esimerkiksi hiilitetrakloridi CCl_4 , jonka molekyylissä neljä Cl-atomia ympäröi tetraedrin keskelle sijoittuneen C-atomin eikä varausero tunnu molekyylin ulkopuolelle. Myös dietyylieetteri $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ on vastaavan tyyppinen pooliton liuotin, koska etyyliiryhmät varjostavat keskelle sijoittuvaa elektronegatiivista O-atomia ja siitä lähteviä poolisia sidoksia. Liuotin on siis pooliton, kun sen molekyylit eivät ole dipoleja. (Kuva on vastauksessa eduksi.)

e) *Kovaksi vedeksi* sanotaan vettä, joka sisältää kalsiumioneja Ca^{2+} (mukana voi olla myös hieman magnesiumioneja Mg^{2+}). Käytännössä veden kovuus näkyy usein siinä, että saippua ei "pese" hyvin vaan muodostaa hiutaleista saostumaa, ns.

kalkkisaippuaa Ca^{2+} -ionien kanssa. Kalkkisaippua on saippuan rasvahappojen ja kalsiumin niukkaliukoinen yhdiste. Juomavetenä kova vesi on miellyttävää ellei se sisällä kovin runsaasti Mg^{2+} -ioneja, jotka antavat kitkerää makua. Vesilaitoksilla talousveteen tavallisesti lisätään "kovuutta" eli Ca^{2+} -ioneja.

f) Kun ioniyhdiste liukenee, kidehilasta irtoavien ionien ympärille kertyy poolisia vesimolekyylejä. Negatiivisten ionien (anionien) ympärille vesidipolit asettuvat positiiviset vetypäät ionia kohti. Positiivisten ionien (kationien) ympärille vesimolekyylit taas sijoittuvat negatiiviset happipäät ionia kohti. Näihin vesimolekyyleihin kiinnittyy vielä vaihtelevia määriä vesimolekyylejä dipolien suuntaamina. Ionien ympärille muodostuvaa vesimolekyylikerrosta sanotaan *hydraattiverhoksi* ja itse ilmiötä *hydratoitumiseksi*. Hydraattiverho pitää ionit liuoksessa estäen niitä muodostamasta kidehilaa. Joissakin tapauksessa osa hydraattiverhosta voi seurata ionien mukana kidehilaan kidevetenä (esim. $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$).

Kuvassa NaCl liukenee veteen ja hydratoituminen alkaa. Ionien ympärillä on kuvassa 4 vesimolekyylejä, mutta vielä kaksi molekyylejä mahtuu lähelle ionia. Niiden ympärille tarttuu vaihtelevasti lisää vesimolekyylejä. (Kuva on edellisen syksyn tehtävästä yo00s/1.)

2. a) Reaktioyhtälö:



b) Lasketaan aluksi molempien lähtöaineiden ainemäärät.

$$n(\text{CH}_4) = 3,50 \text{ g} : 16,041 \text{ g/mol} = 0,2182 \text{ mol}$$

$$n(\text{S}_8) = 22,0 \text{ g} : 56,56 \text{ g/mol} = 0,08575 \text{ mol}$$

$$n(\text{CH}_4) : n(\text{S}_8) = 0,2182 \text{ mol} : 0,08575 \text{ mol} = n. 2,5 : 1 > 2 : 1$$

Tuotteen määrää rajoittaa siis *rikin* määrä. Metaania on ylimäärin.

$$M(\text{CH}_4) = 16,041 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{S}_8) = 256,56 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}_2\text{S}) = 34,086 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{CH}_4) = 3,50 \text{ g}$$

$$m(\text{S}_8) = 22,0 \text{ g}$$

$$n = m : M$$

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 4 \cdot n(\text{S}_8)$$

$$m(\text{H}_2\text{S}) = 4 \cdot 0,08575 \text{ mol} \cdot 34,086 \text{ g/mol} = 11,7 \text{ g}$$

c) Koska reaktio tapahtuu suljetussa astiassa, seoksesta ei poistu mitään. Kaikki rikki kuluu reaktiossa. Astiaan jää vain kaasuja. Kemiallinen reaktio noudattaa aineen häviämättömyyden lakia, joten kaasujen massa on:

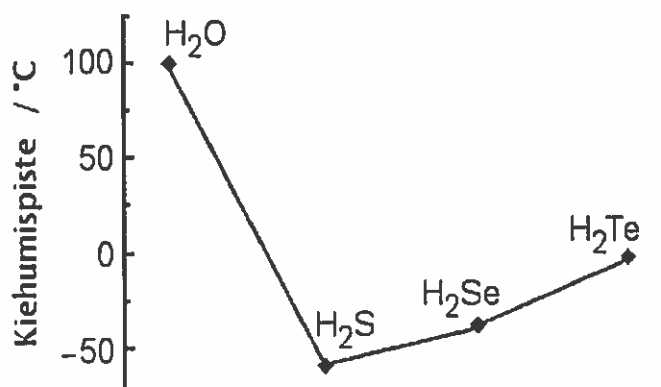
$$m = 22,0 \text{ g} + 3,50 \text{ g} = 25,50 \text{ g}. V = 1,00 \text{ l}$$

$$\text{tiheys } \rho = m : V = 25,5 \text{ g/l}$$

Jos lasket kaasujen massan ainemääristä, älä unohda reagoimatonta metaania!

 YLE, Klaffi, Professori Saarisen vastaus (1:22 min)

3. Kuvaajasta käy ilmi, että rikin (S), seleenin (Se) ja telluurin (Te) vety-yhdisteiden kiehumispisteet ovat 0 °C:n alapuolella. Nämä yhdisteet ovat kaasuja huoneen lämpötilassa toisin kuin vesi, jolla on poikkeuksellisen korkea kiehumispiste, 100 °C.



Kaikki mainitut vety-yhdisteet ovat molekyyliyhdisteitä, joiden molekyylien välillä on nestetilassa *van der Waalsin sidoksia* (dispersiovoimia). Vain H₂O-molekyylit pystyvät muodostamaan

lisäksi vetysidoksia. Tämä johtuu

happiatomin pienestä koosta ja suuresta elektronegatiivisuudesta. Vetysidokset ovat huomattavasti *voimakkaampia* kuin van der Waalsin sidokset, mikä selittää veden poikkeavan kiehumispisteen.

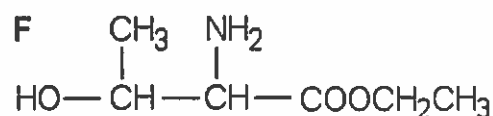
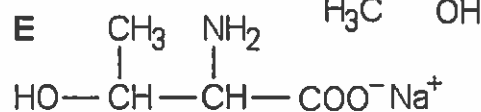
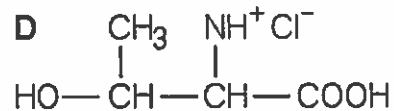
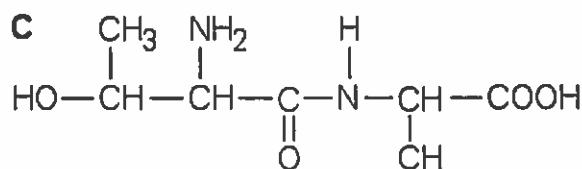
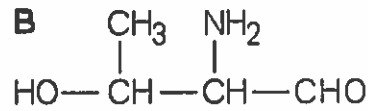
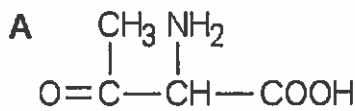
Kolmella muulla vety-yhdisteellä kiehumispiste kohoaa järjestyksessä $H_2S < H_2Se < H_2Te$ eli samassa järjestyksessä kuin atomien S, Se ja Te *koko ja elektronien määrä* kasvaa. Tällöin myös molekyylien koko kasvaa.

Mitä enemmän elektroneja molekyylissä on, sitä voimakkaampia van der Waalsin sidoksia voi syntyä, mikä näkyy kiehumispisteissä. Myös molekyylin muoto vaikuttaa sidosten vahvuuteen, mutta tässä vertailtavien yhdisteiden molekyylit ovat samantyyppisiä, vain keskusatomin koko on erilainen, mikä tietysti vaikuttaa hieman sidoskulmiin (esim. H_2O n. 105° , H_2S n. 92°).

Huomautus | Vrt. k98 tehtävä 1 (omaan seleinikkunaan)

 YLE, Klaffi, Professori Saarisen vastaus (1:53 min)

4. Vastaukseksi riittävät pelkät rakennekaavat.



A Sekundaarinen alkoholi hapettuu ketoniksi. **B** Karboksyyliiryhmä pelkistyy aldehydiksi tai *alkoholiksi* $-\text{CH}_2\text{OH}$. **C** Aminohapot muodostavat peptidejä (pitemmätkin peptidiketjut ovat mahdollisia). **D** Aminoryhmä muodostaa HCl:n kanssa suolan. **E** Hapan karboksyyliiryhmä neutraloituu, muodostuu natriumsuola. **F** Karboksyyliiryhmä esteröityy etanolin kanssa.

Huomautus c-kohtaan (omaan selainikkunaan)

5. *Allotropia* tarkoittaa, että alkuaine voi esiintyä samassa olomuodossa ominaisuuksiltaan ja rakenteeltaan erityyppisenä. Hapen allotrooppiset muodot ovat O₂ eli happi ja O₃ eli otsoni.

Otsonia syntyy hapestä UV-säteilyn vaikutuksesta ilmakehän yläkerroksissa, *stratosfäärissä*, jossa sitä myös hajoaa UV-säteilyn takia. Noin 90 % maapallon otsonista on stratosfäärissä, jossa otsoni muodostaa kerroksen (hyvin harvan ja ohuen). Otsonikerros suojaa maapalloa liialta UV-säteilyltä. Luonnollista otsonitasapainoa horjuttavat katalyyttisesti toimivat CFC-yhdisteet ja eräät muut yläilmakehään joutuneet yhdisteet (esim. CH₃Br). Etenkin CFC-yhdisteet ovat ongelmallisia kemiallisen kestävyytensä takia: vaikutusaika on näin ollen pitkä ja leviäminen tehokasta. Otsonikerroksen oheneminen on osittain luonnollinen vuodenaikakiertoon liittyvä ilmiö, mutta nykyisellään selvästi ihmisen toiminnasta riippuva.

Otsonia syntyy myös alailmakehässä UV-säteilyn ja ilman saasteiden (lähinnä typen oksidien) vaikutuksesta. Alailmakehässä otsoni on haitallinen aine, joka on osallisena ns. *fotokemiallisessa sumussa*. Otsonia voi esiintyä ilman fotokemiallista sumuakin runsaan UV-säteilyn ja ilmakehässä kaukaakin kulkeutuneiden epäpuhtauksien synnyttämänä. Otsonikerroksen oheneminen vaikuttaa siis myös alailmakehän otsonipitoisuuteen.

Otsoni on voimakas hapetin, jonka haittavaikutukset eliöstölle ja materiaaleille johtuvat juuri tästä ominaisuudesta.

Vrt. yo 97 kevät | [Otsoni](#)

6. a) Reaktioyhtälö



Emäsvakion lauseke $K_b = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-] : [\text{NH}_3]$

- b)

Aine	c alussa mol/l	c tasapainossa mol/l
NH ₃	x	x - 10 ^{-3,70}
NH ₄ ⁺	0	10 ^{-3,70}

OH ⁻	0	10 ^{-3,70}
-----------------	---	---------------------

pH = 10,30, joten pOH = 14,00 - 10,30 = 3,70 ja sen mukaisesti [OH⁻] = 10^{-3,70}

$$K_b = (10^{-3,70})^2 : (x - 10^{-3,70}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

Yksikkö mol/l on jätetty merkitsemättä tekstin selvyyden vuoksi.

$$x = (1,8 \cdot 10^{-8,70} + 10^{-7,40}) : (1,8 \cdot 10^{-5}) = 2,411 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{NH}_3] = 2,411 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

V = 0,50 l, joten ammoniakkin ainemääräksi saadaan:

$$n(\text{NH}_3) = 0,50 \text{ l} \cdot 2,411 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} = \mathbf{0,00121 \text{ mol}}$$

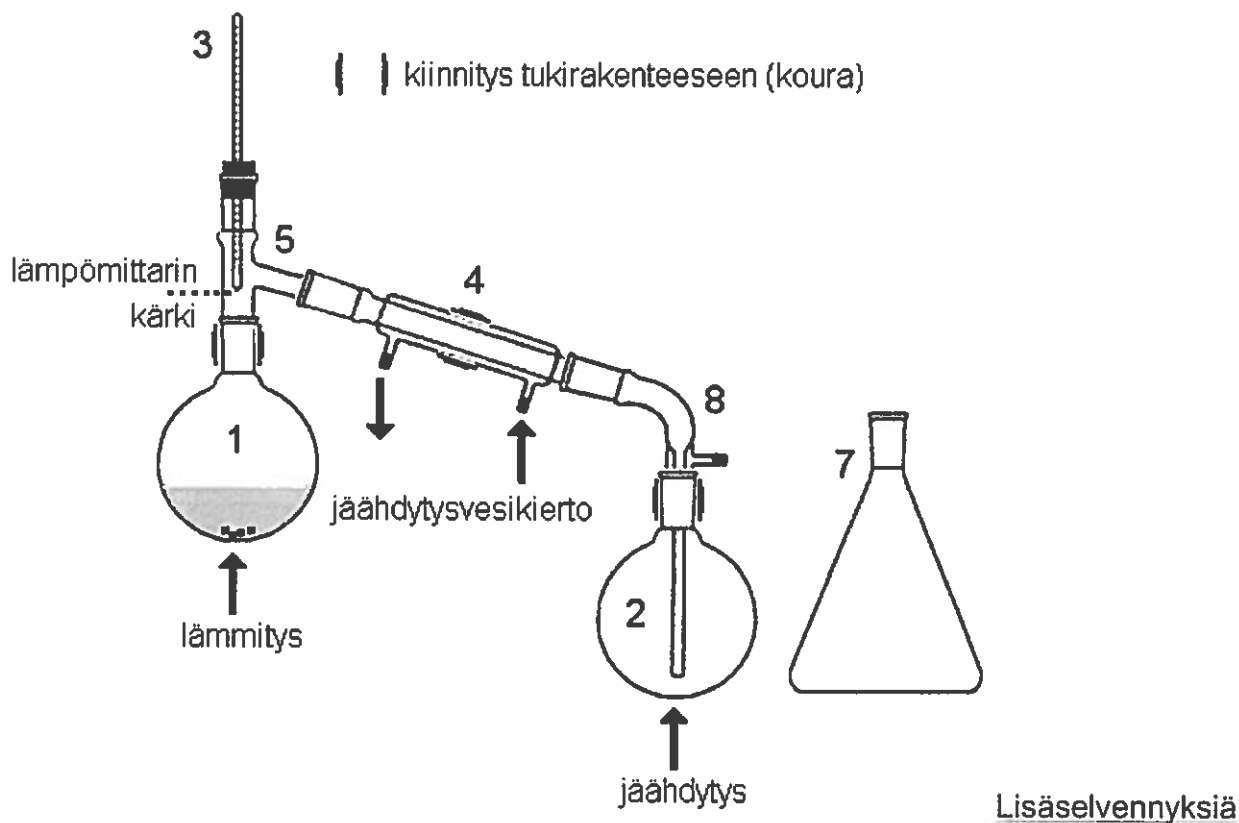
c) $c(\text{HCl}) = 0,10 \text{ M}$ ja $n(\text{HCl}) = 0,00121 \text{ mol}$

$$V(\text{HCl}) = 0,00121 \text{ mol} : 0,10 \text{ M} = 0,0121 \text{ l} = \mathbf{12 \text{ ml}}$$

rm

 YLE, Klaffi, Professori Saarisen vastaus (1:11 min)

7. a) Tislauslaitteistoon tarvitaan kolvi 1, johon kiinnitetään tilausosa 5. Sen sivuputkeen liitetään jäähdytin 4 (Liebig-jäähdytin) ja yläosaan lämpömittari 3. Jäähdyttimen toiseen päähän kiinnitetään tislusosa 8 ja tisleen keräystä varten kolvi 2 tai keitinpullo 7. Tislauslaitteisto ei saa olla täysin umpinainen: osassa 8 on sivulla ilma-aukko. Lisäksi tarvitaan kuumennukseen haude tai kaksi erilaista haudetta (ei avotulta, sähköhaude ei ole suositeltava eetterin tislaamiseen). Kiehumakiviä lisätään tislattavaan seokseen kolviin 1. Tisleelle olisi hyvä olla jäähdytyshaude, jotta haihtuminen olisi vähäistä. Kuvan numerot liittyvät tehtävässä annettuun välinevalikoimaan.

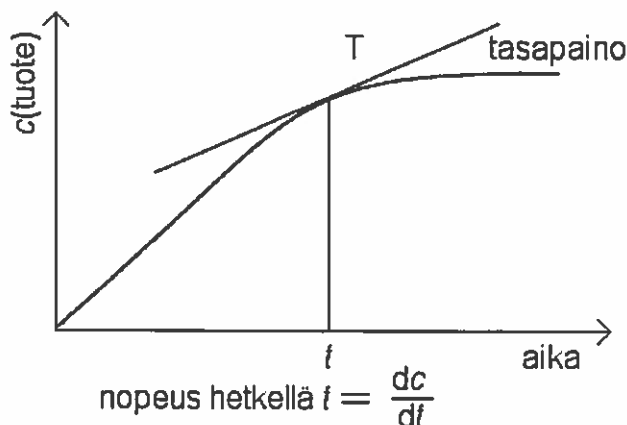


b) Ensimmäisenä kiehuu eetteri. Eetterin tislautuessa lämpömittari näyttää 35 °C. Isobutyylidikloridin tislautuessa lämpötila on 69 °C, sitä alempana kiehuva tisleosuus hylätään. Keräysastia vaihdetaan, kun lämpötila asettuu 69 °C:een. Tislauksen kestäessä tislauksessa (5) on sekä höyryä että nestettä, joka valuu alas seinämiä ja pisaroi hiljalleen lämpömittarin kärjestä.

Keräysastia vaihdetaan vielä lämpötilan alkaessa kohota yli 69 °C:n.

Tislaus lopetetaan, kun tislattavaa seosta on kolvissa vielä tilkkanen jäljellä ja lämpötilan alkaessa jälleen nousta. Koko tislauksen ajan kiehuminen pidetään tasaisen kohtuullisena. Liikaa kuumentamista on varottava.

+8. Reaktion nopeus voidaan määrittellä lähtöaineen tai tuotteen konsentraatiossa tietyllä aikavälillä tapahtuvana muutoksena. Konsentraation sijasta on mahdollista käyttää ainemäärää tai mooliosuutta.



Reaktion nopeus pienenee sitä mukaa kuin reaktio edistyy. Hetkellinen reaktionopeus määritellään derivaatan avulla. Kuvassa reaktiotuotteen konsentraatio on esitetty ajan funktiona. Asettamalla käyrälle tangenti T hetken t kohdalle, saadaan reaktion nopeus tällä hetkellä tangentin kulmakertoimesta.

Reaktion nopeutta on ajateltava myös *hiukkasten tasolla*, koska kemiallinen reaktio tapahtuu hiukkasten välisten törmäysten seurauksena. Reaktion nopeus on sitä suurempi, mitä enemmän suotuisia törmäyksiä tapahtuu (suotuisa: suunta oikea ja törmäys riittävän voimakas).

Reaktionopeuden säätely

Törmäysten määrää ja reaktionopeutta on mahdollista säädellä:

- *konsentraation*,
- *lämpötilan*
- *paineen* (kaasuilla),
- *katalyytin*,
- *inhibiitin*,
- *liuottimen avulla*.

Tehokas *sekoittaminen* lisää hiukkasten törmäyksiä, samoin aineen *hienojakoisuus*, joka tekee aineen pinta-alan suureksi (huom. pölyräjähdykset). Kaasun paineen lisääminen on itse asiassa konsentraation kasvattamista, sillä paineen lisäämiseen tarvitaan vakiotilavuudessa ainemäärän kasvattamista tai ainemäärän pysyessä vakiona tilavuuden pienentämistä.

Lämpötilan kohotessa reaktionopeus yleensä kasvaa nopeasti ja madaltuessa pienenee. Tällähän on mm. meille kaikille tuttu käytännön merkitys: pakastaminen saa

elintarvikkeiden pilaantumisreaktiot hidastumaan mutta lämpimässä edistää pilaantumista.

Katalyyysi

Katalyytti nopeuttaa reaktiota. Katalysoidussa reaktiossa syntyy aktivoitunut kompleksi katalyytin ja reagoivan yhdisteen välille. Katalyytti vaikuttaa reaktion mekanismiin ja aktivoitumisenergiaan. Jos kyseessä on tasapainoreaktio, katalyytti nopeuttaa sekä etenevää että palautuvaa reaktiota.

- Jos katalyytti on eri faasissa (kiinteä) kuin reagoivat aineet, kyseessä on *heterogeeninen katalyyysi*, joka tapahtuu katalyytin pinnassa.
- Heterogeenisessä katalyyysissä käytetään katalyytteinä hienojakoisia metalleja, metalliseoksia ja metalliyhdisteitä, mm. Ni, Cu, Co, Pt-Rh, Pd, V₂O₅, Fe₃O₄, Ziegler-Natta-katalyytti. Hienojakoisuus on tärkeä, jotta pinta-ala olisi mahdollisimman suuri ja katalyyysi tehokasta.
- Jos katalyytti on samassa faasissa kuin reagoivat yhdisteet, kyseessä on *homogeeninen katalyyysi*. Esimerkiksi esteröitymistä katalysoidaan H₃O⁺-ioneilla. Myös *entsyymikatalyyysi* on tavallisesti homogeeninen.
- Monille katalyyteille, varsinkin entsyymeille, on ominaista *selektiivisyys*: ne katalysoivat vain yhtä reaktiotyyppiä (reaktio ja sen vastareaktio). Niinpä ammoniakkin valmistuksessa tarvitaan erilaista katalyyttiä kuin vaikkapa rasvojen katalyyttisessä hydrauksessa. Polymeroitumisreaktiossa katalyytin valinnalla vaikutetaan ketjun pituuteen ja monomeerien liittymisasentoon.

Entsyymit toimivat matalissa lämpötiloissa verrattuna kemian teollisuuden epäorgaanisiin katalyytteihin. Entsyymit menettävät aktiivisuutensa kuumennettaessa.

- *Inhibiitit* hidastavat reaktioita. Esimerkiksi hapettumisenestoaineet ja säilöntäaineet ovat inhibiittejä.

Liutin vaikuttaa varsinkin orgaanisissa synteeseissä reaktion edistymiseen ja voi suosia jotakin tiettyä reaktiomekanismia.

Reaktionopeuden merkitys

Eliöissä entsyymien *selektiivisyys* on keskeinen reaktioita ohjaava tekijä, mutta myös keskenään kilpailevien reaktioiden erilainen reaktionopeus kuuluu eliöiden tärkeisiin ohjausjärjestelmiin.

Esimerkki

Lämpötilan reaktioita nopeuttava ja hidastava vaikutus on johtanut eliökunnassa kylmäkauden aikaiseen *horrostamiseen* ja *talviuneen*. *Vaihtolämpöisillä* eläimillä vuorokauden lämpötilojen vaihtelut heijastuvat suoraan mm. liikkeiden sulavuuteen tai jäykkyyteen. Eliökunnan tärkein reaktiosarja, fotosynteesi, tarvitsee tapahtuakseen tietyn lämpötilavälin. Lämpötilan laskiessa fotosynteesi hidastuu ja kylmässä se lakkaa kokonaan, kuten myös lämpötilan noustessa liian korkealle.

Esimerkki

Myös ihmiselimistössä eri entsyymeillä on erilainen toimintanopeus. Veren pH:n on pysyttävä hyvin kapealla pH-alueella (n. 7,3 – 7,4). Niinpä veressä on useita puskurisysteemejä. Tärkein näistä puskurisysteemeistä on veren $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ -pitoisuutta säätelevä systeemi, jonka toimintaa katalysoi *elimistön nopein entsyymi* (karbonianhydraasi). CO_2 -pitoisuushan voi muuttua nopeasti hengityksen mukaan, joten nopeus on elintärkeää.

Esimerkki

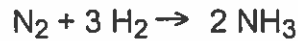
Näköaistin toiminnassa on tärkeää, että solut reagoivat nopeasti valoärsytykseen. Valo aiheuttaa silmässä hyvin nopean fotokemiallisen reaktion, jossa cis-11-retinaali muuttuu trans-11-retinaaliksi. Reaktion seurauksena hermoimpulssi siirtyy näköhermoon. Trans-11-retinaali palautuu huomattavasti hitaammin takaisin cis-11-retinaaliksi. Kiirettä ei ole, sillä normaalisti valon osuessa silmään cis-11-retinaalia jää runsaasti myös reagoimatta.

Reaktionopeus ja reaktion tasapainotila

Kemian teollisuudessa reaktionopeutta lisätään käyttämällä korkeaa lämpötilaa ja painetta sekä katalyyttejä. Useimmissa raskaan kemian teollisuuden prosesseissa käytetään hyväksi kaasufaasia. Paine voi olla näissä prosesseissa olla niin korkea, että saavutetaan ns. ylikriittinen tila, jossa nesteen ja kaasun ero häviää.

Esimerkki

Typen ja vedyn välinen reaktio, jossa syntyy ammoniakkia, on huoneen lämpötilassa erittäin hidas. Lämpötilaa kohottamalla saadaan reaktio kyllä tapahtumaan nopeammin, mutta silloin myös vastareaktio tapahtuu nopeasti ja ammoniakin saanto jää vähäiseksi. Näin tapahtuu, koska systeemi on homogeeninen (kaikki reagoivat aineet ovat samassa faasissa), joten seos asettuu tasapainotilaan.



Teollinen *Haber-Bosch-ammoniakkisynteesi* on eksoterminen reaktio, joka tapahtuu korkeassa lämpötilassa (400 – 500° C) ja hyvin korkeassa paineessa (n. 100 – 300 bar) katalysoituna reaktiona. Prosessin olosuhteet ovat jatkuvasti tutkimuksen kohteina. Tuloksiakin on saatu: mm. Ru-C-katalyytin löytyminen (vuonna 1992) on jo johtanut useissa teollisuuslaitoksissa paineen alentamiseen. Myös koko prosessia korvaavia ammoniakin valmistusmenetelmiä etsitään.

Koska ammoniakin muodostumisreaktio on eksoterminen, korkea lämpötila vähentää ammoniakin saantoa (Le Châtelier'n periaate). Saannon lisäämiseksi kohotetaan painetta. Katalyytti on hyvin tärkeä, vaikkei se vaikuta tasapainoseoksen koostumukseen. Nopeuttamalla reaktioita sekä alentamalla aktivoitumisenergiaa katalyytti pienentää prosessin kokonaisenergiankulutusta, millä on suuri taloudellinen merkitys.

Teollisissa prosesseissa reaktion nopeuttaminen onkin useimmissa tapauksissa juuri taloudellinen tekijä. Reaktion hidastaminen jäädyttämällä tai inhibiitin avulla on sekä taloudellinen että turvallisuustekijä (esim. räjähdysvaaran eliminointi, korroosion tai pilaantumisenesto). Esimerkkinä mainittu ammoniakkisynteesi kuluttaa runsaasti energiaa korkean lämpötilan ja paineen ylläpitämisen takia, joten se erittäin kallis. Se on myös vaarallinen prosessi (räjähdysvaara, ammoniakin myrkyllisyys).

Myös typpihapon ja rikkihapon valmistuksesta osa tapahtuu kaasufaasissa ja normaalia korkeammassa paineessa katalysoituina reaktioina.

Esimerkki

Elottomassa luonnossa reaktioiden tasaisena pysyvä nopeus on maapallon kehityksen aikana osaltaan vakauttanut mm. ilmakehän koostumuksen. Esimerkiksi stratosfäärin otsonikerroksen tasapaino on riippuvainen siitä, että otsonia muodostuu ja hajoaa samalla nopeudella. Otsonikerroksen kannalta on kohtalokasta, että sinne on

päässyt hajoamista katalysoivia yhdisteitä, kuten ClO-radikaaleja.

Huomautus tehtävään +8

Tehtävään voidaan vastata monella tavalla (kuten aina jokereihin). Alussa on syytä selvittää lyhyesti, mitä kemiallisen reaktion nopeudella tarkoitetaan. Selityksen voisi hyvin aloittaa suoraan hiukkasten törmäyksistä. Esimerkkeiksi teollisista prosesseista sopivat myös happojen valmistus tai jokin orgaanisen kemian prosessi, entsyymien teollisesta käytöstä mm. entsyymivalkaisu. Esimerkkien määrä ei ole ratkaiseva. Reaktionopeuden *merkityksen* selventäminen esimerkkien avulla on tärkeämpää.

Asioiden painotus ja esittelylaajuus voi olla myös hyvin erilainen kuin tässä esimerkissä.

Tehtävä osoittautui suosituksi verrattuna jokereiden suosioon yleensä. Vastausten kirjo oli laaja. Pistekeskiarvo oli 3,74 (toiseksi korkein kokeen tehtävistä). Kaksi vastaajaa ylsi täyteen 9 pisteeseen. Yli 6 pisteen vastauksia oli lähes sata.

Yo s96/+8, Katalyyysi

Lisätietoa ammoniakkisynteesisistä ja typpihapon valmistuksesta (OPH:n etälukion kemia)

Otsoni

KEMIAN SIVUT

Yo-sivujen alku

