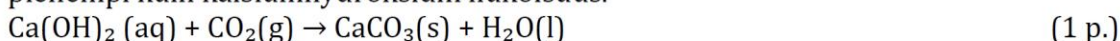


Entalpia- ja energialaskuja

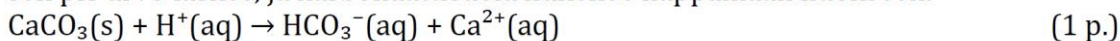
kevät 2017

4. a) Jos ilma on kylläinen vesihöyrystä, iholta haihtuu hikeä (vettä) höyryksi yhtä paljon kuin höyrystä tiivistyy vettä. Kyseessä on dynaaminen tasapaino.
$$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$
 (1 p.)

- b) Uloshengitysilman hiilidioksidi muodostaa kalsiumhydroksidin kanssa kalsiumkarbonaattia, joka on niukkaliukoinen suola. Kalsiumkarbonaatin liukoisuus veteen on pienempi kuin kalsiumhydroksidin liukoisuus.



Kun puhaltamista jatketaan, hiilidioksidi muodostaa veden kanssa hiilihappoa. Liukoksen pH-arvo laskee, ja karbonaattisuola liukenee happamaan liuokseen.



- c) Le Châtelier'n periaatteen mukaan olosuhteiden muuttaminen vaikuttaa reaktion tasapainoon. Korkea paine siirtää tasapainoa reaktiotuotteiden suuntaan, sillä reaktioyhtälössä kaasumaisia reaktiotuotteita on tuotteissa vähemmän kuin lähtöaineissa.

(1 p.)

Lämpötilan nosto nopeuttaa reaktiota. Le Châtelier'n periaatteen mukaan tasapaino siirtyy endotermiseen suuntaan. Korkeassa lämpötilassa ammoniakkia on tällöin tasapainotilassa vähemmän eli tilanne on epäedullinen ammoniakin saannon kannalta. Teollisessa tuotannossa käytetään korkeaa lämpötilaa, jotta reaktio tapahtuisi nopeasti.

(1 p.)

Ammoniakin talteenoton ja reagoimattomien lähtöaineiden kierrätyksen avulla ammoniakkia saadaan valmistettua tehokkaasti lähtöaineista. Ammoniakin talteenotto siirtää tasapainoa reaktiotuotteiden puolelle.

(1 p.)

kevät 2015

8. a) Liuoksen hydroksidi-ionikonsentraatio on liian pieni, jotta Ca(OH)_2 :a saostuisi. $\frac{1}{3}$ p.

Liukoisuustulot

$$K_s(\text{CaCO}_3) = 3,4 \cdot 10^{-9} (\text{mol/l})^2$$

$$K_s(\text{Ca(OH)}_2) = 5,0 \cdot 10^{-6} (\text{mol/l})^3$$

Suolojen saostumista on arvioitu laskettujen **liukoisuuksien** perusteella. 1 p.

Merkitään CaCO_3 :n liukoisuutta x :llä

$$K_s = x \cdot x$$

$$x = \sqrt{K_s} = \sqrt{3,4 \cdot 10^{-9} (\text{mol/l})^2} \approx 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Merkitään Ca(OH)_2 :n liukoisuutta y :llä

$$K_s = y \cdot (2y)^2$$

$$y = \sqrt[3]{\frac{1}{4} \cdot K_s} = \sqrt[3]{\frac{1}{4} \cdot 5,0 \cdot 10^{-6} (\text{mol/l})^3} \approx 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

Kalsiumkarbonaatin liukoisuus on pienempi kuin kalsiumhydroksidin. Kun hiilidioksidia liukenee ilmasta emäksiseen liuokseen, syntyy karbonaatti-ioneja, ja jo pieni karbonaatti-ionimäärä saa aikaan CaCO_3 -saostuman. $\frac{2}{3}$ p.

Jos perusteluna on käytetty vain liukoisuustuloa, enintään 1 p.

Myös tarkempi konsentraatioiden tarkastelu on mahdollista. Esimerkkinä laskussa on käytetty kalsiumionin konsentraatiota 0,1 mol/l. Kalsiumhydroksidia saostuu, kun hydroksidi-ionikonsentraatio on riittävän suuri.

$$K_s(\text{Ca(OH)}_2) = [\text{Ca}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_s(\text{Ca(OH)}_2)}{[\text{Ca}^{2+}]}} \approx 7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

Kalsiumkarbonaattia saostuu, kun karbonaatti-ionikonsentraatio on riittävän suuri.

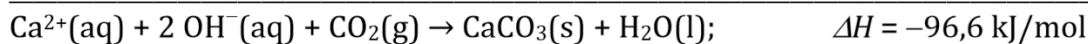
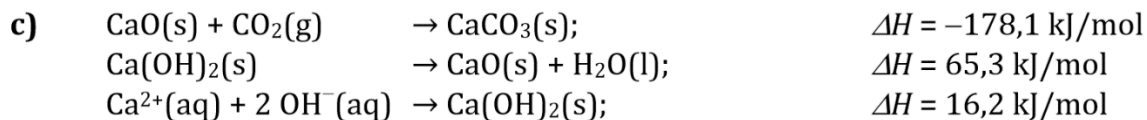
Karbonaatin muodostumista rajoittaa hydroksidi-ionin konsentraatio.

$$K_s(\text{CaCO}_3) = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$$

$$[\text{OH}^-] = [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{K_s(\text{CaCO}_3)}{[\text{Ca}^{2+}]} \approx 3 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

Kalsiumkarbonaatin saostumiseen riittää hyvin pieni hydroksidi-ionikonsentraatio.

b) Saostuma liuotetaan happoon. Jos saostuma on kalsiumkarbonaattia, vapautuu hiilidioksidikaasua, mikä havaitaan liuoksen kuplimisena. 1 p.



Reaktion entalpiamuutos on **-96,6 kJ/mol**. 2 p.

Vastauksen perusteluna voi käyttää erilaisia päättelyketjuja.

Vastaukseksi hyväksytään myös -96,6 kJ yhdistettynä reaktioyhtälöön.

d) $\Delta H < 0$, joten reaktio on eksotermisen. Seos lämpenee reaktion tapahtuessa. 1 p.

Vastaukseksi hyväksytään myös loogisesti oikea päättely c-kohdan väärän tuloksen perusteella.

syksy 2014

5.a)	Sidosenergia on 436 kJ/mol. Vetymoolin dissosioitumiseen tarvitaan 436 kJ.	1 p.
5.b)	kaksoissidos – sigmasidos = π -sidos; (612 – 348) kJ/mol = 264 kJ/mol	1 p.
5.c)	ΔH° sidosenergioiden avulla: $\sum(\text{katkeavat sidokset}) - \sum(\text{muodostuvat sidokset}) =$ (1 · 612 + 4 · 412 + 1 · 436)kJ/mol – (6 · 412 + 348)kJ/mol = -124 kJ/mol ΔH° muodostumislämpöjen avulla: (-84,7)kJ/mol – (52,3 + 0)kJ/mol = -137 kJ/mol	1 p. 1 p.
5.d)	ΔH° -arvojen ero (13 kJ/mol) johtuu siitä, että annetut sidosenergiat yleensä ovat keskiarvoja samantyyppisten sidosten energioista. Esimerkiksi eteenissä kaksoissidoksen sidosenergia ei ole aivan sama kuin propeenissa. Muodostumislämmöt määritetään kokeellisesti esim. kalorimetrisillä menetelmillä ja ovat siten luotettavampia .	1 p. 1 p.

6.a)	Reaktiossa vapautuu hiilidioksidikaasua.	1 p.
6.b)	Reaktio saavuttaa päätepisteensä. TAI Reaktiota ei enää tapahdu merkittävässä määrin. TAI Suolahappo (rajoittava tekijä) on kulutettu loppuun. <i>Reaktio on saavuttanut tasapainoaseman: 0 p.</i>	1 p.
6.c)	Vastauksessa on selitetty jokin ero ja yhtäläisyys. Yhtäläisyydet: - sama alkupiste kuvaajissa - molemmissa kuvaajissa massa pienenee ajan funktiona, kunnes saavuttaa vakioarvon Erot: - kuvaaja 2 on jyrkempi - sen päätepiste on alempana ja myöhemmin Kokeessa 2 vapautuu enemmän hiilidioksidia ja reaktionopeus on alussa suurempi. Suolahapon konsentraatio vaikuttaa reaktionopeuteen . Suolahapon konsentraatio (samalla tilavuudella) vaikuttaa reaktion päätepisteeseen , koska tällöin suolahapon ainemäärä muuttuu. Marmorin oli ylimäärin, ja suolahappo on rajoittava tekijä. Erot kuvaajissa voivat johtua erilaisesta suolahapon konsentraatiosta. (Kuvaajan 1 koejärjestelyssä on laimeampi suolahappoliuos.) Lämpötila muuttaa reaktionopeutta, mutta ei reaktion päätepistettä. Erot kuvaajissa eivät voi johtua erilaisista lämpötiloista. <i>Perusteluja Le Châtelier'n periaatteen avulla ei hyväksytä.</i>	$\frac{2}{3}$ p. $\frac{2}{3}$ p. $\frac{1}{3}$ p. $\frac{2}{3}$ p. $\frac{1}{3}$ p.

kevät 2014

Tehtävä 10

Päätely kuvaajien perusteella muutokset reaktio-olosuhteissa (lämpötila, katalyytti, konsentraatio/paine) ja selitetty niiden vaikutus tasapainovakion arvoon.

Kuva **(b)**

- samat alkukonsentraatiot
- tasapainoasema saavutetaan aiemmin
- tasapainossa reaktiotuotetta on aiempaa enemmän ja lähtöaineita vähemmän

Reaktio-olosuhteissa **(b)** on korkeampi lämpötila. Tasapainovakion arvo kasvaa (sekä kuvan että reaktion eksotermisyyden perusteella).

Kuva (c)

- samat alkukonsentraatiot
- tasapainoasema saavutetaan aiemmin
- tasapainossa reaktiotuotetta ja lähtöaineita on saman verran kuin alkuperäisissä olosuhteissa

Reaktio-olosuhteissa (c) on käytetty tehokkaampaa katalyyttia. Tasapainovakion arvo pysyy samana.

Kuva (d)

- suuremmat lähtöainekonsentraatiot eli pienempi tilavuus (lähtöainemäärä pysyy samana)
- tasapainoasema saavutetaan hieman aikaisemmin
- tasapainoasemassa reaktiotuotetta on aiempaa enemmän ja lähtöaineita vähemmän, mutta samassa suhteessa kuin aiemmassa reaktiossa

Reaktio-olosuhteissa (d) on pienempi tilavuus (tai suurempi paine). Tasapainovakion arvo pysyy samana.

Tehtävä 10

a) Yhdistetty kuvaajat aineisiin.

Kuvaaja 1 – C

Kuvaaja 2 – A

Kuvaaja 3 – B

(2 p.)

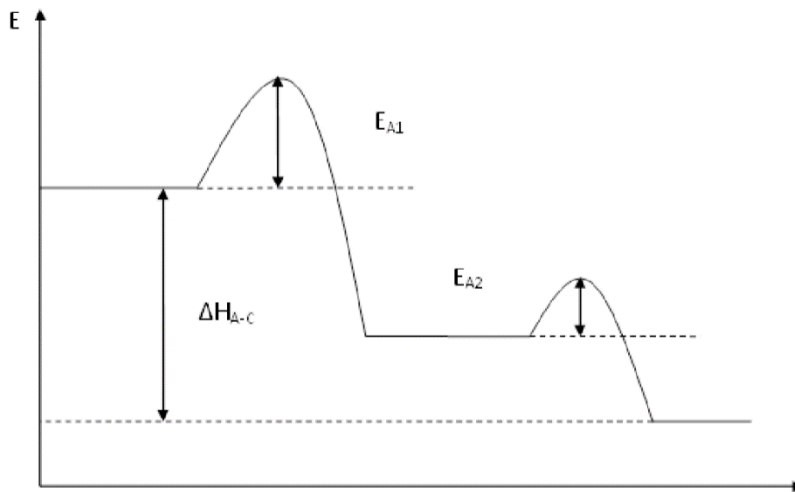
b) Hahmoteltu energiakaavio, johon on merkitty pyydetyt suureet.

Vaaka-akselina voi olla reaktion kulku tai aika.

E_{A1} – ensimmäisen reaktion aktivoitumisenergia

E_{A2} – toisen reaktion aktivoitumisenergia

ΔH_{A-C} – reaktion A-C reaktiolämpö

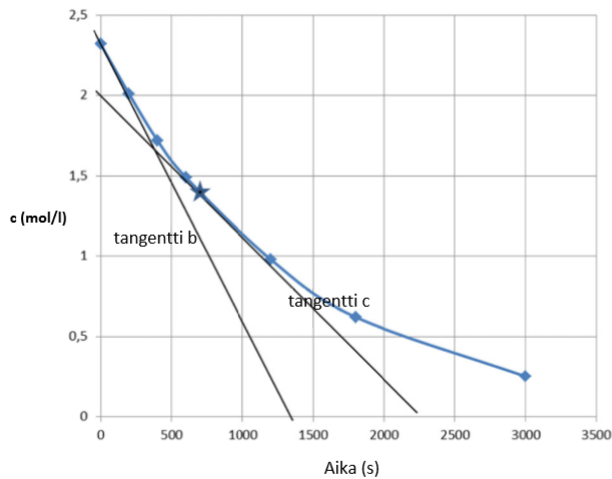


(4 p.)

Tehtävä 8

Kuvaaja on piirretty huolellisesti ja riittävän kokoisena. Millimetripaperin käyttö ei ole pakollista. Kuvaajaan on merkitty akselien nimet ja yksiköt, ja mittauspisteet on yhdistetty yhtenäisellä kaarevalla viivalla. Hetkellistä nopeutta laskettaessa kyseinen tangentti on merkitty näkyviin piirroksen. Tangentin kulmakertoimen arvo on määritetty joko geometrisesti tai laskinta käyttäen numeerisella derivoinnilla. Nopeudelle on annettu yksikkö.

- a) Piirretty vetyperoksidin hajoamista ajan funktiona esittävä kuvaaja: 2 p.



- b) Vetyperoksidin suurin hajoamisreaktion nopeus on reaktion alussa, kun $t = 0$ s. Tangentin b kulmakertoimesta saadaan $v = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}/(\text{l}\cdot\text{s})$ 1 p.

- c) Vetyperoksidin hajoamisreaktion nopeus hetkellä $t = 700$ s saadaan vetyperoksidin hajoamiskäyrän tangentin c kulmakertoimesta:

$$v_{\text{(hajoaminen)}} = 8,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol/(l}\cdot\text{s)}. \quad 1 \text{ p.}$$

- d) Lasketaan peroksidin hajoamista vastaavat hapen konsentraatiot ja piirretään vastaava kuvaaja.

Aika (s)	[H ₂ O ₂] (mol/l)	[O ₂] (mol/l)
0	2,32	0,000
200	2,01	0,155
400	1,72	0,300
600	1,49	0,415
1200	0,98	0,670
1800	0,62	0,850
3000	0,25	1,035

Hapen muodostumisnopeus hetkellä $t = 1100$ s saadaan tangentin kulmakertoimesta tai reaktioyhtälön kertoimien avulla vastaavasta kohdasta vetyperoksidin hajoamiskuvaajasta: $v_{\text{(muodostuminen)}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/(l}\cdot\text{s)}$. 2 p.

