

TEHTÄVÄ 4

4.1

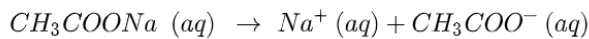
Ammoniumkloridi hajoaa vedessä ammonium- ja kloridi-ioneiksi



Ammoniumioni on ammoniakkia (emäs) vastaava heikko happo (happovakion arvo löytyy taulukosta), joten vesiliuos on hapan.

4.2

Natriumasetaatti hajoaa vedessä natrium- ja asetaatti-ioneiksi



Asetaatti-ioni on etikkahappoa vastaava heikko emäs (emäsvakion arvo löytyy taulukosta), joten vesiliuos on emäksinen.

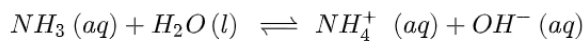
4.3

HCl on vahva happo, joten se protolysoituu täysin eli

$$[H_3O^+] = [HCl] = 0,2 M \Rightarrow pH = -\lg(-0,2) = 0,699 \approx 0,7$$

4.4

Ammoniakki on heikko emäs eli se protolysoituu vain osittain (tasapaino)



	NH_3	+	H_2O	\rightleftharpoons	NH_4^+	+	OH^-
$c(alku)$	0,1				0		0
$c(tasap)$	$0,1 - x$				x		x

$$K_b(NH_3) = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_3]} \Leftrightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,1 - x}$$

$$|1 = \text{RatkaiseNumeerisesti} \left(\frac{x^2}{0,1 - x} = 1,8 \cdot 10^{-5} \right)$$

$$\approx \{x = -0,13507 \cdot 10^{-2}, x = 0,00133\}$$

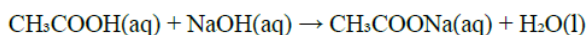
Hyväksytään vain geogebbran positiivinen ratkaisu x eli

$$[OH^-] = 0,00133 \frac{mol}{l} \Rightarrow pOH = -\lg(0,00133) = 2,876$$

$$Nyt pH = 14 - pOH = 11,124 \approx 11,1$$

TEHTÄVÄ 5

5.1



(3 p.)

- Kaikki aineet oikein 1 p.
- Oikeiden aineiden lisäksi kaikki kertoimet oikein 1 p. ja kaikki olomuodot oikein 1 p.

5.2

Neutralointireaktiossa muodostuu natriumasetaatin vesiliuos. Vesiliuoksessa vallitsee tasapaino
 $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$. (1 p.)

$\text{pH} = 9,25$, joten $\text{pOH} = 14,00 - \text{pH} = 14,00 - 9,25 = 4,75$. (1 p.)

$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-4,75} = 1,77828 \cdot 10^{-5} (\text{mol/l})$ (1 p.)

TAI

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-9,25}$

$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-]$

$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,008 \cdot 10^{-14} \text{ mol/l}}{10^{-9,25}} = 1,792505 \cdot 10^{-5} (\text{mol/l})$

Laaditaan tasapainotilannetta kuvaava taulukko, jossa hydroksidi-ionien tasapainokonsentraatio $[\text{OH}^-] = x = 1,77828 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$. Merkitään asetaatti-ionien alkukonsentraatioksi a . Tehtävässä ratkaistaan a .

	$\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	\rightleftharpoons	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$	+	$\text{OH}^-(\text{aq})$
Alussa (mol/l)	a				0		0
Muutos (mol/l)	$-x$				$+x$		$+x$
Tasapainossa (mol/l)	$a - x$				x		$x = 1,77828 \cdot 10^{-5}$

(2 p.)

Lasketaan emäsvakion arvo:

$K_b = K_w / K_a = 1,008 \cdot 10^{-14} / 1,75 \cdot 10^{-5} = 5,76000 \cdot 10^{-10} (\text{mol/l})$

(1 p.)

Sijoitetaan tasapainokonsentraatiot emäsvakion lausekkeeseen:

$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

(1 ip.)

Saadaan $K_b = x^2 / (a - x)$ ja sijoitetaan x

$(1,77828 \cdot 10^{-5})^2 / (a - 1,77828 \cdot 10^{-5}) = 5,76000 \cdot 10^{-10}$,

josta saadaan

$a = 0,54901 (\text{mol/l})$.

(1 p.)

Natriumasetaatiliuoksen konsentraatio oli 0,55 mol/l. (0,549 mol/l)

(1 p.)

5.3

Neutralointireaktio vapauttaa runsaasti lämpöä.

(1 p.)

Liusta sekoitetaan ja NaOH:a lisätään liuokseen vähän kerrallaan, jotta liuos ei kuumenisi liian nopeasti. Laimentaminen kasvattaa nesteen määrää, jolloin liuoksen lämpötila nousee vähemmän.

(2 p.)

- Mainittu eksotermisyys/lämmön vapautuminen, 1 p.
- Mainittu työskentelyn turvallisuus laimeammalla happoliuoksella, 1 p.
- Väkevämmillä liuoksilla liuos kuumenee nopeammin kuin laimeammilla liuoksilla, 1 p.

TEHTÄVÄ 6

6.1

Tasapainotarkastelu:

	$2\text{NCl}_3(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{N}_2(\text{g})$	+	$3\text{Cl}_2(\text{g})$
Alussa	x		0		0
Muutos	$-2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6}$		$+3,2 \cdot 10^{-6}$		$+3 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6}$
Tasapainossa	$x - 6,4 \cdot 10^{-6}$		$3,2 \cdot 10^{-6}$		$9,6 \cdot 10^{-6}$

(2 p.)

$$K = \frac{[\text{N}_2][\text{Cl}_2]^3}{[\text{NCl}_3]^2}$$

(1 ip.)

$$3,3 \cdot 10^{-12} = \frac{3,2 \cdot 10^{-6} \cdot (3 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6})^3}{(x - 2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6})^2}$$

(1 p.)

$$x = 3,569037 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l (tai } x = -2,289037 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l)}$$

(1 p.)

Ratkaistaan typpitrikloridin massa alussa:

$$n(\text{NCl}_3) = c \cdot V = 3,569037 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \cdot 2,0 \text{ l} = 7,13807 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$m(\text{NCl}_3) = n \cdot M(\text{NCl}_3) = 7,13807 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot (14,01 + 3 \cdot 35,45) \text{ g/mol}$$

$$= 0,008591386 \text{ g}$$

$$= 8,6 \text{ mg (8,59 mg)}$$

(3 p.)

7.2 Typpitrikloridin hajoamisreaktio suljetussa astiassa on tasapainoreaktio. Miksi reaktio on yksisuuntainen avoimessa tilassa? 3 p.

Avoimessa tilassa tuotteet leviävät ympäristöön. (1 p.)

Näin ollen hajoamisreaktion käänteisreaktiota ei voi tapahtua merkittävässä määrin (1 p.) eikä systeemi saavuta tasapainotilaa. (1 p.)

TAI

Avoimessa tilassa tuotteet leviävät ympäristöön. (1 p.)

Tuotteita poistuu reaktioyhtälön oikealta puolelta (1 p.), jolloin tasapainoasema siirtyy jatkuvasti kohti tuotteita eikä reaktio saavuta koskaan tasapainotilaa. (1 p.)

(2 p.)

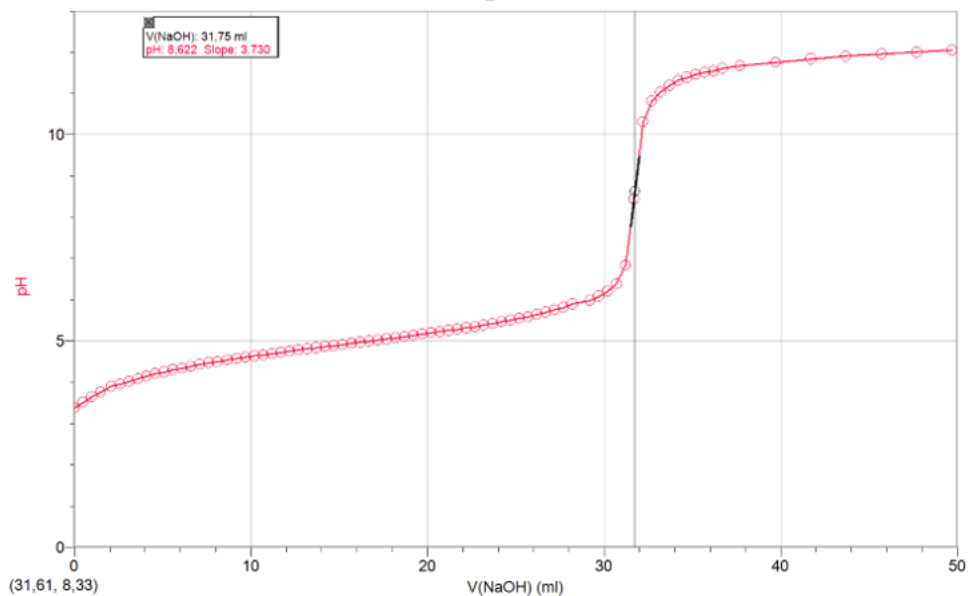
Hajoamisreaktio on siis eksotermisen.

(1 p.)

Näin ollen lämpötilan kasvattaminen siirtää tasapainoasemaa lähtöaineiden suuntaan.

(1 p.)

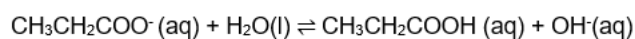
TEHTÄVÄ 7



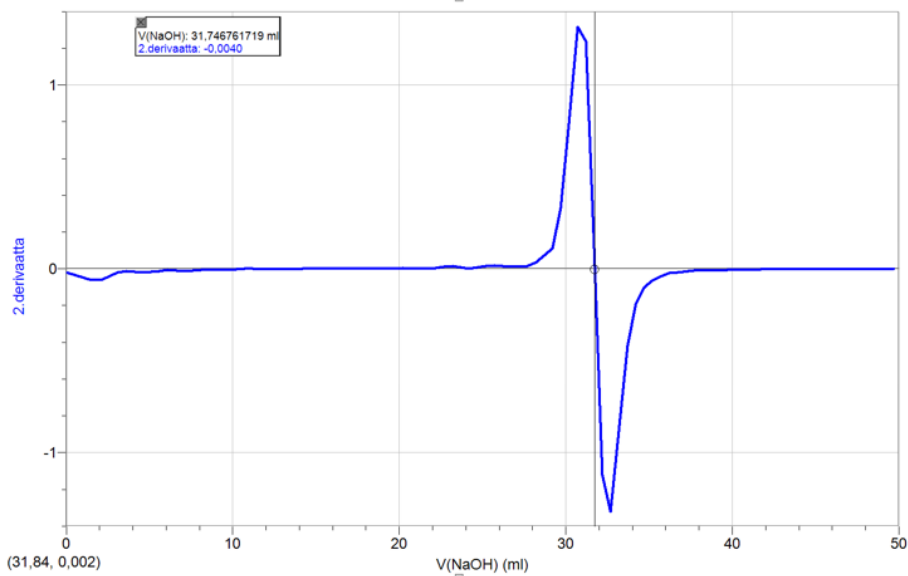
kuvaaja 2p

$V(\text{NaOH})=31,75$ ml ja pH ekvivalenttikohdassa on 8,62.

pH-arvo on suurempi kuin 7,0, koska propanihapon vastin emäs toimii liuoksessa protolyytinä, jolloin syntyy hydroksidi-ioneja ja pH-arvo on yli 7.



2p

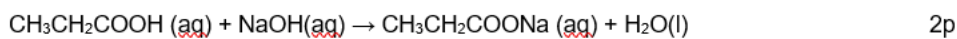


Ekvivalenttipiste löytyy 2.derivaatan nollakohdasta. Eli kun 1.derivaatan suurin arvo on 2.derivaatan nollakohdassa. Ekvivalenttikohhta tämän avulla selvitettyinä olisi $V(\text{NaOH})=31,75 \text{ ml}$.

2p

7.2

$V(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH})=10,0 \text{ ml}$
 $c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH})=?$
 $V(\text{NaOH})=31,75 \text{ ml}$
 $c(\text{NaOH})=0,10 \text{ mol/l}$



$n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH})=n(\text{NaOH}) = cV = 0,10 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,03175 \text{ dm}^3 = 0,003175 \text{ mol}$
 $c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) = n/V = 0,003175 \text{ mol} / 0,0100 \text{ dm}^3 = 0,3175 \text{ mol/dm}^3 \approx 0,32 \text{ mol/dm}^3$

2p

TAI VOINUT LASKEA

$c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$

$c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) = \frac{0,10 \text{ mol/l} \cdot 31,75 \text{ ml}}{10,0 \text{ ml}} = 0,3175 \text{ mol/l} \approx 0,32 \text{ mol/l}$

7.3

$$\text{alku-pH} = 3.38 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3.38} \text{ mol/dm}^3 = 4,16869 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 4,16869 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

mol/l	<u>HA(aq)</u>	+H ₂ O(l)	\rightleftharpoons A ⁻ (aq)	+H ₃ O ⁺ (aq)
c(alku)/ mol/dm ³	0,3175	-	0	0
muutos/ mol/dm ³	-4,168694 · 10 ⁻⁴	-	+4,168694 · 10 ⁻⁴	+4,168694 · 10 ⁻⁴
c(tp) / mol/dm ³	0,317083	-	4,168694 · 10 ⁻⁴	4,168694 · 10 ⁻⁴

$$K_a(\text{HA}) = [\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{HA}] = (4,168694 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3)^2 / 0,317183 \text{ mol/dm}^3$$

$$= 5,480584 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 \approx 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$$

7.4

Propanihapon happovakio on $pK_a = 4,97 \rightarrow K_a \equiv 1,071519 \cdot 10^{-5} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

2p

Saatu arvo on lähes sama kuin taulukoitu happovakion arvo.

1p

Jos happovakio laskettu alku pH:n avulla, poikkeaa saatu arvo huomattavasti tästä happovakion arvosta. Saatu tulos on tässä tapauksessa liian pieni. Mittauksessa alku pH on siis ollut liian korkea.

Poikkeamaa voivat aiheuttaa:

* pH-mittarin epätarkkuus / pH-mittarin kalibroitvirhe / kalibrointiin käytetyn puskuriliuoksen pH-arvo ei ollut tarkalleen se, mikä pullossa oli ilmoitettu / pH-mittaria ei ollu kalibroitu lainkaan

* lämpötila (taulukkoarvot on ilmoitettu 25 °C:ssa)

TEHTÄVÄ 8

Suuntaan ei vaikuttaa paineen muutos, sillä kaasutilassa olevien tuotteiden ainemäärä on yhtä suuri kuin kaasutilassa olevien lähtöaineiden ainemäärä.

Poistamalla typpimonoksida muutetaan sen konsentraatiota. Jos tasapainotilassa olevasta reaktioseoksesta poistetaan jotakin reaktiotuotetta, tehty muutos kumoutuu, kun poistettua reaktiotuotetta syntyy lisää. Etenevä reaktio nopeutuu tällöin hetkellisesti, ja syntyy lisää reaktiotuotteita.

Lisäämällä typpikaasua muutetaan sen konsentraatiota. Kun tasapainotilassa olevaan reaktioseokseen lisätään jotakin lähtöainetta, kasvaa tämän aineen konsentraatio hetkellisesti. Jotta lisätyn lähtöaineen konsentraatio pienentyisi eli tehty muutos kumoutuisi, täytyy reaktion edetä reaktiotuotteiden suuntaan. Etenevä reaktio nopeutuu tällöin hetkellisesti, ja syntyy lisää reaktiotuotteita.

Katalyytin määritelmän mukaisesti sen tehtävänä on nopeuttaa kemiallista reaktiota.

Tasapainoreaktioissa katalyytti nopeuttaa sekä etenevää että palautuvaa reaktiota, joten tasapainotila muodostuu nopeammin. Katalyytti ei siten vaikuta syntyvien reaktiotuotteiden määrään

Kohdissa 2 ja 3 esitetty vaihtoehto siirtää siis tasapainoa typpimonoksidin suuntaan.

6p

Koska reaktio on etenevään suuntaan endoterminen, korkea lämpötila suosii ympäristön kannalta haitallisen NO-kaasun muodostumista, joten moottorin käyttölämpötilan tulisi olla matala.

3p

Reaktionopeus voidaan pitää mahdollisimman suurena ylläpitämällä riittävän korkeaa lämpötilaa, sillä tällöin suurella osalla reagoivista molekyyleistä on riittävästi energiaa ylittää aktivaatioenergia.

Happi on lähtöaineena katalyysaattorissa tapahtuvissa hapettumisreaktioissa, joten mitä suurempi on happipitoisuus, sitä nopeampia ovat hapetusreaktiot.

Reaktio nopeutuu, koska katalyytti madaltaa reaktion aktivoitumisenergiaa, jolloin isompi osa törmäyksistä johtaa reaktioon. Reaktiopinta-ala ja reagoivien aineiden tarttuminen katalyytin pintaan on maksimoitava, sillä kyseessä on heterogeeninen katalyysi, jonka nopeus on sitä suurempi, mitä enemmän reagoivaa ainetta pinnalle saadaan. Lisäksi on optimoitava katalyysaattorin rodium- ja platinametallin ainemäärien suhde, jotta saadaan sekä pelkistymis- että hapettumisreaktiot tapahtumaan tehokkaasti.

4p

	<u>N₂ (g)</u>	+ O ₂ (g)	⇌	2NO (g)
n_a (mol)	7,8	2,1		0
Δn (mol)	-0,40	-0,40		+0,80
n_p (mol)	7,40	1,70		0,80

3p

$K = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]}$, tasapainovakiolla ei ole yksikköä ja tilavuus V supistuu pois

2p

$$K = \frac{(0,80/V)^2}{(7,40/V)(1,70/V)} = 0,0509 \approx 0,51$$

2p