

Päähaku, kemian kandiohjelma

Valintakoe 10.5.2019 klo 10.00–13.00

Kirjoita henkilö- ja yhteystietosi tekstaamalla.

Kirjoita nimesi latinalaisilla kirjaimilla (abcd...), älä esimerkiksi kyrillisillä kirjaimilla (абгд...).

Jos sinulla ei ole suomalaista henkilötunnusta, kirjoita sen asemesta syntymäaikasi.

Kirjoita henkilötiedot kaikille sivuille

Sukunimi	
Kaikki etunimet	
Henkilötunnus	
Sähköpostiosoite	
Puhelinnumero	

Tarkista sivunumeroiden avulla, että olet saanut kaikki sivut.

Kirjoita alla olevaan laatikkoon nimikirjoituksesi merkinä siitä, että olet tarkistanut edellä mainitut asiat.

Nimikirjoitus	
---------------	--

Jos haluat, että tehtäviin kirjoittamasi vastaukset arvostellaan, jätä alla oleva laatikko tyhjäksi.

Jos haluat, että tehtäviin kirjoittamiasi vastauksia ei arvostella, kirjoita alla olevaan laatikkoon teksti "*Haluan, että vastauksiani ei arvostella*". Tässä tapauksessa saat vastauksistasi nolla pistettä.

Arvostelusta luopuminen	
-------------------------	--

Lue huolellisesti kaikki ohjeet läpi

- Tarkista, että saamassasi koenipussa on kansilehden ja ohjesivujen (sivut 1–2) lisäksi:
 - kysymys- ja vastausosio (sivut 3–10)
 - liitteet (sivut 11 - 12)
 - yksi ruutupaperiarkki omia muistiinpanoja varten (konseptipaperi).
- Tehtävien vastaukset kirjoitetaan kysymys- ja vastausosioon.
- **Tarkista, että olet kirjoittanut nimesi ja henkilötunnuksesi kaikkiin vastauslomakkeisiin.**
- Kirjoita vastauksesi
 - suomeksi tai ruotsiksi. Muilla kielillä kirjoitettuja vastauksia ei huomioida arvostelussa.
 - koemonisteelle. Kirjoita kukin vastaus sille varattuun tilaan. Arvostelija ei huomioi merkintöjä, jotka ovat vastaukselle varatun tilan ulkopuolella.
 - lyijykynällä ja selvällä käsialalla. Arvostelija tulkitsee tulkinnanvaraiset merkinnät vähiten pisteitä tuottavan vaihtoehdon mukaisesti.
- Älä kirjoita vaihtoehtoisia vastauksia. Jos kirjoitat vaihtoehtoisia vastauksia, arvostelussa huomioidaan vain vastaus, josta saat vähiten pisteitä.
- Voit luonnostella vastauksiasi ruutupaperille. Ruutupaperille tekemiäsi merkintöjä ei huomioida arvostelussa. Olet saanut yhden arkin ruutupaperia. Voit tarvittaessa pyytää lisää ruutupaperia valvojalta.
- Pidä koemateriaalisi niin, että lähelläsi istuvat hakijat eivät pysty katsomaan vastauksiasi ja merkintöjasi.

Pisteyttäminen

Valintakoe pisteytetään asteikolla 0–50. Tehtäväkohtaiset pisteet on ilmoitettu osan/tehtävän kohdalla.

Valintakoekirjallisuus

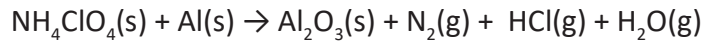
Valintakokeen tehtävät perustuvat lukion kemian pakollisiin ja valtakunnallisiin syventäviin kursseihin (5 kurssia, lukion opetussuunnitelman perusteet 2015 mukaisesti).

Kun aiot palauttaa koepaperit

Muista kirjoittaa koepaperinipun kansilehdelle allekirjoituksesi, sekä nimesi kaikille pyydetyille sivuille. Kun lähdet palauttamaan koepapereita, ota mukaasi kaikki tavarat istumapaikaltasi. Palauta kaikki saamasi paperit, myös suttupaperit, vaikket olisikaan tehnyt joitakin tehtäviä tai mitään tehtäviä. Todista henkilöllisyytesi, kun palautat paperit. Kokeen valvoja merkitsee kokeeseen osallistumisen ja koepapereiden palautuksen osallistujalistaan. Tarvittaessa saat kokeen valvojalta erillisen todistuksen valintakokeeseen osallistumisesta.

Tehtävä 1 (10 pistettä)

Avaruussukkulan kiihdytysvaiheen kiinteänä polttoaineena käytetään ammoniumperklooraatin ja alumiinin seosta. Reaktio on:

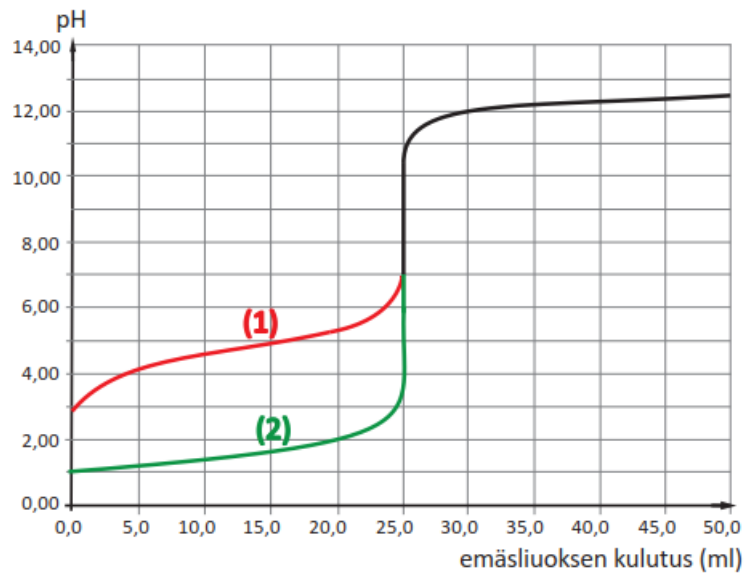


- Täydennä reaktioyhtälön kertoimet.
- Miten reaktion alkuaineiden hapetusluvut muuttuvat?
- Kuinka monta kilogrammaa alumiinia kuluu reaktiossa, jos 5 500 kg ammoniumperklooraattia reagoi 98-prosenttisesti?

Tehtävä 2 (10 pistettä)

Oheisessa kuvassa on esitetty kaksi titrauskäyrää, jotka kummatkin on saatu titrattaessa 25,0 ml yksiarvoista happoa 0,10 M NaOH-liuoksella.

- Kumpi titrauskäyrä esittää vahvan hapon titrausta, kumpi heikon hapon? Perustele.
- Arvioi kuvaajien avulla ekvivalenttikohdan pH-arvo kummassakin tapauksessa.
- Miksi titrauskäyrät yhtyvät ekvivalenttikohdan jälkeen?
- Määritä kuvaajan avulla heikon hapon happovakion arvo.



Nimi: _____

Henkilötunnus: _____

Tehtävä 3 (10 pistettä)

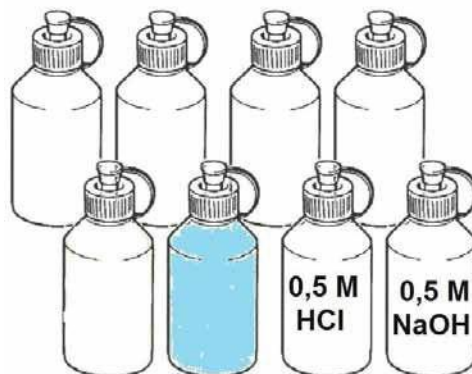
Tutkittavina ovat tippapulloissa seuraavien suolojen vesiliuokset:

AgNO_3 , CuSO_4 , NaCl , Na_2CO_3 , NH_4Cl , $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$.

Jokaisen liuoksen konsentraatio on 0,5 M.

Käytettävissä on suolahappoliuosta, natriumhydroksidiliuosta, yleisindikaattoripaperia, pipettejä, koeputkia, krominikkelilankaa ja kaasupoltin.

Miten selvität, mitä ainetta kukin pullo sisältää?



Tehtävä 4 (10 pistettä)

Yhdisteellä C_4H_9Br on kolme erilaista rakenneisomeeria.

- a. Esitä niiden rakennekaavat.

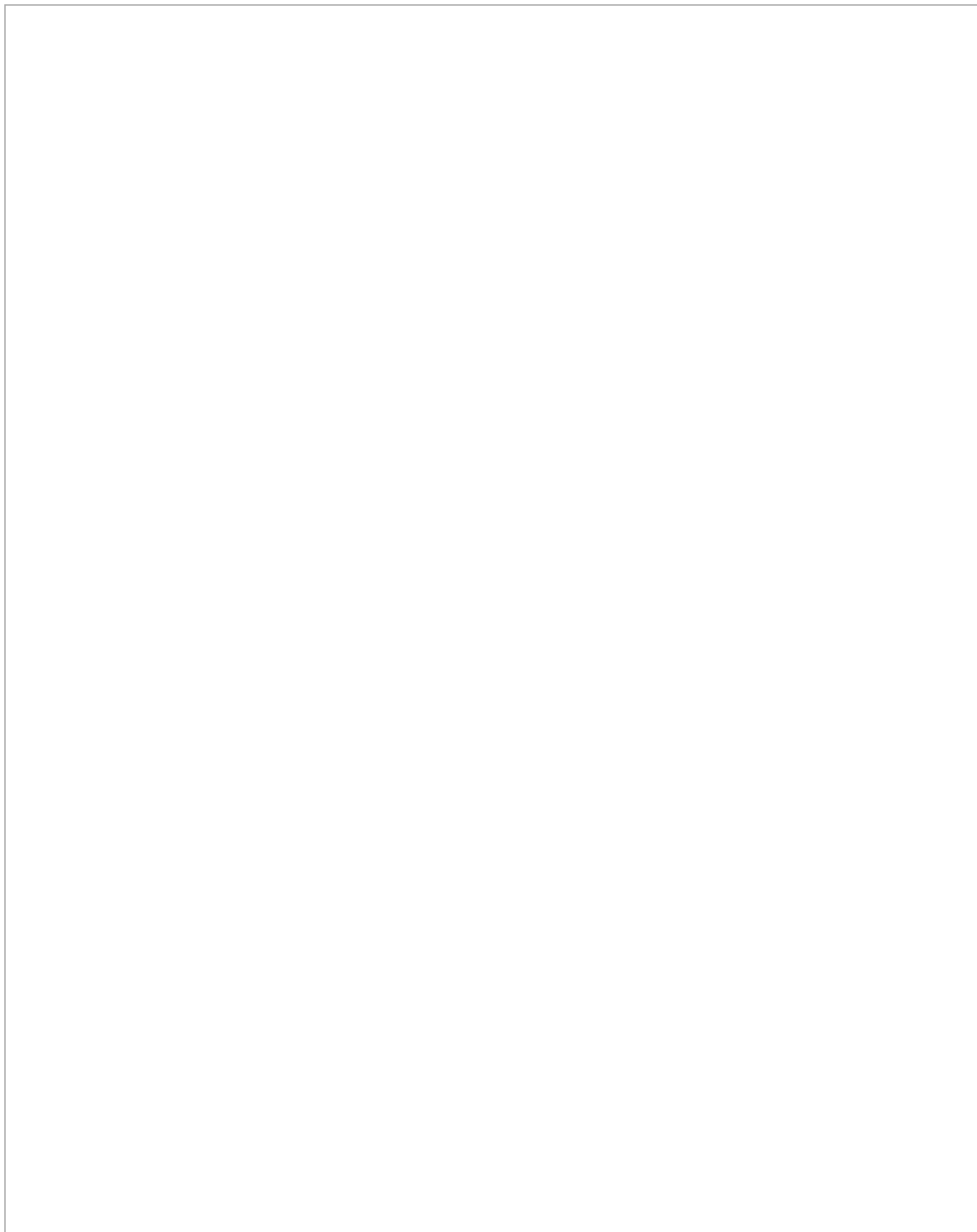
Yksi näistä rakenneisomeereista reagoi natriumhydroksidiliuoksessa muodostaen kolme erilaista tuotetta **A**, **B** ja **C**. Laadi yhdisteiden **A**, **B** ja **C** rakennekaavat ja nimeä yhdisteet, kun tiedetään, että

- b. yhdisteellä **A** on enantiomeeri (peilikuvaisomeeri)
- c. yhdisteet **B** ja **C** ovat keskenään rakenneisomeerejä
- d. yhdisteellä **C** esiintyy *cis-trans*-isomeriaa.

Tehtävä 5 (10 pistettä)

Elintarviketehtaan jätevesi sisältää hiilihydraatteja $(CH_2O)_n$. Puhdistusprosessissa 45 % hiilihydraateista hapettuu täydellisesti. Lisäksi 10 % hiilihydraateista hajoaa käymisreaktiossa metaaniksi ja hiilidioksidiksi, ja loppu jää jäteveteen. Kaasua muodostuu vuorokaudessa 16,0 m³ (25,0 °C, 100,0 kPa).

- Kuinka monta kilogrammaa hiilihydraatteja jää jäteveteen vuorokaudessa?
- Kuinka paljon energiaa (kJ) vuorokaudessa saadaan polttamalla muodostuva metaani?
- Puhdistetusta jätevedestä mitataan hiilihydraattipitoisuudeksi 250 mg/l. Laske, kuinka monta kuutiometriä jätevettä vuorokaudessa puhdistettiin.



Luonnonvakiot

Avogadron vakio $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Yleinen kaasuvakio $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 0,08314 \text{ bar dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Normaaliolosuhteet (NTP): Normaalilämpötila $T_0 = 273,15 \text{ K} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

Normaalipaine $p_0 = 101,3 \text{ kPa} = 1,013 \text{ bar}$

Veden ionitulo $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$.

Faradayn vakio $Q = 96485 \text{ C mol}^{-1} = 96485 \text{ As mol}^{-1}$.

Jaksollinen järjestelmä

IA 1	IIA 2	IIIA 3	IVA 4	VA 5	VIA 6	VIIA 7	VIII 8	9	10	IB 11	IIB 12	IIIB 13	IVB 14	VB 15	VIB 16	VIIIB 17	0 18
1 H 1.0079																	2 He 4.0026
3 Li 6.941	4 Be 9.0122																10 Ne 20.180
11 Na 22.990	12 Mg 24.305																18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.993	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
37 Rb 85.468	38 Sr 86.72	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La* 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac** (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (281)	111 Rg (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)			

*Lantanidit

*Aktinidit

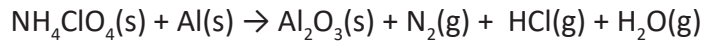
58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
--------------------	--------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

90 Th 231.03	91 Pa 231.03	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)
--------------------	--------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Helsingin yliopiston kemian valintakoe 10.5.2019

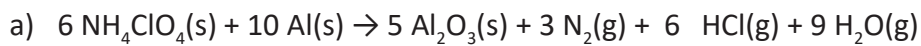
Vastaukset ja selitykset

Tehtävä 1. Avaruussukkulan kiihdytysvaiheen kiinteänä polttoaineena käytetään ammonium- perklooraatin ja alumiinin seosta. Reaktio on:



- Täydennä reaktioyhtälön kertoimet.
- Miten reaktion alkuaineiden hapetusluvut muuttuvat?
- Kuinka monta kilogrammaa alumiinia kuluu reaktiossa, jos 5 500 kg 10/6 ammonium- perklooraattia reagoi 98-prosenttisesti?

Ratkaisu:



b)

	Lähtöaineissa	Tuotteissa
N	-III	0
Cl	+VII	-I
Al	0	+III

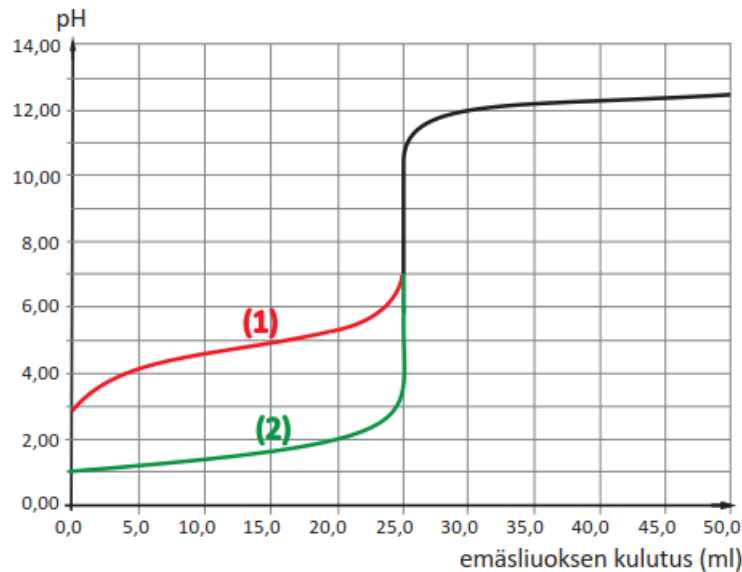
c) $n(\text{Al}) = \frac{10}{6} n(\text{NH}_4\text{ClO}_4)$

$$n(\text{Al}) = \frac{10}{6} \frac{0,98 \times 550000 \text{ g}}{117,492 \text{ g mol}^{-1}} = 76459 \text{ mol}$$

$$m(\text{Al}) = n(\text{Al})M(\text{Al}) = 76459 \text{ mol} \times 26,98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 2062900 \approx \mathbf{2100 \text{ kg}}$$

Tehtävä 2. Oheisessa kuvassa on esitetty kaksi titrauskäyrää, jotka kummatkin on saatu titrattaessa 25,0 ml yksiarvoista happoa 0,10 M NaOH-liuoksella.

- Kumpi titrauskäyrästä esittää vahvan hapon titrausta, kumpi heikon hapon? Perustelee.
- Arvioi kuvaajien avulla ekvivalenttikohdan pH-arvo kummassakin tapauksessa.
- Miksi titrauskäyrät yhtyvät ekvivalenttikohdan jälkeen?
- Määritä kuvaajan avulla heikon hapon happovakion arvo.



Ratkaisut:

- Käyrä 1 esittää heikon hapon titrausta, käyrä 2 vahvan hapon.
Vahva happo protolysoituu vesiliuoksessa lähes täysin, jolloin pH alussa on alhaisempi kuin heikon hapon liuoksessa.
- Hapolle 1 ekvivalenttikohdan pH = 8,7 ja hapolle 2 pH = 7,0.
- Ekvivalenttikohdan jälkeen happo on täysin neutraloitu, minkä vuoksi pH määräytyy vain lisätyn NaOH –liuoksen perusteella.
- Happovakio vastaa pH –arvoa, jossa puolet haposta on dissosioitunut, eli $[HA] = [A^-]$. Titrauksessa tämä vastaa kohtaa, jossa emäksen kulutus on puolet ekvivalenttikohdan kulutuksesta. Tarkastellussa tapauksessa tämä kohta on $\frac{1}{2} \times 25,0 \text{ ml} = 12,5 \text{ ml}$. Titrauskäyrältä lukien tätä vastaava pH = $pK_a \approx 4,8$. Näin ollen $K_a = 10^{-4,8} = 2 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$.

Tulos voidaan todeta myös tasapainovakion yhtälöstä:

$$K_a = \frac{[A^-] \times [H_3O^+]}{[HA]} . \text{ Kun asetetaan } [A^-] = [HA], \text{ todetaan: } K_a = [H_3O^+] = 10^{-4,8} \text{ mol/l}.$$

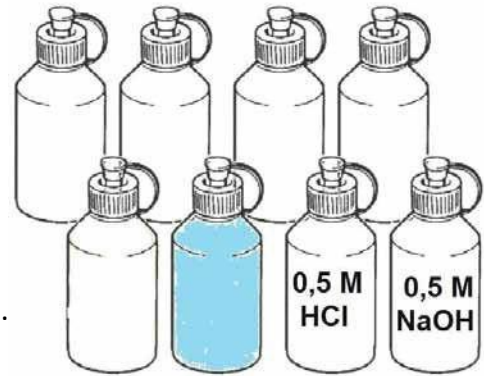
Tehtävä 3.

Tutkittavina ovat tippapulloissa seuraavien suolojen vesiliuokset:

AgNO_3 , CuSO_4 , NaCl , Na_2CO_3 , NH_4Cl , $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$.

Kaikkien konsentraatio on 0,5 M.

Käytettävissä on suolahappoliuosta, natriumhydroksidiliuosta, yleisindikaattoripaperia, pipettejä, koeputkia, krominikkelilankaa ja kaasupoltin.



Miten selvität, mitä ainetta kukin pullo sisältää?

Ratkaisu:

- Värin perusteella sininen liuos on kuparisulfaattia, koska muut tarkasteltavat liuokset ovat värittömiä. (Kupari-ioni voidaan todeta myös liekkikokeella sinivihreästä liekkiväristä).
- Natriumkarbonaatti vapautuu hiilidioksidikaasua, kun siihen lisätään suolahappoliuosta. Tämä nähdään liuoksen kuohumisesta. Toisaalta voidaan todeta, että kysytyistä liuoksista natriumkarbonaatti on ainoa, joka on emäksinen. Se voidaan siis tunnistaa myös indikaattoripaperilla.
- Ammoniumkloridiliuos on hapan, mikä todetaan yleisindikaattoripaperilla. Kun ammoniumkloridiliuokseen lisätään natriumhydroksidiliuosta, vapautuu ammoniakkia, joka voidaan tunnistaa pistävästä hajusta.
- Hopeanitraattiliuoksesta saostuu hopeakloridia, kun liuokseen lisätään suolahappoliuosta.
- Strontiumsuola voidaan tunnistaa liekkikokeella: liuokseen kasteltua krominikkelilankaa pidellään kaasupoltin liekissä, jolloin strontiumionin läsnäolo todetaan punaisesta liekkiväristä.
- Natriumkloridi on tämän jälkeen ainoa jäljellä oleva. Natriumioni voidaan tunnistaa myös keltaisesta liekkiväristä.

Vastauksessa yksi tunnistusmenetelmä kullekin aineelle riittää. Myös tutkittavien liuosten keskinäisiä reaktioita voidaan käyttää, mutta niitä ei esitellä tässä.

Tehtävä 4. Yhdisteellä C_4H_9Br on kolme erilaista rakenneisomeeria.

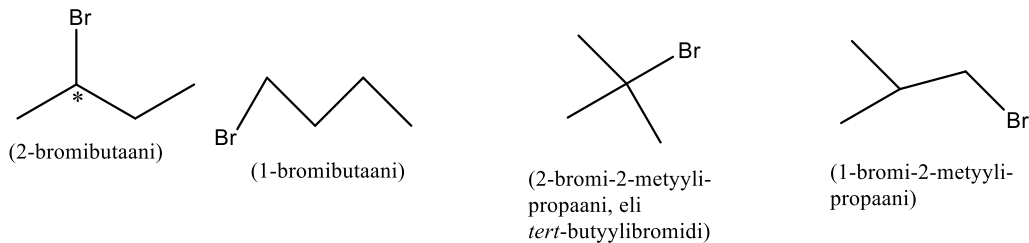
a. Esitä niiden rakennekaavat.

Yksi näistä rakenneisomeereista reagoi natriumhydroksidiliuoksessa muodostaen kolme erilaista tuotetta **A**, **B** ja **C**. Laadi yhdisteiden **A**, **B** ja **C** rakennekaavat ja nimeä yhdisteet, kun tiedetään, että

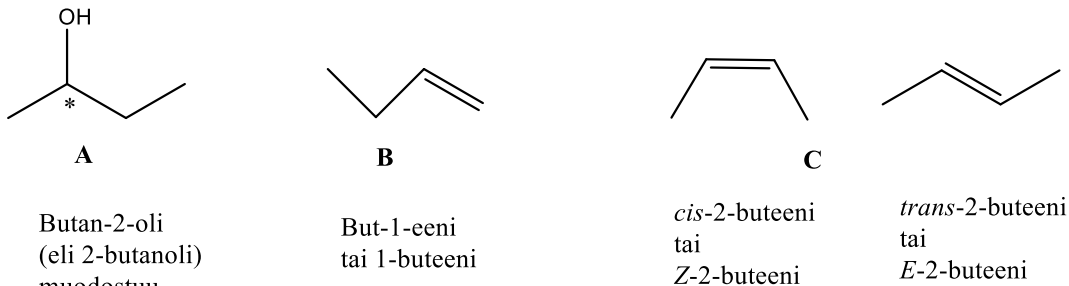
- yhdisteellä **A** on enantiomeeri (peilikuvaisomeeri)
- yhdisteet **B** ja **C** ovat keskenään rakenneisomeerejä
- yhdisteellä **C** esiintyy *cis-trans*-isomeriaa.

Ratkaisu:

a. Bruttokaavaa C_4H_9Br vastaa yhteensä neljä erilaista rakenneisomeeriä, joista yhdellä on kaksi stereoisomeeristä muotoa. Tehtävässä mainittiin *kolme erilaista*, joten kolme oikeaa rakennetta antaa tästä kohdasta täydet pisteet.



Näistä vain yksi, 2-bromibutaani, tuottaa natriumhydroksidilla käsiteltäessä kohdissa b-d kuvaillun tuoteseoksen, tuotteet **A**, **B** ja **C**:



Hydroksidi-ioni voi toimia myös emäksenä, jolloin tapahtuu *eliminaatio*, ja muodostuu alkeeni. Tarkastelluista yhdisteistä 2-bromibutaanin eliminaatio voi antaa kaksi erilaista paikkaisomeeria. Muilla lähtöaineilla muodostuisi vain yksi eliminaatiotuote.

Tehtävä 5. Elintarviketehtaan jätevesi sisältää hiilihydraatteja $(\text{CH}_2\text{O})_n$. Puhdistusprosessissa 45 % hii- lihydraateista hapettuu täydellisesti. Lisäksi 10 % hiilihydraateista hajoaa käymisreaktiossa metaaniksi ja hiilidioksidiksi, ja loppu jää jäteveteen. Kaasua muodostuu vuorokaudessa $16,0 \text{ m}^3$ ($25,0^\circ\text{C}$, $100,0 \text{ kPa}$).

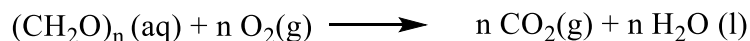
- Kuinka monta kilogrammaa hiilihydraatteja jää jäteveteen vuorokaudessa?
- Kuinka paljon energiaa (kJ) vuorokaudessa saadaan polttamalla muodostuva metaani?
- Puhdistetusta jätevedestä mitataan hiilihydraattipitoisuudeksi 250 mg/l . Laske, kuinka monta kuutiometriä jätevettä vuorokaudessa puhdistettiin.

Ratkaisut:

Huomautus: Koska tehtävän 5 b-kohdassa ei ollut annettu kaikkia tarvittavia lukuarvoja, tehtävä 5 on pisteytetty vain kohtien a ja c perusteella (10 p yhteensä).

- Mainitut reaktiot voidaan esittää hiilihydraattien yleiskaavalla seuraavasti:

Täydellinen hapettuminen (tuotteena hiilidioksidi ja vesi):



Käyminen (happikaasu ei mukana, tuotteina hiilidioksidi ja metaani):



Molemmissa reaktioissa n moolista $(\text{CH}_2\text{O})_n$ yksiköitä muodostuu n moolia kaasuja. Muodostuneiden kaasujen yhteinen ainemäärä lasketaan ideaalikaasun tilanyhtälöä käyttäen:

$$n_{\text{kok}} = \frac{pV}{RT} = \frac{100 \text{ kPa} \times 16,0 \text{ m}^3}{8,315 \text{ Pa m}^3\text{K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 298,15 \text{ K}} = 645,43 \text{ mol}$$

Muodostuneiden kaasujen massa ($m_{\text{kok}} = x$) on hapettumis- ja käymisreaktioissa muodostuneiden kaasujen massojen summa. Merkitään kaasujen massat: $m_1 = 0,45 x$ ja $m_2 = 0,10 x$

Muodostuneen kaasun ainemäärä n_{kok} voidaan ilmaista reaktioyhtälöiden perusteella seuraavasti:

$$n_{\text{kok}} = n_1(\text{CO}_2) + n_2(\text{CO}_2) + n_2(\text{CH}_4), \text{ ja}$$

$$n_{\text{kok}} = n_1(\text{CH}_2\text{O})_n + n_2(\text{CH}_2\text{O})_n, \text{ joten}$$

$$n_{\text{kok}} = \frac{0,45 x}{M(\text{CH}_2\text{O})} + \frac{0,1 x}{M(\text{CH}_2\text{O})}$$

Sijoitetaan lukuarvot:

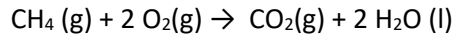
$$645,43 \text{ mol} = \frac{0,45 x + 0,1 x}{30,026 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$\Rightarrow x = 35236 \text{ g}$$

Veteen jää 45 %, eli $0,45 \times 3526 \text{ g} = 15856 \text{ g} \approx 16 \text{ kg}$

- b. *Kohdassa b varsinaiseen laskutehtävään olisi tarvittu numeroarvoina yhdisteiden sidos- tai muodostumisentalpiat. Nämä valitettavasti puuttuivat tehtävänannosta, joten kohtaa b ei ole pisteytetty, vaan tehtävä 5 on pisteytetty kohtien a ja c perusteella.*

[Ratkaisu olisi ollut seuraava:



Metaanin palamislämpö saadaan tuotteiden ja lähtöaineiden muodostumisentalpioiden erotuksena (*näitä siis ei ollut annettu*):

$$\Delta H = [(-393,5 - 2 \times 285,8) + 74,9] \text{ kJ mol}^{-1} = -890,2 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (\text{lämpötilassa } 25 \text{ }^\circ\text{C})$$

Käymisellä reagoivan hiilihydraatin massa on 10% kokonaismassasta eli:

$$n(\text{CH}_2) = 0,5 \quad n_2 [(\text{CH}_2\text{O})_n] = 0,10 \times 3526 \text{ g} / 2 \times 30,026 \text{ g mol}^{-1} = 58,675 \text{ mol}$$

$$\Delta H = 58,675 \text{ mol} (-890,2 \text{ kJ mol}^{-1}) = 52233 \text{ kJ} \approx \mathbf{52000 \text{ kJ.}}$$

- c. Jäteveteen jää 15856 g hiilihydraatteja. Jätevettä puhdistetaan vuorokaudessa:

$$15856 \text{ g} / 0,250 \text{ g dm}^{-3} = 63424 \text{ dm}^3 \approx \mathbf{63 \text{ m}^3}$$