

Huvudansökan, kandidatprogrammet i kemi

Urvalsprov 10.5.2019 kl. 10.00–13.00

Skriv ditt namn och dina personuppgifter med tryckbokstäver.

Skriv ditt namn med latinska bokstäver (abcd...), inte till exempel med kyrilliska bokstäver (абгд...).

Om du inte har en finländsk personbeteckning, skriver du istället din födelsetid.

Skriv dina personuppgifter på alla provpapper

Efternamn	
Förnamn (alla)	
Personbeteckning	
E-postadress	
Telefon	

Kontrollera med hjälp av sidnumren att du har fått alla sidor.

Skriv din namnteckning i fältet nedan för att visa att du har kontrollerat ovan nämnda saker.

Namnteckning	
--------------	--

Om du vill att dina provsvar bedöms, lämna det nedanstående fältet tomt.

Om du inte vill att dina provsvar bedöms, skriv följande text i fältet nedan: "*Jag vill inte att mina provsvar bedöms*". I detta fall får du noll poäng i provet.

Att avstå från bedömning	
--------------------------	--

Läs noggrant igenom alla anvisningar

- Kontrollera att ditt provkompendium utöver titelbladet och anvisningarna (s. 1–2) innehåller följande sidor:
 - provfrågor och svarsfält (s. 3–10)
 - bilagor (s. 11 - 12)
 - ett konceptpapper för egna anteckningar.
- Frågor besvaras på pappret med frågor och svarsfält.
- **Kontrollera att du har skrivit ditt namn och din personbeteckning på alla svarsblanketter.**
- Skriv dina provsvar
 - på finska eller svenska. Svar som har skrivits på andra språk bedöms inte.
 - på provkompendiet. Skriv varje svar i frågans svarsfält. Anteckningar som skrivits utanför svarsfältet beaktas inte i bedömningen.
 - med blyertspenna och med tydlig handstil. Otydliga anteckningar bedöms enligt det alternativet som ger minst poäng.
- Skriv inte alternativa svar. Om du skriver alternativa svar, beaktas endast det svar som ger minst poäng.
- Du kan planera dina svar och skriva egna anteckningar på konceptpappret. Anteckningarna på konceptpappret beaktas inte i bedömningen. Du har fått ett konceptpappersark. Du kan få mera konceptpapper av övervakaren.
- Placera ditt provmaterial så att deltagare som sitter nära dig inte kan se dina svar och anteckningar.

Poäng

Urvalsprovet poängsätts på skalan 0–50. Om det ges poäng separat per uppgift, anges detta vid uppgiften.

Litteraturen till urvalsprovet

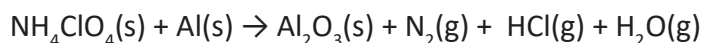
Uppgifterna i urvalsprovet baserar sig på gymnasiets obligatoriska och nationella fördjupade kurser i kemi (5 kurser enligt Grunderna för gymnasiets läroplan 2015).

När du vill lämna in ditt prov

Kom ihåg att skriva din namnteckning på provkompendiets titelblad, samt ditt namn på alla sidor där detta begärs. När du går för att lämna in provet, ta med alla dina saker från din plats. Lämna in alla papper, också konceptpappret även om du har lämnat vissa eller alla uppgifter obesvarade. Bevisa din identitet när du lämnar in provpappren. Övervakaren antecknar att du deltagit i provet samt lämnat in provpappren i deltagarlistan. Övervakaren kan ge dig ett separat intyg över att du deltagit i provet om du behöver ett sådant.

Uppgift 1 (10 poäng)

I rymdskyttelns accelerationsskede används som fast bränsle en blandning av ammoniumperklorat och aluminium. Reaktionen är:

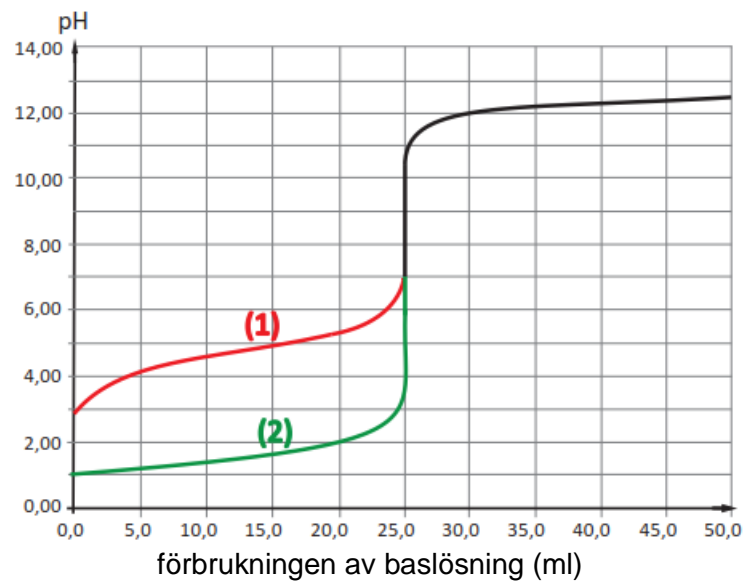


- Komplettera koefficienterna i reaktionsformeln.
- Hur förändras oxidationstalen för grundämnena?
- Hur många kilogram aluminium förbrukas i reaktionen, om 5 500 kg ammoniumperklorat reagerar till 98 procent?

Uppgift 2 (10 poäng)

Figuren nedan visar två titreringskurvor, som båda har erhållits vid titrering av 25,0 ml envärd (enbasisk) syra med 0,10 M med 0,10 M NaOH-lösning.

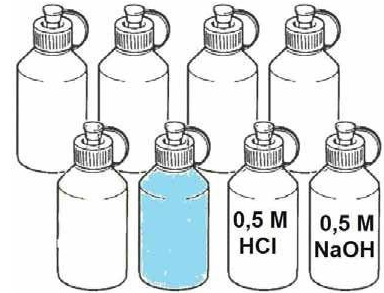
- Vilken av titreringskurvorna föreställer titreringen av den starka syran, vilken den svaga syran? Motivera.
- Uppskatta med hjälp av graferna pH-värdet för ekvivalenspunkten i vardera fallet.
- Varför sammanfaller titreringskurvorna efter ekvivalenspunkterna?
- Bestäm med hjälp av grafen syrakonstantens värde för den svaga syran.



Uppgift 3 (10 poäng)

I droppflaskorna finns vattenlösningar av följande salter som ska undersökas: AgNO_3 , CuSO_4 , NaCl , Na_2CO_3 , NH_4Cl , $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$.

Alla koncentrationer är 0,5 M. Till förfogande finns saltsyralösning, natriumhydroxidlösning, universalindikatorpapper, pipetter, provrör, krom-nickel-tråd, och gasbrännare.



Hur tar du reda på vilka ämnen de olika droppflaskorna innehåller?

Uppgift 4 (10 poäng)

Föreningen C_4H_9Br har tre olika strukturisomerer.

- Skriv strukturformlerna för de här isomererna.

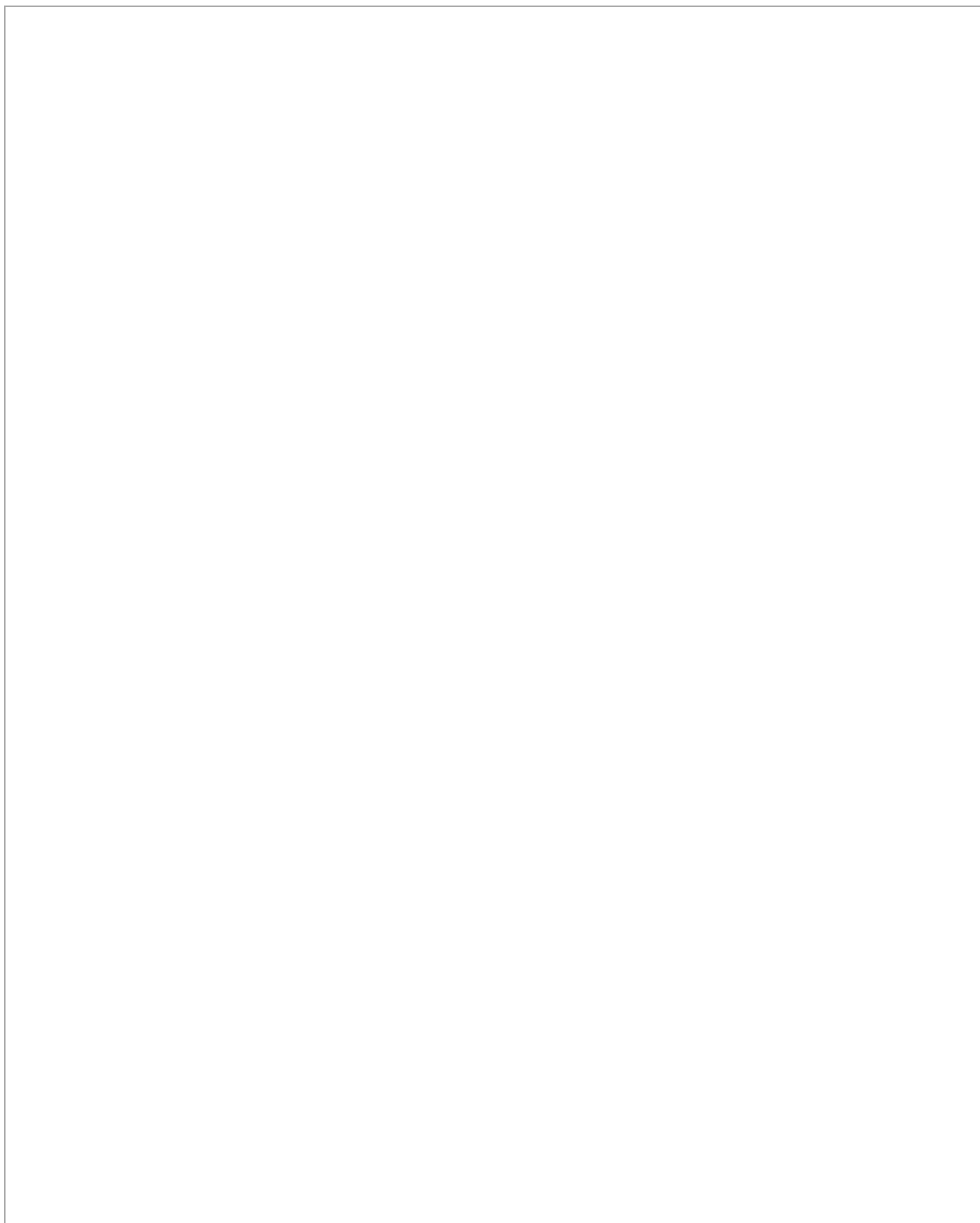
En av de nämnda isomererna reagerar i en natriumhydroxidlösning att ge tre olika produkter **A**, **B** och **C**. Skriv strukturformlerna för **A**, **B** och **C** samt namnge föreningarna då man vet att

- föreningen **A** har en enantiomer (spegelbildsisomer).
- föreningarna **B** och **C** sinsemellan är strukturisomerer.
- föreningen **C** uppvisar *cis-trans* isomeri.

Uppgift 5 (10 poäng)

Avfallsvattnet i en livsmedelsfabrik innehåller kolhydrater $(\text{CH}_2\text{O})_n$. Vid reningsprocessen oxideras 45 % av kolhydraterna fullständigt. Dessutom sönderfaller 10 % av kolhydraterna i en jäsningsreaktion till metan och koldioxid, medan resten blir kvar i avfallsvattnet. På ett dygn bildas det $16,0 \text{ m}^3$ gas ($25,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $100,0 \text{ kPa}$).

- Hur många kilogram kolhydrater blir kvar i avfallsvattnet under ett dygn?
- Hur mycket energi (kJ) fås per dygn genom förbränning av det metan som bildas?
- I det renade avfallsvattnet uppmäts en kolhydrathalt på 250 mg/l . Beräkna hur många kubikmeter avfallsvatten som renas per dygn.



Naturkonstanter

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

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

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

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

Vattnets jonprodukt $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$.

Faradays konstant $Q = 96485 \text{ C mol}^{-1} = 96485 \text{ As mol}^{-1}$.

Periodiska systemet

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	4 Be 9.0122	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	
3 Li 6.941	12 Mg 24.305	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94 (98)	43 Tc 101.07	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	
19 K 39.098	20 Ca 40.078	37 Rb 85.468	38 Sr 86.72	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)	
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La* 1138.91	72 Hf 178.49	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)				
87 Fr (223)	88 Ra (226)																	

*Lantanidit

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
---------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

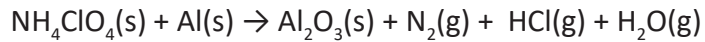
*Aktinidit

90 Th 232.04	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 Lf (262)
---------------------------	---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

Helsingin yliopiston kemian valintakoe 10.5.2019

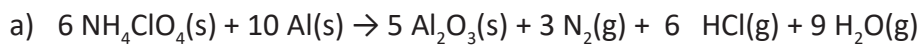
Vastaukset ja selitykset

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

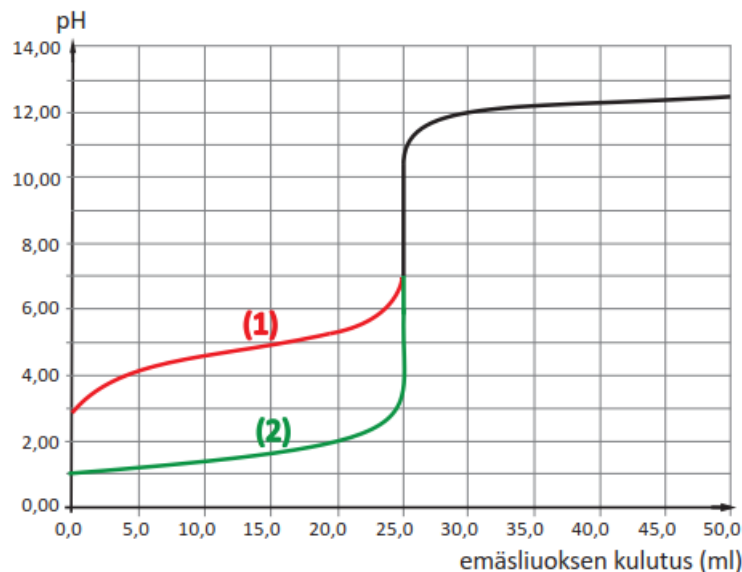
c) $n(\text{Al}) = \frac{10}{6} n(\text{NH}_4\text{ClO}_4)$

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

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

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:

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

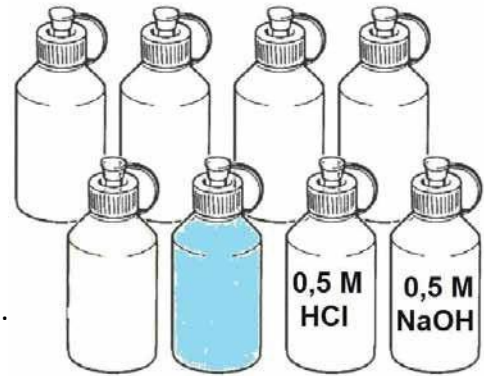
Tehtävä 3.

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).
- Natriumkarbonaattista 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.

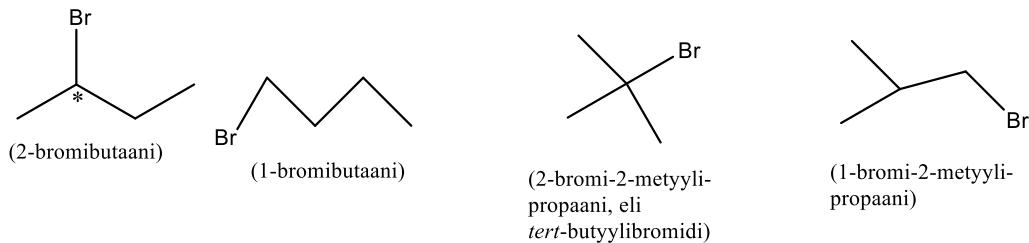
a. Esitä niiden rakennekaavat.

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

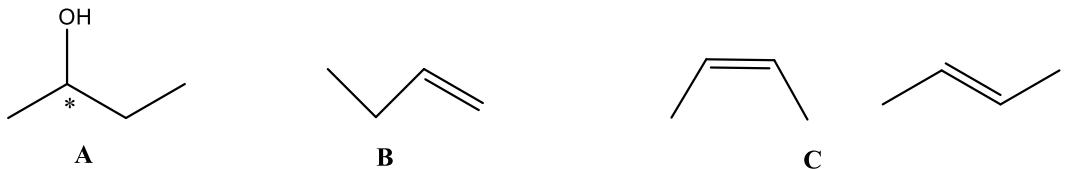
- yhdisteellä **A** on enantiomeeri (peilikuvaisomeeri)
- yhdisteet **B** ja **C** ovat keskenään rakenneisomeerejä
- yhdisteellä **C** esiintyy *cis-trans*-isomeriaa.

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**:



Butan-2-oli
(eli 2-butanoli)
muodostuu

substituutioreaktiolla.
[tällä on kaksi stereoisomeeriä (enantiomeerit)]

But-1-eeni
tai 1-buteeni

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.

cis-2-buteeni
tai
Z-2-buteeni

trans-2-buteeni
tai
E-2-buteeni

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

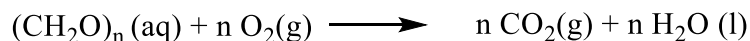
- Kuinka monta kilogrammaa hiilihydraatteja jää jäteveteen vuorokaudessa?
- Kuinka paljon energiaa (kJ) vuorokaudessa saadaan polttamalla muodostuva metaani?
- Puhdistetusta jätevedestä mitataan hiilihydraattipitoisuudeksi 250 mg/l . Laske, kuinka monta kuutiometriä jätevettä vuorokaudessa puhdistettiin.

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:

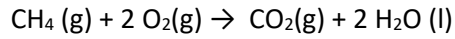
$$645,43 \text{ mol} = \frac{0,45 x + 0,1 x}{30,026 \text{ g mol}^{-1}}$$

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

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:

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

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

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

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