

Kemian valintakoe

28.5.2021 klo 14.00–17.00

Kirjoita nimesi ja henkilötunnuksesi tekstaamalla isoilla latinalaisilla kirjaimilla (ABCD...).

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

Kirjoita henkilötiedot kaikille sivuille

Sukunimi	
Kaikki etunimet	
Henkilötunnus	

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 3–13)
 - liitteet (sivut 14–15)
 - yksi ruutupaperiarkki omia muistiinpanoja varten (konseptipaperi)
 - laskin.
- Tehtävien vastaukset kirjoitetaan kysymys- ja vastausosioon.
- **Tarkista, että olet kirjoittanut nimesi ja henkilötunnuksesi kaikkiin vastauspapereihin.**
- 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 merkintöjäsi.

Pisteyttäminen

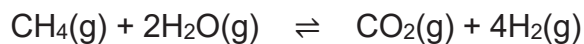
Valintakoe pisteytetään asteikolla 0–50. Tehtäväkohtaiset pisteet on ilmoitettu osan/tehtävän kohdalla.

Valintakoekirjallisuus

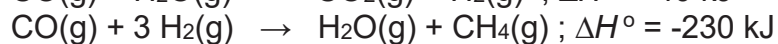
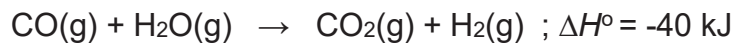
Valintakokeen tehtävät perustuvat lukion kemian pakollisiin ja valtakunnallisiin syventäviin kursseihin (5 kurssia, lukion opetussuunnitelman perusteet 2015 mukaisesti).

Tehtävä 1 (10 pistettä)

Ammoniakin valmistuksessa tarvittava vetykaasu saadaan reformoimalla metaania korkeassa lämpötilassa:



- a) 10,0 litran astiaan lisättiin 1,00 moolia metaania ja 1,00 moolia vettä lämpötilassa 1000 K. Mikä on reaktion tasapainovakion arvo, kun tasapainon asetuttua astiaan muodostui 0,92 moolia vetyä?
- b) Laske reaktion reaktiolämpö ΔH° käyttäen hyväksi seuraavia tietoja:



- c) Lisääntyykö vedyn saanto, jos lämpötila nostetaan arvoon 1100 K? Perustele.

Tehtävä 2 (10 pistettä)

Tehtäväsi on valmistaa koulun laboratoriossa pieniä määriä seuraavia kaasuja:

- a) vety
- b) happi
- c) ammoniakki
- d) hiilidioksidi

Laadi reaktioyhtälöt, joihin valmistus perustuu. Millä yksinkertaisilla kokeilla voit varmistua siitä, että saadut kaasut ovat oikeaa ainetta?

Tehtävä 3 (10 pistettä)

Päättele, ovatko seuraavien aineiden vesiliuokset happamia, neutraaleja vai emäksisiä:

- a) 0,050 M kalsiumhydroksidi
- b) 0,10 M metyyliamiini
- c) 0,20 M kaliumkarbonaatti
- d) 0,10 M bariumnitraatti
- e) 0,10 M natriumasetaatti
- f) $1,0 \times 10^{-8}$ M suolahappo.

Perustele valintasi reaktioyhtälöillä.

Tehtävä 4 (10 pistettä)

Mitä tuotteita muodostuu, kun seuraavat yhdisteet reagoivat keskenään?

Esitä reaktioissa muodostuvien tuotteiden rakennekaavat.

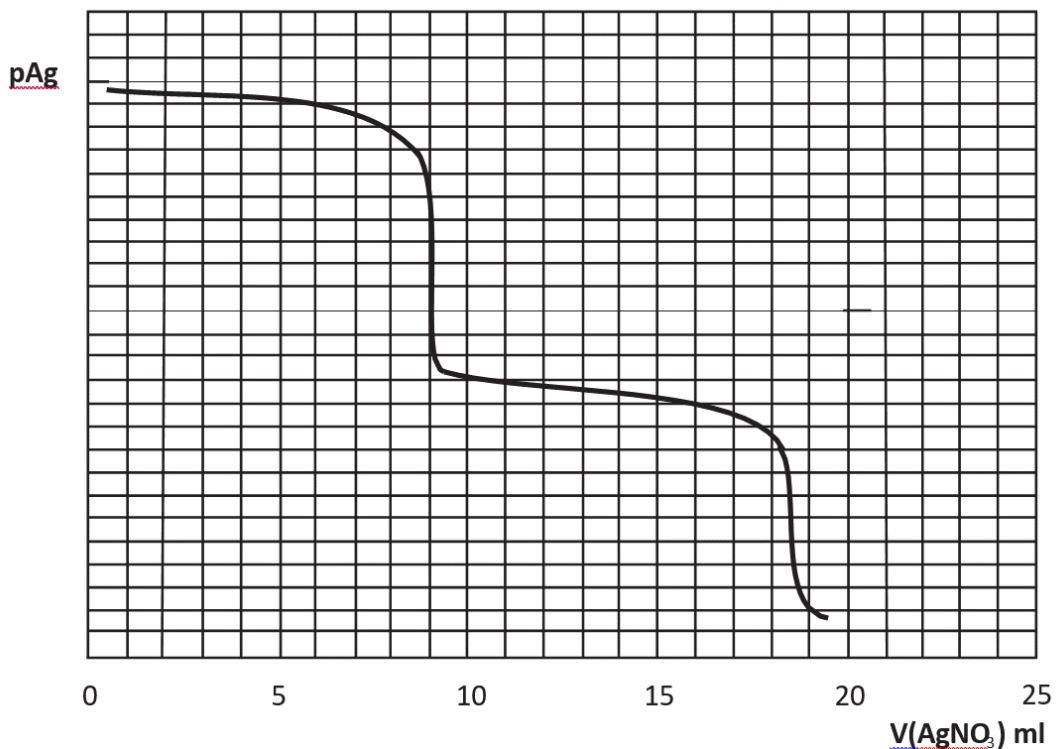
- a) 2-metyylibutan-2-oli + vetybromidi
- b) 4,5-dimetyyliheks-2-yyini (4,5-dimetyyli-2-heksyyini) + ylimäärin vetyä ja katalyytti
- c) 4-propyylifenoli + natriumhydroksidi
- d) 3-metyylipent-2-eeni (3-metyyli-2-penteeni) + vesi
- e) 2-etyylisykloheksanoli + rikkihappo
- f) 3-hydroksibutanaali + voimakas hapetin

Tehtävä 5 (10 pistettä)

Kloridi- ja jodidi-ioni muodostavat kumpikin veteen niukkaliukoisen hopeasuolan. Ionien kvantitatiiviseen määrittämiseen käytetään saostustitrausta, jossa kloridi- ja jodidi-ioneja sisältävään liuokseen lisätään pienin erin hopeanitraattiliuosta. Titrausta seurataan potentiometrisellä menetelmällä, jossa liuoksen pAg-arvo ($= -\lg[\text{Ag}^+]$) mitataan kunkin lisäyksen jälkeen. Kun kloridi- ja jodidi-onia sisältävä 40,0 ml liuos titrattiin 0,085 M AgNO_3 -liuoksella, saatiin oheinen titrauskäyrä.

- Päättele, kumpi hopeasuoloista saostuu ensin.
- Laske titrauskäyrän perusteella kummankin halogenidin konsentraatio lähtöliuoksessa.
- Mikä on liuoksen Ag^+ -ionikonsentraatio, kun puolet ensin saostuvasta hopeasuolasta on titrattu?
- Mitkä ovat liuoksen kloridi- ja jodidi-ionikonsentraatiot, kun runsasliukoisempi hopeasuola alkaa saostua?

Liukoisuustulot: $K_s(\text{AgCl}) = 1,77 \times 10^{-10}$ ja $K_s(\text{AgI}) = 8,51 \times 10^{-17}$



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	VIII 9	VIII 10	IB 11	IIB 12	IIIB 13	IVB 14	VB 15	VIB 16	VII B 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	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	
11 Na 22.990	19 K 39.098	57 La* 1138.91	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)	
37 Rb 85.468	55 Cs 132.91	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

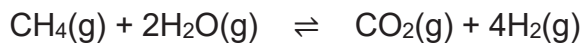
58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
---------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------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

90 Th 242.04	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)
---------------------------	---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

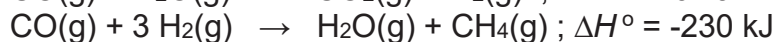
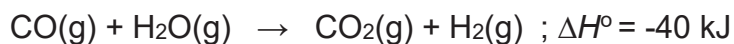
Vastausten selitykset

Tehtävä 1 (10 pistettä)

Ammoniakin valmistuksessa tarvittava vetykaasu saadaan reformoimalla metaania korkeassa lämpötilassa:

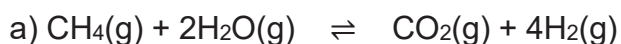


- a) 10,0 litran astiaan lisättiin 1,00 moolia metaania ja 1,00 moolia vettä lämpötilassa 1000 K. Mikä on reaktion tasapainovakion arvo, kun tasapainon asetuttua astiaan muodostui 0,92 moolia vetyä?
- b) Laske reaktion reaktiolämpö ΔH° käyttäen hyväksi seuraavia tietoja:



- c) Lisääntyykö vedyn saanto, jos lämpötila nostetaan arvoon 1100 K? Perustele.

Vastausanalyysi:



Lasketaan tasapainokonsentraatiot:

(Myös kaasutasapainovakion käyttö toimii, joskin se on annetuilla yksiköillä työläämpi tapa)

$$[\text{H}_2] = 0,092 \text{ M}$$

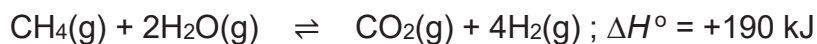
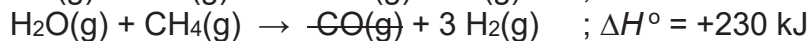
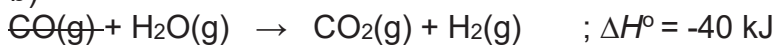
$$[\text{CH}_4] = 0,100 \text{ M} - 1/4 \cdot 0,092 \text{ M} = 0,077 \text{ M}$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = 0,092 \text{ M} - 1/2 \cdot 0,092 \text{ M} = 0,054 \text{ M}$$

$$[\text{CO}_2] = 1/4 \cdot 0,092 \text{ M} = 0,023 \text{ M}$$

$$\begin{aligned} K &= [\text{H}_2]^4 [\text{CO}_2] / ([\text{CH}_4] [\text{H}_2\text{O}]^2) \\ &= (0,092 \text{ M})^4 \cdot 0,023 \text{ M} / \{ 0,054 \text{ M} (0,023 \text{ M})^2 \} \\ &= 7,3 \cdot 10^{-3} \text{ M}^2 \end{aligned}$$

b)



c)

Lämpötilan nosto siirtää tasapainoa oikealle, sillä reaktion on endoterminen. (Vedyn saanto paranee.)

Tehtävä 2 (10 pistettä)

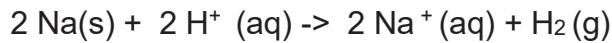
Tehtäväsi on valmistaa koulun laboratoriossa pieniä määriä seuraavia kaasuja:

- a) vety
- b) happi
- c) ammoniakki
- d) hiilidioksidi

Laadi reaktioyhtälöt, joihin valmistus perustuu. Millä yksinkertaisilla kokeilla voit varmistua siitä, että saadut kaasut ovat oikeaa ainetta?

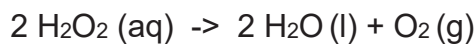
Vastausanalyysi:

a) esim. Alkali tai –maa-alkalimetallin reaktio hapon kanssa.



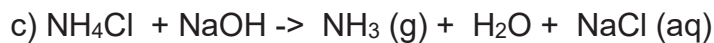
Pieni määrä kerättyä vetykaasua, esim. 10 ml (NTP) voidaan räjäyttää

b) Peroksidit, kuten vetyperoksidi hajoavat tuottaen happea.



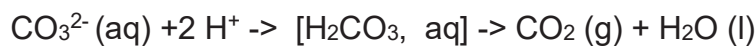
Puhdas happi ylläpitää palamista ilmaa paremmin.

Tai kohtiin a & b: Veden elektrolyysillä voidaan tuottaa molempia kaasuja yhdellä reaktiolla.



Ammoniakki on pistävän hajuinen kaasu, jonka emäksisyys voidaan todeta suoraan indikaattorilla tai vesiliuoksesta johon se on johdettu.

d) Karbonaatit vapauttavat happamassa liuoksessa hiilidioksidia, joka tukahduttaa palamisen.



Tehtävä 3 (10 pistettä)

Päättele, ovatko seuraavien aineiden vesiliuokset happamia, neutraaleja vai emäksisiä:

- a) 0,050 M kalsiumhydroksidi
- b) 0,10 M metyyliamiini
- c) 0,20 M kaliumkarbonaatti
- d) 0,10 M bariumnitraatti
- e) 0,10 M natriumasetaatti
- f) $1,0 \times 10^{-8}$ M suolahappo.

Perustele valintasi reaktioyhtälöillä.

Vastausanalyysi:

a – c) Emäksisiä:

Kaikki tuottavat vedessä hydroksidi-ioneja

ko yhdiste vedessä $\rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^-$

ko yhdiste vedessä $\rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$

ko yhdiste vedessä $\rightarrow 2 \text{K}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow 2 \text{K}^+ + 2 \text{OH}^- + \text{CO}_2$

d) neutraali

Kookkaat ja pienivarauksiset ionit, kuten alkali- ja maa-alkalimetalli kationit eivät vaikuta liuoksen happamuuteen.

Nitraatti on vahvan hapon konjugaatti, ja sen kyky toimia vedessä emäksenä on olematon

e) emäksinen

Asetaatti on etikkahapon konjugaattiemäs. Etikkahappo ja asetaatti muodostavat puskuriliuoksia juuri siksi, että sekä happo että sen konjugaatti ovat ko ominaisuudeltaan heikohkoja

f) Neutraali.*

Laimea liuos. Vaikutus happamuuteen on *alle** kymmesosa autoprotolyyysistä.

* Le chatelier'n periaatteen mukaan autoprotolyyysin käänteisreaktio toimii vastareaktiona.

*Myös ilmaisut kuten "hyvin lievästi hapan" kelpasivat.

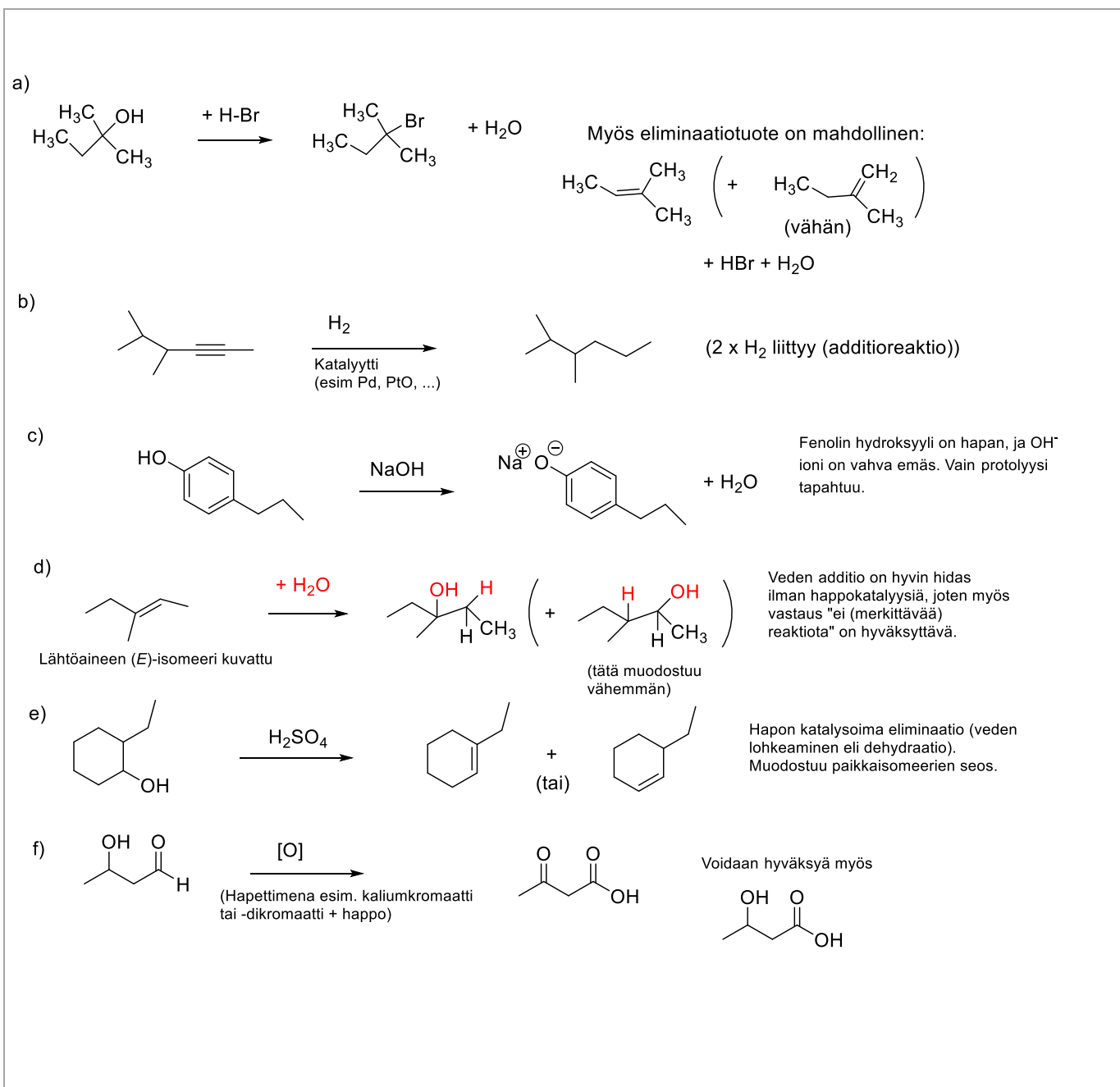
Tehtävä 4 (10 pistettä)

Mitä tuotteita muodostuu, kun seuraavat yhdisteet reagoivat keskenään?

Esitä reaktioissa muodostuvien tuotteiden rakennekaavat.

- 2-metyylibutan-2-oli + vetybromidi
- 4,5-dimetyyliheks-2-yyini (4,5-dimetyyli-2-heksyyini) + ylimäärin vetyä ja katalyytti
- 4-propyylifenoli + natriumhydroksidi
- 3-metyylipent-2-eeni (3-metyyli-2-penteeni) + vesi
- 2-etyylisykloheksanoli + rikkihappo
- 3-hydroksibutanaali + voimakas hapetin

Vastausanalyysi:

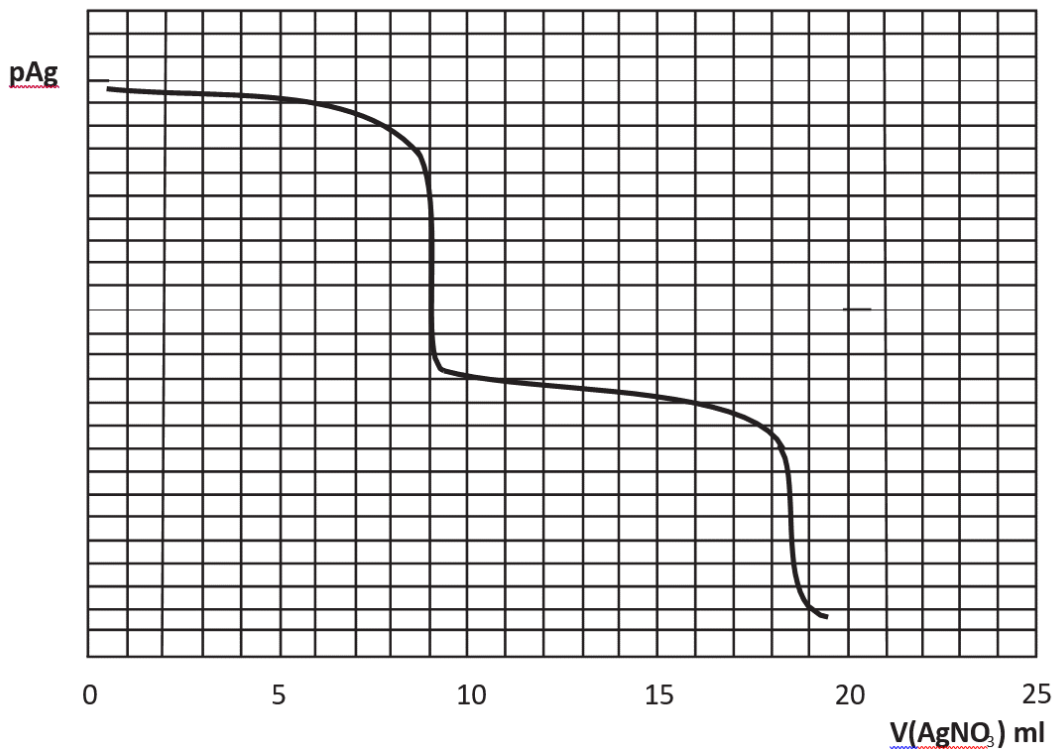


Tehtävä 5 (10 pistettä)

Kloridi- ja jodidi-ioni muodostavat kumpikin veteen niukkaliukoisen hopeasuolan. Ionien kvantitatiiviseen määrittämiseen käytetään saostustitrausta, jossa kloridi- ja jodidi-ioneja sisältävään liuokseen lisätään pieni erin hopeanitraattiliuosta. Titrausta seurataan potentiometrisellä menetelmällä, jossa liuoksen pAg-arvo ($= -\lg[\text{Ag}^+]$) mitataan kunkin lisäyksen jälkeen. Kun kloridi- ja jodidi-onia sisältävä 40,0 ml liuos titrattiin 0,085 M AgNO_3 -liuoksella, saatiin oheinen titrauskäyrä.

- Päättele, kumpi hopeasuoloista saostuu ensin.
- Laske titrauskäyrän perusteella kummankin halogenidin konsentraatio lähtöliuoksessa.
- Mikä on liuoksen Ag^+ -ionikonsentraatio, kun puolet ensin saostuvasta hopeasuolasta on titrattu?
- Mitkä ovat liuoksen kloridi- ja jodidi-ionikonsentraatiot, kun runsasliukoisempi hopeasuola alkaa saostua?

Liukoisuustulot: $K_s(\text{AgCl}) = 1,77 \times 10^{-10}$ ja $K_s(\text{AgI}) = 8,51 \times 10^{-17}$



Vastausanalyysi:

- Hopeajodidin liukoisuustulo on pienempi kuin hopeakloridin, joten hopeajodidi saostuu ensin
- Ensimmäisessä ekvivalenttikohdassa ($V_1(\text{AgNO}_3) = 9,0$ ml) kaikki jodidi-ionit ovat saostuneet hopeajodidina. Tämän perusteella jodidi-ionien konsentraatio lähtöliuoksessa

$$n(\text{I}^-) = n(\text{Ag}^+, \text{ekv}1) = \frac{0,0090 \text{ l} \times 0,085 \text{ mol/l}}{0,040 \text{ l}} = 0,0191 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 0,019 \text{ mol/l}$$

Kun kaikki I^- -ionit ovat saostuneet, Cl^- -ionit alkavat saostua ja ovat kaikki saostuneet toisessa ekvivalenttikohdassa ekv2, jossa AgNO_3 -liuosta on kulunut 18,5 ml. Kloridi-ionien saostamiseen kuluu AgNO_3 -liuosta:

$$V(\text{AgNO}_3) = 18,5 \text{ ml} - 9,0 \text{ ml} = 9,5 \text{ ml}$$

joten kloridi-ionien alkuperäinen konsentraatio voidaan laskea seuraavasti:

$$n(\text{Cl}^-) = n_2(\text{Ag}^+) = c \times V_2(\text{AgNO}_3) \quad c(\text{Cl}^-) = \frac{n_2(\text{AgNO}_3)}{V(\text{lähtöliuos})} = \frac{0,0045 \text{ l} \times 0,085 \text{ mol/l}}{0,040 \text{ l}} = 0,0202 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 0,020 \text{ mol/l}$$

- c) Puolet hopeasuolasta on titrattu, kun hopeanitraattiliuoksen kulutus on $V(\text{AgNO}_3) = 4,5$ ml ja liuoksen kokonaistilavuus $V_{\text{tot}} = 44,5$ ml. Tällöin puolet jodidi-ioneista on saostunut. Liuoksessa olevien hopeaionien konsentraatio $c(\text{I}^-)$ on silloin:

$$c(\text{I}^-) = \frac{n(\text{AgNO}_3)}{V_{\text{tot}}} = \frac{0,0045 \text{ l} \times 0,085 \text{ mol/l}}{0,0445 \text{ l}} = 8,596 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

Liuoksessa olevin hopeaionien konsentraatio voidaan laskea AgI liukoisuustulon avulla:

$$c(\text{Ag}^+) = \frac{K_s(\text{AgI})}{c(\text{I}^-)} = \frac{8,51 \times 10^{-17} \text{ M}^2}{8,596 \times 10^{-3} \text{ M}} = 9,9 \times 10^{-15} \text{ M}$$

- d) AgCl alkaa saostua, kun hopeanitraattia on lisätty 9,0 ml. Tällöin:

$$c(\text{Cl}^-) = \frac{n(\text{Cl}^-)}{V_{\text{tot}}} = \frac{0,0095 \text{ l} \times 0,085 \text{ mol/l}}{0,049 \text{ l}} = 0,0165 \text{ mol/l}$$

Hopeaionien konsentraatio on tällöin laskettavissa ionitulon perusteella:

$$c(\text{Ag}^+) = \frac{K_s(\text{AgCl})}{c(\text{Cl}^-)} = \frac{1,77 \times 10^{-10} \text{ M}^2}{0,0165 \text{ M}} = 1,07 \times 10^{-8} \text{ M} \sim 1,1 \times 10^{-8} \text{ mol/l}$$

Jodidi-ioneja on liuoksessa samaan aikaan:

$$c(\text{I}^-) = \frac{K_s(\text{AgI})}{c(\text{Ag}^+)} = \frac{8,51 \times 10^{-17} \text{ M}^2}{1,07 \times 10^{-8} \text{ M}} = 7,95 \times 10^{-9} \text{ M}$$