



KEMIAN KOE 27.9.2013 HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Alla oleva vastausten piirteiden ja sisältöjen luonnehdinta ei sido ylioppilastutkintolautakunnan arvostelua. Lopullisessa arvostelussa käytettävistä kriteereistä päättää tutkintotoimikunta.

Kemian tehtäviä arvosteltaessa painotetaan oppiaineen luonteen mukaista esitystapaa sekä käsitteiden ja kielenkäytön täsmällisyyttä. Hyvä vastaus on jäsennelty ja sisällöltään johdonmukainen. Vastauksessa on käytetty kaavoja ja reaktioyhtälöitä asianmukaisesti. Reaktioyhtälöt on esitetty ilman hapetuslukuja pienimmin mahdollisin kokonaislukukertoimin ja olomuodoilla varustettuna. Orgaanisissa reaktioyhtälöissä käytetään rakennekaavoja, mutta olomuotoja ei vaadita.

Laskennallisissa tehtävissä suureyhtälöt ja kaavat on perusteltu tavalla, joka osoittaa kokelaan ymmärtäneen tehtävänannon oikein ja soveltaneen ratkaisussaan asianmukaista periaatetta tai lakia. Vastauksessa johtopäätökset on tehty perustellen ja suureyhtälöitä käyttäen, ja saadut lopputulokset on esitetty oikealla tarkkuudella. Kemian kokeessa kaikki funktio-, graafiset ja symboliset laskimet ovat sallittuja. Symbolisen laskimen avulla tehdyt ratkaisut hyväksytään, kunhan ratkaisusta käy ilmi, mihin reaktioyhtälöön symboleineen se perustuu. Myös toisen asteen yhtälön ratkaisun voi suorittaa laskimella. Lukuarvojen sijoittamista ratkaisukaavaan ei tarvitse merkitä näkyviin.

Tehtävä 1

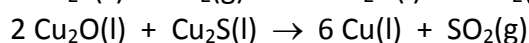
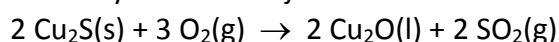
Esimerkiksi seuraavat yhdisteet tai alkuaineet sopivat tehtävässä annettuihin kuvauksiin:

- a) fruktoosi, glukoosi tai sakkaroosi
- b) natriumkloridi
- c) ksylitoli
- d) askorbiinihappo
- e) vesi
- f) typpi tai hiilidioksidi tai jokin muu elintarvikkeiden lisäaineeksi hyväksytty pakkauskaasu (argon, helium)

Perustelua ei vaadita.

Tehtävä 2

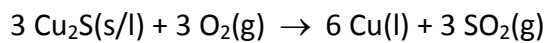
a) Reaktioyhtälöt on kirjoitettu oikein sisältäen olomuotomerkinnot.



(2 p.)

- b) Laskuissa on käytetty asianmukaisia laskukaavoja ja otettu huomioon reaktioyhtälöiden kertoimet. Laskujen välivaiheet on esitetty yksiköineen oikein ja riittävällä tarkkuudella. Lopputulos on esitetty oikealla tarkkuudella.

Laskemalla yhteen reaktiot puolittain on saatu kokonaisreaktio:



Kirjoitetun kokonaisreaktion perusteella nähdään, että $n(\text{Cu}) = 2 \cdot n(\text{Cu}_2\text{S})$.

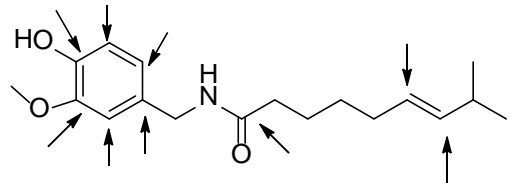
$$\text{Lasketaan } m(\text{Cu}) = \frac{2 \cdot m(\text{Cu}_2\text{S})}{M(\text{Cu}_2\text{S})} \cdot M(\text{Cu}) = 87\,836,9 \text{ g,}$$

jolloin 95-prosenttista kuparia saadaan 92,460 kg \approx 92 kg.

(4 p.)

Tehtävä 3

- a) Kaikki funktionaaliset ryhmät on löydetty ja nimetty oikein.
Funktionaaliset ryhmät ovat seuraavat: bentseenirengas, yksi hiilten välinen kaksoissidos, (fenolinen) hydroksyyli-ryhmä, amidi (tai vaihtoehtoisesti karbonyyli- ja aminoryhmä), eetterin happisilta.
- b) sp^2 -hiilet on merkitty rakennekaavaan. Kapsaisiin rakenteessa on 9 sp^2 -hiiltä.
- c) Rakenteessa esiintyy *cis-trans*-isomeriaa hiilten välisen kaksoissidoksen kohdalla. Kaksoissidoksen kumpaankin hiiliatomiin on liittynyt kaksi erilaista atomia tai atomiryhmää, ja vapaata kiertymistä kaksoissidoksen ympäri ei voi tapahtua.



Tehtävä 4

Kussakin kohdassa on kuvattu elektronien sijoittuminen uloimmalle elektronikuorelle ja perusteltu sen avulla vastaus kohtiin a–e. Selitysten tukena voi käyttää uloimman elektronikuoren oktetia (ns^2np^6), joka on stabiili elektronirakenne (energiaminimi).

- a) Maa-alkalimetallien uloimmalla elektronikuorella (ns^2) on 2 elektronia, jotka ne helposti luovuttavat, sillä niiden 1. ja 2. ionisaatioenergia on pieni. (1 p.)
- b) Jalokaasuatomien uloimmalla elektronikuorella on oktetti ns^2np^6 , joten jalokaasut eivät reagoi helposti. (1 p.)
- c) Natriumatomi ($3s^1$) on 3. jaksossa ja kalium ($4s^1$) on 4. jaksossa. Atomisäde kasvaa siirtäessä ryhmissä ylhäältä alaspäin. Kasvu selittyy uuden elektronikuoren miehittymisellä, joten Na-atomin atomisäde on pienempi kuin K-atomin. (1 p.)
- d) Typen elektronirakenne on $1s^22s^22p^3$, eli typeltä puuttuu 3 elektronia oktetista. Typpi-molekyylissä typpiatomit saavat oktetit, kun jakavat 3 elektroniparia: $:\text{N}\equiv\text{N}:$ (1 p.)

- e) Elektronirakenteet ovat Cl: $1s^2 2s^6 3s^2 3p^5$ ja Cl^- : $1s^2 2s^6 3s^2 3p^6$. Kloridi-ionissa on sama ydinvaraus (protonien lukumäärä) kuin klooriatomissa, mutta elektroneja on yksi enemmän. Kloridi-ionissa elektronit hylkivät toisiaan voimakkaammin, joten ionin säde on suurempi kuin atomin. (2 p.)

Tehtävä 5

Laskuissa on käytetty asianmukaisia laskukaavoja ja otettu huomioon reaktioyhtälöiden kertoimet. Laskujen välivaiheet on esitetty yksiköineen oikein ja riittävällä tarkkuudella. Lopputulos on esitetty oikealla tarkkuudella.

- a) Laskettu $\text{Mn}(\text{OH})_2$ liukoisuustulon avulla $\text{Mn}(\text{OH})_2$:n liukoisuus 1,00 litrassa vettä.

$$K_s(\text{Mn}(\text{OH})_2) = [\text{Mn}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ (mol/l)}^3$$

$$[\text{Mn}^{2+}] = \sqrt[3]{\frac{1}{4} \cdot (1,6 \cdot 10^{-13})} = 3,42 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

$$m(\text{Mn}(\text{OH})_2) = 3,42 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \cdot 1,00 \text{ l} \cdot 88,956 \text{ g/mol} = 3,04 \text{ mg}$$

- b) Edellisen kohdan tuloksen perusteella lasketaan kylläisessä liuoksessa $[\text{OH}^-] = 6,85 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$, jolloin $\text{pH} = 9,84$.

- c) Laskettu ionitulo 100 ml:ssa liuosta:

Ionitulo $Q = [\text{Mn}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 1,25 \cdot 10^{-12} \text{ (mol/l)}^3$, joka on suurempi kuin liukoisuustulo tässä lämpötilassa.

Mangaani(II)hydroksidi saostuu.

Tehtävä 6

- a) Määritelty pelkistin.

Pelkistin hapettuu eli luovuttaa elektroneja. (1 p.)

- b) Perusteltu vastaus koetulosten avulla.

Mg on voimakkain pelkistin, sillä se hapettuu kolmessa kokeessa. (1 p.)

- c) Perusteltu vastaus, etteivät täysin vastaa.

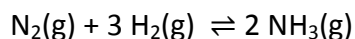
Kirjattujen havaintojen mukaan sinkki ei reagoi rauta(II)-ionin kanssa, vaikka jännitesarjassa rauta on sinkkiä jalompi metalli. (2 p.)

- d) Esimerkkejä syistä: konsentraation vaikutus, lämpötilan vaikutus, pinnan ominaisuudet (rasva, hapettunut kerros), hidas reaktio, normaalivetyelektrodi ei ole käytössä tässä koejärjestelyssä. (2 p.)

Tehtävä 7

Kirjoitettu valmistusreaktion yhtälö olomuotomerkintöineen.

Laskettu tasapainovakioiden arvot kokeissa 1, 2 ja 3 ottaen huomioon reaktioyhtälön kertoimet. Laskettu tasapainovakioiden keskiarvo.



| | | | | | |
|-------------------|------------------------|---|--------------------------|----------------------|---------------------------|
| Koe 1 | $\text{N}_2(\text{g})$ | + | $3 \text{H}_2(\text{g})$ | \rightleftharpoons | $2 \text{NH}_3(\text{g})$ |
| Tasapainotila (M) | $1,00 - x$ | | $1,00 - 3x$ | | $2x = 0,157$ |

Sijoittamalla konsentraation muutos $x = 0,0785$ saadaan $[\text{N}_2] = 0,9215 \text{ M}$; $[\text{H}_2] = 0,7645 \text{ M}$; $[\text{NH}_3] = 0,157 \text{ M}$.

Tasapainovakion arvo kokeessa 1:

$$K_1 = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} = \frac{(0,157)^2}{0,9215 \cdot (0,7645)^3} = 5,99 \cdot 10^{-2} (\text{l/mol})^2$$

Tasapainovakioiden arvot vastaavasti kokeissa 2 ja 3:

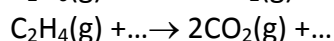
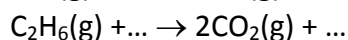
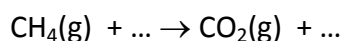
| Koe | $K (\text{l/mol})^2$ |
|-----|----------------------|
| 2 | $6,05 \cdot 10^{-2}$ |
| 3 | $6,02 \cdot 10^{-2}$ |

Tällöin tasapainovakioiden keskiarvoksi saadaan $6,02 \cdot 10^{-2} (\text{l/mol})^2$ 500°C :ssa.

Tehtävä 8

Laskuissa on käytetty asianmukaisia laskukaavoja ja otettu huomioon reaktioyhtälöiden kertoimet. Laskujen välivaiheet on esitetty yksiköineen oikein ja riittävällä tarkkuudella. Loppu-tulos on esitetty oikealla tarkkuudella.

Kun p ja T ovat vakiot, kaasujen ainemäärät ovat yhtälön $pV = nRT$ mukaan verrannollisia kaasujen tilavuuksiin. Täten laskuissa voidaan ainemäärien sijasta käyttää vastaavia tilavuuk-sia. Kun kaasut poltetaan täydellisesti, riippuu muodostuvan hiilidioksidin määrä pelkästään kaasuissa olevien hiiliatomien lukumäärästä:



(2 p.)

Hiilidioksidin kokonaistilavuus $V(\text{CO}_2) = 70,0 \text{ ml}$

Hiilivetyjen kokonaistilavuus $V(\text{kaasut}) = 50,0 \text{ ml}$

Kaasujen tilavuudet voidaan ratkaista yhtälöryhmästä merkitsemällä

$V(\text{metaani}) = x$; $V(\text{etaani}) = y$; $V(\text{eteeni}) = z$

Saadaan yhtälöpari, jota voidaan käsitellä ilman yksiköitä:

$$x + y + z = 50,0$$

$$x + 2y + 2z = 70,0$$

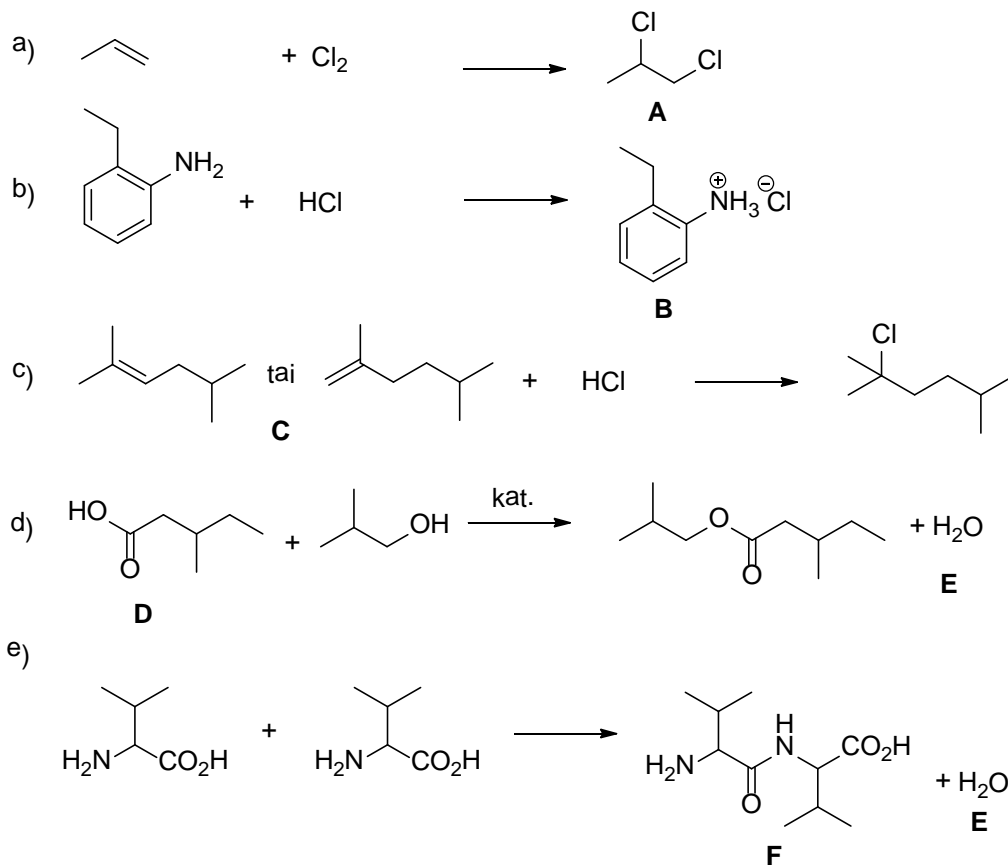
$$y + z = 20,0, \text{ josta } x = 30,0$$

$$\text{metaanin osuus } 30,0 \text{ ml}/50,0 \text{ ml} = 60,0 \%$$

(4 p.)

Tehtävä 9

Esitetty kysytyjen yhdisteiden **A–F** rakennekaavat. Erilaiset rakennekaavojen esitystavat hyväksytään.



Tehtävä 10

a) Yhdistetty kuvaajat aineisiin.

Kuvaaja 1 – C

Kuvaaja 2 – A

Kuvaaja 3 – B

(2 p.)

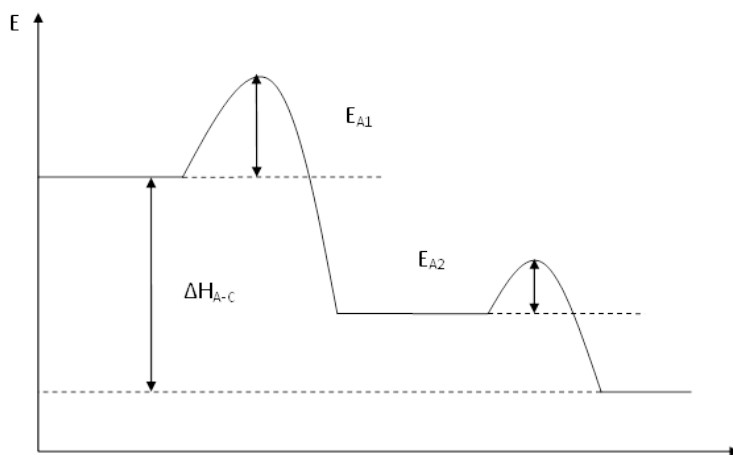
b) Hahmoteltu energiakaavio, johon on merkitty pyydetyt suureet.

Vaaka-akselina voi olla reaktion kulku tai aika.

E_{A1} – ensimmäisen reaktion aktivoitumisenergia

E_{A2} – toisen reaktion aktivoitumisenergia

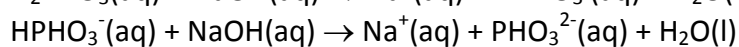
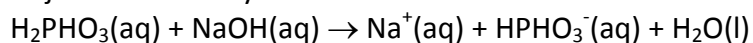
ΔH_{A-C} – reaktion A-C reaktiolämpö



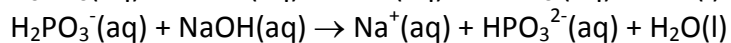
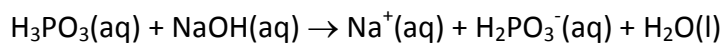
(4 p.)

Tehtävä +11

a) Kirjoitettu reaktioyhtälöt oikein sisältäen olomuotomerkinnot.



tai



(1 p.)

b) Merkitty fosforihapokkeen muodot kysytyissä pisteissä.

A-kohdassa fosforihapoke on pääasiassa muodossa HPO_3^- (tai H_2PO_3^-).

B-kohdassa fosforihapoke on pääasiassa muodossa PO_3^{2-} (tai HPO_3^{2-}).

(2 p.)

- c) Kuvaajasta luettu NaOH-kulutus ekvivalenttikohdalla.

Laskettu neutralointireaktion perusteella fosforihapokkeen massa näytteessä.

$$n(\text{NaOH}) = 0,25 \text{ mol/l} \cdot 10,0 \text{ ml} = 2,50 \text{ mmol}$$

$$n(\text{H}_2\text{PHO}_3) = \frac{1}{2} n(\text{NaOH}) = 1,25 \text{ mmol}$$

$$m(\text{H}_2\text{PHO}_3) = n(\text{H}_2\text{PHO}_3) \cdot M(\text{H}_2\text{PHO}_3) = 102,5 \text{ mg} \approx 100 \text{ mg}$$

Hyväksytään kummasta tahansa ekvivalenttikohdasta laskettuna. (2 p.)

- d) Ymmärretty, että fosforihapokkeen määrä voidaan laskea kummalta tahansa ekvivalenttikohdalta. Titraustulos toisessa ekvivalenttikohdassa (B) on kuitenkin tarkempi, koska pH:n muutos on siinä suurempi (helpommin havaittavissa) ja fosforihapokkeen neutraloimiseen tarvitaan kaksinkertainen määrä emäsluosta. Tällöin NaOH-lisäyksen epätarkkuuden vaikutus hapon ainemäärää laskettaessa puolittuu. (2 p.)

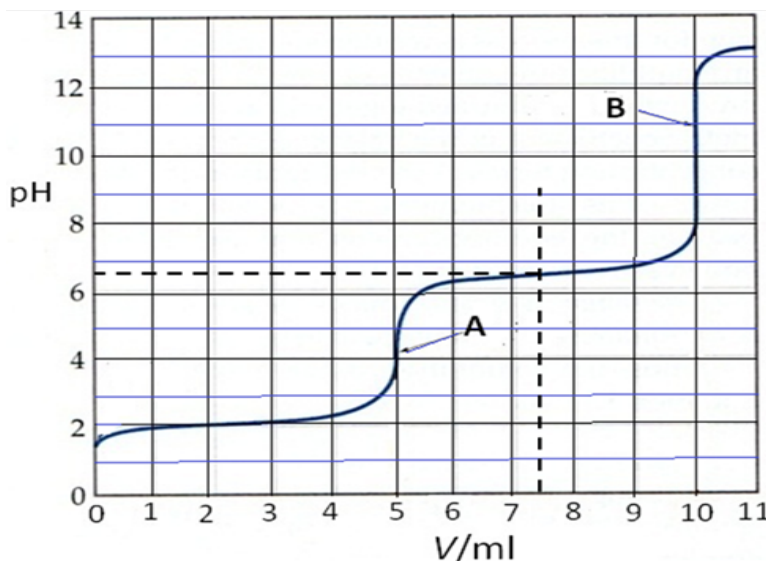
- e) Fosforihapokkeen toisen happovakion arvo voidaan arvioida titrauskäyrän toiselta puskurialueelta, joka on pisteiden A ja B välissä.

$$K_{a2} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{PHO}_3^{2-}]}{[\text{HPO}_3^-]}$$

Helpoiten happovakio saadaan puskurialueen puolivälistä, jolloin $[\text{HPO}_3^-] = [\text{PHO}_3^{2-}]$.

Tällöin happovakion lausekkeen mukaan $K_{a2} = [\text{H}_3\text{O}^+]$. Titrauskäyrältä voidaan lukea $\text{pH} \approx 6,7$, jolloin $K_{a2} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$.

Hyväksytään kohtuullinen vaihteluväli kuvaajaa luettaessa.



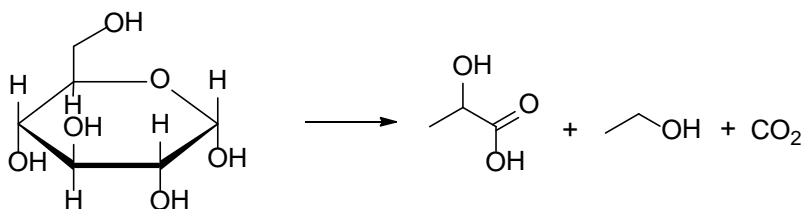
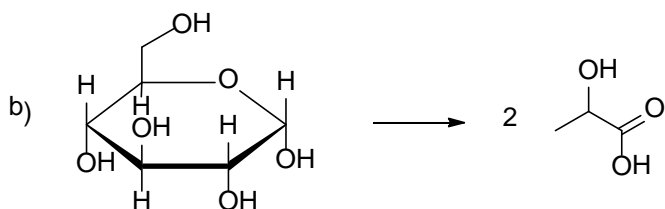
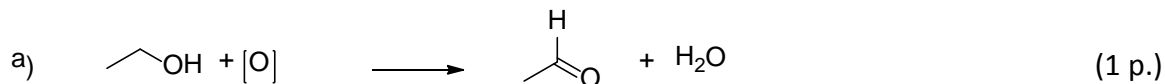
Toisen happovakion arvo voidaan myös määrittää laskemalla tilavuuden ja pH-arvon perusteella toisella puskurialueella.

$$K_{a2} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{PHO}_3^{2-}]}{[\text{HPO}_3^-]} \approx \frac{10^{-\text{pH}} \cdot \frac{0,25 \text{ mol/l} \cdot (V(\text{NaOH}) - 5,0 \text{ ml})}{V_{\text{kok.}}}}{0,00125 \text{ mol} - 0,25 \text{ mol/l} \cdot (V(\text{NaOH}) - 5,0 \text{ ml})}$$

(2 p.)

Tehtävä +12

Reaktioyhtälöt on kirjoitettu rakennekaavoin. Erilaiset rakennekaavojen kirjoittamistavat hyväksytään. Erilaiset tavat merkitä hapettava aine reaktioyhtälöön hyväksytään. Olomuoto-merkintöjä ei vaadita.



(2 p.)

c) On selitetty, että elintarvikkeista otetaan näyte (jota käsitellään tarvittaessa sopivalla tavalla). Esitetty jokin pieniin pitoisuuksiin soveltuva menetelmä, esimerkiksi

- kromatografiset menetelmät yleensä
- asetaldehydin määrittämiseen kaasukromatografia sopivaa detektoria käyttämällä (FID)
- kofeiinin määrittämiseen nestekromatografia
- monien metalli-ionien määrittämiseen soveltuu myös atomiabsorptiospektrometria.

(2 p.)

d) Selvitetty asetaldehydin haittojen tutkimusta, riskien arviointia ja vähentämistoimenpiteitä.

Tarkasteltu monipuolisesti joitakin seuraavista seikoista:

Tiedon kerääminen:

- Elintarvikkeissa esiintyvien asetaldehydipitoisuuksien määrittäminen
- Asetaldehydin vaikutusten tutkiminen solu- tai eläinkokeilla
- Asetaldehydin muodostumiseen liittyvien prosessien ymmärtäminen

Riskien arviointi:

- Asetaldehydisaannon riskirajojen määrittäminen
- Haittavaikutusten kokonaisuuden arviointi
- Esimerkiksi hapatettujen maitotuotteiden terveyshyödyt saattavat olla suuremmat kuin pienten asetaldehydipitoisuuksien aiheuttamat haitat.
- Esimerkiksi runsaan alkoholinkäytön haitat saattavat johtua lähinnä etanolista eikä asetaldehydistä.

Toimenpiteet:

- Tarvittaessa asetaldehydin käytön kieltö elintarvikkeiden lisäaineena
- Tarvittaessa elintarvikkeiden turvarajan asettaminen
- Tuotteiden valvonta ja testaus
- Fermentaatioprosessien kehittäminen siten, että asetaldehydiä muodostuu vähemmän
- Riskikäyttäytymiseen liittyvä valistus

Työturvallisuus työpaikoilla tapahtuvan altistumisen osalta:

- Altistumisen vähentäminen työtavoilla
- Asetaldehydin korvaaminen muilla yhdisteillä
- Suojavälineiden käyttö: hengityssuojain, vetokaappi

Kansainvälistä yhteistyötä tarvitaan kaikissa vaiheissa.

(4 p.)