



## KEMIAN KOE 29.9.2017 HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Tutkintoaineen sensorikokous on hyväksynyt seuraavat hyvän vastauksen piirteet.

Kemiassa arvioinnin kohteina ovat kemiallisen tiedon ymmärtäminen ja soveltaminen lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti. Arvioinnissa otetaan huomioon myös kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsittelyn taidot. Näihin kuuluvat esimerkiksi kokeiden suunnittelu, työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttö, tulosten esittäminen ja tulkitseminen sekä johtopäätösten tekeminen ja soveltaminen.

Kemian tehtäviä arvosteltaessa painotetaan oppiaineen luonteen mukaista esitystapaa sekä käsitteiden ja kielenkäytön täsmällisyyttä. Reaktioyhtälöt esitetään ilman hapetuslukuja pienimmän mahdollisin kokonaislukukertoimin ja olomuodoilla varustettuna. Orgaanisissa reaktioyhtälöissä käytetään rakennekaavoja, mutta olomuotoja ei vaadita. Rakennekaavojen eri esitystavat hyväksytään.

Laskennallisissa tehtävissä suureyhtälöjä ja kaavoja käytetään tavalla, joka osoittaa kokelaan ymmärtäneen tehtävänannon oikein ja soveltaneen ratkaisussaan asianmukaista periaatetta tai lakia. Vastauksesta ilmenee yksiselitteisesti, miten lopputulokseen päädytään. Jos tehtävässä tarvitaan välituloksia, ne esitetään riittävällä tarkkuudella yksiköineen. Lopputulokset annetaan lähtöarvojen mukaisella tarkkuudella yksiköineen, ja johtopäätökset perustellaan.

Kuvaajat piirretään huolellisesti ja riittävän kokoisina. Millimetripaperin käyttö on suositeltavaa, mutta ei pakollista. Kuvaajaan merkitään akselien nimet, yksiköt ja asteikko. Mittauspisteisiin sovitetaan asianmukainen suora tai yhtenäinen kaareva viiva. Kuvaajaan merkitään johtopäätösten kannalta olennaiset kohdat, kuten ekvivalenttikohhta titrauskäyrässä tai hetkellistä nopeutta laskettaessa kyseinen tangentti.

Essee- ja selittävässä vastauksissa tekstiä yleensä täydennetään reaktioyhtälöillä, kaavoilla tai piirroksilla. Hyvä vastaus on jäsenelty ja sisällöltään johdonmukainen. Keskeisten seikkojen painottaminen on tärkeämpää kuin hajanaisten yksityiskohtien esittäminen. Jokeritehtävässä korkeimmat pistemäärät edellyttävät kykyä tietojen soveltamiseen myös laajemmissa yhteyksissä. Vastauksen puutteita voi jossain määrin kompensoida muiden näkökulmien syvällisellä käsittelyllä tai muilla lisäansioilla.

Kemian kokeessa kaikki funktio-, graafiset ja symboliset laskimet ovat sallittuja. Symbolisen laskimen avulla tehdyt ratkaisut hyväksytään, kunhan ratkaisusta käy ilmi, mihin tilanteeseen ja yhtälöihin ratkaisu symboleineen perustuu. Laskinta voi käyttää myös yhtälön ratkaisemiseen tai kuvaajasta selvitettävien arvojen määrittämiseen.

Tehtävä arvostellaan  $\frac{1}{3}$  pisteen tarkkuudella, ja loppusumma pyöristetään kokonaisiksi pisteiksi. Kemian kannalta epätasällisesta kielenkäytöstä, huolimattomasta kaavojen kirjoittamisesta tai pienistä laskuvirheistä vähennetään 0–1 p.

## Tehtävä 1

- a) 2 (emulsio)
- b) 3 (liuos)
- c) 1 (alkuaine)
- d) 3 (liuos)
- e) 5 (yhdiste)
- f) 4 (suspensio eli liete)

(6 x 1 p.)

*Ylimääräisiä vastauksia 0 p./kohta.*

## Tehtävä 2

- a) Typen ainemäärä:  
 $n(\text{N}_2) = m/M$   
 $= 4040 \text{ g} / 28,02 \text{ g/mol} = 144,1827 \text{ mol}$  (1 p.)

Nestemäisestä typestä höyrystyvän typen tilavuus:  
 $V(\text{N}_2) = nRT/p$   
 $= (144,1827 \text{ mol} \cdot 8,31451 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)} \cdot 253,15 \text{ K}) / 101325 \text{ Pa}$   
 $= 2,9951 \text{ m}^3$

**Höyrystyvän typpikaasun tilavuus on 3,00 m<sup>3</sup>.** (2 p.)

- b) Pakkashuoneeseen jää ilmaa:  
 $V = 5,80 \text{ m}^3 - 2,9951 \text{ m}^3 = 2,8049 \text{ m}^3$  (1 p.)

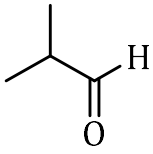
Pakkashuoneeseen jää happea:  
 $V = 0,2095 \cdot (2,8049 \text{ m}^3) = 0,5876 \text{ m}^3$  (1 p.)

Pakkashuoneen happipitoisuus:  
 $100 \% \cdot 0,5876 \text{ m}^3 / 5,80 \text{ m}^3 = 10,1 \%$  (2/3 p.)

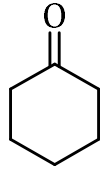
**Erikoistutkija tuupertuu pakkashuoneeseen, sillä huoneen happipitoisuus laski alle 11 prosentin.** (1/3 p.)

### Tehtävä 3

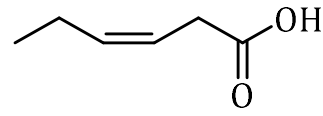
a)- c)



2-metyylipropanaali



sykloheksanoni

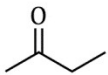


cis-3-hekseenihappo

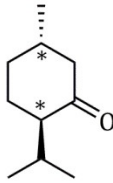
(3 p.)

*rakenne 2/3 p. ja nimi 1/3 p.*

d)



butan-2-oni



mentolin hapetustuote, mentoni

(2/3 p. + 2/3 p.)

Butan-2-olin hapetustuote ei sisällä asymmetrisiä hiiliatomeja. (1/3 p.)

Mentolista syntyvässä tuotteessa on asymmetrisiä hiiliatomeja, mikä voi ilmetä kuvasta.

(1/3 p.)

Asymmetriset hiiliatomit on merkitty kuvaan tai niiden sijainti perusteltu sanallisesti. (1 p.)

#### Tehtävä 4

a) Rajoittavan tekijän määrittäminen

$$n(\text{Sn}) = m/M = 1,00 \text{ g}/(118,71 \text{ g/mol}) = 8,4239 \text{ mmol} \quad (1/3 \text{ p.})$$

$$n(\text{I}_2) = m/M = 3,30 \text{ g}/(253,8 \text{ g/mol}) = 13,002 \text{ mmol} \quad (2/3 \text{ p.})$$

Täydelliseen reaktioon tarvitaan jodia vähintään  $2 \cdot n(\text{Sn}) = 16,848 \text{ mmol}$ .

Koska  $n(\text{I}_2) = 13,002 \text{ mmol} < 16,848 \text{ mmol}$ , (2/3 p.)

**I<sub>2</sub> on rajoittava tekijä.** (2/3 p.)

Teoriassa tinatetrajodidia voi muodostua tällöin

$$n(\text{SnI}_4) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{I}_2) = 6,5012 \text{ mmol} \quad (1 \text{ p.})$$

$$m(\text{SnI}_4) = nM = 6,5012 \text{ mmol} \cdot 626,31 \text{ g/mol} = 4,0718 \text{ g.}$$

**Tinatetrajodidia voi muodostua teoriassa 4,07 g.** (2/3 p.)

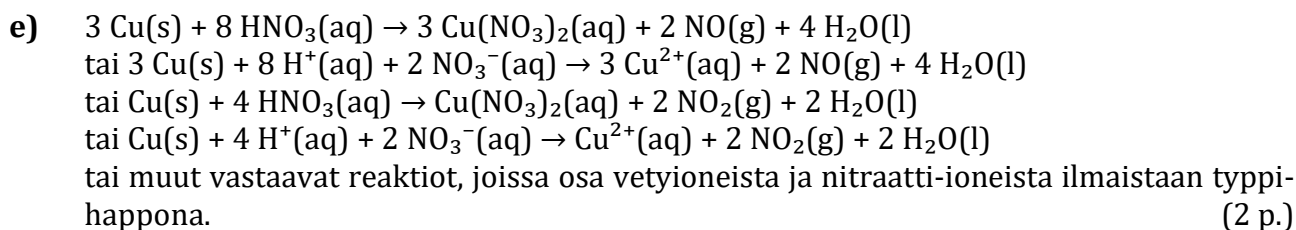
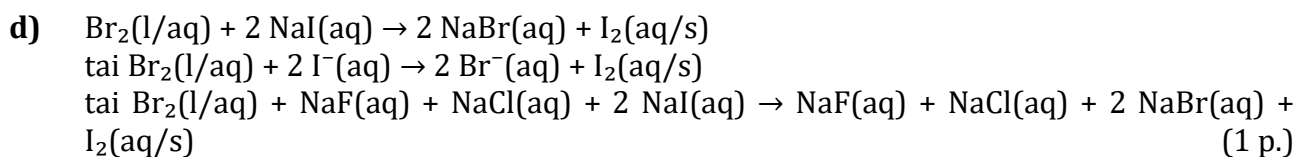
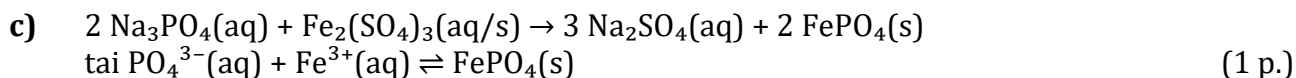
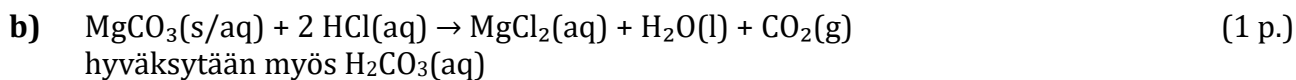
b) **Saantoprosentti oli**  $(3,26 \text{ g}/4,0718 \text{ g}) \cdot 100 \% = \mathbf{80,1 \%}$ . (1 p.)

c) **Todellinen saanto on pienempi kuin teoreettinen saanto, koska**

- reaktio ei ole tapahtunut täydellisesti
- tuotetta on voinut jäädä suodatusvaiheessa dekantterilasiin tai suppiloon
- tuotetta on voinut liueta pesuvaiheessa
- osa jodista on karannut kolvista pystyjäähdyttimestä huolimatta
- osa tinatetrajodidista on jäänyt liuokseen
- käytetyt lähtöaineet eivät ole olleet puhtaita.

(1 p.)

## Tehtävä 5



*Reaktioyhtälöissä a-d virheellinen yhdiste tai kerroin: 0 p./kohta.*

*Reaktioyhtälössä e oikeat tuotteet ja lähtöaineet: 1 p.*

*Reaktioyhtälössä virheellisiä tai puuttuvia olomuotoja: -1/3 p./kohta, mutta enintään -1 p.*

## Tehtävä 6

- a) Tosi. (Tasapainovakiosta voidaan päätellä, että reaktiotuotetta on enemmän kuin lähtöainetta, sillä  $K \gg 1$ .) (1 p.)
- b) Epätosi. Konsentraatioiden muuttaminen ei muuta tasapainovakion arvoa. (Vain lämpötilan muuttaminen muuttaa tasapainovakion arvoa.) (1 p.)
- c) Epätosi. Dynaamisessa tasapainotilassa maltoosin ja glukoosin konsentraatiot eivät muutu, koska reaktiot **I** ja **II** tapahtuvat samalla nopeudella. (1 p.)
- d) Epätosi. Reaktio **I** hidastuu, koska maltoosin konsentraation pienentyessä tapahtuu enimmäkseen vähemmän maltoosimolekyylien välisiä törmäyksiä. Reaktio **II** nopeutuu, koska glukoosin konsentraation kasvaessa glukoosimolekyylien välisiä törmäyksiä tapahtuu enimmäkseen enemmän. (1 p.)
- e) Epätosi. Reaktio **II** hidastuu, sillä lämpötilan laskeminen hidastaa kemiallisia reaktioita. (Myös reaktio **I** hidastuu, mutta vähemmän kuin reaktio **II**. Tällöin tasapainoasema siirtyy oikealle.) (1 p.)
- f) Epätosi. Reaktio **I** on eksotermisen. Siten lämpötilan laskeminen kasvattaa glukoosin konsentraatiota, ja reaktion **I** tasapainovakio kasvaa. (1 p.)

## Tehtävä 7

- a) Sykloheksaani voidaan erottaa vedestä **erotussuppilossa**. Pooliton sykloheksaani ei liukene pooliseen veteen. (Vesi on sykloheksaania tiheämpää. Erotussuppilosta lasketaan ensin vesi pois, ja sykloheksaani jää erotussuppiloon.) (1 p.)

*Erottamisen voi toteuttaa myös tislaamalla.*

- b) Asetoni voidaan erottaa vedestä **tislaamalla**. Asetonin kiehumispiste on 56 °C ja veden 100 °C. Asetoni kiehuu ensin, ja se otetaan talteen tisleenä. (1 p.)

- c) Magnesiumkloridi voidaan erottaa magnesiumkarbonaatista **uuttamalla vedellä** (tai liuottamalla veteen). Magnesiumkloridi liukenee veteen, mutta magnesiumkarbonaattia liukenee veteen vain hyvin vähän. (1 p.)

Magnesiumkarbonaatti **suodatetaan** pois tai liuos dekantoidaan. Suodoksesta **haihdutetaan vesi** pois. (1 p.)

- d) Ensimmäisessä seoksesta poistetaan glykoli **uuttamalla se veteen** (pieneen määrään). Vettä lisätään seokseen ja **kerrokset erotetaan** erotussuppilolla. Glykoli on poolinen yhdiste, ja muut yhdisteet liukenevat veteen vain vähän. (1 p.)

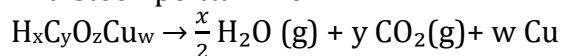
Bentsyylialkoholi erotetaan bentsaldehydistä **tislaamalla**. Bentsaldehydin kiehumispiste on 178 °C ja bentsyylialkoholin 205 °C. **Bentsyylialkoholi tislautuu bentsaldehydin jälkeksi.** (1 p.)

*Erottamisen voi toteuttaa tislaamalla ensin bentsaldehydin, ja sen jälkeen muut yhdisteet erotetaan uuttamalla. Erottamisen voi toteuttaa myös nestekromatografialla, ja tällöin vastauksessa edellytetään myös nestekromatografian periaatetta ja erottamisen perusteluita.*

## Tehtävä 8

Tehtävässä esiintyi virheellinen lähtöarvo. Tiosulfaattiliuoksen konsentraation arvoksi oli vaihtunut kokeen viimeistelyn yhteydessä arvo 0,320 M. Oikea arvo olisi ollut 0,0320 M. Tehtävä arvostellaan kokonaisuutena erottelematta a- ja b-kohtaa.

Yhdisteen polttaminen:



$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = (0,504 \text{ g}) / (44,01 \text{ g/mol}) = 0,011452 \text{ mol} \quad (2/3 \text{ .})$$

$$n(\text{H}) = (2 \cdot 0,0743 \text{ g}) / (18,016 \text{ g/mol}) = 8,2482 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

Kuparin määrittäminen:

Trijodidi-ioni muodostaa sinisen liuoksen tärkkelyksen kanssa. Kun trijodidi loppuu, muuttuu liuos värittömäksi.

$$n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,320 \text{ mol/l} \cdot 0,01175 \text{ l} = 3,7600 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad (2/3 \text{ p.})$$

Reaktioyhtälöiden mukaan

$$n(\text{Cu}^{2+}) = 2(\text{I}_3^-) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \quad (1 \text{ p.})$$

Vastauksessa on tuotettu ainemääristä vertailukelpoiset arvot esim. muuttamalla kuparin ainemäärä massaksi tai hiilen ja vedyn määrät prosentteina. (1 2/3 p.)

Esimerkiksi:

$$m(\text{Cu}^{2+}) = 0,23895 \text{ g}$$

TAI

$$m(\text{C}) = 0,13754 \text{ g} \triangleq 55,015 \text{ m-\%}$$

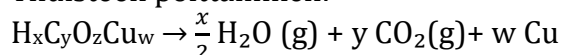
$$m(\text{H}) = 8,3142 \cdot 10^{-3} \text{ g} \triangleq 3,3257 \text{ m-\%}$$

Kuparin massa on suurempi kuin näytteen massa tai yhteenlasketut prosentit ovat yli 100 %, (jolloin tehtävä on mahdoton). (1 p.)

- Jos vastauksessa on puute tai virhe kemiallisessa periaatteessa, pisteiden kertyminen päättyy.
- Jos vastauksessa pieni puute tai virhe, joka johtaa virheellisen arvon eteenpäin siirtymiseen, pisteitä ei kerry kyseisen puutteen tai virheen kohdalta. Tällöin viimeisen pisteen ansiona on vaihtoehtoisesti myös hiilen, vedyn, kuparin ja hapen ainemäärien kokonaislukusuhte.
- Mahdollisia rakennekaavoja ei edellytetä eikä arvostella.

Tehtävän aiemmin julkaistu ratkaisu tiosulfaattiliuoksen konsentraation 0,0320 M arvon mukaisesti:

a) Yhdisteen polttaminen:



$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = (0,504 \text{ g}) / (44,01 \text{ g/mol}) = 0,011452 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = (2 \cdot 0,0743 \text{ g}) / (18,016 \text{ g/mol}) = 8,2482 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Kuparin määrittäminen:

Trijodidi-ioni muodostaa sinisen liuoksen tärkkelyksen kanssa. Kun trijodidi loppuu, muuttuu liuos värittömäksi.

Reaktioyhtälöiden mukaan

$$n(\text{Cu}^{2+}) = 2(\text{I}_3^-) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$$

$$n(\text{Cu}^{2+}) = c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,0320 \text{ mol/l} \cdot 0,01175 \text{ l} = 3,7600 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Hiilen, vedyn ja kuparin määrät muunnetaan massaprosenteiksi, koska kahden näytteen massat eivät ole yhtä suuret.

$$m(\text{C}) = 0,13754 \text{ g} \triangleq 55,015 \text{ m-}\%$$

$$m(\text{H}) = 8,3142 \cdot 10^{-3} \text{ g} \triangleq 3,3257 \text{ m-}\%$$

$$m(\text{Cu}^{2+}) = 0,023895 \text{ g} \triangleq 20,778 \text{ m-}\%$$

$$\text{Hapen osuus: } (100,000 - 79,119) \% = 20,881 \text{ m-}\%$$

Empiirinen kaava:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) : n(\text{Cu}) = 55,015/12,01 : 3,3257/1,008 : 20,881/16,00 : 20,778/63,55 \\ = 4,5808 : 3,2993 : 1,3051 : 0,32696$$

$$= 14,01 : 10,09 : 3,99 : 1$$

$$\approx 14 : 10 : 4 : 1$$

Yhdisteen suhdekaava on  $(\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4\text{Cu})_x$  tai  $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4\text{Cu}$ .

TAI

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = (0,504 \text{ g}) / (44,01 \text{ g/mol}) = 0,011452 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = (2 \cdot 0,0743 \text{ g}) / (18,016 \text{ g/mol}) = 8,2482 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{Cu}^{2+}) = \frac{0,250 \text{ g}}{0,115 \text{ g}} \cdot 3,7600 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 8,1739 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \triangleq 0,051945 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = m(\text{näyte 1}) - (m(\text{C}) + m(\text{H}) + m(\text{Cu})) = 0,052202 \text{ g} \triangleq 3,2626 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Empiirinen kaava:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) : n(\text{Cu})$$

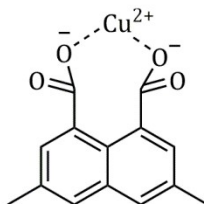
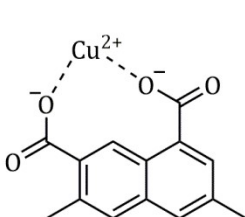
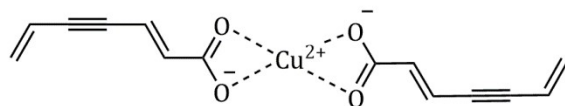
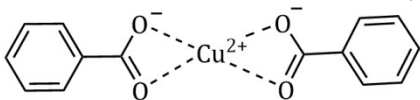
$$= 0,011452 \text{ mol} : 8,2482 \cdot 10^{-3} \text{ mol} : 3,2626 \cdot 10^{-3} \text{ mol} : 8,1739 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$= 14,01 : 10,09 : 3,99 : 1,00 \approx 14 : 10 : 4 : 1$$

Yhdisteen suhdekaava on  $(\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4\text{Cu})_x$  tai  $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4\text{Cu}$ .

- b)** Yhdiste on todennäköisesti ionirakenteinen, koska se sisältää metalleja ja epämetalleja. Yhdisteen rakennekaavan voi päätellä suhdekaavan perusteella.

Mahdollisia rakennekaavoja:



(2 p.)



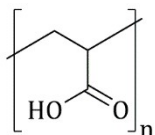
## Tehtävä 9

- a) A: ionisidos (tai vetysidos tai ioni-dipolisidos) (1/3 p.)  
positiivisesti varautuneen aminoryhmän (tai positiivisesti osittaisvarautuneen vetyatomin) ja negatiivisesti varautuneen karboksylaatti-**ionin** välillä (2/3 p.)
- B: ioni-dipolisidos (tai vetysidos) (1/3 p.)  
hydroksyyliiryhmän vetyatomin ja karboksylaatti-**ionin** välillä (2/3 p.)
- C ja D: dispersiovoimia (1/3 p.)  
poolittomien hiilivetyketjujen välillä (2/3 p.)
- b) Ibuprofeeni on karboksyylihappo. Kuvassa se esiintyy karboksylaatti-ionina. pH:n laskiessa ibuprofeeni esiintyy enenevässä määrin karboksyylihapon happomuotona. Tällöin kohdassa A sidos heikkenee. Ionisidoksen tilalla on vetysidos (tai vetysidos heikkenee, kun karboksylaatin varaus pienenee osittaisvaraukseksi). (1 p.)  
Muutos happamuudessa voi vaikuttaa proteiinin sekundääri- ja tertiäärirakenteisiin, jolloin proteiinin kolmiulotteinen muoto muuttuu tai proteiini denaturoituu pH:n muuttuessa. Sidokset eivät välttämättä muodostu samalla tavalla ibuprofeenin ja proteiinin välille. (1 p.)
- c) Ionisidoksen (tai vetysidoksen) tilalla on vain heikkoja dispersiovoimia, koska leusiinin sivuketju on pooliton hiilivetyketju. Sitoutuminen heikkenee. (1 p.)

Arginiinin vaihtaminen leusiiniin voi myös muuttaa proteiinin kolmiulotteista muotoa, koska arginiinin ioninen sivuketju voi osallistua proteiinin laskostumiseen ionisidosten tai ioni-dipolisidosten avulla. Leusiinissa ei ole ionista sivuketjua, joten nämä vuorovaikutukset jäävät pois. Proteiinin muodon muuttuessa sitoutuminen heikkenee.

## Tehtävä 10

a)



polyakryylihappo

(1 p.)

Polyakryylihapon natriumsuola dissosioituu vesiliuoksessa, jolloin **muodostuu positiivisesti varattuja natriumioneja ja negatiivisesti varattuja karboksylaattiryhmiä.**

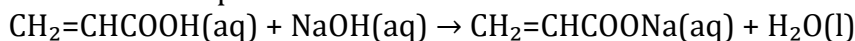
(1/3 p.)

Vesimolekyylit ovat poolisia. Jokainen karboksylaatti-ioni voi muodostaa **ioni-dipolisiidoksia** (tai vetysidoksia) useaan vesimolekyyliin.

(2/3 p.)

Lisäksi polymeeri muodostaa verkkomaisen rakenteen, joka on väljä, koska negatiiviset karboksylaattiryhmät hylkivät toisiaan. Vesimolekyylit tasapainottavat hylkimistä hydratoimalla ioneja. Syntyy verkkomainen rakenne, jonka sisälle vesimolekyylit jäävät loukuun.

b) Titrauksessa tapahtuu reaktio:



Ekvivalenttikohdan pH voidaan määrittää tarkastelemalla neutraloinnissa muodostuvan natriumakrylaatin protolyysia.

$$n(\text{CH}_2=\text{CHCOOH}) = c \cdot V = 0,500 \text{ mol/l} \cdot 0,0100 \text{ l} = 0,00500 \text{ mol}$$

(2/3 p.)

Liuoksen konsentraatioon vaikuttaa lisätty natriumhydroksidiliuos.

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{CH}_2=\text{CHCOOH}) = 0,00500 \text{ mol}$$

$$V(\text{NaOH}) = n/c(\text{NaOH}) = 0,00500 \text{ mol} / 0,200 \text{ mol/l} = 0,0250 \text{ l}$$

$$V = 0,0100 \text{ l} + 0,0250 \text{ l} = 0,0350 \text{ l}$$

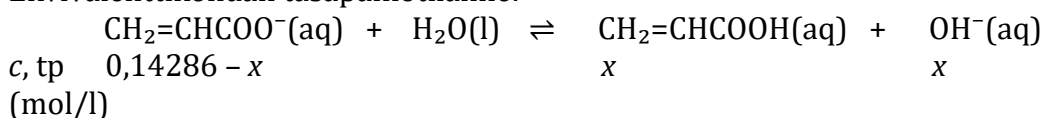
(2/3 p.)

$$n(\text{CH}_2=\text{CHCOO}^-) = n(\text{CH}_2=\text{CHCOOH})$$

$$c(\text{CH}_2=\text{CHCOO}^-) = 0,00500 \text{ mol} / 0,0350 \text{ l} = 0,14286 \text{ mol/l}$$

(2/3 p.)

Ekvivalenttikohdan tasapainotilanne:



$$K_b = K_w/K_a = 1,00 \cdot 10^{-14} / 5,6 \cdot 10^{-5} = 1,7857 \cdot 10^{-10}$$

(1/3 p.)

$$K_b = \frac{[\text{CH}_2=\text{CHCO}^-][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_2=\text{CHCOO}^-]}$$

(1/3 p.)

$$\frac{x^2}{(0,14286 - x)} = 1,7857 \cdot 10^{-10}$$

(2/3 p.)

$$x = 5,0507 \cdot 10^{-6} \text{ (tai } x = -5,0509 \cdot 10^{-6})$$

$$[\text{OH}^-] = 5,0507 \cdot 10^{-6}, \text{ pOH} = 5,2966$$

$$\text{pH} = 14,00 - 5,2966 = 8,7034 \approx 8,70$$

**Liuoksen pH ekvivalenttikohdassa on 8,70.**

(2/3 p.)

*Virheen siirtoa eteenpäin (VSE) ei hyväksytä, elleivät edeltävät kemialliset periaatteet ole oikein.*

## Tehtävä +11

- a) Titrausnäytteen raudan ainemäärä on laskettu eri näytteille tai keskiarvolle.  
 $n(\text{Fe}^{2+}) = 5 \cdot n(\text{MnO}_4^-) = 5 \cdot c(\text{MnO}_4^-) \cdot V(\text{MnO}_4^-) = 5 \cdot 0,0150 \text{ M} \cdot V(\text{MnO}_4^-)$  (1 p.)

Titrausnäytteen raudan massa on laskettu eri näytteille tai keskiarvolle.  
 $m(\text{Fe})_{\text{titrausnäyte}} = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot 55,85 \text{ g/mol}$  (1/3 p.)

Tämä on sama kuin 1 tabletin keskimääräinen raudan massa, sillä näytteen laimennus ja tablettien lukumäärä huomioiden

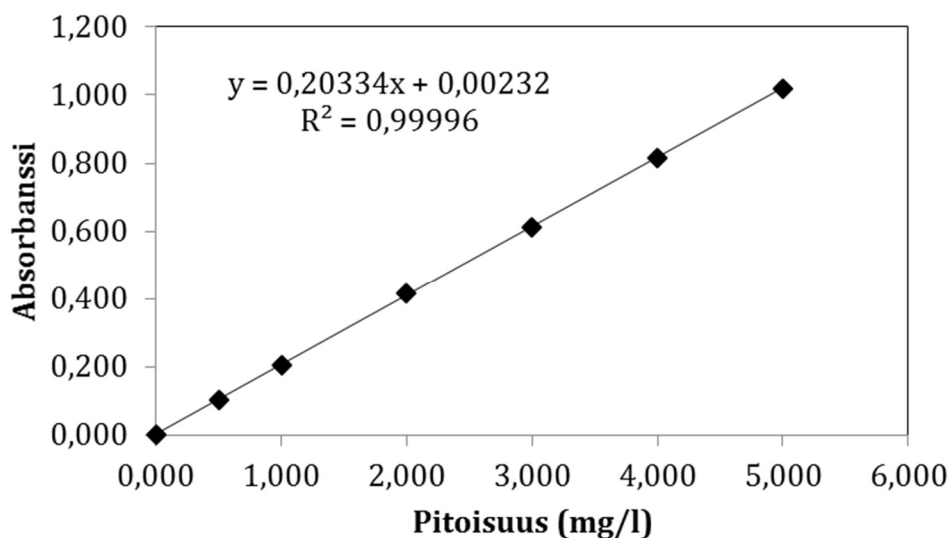
$$\frac{\frac{m(\text{Fe})_{\text{titrausnäyte}}}{50,0 \text{ ml}} \cdot 250,0 \text{ ml}}{5 \text{ tablettia}} = m(\text{Fe})_{\text{titrausnäyte}} = m(\text{Fe})_{\text{yksi tabletti}} \quad (1 \text{ p.})$$

	$V(\text{MnO}_4^-)$ [ml]	$n(\text{Fe}^{2+})$ [mmol]	$m(\text{Fe})$ (1 tabletti) [mg]
näyte 1	16,76	1,2570	70,203
näyte 2	16,87	1,2653	70,664
näyte 3	16,82	1,2615	70,455

Koska rinnakkaisten näytteiden tulokset ovat lähellä toisiaan, voidaan laskea titrausnäytteen tulosten keskiarvo  
 $(70,203 + 70,664 + 70,455) \text{ mg} / 3 = 70,441 \text{ mg}$ .

**Yhden tabletin keskimääräinen raudan massa on 70,4 mg.** (2/3 p.)

- b) Standardisuora on piirretty, tai sen yhtälö on määritetty laskimella. (1 p.)  
*Standardisuoran piirtäminen pitoisuus absorbanssin funktiona hyväksytään.*  
*Tällöin suoran yhtälö on  $y = 4,91764x - 0,011296$*



Näytteiden Fe-pitoisuudet on luettu standardisuoralta tai laskettu standardisuoran yhtälöä käyttäen. (2/3 p.)

Fe-pitoisuus 5 tabletin näyteliuoksessa

$$c(\text{Fe, ennen laimennusta}) = c(\text{Fe, suoralta luettu}) \cdot \frac{100}{5} \cdot \frac{100}{5}$$
$$= c(\text{Fe, suoralta luettu}) \cdot 400 \quad (1 \text{ p.})$$

1 tabletin keskimääräinen raudan massa

$$\frac{c(\text{Fe, ennen laimennusta}) \cdot 250,0 \text{ ml}}{5 \text{ tablettia}} = \frac{c(\text{Fe, suoralta luettu}) \cdot 0,250 \text{ l} \cdot 400}{5 \text{ tablettia}}$$
$$= c(\text{Fe, suoralta luettu}) \cdot 20 = m(\text{Fe}) \quad (2/3 \text{ p.})$$

	Absorbanssi	Suoralta laskettu/luettu Fe-pitoisuus [mg/l]	c(Fe) (5 tablettia) [mg/l]	m(Fe) (1 tabletti) [mg]
näyte 1	0,709	3,4754 ± 0,1	1390,2 ± 40	69,510 ± 2
näyte 2	0,554	2,7131 ± 0,1	1085,2 ± 40	54,260 ± 2
näyte 3	0,712	3,4901 ± 0,1	1396,0 ± 40	69,800 ± 2

Yhden näytteen tulos poikkeaa huomattavasti kahdesta muusta, joten se jätetään pois keskiarvosta

$$m(\text{Fe}) = (69,510 + 69,800) \text{ mg} / 2 = 69,655 \text{ mg.}$$

**Yhden tabletin keskimääräinen raudan massa on 69,7 mg ± 2 mg.** (2/3 p.)

*Kohtuullinen vaihteluväli kuvaajan tulkitsemisessa hyväksytään.*

- c) Vastauksessa analysoidaan titrauksen ja kolorimetrinen määrityksen työvaiheita ja niihin liittyviä virhelähteitä. (2 p.)

Vastauksessa on esitetty kolme riittävän selkeästi kuvattua erityyppistä virhelähdettä (3 x 2/3 p.):

- suodattamisessa huuhtelu ei ole riittävä
- tablettien kuumennus rikkihappoliuoksessa on hapettanut rauta(II)ioneja
- kaikki tabletin rauta ei ole liuennut
- titrausliuoksen konsentraatio on muuttunut
- titrauksen päätepisteen havaitsemisen vaikeudet
- näytteeseen lisättävien reagenssien lisäysvirhe, esim. jokin reagensseista puuttuu tai lisätty liian vähän
- kalibrointivirhe (standardiliuosten valmistus eli pitoisuusvirhe on aiheuttanut väärän standardisuoran)

Muilla virhelähteillä voi kompensoida puutteita (2 x 1/3 p.):

- pipetointivirheet näyte- tai standardiliuosten valmistuksessa
- laitteistovirheet, esimerkiksi byretin lukemavirhe tai kolorimetrin toimintavirhe
- standardisuoran piirroksen tai kuvaajasta lukemisen tarkkuus
- punnitusvirheet, lukemavirheet, työvälineiden epäpuhtaus tai reagenssien puhtaus
- kyvetin epäpuhtauksien tai sormenjälkien vaikutus

## Tehtävä +12

- a) Vastauksesta ilmenevät erot ja yhtäläisyydet harvinaisten maametallien elektronirakenteessa. Elektronirakenteen avulla selitetään harvinaisten maametallien reaktiivisuutta ja hapetuslukuja. Joitakin ominaisuuksia kuvataan tarkemmin elektronirakenteen avulla. Harvinaisten maametallien erottamiseen liittyviä haasteita tunnistetaan.

Maksimipistemäärä (4 p.) voi kertyä erilaisilla ansioilla. Pisteitä kertyy 0–1 pistettä/teema riippuen teeman käsittelyn syvyydestä ja johtopäätösten perusteluista.

### Elektronirakenteen kuvaus (0–2 p.)

- Yhtäläisyydet ja erot harvinaisten maametallien elektronirakenteessa
- Esimerkkejä elektronirakenteista (enintään 3 x 1/3 p.)

### Rakenteen käyttäminen ominaisuuden selittämisessä (0–2 p.)

- Metallien yleisten ominaisuuksien kuvaus (enintään 1/3 p.)
- Reaktiivisuus
- Esiintyminen eri hapetusluvulla
- Katalyyttinä käyttö
- Magneettisuus
- Loisteaineena käyttö

### Erottamisen haasteet (0–2 p.)

- Oksidit ovat pysyviä, jolloin pelkistäminen on vaikeaa.
- Samankaltaisia ominaisuuksista johtuen ne esiintyvät mineraaleissa suoloina samantyyppisillä suhdekaavoilla tai voivat korvata toisiaan kiderakenteissa.
- Suolojen reaktiot ja liukoisuudet ovat samankaltaisia.

Esimerkiksi:

Harvinaisilla maametalleilla on uloimmalla s-orbitaalilla 2 elektronia ja täyttymisvuorossa joko d-orbitaali (Y, Sc, La) tai 4f-orbitaali (Ce-Lu). Niillä on vähän ulkoelektroneja, ja ne hapettuvat helposti, sillä **ulkoelektronit ovat kaukana ytimeästä**.

Kun ne hapettuvat hapetusluvulle +III, ne luovuttavat yleensä kaksi s-elektronia ja lisäksi

joko d-elektronin (Y, Sc, La) tai f-elektronin (Ce-Lu).

Harvinaiset maametallit ovat reaktiivisia, ja ne esiintyvät yleensä hapetusluvulla +III. Ne esiintyvät mineraaleissa suoloina samantyyppisillä suhdekaavoilla. Suolojen reaktiot ja liukoisuudet ovat samankaltaisia.

Alkuaine	Elektronirakenne	Eroja
Sc	$[\text{Ar}]3d^14s^2$	Täyttymisvuorossa 3d, lähin jalokaasurakenne Ar.
Y	$[\text{Kr}]4d^15s^2$	Täyttymisvuorossa 4d, lähin jalokaasurakenne Kr.
La	$[\text{Xe}]5d^16s^2$	Ei elektroneja 4f-orbitaaleilla, vaan täyttymisvuorossa 5d, lähin jalokaasurakenne Xe.
Ce	$[\text{Xe}]4f^26s^2$ tai $[\text{Xe}]4f^15d^16s^2$	Täyttymisvuorossa 4f. Esiintyy <b>myös hapetusluvulla +IV</b> , jolloin 4f-tyhjenee kokonaan ja Ce saa jalokaasu Xe:in rakenteen.

		Monilla <b>katalyyteillä</b> on useampia hapetuslukuja.
Pr	[Xe]4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	
Nd	[Xe]4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	<b>Parittomat 4f-elektronit</b> liittyvät poikkeuksellisiin <b>magneettisiin ominaisuuksiin</b> .
Pm	[Xe]4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	Radioaktiivinen, ei pysyviä isotooppeja.
Sm	[Xe]4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	
Eu	[Xe]4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	<b>Elektronien siirtymät</b> 4f-orbitaalin sisällä sekä 4f- ja 5d-orbitaalien välillä antavat lantanoidille <b>ainutlaatuiset optiset ominaisuudet</b> ja mahdollistavat esimerkiksi käytön <b>loisteaineina</b> .
Gd	[Xe]4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	4f-orbitaaleilla on parittomat elektronit (puoliksi täyttynyt f-orbitaali), ja yksi elektroni on 5d:llä.
Tb	[Xe]4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	
Dy	[Xe]4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	
Ho	[Xe]4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup>	
Er	[Xe]4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup>	
Tm	[Xe]4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup>	
Yb	[Xe]4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>	
Lu	[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	4f-orbitaali on täynnä, ja yksi elektroni on 5d:llä.

- b) Vastauksessa hyödynnetään tehtävänannossa mainittuja esimerkkejä, pohditaan riittävyttä yhden tai useamman yhteiskunnallisesti merkittävän osa-alueen kannalta ja esitetään saatavuuden parantamiseen eri näkökulmia. Näkökulmina voivat olla esimerkiksi harvinaisten maametallien löytäminen, kaivoksen perustaminen, erottamisprosessi, kierrättäminen ja myynti kansainvälisillä markkinoilla. Mahdollisiin haasteisiin kiinnitetään huomiota.

Maksimipistemäärä (5 p.) voi kertyä erilaisilla ansioilla. Pisteitä kertyy 0–1 pistettä/teema riippuen teeman käsittelyn syvyydestä ja johtopäätösten perusteluista.

**Esimerkkien hyödyntäminen ja merkityksen pohdinta (0–2 p.)**

- Pohdintaa magneeteista: yhteiskunta ei toimi ilman sähkömoottoreita, generaattoreita ja tietokoneiden kovalevyjä
- Pohdintaa loisteaineista: hyödyntäminen energiaa säästävissä lamputissa sekä TVT-laitteissa
- Pohdintaa katalyyteistä: tehokkuus- tai ympäristö- tai katalyytin kierrätysnäkökulma

**Riittävyden yhteiskunnallinen pohdinta (0–2 p.)**

- Metallien tarve kasvaa todennäköisesti tulevaisuudessa, jolloin harvinaisten maametallien riittävyys ja saatavuus ovat kriittisiä.
- Tutkitaan korvaamista muilla aineilla, jolloin harvinaisten maametallien riittävyys ei ongelma.
- Tutkimusrahoitusta tarvitaan
- Riippuvuus Kiinan tuotannosta ja myynnistä

**Saatavuuden parantaminen (0–2 p.)**

- Uudet kaivokset
- Kierrättäminen / käytön vähentäminen / elinkaaren pidentäminen
- Prosessien tehostaminen / erotusmenetelmien yksityiskohtainen kuvaus

Esimerkiksi:

**Magneetteja** tarvitaan hyvin monessa sovelluksessa. Nykyaikainen yhteiskunta ei toimi ilman sähkömoottoreita, generaattoreita ja tietokoneiden kovalevyjä.

**Loisteaineita** tarvitaan energiaa säästävissä lamputissa sekä matkapuhelimien, tablettien ja tietokoneiden näytöissä.

**Katalyyttien** käyttö on tärkeää tehokkaissa ja ympäristöystävällisissä kemiallisissa prosesseissa. Katalyytit eivät kuitenkaan kulu vaan ovat otettavissa talteen.

Nykyaikainen yhteiskunta tarvitsee harvinaisia maametalleja erilaisiin sovelluksiin. Metallien tarve kasvaa todennäköisesti tulevaisuudessa, jolloin niiden riittävyys ja saatavuus ovat kriittisiä. **Ympäristöystävällinen teknologia** tarvitsee harvinaisia maametalleja esimerkiksi tuulivoimaloihin, energiansäästölamppuihin ja katalyyteiksi. **Informaatio-teknologia** tarvitsee harvinaisia maametalleja esimerkiksi tietokoneisiin, matkapuhelmiin ja sähköntuotantoon. Tällä hetkellä tutkitaan harvinaisten maametallien korvaamista muilla aineilla, jolloin näiden metallien riittävyys ei muodostu ongelmaksi.

Uusien esiintymien **löytämällä** voidaan edistää harvinaisten maametallien saatavuutta. Uusien lupaavien esiintymien tunnistaminen ja löytäminen voi olla haasteellista, koska suotuisia mineraalityyppejä on yli 200 erilaista. Harvinaisia maametalleja voi olla löydössä runsaasti yhteensä, mutta yksittäisten metallien pitoisuus ei ole riittävä.

Jos esiintymässä on riittävä pitoisuus ja esiintymä on suuri, **kaivoksen perustamista** voidaan harkita. Kaivoksen perustaminen edellyttää merkittäviä alkuinvestointeja ja tarvittavia ympäristöselvityksiä.

Kaivoksesta saadusta malmista pitää **erottaa** harvinaiset maametallit sekä sivukivestä että toisistaan. Harvinaiset maametallit ovat reaktiivisia, joten ne esiintyvät tai ne voi muuttua oksideiksi. Vaikka harvinaiset maametallit eivät ole kovin harvinaisia, malmia tarvitaan silti suuria määriä. Harvinaiset maametallit eivät esiinny yksinään, ja niillä on samankaltaiset ominaisuudet. Lisäksi niitä on erittäin hankalaa erottaa toisistaan. Prosessi vaatii useita vaiheita, jotta kunkin harvinaisen maametallin pitoisuutta saadaan nostettua.

Harvinaisten maametallien saatavuutta voidaan parantaa myös lisäämällä **kierrättämistä**. Teknologisissa sovelluksissa harvinaisia maametalleja on yleensä vain pieniä määriä. Katalyyttien metallit voidaan ottaa talteen suhteellisen helposti. Matkapuhelimien ja muiden laitteiden kierrätyksessä talteenottoa tulisi lisätä.

Tällä hetkellä merkittävä osuus harvinaisista maametalleista tulee Kiinasta, jolloin muut maat ovat riippuvaisia **Kiinan tuotannosta ja myynnistä**. Kiinan asettamat rajoitukset vähentävät saatavuutta Euroopassa, mutta takaavat hyvän saatavuuden Kiinassa toimiville yrityksille. Harvinaisten maametallien kysynnän voidaan olettaa kasvavan, jolloin hinta voi nousta merkittävästi. Tämä lisää kaivostoiminnan kannattavuutta ja kannustaa uusien kaivosten avaamiseen.

Kemian kokeen tehtävä 8:n lukuarvo oli vaihtunut vääräksi huolimatta useista tarkistuskiirroksista. Kemian jaos pahoittelee virhettä. Sensorikokous on hyväksynyt arvostelulinjaukset, jotka ottavat huomioon tämän virheen vaikutuksen sekä tehtävässä 8 että muissa tehtävissä.

Sensorikokouksen päättämät tehtävän 8 arvostelulinjaukset ovat YTL:n verkkosivuilla julkaistuissa tarkistetuissa hyvän vastauksen piirteissä. Linjausten mukaan kemiallista osaamista on mahdollista osoittaa tehtävässä täysimääräisesti myös virheellistä arvoa käyttämällä. Sensorikokouksen linjausten ja yleisten ohjeiden mukaisesti luonnospapereita ei ole mahdollista sisällyttää arvosteluun. Kokelaat ovat hyödyntäneet luonnospapereita eri tavoin, eikä ole olemassa oikeudenmukaista keinoa niiden huomioon ottamiseen.

Sensorikokous on päättänyt myös muiden tehtävien arvostelulinjauksista. Osa kokelaista on käyttänyt aikaa tehtävään 8, ja siirtynyt tekemään muita tehtäviä. Kokelas joutuu aina koetilanteessa arvioimaan ajankäyttöään ja joustavasti muuttamaan strategioitaan edetessään tehtävissä. Arvostelulinjauksissa on otettu huomioon, että muista tehtävistä on mahdollista saada pisteansioita myös nopeasti tuotetuilla oikeilla tiedoilla ja johtopäätöksillä.

Sensorikokouksen yhteydessä on mahdotonta ennakoida pisterajojen sijoittumista. Lopulliset pisterajat määritetään lautakunnan toimesta vasta sensoroinnin jälkeen. Tehtävässä oleva virhe on koskenut laajaa joukkoa kokelaita, jolloin pisterajojen määräytymistapa osaltaan tasoittaa tilannetta. Arvostelulinjaukset ottavat virhetilanteen huomioon kaikkien kokelaiden osalta. Yksittäistä kokelasta tai kokelasjoukkoa koskevat korotukset eivät ole perusteltuja, sillä jos virheen huomioon ottamisessa päädyttäisiin toisenlaisiin linjauksiin, ne vaikuttaisivat osaltaan myös pisterajojen muodostumiseen. Jos tehtävässä 8 ei olisi esiintynyt virhettä, pisterajat saattaisivat olla nykytilannetta korkeammat, sillä kemian jaoksen havaintojen mukaan kokeen alkupään tehtävät olivat paljon vastattuja ja hyvin osattuja.

Jokaisella kokelaalla on oikeus pyytää tarkistusarvostelua. Tarkistusarvostelu ei kuitenkaan johda arvostelulinjausten muuttamiseen. Tarkistusarvostelussa katsotaan, onko arvostelussa tapahtunut virhettä. Tarkistetut hyvän vastauksen piirteet ovat YTL:n verkkosivuilla.