

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**Jyväskylän yliopiston kemian valintakoe**  
**Torstaina 08.06.2023 klo 10-13**

**Yleiset ohjeet**

1. Tarkasta, että tehtäväpaperinipussa on kaikki sivut 1-17.
2. Kirjoita nimesi ja syntymäaikasi kaikkiin sivuille 1 ja 3-17 merkittyihin kohtiin.
3. Kirjoita vastaukset tehtäväpaperille. Voit tarvittaessa jatkaa sivun toiselle puolelle.
4. Kirjoita selvästi selkeitä merkintöjä käyttäen. Epäselvät vastaukset tulkitaan vääriksi.
5. Kokeessa saa käyttää laskinta. Funktio-, graafiset ja symboliset laskimet ovat sallittuja, mutta laskimen muisti tulee olla tyhjennetty. Taulukkokirjan käyttö on kielletty. Jaksollinen järjestelmä on sivulla 2 ja sivulla 3 on esitetty normaalipotentialeja (Taulukko 1). Muut tarvittavat tiedot annetaan tehtävien yhteydessä.
6. Kokeesta saa poistua aikaisintaan 30 minuuttia kokeen todellisen alkamisajan jälkeen.
7. Kun lähdet, jätä kaikki paperisi (tehtävä-, hahmottelu- jne.) valvojalle, joka tarkastaa samalla henkilöllisyytesi. HUOM! Tee poistuminen annetun ohjeen mukaan.
8. Mikäli tarvitset todistuksen kokeeseen osallistumisesta, pyydä sitä kokeen valvojalta.

| Tehtävä | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Pisteet yhteensä / 60 p |
|---------|---|---|---|---|---|---|-------------------------|
| Pisteet |   |   |   |   |   |   |                         |

|                           |                           |                             |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                            |                            |                            |                           |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| IA<br>1                   | IIA<br>2                  | IIIA<br>3                   | IVA<br>4                  | VA<br>5                   | VIA<br>6                  | VIIA<br>7                 | VIII<br>8 9 10            |                           |                           | IB<br>11                  | IIB<br>12                  | IIIB<br>13                 | IVB<br>14                  | VB<br>15                   | VIB<br>16                 | VIIB<br>17                | 0<br>18                   |
| 1<br><b>H</b><br>1,0079   |                           |                             |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                            |                            |                            |                           |                           | 2<br><b>He</b><br>4,0026  |
| 3<br><b>Li</b><br>6,941   | 4<br><b>Be</b><br>9,0122  |                             |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                            | 5<br><b>B</b><br>10,811    | 6<br><b>C</b><br>12,011    | 7<br><b>N</b><br>14,007    | 8<br><b>O</b><br>15,999   | 9<br><b>F</b><br>18,998   | 10<br><b>Ne</b><br>20,180 |
| 11<br><b>Na</b><br>22,990 | 12<br><b>Mg</b><br>24,305 |                             |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                            | 13<br><b>Al</b><br>26,982  | 14<br><b>Si</b><br>28,086  | 15<br><b>P</b><br>30,974   | 16<br><b>S</b><br>32,065  | 17<br><b>Cl</b><br>35,453 | 18<br><b>Ar</b><br>39,948 |
| 19<br><b>K</b><br>39,098  | 20<br><b>Ca</b><br>40,078 | 21<br><b>Sc</b><br>44,956   | 22<br><b>Ti</b><br>47,867 | 23<br><b>V</b><br>50,942  | 24<br><b>Cr</b><br>51,996 | 25<br><b>Mn</b><br>54,938 | 26<br><b>Fe</b><br>55,845 | 27<br><b>Co</b><br>58,993 | 28<br><b>Ni</b><br>58,693 | 29<br><b>Cu</b><br>63,546 | 30<br><b>Zn</b><br>65,409  | 31<br><b>Ga</b><br>69,723  | 32<br><b>Ge</b><br>72,64   | 33<br><b>As</b><br>74,922  | 34<br><b>Se</b><br>78,96  | 35<br><b>Br</b><br>79,904 | 36<br><b>Kr</b><br>83,798 |
| 37<br><b>Rb</b><br>85,468 | 38<br><b>Sr</b><br>86,72  | 39<br><b>Y</b><br>88,906    | 40<br><b>Zr</b><br>91,224 | 41<br><b>Nb</b><br>92,906 | 42<br><b>Mo</b><br>95,94  | 43<br><b>Tc</b><br>(98)   | 44<br><b>Ru</b><br>101,07 | 45<br><b>Rh</b><br>102,91 | 46<br><b>Pd</b><br>106,42 | 47<br><b>Ag</b><br>107,87 | 48<br><b>Cd</b><br>112,41  | 49<br><b>In</b><br>114,82  | 50<br><b>Sn</b><br>118,71  | 51<br><b>Sb</b><br>121,76  | 52<br><b>Te</b><br>127,60 | 53<br><b>I</b><br>126,90  | 54<br><b>Xe</b><br>131,29 |
| 55<br><b>Cs</b><br>132,91 | 56<br><b>Ba</b><br>137,33 | 57<br><b>La*</b><br>1138,91 | 72<br><b>Hf</b><br>178,49 | 73<br><b>Ta</b><br>180,95 | 74<br><b>W</b><br>183,84  | 75<br><b>Re</b><br>186,21 | 76<br><b>Os</b><br>190,23 | 77<br><b>Ir</b><br>192,22 | 78<br><b>Pt</b><br>195,08 | 79<br><b>Au</b><br>196,97 | 80<br><b>Hg</b><br>200,59  | 81<br><b>Tl</b><br>204,38  | 82<br><b>Pb</b><br>207,2   | 83<br><b>Bi</b><br>208,98  | 84<br><b>Po</b><br>(209)  | 85<br><b>At</b><br>(210)  | 86<br><b>Rn</b><br>(222)  |
| 87<br><b>Fr</b><br>(223)  | 88<br><b>Ra</b><br>(226)  | 89<br><b>Ac**</b><br>(227)  | 104<br><b>Rf</b><br>(261) | 105<br><b>Db</b><br>(262) | 106<br><b>Sg</b><br>(266) | 107<br><b>Bh</b><br>(264) | 108<br><b>Hs</b><br>(277) | 109<br><b>Mt</b><br>(268) | 110<br><b>Ds</b><br>(281) | 111<br><b>Rg</b><br>(272) | 112<br><b>Uub</b><br>(285) | 113<br><b>Uut</b><br>(284) | 114<br><b>Uuq</b><br>(289) | 115<br><b>Uup</b><br>(288) |                           |                           |                           |

\*Lantanidit

|                           |                           |                           |                          |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 58<br><b>Ce</b><br>140,12 | 59<br><b>Pr</b><br>140,91 | 60<br><b>Nd</b><br>144,24 | 61<br><b>Pm</b><br>(145) | 62<br><b>Sm</b><br>150,36 | 63<br><b>Eu</b><br>151,96 | 64<br><b>Gd</b><br>157,25 | 65<br><b>Tb</b><br>158,93 | 66<br><b>Dy</b><br>162,50 | 67<br><b>Ho</b><br>164,93 | 68<br><b>Er</b><br>167,26 | 69<br><b>Tm</b><br>168,93 | 70<br><b>Yb</b><br>173,04 | 71<br><b>Lu</b><br>174,97 |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|

\*Aktinidit

|                           |                           |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 90<br><b>Th</b><br>242,04 | 91<br><b>Pa</b><br>231,03 | 92<br><b>U</b><br>238,03 | 93<br><b>Np</b><br>(237) | 94<br><b>Pu</b><br>(244) | 95<br><b>Am</b><br>(243) | 96<br><b>Cm</b><br>(247) | 97<br><b>Bk</b><br>(247) | 98<br><b>Cf</b><br>(251) | 99<br><b>Es</b><br>(252) | 100<br><b>Fm</b><br>(257) | 101<br><b>Md</b><br>(258) | 102<br><b>No</b><br>(259) | 103<br><b>Lf</b><br>(262) |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**Taulukko 1.** Normaalipotentialeja

| <b>Reaktio</b>                         | <b>E° (V, 25 °C)</b> |
|--|----------------------|
| $K^+ + e^- \rightleftharpoons K$       | -2.92                |
| $Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn$ | -0,76                |
| $Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$ | -0,14                |
| $Mg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mg$ | -2.38                |
| $Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$ | 0,34                 |

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**Tehtävä 1.** Valitse seuraavista vaihtoehdoista oikea ja merkitse sen kirjain kysymyksen viereiseen ruutuun. Vain yksi vaihtoehto per kohta, tyhjä tai väärä vastaus 0 p. (10 p)

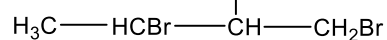
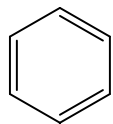
|  |  |
|--|--|
| <p><b>A.</b> Mikä seuraavista väittämistä ei pidä paikkaansa?</p> <p>a. Jalokaasut eivät yleensä muodosta ioneja.<br/> b. Alkalimetallit eivät reagoi kovin helposti.<br/> c. Halogeenit ovat hyvin reaktiivisia alkuaineita.<br/> d. Sinkki on siirtymämetalli.<br/> e. Rikki kuuluu pääryhmän alkuaineisiin.</p> |  |
| <p><b>B.</b> Missä seuraavista yhdisteistä on sekä ioni- että kovalenttisiä sidoksia?</p> <p>a. <math>\text{CaI}_2</math><br/> b. <math>\text{CaSO}_4</math><br/> c. <math>\text{CH}_3\text{OH}</math><br/> d. <math>\text{XeF}_4</math><br/> e. Mikään näistä ei sisällä molemman tyyppisiä sidoksia.</p>         |  |
| <p><b>C.</b> Voimakkain poolisten molekyylien välillä oleva vuorovaikutus tunnetaan nimellä:</p> <p>a. Dispersiovoima<br/> b. Ioni-dipolisidos<br/> c. Vetysidos<br/> d. Dipoli-dipolisidos<br/> e. Ionisidos</p>  |  |
| <p><b>D.</b> Kuinka monta moolia natriumkloridia on 10 litrassa liuosta, jonka pitoisuus <math>\text{NaCl}</math>:n suhteen on 0,25 mol/l?</p> <p>a. 40 mol<br/> b. 2,5 mol<br/> c. 0,025 mol<br/> d. 2,5 mmol<br/> e. 250 mol</p>   |  |

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>E.</b> Minkä alkuaineen perustilaisen atomin elektronikonfiguraatio on <math>[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^1</math>?</p> <p>a. Al<br/>b. Ar<br/>c. In<br/>d. Zn<br/>e. Ga</p>  |  |
| <p><b>F.</b> Mikä seuraavista reaktion rajoittavaa tekijää (rajoittavaa reagenssia) koskevista väittämistä on oikein?</p> <p>a. Rajoittava tekijä kuluu reaktiossa loppuun.<br/>b. Rajoittava tekijä hidastaa reaktion etenemistä.<br/>c. Rajoittava tekijä määrää, mitä tuotteita reaktiossa syntyy.<br/>d. Rajoittava tekijä on se lähtöaine, jonka stoikiometrinen kerroin reaktiossa on suurin.</p>   |  |
| <p><b>G.</b> Reaktion entalpian muutoksia eli reaktioentalpioita (<math>\Delta H</math>) voidaan määrittää yhdistelemällä tunnettuja reaktioita ja niiden entalpioita keskenään. Määritä reaktion</p> $\text{P}_4(\text{g}) + 10 \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{PCl}_5(\text{s})$ <p>entalpianmuutos, kun tunnetaan seuraavat reaktiot:</p> $4 \text{PCl}_3(\text{g}) + 4 \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{PCl}_5(\text{s}) ; \Delta H = -628 \text{ kJ}$ $\text{P}_4(\text{g}) + 6 \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{PCl}_3(\text{g}) ; \Delta H = -1207 \text{ kJ}$ <p>a. -1835 kJ<br/>b. -1050 kJ<br/>c. -579 kJ<br/>d. -2100 kJ<br/>e. -1364 kJ</p> |  |
| <p><b>H.</b> Mikä seuraavista yhdistepareista ei ole toistensa vastinhappo ja -emäs?</p> <p>a. <math>\text{NH}_4^+</math> ja <math>\text{NH}_3</math><br/>b. <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> ja <math>\text{OH}^-</math><br/>c. <math>\text{H}_2\text{SO}_3</math> ja <math>\text{HSO}_3^-</math><br/>d. <math>\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-</math> ja <math>\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2</math><br/>e. Kaikki annetut vaihtoehdot ovat toistensa vastinhappo ja -emäs.</p>   |  |

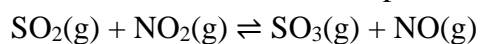
|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**I.** Kuinka monta kiraalista hiiltä alla olevassa yhdisteessä on?



- 0
- 1
- 2
- 3
- 4 tai enemmän.

**J.** Tarkastellaan seuraavaa, tasapainossa olevaa reaktiota:



Mitä tasapainoasemalle tapahtuu, kun reaktioastian tilavuutta pienennetään?

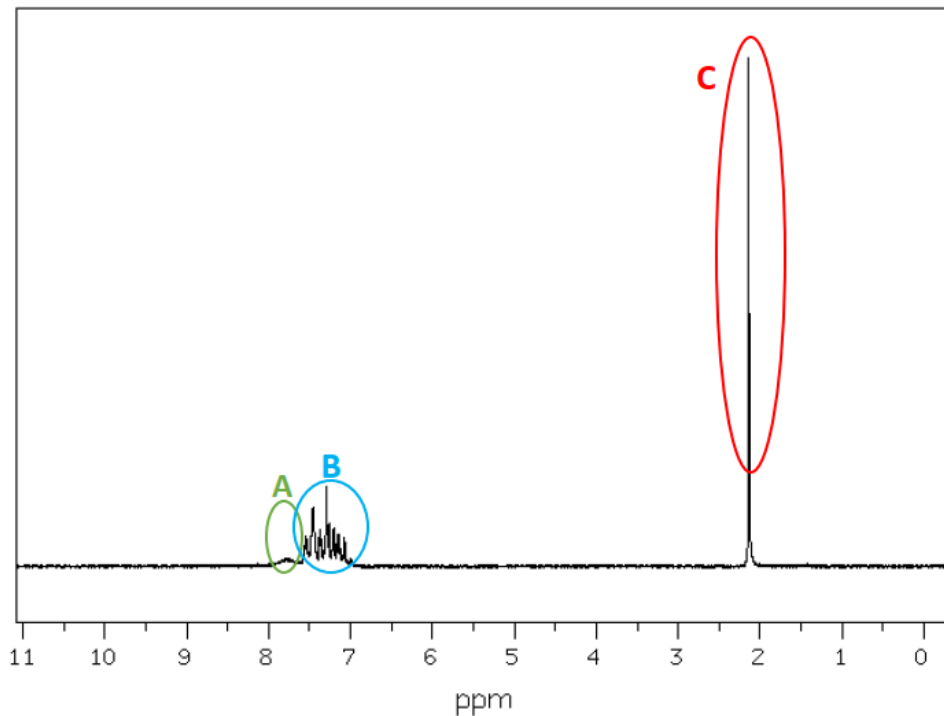
- Reaktion tasapainoasema siirtyy tuotteisiin päin (oikealle).
- Reaktion tasapainoasema siirtyy lähtöaineisiin päin (vasemmalle).
- Reaktion tasapainovakion arvo kasvaa.
- Reaktion tasapainovakion arvo pienenee.
- Reaktion tasapainoasema ei muutu.

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**Tehtävä 2. a)-c)**

(10 p)

Kipua ja kuumetta aikaisemmin alentamaan käytettyä lääkeainetta, Antifebriiniä, valmistettiin mittaamalla pyöreäpohjaiseen kolviin 10,0 ml (10,0 g) etikkahappoa (etaanihappoa) ja 8,10 g aniliinia (fenyylimiamiinia,  $C_6H_5NH_2$ ). Kolviin lisättiin vielä 1,00 ml väkevää rikkihappoa, minkä jälkeen se varustettiin pystyjäähdyttäjällä. Reaktioseosta kuumennettiin lämpöhauteella 1,00 h. Syntynyt tuote puhdistettiin tislamalla etikkahappo reaktioseoksesta ja uudelleenkiteyttämällä tuote vedestä. Tuotteen sulamispiste oli 114,3 °C. Tuotteesta mitattu  $^1H$  NMR-spektri esitetään kuvassa 2.1.



**Kuva 2.1.** Etaanihapon ja fenyylimiamiinin synteesituotteesta mitattu  $^1H$  NMR-spektri.

Kuvan lähde: SDBSWeb: <https://sdfs.db.aist.go.jp>

(National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 20.3.2023)

a) Kirjoita reaktioyhtälö käyttäen rakennekaavoja ja nimeä lopputuote.

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

b) Tulkitse lopputuotteen  $^1\text{H}$  NMR-spektri (tunnista, mikä piikki (A, B ja C) spektrissä vastaa mitään rakenneosaa) käyttäen apuna taulukkoa (taulukko 2.1).

**Taulukko 2.1.** Erityyppisiä vety-ytimiä sisältävien rakenneosien  $^1\text{H}$  NMR-siirtymät (Ph = fenyyli)

| Rakenneosa                        | Kemiallinen siirtymä (ppm) | Rakenneosa                     | Kemiallinen siirtymä (ppm) |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| $\text{RCH}_3$                    | 0.8-1.2                    | $\text{R}_2\text{CHOR}$        | 3.2-4.3                    |
| $\text{R}_2\text{CH}_2$           | 1.1-1.5                    | $\text{RC}=\text{CH}$          | 4.9-5.9                    |
| $\text{R}_3\text{CH}$             | 1.5                        | $\text{RNHC}(=\text{O})$       | 5.5-9.0 (leveä)            |
| $\text{RC}(=\text{O})\text{CH}_3$ | 2.0-2.7                    | $\text{PhH}$                   | 6.0-8.0                    |
| $\text{PhCH}_3$                   | 2.2-2.5                    | $\text{RC}(=\text{O})\text{H}$ | 9.4-10.4                   |
| $\text{R}_2\text{NCH}_3$          | 2.2-2.6                    | $\text{RCO}_2\text{H}$         | 10.0-12.0                  |

Lähteet (viitattu 21.3.23): <https://peda.net/p/myllyviita/spektroskopia/sn/hieman-hankalampia> ja <https://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/orgpage/nmr.htm>

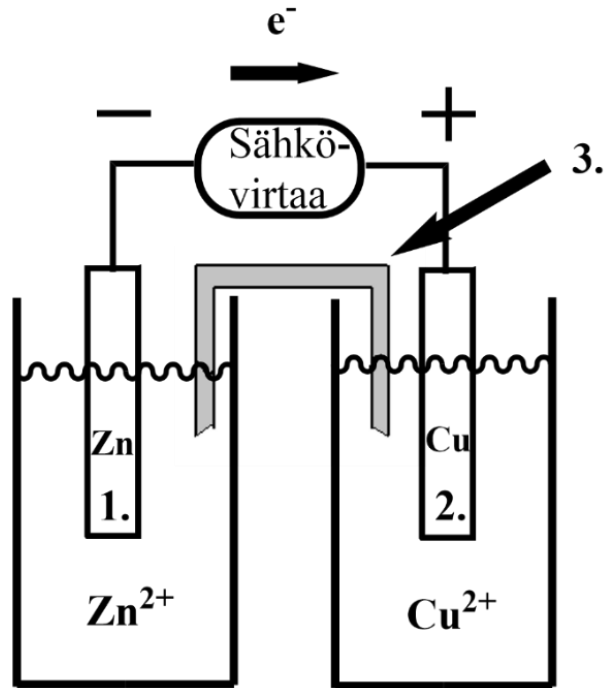
c) Laske saantoprosentti, jos tuotetta syntyy 5,30 g.

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**Tehtävä 3. a)-b)**

(10 p)

Kuvassa 3.1 on esitetty erään laitteiston kaaviokuva.



**Kuva 3.1.** Laitteiston kaaviokuva.

a) Mikä laitteisto on kyseessä?

b) Nimeä laitteiston numeroidut osat ja selitä sanallisesti, mikä kunkin osan tarkoitus. Kirjoita kohdissa 1. ja 2. tapahtuvat reaktiot. (vastaustila jatkuu)

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

b) vastaustila jatkuu

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**Tehtävä 4.**

(10 p)

Rikkihappo on yksi maailman käytetyimmistä kemikaaleista ja sitä valmistetaan yli 250 miljoonaa tonnia vuosittain. Rikkihappoa käytetään esimerkiksi lannoite-, selluloosa-, räjähdettä ja metalliteollisuudessa, titaanidioksidin ja alumiinisulfaatin valmistuksessa, sekä lyijyakkujen elektrolyyttinä. Rikkihappoa voidaan valmistaa esimerkiksi seuraavalla kolmivaiheisella reaktiolla:

- (1) rikkikiisu  $\text{FeS}_2$  pasutetaan (käsittely hapella) rikkidioksidiksi ja rauta(III)oksidiksi,
- (2) syntynyt rikkidioksidi hapetetaan hapen avulla rikkiatrioksidiksi, ja
- (3) rikkiatrioksidi reagoi veden kanssa muodostaen rikkihappoa.

Tasapainota kolmivaiheisen prosessin reaktiot ja kirjoita prosessille kokonaisreaktio. Kuinka paljon rikkihappoa syntyy 50 kg:sta rikkikiisua?

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**Tehtävä 4. vastaustila jatkuu**

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**Tehtävä 5.**

(10 p)

Vesiliuosnäytteen kinonipitoisuus voidaan määrittää mittaamalla liuoksen absorbanssi UV/VIS-spektrofotometrillä 348 nm aallonpituudella. Absorboituneen valon määrää ilmaistaan absorbanssilla, joka on suoraan verrannollinen aineen pitoisuuteen.

Kinonia sisältävästä vesiliuosnäytteestä (näyte A) otettiin 25,0 ml, joka laimennettiin 50,0 ml:ksi ja mitattiin liuoksen absorbanssi. Absorbanssiksi saatiin 0,656.

Näytteestä A otettiin uusi 25,0 ml:n näyte, johon lisättiin 10,0 ml 25,7 mg/l kinonia sisältävää standardiliuosta ja lopuksi liuos laimennettiin 50,0 ml:ksi. Tämän liuoksen absorbanssiksi saatiin 0,976.

Ratkaise näytteen A kinonipitoisuus (mg/l) ja ilmoita tulos kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella.

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**Tehtävä 5. vastaustila jatkuu**

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

**Tehtävä 6. a)-d)**

(10 p)

Vetytalous on noussut viime vuosina huomion keskipisteeseen puhuttaessa siirtymästä kohti fossiilivapaata energiataloutta. Vetytaloudella viitataan energian tuottamiseen, siirtämiseen ja varastointiin molekulaarista vetyä ( $H_2$ ) käyttäen. Vaikka vety on maailmankaikkeuden yleisin alkuaine, se esiintyy luonnossa sitoutuneena muihin yhdisteisiin, kuten esimerkiksi veteen ja hiilivetyihin. Tässä hetkellä noin 95 % globaalista vedystä tuotetaan fossiilisista raaka-aineista. Tämän vuoksi vety soveltuu huonosti primaarienergianlähteeksi. Vetyä voidaan kuitenkin valmistaa esimerkiksi vedestä elektrolyysin avulla eli erottamalla vesimolekyylien happi ja vety toisistaan sähköenergian avulla. Vaikka veden elektrolyyttisen hajottamisen tehokkuutta on pystytty parantamaan, vaatii se edelleen huomattavan määrän sähköenergiaa. Molekulaarisen vedyn tuottaminen elektrolyyttisesti vaatii energiaa noin 198 MJ kilogrammaa kohden. Poliittisten päättäjien tavoitteena on, että veden elektrolyysiin tarvittava sähkö tuotettaisiin uusiutuvalla energialla, kuten esimerkiksi tuulivoimalla ja aurinkoenergialla. Tämä on johtanut merkittäviin investointeihin uusiutuvan energian sektorilla. Suomen tavoitteena onkin olla yksi vetytalouden merkittävistä kehittäjistä tulevilla vuosikymmenillä.

Molekulaarinen vety on erittäin houkutteleva energianlähde, koska vedyn palamisreaktio vapauttaa massaansa nähden suuren määrän energiaa ja sivutuotteena syntyy ainoastaan nestemäistä vettä. Vedyn palamisreaktion palamislämpö on  $\Delta_c H^\circ = 286,0$  kJ/mol. Korkeasta palamislämmöstä huolimatta nestemäisen vedyn energiatiheys tilavuuteen nähden on huono ja sen varastointi on haastavaa. Kuluttajille suunnatuissa tuotteissa, kuten esimerkiksi vetyautoissa, vety varastoidaan kaasuna korkeassa 700 bar (1 bar = 100 kPa) paineessa, jolloin energiatiheys tilavuuteen nähden on vielä alhaisempi.

a) Laske vedyn elektrolyyttiseen tuottamiseen tarvittavan energian määrä yksikössä kJ/mol.

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

b) Kirjoita vedyn palamisreaktion tasapainotettu reaktioyhtälö olomuotoineen.

c) Tyypillinen polttomoottoriauto kuluttaa bensiiniä noin 5 litraa/100 km, mikä vastaa energiaksi muutettuna noin 160 MJ/100 km. Montako moolia vetyä tarvittaisiin tuottamaan vastaava energiamäärä?

|      |             |
|------|-------------|
| Nimi | Syntymäaika |
|------|-------------|

d) Laske, mikä olisi kuluttajille suunnatun vetyauton polttoaineen vaatima tilavuus tankissa litroina 25°C (298,15 K) lämpötilassa, jos vetyautolla olisi tarkoitus ajaa 100 km matka? Oleta vedyn noudattavan ideaalikaasulakia  $pV = nRT$ , missä  $R = 8,314 \text{ m}^3\text{Pa K}^{-1}\text{mol}^{-1}$ .