

**2018/2019. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded**  
**10. klass**

**Ülesanne 1. Reaktsioonid ja omadused (12 p)**

- a) Kirjuta reaktsioonivõrrand laboratoorselt H<sub>2</sub> saamiseks, kui kasutada on järgmised ained: H<sub>2</sub>O, Al, Zn, NaOH, HCl, SiO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. (1)
- b) Reasta järgnevad lahused/ained normaالرõhul sulamistemperatuuri tõusu järgi alustades madalaimast: Fe, 96% etanool, destilleeritud vesi, NaCl, Hg, ookeanivesi, Al, parafiin. (4)
- c) Lõpeta ja tasakaalusta reaktsioonivõrrandid ning kirjuta elementide tähised, mis käituvad reaktsioonis oksüdeerijana ja redutseerijana.
- i) CH<sub>4</sub> + O<sub>2</sub> → ... (täielik põlemine)
- ii) K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> + HCl → KCl + CrCl<sub>3</sub> + Cl<sub>2</sub> + ... (3)
- d) Arvuta, mitu grammi MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O ja vett tuleb kokku segada, et valmistada 250 grammi lahust, mille soolsus oleks 7,00‰ (1‰ = 1/1000), nagu Läänemeres. (3)
- e) Pesusooda lahus on hüdroلүүsi tõttu üsna tugevalt aluseline. Mis on selle lahuse pH, kui c(OH<sup>-</sup>) = 0,0010 M? pH = -log(c(H<sup>+</sup>)) (1)

**Ülesanne 2. Tilkhaaval sademeid (10 p)**

Keemikule anti ülesandeks teha kindlaks kuues lahuses leiduvad anorgaanilised ained **A** kuni **F**. Kõik lahused olid selged ja sademeta. Ainete tuvastamiseks viis ta lahustega läbi tilkreaktsioonid ning kirjutas tähelepanekud tabelisse. Hüdroلүүsuvaid ühendeid tilkreaktsioonides ei tekkinud. Lahuste kohta on ka teada, et need ei sisalda K<sup>+</sup>- ega Br<sup>-</sup> ioone ning iga iooni leidub ainult ühes lahuses.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>A</b>		eraldus palju gaasi	E (valge sade)	-	-	E (valge sade)
<b>B</b>	eraldus palju gaasi		E (valge sade)	E (valge sade)	V	E (valge sade)
<b>C</b>	E (valge sade)	E (valge sade)		-	-	E (erekollane sade)
<b>D</b>	-	E (valge sade)	-		E (valge sade)	V
<b>E</b>	-	V	-	E (valge sade)		E (valge sade)
<b>F</b>	E (valge sade)	E (valge sade)	E (erekollane sade)	V	E (valge sade)	

V – vähelahustuv; E – ei lahustu vees

Aine **A** lahusele Na<sub>2</sub>S lahuse lisamise tulemusena tundis ta mädamuna lõhna ja aine **E** lahusele NH<sub>4</sub>Cl lahuse lisamise tõttu tekkis tugev nuuskpiirituse lõhn. Kõik ioonid, peale katiooni **X**, on olemas lahustuvustabelis. Element, mis moodustab katiooni **X**, võib moodustada ka aniooni **X'**, mis esineb näiteks ühendi LiAIX'<sub>4</sub> koostises. Ühendit LiAIX'<sub>4</sub> kasutatakse metallhalogeniidist vastava hüdrüidi tootmiseks. Aines **D** esinev kation **Y** moodustub 2. rühma metallist **Z**, mille põlemist ei saa kustutada

süsihappegaasiga. Ainult  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  andis tilkreaktsioonide käigus erekollase värvusega sademe. Kõige rohkem aatomeid sisaldab anioon, mille aatomite arvu saab leida, liites katiooni **Y** laengu arvvaartusele kolme. Soola **B** on kasutatud koduses majapidamises. Soola **C** kation on kõige suurema molaarmassiga kation, mille hüdroksiid on Sulle antud lahustuvustabeli järgi vees lahustuv.

- Millistest kationidest ja anioonidest koosnevad ühendid **A–F**? (6)
- Kirjuta reaktsioonide **A** +  $\text{Na}_2\text{S}$  ning **E** +  $\text{NH}_4\text{Cl}$  võrrandid. (2)
- Kirjuta reaktsioonide  $\text{LiAlX}'_4$  +  $\text{NaCl}$  ning **Z** +  $\text{CO}_2$  võrrandid. (2)

### Ülesanne 3. Boksiidist alumiiniumini (9 p)

Alumiiniumi tootmine on suurim värvilise metallurgia haru, mis on samas ka suur  $\text{CO}_2$  emissiooniallikas. Enamasti toodetakse alumiiniumi boksiidist, mis on põhiosas  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , ning kus lisanditena esineb  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  ja  $\text{CaCO}_3$ . Bayeri protsessi käigus lahustatakse boksiit esmalt kõrgel rõhul kuumas kontsentreeritud  $\text{NaOH}$  lahuses, mille tulemusena moodustub kompleks **X**. Ülejäänud lisandid eemaldatakse filtreerimise teel. Filtraadi jahtumisel ja rõhu alandamisel saadakse kristalliline  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , mille kuumutamisel tekib puhas alumiiniumoksiid.

- Lisa puuduvad komponendid ja tasakaalusta reaktsioonivõrrand, kus Bayeri protsessi kaudu saadakse  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ -st aine **X**. (1)
- Kirjuta boksiidis sisalduvate lisandite reaktsioonivõrrandid  $\text{NaOH}$ -ga. (3)  
Hall–Heroult' protsessi käigus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  lahustatakse krüoliidis ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), sest saadud segu sulamistemperatuur on oluliselt madalam alumiiniumoksiidi omast. Saadud lahust elektrolüüsitakse seejärel süsinikelektroodidega elektrokeemilises rakus.
- Kirjuta katoodil ja anoodil toimuvate protsesside võrrandid. (2)
- Võttes elektrolüüsi voolutugevuseks 200 kA, arvuta, mitu tonni Al toodaks keskmine elektrolüüser töötades lakkamatult terve aasta.  $F = 96485 \text{ C/mol}$ . (2)
- Arvuta, mitu aastat kuluks ühel hektaril metsal, et neelata kogu süsihappegaasi hulk, mis eraldub 100 tonni puhta alumiiniumi tootmisel. Ühe tonni alumiiniumi tootmise käigus paisatakse atmosfääri 21,6 tonni süsihappegaasi ning üks hektar metsa seob ühe ööpäevaga umbes 200 kg  $\text{CO}_2$ . (1)

### Ülesanne 4. Raudselt soe (9,5 p)

Ühekordsed käesoojendajad on hea näide keemilise reaktsiooni soojusefekti rakendamisest. Üks enim kasutatavaid reaktsioone on raua roostetamine õhuga kokkupuutel.

- Kirjuta rauarooste ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) tekkimise reaktsioonivõrrand. (1)
- Rauarooste tekkeentalpia on umbes 1000 kJ/mol. Arvuta reaktsiooni soojusefekti täpsem väärtus kasutades allolevaid standardentalpiaid.
  - $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{t}) + 3\text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{t}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$   $\Delta H = -24,8 \text{ kJ/mol}$
  - $\text{C}(\text{t}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g})$   $\Delta H = -110,5 \text{ kJ/mol}$
  - $\text{C}(\text{t}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$   $\Delta H = -393,5 \text{ kJ/mol}$(4)
- Reaktsiooni käigus reageeris hapnikuga 84 grammi rauda. Hinda, mitu kilogrammi

20 °C-st vett saab kuumutada 90 °C-ni kasutades eraldunud soojust. Eelda, et soojuskaod puuduvad ning  $C(H_2O) = 4,20 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$  (Kui **b**) osa on tegemata, kasuta umbkaudset tekkeentalpiat 1000 kJ/mol). (2,5)

- d)** Milline järgnevast metallidest sobib rauarooste rauaks taastamiseks: Al, Au, Cu, Pb? Vastuseks kirjuta vastav reaktsioonivõrrand. (1)
- e)** Taaskasutatava käesoojendajana on kasutusel naatriumatsetaadi ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) üleküllastunud lahuse põhimõttel töötavad käesoojendajad. Käesoojendaja käivitud õhukese metallitüki väänamisega. Mis protsess on vabaneva soojuste põhjuseks? Kuidas saab sellist käesoojendajat taastada esialgsesse olekusse? (1)

### Ülesanne 5. Mullitavad joogid (9,5 p)

Pruulikojas pruuliti koduõlu stiilis õlut, kus õlle karboniseerumine toimub pudelis. Õlu karboniseerub õllesegus oleva glükoosi lagunemisel  $\text{CO}_2$ -ks ja etanooliks ning süsihappegaasi sisaldus sõltub nii rõhust kui temperatuurist. Süsihappegaasi lahustuvust vees saab kirjeldada järgneva valemiga:

$$c = 10^{-4} \times (p + 101300) \times 10^{-4,664 + \frac{1137}{t+273,15}}$$

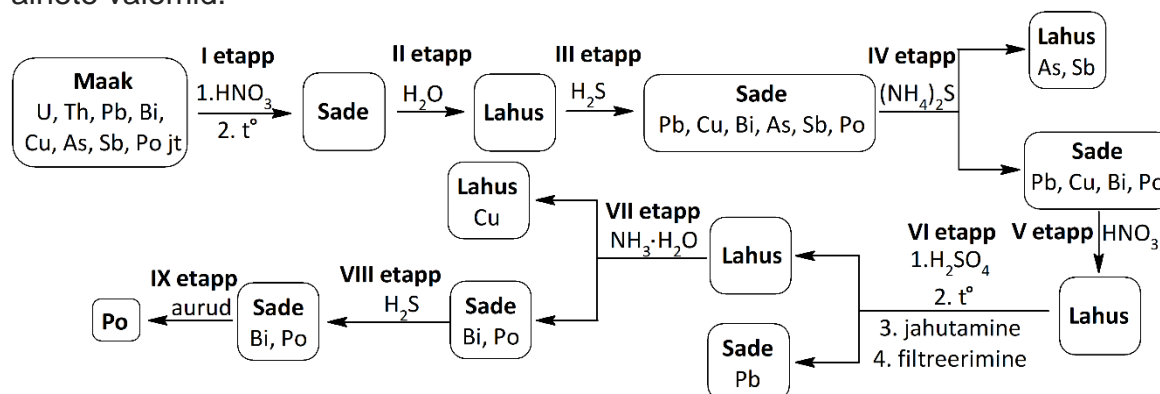
kus  $c$  on  $\text{CO}_2$  lahustuvus vees ( $\text{g}/\text{dm}^3$ ),  $p$  on  $\text{CO}_2$  osarõhk gaasis (Pa) ning  $t$  segu temperatuur ( $^\circ\text{C}$ ). Võib eeldada, et veega reageeriva  $\text{CO}_2$  hulk on tühiselt väike. Õlu pruuliti kaheastmelise kääritusega: esmase käärituse ajal oli õllesegu (lihtsustatult vesi, glükoos ja  $\text{CO}_2$ ) atmosfääriga tasakaalus (rõhk  $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $\text{CO}_2$  sisaldus õhus 0,041 vol%). Peale reaktsiooni lõppu villiti segu pudelitesse ( $0,50 \text{ dm}^3$  vedelikku ja  $0,020 \text{ dm}^3$  gaasi ühe pudeli kohta) ja lisati glükoosi, et sekundaarse käärimise lõpuks oleks  $\text{CO}_2$  sisaldus õlles 5,0  $\text{g}/\text{dm}^3$ .

- a)** Kirjuta käärimisreaktsioon, kus glükoos ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) laguneb etanooliks ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) ja süsihappegaasiks. (1)
- b)** Arvuta  $\text{CO}_2$  sisaldus ( $\text{g}/\text{dm}^3$ ) õllesegus peale esmast kääritust, kui segu oli 22 °C juures. (1,5)
- c)** Arvuta kogurõhk (Pa) külmkapis olevas pudelis (6 °C) peale sekundaarset käärimist. (1,5)
- d)** Arvuta glükoosi mass (g), mida peab igasse pudelisse lisama, et 6 °C juures oleks pudelis õige  $\text{CO}_2$  sisaldus ja rõhk. (3,5)
- e)** Väike osa vees lahustunud  $\text{CO}_2$  reageerib veega süsihappeks. Kirjuta  $\text{CO}_2$  ja vee vahelise tasakaalureaktsiooni võrrand ning kirjuta, kummale poole liigub reaktsiooni tasakaal, kui tõuseb **i**) temperatuur, **ii**) rõhk. (2)

### Ülesanne 6. Perioodilisustabeli tühja lahtri mõistatus (20 p)

2019. aasta on kuulutatud rahvusvaheliseks perioodilisustabeli aastaks. Sellele on pühendatud ka 51. rahvusvaheline keemiaolümpiaad, mis toimub Prantsusmaal. Prantsusmaalt on pärit mitmeid kuulsaid keemikuid, kellest 9 on teeninud oma teadustöö eest Nobeli preemia. Nende hulgas on ka Poolas sündinud Marie Skłodowska Curie, kes sai auhinna 1911. aastal uute elementide radiumi ja polooniumi avastamise ning kirjeldamise eest.

Järgnev skeem kirjeldab lihtsustatult, kuidas Po esmakordselt soolana maagist eraldati. Skeemil on kastides toodud eraldatavates ainetes esinevate elementide sümbolid, mitte ainete valemid.



a) Kirjuta soola valem, mille koostises Po eraldati ( $\omega_s = 13,2\%$ ). Polooniumi molaarmassiks võta  $210 \text{ g/mol}$ . (1,5)

b) Kirjuta järgnevad reaktsioonivõrrandid:

i) **V etapis** tekkinud lahustuva pliisoolaga **VI etapis** toimuv reaktsioon;

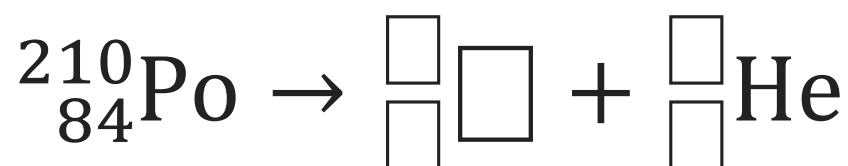
ii) **III etapis** tekkinud  $\text{As}^{\text{III}}$ -ühendiga **IV etapis** toimuv reaktsioon, kus tekib ainult vees lahustuv ühend, milles  $\omega_{\text{As}} = 33,3\%$ ,  $\omega_{\text{N}} = 18,7\%$ . (4,5)

Kõik tuntud polooniumi isotoobid on radioaktiivsed. Isotoobid on sama keemilise elemendi teisendid, mis erinevad teineteisest massiarvu poolest. Maakoos leidub polooniumi vähe (1 osa polooniumi  $10^{15}$  osa maakoore kohta), kuid seda moodustub pidevalt juurde mitmete radioaktiivsete elementide lagunemisel. Praegu toodetakse polooniumi tuumareaktorites vismuti isotoopide pommitamisel neutronitega, mille tulemusena tekivad lühikese elueaga vismuti isotoobid, mille lagunemisel tekivad vastavad polooniumi isotoobid ja eralduvad  $\beta$ -osakesed (elektronid).



Näites saadud poloonium-210 poolestusaeg (aeg, mille jooksul pool radioaktiivsetest tuumadest laguneb) on 138 päeva. Polooniumi lagunemisel eraldub  $\alpha$ -osake (heeliumi tuum).

c) Lõpeta Po-210 lagunemisreaktsioon. (1,5)



d) Kui pika aja möödudes on Po-210 esialgselt kogusest alles neljandik? (1)

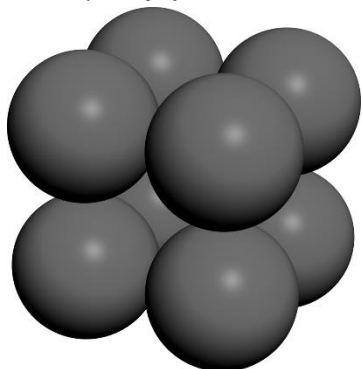
Polooniumit kasutatakse antistaatikuna ning ka kütuse põlemisprotsesside intensiivistamiseks. Oma intensiivse  $\alpha$ -kiirguse tõttu soojeneb poloonium iseeneslikult, mistõttu leiab see kasutust ka energiaallikana kosmoseaparaatides – nn RHU

(Radioisotope Heater Unit). Näiteks Kuu-kulguri Lunokhod-1, mis viibis kosmoses 321 päeva, seadmete tööks vajaliku temperatuuri hoidmiseks kasutati 11 kg Po-210t. Ühest grammist polooniumist on võimalik saada 140 W.

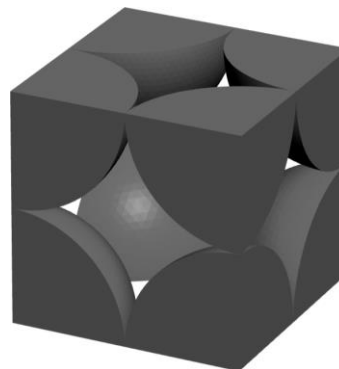
e) Mitu protsenti esialgsest võimsusest on võimalik saada Lunokhod-1 pardale pärast kosmosemissiooni alles jäänud Po-210st? (2,5)

Kosmoseaparaatide ehitamisel on äärmiselt oluline pidada silmas ka detailide mõõtmeid.

f) Arvuta Po-210 tihedus, eeldades, et Po-210 esineb ainult kuubilise kristallivõrega vormis (vaata joonist 1), mille ühikraku ehk struktuuris korduva väikseima ühiku (vaata joonist 2) küljepikkus on 334 pm. (2)



Joonis 1 Kuubiline kristallivõre



Joonis 2 Polooniumi ühikrakk

Po-210 sisaldub ka kõigis tubakatoodetes, mistõttu koguneb suitsetamise tagajärel alati organismi polooniumit. Po-210 maksimaalne lubatud doos on 0,03 mikroküriid ( $\mu\text{Ci}$ ). Ühes sigaretis (0,748 g) on Po-210 sisaldus 37 mBq/g.

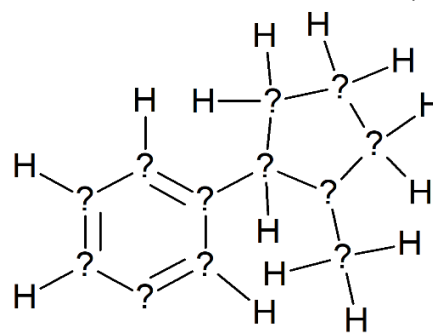
1 Ci =  $3,7 \times 10^{10}$  lagunemist sekundis; 1 bekrrell (Bq) = 1 lagunemine sekundis. Suitsetaja hingab sisse 5% sigaretis olevast Po-210st.

g) Leia, mitu sigaretti vastab maksimaalsele lubatud doosile. Tee arvutades eeldus, et suitsetaja suitsetab kõiki sigarette samaaegselt. (2)

Tubakatoodete peamiseks toimeaineks on alkaloid nikotiin ( $M = 162 \text{ g/mol}$ ), mille struktuur, kus ? tähistab süsiniku või lämmastiku aatomeid, on toodud kõrval.

Nikotiin on aluseliste omadustega, mistõttu reageerib see hapetega. Reaktsiooni võib kirja panna sarnaselt ammoniaagi reaktsioonile hapetega.  $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$

Vihje: Kõik nikotiini molekulis olevad lämmastikud seovad endaga vesinikiooni.



h) Kirjuta nikotiini ja happe vahelise reaktsiooni tasakaalustatud ioonvõrrand. (1)

Eelnevalt mainitud sigarettides nikotiini määramiseks võeti 4 sigaretti. Neid töödeldi vastavalt eeskirjale, mille tulemusena saadi  $100 \text{ cm}^3$  nikotiini lahust. Võid eeldada, et kogu nikotiin sigarettidest kandus üle valmistatud lahusesse. Seejärel mõõdeti  $25 \text{ cm}^3$  antud lahust, mis pandi reageerima happelahusega. Kogu nikotiini reageerimiseks kulus  $4,8 \text{ cm}^3$  happelahust. Ühes kuupdetsimeetris happelahuses on  $0,025 \text{ mol}$  vesinikioone.

- i)** Arvuta ühes sigaretipakis (20 sigaretti pakis) sisalduva nikotiini mass. (2,5)  
Nikotiini toksilisust on uuritud pikalt, kuid siiani pole surmav doos teada. Ühes uurimistöös leiti, et surmav annus on 13 mg 1 kg kehakaalu kohta.
- j)** Arvuta, mitu sigaretti vastab surmavale doosile, kui täiskasvanu kaalub 70 kg ja ühest sigaretist salvestub inimese kehasse keskmiselt 1,04 mg nikotiini. Tee arvutades eeldus, et suitsetaja suitsetab kõiki sigarette samaaegselt. (1)
- k)** Mitu korda rohkem sigarette vastab polooniumi lubatud maksimaalsele doosile kui nikotiini surmavale doosile? (0,5)