

2021/22. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded  
9. klass

**Ülesanne 1. Test (10 p)**

1817. a avastas noor laboriassistent Johan August Arfwedson mineraalset petaliit uue elemendi – liitiumi. Kuid metallilist liitiumi lihtainena ta eraldada ei suutnud.

a) i) Miks oli raske liitiumi lihtainena eraldada? (0,5)

ii) Kuidas tuleb metallilist liitiumi laboris hoida? (0,5)

Liitiumi ühendeid kasutatakse nii akudes kui ka meditsiinis.

b) Määra iga elemendi oksüdatsiooniaste järgmistes ainetes: i)  $\text{Li}_3\text{N}$ ; ii)  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ; iii)  $\text{LiAlH}_4$ . (3)

c) Lõpeta ja tasakaalusta järgmised reaktsioonivõrrandid:

i)  $\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow \dots$ ; ii)  $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ; iii)  $\text{Li}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \dots$  (3)

Liitiumi sooli kasutatakse meeleolu mõjutavates ravimites. Ka karastusjook 7Up sisaldas kuni 1948. aastani meeleolustabilisaatorit liitiumtsitraati. Liitiumtsitraadi asemel on hiljem joogis kasutatud naatriumtsitraati või kaaliumtsitraati ( $\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ).

d) Arvuta kaaliumioonide arv täpselt  $500 \text{ cm}^3$  karastusjoogis 7Up, kui joogis sisaldub  $444 \text{ mg/dm}^3$  kaaliumtsitraati. (3)

**Ülesanne 2. Huvitavad oksiidid (10,5 p)**

Element **X** moodustab kolm gaasilist oksiidid, mida teatakse juba sajandeid: **A** (massiprotsent  $w_x = 46,68\%$ ), **B** ( $w_x = 63,65\%$ ) ja **C** ( $w_x = 30,45\%$ ). Värvitu oksiid **A** oli pikalt tuntud kui keskkonda saastav aine, kuid 1991. a avastati Lundi ülikoolis Rootsis selle oksiidid oluline roll signaalmolekulina inimkehas. **A** kasutatakse ära kiiresti pärast tekkimist ja see aitab lõdvestada lihaseid, tappa võõraid rakke ja uuendada mälestusi. Ka oksiidil **B** on huvitav biotoime: sissehingamisel vaigistab **B** valu ja põhjustab eufooriat. Inglise keemik Humphry Davy korraldas populaarseid pidusid, millel oksiidid **B** sisse hingati, kuid oksiidid **A** hingamine peaaegu tappis 1800. a Davy. Punaka metallid **D** ja lahjendatud tugeva happe **E** reaktsioonil tekivad sool **F** ( $w_x = 14,94\%$ ) ja **A**, mis reageerib kiiresti õhus edasi lihtainega **G**, moodustades punaka mürgise **C**. Tööstuses saadakse oksiidid **A** aga hoopis ühendi **H** (koosneb vesinikust ja elemendist **X**,  $w_x = 82,25\%$ ) oksüdeerimisel ainega **G** plaatina juuresolekul.

a) Kirjuta ainete **A–H** valemid ja ainete **A–G** nimetused. (7,5)

b) Kirjuta tasakaalustatud reaktsioonivõrrandid: i)  $3\text{D} + \dots\text{E} \rightarrow 2\text{A} + \dots\text{F} + \dots\text{vesi}$ ;  
ii)  $\dots\text{A} + \dots\text{G} \rightarrow \dots\text{C}$ ; iii)  $\dots\text{H} + \dots\text{G} \rightarrow \dots\text{A} + \dots\text{vesi}$ . (2,5)

c) Nimeta peamine keskkonnaprobleem, mida põhjustavad oksiidid **A** ja **C**. (0,5)

**Ülesanne 3. Foolhape (7,5 p)**

B-rühma vitamiin foolhape ( $\text{B}_9$ ) on vees lahustuv vitamiin, mida inimkeha ise ei sünteesi. Foolhapet on inimkehas vaja närvisüsteemi normaalseks toimimiseks, punaste vereliblede moodustumiseks, vere kolesteroolitaseme alandamiseks, maksa töö turgutamiseks ja valkude, rasvade ning süsivesikute ainevahetuseks. Päevas soovitatakse tarbida vähemalt  $400 \mu\text{g}$  foolhapet. Foolhape on kuumuse ja valguse suhtes väga tundlik, seega tuleks eelistada töötlemata toite. Foolhappe puudujääk tekib tihti inimestel, kes söövad palju töödeldud ja valmistoite, aga vähe värskeid puu- ja köögivilju.

	Töötlemata ( $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ )	Kuumtöödeldud ( $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ )
spinat	192	94
brokoli	177	77
kartul	125	103
veiseliha	54	52

Üliõpilane Mai tahtis teada, kas ta saab toidust piisavalt foolhapet. Õnneks õppis Mai õde ülikoolis keemiat ja määras Mai lemmiktoiduainete foolhappesisalduse, mis on esitatud järgmises tabelis.

a) Teisenda ühikud: i)  $10 \mu\text{g} = \dots \text{g}$ , ii)  $0,1 \text{ g} = \dots \text{mg}$ . (1)

b) Milline Mai lemmiktoiduaine sisaldab kuumtöödeldud kujul kõige rohkem foolhapet? (0,5)

- c) Mai tahtis süüa nii palju spinatit, et ta saaks kogu oma päevase foolhappe vajaduse täidetud.
- Kui suur on töötlemata spinati mass, mille Mai plaanis ära süüa? (0,5)
  - Kahjuks luges Mai ainult tulemusi töötlemata toiduainete kohta ja ei märganud lehekülge, kus oli kirjas kuumtöödeldud toiduainete foolhappesisaldus. Seetõttu praadis ta spinati pannil koos muude toiduainetega ära. Kui palju foolhapet ( $\mu\text{g}$ ) jäi Mail kuumtöötlemise tõttu spinatist saamata? (1)
  - Järgmisel päeval valmistas Mai spinatist, brokolist ja kartulist panniroa. See panniroog andis  $96 \mu\text{g}$  foolhapet 100 g roa kohta ning sisaldas võrdse massi spinatit ja brokolit. Mitu g spinatit, brokolit ja kartulit sisaldas 100 g pannirooga? (3,5)
- d) Inimkehas võib olla kuni  $6,7 \cdot 10^{-5}$  mol foolhapet, millest umbes pool sisaldub maksas. Foolhappe molaarmass on  $441 \text{ g/mol}$ .
- Mitu grammi foolhapet võib inimkehas sisalduda? (0,5)
  - Mis on foolhappe maksimaalne massiprotsent maksas, kui maksa mass on  $1677 \text{ g}$ ? (0,5)

#### Ülesanne 4. Kodu puhastamine (12,5)

Õpilasel Mirjamil oli kodus probleem ummistunud toruga. Ummistuse kõrvaldamiseks kasutas ta tugevat alust **A** (hapniku massiprotsent  $w_0 = 40,00\%$ ) sisaldavat torupuhastusvahendit. Mõni torupuhastusvahend sisaldab aga hoopis tugevat kaheprootonilist hapet **B** ( $w_0 = 65,26\%$ ). Mõlema vahendi kasutamisel tuleb järgida ohutusnõudeid ja kunagi ei tohi alust **A** ja hapet **B** sisaldavaid vahendeid valada korraga samasse valamusse, sest muidu võib ohtlik segu valamust välja paiskuda (**reaktsioon I**). Kuna ummistuse likvideerimine õnnestus Mirjamil hiilgavalt, otsustas ta ema veel majapidamises aidata. Ta leidis äädika (etaanhappe  $\text{CH}_3\text{COOH}$  lahus) ning puhastas sellega veekeetja katlakivist (**reaktsioon II**). Katlakivi koosneb peamiselt soolast **C** ( $w_0 = 47,96\%$ ), mis on ka munakoorte ja lubjakivi põhikoostisaine. Mirjami arvates oli katlakivi reaktsiooni äädikaga väga huvitav jälgida, mistõttu tahtis ta teha veel mõne koduse keemiakatse. Selleks kuumutas ta katlakivi leeklambiga ja sool **C** lagunes kõrgel temperatuuril tahkeks oksiidiks **D** ja gaasiliseks oksiidiks **E** (**reaktsioon III**). Oksiidile **D** vee lisamisel tekkis vähelahustuv tugev alus **F**. Aluse **F** vesilahusest oksiidi **E** läbi juhtimisel muutus lahus häguseks, sest moodustus uuesti sool **C** (**reaktsioon IV**).

- Nimeta kaitsevahendid, mis on nii happelise kui ka aluselise torupuhastusvahendi kasutamisel vajalikud. (1)
- Leia arvutuste abil aine **A** valem, lähtudes hapniku massiprotsendist. Kirjuta välja ka arvutuskäik ja aine nimetus. (3)
- Leia ainete **B–F** valemid ja süstemaatilised nimetused. (5)
- Kirjuta **reaktsioonide I–IV** tasakaalustatud võrrandid. (3)
- Miks võib **reaktsiooni I** toimumisel segu laiali paiskuda? (0,5)

#### Ülesanne 5. XPRIZE Carbon Removal (9,5)

2021. a algatati \$100M XPRIZE Carbon Removal inimkonna suurima ohu – kliimamuutuse – vastu võitlemiseks ja Maa süsinikuringe tasakaalustamiseks. Valitsustevahelise Kliimamuutuste Nõukogu (IPCC) hinnangul on vaja igal aastal (kuni 2050. aastani) siduda atmosfäärist  $1,0 \cdot 10^{16}$  g süsinikdioksiidi selleks, et hoida globaalne temperatuuri tõus alla  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Vaatame mõningaid võimalikke lahendusi: **a)** puude istutamine, **b)**  $\text{CO}_2$  absorbeerimine kustatud lubjaga ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), **c)**  $\text{CO}_2$ -st polüeteeni  $(\text{CH}_2)_n$  valmistamine ja **d)**  $\text{CO}_2$  ladustamine maa all.

- Kui suurele pindalale on vaja istutada puud, et siduda iga-aastaselt  $1,0 \cdot 10^{16}$  g  $\text{CO}_2$ ? Mitu korda erineb see Euroopa Liidu pindalast ( $4,23 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ )? Eelda, et üks puu seob aastas  $22 \text{ kg CO}_2$  ja vajab  $22 \text{ m}^2$  maad. (2)
- Arvuta  $\text{CaCO}_3$  mass, mis moodustub  $1,0 \cdot 10^{16}$  g  $\text{CO}_2$  reageerimisel  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ga. Mitu korda erineb see Giza suure püramiidi massist ( $5,75 \cdot 10^9 \text{ kg}$ )? (1,5)
- Arvuta polüeteeni  $(\text{CH}_2)_n$  mass, mis saadakse  $1,0 \cdot 10^{16}$  g  $\text{CO}_2$  reageerimisel järgmise summaarse võrrandi  $n\text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CH}_2)_n + 1,5n\text{O}_2$  järgi, kus  $n$  on täisarv. Mitu korda erineb

see ülemaailmselt aastas toodetava plasti massist ( $3,7 \cdot 10^{11}$  kg)? (1,5)

**d)** Arvuta maa-aluste õõnsuste ruumala  $1,0 \cdot 10^{16}$  g  $\text{CO}_2$  ladustamiseks vedelal kujul ( $\rho = 1100$  kg/m<sup>3</sup>). Mitu korda erineb see Peipsi järve ruumalast (25 km<sup>3</sup>)? (1,5)

Süsinikdioksiidi sisaldust õhus mõõdetakse ppm-ides (miljondikes osades) mahu järgi (ppm<sub>v</sub>). Näiteks oli  $\text{CO}_2$  sisaldus õhus 2021. a umbes 417 ppm<sub>v</sub> ehk 1 m<sup>3</sup> õhku sisaldas 417 cm<sup>3</sup>  $\text{CO}_2$ . Kuna konstantsel rõhul ja temperatuuril kehtib Avogadro seadus, on gaasi sisaldus mahu järgi võrdne gaasi sisaldusega moolide arvu järgi. Peamine süsinikuheitme allikas on kivisüsi. 2019. a saadi kivisöe põletamisel ülemaailmselt 158 EJ (1 EJ =  $10^{18}$  J) energiat.

**e)** Kui palju tõusis kivisöe põletamise tõttu 2019. a jooksul  $\text{CO}_2$  sisaldus õhus (ppm<sub>v</sub>-ides)? Eelda, et kivisüsi koosneb puhtast süsinikust ja 1 kg kivisöe põletamine annab 30 MJ (1 MJ =  $10^6$  J) energiat. Atmosfääri mass on  $5 \cdot 10^{18}$  kg ja õhu keskmine molaarmass on 29 g/mol. Eelda, et ainult 50% põlemisel eralduvast  $\text{CO}_2$ -st lisandub püsivalt atmosfääri (ülejäanud  $\text{CO}_2$  neeldub looduslikes protsessides, nt lahustudes ookeanides). (3)

### Ülesanne 6. Elu keemilised alused (20 p)

Antud ülesanne käsitleb "elu ehitus-plokkide" (lämmastikaluste **A**, **C**, **G**, **T** ja **U**) päritolu. Need sisalduvad deso-ksüribo- ja ribonukleiinhappes (vastavalt DNA ja RNA), mis on Maa eluvormide jaoks keskse tähtsusega. Lämmastik-aluste alltoodud täppstruktuurides on igal C, N ja O aatomil väliskihis kaheksa elektroni, mis on kas sidemetesse jaotunud või esinevad vabade elektronipaaride kujul. Ühe hüpoteesi kohaselt võisid lämmastikalused moodustuda anorgaanilistest ühenditest: vesinik-tsüaniidist (HCN), ammoniaagist ( $\text{NH}_3$ ) ja veest ( $\text{H}_2\text{O}$ )

**a)** Määra iga lämmastikaluse molekulite saamiseks vajalik minimaalne arv HCN ja  $\text{H}_2\text{O}$  molekule. (2)

Elueelsetes tingimustes (enne 540 mln a m.a.j) moodustusid HCN ja  $\text{NH}_3$  molekulid atmosfääri  $\text{CO}_2$  ja  $\text{N}_2$  molekulidest. Süsinikdioksiidi kontsentratsioon oli elueelisel Maal kümnetes kordades suurem kui tänapäeval. Selleks, et Maale saaks tekkida elu, pidi süsinikdioksiid redutseeruma ning moodustama lihtsamaid orgaanilisi ühendeid, nagu näiteks sipelghape ( $\text{HCOOH}$ ). Tõenäoliselt olid süsinikdioksiidi redutseerimises tähtsat rolli mineraalid, nt tsinksulfiid.

**b)** Tasakaalusta reaktsioonivõrrand:  $\dots\text{CO}_2 + \dots\text{ZnS} + \dots\text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots\text{HCOOH} + \dots\text{Zn(OH)}_2 + \dots\text{S}_8$  (2)

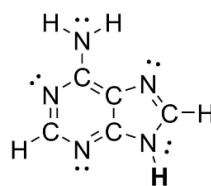
**c)** Kirjuta ja tasakaalusta  $\text{NH}_3$  tekke reaktsioonivõrrand, mis toimub ZnS pinnal sarnaselt reaktsioonile alapunktis **b**). (2)

Tekkinud ammoniaak ja sipelghape võisid teineteisega reageerida ning moodustada ammooniumformiaadi ( $\text{HCOONH}_4$ ). Puhas ammooniumformiaat ei ole stabiilne ning laguneb iseeneslikult formamiidiks ( $\text{HCONH}_2$ ) ja veeks. Kõrgel temperatuuril laguneb formamiid omakorda vesiniktsüaniidhappeks (HCN) ja veeks.

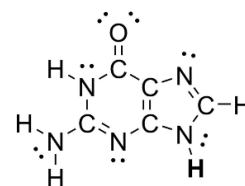
**d)** Joonista ammooniumformiaadi ja formamiidi täppstruktuurid. (2)

Elueelsetes tingimustes võiks lämmastikaluste **A** ja **G** süntees alata, kui neli HCN molekuli ühineks vaheproduktiks (vt joonis). Selle reaktsiooni käigus muunduvad HCN molekulide  $\text{C}\equiv\text{N}$  kolmiksidemed joontega piiratud sidemeteks ning vesinikuaatomid paigutuvad ümber. Kui vaheprodukt reageeriks edasi veel ühe HCN molekuliga, tekiks lämmastikalus **A**, kuid reaktsioonil ( $\text{NH}_2$ )<sub>2</sub>CO ehk ureaga tekiks lämmastikalus **G**.

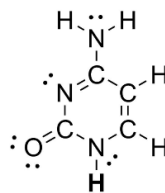
**e)** Tõmba **A** struktuuris ring ümber C–N ja C=N sidemetele, mis pärinevad HCN molekulidest. (2)



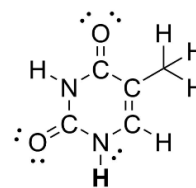
Adeniin (A)



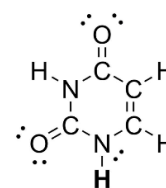
Guaniin (G)



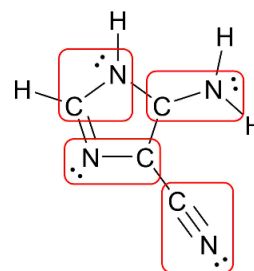
Tsütosiin (C)



Tümiin (T)



Uratsiil (U)



Vaheprodukt

Uurea ja tsüanoatsetüleen ( $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ ) tekkisid tõenäoliselt valguse toimet metaanist ( $\text{CH}_4$ ), mis omakorda võis tekkida  $\text{CO}_2$  reageerimisel kuuma raudsilikaadiga.

f) Tasakaalusta reaktsioonivõrrand:



g) Kirjuta ja tasakaalusta tsütosiini (C) uureast ja tsüanoatsetüleenist tekkimise reaktsioonivõrrand.

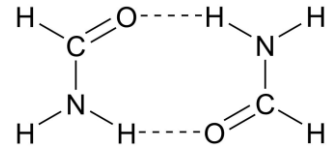
(1)

h) Tõmba C struktuuris ring ümber aatomite ahelale, mis pärineb tsüanoatsetüleenist.

(2)

Bioloogilise informatsiooni DNA-s ja RNA-s talletamise aluseks on vesiniksidemete moodustumine sobivate lämmastikaluste vahel.

Niimoodi üksteisega seondunud lämmastikaluseid nimetatakse aluspaarideks, kusjuures DNA-s sisalduvad ainult **T-A** ning **G-C** aluspaarid, kuid RNA-s ainult **U-A** ja **G-C** aluspaarid. Ülaltoodud joonisel on näitena illustreeritud molekulidevaheliste vesiniksidemete moodustumine kahe formamiidi molekuli vahel.



i) Joonista **T-A** ja **G-C** aluspaarid näidates punktiirjoonega alustevahelisi vesiniksidemed. *Vihje: vesinikside moodustub, kui N või O vaba elektronipaar seostub N-H sideme vesinikuaatomiga. Paksu kirjaga tähistatud vesinikuaatomite asemel on DNA struktuuris desoksüriboosi jäägi süsinikuaatom ehk need vesinikuaatomid ei osale vesiniksideme tekkes.*

(5)