

2018/2019. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded
9. klass

Ülesanne 1. Elementide omadused, gallium ja galliumi ühendid (10 p)

- a) Millised loetelus toodud elementidest on lihtainena inimese kehatemperatuuril (37 °C) ja atmosfäärirõhul (1 atm) **i)** vedelad, **ii)** tahked, **iii)** gaasilised: gallium, tina, kloor, broom, jood, fluor, argoon, elavhõbe? (2,5)
- b) Määra järgmistes ainetes iga elemendi oksüdatsiooniaste: **i)** GaH₃; **ii)** HClO₄; **iii)** NaKHPO₄; **iv)** H₂O₂. (3)
- Looduslik Ga koosneb 38 neutroniga ja 40 neutroniga aatomitest (isotoopidest).
- c) Hinda galliumi keskmise aatommassi põhjal, mitu protsenti galliumi aatomite arvust on 38 neutroniga ja mitu protsenti 40 neutroniga Ga aatomeid. (2)
- d) Arvuta, mitu grammi arseeni ja galliumi kulub täpselt ühe kilogrammi galliumarseniidi valmistamiseks eeldusel, et kadusid pole. (2)
- e) Arvuta täpselt ühe GaAs kilogrammi ruumala liitrites, kui selle tihedus on 5317,6 kg/m³. (0,5)

Ülesanne 2. Alternatiivkütused (8 p)

Kahanevate fossiilkütuste varudega maailmas on kasvav tähelepanu suunatud alternatiivkütustele. Bioetanool (C₂H₅OH, molaarmass 46,07 g/mol) on üks nendest kütustest, mida saadakse suhkrute fermentatsiooni ehk kääritamise käigus. Bioetanooli tootmise lähtematerjalina saab Eestis kasutada juurvilju (kartul, suhkrupeet) või teravilju (rukis, nisu, tritikale, oder).

- a) Kirjuta etanooli täieliku põlemise reaktsioonivõrrand. (2)
- b) Arvuta, kui palju energiat (kJ) vabaneb ühe mooli etanooli põlemisel, kui 1 kg etanooli põlemisel eraldub 29,76 MJ. (1,5)

Oletame, et ühe kartulisordi saagikus on 25 tonni hektari kohta (25 t/ha). Ühest tonnist kartulist saab 159 kg etanooli. Etanooli tihedus on 789 kg/m³.

- c) Arvuta, mitu dm³ etanooli on võimalik saada kartulipõllult pindalaga 59 hektarit. (2)
- Teine alternatiivkütus on vesinik, mida võib saada vee elektrolüüsil (vee lagundamisel elektrivoolu abil) vesinikuks ja hapnikuks. Vee elektrolüüsi abil saab salvestada päikesepatareidelt kogutavat energiat vesinikku kui kütusesse. 1 mooli vesiniku põlemisel vabaneb 286 kJ.
- d) Kirjuta vesiniku põlemisreaktsiooni võrrand. (0,5)
- e) Arvuta mitu tonni vett on vaja elektrolüüsida, et salvestada vesinikku sama palju energiat, kui vabaneb 59 ha kartulipõllult saadud etanooli põletamisel. Kui Sa ei leidnud punkti **c)** vastust, siis võta selleks 350000 dm³. (2)

Ülesanne 3. Tuntud metall (9 p)

Oksiidi **A** (hapniku massiprotsendiline sisaldus $\omega_{\text{O}} = 30,06\%$) ja metalli **X** segu süütamisel põleb see ereda tulesambaga, andes hõõguva metalli **Y** tükid ning oksiidi **B** ($\omega_{\text{O}} = 47,08\%$) (reaktsioon **1**). Metall **Y** on oksiidis **A** ainult ühes kindlas oksüdatsiooniastmes. Metall **X** on levinuim metall maakoos. Metall **X** reageerib soolhappega (reaktsioon **2**). Samuti reageerib **X** naatriumhüdrosiidi vesilahusega (reaktsioon **3**), moodustades

kaheaatomilise gaasi ja ühendi **C**, mis sisaldab Na ja metalli **X** moolsuhtes 1:1. Metall **X** saadakse sulatatud oksidi **B** elektrolüüsil (reaktsioon 4). **X** reageerib kõrgemal temperatuuril paljude mittemetallidega. Näiteks mittemetalliga **Z** annab **X** ühendi **D** ($\omega_X = 35,94\%$). **D** reaktsioonil veega eraldub mürgine mädamunalõhnaline kolmeaatomiline gaas ja tekib metalli **X** hüdroksiidi sade (reaktsioon 5).

- a) Leia arvutustega oksidi **A** valem, lähtudes selle massiprotsendilisest koostisest. (2,5)
 b) Kirjuta reaktsioonide 1–5 võrrandid. (6,5)

Ülesanne 4. Väetised (9,5 p)

Kaks põhilist väetistes kasutatavat taimede toitelementi on **X** ja **Y**. Elemente **X** ja **Y** sisaldavat mineraalväetist **A** saab valmistada aluse **B** ning fosforhappe reaktsioonil, kui nende moolsuhe on 2:1. Alus **B** moodustub neljast aatomist koosneva gaasi **C** lahustumisel vees. Toitelementi **Y** sisaldavat kolmest erinevast elemendist koosnevat mineraalväetist **D** toodetakse aluse **B** ning lämmastikhappe reaktsioonil.

- a) Kirjuta elementide **X** ja **Y** sümbolid ning ainete **A–D** valemid. (3)
 b) Kirjuta reaktsioonivõrrandid, kui alus **B** ning fosforhape reageerivad suhtes 1:1 ja 3:1 ning tekkinud soolade nimetused. (3)
 c) Arvuta toiteelementide massiprotsendiline sisaldus väetistes **A** ja **D**. (2)
 d) Kartuliväetises on elementi **Y** massi järgi 1,7 korda rohkem kui elementi **X**. Millises massisuhtes peaks kokku segama mineraalväetiseid **A** ja **D**, et valmistada kartuliväetist? (1,5)

Ülesanne 5. Kiuslik õps (13,5 p)

Keemiaõpetajal olid kuue erineva soola lahused, mis olid tähistatud kui **A–F**.

On teada, et soola **C** koostises on plii(II)ioon, sool **F** on kloriid ning lisaks võivad soolades leiduda katioonid K^+ , Ag^+ , Cu^{2+} , Ba^{2+} , Mg^{2+} ja anioonid Br^- , I^- , NO_3^- , SO_4^{2-} . Soola **C** ja **D** koostises on sama anioon ning Sulle antud lahustuvustabelis on kõik **A**-s leiduvat katiooni sisaldavad soolad hästilahustuvad. Soola **B** lahus on sinine, ülejäänud on värvitud. Antud algandmete põhjal pidi õpilane tegema kindlaks, milliste soolade lahustega on tegu, kasutades lahustuvustabelit, NaOH lahust ja tsingi tükke. Õpilane viis läbi katsed, mille tulemused on toodud tabelis (võib eeldada, et kõikide lahustuvustabelis vähelahustuvatena märgitud soolade puhul tekib sade):

	A	B	C	D	E	F
A		laguneb: X + valge sade G	erkkollane sade	helekollane sade	–	–
B	laguneb: X + valge sade G		valge sade	valge sade	–	valge sade
C	erkkollane sade	valge sade		–	kollakasvalge sade	valge sade
D	helekollane sade	valge sade	–		kollakasvalge sade	valge sade
E	–	–	kollakasvalge sade	kollakasvalge sade		–
F	–	valge sade	valge sade	valge sade	–	
NaOH	–	helesinine sade	valge sade	pruun sade	valge sade	–
Zn	–	punakaspruun kiht metallil	tumehall kiht metallil	helehall kiht metallil	–	–

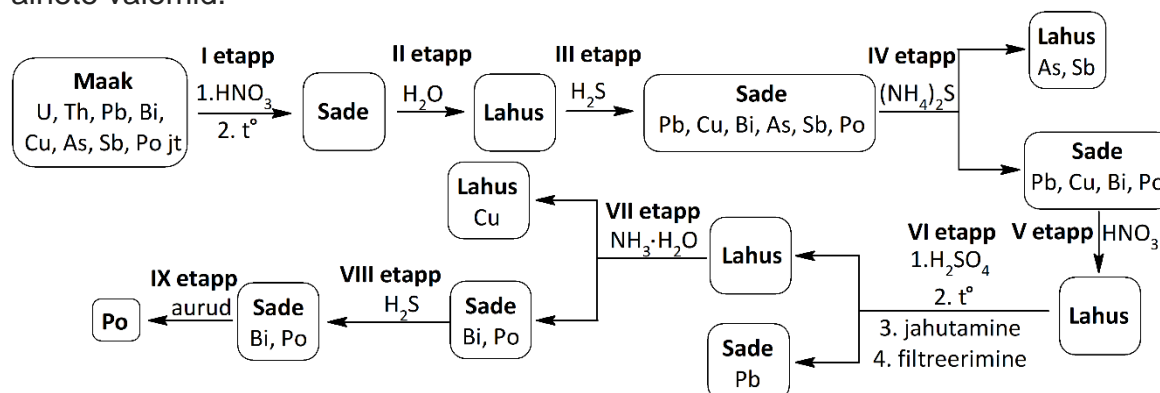
Kriips lahtris tähendab, et visuaalsel vaatlemisel muutust pole näha.

- a) Soolade **A** ja **B** reageerimisel tekib sool **G** ja lihtaine **X**, mis esineb normaaltingimustel metalse läikega mustjashallide kristallidena. Kirjuta lihtaine **X** ja soola **G** valem (soolas **G** oleva metalli oksüdatsiooniaste ei ole sama, mis soolas **B**). (2)
- b) Tuvasta ioonid soolades. (10)
- c) Kirjuta lahuste **B–D** reaktsioonivõrrandid tsingiga. (1,5)

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.



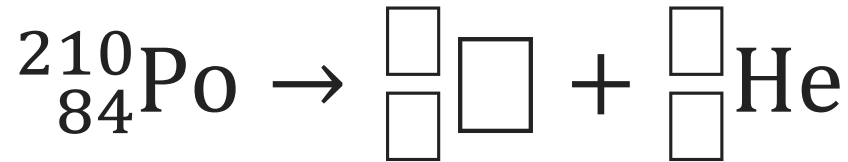
- a) Kirjuta soola valem, mille koostises Po eraldati ($\omega_s = 13,2\%$). Polooniumi molaarmassiks võta 210 g/mol . (1,5)
- b) Kirjuta järgnevad reaktsioonivõrrandid:
- V etapis** tekkinud lahustuva pliisoolaga **VI etapis** toimuv reaktsioon;
 - III etapis** tekkinud As^{III} -ühendiga **IV etapis** 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 β -osakesed (elektronid).



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

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



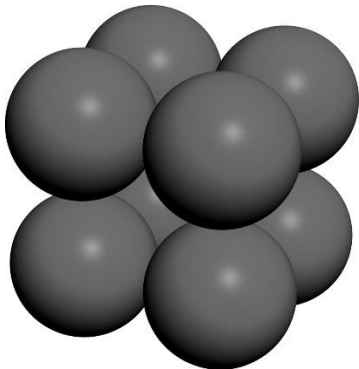
d) Kui pika aja möödudes on Po-210 esialgselt kogusest alles neljandik? (1)

Polooniumit kasutatakse antistaatikuna ning ka kütuse põlemisprotsesside intensiivistamiseks. Oma intensiivse α -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.

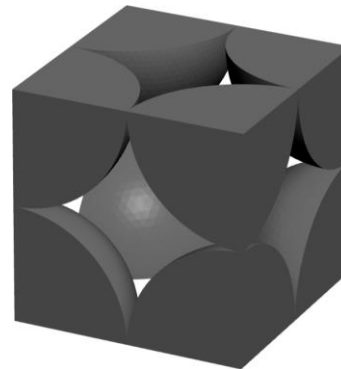
e) Mitu protsenti esialgselt võimsusest on võimalik saada Lunokhod-1 pardale pärast kosmosemissiooni alles jäänud Po-210st? (2,5)

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



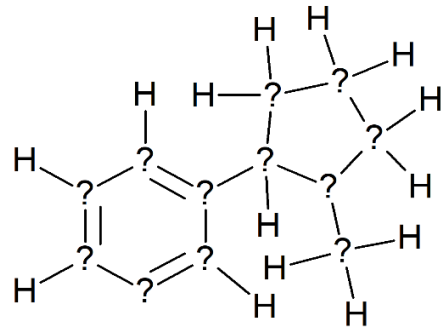
Joonis 2 Polooniumi ühikrakk

Po-210 sisaldub ka kõigis tubakatoodes, mistõttu koguneb suitsetamise tagajärel alati organismi polooniumit. Po-210 maksimaalne lubatud doos on 0,03 mikroküriid (μCi). Ühes sigaretis (0,748 g) on Po-210 sisaldus 37 mBq/g.

1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ lagunemist sekundis; 1 bekrell (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 aatomit, 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 cm^3 nikotiini lahust. Võid eeldada, et kogu nikotiin sigarettidest kandus üle valmistatud lahusesse. Seejärel mõõdeti 25 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 sigarettist salvestub inimese kehasse keskmiselt $1,04 \text{ mg}$ 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)