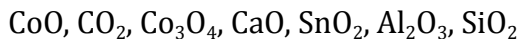


2024/25. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded
9. klass

1. Oksiidipõhised pigmendid

(11 p)

Järgnevalt on toodud loetelu tuntud oksiididest, millest on võimalik tööstuslikult erinevaid värvpigmente valmistada:



- a) Vali loetelust oksiidid, mis reageerivad toatemperatuuril veega. (1)
- b) Määra, milline alapunktis a) valitud oksiididest muudab vees lahustumisel keskkonna i) aluseliseks ja milline ii) happeliseks. (1)
- c) Lõpeta ja tasakaalusta mõnede pigmentide (nt lasuliit, Hani sinine ja sodaliit) saamiseks sobiliku oksiidi reaktsioonivõrrandid veega. (3)
- i) $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$; ii) $\text{P}_4\text{O}_{10} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$; iii) $\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$

Siniste pigmentidena kasutatakse mitmesuguseid keemilisi ühendeid, näiteks sünteetilist päritolu tseruleumi (Co_2SnO_4) ja koobaltsinist (CoAl_2O_4). Pigmenti värvi intensiivsus sõltub selle koostisesse kuuluvate metalliaatomite oksüdatsiooniastmest.

- d) Lõpeta ja tasakaalusta liitumisreaktsioonide i)–ii) võrrandid, kasutades loetelus esitatud oksiide. (2)
- i) $\dots + \dots \rightarrow \text{Co}_2\text{SnO}_4$; ii) $\dots + \dots \rightarrow \text{CoAl}_2\text{O}_4$
- e) Määra metalliaatomite oksüdatsiooniastmed sünteesitud pigmentides. Vihje: nende ühendite sünteesil ei muutunud elementide oksüdatsiooniaste. (2)
- i) Co_2SnO_4 , ii) CoAl_2O_4

Kunstnikul seisid riiulis purgid Egiptuse sinise ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$) ja Hani sinisega ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$), kuid ajaga olid sildid ära kulunud. On teada, et mõlemad purgid A ja B sisaldavad 10,0 g ainet. Leidmaks, millises purgis on Egiptuse sinine, viis kunstnik mõlemad pigmendid keemikust sõbrale analüüsimiseks. Ninatark keemik andis kunstnikule aga mõistatuse: purgis A on $2,04 \cdot 10^{23}$ aatomit.

- f) Tuvasta arvutustega, kummas purgis (A või B) on Egiptuse sinine. $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ 1/mol. (2)

2. Kosmilised seiklused

(10 p)

Ühes kauges-kauges galaktikas elavad kosmose avarustes purrgilid – lendvaalad, kes suudavad reisida planeetide vahel. Lendamiseks vajavad nad aga hapnikku (või mõnda muud oksüdeerijat) ja vesinikku. Kuigi atomaarset vesinikku leidub kosmoses suurtes kogustes, peavad purrgilid hapnikuvarude täiendamiseks külastama aeg-ajalt planeeti Oxygenicum.



Purrigilite veri sisaldab erilisi valke, mis transportivad hapniku. Üks selline valk ($M_{\text{valk}} = 30000$ g/mol) koosneb neljast struktuurilisest alaüksusest, millest igauks seob täpselt ühe hapniku molekuli. On teada, et $5,0 \text{ cm}^3$ purrgili verd sisaldab 850 mg hapniku transportivaid valke.

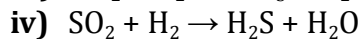
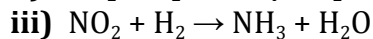
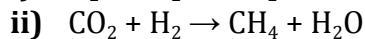
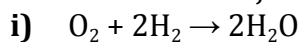
- a) Arvuta valkude kontsentratsioon c (g/dm^3) purrgili veres. (1)
- b) Purrigili veres on lahustunud 400 mol hapnikku. i) Arvuta lahustunud hapnikku mass (kg) ja ii) mitu m^3 verd on antud hulga hapniku sidumiseks vaja. (2)

Pärast planeedil Oxygenicum “tankimist” lendasid kolm purrgili erinevatele planeetidele. Esimene purrgil otsustas külastada planeet Carbonicum, mille atmosfäär koosneb süsiniku oksiididest, kuid teine purrgil väisas planeet Nitrogenicum, mille atmosfääris leidub ainult lämmastiku oksiide. Kolmas purrgil tundis huvi väevli oksiididest pakatava atmosfääriga planeet Sulfuricum vastu.

- c) Kirjuta iga planeedi jaoks ühe mittemetallioksiidi valem, mida võib selle planeedi atmosfääris peale CO_2 , NO_2 ja SO_2 samuti gaasina esineda. (1,5)

- d) i) Märgi vastustevihikusse "+" juhul, kui punktis c) kirjutatud oksiidide seas esineb vähemalt üks **neutraalne** oksiid ning ii) kirjuta sellisel juhul välja ka vastava oksiidi valem (mitme neutraalse oksiidi korral piisab ühest näitest). (0,5)

Esimene purrgil kasutas hapniku asemel oksüdeerijana CO₂, teine NO₂ ning kolmas SO₂. Hapniku ja vastavate oksüdeerijatega reageerib vesinik purrgili kehas järgmiste võrrandite järgi:



- e) Tasakaalusta reaktsioonide ii)–iv) võrrandid. (3)

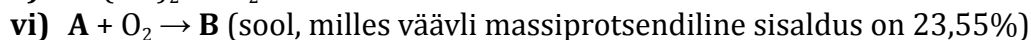
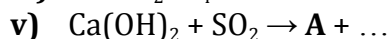
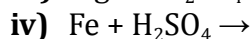
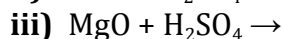
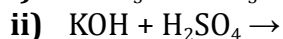
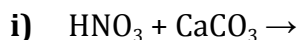
Purrgil kogub oma verre oksüdeerija massi, mis on võrdne alapunktis b) arvatud hapniku massiga.

- f) Arvuta, kui suure massi (kg) gaasilist vesinikku saab oksüdeerida iga purrgili verre kogutud oksüdeerijaga (O₂, CO₂, NO₂, SO₂). (2)

3. Väetiste keemia (10 p)

Väetised sisaldavad taimede toiteelemente, millest peamised on N, P, K, Ca, Mg ja S. Väikeses koguses vajavad taimed ka erinevaid n-ö mikroelemente, näiteks Fe ja Cu.

- a) Lõpeta ja tasakaalusta järgmised väetiste koostisainete saamiseks sobilike reaktsioonide võrrandid. (4,5)



- b) Arvuta, mitu dm³ 30,0% KOH (ρ = 1,29 g/cm³) lahust oleks vaja võtta, et valmistada selle lahuse reaktsioonil väevelhappega 1,00 kg kaaliumsulfaati. (3)

Kartuli kasvatamisel soovitatakse taimi väetada 25 g kaaliumsulfaadiga 1 m² põllu kohta. Põllumees Peetril on 5,0 ha suurune kartulipõld.

- c) Arvuta, mitu tonni kaaliumsulfaati vajab Peeter oma põllu väetamiseks. 1 ha = 10 000 m². (1)

- d) Arvuta, mitu grammi kaaliumnitraati peaks Peeter võtma 1 m² põllu kohta, et tema kartulid saaksid kaaliumnitraadist sama koguse kaaliumi kui kaaliumsulfaadist. (1,5)

4. Metall puhastavad või määrivad ühendid? (9 p)

Metall X on elemendina inimkonnale tuntud olnud umbes 250 aastat, ent selle levinuim oksiid A kuulub ühe vanima teadaoleva värvipigmendi koostisesse. Elemendi X nimetus võib tuleneda kas kreekakeelsest sõnast, mis tähendab puhastamist, või ladinakeelsest sõnast, mis tähendab magnetit. Elemendi X oksiid B laguneb soojendamisel plahvatuslega, moodustades oksiidi A ning hapniku. Oksiidis B on metalli X massiprotsendiline sisaldus 49,52%.

- a) Tuvasta arvutustega metall X ja oksiidi B valem. (4)

Oksiidi A on ajalooliselt kasutatud musta värvipigmendina. Oksiid tekib metalli X reageerimisel hapnikuga temperatuuril <450 °C. On teada, et reaktsioonis osaleb 2,50 g metalli X ja 1,02 dm³ hapnikku (normaaltingimustes, V_m = 22,4 dm³/mol).

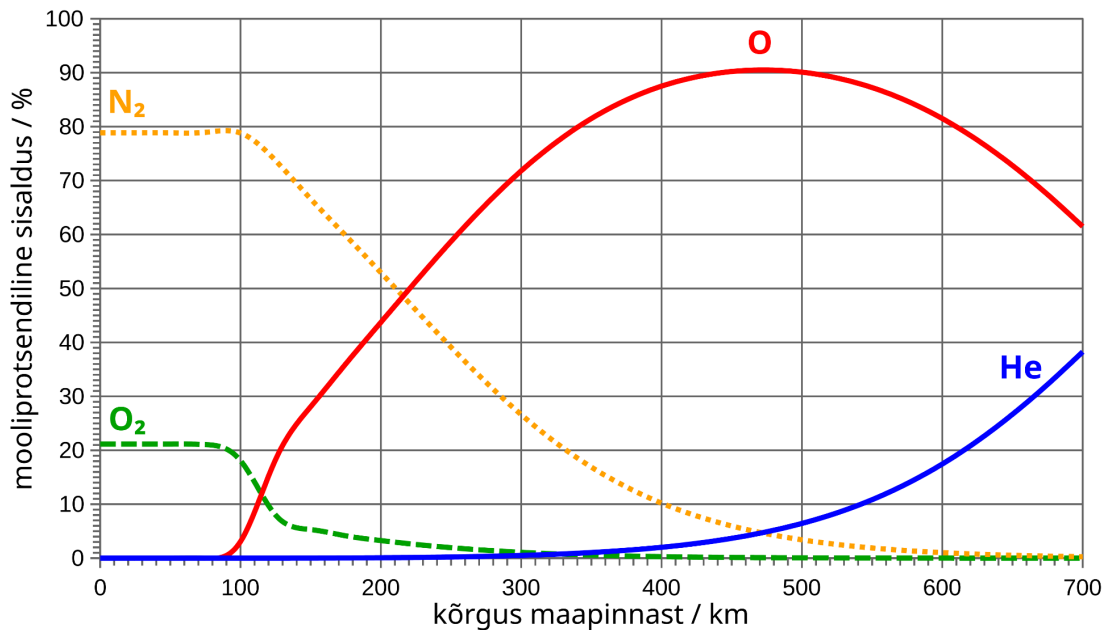
- b) Tuvasta arvutustega oksiidi A valem. (2)

- c) Kirjuta ja tasakaalusta oksiidi B lagunemisreaktsiooni võrrand oksiidiks A ja hapnikuks. (1)
Oksiidile B vastab kaaliumisool C, mida kasutatakse igapäevaelus desinfitseerimiseks, kuid mis võib tekitada ka tumedaid plekke. On teada, et sool C sisaldab massi järgi 24,74% kaaliumit, 34,76% metalli X ning ülejäänud osa moodustab hapnik.

- d) Tuvasta arvutustega soola C valem. (2)

5. Muutuv molaarmass (10 p)

Antud graafikul on kujutatud Maa atmosfääri mooliprotsendilise koostise sõltuvust kõrgusest maapinnast. Näidatud on gaasid, mille sisaldus on üle 1%. Ionosfääris (>100 km) molekulid dissotsieeruvad ehk lagunevad kiirguse mõjul vastavateks aatomiteks ning >500 km kõrgusel sarnaneb atmosfääri koostis juba avakosmosega.



a) Kirjuta hapniku dissotsiatsiooni kujutatav reaktsioonivõrrand. (1)

b) Tuvasta kaks erinevat elementi, mille **aatomite** sisaldus on ~1% vastavalt kõrgustel **i**) <200 km ja **ii**) 200–350 km. (2)

Virmaliste violetne ja roheline värv on tingitud elektronkiirguse interaktsioonist vastavalt N₂-ga ja O-ga.

c) Vali järgmiste variantide seast sobivad kõrgused, kus virmalised on **i**) violetset ja **ii**) rohelist värvi: <100 km; 100–200 km; >500 km. (1)

Maapinna lähedal (kõrgusel 0–80 km) on õhu keskmine molaarmass 29 g/mol. Õhu keskmist molaarmassi saab arvutada vastavate gaasiliste komponentide mooliprotsendilise sisalduse (%) ja molaarmassi korrutiste summana:

$$M_{\text{õhk}} = 0,78 \cdot 28 \text{ g/mol} + 0,21 \cdot 32 \text{ g/mol} + 0,01 \cdot 40 \text{ g/mol} \approx 29 \text{ g/mol}$$

d) Näita arvutustega, kui kõrgel (± 25 km) on atmosfääri keskmine molaarmass vastavalt **i**) 22 g/mol, **ii**) 16 g/mol, **iii**) 12 g/mol ja **iv**) 10 g/mol. (4)

e) Arvuta õhu tihedus (kg/m^3) **i**) 50 km kõrgusel ($V_m = 28 \cdot 10^3 \text{ dm}^3/\text{mol}$) ja **ii**) 150 km kõrgusel ($V_m = 5,0 \cdot 10^{12} \text{ dm}^3/\text{mol}$). (2)