

2021/22. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded
10. klass

Ülesanne 1. Marsi asustamine (12 p)

Marsi asustamine on inimkonnale laialdast huvi pakkunud. Marsi püsivaks asustamiseks tuleb kasutada selle pinnases sisalduvaid oksiide (nt CaO, CrO₃, K₂O, MgO, Na₂O, P₄O₁₀, SiO₂, TiO₂) ning atmosfääris leiduvaid gaase (ruumala järgi 95% CO₂, 3% N₂, 2% Ar).

a) Millised Marsi pinnasest leitud oksiididest muudavad/jätavad vesilahuse keskkonna
i) happeliseks, ii) aluseliseks ja iii) neutraalseks? (4)

b) Arvuta Marsi „õhu“ keskmine molaarmass. (2)

Veeringlus ja voolav vesi on vajalik, et muuta Marsi looduslikud tingimused sarnaseks Maaga. Selleks, et Marsi pinnal oleks võimalik veel olla vedelas olekus, peab planeedile looma oluliselt tihedama ning kõrgema keskmise temperatuuriga atmosfääri. Atmosfääri temperatuuri tõstmiseks kõige efektiivsem meetod on kasutada kasvuhooneefekti. Kasvuhooneefekti tekitavad atmosfääri kogunevad kasvuhoonegaasid. Kõik järgnevatest reaktsioonidest sisaldavad vähemalt ühte kasvuhoonegaasi.

c) Tasakaalusta järgnevad reaktsioonivõrrandid: i) CH₄ + CO₂ → CO + H₂;

ii) CH₄ + H₂O → CO + H₂; iii) CH₄ + O₂ → CO₂ + H₂O; iv) CO + O₂ → CO₂. (4)

d) Kas reaktsioonides i)–iv) kasvuhoonegaaside hulk väheneb, suureneb või jääb samaks? (2)

Ülesanne 2. D-vitamiin (8 p)

Eesti asub laiuskraadil, kus päikesevalguse hulk on tihti piiratud. Kuna päikesekiirguses leiduv UV kiirgus on hädavajalik D-vitamiini sünteesimiseks, esineb 75% eestlastest D-vitamiini puudus. Kuna täiskasvanud on väga erinevad, ei ole ka täpset õiget D-vitamiini taset, vaid esineb nn optimaalne vahemik (75–125 nmol·dm³). D-vitamiin on organismi normaalseks talitluseks äärmiselt vajalik, sest see vähendab mitmete haiguste, sh suhkruhaiguse, kõrge vererõhu ja väidetavalt isegi kasvajate avaldumise riski. D-vitamiini liigne kogus võib aga põhjustada mürgistust. Tihtipeale kasutatakse erinevaid D-vitamiini preparaate, et leevendada D-vitamiini puudust, üks levinumaid neist on D₃ ehk kolekalsiferool (joonisel).

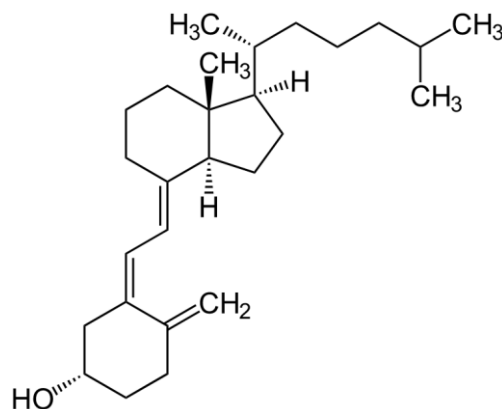
Ema Ene andis oma väikelapsele D-vitamiini, mille purgi peal oli soovituslik annus 5 tilka päevas (üks tilk = 0,030 cm³). Kuna ta tahtis olla eriti kindel oma lapse tervises, siis andis ta hoopis 2,0 mL. Paari nädala pärast halvenes lapse tervis ja ta hakkas kaalu kaotama – lapsel tekkis D-vitamiini mürgistus.

a) Kirjuta D₃ brutovalem. (1)

b) Arvuta väikelaste (0–12 kuud) soovituslik D₃-vitamiini hulk (pmol) ja mass (µg), kui ühes tilgas sisaldub 80 IU. 1 IU vitamiin D₃ = 0,30 pmol. (4)

c) Arvuta soovitusliku doosi kontsentratsioon (µmol·dm⁻³). (2)

d) Leia mitu korda ületas ema Ene soovituslikku doosi. (1)



Ülesanne 3. Vormel-1 (12 p)

Autode võidusõidud on aset leidnud nii kaua kui maailmas on olnud autosid. Tänapäeval on aga kõige vaadatumaks võidusõidusarjaks kujunenud Vormel-1. Võistlustel osalevad võistkonnad kulutavad suuri summasid, et tagada, et just nende võistkonna vormel oleks kõige aerodünaamilisem, kiirem ja efektiivsem. Õige kütuse valik on tähtis osa vormelisõidust, sest see määrab, kui kiiresti saab sõita, milline mootor peab autol olema ja millised on sellega kaasnevad ohud.

- a) Kirjuta ning tasakaalusta **i)** oktaani, **ii)** vesiniku ja **iii)** etanooli täieliku põlemise reaktsioonivõrrandid. (3)

Üldiselt kehtib võidusõiduautode puhul reegel, et mida rohkem energiat vabaneb kütuste põletamisel ning mida väiksem on nende mass, seda parem. Seetõttu kirjeldatakse neid energia massitihedusuga $EM \approx Q/m$, kus Q on põlemisel eralduv soojus ning m on objekti mass. Vormelite puhul arvestatakse kogu vormeli mass ning kütuse puhul $EM \approx -\Delta H_c/M$, kus ΔH_c on kütuse põlemisentalpia ning M on selle molaarmass.

Ühend	Tekkeentalpia [kJ·mol ⁻¹]
CO ₂	-393,5
H ₂ O	-285,8
C ₈ H ₁₈	-249,7
C ₂ H ₅ OH	-277,1

- b) Arvuta **i)** oktaani, **ii)** vesiniku ja **iii)** etanooli kütuse energia massitihedus. (5)

Vormelipiloodid Max ja Lewis võistlevad meistritiitli pärast. Kasuta alltoodud andmeid, et ennustada võitjat. Eelda, et vormelid mahutavad 110 kg kütust.

- c) Hinda **i)** Maxi ja **ii)** Lewise vormeli energia massitihedus võidusõidu alguses, kus vormelid on kütust täis tangitud. (4)

Sõitja	Max	Lewis
Kütus	85% oktaan, 15% etanool	88% oktaan, 12% etanool
Mootori kasutegur	44%	47%
Energiakadu õhutakistuse tõttu	14%	17%
Vormeli kere mass	740 kg	750 kg
Mootori mass	150 kg	160 kg

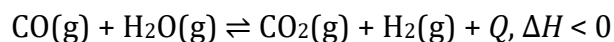
Ülesanne 4. Vääriskivide maa (8 p)

Jaapani manga „Vääriskivide maa“ (Land of the Lustrous) maailmas elutseb surematute olendid – inimkujulised vääriskivid, kelle nimed vastavad mineraalidele. Peategelase nimi on Fosfofüliit (mineraal **I**). Ta on haruldane rohekas mineraal, mis kujutab endast metallide **A** ($w_A = 29,15\%$) ja **B** ($w_B = 12,45\%$) fosfaadi tetrahüdraati $A_2B(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$. Öövalves seisab punaste juustega Kinaver (mineraal **II**), kelle keha levitab ohtlikku mürki. Kinaver on metalli **C** sulfiid ($w_C = 86,22\%$) ning metall **C** tõepoolest võib põhjustada mürgistust. Kivi-meedik, kelle töö on teisi kive parandada, on Rutiil (mineraal **III**). Rutiil on metalli **D** oksiid ($w_O = 40,07\%$), mida kasutatakse tihti valge pigmendina ja toidulisandina. Salapärane kivi Antarktisiit (mineraal **IV**) ilmub ainult talvel, kui kõik teised kivid lähevad talveuinakusse. Selle tegelase omapära on, et kõikidel teistel aastaegadel on ta vedel. Antarktisiit on tahke leelismuldmetalli **E** kloriidi hüdraat ($w_{H_2O} = 49,34\%$). Soola ECl_2 kasutatakse laboris ainete kuivatamiseks. Antarktisiit avastati Antarktika kõige soolasemas järves. Kusjuures, selle kristallid lebasid nii järve põhjas kui ka vabalt vees ujuvalt.

- a) Tuvasta elemendid **A–E** arvutuste abil. (5)
b) Kirjuta mineraalide **I–IV** nomenklatuursed nimetused. (3)

Ülesanne 5. Vesigaasi nihkereaktsioon (10 p)

Vesigaasi nihkereaktsioon on tasakaaluline reaktsioon vesiniku tootmiseks:



Selle reaktsiooni tasakaalukonstant on avaldatav kujul:

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

- a) Milliste toodud tasakaalukonstandi väärtuste korral on tasakaaluolekus saaduste hulk suurem lähteainete hulgast, kui omavahel reageerisid 1 mol CO ja 1 mol H₂O? (2)
Variandid: **i)** $K = 2$; **ii)** $K = 1$; **iii)** $K = \frac{1}{2}$.
- b) Kuidas muudavad allolevad tegurid reaktsiooni tasakaalu? Variandid: **1)** nihkub CO ja H₂O suunas; **2)** nihkub CO₂ ja H₂ suunas; **3)** ei muuda. (4)
i) Rõhu tõstmine. **ii)** Temperatuuri tõstmine.
iii) CO eemaldamine. **iv)** CO₂ lisamine.

Võeti kaks võrdset anumat. Esimesse lisati 1 mol CO ja 1 mol H₂O, teise 1 mol CO₂ ja 1 mol H₂.

c) Milline järgmistest väidetest on tõene pärast keemilise tasakaalu püstitumist? (2)

Selgita oma vastust.

i) Esimeses anumast on CO ja H₂O kogus suurem kui teises anumast.

ii) Esimeses anumast on CO ja H₂O kogus väiksem kui teises anumast.

iii) CO ja H₂O kogus mõlemas anumast on võrdne.

Kolmandasse anumasse lisati tasakaaluline segu lähteaineid ja saaduseid. CO märgistati ¹⁴C isotoobiga.

d) Milline järgmistest väidetest on tõene pärast pika aja möödumist? (2)

Selgita oma vastust.

i) ¹⁴C isotoop on CO ja CO₂ vahel jaotunud.

ii) Kõik CO molekulid on ¹⁴C isotoobiga märgistatud.

iii) Kõik CO₂ molekulid on ¹⁴C isotoobiga märgistatud.

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 ribonukleinhappes (vastavalt DNA ja RNA), mis on Maa eluvormide jaoks keskse tähtsusega. Lämmastikaluste 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 (NH₃) ja veest (H₂O)

a) Määra iga lämmastikaluse molekulite saamiseks vajalik minimaalne arv HCN ja H₂O molekule. (2)

Elueelsetes tingimustes (enne 540 mln a m.a.j) moodustusid HCN ja NH₃ molekulid atmosfääri CO₂ ja N₂ molekulidest. Süsinikdioksiidi kontsentratsioon oli elueelsetel Maal kümnetes kordades suurem kui tänapäeval. Selleks, et Maale saaks tekkida elu, pidi süsinikdioksiid redutseeruma ning moodustama lihtsamaid orgaanilisi ühendeid, nagu näiteks sipelghape (HCOOH). Tõenäoliselt olid süsinikdioksiidi redutseerimises tähtsat rolli mineraalid, nt tsinksulfiid.

b) Tasakaalusta reaktsioonivõrrand: ...CO₂ + ...ZnS + ...H₂O → ...HCOOH + ...Zn(OH)₂ + ...S₈ (2)

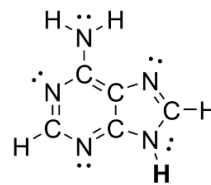
c) Kirjuta ja tasakaalusta NH₃ tekke reaktsioonivõrrand, mis toimub ZnS pinnal sarnaselt reaktsioonile alapunktis b). (2)

Tekkinud ammoniaak ja sipelghape võisid teineteisega reageerida ning moodustada ammooniumformiaadi (HCOONH₄). Puhast ammooniumformiaat ei ole stabiilne ning laguneb iseeneslikult formamiidiks (HCONH₂) ja veeks. Kõrgel temperatuuril laguneb formamiid omakorda vesiniktsüaniidhappes (HCN) ja veeks.

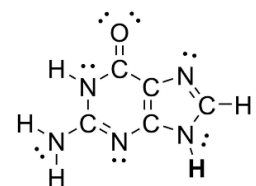
d) Joonista ammooniumformiaadi ja formamiidi täppstruktuurid. (2)

Elueelsetes tingimustes võiks lämmastikaluste **A** ja **G** süntees alata, kui neli HCN molekuli ühineks vaheproduktiks (vt joonis). Selle reaktsiooni käigus muunduvad HCN molekulide C≡N kolmiksidemed joontega piiratud sidemeteks ning vesinikuaatomid paigutuvad ümber. Kui vaheprodukt reageeriks edasi veel ühe HCN molekuliga, tekiks lämmastikalus **A**, kuid reaktsioonil (NH₂)₂CO ehk ureaga tekiks lämmastikalus **G**.

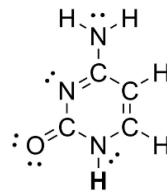
e) Tõmba **A** struktuuris ring ümber C–N ja C=N sidemetele, mis pärinevad HCN molekulidest. (2)



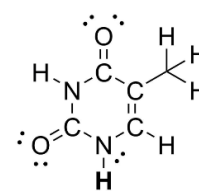
Adeniin (A)



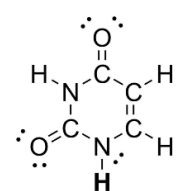
Guaniin (G)



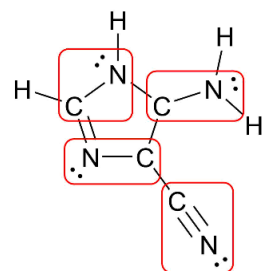
Tsütosiin (C)



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 (CH_4), mis omakorda võis tekkida CO_2 reageerimisel kuuma raudsilikaadiga.

f) Tasakaalusta reaktsioonivõrrand:



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

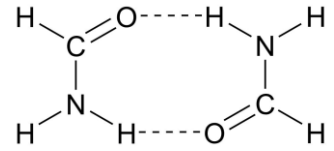
(1)

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)