

1. Marsi asustamine (12 p)

- a) i) Happelised: P_4O_{10} , CrO_3 (1)
 ii) Aluselised: K_2O , MgO , Na_2O , CaO (2)
 iii) Neutraalsed: SiO_2 , TiO_2 (1)
- b) $M(\text{Marsi õhk}) = (0,95 \cdot 44,01 + 0,03 \cdot 28,02 + 0,02 \cdot 39,95) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 43,45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (2)
- c) i) $CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2$ (1)
 ii) $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$ (1)
 iii) $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ (1)
 iv) $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$ (1)
- d) i) väheneb (0,5)
 ii) väheneb (0,5)
 iii) suureneb (0,5)
 iv) suureneb (0,5)

12 p**2. D-vatamiin (8 p)****Allikad:** Vitamin D testing and treatment: a narrative review of current evidence

doi: 10.1530/EC-18-0432

Vitamina: How Vitamins Revolutionized the Way We Think About Food

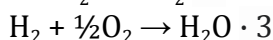
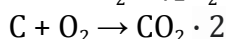
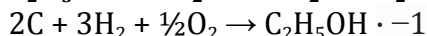
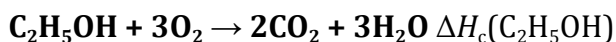
<https://minu.synlab.ee/kas-sinu-organismis-on-piisavalt-d-vitamiini>

- a) $C_{27}H_{44}O$ (1)
- b) $n(D_3) = 5 \cdot 80 \text{ IU} \cdot 0,30 \text{ pmol/IU} = 120 \text{ pmol}$ (1)
 $M(D_3) = 384,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (1)
 $m(D_3) = 120 \text{ pmol} \cdot 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{pmol}^{-1} \cdot 384,7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 10^3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} = 0,046 \text{ } \mu\text{g}$ (2)
- c) $c(D_3) = 80 \text{ IU} \cdot 0,30 \text{ pmol/IU} \cdot 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{pmol}^{-1} / (0,030 \text{ cm}^3 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3/\text{cm}^3)$ (1)
 $c(D_3) = 8,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (1)
- d) $2,0 \text{ cm}^3 / (5 \cdot 0,030 \text{ cm}^3) = 13 \text{ korda}$ (1)

8 p**3. Vormel-1 (12 p)**

- a) i) $2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$ (1)
 ii) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ (1)
 iii) $2C_2H_5OH + 6O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$ (1)
- b) $8C + 9H_2 \rightarrow C_8H_{18} \quad \Delta H_f(C_8H_{18})$
 $2C + 3H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow C_2H_5OH \quad \Delta H_f(C_2H_5OH)$
 $C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \Delta H_f(CO_2)$
 $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O \quad \Delta H_f(H_2O)$
- i)
- $C_8H_{18} + 12,5O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O \quad \Delta H_c(C_8H_{18})$
 $8C + 9H_2 \rightarrow C_8H_{18} \cdot -1$
 $C + O_2 \rightarrow CO_2 \cdot 8$
 $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O \cdot 9$
 $\Delta H_c(C_8H_{18}) = 8 \cdot \Delta H_f(CO_2) + 9 \cdot \Delta H_f(H_2O) - \Delta H_f(C_8H_{18}) = -5470,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (1)
 $EM(C_8H_{18}) = 5470,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} / 114,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 47,9 \text{ kJ/g} = 47900 \text{ kJ/kg}$ (1)
- ii)
- $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O \quad \Delta H_c(H_2)$
 $\Delta H_c(H_2) = \Delta H_f(H_2O) = -285,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $EM(H_2) = 285,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} / 2,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 142,2 \text{ kJ/g} = 142200 \text{ kJ/kg}$ (1)

iii)



$$\Delta H_c(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 2 \cdot \Delta H_f(\text{CO}_2) + 3 \cdot \Delta H_f(\text{H}_2\text{O}) - \Delta H_f(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = -1367,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (1)$$

$$\text{EM}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1367,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} / 46,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 29,7 \text{ kJ/g} = \mathbf{29700 \text{ kJ/kg}} \quad (1)$$

c) i) Max

$$E_{\text{kogu}} = m_{\text{kütus}} \cdot (0,85 \cdot \text{EM}(\text{C}_8\text{H}_{18}) + 0,15 \cdot \text{EM}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})) = 4,97 \cdot 10^6 \text{ kJ} \quad (0,5)$$

$$E_{\text{efektiivne}} = E_{\text{kogu}} \cdot \eta_{\text{mootor}} \cdot (1 - \eta_{\text{õhutakistus}}) = 1,88 \cdot 10^6 \text{ kJ} \quad (0,5)$$

$$\text{EM}_{\text{max}} = E_{\text{efektiivne}} / (m_{\text{kere}} + m_{\text{mootor}} + m_{\text{kütus}}) = \mathbf{1880 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}} \quad (1)$$

ii) Lewis

$$E_{\text{kogu}} = m_{\text{kütus}} \cdot (0,88 \cdot \text{EM}(\text{C}_8\text{H}_{18}) + 0,12 \cdot \text{EM}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})) = 5,03 \cdot 10^6 \text{ kJ} \quad (0,5)$$

$$E_{\text{efektiivne}} = E_{\text{kogu}} \cdot \eta_{\text{mootor}} \cdot (1 - \eta_{\text{õhutakistus}}) = 1,96 \cdot 10^6 \text{ kJ} \quad (0,5)$$

$$\text{EM}_{\text{Lewis}} = E_{\text{efektiivne}} / (m_{\text{kere}} + m_{\text{mootor}} + m_{\text{kütus}}) = \mathbf{1923 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}} \quad (1)$$

Arvutuste järgi võidab Lewis.

12 p

4. Vääriskivide maa (8 p)

Allikas: vt Land of the Lustrous.

a) Leiame elemendid **A** ja **B**. Selleks arvutame kõigepealt fosfofüliidi molaarmassi, kasutades antud protsendid: $M_I = M_{(\text{PO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} / (1 - 0,2915 - 0,1245) = 448,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Arvutame **A** ja **B** aatommassid. Kuna mineraali valemis on meil 2 **A**, siis peame peale protsendiga korrutamist jagama ka kahega.

$$M_A = 448,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,2915 / 2 = 65,38 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \mathbf{A \text{ on Zn.}} \quad (1)$$

$$M_B = 448,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,1245 = 55,85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \mathbf{B \text{ on Fe.}} \quad (1)$$

Tuvastame **C**. Arvutame kinaveri molaarmassi, arvestades, et see on sulfiid: $M_{II} = 32,06 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / (1 - 0,8622) = 232,7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Ning leiame **C** aatommassi.

$$M_C = 232,7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,8622 = 200,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \mathbf{C \text{ on Hg.}} \quad (1)$$

Tuvastame **D**. Olgu, oksiidi üldine valem on D_mO_n .

$$M_D = 16,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot (1 - 0,4007) / 0,4007 \cdot n / 2 = 11,97 \cdot n, \text{ kus } n \text{ on võimalik } \mathbf{D \text{ o.a.}}$$

$$\text{Kui } n = 4, M_D = 47,88 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \mathbf{D \text{ on Ti.}} \quad (1)$$

Leiame elemendi **E**. Olgu, kristallhüdraadi valem on $\text{ECl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$.

$$M_E = x \cdot 18,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / 0,4934 - x \cdot 18,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} - 2 \cdot 35,45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$\text{Kui } x = 6, M_E = 40,11 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \mathbf{E \text{ on Ca.}} \quad (1)$$

b) **I** – raud(II)tsinkfosfaat tetrahüdraat

(1)

II – elavhõbe(I)sulfiid

(0,5)

III – titaan(IV)oksiid, titaandioksiid

(0,5)

IV – kaltsiumkloriid heksahüdraat

(1)

8 p

5. Vesigaasi nihkereaktsioon (10 p)

a)

ajahetk	$n(\text{CO})$	$n(\text{H}_2\text{O})$	$n(\text{CO}_2)$	$n(\text{H}_2)$
$t = 0$	1	1	0	0
$t = \infty$	$1-x$	$1-x$	x	x

Tasakaalu avaldis:

$$K = \frac{x^2}{(1-x)^2}$$

Kui $K = 1$

$$x^2 = x^2 - 2x + 1$$
$$x = \frac{1}{2}$$

Kui $K = 1$, saaduste hulk on võrdne lähteainete hulga.

Kui $K = 2$, saaduste hulk on suurem lähteainete hulgast, kuna $x > \frac{1}{2}$. (2)

- b) i) Rõhu tõstmine **3)** ei muuda tasakaalu. (1)
ii) Temperatuuri tõstmine **1)** nihkub tasakaalu CO ja H₂O suunas. (1)
iii) CO eemaldamine **1)** nihkub tasakaalu CO ja H₂O suunas. (1)
iv) CO₂ lisamine **1)** nihkub tasakaalu CO ja H₂O suunas. (1)

c)

ajahetk	$n(\text{CO})$	$n(\text{H}_2\text{O})$	$n(\text{CO}_2)$	$n(\text{H}_2)$
$t = 0$	0	0	1	1
$t = \infty$	$1-x$	$1-x$	x	x

Kuna saaduste ja lähteainete hulkade summa on 2 mol mõlemas anumus ning kõik reaktsioonivõrrandi koefitsiendid on võrdsed ühega, siis **iii)** CO ja H₂O kogus mõlemas anumus on võrdne. (2)

- d) Tasakaalu korral kulgeb reaktsioon mõlemas suunas ühesuguse kiirusega. Seega CO muutub CO₂-ks ja vastupidi. Seega, **i)** ¹⁴C isotoop on CO ja CO₂ vahel jaotunud. (2)

10 p

6. Elu keemilised alused (20 p)

Allikad:

- Kitadai, N., & Maruyama, S. (2018). Origins of building blocks of life: A review. *Geoscience Frontiers*, 9(4), 1117-1153.
- М. Никитин, Происхождение жизни: от туманности до клетки (2016). Москва: Альпина нон-фикшн, Corpus.

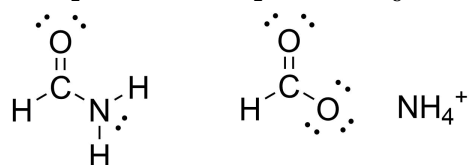
a)

	A	G	U	C	T
$N(\text{HCN})$	5	5	4	4	5
$N(\text{H}_2\text{O})$	0	1	2	1	2

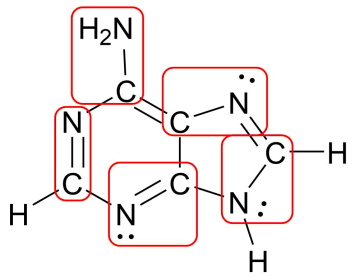
- b) $8\text{CO}_2 + 8\text{ZnS} + 16\text{H}_2\text{O} \rightarrow 8\text{HCOOH} + 8\text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{S}_8$ (2)

- c) $8\text{N}_2 + 24\text{ZnS} + 48\text{H}_2\text{O} \rightarrow 16\text{NH}_3 + 24\text{Zn}(\text{OH})_2 + 3\text{S}_8$ (2)

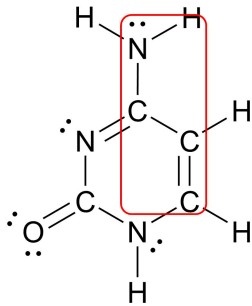
või $\text{N}_2 + 3\text{ZnS} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + 3\text{Zn}(\text{OH})_2 + 3\text{S}$



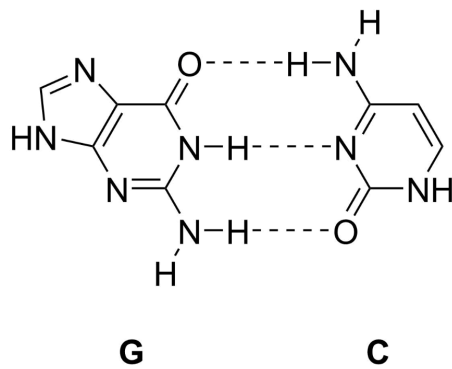
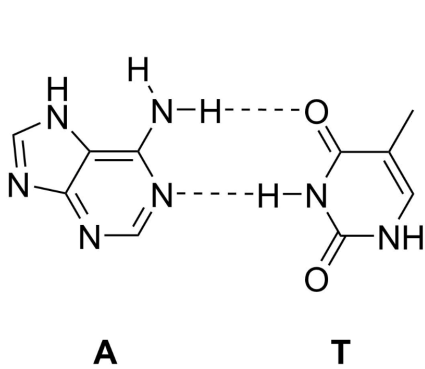
- d) (2×1)



- e) Adeniin (**A**) (2)
- f) $6\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow 4\text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{SiO}_2 + \text{CH}_4$ (2)
- g) $\text{HC}_3\text{N} + (\text{NH}_2)_2\text{CO} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_5\text{N}_3\text{O}$ (1)



- h) (2)
- i)



(5)