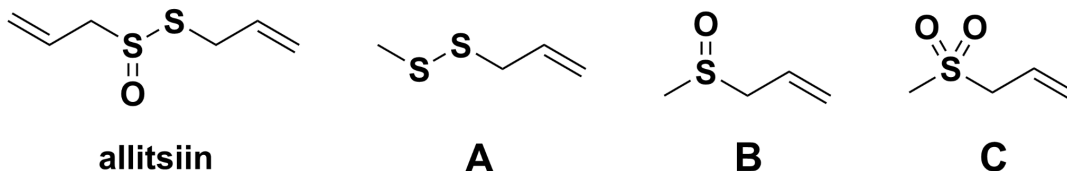


2023/24. öa keemiaolümpiaadi lahtise võistluse lahendused
Vanem rühm (11. ja 12. klass)
30. september 2023

1. Haisev amps (Verner Säask)

8 p

a)



Hindamine: allitsiini ja ühendi **A** struktuuride eest 1 p, **B** ja **C** eest 0,5 p. (3)

b) Ühendis **A** on mõlema väavli aatomi o.a. -1. **B** on väavli o.a. 0 ja ühendis **C** +2. (2)

c) Õige on ühend **1** (*m*-CPBA ehk *meta*-kloroperoksübensoehape, mida kasutatakse muuhulgas sulfoksiidide, sulfoonide ja epoksiidide saamiseks). (1)

d) Alustuseks arvutame kiiruskonstandi *k* väärtust. Esimese järku kineetika valemist tuleneb:

$$k = \ln([A]/[A]_0) / -t$$

Poolestusaja seadusest tuleneb, kui $[A] = [A]_0/2$, $t = 6.1$ tund. Ehk:

$$k = \ln 2 / 6.1 \text{ h} = 0.1136 \text{ h}^{-1} \quad (0,5 \text{ p})$$

Ülesande kirjeldusest tuleneb, et ühendi **A** lõhn hakkab kaduma, kui $[A] \leq 20 \mu\text{g}/\text{kg}$. Lisaks teame, et:

$$[A]_0 = 10 \text{ mg}/62 \text{ kg} = 161,29 \mu\text{g}/\text{kg} \quad (0,5 \text{ p})$$

Teades *k* väärtust, saame arvutada aega, kuni ühendi **A** kontsentratsioon laguneb vajaliku väärtuseni:

$$t = \ln([A]/[A]_0) / -k = \ln(20 \mu\text{g}/\text{kg} / 161,29 \mu\text{g}/\text{kg}) / -0,1136 \text{ h}^{-1} = 18,38 \text{ h} \approx \mathbf{19 \text{ tundi}} \quad (1 \text{ p})$$

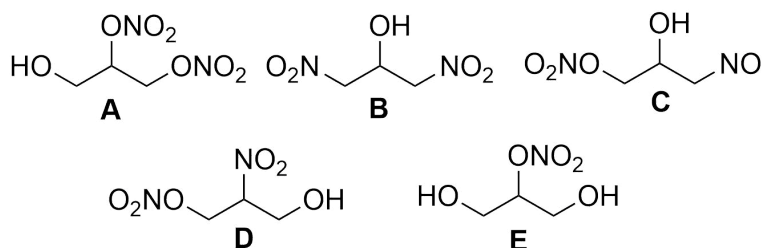
2. Draakonikeemia (Andreas Simson, Sander Simson)

10 p

Allikas: webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C55630&Units=SI&Mask=8#Thermo-React

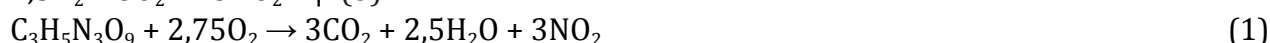
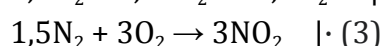
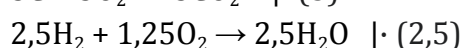
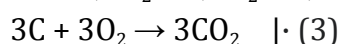
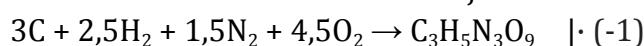
a) i) $\text{HOCH}_2(\text{HO})\text{CHCH}_2\text{OH} + 3\text{HNO}_3 \rightarrow \text{O}_2\text{NOCH}_2(\text{O}_2\text{NO})\text{CHCH}_2\text{ONO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)

ii)



Ühendid **A** ja **E** on õiged. (1)

b) Saadud võrranditest saame kordajad reaktsioonidele nr 1, 2 ja 4.



Kasutades saadud tekkereaktsioonide koefitsente saame põlemisreaktsiooni entalpia arvutada järgnevalt:

$$\Delta H_f = 3 \cdot \Delta H(\text{CO}_2) + 2,5 \cdot \Delta H(\text{H}_2\text{O}) + 3 \cdot \Delta H(\text{NO}_2) - 1 \cdot \Delta H(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9)$$

$$\Delta H_f = [3 \cdot (-394) + 2,5 \cdot (-242) + 3 \cdot 34 - 1 \cdot (-145)] \text{ kJ mol}^{-1} = \mathbf{-1540 \text{ kJ mol}^{-1}} \quad (1)$$

c) Energia jäävuse seadusest saame tuletada:

$$\frac{mk_1k_2}{M_1} \Delta_r H = E + \frac{r\rho}{M_2} E_a t \quad (1)$$

Sellest saame tuletada t.

$$t = \frac{(mk_1k_2 \Delta_r H - E M_1) M_2}{r\rho E_a M_1} = 95,6 \text{ s}$$

$$t = \frac{(600 \text{ kg} \cdot 45\% \cdot 92\% \cdot (-2840 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) - 5 \cdot 10^5 \text{ kcal} \cdot 0,180 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}) \cdot (0,227 \frac{\text{kg}}{\text{mol}})}{3 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} \cdot 1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 950 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot 0,180 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 95,6 \text{ s} \quad (1)$$

d) Gaaside rõhk p_2 ühtlustub õhurõhuga p_0 .

$$p_2 = p_0$$

Draakoni kehas oleva nitroglütseriini hulga saame leida:

$$V_1 = \frac{m}{\rho}$$

$$n_1 = \frac{\rho V_1}{M} \quad (1)$$

Kuna purskamisel väljuvad põlemissaadused on gaasilises olekus, saame kirja panna:

$$p_2 V_2 = n_2 R T_2$$

Kus:

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi r_2^2 d$$

Nitroglütseriini põlemisreaktsioonist saame, et:

$$n_1 = \frac{17}{2} n_2$$

Saadud võrranditest saame, et:

$$V_2 = \frac{n_2 R T_2}{p_2} = \frac{1}{3} \pi r_2^2 d \quad (1)$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{3n_2 R T_2}{p_2 \pi d}}$$

$$n_2 = \frac{17}{2} n_1 = \frac{17}{2} \cdot \frac{\rho V_1}{M}$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{3RT_2}{p_2 \pi d} \cdot \frac{17}{2} \cdot \frac{\rho V_1}{M}} = \sqrt{\frac{51RT_2 V_1 \rho}{2p_2 \pi d M}}$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{51 \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 773 \text{ K} \cdot 0,5 \text{ m}^3 \cdot 1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2 \cdot 100000 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot 30 \text{ m} \cdot 0,227 \text{ kg/mol}}} = 7,8 \text{ m} \quad (1)$$

3. Mineraalid (Siim Kaukver)

11 p

Allikad:

- [Antlerite](#)
- [Klebersbergite](#)

a) Avaldame mineraali **A** tiheduse valemist ühikvalemi molaarmassi:

$$\rho = \frac{Z \cdot M}{N_A \cdot V}$$

$$M(A) = \frac{\rho(A)V(A)N_A}{Z}$$

$$4M(\text{Cu}) + 4M(\text{H}) + M(\text{X}) + 8M(\text{Y}) = \frac{\rho(A)V(A)N_A}{Z}$$

$$194,68 \text{ g mol}^{-1} + M(\text{X}) + 8M(\text{Y}) = \frac{3,950 \text{ g cm}^{-3} \cdot (8,24 \cdot 11,99 \cdot 6,04) \text{ \AA}^3 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^3 \text{ \AA}^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{4}$$

$$M(\text{X}) + 8M(\text{Y}) + 194,68 \text{ g mol}^{-1} = 354,76 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{X}) + 8M(\text{Y}) = 160,08 \text{ g mol}^{-1} \text{ (võrrand 1)} \quad (1)$$

Analoogselt võib leida, mineraali **B** jaoks, et:

$$M(\text{X}) + 10M(\text{Y}) + 489,06 \text{ g mol}^{-1} = 681,17 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{X}) + 10M(\text{Y}) = 192,11 \text{ g mol}^{-1} \text{ (võrrand 2)} \quad (1)$$

Võrrandist 2 saab lahutada võrrandi 1:

$$M(\text{X}) + 10M(\text{Y}) - M(\text{X}) - 8M(\text{Y}) = 192,11 \text{ g mol}^{-1} - 160,08 \text{ g mol}^{-1}$$

$$2M(\text{Y}) = 192,11 \text{ g mol}^{-1} - 160,08 \text{ g mol}^{-1} = 32,03 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{Y}) \approx 16,00 \text{ g mol}^{-1}, \text{ järelikult element Y on O - hapnik} \quad (1)$$

Võrrandist 1 saab nüüd avaldada $M(\text{X})$:

$$M(\text{X}) = 160,08 \text{ g mol}^{-1} - 8M(\text{Y})$$

$$M(\text{X}) = 160,08 \text{ g mol}^{-1} - 8 \cdot 16,00 \text{ g mol}^{-1} = 32,08 \text{ g mol}^{-1}$$

Järelikult element **X** on **S** - väävel (1)

b) **A** - $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$ (0,5)

B - $\text{Sb}_4\text{O}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_2$ (0,5)

c) $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3 \text{CuSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$ (1)

d) i) EDTA reageerib nii Cu^{2+} kui M^{3+} katioonidega **suhtes 1:1** (0,5)

ii) tioglütserooli lisatakse lahusele **Cu^{2+} maskeerimiseks**. (0,5)

e) i) Esimeses tiitrimises määratakse **metallikatioonide koguhulka** lahuses. (0,5)

ii) Teises tiitrimises määratakse **M^{3+} hulka** lahuses. (0,5)

f) Kordajate a ja b suhte saab avaldada läbi tuvastatud katioonide hulkade, kuid kuna EDTA reageerib mõlema katiooniga suhtes 1:1, võib kasutada ka kulunud EDTA ruumalasid. Samas tuleb mees pidada, et $3V_{\text{proov, I}} = V_{\text{proov, II}}$, mistõttu peab $V_{\text{EDTA, II}}$ jagama kolmega:

$$\frac{a}{b} = \frac{n_{\text{tot}} - n_{\text{Fe}}}{n_{\text{Fe}}} = \frac{V_{\text{EDTA, I}} - V_{\text{EDTA, II}} \cdot \frac{1}{3}}{V_{\text{EDTA, II}} \cdot \frac{1}{3}} = \frac{14,56 \text{ mL} - 2,89 \text{ mL} \cdot \frac{1}{3}}{2,89 \text{ mL} \cdot \frac{1}{3}} = 14,116 \quad (1)$$

Ühikvalemis sisalduvate katioonide laengute summa peab olema anioonide laengute summaga. Laengubilansi alusel saame kirjutada:

$$2a + 3b = 6 \quad (1)$$

$$2 \cdot 14,116b + 3b = 6$$

$$b = \frac{6}{31,232} = \mathbf{0,192} \quad (0,5)$$

$$\text{ning } a = \frac{6 - 0,192 \cdot 3}{2} = \mathbf{2,712} \quad (0,5)$$

4. Metanooliringlus (Karl-Ander Kasuk)

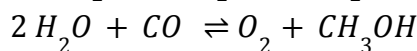
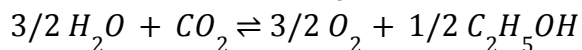
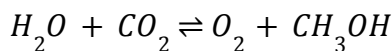
(10 p)

M. P. Hogarth, G. A. Hards, *Platinum Metals Rev.*, 1996, **40**, (4), 150.

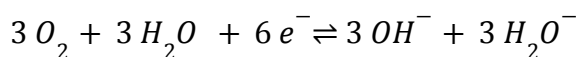
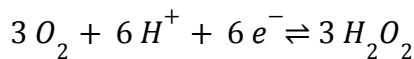
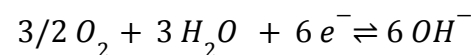
J. O'M. Bockris, L.F. Oldfield, *Trans. Faraday Soc.*, 1955, **51**, 249-259, DOI:10.1039/TF9555100249.

a) Happeline keskkond, reaktsioonid prootonitega. Igas võrrandis ainult üks süsinik. Standartselt kirjutatakse elektrokeemilised reaktsioonivõrrandid redutseerimisreaktsioonidena.

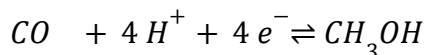
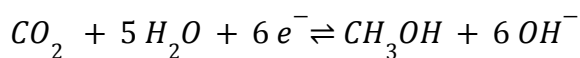
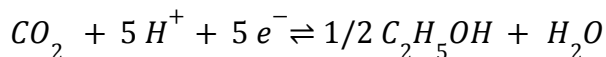
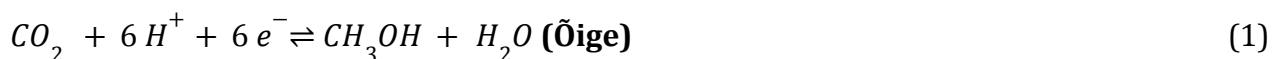
Summaarne reaktsioon:



Anoodi reaktsioon:



Katoodi reaktsioon:



b) Rakupotentsiaal on summaarne, kuid kuna anoodil toimub oksüdeerumine mitte redutseerumine, siis toimub hoopis pöördreaktsioon ning potentsiaal vahetab märki.

$$E^0_{\text{rakk}} = E^0_{\text{katood}} - E^0_{\text{anood}} \quad (0,5)$$

$$E^0_{\text{rakk}} = 0,05 \text{ V} - 1,23 \text{ V} = -1,18 \text{ V} \quad (0,5)$$

$$\Delta G = -nFE$$

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J} / 1 \text{ C}$$

$$\Delta G^0_{\text{rakk}} = -6 * F * (-1,18 \text{ V}) = 683 \text{ 116 J/mol} = \mathbf{683 \text{ kJ/mol}} \quad (1)$$

c) Vabaenergia ühikute muuduks tuleb kasutada metanooli molaarmassi:

$$\Delta G_{\text{metanool}} = 683 \text{ kJ mol}^{-1} / 32 \text{ g mol}^{-1} = 21.3 \text{ kJ g}^{-1} \quad (1)$$

d) $1 \text{ A} = 1 \text{ C} / 1 \text{ s}$

$$Q = 5000 \text{ mAh} * (3600 \text{ C} / 1000 \text{ mAh}) = 18 \text{ 000 C}$$

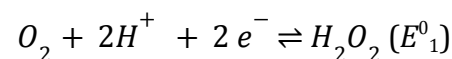
$$E_{\text{aku}} = 18 \text{ 000 C} * 4 \text{ V} = 72 \text{ 000 J} \quad (1)$$

$$E_{\text{metanool}} = E_{\text{aku}} / \text{efektiivsus} = 72 \text{ 000 J} / 0.4 = 180 \text{ 000 J} = 180 \text{ kJ}$$

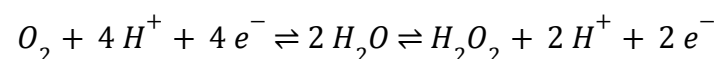
$$V_{\text{metanool}} = (E_{\text{metanool}} / \Delta G_{\text{metanool}}) / \rho_{\text{metanool}} = (180 \text{ kJ} / 21.3 \text{ kJ g}^{-1}) / 0,847 \text{ g cm}^{-3} \approx \mathbf{10,0 \text{ ml}} \quad (1)$$

e) Reaktsioonivõrrandi teisendamise all on mõeldud kõigi ühendite jagamist 1.5-ga. See on kasulik kui soovida Hessi seadusele sarnaselt leida tundmatu reaktsiooni potentsiaali.

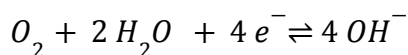
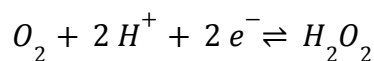
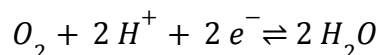
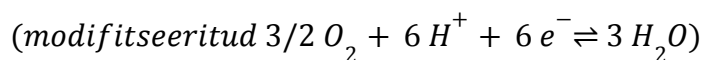
Kaheelektroonne reaktsioon:



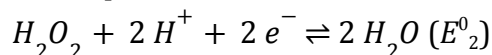
Kaheelektroonne reaktsioon summaarselt kahe alumise reaktsiooni kaudu:



Neljaelektroonne reaktsioon:



Vesinikperoksiidi redutseerimisreaktsioon:



f) Allolevat avaldist kasutatakse, et normaliseerida potentsiaal elektronide kohta.

$$\Delta G^0_{\text{anood}} = - n F E^0_{\text{anood}}$$

$$\Delta G^0_2 = - n F E^0_2$$

$$\Delta G^0_1 = \Delta G^0_{\text{anood}} - \Delta G^0_2 = - n_{\text{anood}} \cdot F \cdot (1,23 \text{ V}) - [- n_2 \cdot F \cdot (1,76 \text{ V})] = - 4 \cdot F \cdot (1,23 \text{ V}) - [- 2 \cdot F \cdot (1,78 \text{ V})] = F \cdot (- 1,36) \quad (0.5)$$

$$E^0_1 = - (\Delta G^0_1) / (n_1 \cdot F) = - 0,68 \text{ V} \quad (0.5)$$

5. Põrgulik ühend (Jörgen Metsik)

9 p

Allikad:

- <http://web.archive.org/web/20060318221608/http://www.airproducts.com/nr/rdonly/res/8479ed55-2170-4651-a3d4-223b2957a9f3/0/safetygram39.pdf>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorine_trifluoride
- https://www.researchgate.net/publication/234996806_Silicon_Etch_Rate_Using_Chlorine_Trifluoride
- https://www.researchgate.net/publication/243748514_Etching_Rate_of_Silicon_Dioxide_Using_Chlorine_Trifluoride_Gas

a) Gaasi **A** molaarmass $M(\mathbf{A})$:

$$M(\mathbf{A}) = 3,19 \cdot 29,0 \text{ g mol}^{-1} = 92,51 \text{ g mol}^{-1} \approx 92,5 \text{ g mol}^{-1}$$

A sisaldab elementi **X** 61,65%, seega moodustab element **X** **A** molaarmassist

$$0,6165 \cdot 92,51 \approx 57,0 \text{ g mol}^{-1} \text{ ja element } \mathbf{Y} \text{ } 92,5 \text{ g mol}^{-1} - 57,0 \text{ g mol}^{-1} = 35,5 \text{ g mol}^{-1}$$

Elemendi **Y** sobiks hästi kloor (Cl).

Elementi molaarmassiga 57,0 g mol⁻¹ ei ole olemas, seega peab ühendi **A** molekulis leiduma mitu elemendi **X** aatomit: $x \cdot M(\mathbf{X}) = 57,0 \text{ g mol}^{-1}$

Kui proovida läbi võimalikud x väärtused, saame ainult $x = 3$ korral kolme tüvenumbri täpsusega reaalsele elemendile vastava molaarmassi, seega on element **X** fluor (F). Ühendi **A** valem on **ClF₃**. (2)

b) i) $ClF_3 + 2H_2O \rightarrow HCl + 3HF + O_2$, (0,5)

ii) $4ClF_3 + 3SiO_2 \rightarrow 2Cl_2 + 3O_2 + 3SiF_4$, (0,5)

iii) $4ClF_3 + 3Si \rightarrow 2Cl_2 + 3SiF_4$ (0,5)

c) i) Kuna kontsentratsiooni kasvuga n korda kasvab ka reaktsiooni kiirus ligikaudu n korda, on reaktsiooni järk $n = 1$. (0,5)

$$\text{ii) } 6,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \cdot 28,09 \text{ g mol}^{-1} / (2,33 \text{ g cm}^{-3} \cdot 10^6 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}) = 7,8 \cdot 10^{-7} \text{ m/s} = 47 \text{ } \mu\text{m min}^{-1} \quad (1,5)$$

d) Terase pind passiveerub aine **A** toimel, kattudes tiheda õhukese edasist reaktsiooni takistava kihiga. (0,5)

e) **C** – SbF₅ (1)

D – AsF₅ (1)

E – ClF₂⁺(1)

6. Kullast nanoosakesed (Paul Kerner)

10 p

Allikad:

- https://en.wikipedia.org/wiki/Aqua_regia
- *J. Phys. Chem. C* 2012, 116, 44, 23682–23691
- *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1997, 61, 10, 1971–1983
- *Chem. Rev.* 2014, 114, 15, 7610–7630

a)

$$\mathbf{X} - \text{H}[\text{AuCl}_4] \quad (1)$$

$$\mathbf{Y} - \text{NO}_2 \quad (1)$$

$$\mathbf{Z} - \text{H}[\text{AuCl}_2] \quad (1)$$

b) Osakese kristallivabaenergia:

$$\Delta G_{kr} = -V \cdot \Delta G^* = -\frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G^* \quad (0,5)$$

Osakese pinnavaenergia:

$$\Delta G_p = A \cdot \gamma = 4\pi r^2 \gamma \quad (0,5)$$

Kogu vaba energia:

$$\Delta G = 4\pi r^2 \gamma - \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G^*$$

Kui $r = r_{\text{piir}}$:

$$\begin{aligned} \Delta G &= 4\pi r_{\text{piir}}^2 \gamma - \frac{4}{3}\pi r_{\text{piir}}^3 \Delta G^* \\ &= 16\pi \gamma^3 / \Delta G^{*2} - \frac{32}{3}\pi \gamma^3 / \Delta G^{*2} = \frac{16}{3}\pi \gamma^3 / \Delta G^{*2} = \frac{4}{3}\pi r_{\text{piir}}^2 \gamma \end{aligned} \quad (0,5)$$

$$\Delta G = \frac{4}{3}\pi r_{\text{piir}}^2 \gamma = \frac{4}{3}\pi \cdot (1,00 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2 \cdot 0,100 \text{ J m}^{-2} = \mathbf{4,19 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \quad (0,5)$$

c) Arvutame Arrheniuse tegur mõlema juhu jaoks:

$$C = 2C_{\text{lah}}:$$

$$r_{\text{piir}} = \frac{2\gamma v}{k_B T \ln(C/C_{\text{lah}})} = \frac{2 \cdot 0,100 \text{ J m}^{-2} \cdot 17,0 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot 298 \text{ K} \cdot \ln 2} = 1,19 \cdot 10^{-9} \text{ m} \quad (0,5)$$

$$\Delta G_{\text{piir}} = \frac{4}{3}\pi r_{\text{piir}}^2 \gamma = \frac{4}{3}\pi \cdot (1,19 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2 \cdot 0,100 \text{ J m}^{-2} = 5,96 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (0,5)$$

$$e^{-\Delta G_{\text{piir}}/k_B T} = e^{-5,96 \cdot 10^{-19} \text{ J} / (1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot 298 \text{ K})} = 1,16 \cdot 10^{-63} \quad (0,5)$$

$$C = 3C_{\text{lah}}:$$

$$r_{\text{piir}} = \frac{2\gamma v}{k_B T \ln(C/C_{\text{lah}})} = \frac{2 \cdot 0,100 \text{ J m}^{-2} \cdot 17,0 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot 298 \text{ K} \cdot \ln 3} = 7,53 \cdot 10^{-10} \text{ m} \quad (0,5)$$

$$\Delta G_{\text{piir}} = \frac{4}{3}\pi r_{\text{piir}}^2 \gamma = \frac{4}{3}\pi \cdot (7,53 \cdot 10^{-10} \text{ m})^2 \cdot 0,100 \text{ J m}^{-2} = 2,37 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (0,5)$$

$$e^{-\Delta G_{\text{piir}}/k_B T} = e^{-2,37 \cdot 10^{-19} \text{ J} / (1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot 298 \text{ K})} = 8,86 \cdot 10^{-26} \quad (0,5)$$

Jagame üksteisega saame vastuseks, et kiirused erinevad $\sim \mathbf{8 \cdot 10^{37}}$ korda.

d) ii, iv

(2)

7. Ebaharilikud ravimid (Siim Kaukver)

10 p

Allikad:

- [Oxaliplatin](#)
- [Thiomersal](#)
- [Auranofin](#)
- [Pepto-Bismol](#)
- [Pentostam](#)
- [Arsthinol](#)

a) $M^1 - +2$

$M^2 - +2$

$M^3 - +1$

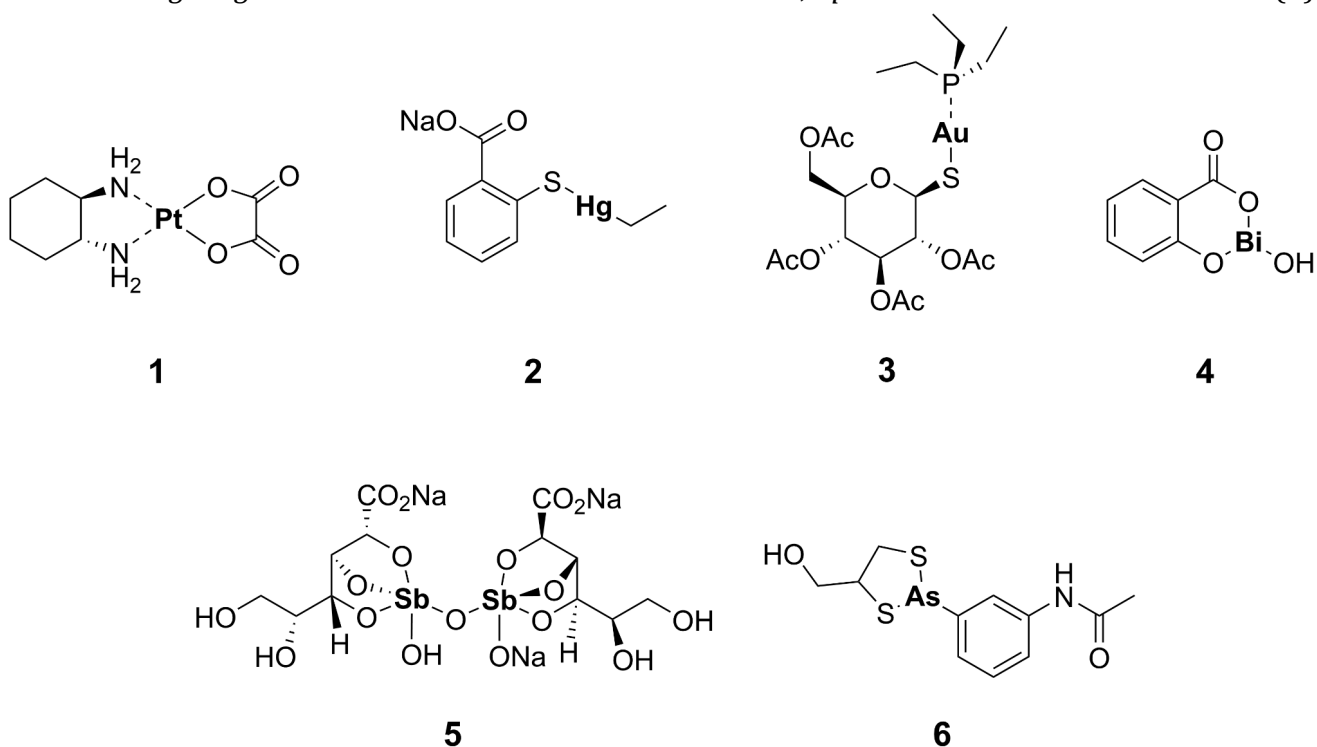
$M^4 - +3$

$M^5 - +5$

$M^6 - +3$

Hindamine: iga õigesti määratud oksüdatsiooniaste annab 0,5 p.

(3)



b) Arvestades alapunkti a) lahendust ilmneb, et tõenäoliselt on elementide M^1-M^3 seas Pt, Au ja Hg ning elementide M^4-M^6 seas As, Sb ja Bi. (9)

Ühend	Element M	Kasutusala	Tootenimi
1	Pt	Vähiravi	Oxaliplatin
2	Hg	Antiseptik	Thiomersal
3	Au	Liigesehaigused	Auranofin
4	Bi	Kõrvetised	Pepto-Bismol
5	Sb	Parasiithaigused	Pentostam
6	As	Endeemiline süüfilis	Arsthinol

Hindamine: iga õigesti täidetud lahter annab 0,5 p.

(9)

8. Helendav bakter (Laima Šusta)**11 p**

Allikas: M. K. Go, L. N. Zhao, B. Xue, S. Supekar, R. C., Robinson, H. Fan, W. S. Yew, *Cell Press*, 2020, 28, 635-642.

a) i) $N_{25} = 15000 \cdot 2^{0,05 \cdot 25} = 3,6 \cdot 10^4$ (rakku) (0,5)

$$d = \frac{3,6 \cdot 10^4}{50} = 720 \text{ (rakk cm}^{-3}\text{)} \quad (0,5)$$

ii) nr 2(1)

b) Kahanevas järjekorras: C4-HSL, 3-okso-C4-HSL, C6-HSL, tetraamhape (2)

c) (6×0,5)

Molekul/Ioon	Roll
<i>N</i> -butanoüülhomoseriinlaktoon	substraat ehk lähteaine
asparagiinhape	ajutine prootonikandja
H ₂ O	nukleofiil
histidiin (x3)	metalliioonide stabiliseerija
metioniin	hüdrofoobse keskkonna looja
Zn ²⁺ ja Fe ³⁺	signaalmolekuli polariseerija
lüsiin	metalliioonide stabiliseerija

d) i) (6×0,5)

Mutatsioon	Looduslik → muteerunud aminohape	Põhjendus
1	metioniin → seriin	loob hüdrofiilsema keskkonna
2	metioniin → fenüülalaniin	loob hüdrofoobsema keskkonna
3	asparagiinhape →alaniin	nõrgem hüdrolüüsija

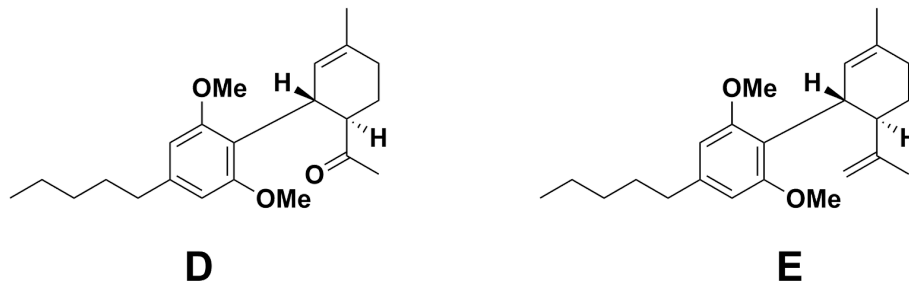
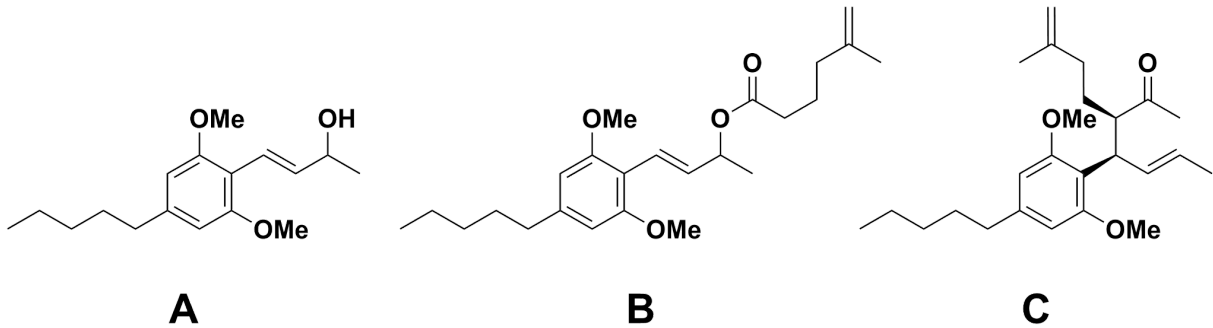
ii) Mutatsioon nr 2 alandab värvuse kiiruse muutumist kultuuris, sest laktonaasi k_{Sig} suureneb fenüülalaniini ilmumisel taskusse ja seeläbi seob laktonaas rohkem C4-HSL molekule ajahetkes ja rakuvaheline Sig kontsentratsioon ei suurene piisava kiirusega, kui võrrelda loodusliku ensüümivariandiga. (1)

9. **Eufooriline süntees** (Nikita Žoglo)

9 p

Allikad: CBD [Süntees](#), [CBD to THC](#), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7357058/>

- a) Alkeen, benseenituum, hüdroksüülrühm. (1,5)
 b) **Aldoolkondensatsioon** (0,5)
 c) NaBH_4 ja LiAlH_4 on selleks otstarbeks liiga **tugevad** redutseerijad: tekivad soovimatud kõrvalproduktid. (0,5)
 d) (5×1)



- e) (1+0,5)

