

2025/26. öa keemiaolümpiaadi piirkonnavor

10. klass

Lahendused

1. Test – lämmastikueri. Autor: Lisette-Liis Loorits

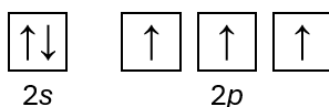
(10 p)

a) Elektronvalem: $1s^2 2s^2 2p^3$

(0,5)

b) Ruutskeem:

(0,5)



c) i) Lämmastiku aatom võib olla vesiniksideme **aktseptor**.

(0,5)

ii) Lämmastik on reaktsioonides **nii oksüdeerija kui redutseerija**.

(0,5)

iii) Lämmastikushape on **nõrk** hape.

(0,5)

iv) Lämmastikhape on tugev **oksüdeerija**.

(0,5)

d) i) NaN_3

(1)

ii)

(0,5)



iii) HN_3

(0,5)

e) Happelised oksiidid: NO_2 , N_2O_3

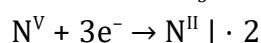
(0,5)

Neutraalsed oksiidid: N_2O , NO

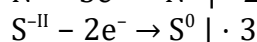
(0,5)

f) i) $3\text{PbS} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 3\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$

(0,5)

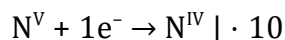


(0,5)

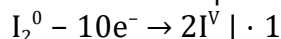


ii) $\text{I}_2 + 10\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{HIO}_3 + 10\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

(0,5)



(0,5)



g) $15x + 14(1 - x) = 14,007$

$$x = 0,007 \text{ ehk } 0,7\%$$

(1)

h) $V = 1005 \text{ m}^3 \cdot 0,78 = 783,9 \text{ m}^3$

$$n = 783,9 \text{ m}^3 / (22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,001 \text{ m}^3 \cdot \text{dm}^{-3}) = 34996 \text{ mol}$$

(0,5)

$$M(\text{N}_2) = 28,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m = 34996 \text{ mol} \cdot 28,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \approx 980,6 \text{ kg}$$

(0,5)

2. Kes kardab fluori? Autor: Andreas Päkk

(10 p)

Allikas:

- Zhuang, Y., Hu, X., Tang, B. *et al.* Effects of SF_6 decomposition components and concentrations on the discharge faults and insulation defects in GIS equipment. *Sci. Rep.* 10, 15039 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72187-0>

a) Ühendites A (OF_2) ja B (O_2F_2) on fluor elektronegiivsem element, mistõttu saavad hapniku aatomid positiivse laengu – igas polaarses kovalentses $\text{O}^{\delta+}-\text{F}^{\delta-}$ sidemes on jagatud elektronipaar rohkem fluori aatomi poole “tõmmatud”.

i) OF_2 -s on hapniku o.a II (+2).

(0,5)

ii) O_2F_2 -s on hapniku keskmine o.a I (+1).

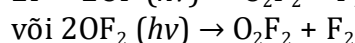
(0,5)

b) 1. $2\text{F}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{OF}_2 + 2\text{NaF} + \text{H}_2\text{O}$

(1)

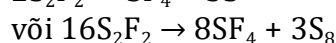
2. $2\text{F} + 2\text{OF} (h\nu) \rightarrow \text{O}_2\text{F}_2 + \text{F}_2$

(1)



3. $2\text{S}_2\text{F}_2 \rightarrow \text{SF}_4 + 3\text{S}$

(1)



4. $S + 3F_2 \rightarrow SF_6$ (1)
või $S_8 + 24F_2 \rightarrow 8SF_6$
5. $2SF_4 + O_2 \rightarrow 2SOF_4$ (1)
6. $SOF_4 + H_2O \rightarrow SO_2F_2 + 2HF$ (1)

Binaarsed **C** ja **D** koosnevad väävli ning fluori aatomitest. Väävli levinumad o.a-d ühendites on -II, II, IV ja VI. On teada, et fluoriid **C** oksüdeerub hapniku käes. Sellest järeldub, et **C** võib olla kas SF_2 või SF_4 . Kuna hüdrolüüsireaktsiooni käigus o.a-d ei muutu, tuletub tekstis mainitud viimase reaktsiooni saadusest (H_2SO_4), et **reaktsioonis 4** oksüdeerub SF_4 , mis vastab ka antud molaarmassi väärtusele $108,06 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Fluoriidi **D** disproportsioneerumisel (**reaktsioon 3**) toimub paralleelselt väävli oksüdeerumine (o.a kasvamine) ja redutseerumine (o.a kahanemine). Kuna ühendis **C** on väävli o.a IV ja lihtaines 0, peab **D**-s oleva(te) väävli aatomi(te) o.a jääma väärtuste vahepeale.

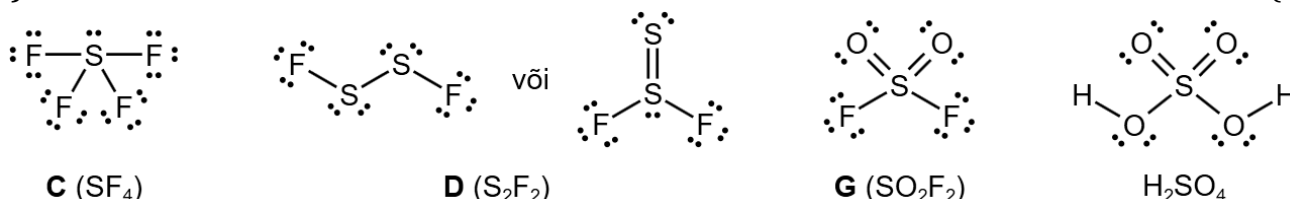
$$M(D) = xM_{\text{väävel}} + yM_{\text{fluor}} = (xM_{\text{väävel}})/w_{\text{väävel}}$$

$$M(D) = 32,06x + 19,00y = 51,06x \Rightarrow x = y$$

x	y	M(D)	D valem
1	1	51,06	SF <i>ei sobi</i>
1	2	70,06	SF ₂ <i>ei sobi</i>
2	1	83,12	S ₂ F <i>ei sobi</i>
2	2	102,1	S ₂ F ₂ <i>sobib</i>

Kui $x = y = 2$, siis $M(D) \approx 102,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, seega **D** = S_2F_2 .

- c) Ühend **D** võib esineda kahe erineva struktuuriisomeerina. (3)



3. Tundmatud katseklaasid. Autor: Anette Kipso

(10 p)
(7×1)

a)

1. Baariumhüdroksiid
2. Vesinikjodiidhape
3. Tsink(II)bromiid
4. Kaaliumkarbonaat
5. Elavhõbe(II)kloriid
6. Liitiumsulfaat
7. Hõbe(I)nitraat

- b) i) $Ba(OH)_2 + ZnBr_2 \rightarrow BaBr_2 + Zn(OH)_2 \downarrow$ (1)
ii) $2HI + K_2CO_3 \rightarrow 2KI + H_2O + CO_2 \uparrow$ (1)
iii) $HgCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgCl \downarrow + Hg(NO_3)_2$ (1)

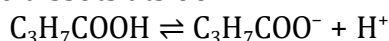
4. Kumb jääb peale: hape või alus? Autor: Andreas Päck

(10 p)

Allikas:

- Tiitrimiskõverad simuleeritud Exceli makroga "[CurTiPot](#)"

- a) i) Vesilahuses toimub happe dissotsiatsioon:



Koostame kontsentratsioonide tabeli, kus $C_3H_7COOH = HA$ ja $C_3H_7COO^- = A^-$:

	HA	A ⁻	H ⁺
C _{algne}	0,500	0	0
C _{muutus}	-x	+x	+x
C _{lõpp}	0,500 - x	x	x

Kirjutame välja K_a avaldise: $K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]} = \frac{x \cdot x}{[HA] - x} = \frac{x^2}{0,500 - x} = 1,51 \cdot 10^{-5}$ (0,5)

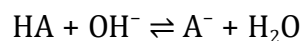
Eeldusel, et $x \ll 0,500$ M, asendame murru nimetaja 0,500-ga: $\frac{x^2}{0,500} = 1,51 \cdot 10^{-5}$

$x = [H^+] = \sqrt{0,500 \cdot 1,51 \cdot 10^{-5}} = \pm 2,75 \cdot 10^{-3}$ (sobib ainult positiivne lahend) (0,5)

$pH = -\log[H^+] = -\log(2,75 \cdot 10^{-3}) = 2,56$ (0,5)

ii) $\alpha = \frac{[H^+]}{[HA]_{alg}} \cdot 100\% = \frac{2,75 \cdot 10^{-3}}{0,500} \cdot 100\% = 0,55\%$ (0,5)

b) Aluse lisamisel toimub neutralisatsioonireaktsioon:



$n(HA) = n(HA)_{algne} - n(OH^-)_{lisatud} = c_{hape} V_{hape} - c_{alus} V_{alus}$
 $n(HA) = (0,500 \cdot 0,035) - (0,200 \cdot 0,010) = 1,55 \cdot 10^{-2}$ (mol) (0,5)

Andmete visualiseerimiseks võib koostada tabeli:

	HA	OH ⁻	A ⁻
n _{algne}	$1,75 \cdot 10^{-2}$	0	0
n _{muutus}	$-2,0 \cdot 10^{-3}$	$+2,0 \cdot 10^{-3}$	$+2,0 \cdot 10^{-3}$
n _{lõpp}	$1,55 \cdot 10^{-2}$	0	$2,0 \cdot 10^{-3}$

$V_{lahus} = 0,035 \text{ dm}^3 + 0,010 \text{ dm}^3 = 0,045 \text{ dm}^3$

$c(HA) = n(HA)/V_{lahus} = 1,55 \cdot 10^{-2} \text{ mol}/0,045 \text{ dm}^3 = 0,344 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (0,5)

$c(A^-) = n(A^-)/V_{lahus} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}/0,045 \text{ dm}^3 = 0,0444 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (0,5)

$K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]} \Rightarrow [H^+] = \frac{K_a [HA]}{[A^-]}$

$pH = -\log\left(\frac{K_a [HA]}{[A^-]}\right) = -\log\left(\frac{1,51 \cdot 10^{-5} \cdot 0,344}{0,0444}\right) \approx 3,93$ (1)

Alternatiivselt saab ka otse Henderson-Hasselbalchi võrrandit kasutada:

$pH = pK_a + \log\left(\frac{[A^-]}{[HA]}\right) = 4,82 + \log\left(\frac{0,0444}{0,344}\right) \approx 3,93$

c) Poolneutralisatsioonipunktis on pool happe hulgast neutraliseeritud, seega kehtivad seosed $[HA] = [A^-]$ ja $[H^+] = K_a$.

$pH = pK_a = -\log(K_a) = -\log(1,51 \cdot 10^{-5}) = 4,82$ (0,5)

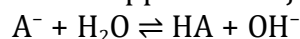
d) Stõhiomeetriapunktis on kogu happe hulk neutraliseeritud ehk $n(HA) = n(OH^-)$.

$V = n_{alus}/c_{alus} = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ mol}/0,200 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 1000 \text{ cm}^3/1 \text{ dm}^3 = 87,5 \text{ cm}^3$ (0,5)

e) $V_{lahus} = 0,035 \text{ dm}^3 + 0,0875 \text{ dm}^3 = 0,1225 \text{ dm}^3$

$c(A^-) = n(A^-)/V_{lahus} = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ mol}/0,1225 \text{ dm}^3 = 0,143 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (0,5)

Vesilahuses toimub prootoni ülekanne happe HA konjugeeritud alusele A⁻:



Koostame kontsentratsioonide tabeli:

	A ⁻	HA	OH ⁻
C _{algne}	0,143	0	0
C _{muutus}	-x	+x	+x
C _{lõpp}	0,143 - x	x	x

$$\text{Kirjutame välja } K_b \text{ täispika avaldise: } K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = \frac{x \cdot x}{[A^-] - x} = \frac{x^2}{0,143 - x}$$

Kehtib eeldus $x \ll 0,143$ M, seega:

$$K_b = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1,51 \cdot 10^{-5}} = \frac{x^2}{0,143}, \text{ kust } x = [OH^-] = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 10^{-14} \cdot 0,143}{1,51 \cdot 10^{-5}}} = 9,73 \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

Alternatiivselt saab ka otse järgmist seost kasutada:

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot c_{sool}} = \sqrt{\frac{K_w \cdot c_{sool}}{K_a}} = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 10^{-14} \cdot 0,143}{1,51 \cdot 10^{-5}}} = 9,73 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - [-\log(9,73 \cdot 10^{-6})] \approx 8,99 \quad (1)$$

f) Fenoolftaleiin (0,5)

g) i) A – algsete happelahuste pH erinev, stõhhiimeetriapunktid eri piirkondades. (0,5)

ii) B – algsete happelahuste pH erinev, stõhhiimeetriapunkt samas piirkonnas. (0,5)

iii) C – algsete happelahuste pH sama, titrandi ruumala varieerub. (0,5)

5. Süsinikterase korrosioon. Autor: Artur Asi (10 p)

Allikad:

- Kothari, H. M.; Kulp, E. A.; Limmer, S. J.; Poizot, P.; Bohannan, E. W.; Switzer, J. A. *Journal of Materials Research/Pratt's Guide to Venture Capital Sources*. **2006**, 21 (1), 293–301. <https://doi.org/10.1557/jmr.2006.0030>
- Jeon, S.-H.; Son, Y.-H.; Choi, W.-I.; Song, G.; Hur, D. *Materials*. **2018**, 11 (1), 62. <https://doi.org/10.3390/ma11010062>
- Jeon, S.-H.; Song, G.-D.; Hur, D.-H. *MATERIALS TRANSACTIONS*. **2015**, 56 (7), 1107–1111. <https://doi.org/10.2320/matertrans.m2015016>

a) Elektrolüüsiseadmes on anood “+” laenguga ja katood “–” laenguga. (0,5)

b) i) $4OH^- \rightarrow O_2 \uparrow + 2H_2O + 4e^-$ (0,5)

ii) $Fe(TEA)^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+} + TEA$ (0,5)

c) $2Fe(TEA)^{3+} + 8OH^- + Fe^{2+} \rightarrow Fe_3O_4 \downarrow + 2TEA + 4H_2O$ (1)

d) $c(Fe^{3+}) = 0,090 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, seega $n_{\text{kristallhüdraat}} = 0,090 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} / 2 = 0,045 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (0,5)

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} \Rightarrow m = cMV$$

$$m_{\text{kristallhüdraat}} = 0,045 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 562 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,75 \text{ dm}^3 = 19,0 \text{ g} \quad (0,5)$$

$$m(\text{NaOH}) = 2,0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 40,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,75 \text{ dm}^3 = 60,0 \text{ g} \quad (0,5)$$

$$m(\text{TEA}) = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 149,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,75 \text{ dm}^3 = 11,2 \text{ g} \quad (0,5)$$

e) Kõigepealt tuleb arvutada magnetiidi kihi ruumala, mis tekib detaili peale. Kihi paksus on $100 \mu\text{m} = 0,01 \text{ cm}$ ja kihi pindala on 30 cm^2 , seega $V = 0,01 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm}^2 = 0,3 \text{ cm}^3$. (0,5)

$$m(Fe_3O_4) = 0,3 \text{ cm}^3 \cdot 5,00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1,50 \text{ g} \quad (0,5)$$

$$n(Fe_3O_4) = 1,50 \text{ g} / 231,53 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 6,48 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad (0,5)$$

f) Esiteks arvutame voolutugevuse detaili pinnal:

$$I = 0,2 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot 1000 \text{ mA} / 1 \text{ A} \cdot 30 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ dm}^2 / 100 \text{ cm}^2 = 60 \text{ mA} = 0,06 \text{ A} \quad (1)$$

Nüüd saame arvutada katmiseks vajamineva aja, arvestades, et $z = 1$ (vaadates reaktsioone

b) ii) ja c) korraga, on näha, et ühe mooli magnetiidi tekkeks on vaja üks mool elektrone), $I = 0,06 \text{ A}$ ja $n(Fe_3O_4) = 6,48 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$:

$$n = \frac{I \cdot t}{z \cdot F} \Rightarrow t = \frac{n \cdot z \cdot F}{I} = (6,48 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 1 \cdot 96485 \text{ s} \cdot \text{A} / \text{mol}) / 0,06 \text{ A} = 10420 \text{ s} \approx 2,89 \text{ h} \quad (1)$$

g) $E = I \cdot U \cdot t_{(h)} = 0,06 \text{ A} \cdot 1,25 \text{ V} \cdot 2,89 \text{ h} = 0,217 \text{ W} \cdot \text{h}$ (0,5)

h) i) Liiga suure voolutiheduste korral on üheks võimalikuks kõrvalreaktsiooniks katoodil Fe^{3+} ionide redutseerumine metalliks ja vee elektrolüüs vesinikuks. (0,5)

ii) $Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe \downarrow$ või $Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe \downarrow$ (0,5)



6. Komplekssed kompleksid. Autor: Andreas Päkk

(20 p)

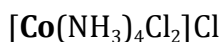
Allikad:

- Eric A. Standley, Stacey J. Smith, Peter Müller, and Timothy F. Jamison. *Organometallics*. **2014**, 33(8), 2012–2018. DOI: [10.1021/om500156q](https://doi.org/10.1021/om500156q)
- Gao, Y., Toubaei, A., Kong, X. and Wu, G. *Chem. Eur. J.* **2015**, 21(48), 17172–17177. DOI: [10.1002/chem.201503353](https://doi.org/10.1002/chem.201503353)
- Chivers, Tristram and Laitinen, Risto S. *Chem. Soc. Rev.* **2017**, 46(17), 5182–5192. DOI: [10.1039/C6CS00925E](https://doi.org/10.1039/C6CS00925E)

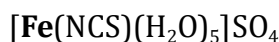
a) Hindamine: Iga korrektse vastuse eest 0,5 p, kokku 2 p. (4×0,5)



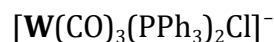
II (+2)



III (+3)

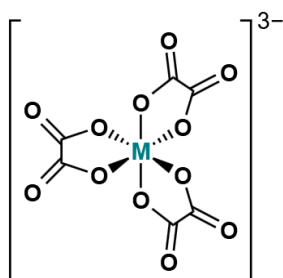


III (+3)

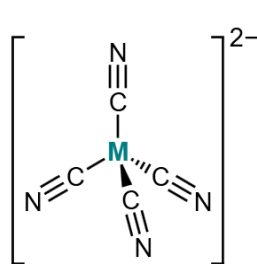


0

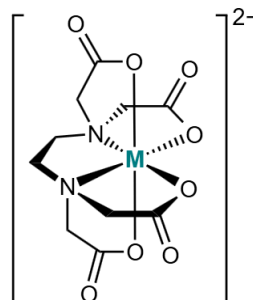
b) Hindamine: Iga korrektse vastuse eest 0,25 p, kokku 1 p. (4×0,25)



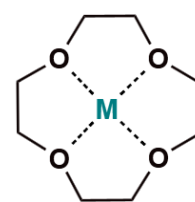
2



1



6



4

c) $n(\text{Cl}) = n(\text{AgCl}) = m/M = 0,5087 \text{ g}/143,35 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3,549 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$$n_{\text{kompleks}} = 0,5000 \text{ g}/M_{\text{kompleks}}$$

Tundmatu kloriidioonide hulk x kompleksühendis avaldub moolsuhtest $n(\text{Cl})/n_{\text{kompleks}}$: (1)

$$x = n(\text{Cl})/n_{\text{kompleks}} = 3,549 \cdot 10^{-3} / (0,5000/M_{\text{kompleks}}) = 7,098 \cdot 10^{-3} \cdot M_{\text{kompleks}}$$

x	M_{kompleks}
1	$\approx 140,88$
2	$\approx 281,77$

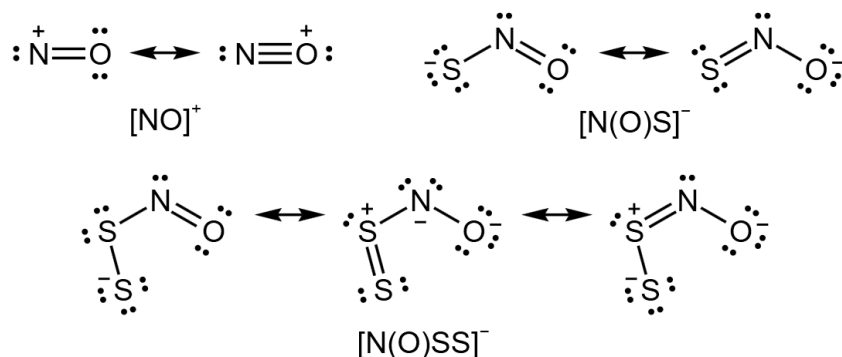
$$n(\text{P}) = (M_{\text{kompleks}} \cdot w_{\text{fosfor}})/M_{\text{fosfor}} = (281,77 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,2196)/30,97 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 2 \quad (0,5)$$

Kompleksühend Y sisaldab kahte fosfori aatomit, seega kuulub ühendi koostisesse kaks PMe_3 ligandi.

$$M(\text{X}) = M_{\text{kompleks}} - 2M(\text{Cl}) - 2M(\text{PMe}_3) \approx 58,7 \text{ (g} \cdot \text{mol}^{-1}), \text{ mis vastab niklile.}$$

$$\text{Kompleksühendi Y valem on } [\text{NiCl}_2(\text{PMe}_3)_2] \text{ või } [\text{NiCl}_2(\text{P}(\text{CH}_3)_3)_2]. \quad (0,5)$$

d) Hindamine: Iga korrektse struktuurivalemi eest 0,5 p, kokku 1,5 p. (3×0,5)



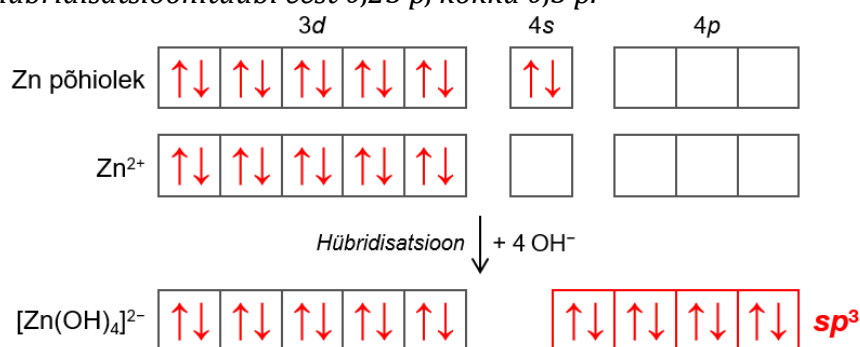
- e) 1. $[\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{NO})]^{2-} + \text{S}^{2-} \rightarrow [\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{N}(\text{O})\text{S})]^{4-}$ (0,5)
 2. $\text{NO}_3^- + 3\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ \rightarrow 3\text{Fe}^{3+} + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$ (1)
 3. $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + \text{NO} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{NO})]^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ (0,5)
 f) Hindamine: Korrektselt teostatud arvutuskäigu eest 0,5 p.

	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^{2+}$	H^+
c_{algne}	0,02	0	0
c_{muutus}	$-x$	$+x$	$+x$
$c_{\text{lõpp}}$	$0,02 - x$	x	x

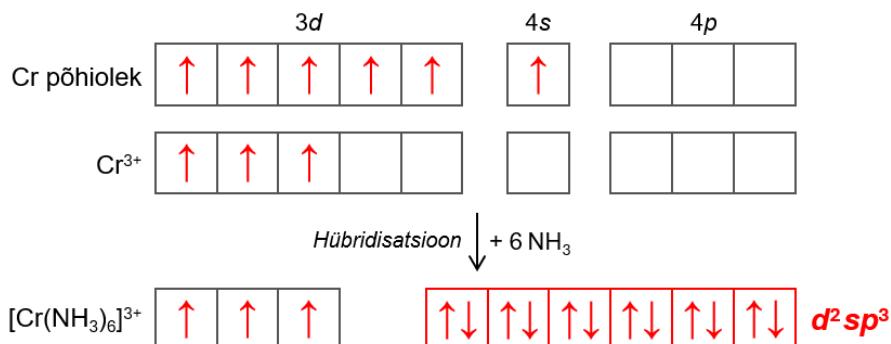
$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{x^2}{0,02 - x} \approx \frac{x^2}{0,02} = 3,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log(x) = -\log\left(\sqrt{0,02 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3}}\right) \approx 2,08 \text{ (ainult positiivse lahendi korral)} \quad (0,5)$$

- g) Hindamine: Iga korrektselt täidetud ruutskeemi eest 0,25 p, kokku 1,5 p. Iga korrektselt määratud hübridisatsioonitüübi eest 0,25 p, kokku 0,5 p. (8×0,25)



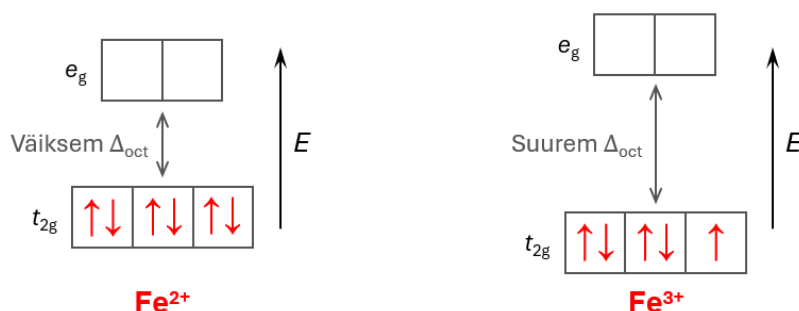
Selgitus: Zn aatomi ioniseerimisel Zn²⁺ iooniks vabaneb 4s-orbitaal, mille kombineerimisel kolme 4p-orbitaaliga moodustub neli sp³-hübriidorbitaali. Tsinkaadis on Zn²⁺ iooniga seotud neli hüdroksoligandi, mille 4·2 = 8 e⁻ valentselektroni okupeerivad kõik sp³-orbitaalid.



Selgitus: Cr aatomi ioniseerimisel Cr³⁺ iooniks vabaneb 4s-orbitaal ja kaks 3d-orbitaali, mille kombineerimisel kolme vaba 4p-orbitaaliga moodustub kuus d²sp³-hübriidorbitaali. Ammiinkompleksis on Cr³⁺ iooniga seotud kuus ammoniaagi molekuli, mille 6·2 = 12 e⁻ valentselektroni okupeerivad kõik d²sp³-orbitaalid.

- h) $\lambda = \frac{c}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$, seega $\Delta_{\text{oct}} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$, mis arvutatuna ühe mooli kohta avaldub kui $\Delta_{\text{oct}} = \frac{h \cdot c \cdot N_A}{\lambda}$.
 $\Delta_{\text{oct}} = (6,626 \cdot 10^{-37} \text{ kJ} \cdot \text{s} \cdot 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}) / 4,40 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 272 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (1)$

- i) Hindamine: Korrektselt määratud iooni eest 0,25 p, kokku 0,5 p. Korrektselt täidetud orbitaaldiagrammi eest 0,25 p, kokku 0,5 p. (4×0,25)



Selgitus: Mõlemal juhul on tegemist madalaspinnilise kompleksiga, sest tsüanooligandid moodustavad tugeva välja. Fe²⁺ d⁶-kompleksi elektronkonfiguratsioon on t_{2g}⁶ ja Fe³⁺ d⁵-kompleksi puhul t_{2g}⁵.

- j) Hindamine: Iga korrektse vastuse eest 0,25 p, kokku 2 p. (8×0,25)

	[Os(CN) ₆] ⁴⁻ (Os ²⁺ on d ⁶)	[MnCl ₄] ²⁻ (Mn ²⁺ on d ⁵)	[CoF ₆] ³⁻ (Co ³⁺ on d ⁶)	[Co(NH ₃) ₆] ³⁺ (Co ³⁺ on d ⁶)
Kõrgespinniline		×	×	
Madalaspinniline	×			×
Paramagnetiline		×	×	
Diamagnetiline	×			×

- k) i) [MnCl₄]²⁻ on tetraedriline 3d⁵-kompleks elektronkonfiguratsiooniga e² t₂³, kus n_e = 2 ja n_t = 3.

$$\text{CFSE} = -0,6\Delta_{\text{tet}}n_e + 0,4\Delta_{\text{tet}}n_t = (-0,6 \cdot 2 + 0,4 \cdot 3)\Delta_{\text{tet}} = 0\Delta_{\text{tet}} \quad (0,5)$$

- ii) [Co(NH₃)₆]³⁺ on oktaedriline 3d⁶-kompleks elektronkonfiguratsiooniga t_{2g}⁶, kus n_t = 6 ja n_e = 0.

$$\text{CFSE} = -0,4\Delta_{\text{oct}}n_t + 0,6\Delta_{\text{oct}}n_e = (-0,4 \cdot 6 + 0,6 \cdot 0)\Delta_{\text{oct}} + 3P = -2,4\Delta_{\text{oct}} + 3P \quad (0,5)$$

- l) M²⁺ ioon on tetraedrilises väljas kõrgespinniline, seega e⁴ t₂².

$$\text{CFSE} = (-0,6 \cdot 4 + 0,4 \cdot 2)\Delta_{\text{tet}} = -1,6 \cdot \frac{4}{9}\Delta_{\text{oct}} = -0,71\Delta_{\text{oct}} \quad (1)$$

- m) Hindamine: Iga korrektselt täidetud rea eest 0,5 p, kokku 3 p. (6×0,5)

Milline/millised molekuloorbitaal(id) on...	1a _{1g}	1t _{1u}	1e _g	1t _{2g}	2e _g	2a _{1g}	2t _{1u}
i) ... valentsielektronidega täitunud?	×	×	×	×	×		
ii) ... siduv(ad)?	×	×	×				
iii) ... lõdvendav(ad)?						×	×
iv) ... ainult d-orbitaali päritolu?				×			
v) ... HOMO?					×		
vi) ... LUMO?						×	

Selgitus: [Co(H₂O)₆]²⁺ MO-diagrammi esimest viit molekuloorbitaali hõivavad 19 elektroni (Co³⁺ katioonilt pärinevad 7 ning kuue vee molekuli 12 valentsielektroni). Siduvad molekuloorbitaalid, mis moodustavad kuus M–L sidet, on energeetiliselt madalaimad.