

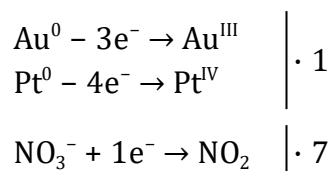
2026/27. õa keemiaolümpiaadi lahtise võistluse lahendused
Noorem rühm (9. ja 10. klass)
2. oktoober 2026

1. Selge nagu lubjavesi. Autor: Kristi Koitla (10 p)

- a) $A = H_2$, $B = O_2$, $C = Ca$, $D = C$, $E = S$, $F = H_2O$, $G = Ca(OH)_2$, $H = CO$, $I = CO_2$, $J = CaO$, $K = CaC_2$,
 $L = C_2H_2$, $M = CaCO_3$, $N = SO_2$, $O = SO_3$, $P = H_2SO_3$ (16×0,5)
- b) K = kaltsiumkarbiid, L = etüün, M = kaltsiumkarbonaat, P = väävlishape (4×0,5)

2. Mitmekülgne anorgaaniline keemia. Autor: Andreas Päkk (10 p)

- a) $A = NO$, $C = HNO_3$, $D = HCl$, $E = H[AuCl_4]$, $F = H_2[PtCl_6]$, $G = NO_2$ (6×0,5)
- b) 1. $2NO + Cl_2 \rightleftharpoons 2NOCl$ (1)
2. $3NOCl + 2H_2O \rightarrow HNO_3 + 3HCl + 2NO\uparrow$ (1)
3. $2KI + 2NOCl \rightarrow I_2 + 2KCl + 2NO\uparrow$ (1)
4. $3H_2S + NOCl \rightarrow 3S\downarrow + NH_4Cl + H_2O$ (1)
või $24H_2S + 8NOCl \rightarrow 3S_8\downarrow + 8NH_4Cl + 8H_2O$
5. $HNO_3 + 3HCl \rightarrow NOCl + Cl_2\uparrow + 2H_2O$ (1)
6. $Au + Pt + 7HNO_3 + 10HCl \rightarrow H[AuCl_4] + H_2[PtCl_6] + 7NO_2\uparrow + 7H_2O$ (2)



Punakaspruun gaas G on NO_2 , mis eraldub metallide reageerimisel kontsentreeritud lämmastikhappega (C). Hõbe(I)sool, mida kasutatakse halogeniidioonide (Cl^- , Br^- , I^-) tõestamiseks, on $AgNO_3$ – reaktsioonides tekivad vastavate hõbeda soolade sademed ($AgCl$, $AgBr$, AgI). Antud juhul sobivad ülesande tingimustega kloriidioonid, mis pärinevad veeldatud kloorist (B). Hapete C ja D segu ruumalavahekorras 1 : 3 (1 mahuosa HNO_3 ja 3 mahuosa HCl) nimetatakse kuningveeks. Tekstis kirjeldatud värvimuutus KI vesilahuses viitab jodiidioonide oksüdeerumisele molekularseks joodiks. H_2S oksüdeeritakse helekollaseks väävliks. Reaktsioonivõrrandite põhjal saame järeldada, et ühend X sisaldab lämmastikku, hapnikku ja kloori. $M(A) = M_{\text{õhk}} \cdot 1,035 \approx 30,01$ g/mol, mis vastab NO -le (A).

$$M(E) = M(Au)/0,5797 \approx 339,8 \text{ g/mol} \Rightarrow E = H[AuCl_4]$$

$$M(F) = M(Pt)/0,4761 \approx 409,8 \text{ g/mol} \Rightarrow F = H_2[PtCl_6]$$

3. Keskkonnakeemia. Autor: Andreas Päkk (11 p)

a) $n(N) = \frac{m}{M} = \frac{50 \text{ mg} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}}{14,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,003569 \text{ mol}$ (0,5)

$$n(N) = n(NO_3^-)$$

$$N(NO_3^-) = nN_A = 0,003569 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \approx 2,15 \cdot 10^{21}$$
 (0,5)

- b) Fosfori massiprotsent difosforpentaoksiidis:

$$w(P) = \frac{nM(P)}{M(P_2O_5)} = \frac{2 \cdot 30,97 \text{ g/mol}}{141,97 \text{ g/mol}} = 0,4364$$

$$m(P) = 10,0 \text{ kg} \cdot 0,0100 \cdot 0,4364 = 0,4364 \text{ kg}$$
 (0,5)

Fosfori massiprotsent väetises:

$$w(P) = \frac{m(P)}{m_{\text{väetis}}} = \frac{0,4364 \text{ kg}}{10,0 \text{ kg}} \cdot 100\% \approx 4,36\%$$
 (0,5)

- c) i) 62,01 grammile nitraatioonile vastab 14,01 grammi nitraatlämmastikku:

$$\frac{m_{\text{nitraat}}}{m_{\text{nitraatlämmastik}}} = \frac{M_{\text{nitraat}}}{M_{\text{lämmastik}}} \Rightarrow m_{\text{nitraatlämmastik}} = \frac{m_{\text{nitraat}} \cdot M_{\text{lämmastik}}}{M_{\text{nitraat}}}$$

$$m(\text{NO}_3^- - \text{N}) = \frac{210 \mu\text{g} \cdot 14,01 \text{ g/mol}}{62,01 \text{ g/mol}} \approx 47,5 \mu\text{g} \text{ ehk } 47,5 \mu\text{g/dm}^3 \quad (1)$$

ii) $m(\text{NO}_3^- - \text{N}) = 3,10 \text{ mg/dm}^3 \cdot \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} \cdot 120 \text{ m}^3 \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} = 3,72 \cdot 10^8 \mu\text{g}$ (0,5)

iii) $m(\text{NO}_3^- - \text{N}) = 47,5 \mu\text{g/dm}^3 \cdot 2200 \text{ m}^3 \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} \approx 1,05 \cdot 10^8 \mu\text{g}$ (0,5)

iv) $V_{\text{kokku}} = V_{\text{puhastatud vesi}} + V_{\text{jõevesi}} = 2200 \text{ m}^3 + 120 \text{ m}^3 = 2320 \text{ m}^3$

$$c(\text{NO}_3^- - \text{N}) = \frac{3,72 \cdot 10^8 \mu\text{g} + 1,05 \cdot 10^8 \mu\text{g}}{2320 \text{ m}^3 \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3}} \approx 206 \mu\text{g/dm}^3 \quad (1)$$

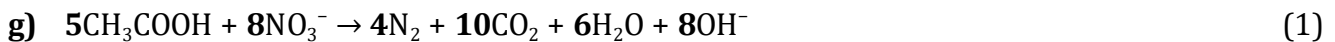
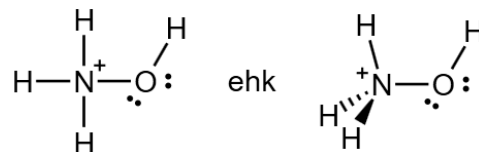
- d) Nitrifikatsiooni käigus **oksüdeeritakse** lämmastikku. (0,5)

Denitrifikatsioon käigus **redutseeritakse** lämmastikku. (0,5)

- e) i) $\text{N}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{H}_2$ (0,5)



- f) (1)



h) $n(\text{CO}_2) = \frac{10}{8} \cdot 10,0 \text{ mmol} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{1000 \text{ mmol}} = 0,0125 \text{ mol}$ (0,5)

$$n = \frac{V}{V_m} \Rightarrow V = nV_m = 0,0125 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} = 0,280 \text{ dm}^3 \quad (0,5)$$

4. Karastusjook. Autor: Jörgen Metsik (8 p)

- Kontsentratsioonide väärtused:

<https://journals.uew.pl/niit/article/download/1601/1244/6578>

<https://wiki.anton-paar.com/en/carbon-dioxide-in-beverages/>

a) i) $500 \text{ cm}^3 \cdot \frac{10,6 \text{ g}}{100 \text{ ml}} \cdot \frac{1 \text{ teelusikatäis}}{4,2 \text{ g}} \approx 12,6 \text{ teelusikatäit}$ (0,5)

ii) $m(\text{suhkur}) = 500 \text{ cm}^3 \cdot 1,04 \text{ g/cm}^3 - 500 \text{ cm}^3 \cdot \frac{10,6 \text{ g}}{100 \text{ ml}} = 467 \text{ g}$ (1)



c) $V(\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ lahus}) = 0,500 \text{ dm}^3 \cdot 7,0 \text{ mmol/dm}^3 \cdot 97,99 \text{ mg/mmol} : 0,85 \approx 400 \text{ mg}$ (1)



e) i) $m(\text{CO}_2) = 14,1 \text{ g} : 197,34 \text{ g/mol} \cdot 44,01 \text{ g/mol} \approx 3,14 \text{ g}$ (1)

ii) $\%(\text{CO}_2) = \frac{3,14 \text{ g}}{500 \text{ cm}^3 \cdot 1,04 \text{ g/cm}^3} \cdot 100\% = 0,605\%$ (0,5)

iii) $V(\text{CO}_2) = 14,1 \text{ g} : 197,34 \text{ g/mol} \cdot 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} = 1,60 \text{ dm}^3$ (1)

5. Sädemeta süüde. Autor: Artur Asi

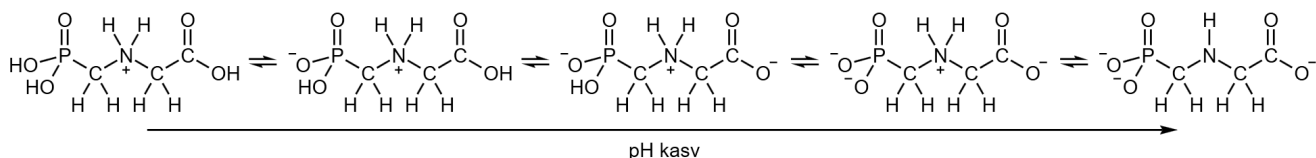
(10 p)

- a) i) $V_A = V_{töö} + V_B = 500 \text{ cm}^3 + 31,25 \text{ cm}^3 = \mathbf{531,25 \text{ cm}^3}$ (0,5)
 ii) $r = V_A/V_B = 531,25 \text{ cm}^3/31,25 \text{ cm}^3 = \mathbf{17,0}$ (0,5)
 b) i) $T_B = T_A \cdot (V_A/V_B)^{\gamma-1} = 300 \text{ K} \cdot 17^{0,40} \approx \mathbf{932 \text{ K} \approx 659 \text{ }^\circ\text{C}}$ (1)
 ii) $p_B = p_A \cdot (V_A/V_B)^\gamma = 1,00 \text{ bar} \cdot 17^{1,40} \approx \mathbf{52,8 \text{ bar}}$ (1)
 c) i) $T_B = 932 \text{ K} > T_{sütt} = 530 \text{ K}$, seega on kokkusurutud õhk silindris mudeli järgi kütuse isesüttimiseks piisavalt kuum. (0,5)
 ii) Pööratavas adiabaatilises protsessis $Q = 0$ ning seetõttu $\Delta S = 0$. Õhu entroopia seega ei muutu. (0,5)
 d) i) $2\text{C}_{16}\text{H}_{34} + 49\text{O}_2 \rightarrow 32\text{CO}_2 + 34\text{H}_2\text{O}$ (0,5)
 ii) $m = 34,0 \text{ mg} = 0,0340 \text{ g}$
 $n = m/M = 0,0340 \text{ g}/(226 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) \approx \mathbf{1,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}$ (0,5)
 iii) 1 mol tsetaani kohta kulub 24,5 mol O_2 .
 $n(\text{O}_2) = 24,5 \cdot 1,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = \mathbf{3,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}$ (0,5)
 e) i) $p(\text{O}_2) = x(\text{O}_2) \cdot p_B = 0,210 \cdot 52,8 \text{ bar} = \mathbf{11,1 \text{ bar}}$ (1)
 ii) $V_B = 31,25 \text{ cm}^3 = 3,125 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ ja $p(\text{O}_2) = 11,1 \text{ bar} = 1,11 \cdot 10^6 \text{ Pa}$.
 $n(\text{O}_2) = p(\text{O}_2)V_B/(R \cdot T_B)$
 $n(\text{O}_2) = (1,11 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 3,125 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3)/(8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 932 \text{ K}) \approx \mathbf{4,47 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}$ (1,5)
 iii) $4,47 \cdot 10^{-3} \text{ mol} > 3,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, seega on ideaalgaasi mudeli järgi hapnikku piisavalt, et tsetaan saaks täielikult põleda. (0,5)
 f) i) $Q = n \cdot |\Delta_c H| = 1,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 10,7 \text{ MJ} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 1,61 \cdot 10^{-3} \text{ MJ} = \mathbf{1,61 \text{ kJ}}$ (1)
 ii) $W = \eta \cdot Q = 0,40 \cdot 1,61 \text{ kJ} \approx \mathbf{0,644 \text{ kJ}}$ (0,5)

6. Glüfosaadi keemia. Autor: Andreas Päkk

(9 p)

- a) $1 = -\text{II} (-2)$, $2 = -\text{I} (-1)$, $3 = \text{III} (+3)$ (3×0,5)
Selgitus: C–P sidemes on süsinik elektronegiivsem element (Paulingi skaala järgi $\chi_{\text{süsinik}} = 2,55$ ja $\chi_{\text{fosfor}} = 2,19$), seega kovalentse keemilise sideme jagatud elektronipaar on tõmmatud süsiniku poole.
 b) $w(\text{C}) = \frac{nM(\text{C})}{M_{\text{glüfosaat}}} = \frac{3 \cdot 12,01 \text{ g/mol}}{169,07 \text{ g/mol}} \cdot 100\% \approx \mathbf{21,31\%}$ (0,5)
 c) $n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = \frac{mN_A}{M}$
 $N = 3 \cdot (0,001 \text{ g} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol})/169,07 \text{ g/mol} \approx \mathbf{1,07 \cdot 10^{19} \text{ aatomit}}$ (1)
 d) i) Karboksüülrühm on **happeline**:
 $-\text{COOH} \rightleftharpoons -\text{COO}^- + \text{H}^+$ (0,5)
 ii) Aminorühm on **aluseline**:
 $-\text{NHR} + \text{H}^+ \rightleftharpoons -\text{NH}_2\text{R}^+$ (0,5)
 iii) Fosfoonrühm on **happeline**:
 $-\text{PO}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons -\text{PO}(\text{OH})(\text{O}^-) + \text{H}^+$ ja $-\text{PO}(\text{OH})(\text{O}^-) \rightleftharpoons -\text{PO}(\text{O}^-)_2 + \text{H}^+$ (0,5)
 e) $\mathbf{B < D < A < E < C}$ (5×0,5)



Selgitus: Madala pH juures on aluseline aminorühm protoneeritud. pH kasvul deprotoneeruvad happelised karboksüül- ja fosfoonrühmad (fosfoonrühma korral deprotoneeruvad happelised vesinikud kahes etapis).

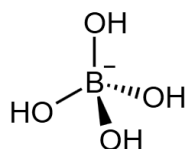
- e) $n(\text{HCl}) = n(\text{klorometüülfosfoonnape}) = 500 \text{ g}/130,46 \text{ g/mol} = 3,83 \text{ mol}$ (1)
 $n(\text{H}^+) : n(\text{OH}^-) = 1 : 1$, seega $c = \frac{n}{V} \Rightarrow V = \frac{n}{c} = 3,83 \text{ mol}/0,1500 \text{ mol/dm}^3 = \mathbf{25,5 \text{ dm}^3}$ (1)

7. Geomeetrilised molekulid. Autor: Sander Simson, Andreas Simson (10 p)

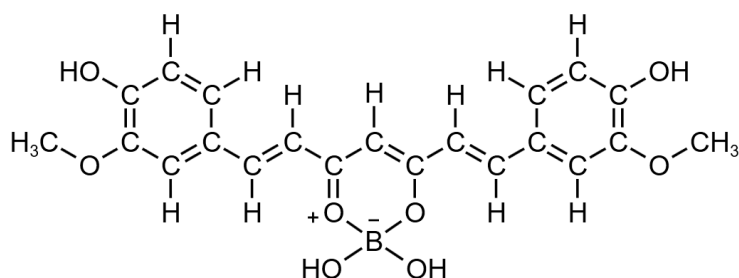
- a) Teame tekstist, et n süsiniku aatomile saab maksimaalselt vastata $3n$ keemilist sidet ning kuna iga side peab olema ümbritsetud kahe aatomi poolt, saame $E = 3n/2$. Antud juhul on summa **1,5**. (1)
- b) i) Igal viisnurgal on 5 külge ning igal kuusnurgal 6 külge, Kuna iga külg peab suletud fullereenis olema jagatud kahe tahu poolt, saame, et $E = (5p + 6h)/2 = 2,5p + 3h$. Antud juhul on summa $2,5 + 3 + 0 = 5,5$. (1)
- ii) Teame, et Euleri valemis $V = n$ ning $F = p + h$, seega $n - E + p + h = 2$ ning asendades $n = 2E/3$, saame $p + h - 2 = E/3$. Leitud $E = 3p + 3h - 6$. Antud juhul on summa $3 + 3 - 6 = 0$. (1)
- c) i) Kasutades alapunktides a) ja b) tuletatud seoseid, saame võrrandid $3n/2 = 2,5p + 3h$ ning $3n/2 = 3p + 3h - 6$. Lahutades võrrandid teineteisest, saame $0,5p = 6$, seega $p = 12$ sõltumata suurusest n . Summa on antud juhul **12**. (1)
- ii) Asendades $p = 12$ teise võrrandisse, saame $3n/2 = 36 + 3h - 6$, kust $n/2 = 10 + h$ ehk $h = n/2 - 10$. Summa on antud juhul $0,5 - 10 = -9,5$. (1)
- d) i) Teame, et $p = 12$ ja $n = 60$. Eelnevalt tuletatud seostest saame, et $h = 60/2 - 10 = 20$ ning $E = (3 \cdot 60)/2 = 90$. (0,5)
- ii) Teame, et $p = 12$ ja $n = 70$. Sarnaselt, saame $h = 70/2 - 10 = 25$ ning $E = (3 \cdot 70)/2 = 105$. (0,5)
- e) i) Teame, et C_{60} on $E = 90$ sidet. On antud, et 5-5 sidemeid ei ole, seega iga viisnurga serv peab ühtima kuusnurga servaga. Kuna viisnurgal on 5 külge, siis $N_{5-6} = 5p = 60$. (1)
- ii) Ülejäänud sidemed on 6-6 sidemed, seega $N_{6-6} = E - N_{5-6} = 90 - 60 = 30$. (1)
- f) i) **$C_{60}Br_{60}$** (1)
- ii) Teame, et $m(C_{60}) = 0,36$ g, $M(C_{60}) = 720,66$ g/mol ning $M(Br_2) = 159,81$ g/mol. Eelnevast ülesandest teame, et fullereeni molekulil on 30 6-6 sidet, seega maksimaalselt on võimalik seostuda 30 broomi molekuliga. $m(Br_2) = 30 \cdot m(C_{60}) \cdot M(Br_2)/M(C_{60}) = 2,39$ g (1)

8. Punasvalge fotograafia. Autor: Verner Säask (10 p)

- a) **2** (1)
- b) i) **1** (1)
- ii) **4** (1)
- c) i) Spektrijoon I vastab **kurkumiinile**. (0,25)
- ii) Spektrijoon II vastab kompleksühendile **A**. (0,25)
- d) $B(OH)_4^-$ ioon on **tetraeedriline**. (0,5)



- e) (3)



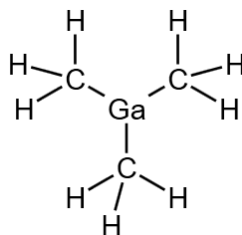
- f) i) **3** (1)
- ii) **2** (1)
- iii) **1** (1)

9. Illuminati (ld valgustatud). Autor: Lisette-Liis Loorits

(10 p)

a)

(1)



b) $\text{In}(\text{CH}_3)_3 + 4\text{Ga}(\text{CH}_3)_3 + 5\text{NH}_3 \rightarrow 5\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{N} + 15\text{CH}_4$ (1)
 või $0,2\text{In}(\text{CH}_3)_3 + 0,8\text{Ga}(\text{CH}_3)_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{N} + 3\text{CH}_4$ (1)

c) $n(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}) = 0,0282 \text{ mol}/3 = 0,0094 \text{ mol}$ (0,5)

$M(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}) = m(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N})/n(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}) = 106,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ (0,5)

$M(\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{N}) \approx 106,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \Rightarrow x = 0,5$ (1)

d) $\lambda_1 = 450 \text{ nm}$

$E_1 = (4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})/4,5 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 2,76 \text{ eV}$ (1)

$\lambda_2 = 500 \text{ nm}$

$E_2 = 2,48 \text{ eV}$ (1)

e) $E = (0,2 \cdot 0,69 \text{ eV}) + (0,8 \cdot 3,4 \text{ eV}) = 2,858 \text{ eV}$ (1)

f) Jääb sobivast vahemikust välja, seega **ei sobi**. (1)

g) **C** (1)

h) Ce^{3+} läheb kõige tõenäolisemalt Y^{3+} asemele, sest ioonid on lähedase raadiusega. O^{2-} asemele Ce^{3+} ei läheks, kuna säilima peab laenguneutraalsus. (1)