

2015/2016 õ.a keemiaolümpiaadi lõppvooruhendused  
10. klass

1. a) **A** – Cl<sub>2</sub>, kloor; **B** – Br<sub>2</sub>, broom; **C** – I<sub>2</sub>, jood; **D** – NaCl, naatriumkloriid. 1
- b) katoodreaktsioon: 2H<sub>2</sub>O + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub> + 2OH<sup>-</sup>; 1  
 anoodreaktsioon: 2Cl<sup>-</sup> → Cl<sub>2</sub> + 2e<sup>-</sup>; 1  
 summaarne reaktsioon: 2NaCl + 2H<sub>2</sub>O → 2NaOH + H<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub>. 1
- c) i) Cl<sub>2</sub> + 2Br<sup>-</sup> → Br<sub>2</sub> + Cl<sup>-</sup>; 1  
 ii) IO<sub>3</sub><sup>-</sup> + 3HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> → I<sup>-</sup> + 3SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + 3H<sup>+</sup>; 1  
 iii) IO<sub>3</sub><sup>-</sup> + 6H<sup>+</sup> + 5I<sup>-</sup> → 3I<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub>O. 1
- d)  $\Delta E = \frac{RT}{2F} \ln \left( \frac{c_{\text{Br}_2}}{c_{\text{HBr}}^2} \right) - \frac{RT}{2F} \ln \left( \frac{c_{\text{Br}_2-x}}{(c_{\text{HBr}}+2x)^2} \right)$  0,5  
 $\frac{2\Delta EF}{RT} = \ln \left( \frac{5,00}{3,00^2} \right) - \ln \left( \frac{(5,00-x)}{(3,00+2x)^2} \right)$   
 $\exp \left( \frac{2 \cdot 0,10V}{0,02569V} \right) = \left( \frac{5,00}{3,00^2} \cdot \frac{(3,00+2x)^2}{(5,00-x)} \right) = 2404,58$  0,5  
 $x = 4,96$   
 $c(\text{Br}_2) = (5,00 - 4,96) \text{ mol/dm}^3 = 0,04 \text{ mol/dm}^3$   
 $c(\text{Br}_2) \approx \mathbf{0,03-0,06 \text{ mol/dm}^3}$  1

2. a) CO + 3H<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O 1  
 2CH<sub>4</sub> → C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub> (1500°C) 1  
 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>/Pt → C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 1  
 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> + HCl → CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>Cl 1  
 2CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>Cl + 2Na → CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub> + 2NaCl 1
- b) On võimalik lahendada kahel viisil: arvutuslik või analüütiline. 2  
 i) Arvutuslik lahendus (täpne ja lihtne):  
 Maksimaalse W<sub>4</sub> leidmiseks täidame tabeli W<sub>4</sub>(C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) veeru. Leiame, et maksimaalne W<sub>4</sub> võrdub 0,138 täpselt α = **0,6** korral.

A	W <sub>3</sub> (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	W <sub>4</sub> (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	W <sub>5</sub> (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )
0,5		0,125	
<b>0,6</b>		<b>0,138</b>	
0,7	0,132	0,123	0,108
<b>0,8</b>	0,077	<b>0,088</b>	0,082
0,9	0,024	0,029	0,032

Seejärel täidame W<sub>3</sub>(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) ja W<sub>5</sub>(C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) veerud arvestades, et butaan on peamine produkt kui W<sub>4</sub> > W<sub>3</sub> ja W<sub>4</sub> > W<sub>5</sub>. Märkame, et α = 0,7 korral W<sub>4</sub> < W<sub>3</sub> ning α = 0,9 korral W<sub>4</sub> < W<sub>5</sub>. α = 0,8 korral W<sub>4</sub> > W<sub>5</sub> > W<sub>3</sub>, seega butaan on peamine produkt kui α ≈ **0,8**. 2  
 ii) Analüütiline lahendus (täpne, kuid keeruline):

Analüütiline lahendus nõuab tuletiste leidmist.

Esiteks tuleb võtta α tuletis W<sub>4</sub>-st:

$$\frac{d}{d\alpha} [4(1-\alpha)^2\alpha^3] = 4\alpha^2(5\alpha-3)(\alpha-1)$$

Arvutame välja ekstreempunktid (tuletis = 0):

$$4\alpha^2(5\alpha-3)(\alpha-1) = 0$$

Lahendid: α<sub>1</sub> = 0, α<sub>2</sub> = 3/5 ja α<sub>3</sub> = 1. Nendest maksimum on α<sub>2</sub>, kuna suurendades α<sub>2</sub>-e natuke muutub tuletis negatiivseks ja vähendades α<sub>2</sub>-e natuke muutub tuletis positiivseks. Seega max(W<sub>4</sub>) = 4 · (1 - 0,6)<sup>2</sup> · 0,6<sup>3</sup>.

Teiseks tuleb võtta n tuletis W<sub>n</sub>-st:

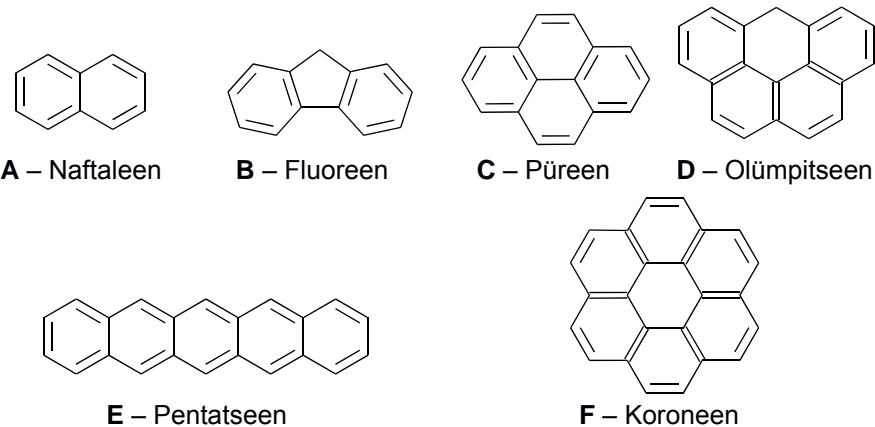
$$\frac{d}{dn} [n(1-\alpha)^2\alpha^{(n-1)}] = (1-\alpha)^2\alpha^{(n-1)} [n\ln(\alpha) + 1]$$

Arvutame välja ekstreempunktid (tuletis = 0):

$$(1-\alpha)^2\alpha^{(n-1)} [n\ln(\alpha) + 1] = 0$$

Lahendid: α<sub>1</sub> = 1, α<sub>2</sub> = 0, α<sub>3</sub> = exp(-1/n) ehk ln(α<sub>3</sub>) = -1/n. Siit, n süsinikuga alkaan on peamine produkt kui α = exp(-1/n), kuna kui asendada α<sub>3</sub> tuletisse ja suurendame n-i natuke muutub tuletis negatiivseks ja vähendades n-i natuke muutub tuletis positiivseks. Seega butaan on peamine produkt kui α = exp(-1/4) = 0,7788 ≈ 0,8. 8p

3.



9p

4. a) 2Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 3C → 4Fe + 3CO<sub>2</sub> 1  
 2CuO + C → 2Cu + CO<sub>2</sub> 1  
 2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 3C → 4Al + 3CO<sub>2</sub>\* 1  
 \* elektrokeemilise reaktsiooni summaarne võrrand
- b)  $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{1200 \text{ g}}{159,70 \text{ g/mol}} = 7,51 \text{ mol}$   
 $m(\text{Al}) = 7,51 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot 26,98 \text{ g/mol} = 405 \text{ g}$  1

$$m(\text{Cu}) = 7,51 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 63,55 \text{ g/mol} = 1432 \text{ g} \quad 1$$

c) Reaktsiooni käigus eraldus energia:

$$E = (82 - 22) \text{ K} \cdot 1200 \text{ J/K} = 72 \text{ kJ}$$

Kütuse massi saab leida kütusega ja kütuseta kalorimeetri masside vahest

$$m = \frac{1200 \text{ J/K} - 1195 \text{ J/K}}{1100 \text{ J/(kg K)}} = 0,004545 \text{ kg}$$

Saab koostada võrrandisüsteemi kütteväärtuste ja masside abil,  $x$  on põlevkivi mass,  $y$  on kivisöe mass segus:

$$\begin{cases} x + y = m \\ x \cdot 8200 \text{ kJ/kg} + y \cdot 35000 \text{ kJ/kg} = E \end{cases} \quad 1$$

Asendades  $x$ -i esimesest võrrandist teise on leitavad  $y$  ja selle kaudu  $x$ .

$$37,3 \text{ kJ} + y \cdot 26800 \text{ kJ/kg} = 72 \text{ kJ}$$

$$m(\text{põlevkivi}) = y = \frac{(72 - 37,3) \text{ kJ}}{26800 \text{ kJ/kg}} = 0,00129 \text{ kg} = 1,29 \text{ g} \quad 1$$

$$m(\text{kivisütt}) = x = (4,55 - 1,29) \text{ g} = 3,26 \text{ g} \quad 1$$

d) Andmetest saab koostada võrrandisüsteemi:

$$\begin{cases} 0,30 = \frac{K \cdot p_0}{1 + K \cdot p_0} \\ 0,40 = \frac{K \cdot P + K \cdot p_0}{1 + K \cdot P + K \cdot p_0} \end{cases} \quad 1$$

Esimesest võrrandist saab avaldada  $p_0$ :

$$p_0 = \frac{0,30}{0,70} \frac{1}{K}$$

Teisest võrrandist saab murdvõrrandi:

$$0,60K \cdot P + 0,60K \cdot p_0 - 0,4 = 0$$

Asendatakse  $K$  esimesest võrrandist teise võrrandisse.

$$0,60K \cdot P + 0,60 \cdot \frac{0,30}{0,70} - 0,4 = 0$$

$$K = \frac{0,143}{3000} = 4,76 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^{-1} \quad 1$$

Asendades tagasi esimesse võrrandisse, saame:

$$p_1 = \frac{0,30}{0,70} \cdot \frac{1}{4,76 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}} = 9000 \text{ Pa} \quad 1$$

11p

5.

a) 
$$\omega(Z) = \frac{3M(Z)}{3M(Z) + M(X)}$$
  

$$\frac{M(X)}{M(Z)} = \frac{3}{\omega(Z)} - 3 = 8,206$$

väärisgaas X	M(Z)	Element Z
He	0,5	–
Ne	2,5	–
Ar	4,9	–
Kr	10,2	–

Xe	16,0	O (XeO <sub>3</sub> !)
Rn	27,0	Al (RnAl <sub>3</sub> ?)

$$M(X) = 16,0 \text{ g/mol} \cdot \left( \frac{3}{0,268} - 3 \right) = 131,3 \text{ g/mol}$$

$$\omega(Y) = \frac{4M(Y)}{4M(Y) + M(X)}$$

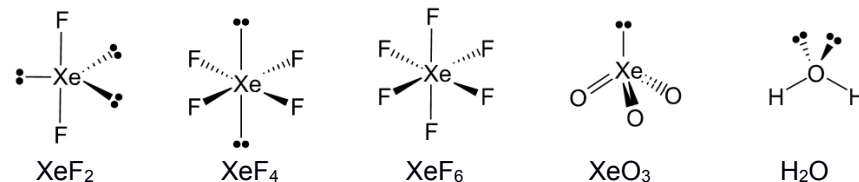
$$\frac{M(X)}{M(Y)} = \frac{4}{\omega(Y)} - 4 = 6,900$$

väärisgaas X	M(Y)	Element Y
He	0,6	–
Ne	2,9	–
Ar	5,8	–
Kr	12,1	C (KrC <sub>4</sub> ?)
Xe	19,0	F (XeF <sub>4</sub> !)
Rn	32,2	S (RnS <sub>4</sub> ?)

$$M(X) = 19,0 \text{ g/mol} \cdot \left( \frac{4}{0,367} - 4 \right) = 131,3 \text{ g/mol}$$

X on Xe.

b)



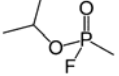
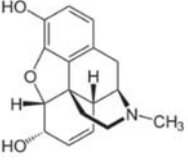

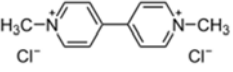
1  
5

- c) i)  $\text{Xe} + 2\text{F}_2 = \text{XeF}_4$ ; 0,5  
 ii)  $2\text{XeF}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Xe} + 4\text{HF} + \text{O}_2$ ; 0,5  
 iii)  $6\text{XeF}_4 + 12\text{H}_2\text{O} = 4\text{Xe} + 24\text{HF} + 3\text{O}_2 + 2\text{XeO}_3$ ; 0,5  
 iv)  $\text{XeF}_6 + 3\text{H}_2\text{O} = 6\text{HF} + \text{XeO}_3$ ; 0,5  
 v)  $\text{XeF}_4 + 2\text{H}_2 = \text{Xe} + 4\text{HF}$ ; 0,5  
 vi)  $\text{F}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HF}$ ; 0,5  
 vii)  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ ; 0,5  
 viii)  $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HF} + \text{O}_2$ . 0,5
- 10p**

6. Allikas: „Molecules of Murder“ John Emsley (2008)

Purgi nr.	1	2	3	4	5
LD <sub>50</sub> (mg/kg)	157	500	3,7	1250	0,6
Nimetus	Parakvat	Morfiin	Vesiniktsüaniid	Kloroform	Sariin

<i>M</i> (g/mol)	257	285	27	119	140
<b>Aineklass</b>	<b>sool</b>	<b>alkaloid</b>	<b>hape</b>	<b>kloroalkaan</b>	<b>fosfor-org. ühend</b>
<i>Kasutusala</i>	<i>herbitsiid</i>	<i>valuvaigisti</i>	<i>nailoni tootmisel</i>	<i>anesteetik</i>	<i>keemiarelv</i>

Aine	Struktuur	Lühikirjeldus
Sariin		Sariin mõjutab oluliselt signaaliülekannet organismis, on närvimürk ja kuulub keemiarelvade hulka. See tekitab lämbumissurma, sest kontroll lihaste üle kaob. Surm saabub 1 kuni 10 min pärast sissehingamist. Sariini loetakse massihävitusrelvaks.
Morfiin		Mõjub otse kesknärvisüsteemile ja vaigistab valu, poolestusaeg kehas 2-3 tundi. Morfiin aeglustab hingamist ja liiga suure doosi korral hingamine lakkab. See on sõltuvustekitav aine, kusjuures sõltlastel on morfiinitaluvus tunduvalt kõrgem (kuni 2000 mg/päev) kui tavalistel inimestel (kuni 200 mg/päev).
vesiniktsüaniid	$H-C\equiv N$	Tsüaniidioon seiskab raku hingamise, sest takistab elektroni üleminekut heemis (ensüüm tsütokroom C osa). Vesiniktsüaniid on ka keemiarelvade nimistus veremürkide alamrühmas).
kloroform		Kloroformi kasutati väga pikka aega anesteetikuna, tänapäeval aga selle ohtlikkuse tõttu enam mitte. See saanud kurikuulsaks kui vägistajate vahend oma ohvri uinutamiseks.
parakvat		Herbitsiid, 4,4'- bipüridüüli derivaat. Kahjustab peaaesjalikult kopse ja surma põhjuseks enamsti see, et verre ei jõua piisavalt hapnikku. Surm võib saada kuni 30 päeva pärast manustamist.