

2013/2014 õ.a keemiaolümpiaadi lõppvoorü ülesannete lahendused
9. klass

1. a) **A** – Fe₃O₄ või FeO·Fe₂O₃; **B** – Al₂O₃; **C** – CO; **D** – CO₂; **E** – H₂O; **F** – SO₃; **G** – SO₂; **H** – SiO₂; **X** – Fe; **Y** – Al; **Z** – H₂SO₄.

b) [1] $3\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{Al} \rightarrow 9\text{Fe} + 4\text{Al}_2\text{O}_3$
 [2] $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{CO} \rightarrow 3\text{Fe} + 4\text{CO}_2$
 [3] $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
 [4] $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaHCO}_3$
 [5] $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
 [6] $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

2.

a) **A** brutovalem on C₁₄H₁₇O₆N; **C** brutovalem on C₆H₁₂O₆; **D** brutovalem on C₈H₇ON; **X** brutovalem on C₁₆H₁₀O₂N₂; **Q** brutovalem on C₁₆H₁₂O₂N₂.

Aine **B** identifitseerimiseks vaatame võrrandit **A** + **B** = **C** + **D**: võrrandi paremal pool on kokku aatomeid C₆H₁₂O₆ + C₈H₇ON = C₁₄H₁₉O₇N, vasakul pool on teada aine **A** ehk C₁₄H₁₇O₆N. Seega peab aine **B** sisaldama ülejäänud aatomeid ning on H₂O, vesi.

Aine **E** identifitseerimiseks vaatame võrrandit 2**D** + **E** = **X** + 2**B**: võrrandi paremal pool on kokku aatomeid C₁₆H₁₀O₂N₂ + 2H₂O = C₁₆H₁₄O₄N₂, vasakul pool on teada kaks aine **D** molekuli ehk 2C₈H₇ON = C₁₆H₁₄O₂N₂. Seega peab aine **E** sisaldama ülejäänud aatomeid ning on O₂, hapnik.

b) Kuna ühend **B** on vesi, siis on tegemist järgmise protsessiga: H₂O + CO₂ + kiirgus = C₆H₁₂O₆ + O₂ (tasakaalustatud kujul 6 H₂O + 6 CO₂ + kiirgus = C₆H₁₂O₆ + 6 O₂). See protsess on fotosüntees ning aine **C** on süsivesik (sahhariid).

c) Leiame, mitu taime kasvab sellisel alal: $N(\text{taimed}) = 7000 \text{ km}^2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^2}{\text{km}^2} \cdot 1 \frac{\text{taim}}{\text{m}^2} = 7 \cdot 10^9 \text{ taime}$

Leiame, kui suur lehtede mass kasvab sellisel alal: $m(\text{lehed}) = 7 \cdot 10^9 \text{ taime} \cdot 100 \frac{\text{lehte}}{\text{taim}} \cdot 5 \frac{\text{g}}{\text{leht}} = 3,5 \cdot 10^{12} \text{ g}$

Leiame, kui suur mass indikaani sisaldub nendes lehtedes: $m(\text{indikaan}) = 3,5 \cdot 10^{12} \text{ g} \cdot 0,5\% = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ g}$

Indikaani molekulmass on: $M(\text{indikaan}) = 14 \cdot 12 + 17 \cdot 1 + 6 \cdot 16 + 14 = 295 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

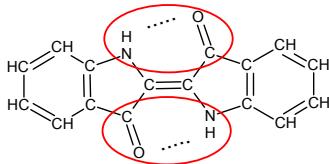
Indigo molekulmass on: $M(\text{indigo}) = 16 \cdot 12 + 10 \cdot 1 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 14 = 262 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

Kahest molekulist indikaanist saadakse üks molekuli indigot, seega teoreetiliselt kättesaadav indigo mass on: $m(\text{indigo, teor}) = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ g} \cdot \frac{\text{mol}}{295 \text{ g}} \cdot \frac{1}{2} \cdot 262 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 7,8 \cdot 10^9 \text{ g}$

Praktiliselt saadakse kätte $m(\text{indigo, prakt}) = 7,8 \cdot 10^9 \text{ g} \cdot 40\% = 3,1 \cdot 10^9 \text{ g}$
 Teksaste arv, mida saab sellise indigo hulgaga värvida, on: $N(\text{teksad}) =$

$3,1 \cdot 10^9 g \cdot \frac{1 \text{ teksad}}{8 g} = 4 \cdot 10^8$ ehk 400 miljonit. Seega kõigile India elanikele sellest ei jätkuks.

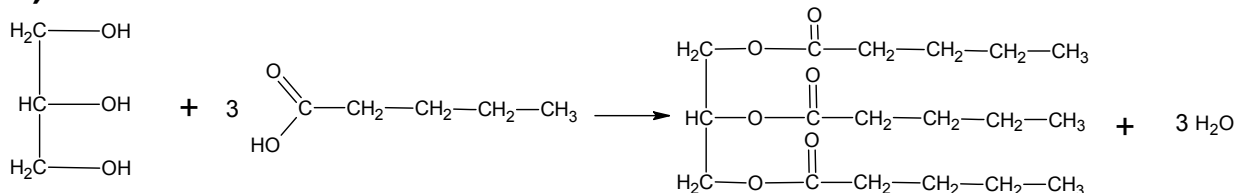
- d) Indigo ei lahustu värvitud kanga seest välja ka riiete korduval pesemisel.
 e) Leukoindigo moodustamisel käitub indigo oksüdeerijana. Õhu käes oksüdeerub leukoindigo hapniku toimel tagasi indigoks, millel on intensiivne sinine värvus.
 f) Vesiniksides tekib sekundaarse amiini vesiniku ja selle läheduses asuva karbonüülrühma hapniku vahel:



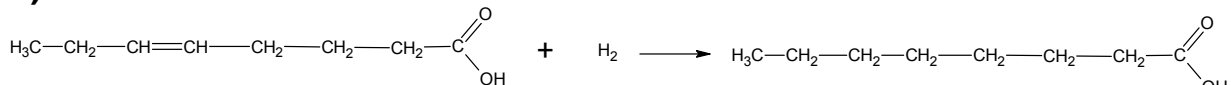
- g) Tüüria purpur (toimeaineks on 6,6'-dibromoindigo).

3. a) Pentaanhape.

b)



c)



- d) Mittepolaarsetes, sest pikk süsinikahel on hüdrofoobne ehk vett hülgav.

4.

- i) Kaugus vaseaatomist järgmise vaseatomini avaldub

$$l = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{3,610 \text{ \AA} \cdot \sqrt{2}}{2} \approx 2,553 \text{ \AA}$$

- ii) Vase ühikraku ruumala on $V = a^3 = (3,610 \text{ \AA})^3 \approx 47,05 \text{ \AA}^3$

- iii) Ühikraku moodustavad 4 vaseaatomit. (Tahkudel olevaid aatomeid on 6 ning iga üks osaleb ühikrakus $\frac{1}{2}$ osaga, tippudes olevaid aatomeid on kokku 8 ja igaüks panustab vaseaatomite koguarvu $\frac{1}{8}$ osa. Seega on vaseaatomeid ühikrakus $n_{\text{vaseaatomid}} = 6 \cdot \frac{1}{2} + 8 \cdot \frac{1}{8} = 4$.)

- iv) Vase tihedus on $\rho = \frac{m}{V} = \frac{n_{\text{vaseaatomid}} \cdot A(\text{Cu})}{V} = \frac{4 \cdot 63,5 \text{ amu} \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg/amu}}{47,046 \text{ \AA}^3 \cdot (10^{-10})^3 \text{ m}^3/\text{\AA}^3} \approx 8970 \text{ kg/m}^3$

5. a) i) teemant: kõige kõvem, suurim tihedus.

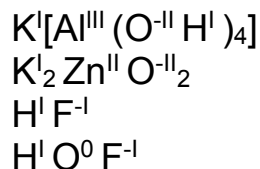
ii) fullereen: omab molekulvõret.

iii) grafiit: parim elektri juht.

- b) Teemandis on iga süsiniku aatom seotud kovalentselt nelja süsiniku aatomiga, fullereenis ja grafiidis kolme süsiniku aatomiga.
- c) Kõige pikemad on kahe süsiniku vahelised sidemed teemandis, sest seal esinevad süsinike vahel ainult üksiksidemed. Fullereenis ja grafiidis esinevad delokaliseeritud kaksiksidemed nii, et igat sidet võib vaadelda justkui $4/3$ kordset sidet. Et kordse sideme lõhkumiseks kulub alati rohkem energiat, kui üksiksideme lõhkumiseks, ning et lühemad sidemed on reeglina tugevamad, kuna aatomid on üksteisele lähemal, siis on teemandis esinevad üksiksidemed ka pikemad, kui kovalentsed sidemed grafiidis või fullereenis.
- d) Etaani kui gaasi tihedus on vähim: $1,3562 \text{ mg/cm}^3$. Teisendame teiste ainete tihedused kõik samadesse ühikutesse. Pentaani tihedus on 626 kg/m^3 , heksaanil 658 kg/m^3 , heptaanil 684 kg/m^3 .
- e) Vaatame, kuidas sõltub tihedus süsinike arvust. Pentaanis on viis süsinikku ning tihedus on 626 kg/m^3 . Heksaanis on kuus süsinikku ning tihedus kasvab võrreldes pentaaniga 32 kg/m^3 võrra. Heptaanis on seitse süsinikku ning tihedus kasvab võrreldes heksaaniga 26 kg/m^3 võrra. Nende andmete põhjal võiks välja pakkuda mudeli, kus tihedus kasvab ühe süsiniku lisamisel keskmiselt 6 kg/m^3 võrra vähem, kui eelmisel lisamisel. Seega võiks antud lihtsustatud mudeli raames pakkuda, et oktaan on $(26-6) \text{ kg/m}^3$ võrra heptaanist tihedam, seega oktaani tihedus võiks olla $(684+20) \text{ kg/m}^3 = 704 \text{ kg/m}^3$. Kuigi mudel on äärmiselt lihtsustatud, annab ennustus küllalt lähedase tulemuse oktaani tihedusele 703 kg/m^3 .

6. a) **A** – H_2O
B – KOH
C – $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ – kaaliumtetrahüdroksoaluminaat
D – H_2
E – ZnO
F – HF
G – O_2
H – HOF
I – K_2ZnO_2 – kaaliumtsinkaat

b)



c)

