

**Републичко такмичење из хемије  
за ученике средњих школа, 13. мај 2023.**

детаљна решења задатака

**Први разред**

1. Биће употребљена следећа нотација:

$\alpha$  – концентрација А

$\beta$  – концентрација С

D – концентрација В

c – укупна концентрација три облика

$$K_1 = \frac{\alpha}{D} \quad K_2 = \frac{\beta}{D} \quad c = \alpha + \beta + D$$

$$\alpha = K_1 D \quad \beta = K_2 D$$

$$c = K_1 D + K_2 D + D$$

$$c = D(K_1 + K_2 + 1)$$

$$D = \frac{c}{K_1 + K_2 + 1} = \frac{0,1 \text{ mol} / \text{dm}^3}{18650 + 31300 + 1} = 2,0 \times 10^{-6} \text{ mol} / \text{dm}^3$$

$$\alpha = K_1 D = 18650 \times 2 \times 10^{-6} \text{ mol} / \text{dm}^3 = 3,7 \times 10^{-2} \text{ mol} / \text{dm}^3$$

$$2. [A]_0 = 1 \times 10^{-3} \text{ mol} / \text{dm}^3$$

$$[A]_r = 1 \times 10^{-6} \text{ mol} / \text{dm}^3$$

$$[A]_{pr} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol} / \text{dm}^3 - 1 \times 10^{-6} \text{ mol} / \text{dm}^3$$

$$[A]_{pr} = 0,999 \times 10^{-3} \text{ mol} / \text{dm}^3$$

$$\Rightarrow [B]_r = [C]_r = 0,999 \times 10^{-3} \text{ mol} / \text{dm}^3$$

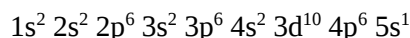
$$K = \frac{[B]_r [C]_r}{[A]_r} = \frac{(0,999 \times 10^{-3})(0,999 \times 10^{-3})}{1 \times 10^{-6}} = \frac{0,998 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-6}} = 0,998$$

3. а) Температура кључања је виша на вишем притиску, дакле на нижој надморској висини (у Новом Саду).

б) Оба једињења граде водоничне везе, али **водоник-пероксид** има већу моларну масу.

в) Код тетрафлуорметана диполни момент је једнак нули, а код **1,1,1-трихлоретана** је већи од нуле

4. Да би атом овог елемента садржао d електроне он мора да садржи и најмање 8 s електрона, смештених у орбитале ниже енергије ( $1s^2 + 2s^2 + 3s^2 + 4s^2$ ). Након попуњавања 3d орбитале укупан број s и d електрона био би 18 (8 s + 10 d електрона), што значи да је неопходан још један s или d електрон како би се испунио услов задатка. Како попуњавање 5s орбитале претходи попуњавању 4d орбитале електронска конфигурација атома овог елемента у основном стању је:



а његов атомски број је 37. Укупан број p електрона у атому овог елемента је 18, што је два пута веће од укупног броја s електрона, тако да ова електронска конфигурација одговара и другом услову задатка.

5. а) (3203)

б) (4220)

6. Однос броја атома водоника и кисеоника у воденом раствору непознате киселине је 2,176 : 1 док је у чистој води 2:1. У случају кисеоничних киселина ово је могуће само ако је број атома водоника у молекулу киселине више него два пута већи у односу на број атома кисеоника у том молекулу. С обзиром да такве неорганске кисеоничне киселине не постоје, непозната киселина мора бити бескисеонична. Ако узмемо 1 mol раствора ове киселине и са x обележимо количину киселине у раствору, онда је количина воде у раствору  $n(H_2O) = 1 - x$ . Из односа броја атома водоника и кисеоника у овом раствору могу се израчунати количине киселине и воде:

$$n(H)/n(O) = (x + 2(1 - x)) / (1 - x) = (2 - x) / (1 - x) = 2,176$$

$$n(HA) = x = 0,15$$

$$n(H_2O) = 1 - x = 1 - 0,15 = 0,85$$

Ако се са М обележи моларна маса киселине тада се израз за масени удео ове киселине у раствору може написати на следећи начин:

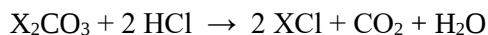
$$\omega(HA) = m(HA) / (m(HA) + m(H_2O)) = 0,15M / (0,15M + 0,85 \cdot 18) = 0,4426$$

Решавањем ове једначине добија се вредност моларне масе киселине:

$$M = 81 \text{ g/mol}$$

Ова вредност одговара само једној једнобазној неорганској киселини – HBr.

7. Реакција карбоната алкалног метала и хлороводоничне киселине може се представити једначином:



С обзиром да је однос количина  $X_2CO_3$  и  $CO_2$  у једначини 1:1, може се израчунати количина  $X_2CO_3$  :

$$n(X_2CO_3) = n_2(CO_2) = V_2(CO_2) / V_m = 0,448 \text{ dm}^3 / 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} = 0,02 \text{ mol}$$

а затим и моларна маса  $X_2CO_3$  :

$$M(X_2CO_3) = 2,76 \text{ g} / 0,02 \text{ mol} = 138 \text{ g/mol}$$

Из моларне масе карбоната може се лако одредити идентитет алкалног метала:

$$M(X) = (M(X_2CO_3) - M(CO_3^{2-})) / 2 = (138 \text{ g/mol} - 60 \text{ g/mol}) / 2 = 39 \text{ g/mol}$$

Ова вредност одговара моларној маси калијума. С обзиром да бинарно једињење А настаје у реакцији графита и калијума, његова молекулска формула може се написати као  $K_mC_n$ . Како приликом сагоревања овог једињења у вишку кисеоника целокупна количина калијума прелази у калијум-карбонат а угљеника у угљен-диоксид и калијум-карбонат, могу се израчунати укупне количине ових елемената у једињењу А:

$$n(K) = 2 \cdot n(K_2CO_3) = 2 \cdot 0,02 \text{ mol} = 0,04 \text{ mol}$$

$$n_1(CO_2) = V_1(CO_2) / V_m = 6,72 \text{ dm}^3 / 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} = 0,3 \text{ mol}$$

$$n(C) = n_1(CO_2) + n(K_2CO_3) = 0,3 \text{ mol} + 0,02 \text{ mol} = 0,32 \text{ mol}$$

Упоређивањем количина угљеника и калијума добија се:

$$m : n = 0,04 \text{ mol} : 0,32 \text{ mol} = 1 : 8$$

Па је молекулска формула једињења А –  $KC_8$

8. 20% А, 60% Б, 20% В

9. На основу познатих вредности константе брзине директне реакције  $k_1$  и константе брзине повратне реакције  $k_2$  може се израчунати вредност константе равнотеже ове реакције:

$$K = k_1/k_2 = 50 \text{ s}^{-1} / 10 \text{ s}^{-1} = 5$$

С обзиром да је у питању реакција изомеризације моларне масе једињења А и С су једнаке, тако да се у изразу за константу равнотеже могу писати масе учесника реакције у стању равнотеже. Ако се са  $m(C)$  обележи маса једињења С у стању равнотеже онда је маса једињења А у стању равнотеже дата изразом:

$$m(A) = 15 - m(C)$$

Помоћу вредности константе равнотеже могу се израчунати масе оба учесника реакције у стању равнотеже:

$$K = m(C) / m(A) = m(C) / (15 - m(C))$$

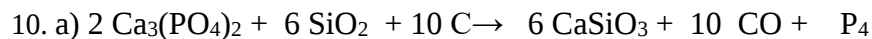
$$m(C) = 12,5 \text{ g}$$

$$m(A) = 15 \text{ g} - 12,5 \text{ g} = 2,5 \text{ g}$$

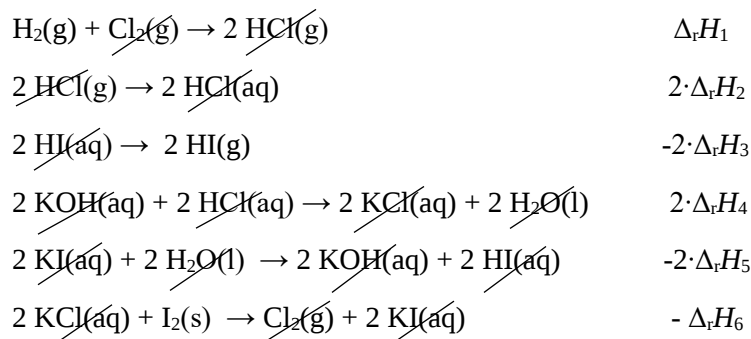
а затим и њихови масени удели у стању равнотеже:

$$\omega(A) = 2,5 \text{ g} / 15 \text{ g} \cdot 100 \% = 16,7 \%$$

$$\omega(C) = 12,5 \text{ g} / 15 \text{ g} \cdot 100 \% = 83,3 \%$$



11. Применом Хесовог закона може се израчунати  $\Delta_r H^\circ$  дате реакције:



$$\Delta_r H^\circ = \Delta_r H_1 + 2 \cdot \Delta_r H_2 - 2 \cdot \Delta_r H_3 + 2 \cdot \Delta_r H_4 - 2 \cdot \Delta_r H_5 - \Delta_r H_6$$

$$\Delta_r H^\circ = -176,8 + 2(-69,2) - 2(-76,8) + 2(-55,0) - 2(-54,7) - (-209,7) = 47,5 \text{ kJ/mol}$$

12. Маса калцијум - карбоната који се налази у статуи је  $0,98 \cdot 6000 \text{ kg} = 5,88 \cdot 10^6 \text{ g}$ , па је количина  $\frac{5,88 \cdot 10^6}{100} \text{ mol} = 5,88 \cdot 10^4 \text{ mol}$ .  $\text{H}^+$  јони из киселих киша реагују са карбонатним јонима према следећој реакцији:  $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Да би сви карбонатни јони изреаговали, неопходна је двоструко већа количина  $\text{H}^+$  јона, односно  $1,176 \cdot 10^5 \text{ mol}$ . На површину од  $1,25 \text{ m}^2$  (тј. на статуу) годишње падне  $1,25 \cdot 594 \text{ l} = 742,5 \text{ l}$  кише. Концентрација  $\text{H}^+$  јона износи  $[\text{H}^+] = 10^{-4,3} \text{ M} = 5,0119 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ . Према томе, количина ових јона у киши износи  $5,0119 \cdot 10^{-5} \cdot 742,5 \text{ mol} = 0,0372 \text{ mol}$ . Потребно је да прође  $\frac{1,176 \cdot 10^5}{0,0372} = 3,16 \cdot 10^6$  година да би статуа “нестала”.

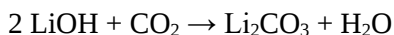
13. Да би се у тродимензионалној кристалној решетки дијаманта атоми раздвојили потребно је да се раскину 2 везе по атому, дакле  $2 \times 300 \text{ kJ}$  по молу атома. Како је за сублимацију атомског угљеника потребно уложити  $115 \text{ kJ}$  по молу атома, онда је енталпија сублимације дијаманта ( $600 + 115$ )  $\text{kJ/mol}$ , односно  $715 \text{ kJ/mol}$ .

14. Израчунаћемо количину угљен-диоксида која одговара датом парцијалном притиску:

$$n = pV/RT = 17,69 \text{ mol}$$

Ту количину угљен-диоксида треба да веже литијум-хидроксид из једне патроне.

Једначина реакције је:



Потребна су 2 мола литијум-хидроксида да вежу један мол угљен-диоксида, односно 35,38 mol за дату количину угљен-диоксида. Одговарајућа маса литијум-хидроксида је:

$$m = n M = 35,38 \times 24 \text{ g} = 849 \text{ g}$$

15. Спори корак одређује укупну брзину реакције. Ради се о дисоцијацији  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ , тако да брзина укупног процеса зависи само од концентрације  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ , а не и од концентрације  $\text{P}(\text{CH}_3)_3$ . Дакле, брзина се удвостручи када се удвостручи концентрација  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ , а не мења када се удвостручи концентрација  $\text{P}(\text{CH}_3)_3$ .

16. У оксиду литијума, на основу формуле  $\text{LiO}$ , везан је један еквивалент литијума за један еквивалент кисеоника. Дакле однос маса је 7:8. Према томе, за 16 g кисеоника (1 mol атома кисеоника) везано је 14 g, односно 2 mol атома литијума. Формула оксида је  $\text{Li}_2\text{O}$ . Истим приступом добијамо да је формула оксида бора  $\text{B}_2\text{O}_3$ . Формула соли је  $\text{Li}_2\text{O} \cdot 2 \text{B}_2\text{O}_3$ , односно  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ .

17. Најпре треба израчунати колике количине реактаната су унете:

$$n = m/M.$$

Имамо 0,0893 mol KOH, 0,0575 mol  $\text{MnO}_2$ , 0,156 mol  $\text{O}_2$  и 0,0704 mol  $\text{Cl}_2$ . Из једначине реакције се види да је лимитирајући реактант калијум-хидроксид. Како 4 mol KOH даје 2 mol калијум-перманганата, добија се 0,04465 mol калијум-перманганата, односно 7,1 g.

18. Сав азот из једињења А се квантитативно преводи у  $n$  молова амонијум - сулфата. Када он реагује са натријум - хидроксидом, издваја се амонијак, према наредној једначини реакције:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NH}_3 \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O}$ . Количина издвојеног амонијака једнака је  $2n$ . Овај гас реагује са сумпорном киселином према наредној једначини реакције:  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Количина изреаговале сумпорне киселине је два пута мања од количине амонијака, односно износи  $n$ . Укупна количина полазне сумпорне киселине износи  $0,05 \text{ dm}^3 \cdot 0,0936 \text{ mol/dm}^3 = 4,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ , па након реакције остаје  $(4,68 \cdot 10^{-3} - n) \text{ mol}$  у вишку. Титрација сумпорне киселине са натријум - хидроксидом одиграва се према следећој једначини реакције:  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ . Количина неопходног натријум - хидроксида је два пута већа од количине сумпорне киселине, односно износи  $(9,36 \cdot 10^{-3} - 2n) \text{ mol}$ , а то је  $0,01108 \text{ dm}^3 \cdot 0,1388 \text{ mol/dm}^3 = 1,538 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ . Одавде је  $n = 3,911 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ . Маса добијеног амонијум - сулфата је  $3,911 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 132 \text{ g/mol} = 0,516 \text{ g}$ . Маса азота која се налази у овој маси амонијум - сулфата је  $\frac{28}{132} \cdot 0,516 \text{ g} = 0,1095 \text{ g}$ . Оволико износи и маса азота у 0,5 g полазног једињења А, па је масени удео азота у њему  $\frac{0,1095}{0,5} = 21,9\%$ . Нека је емпиријска формула једињења А  $\text{C}_x \text{H}_y \text{N}_z$ . Масени удео угљеника је 65,6%, азота 21,9%, а водоника 12,5%, па је  $\frac{12x}{14z} = \frac{65,6}{21,9}$  и  $\frac{y}{14z} = \frac{12,5}{21,9}$ , односно  $x = 3,5z$  и  $y = 8z$ . Узевши да је  $z = 2$ , добијамо да је  $x = 7$  и  $y = 16$ , па је емпиријска формула једињења А  $\text{C}_7 \text{H}_{16} \text{N}_2$ .

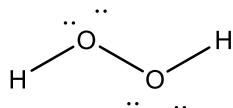
19. Концентрација киселине је  $0,010 \times 1000/100 \text{ mol/dm}^3 = 0,10 \text{ mol/dm}^3$ .

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{\frac{10^{-14}}{[OH^-]}}{c - [A^-]} [A^-]$$

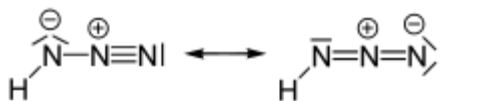
Увешћемо апроксимацију да је  $c \gg [A^-]$ . С друге стране,  $[A^-] = 10^6 [OH^-]$ .

Одатле је  $K_a = 1 \times 10^{-8} / c = 1 \times 10^{-7}$ . С обзиром на вредност константе, апроксимација је била оправдана.

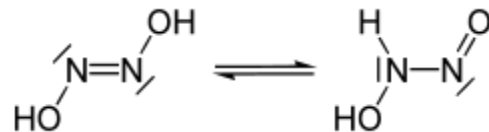
20. а)



б)



в)



## Други разред

- Нека је маса калцијум - хидрида у узорку једнака  $x$  (у грамима). Растварањем овог узорка у води долази до следеће хемијске реакције:  $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 2\text{H}_2$  (1). Према овој једначини, количина насталог калцијум - хидроксида износи  $\frac{x}{42} = 0,02381x$  (у молловима). Увођењем угљен - диоксида у овај раствор најпре долази до формирања талоба (калцијум - карбонат), што је приказано следећом хемијском реакцијом:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  (2). Ово одговара првом, растућем делу графика. Међутим, када изреагује сав калцијум - хидроксид, даљим увођењем угљен - диоксида доћи ће до растварања талоба калцијум - карбоната, при чему настаје растворни калцијум - хидрогенкарбонат, према наредној реакцији:  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$  (3). Ово одговара опадајућем делу графика. Уводе се порције од по  $500 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2$  (мерено при стандардним условима), што одговара количини од  $\frac{101,3 \text{ kPa} \cdot 0,5 \text{ dm}^3}{8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}} = 0,02043 \text{ mol}$ . Према графику, приликом пропуштања прве три порције угљен - диоксида, лимитирајући реактант реакције (2) био је  $\text{CO}_2$ . Након пропуштања  $1,5 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2$ , маса талоба износи  $6,13 \text{ g}$ , а количина преосталог калцијум - хидроксида је  $0,02381x - 3 \cdot 0,02043 = 0,02381x - 0,06129 \text{ mol}$  ( $\text{Ca(OH)}_2$  и  $\text{CO}_2$  реагују у односу 1:1). На основу промене дотадашњег тренда раста на графику, закључујемо да увођењем наредне порције  $\text{CO}_2$  долази прво до реакције (2), када изреагује сав преостали хидроксид, а затим и до реакције (3), када настаје растворни

хидрогенкарбонат. За реакцију са преосталим хидроксидом неопходно је  $(0,02381x - 0,06129) \text{ mol CO}_2$ , па нам од четврте порције преостаје  $0,02043 - (0,02381x - 0,06129) = 0,08172 - 0,02381x \text{ mol}$  угљен - диоксида. Том приликом настаје још  $(0,02381x - 0,06129) \text{ mol} \cdot 100 \text{ g/mol} = (2,381x - 6,129) \text{ g}$  талога. Међутим, како и у реакцији (3) калцијум - карбонат и угљен - диоксид реагују у односу 1:1, маса талога ће се смањити за  $(0,08172 - 0,02381x) \text{ mol} \cdot 100 \text{ g/mol} = (8,172 - 2,381x) \text{ g}$ , па ће укупна маса талога бити  $6,13 + 2,381x - 6,129 - 8,172 + 2,381x = (4,762x - 8,171) \text{ g}$ , а на графику је то једнако 6,31 g, одакле добијамо да је  $x = 3,041 \text{ g}$ , па је удео калцијум - хидрида у полазном узорку  $\frac{3,041}{3,25} = 93,6\%$ .

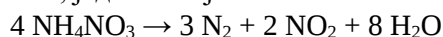
2. Видети 14. задатак код I разреда.
3. Видети 13. задатак код I разреда.
4. Видети 15. задатак код I разреда.
5. Број молова ослобођених гасова можемо одредити из једначине стања идеалног гаса:  

$$n = pV/RT = 1,121 \times 10^8 \text{ mol}.$$

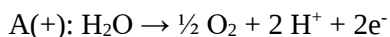
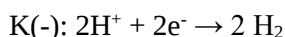
Количина амонијум-нитрата је била  $m = m/M = 3,438 \times 10^7 \text{ mol}$ .

Види се да из 1 мола амонијум-нитрата настаје 3,26 mol гасова, односно да из 4 мола амонијум-нитрата настаје 13 молова гасова. Црвенобраон гас је азот-диоксид. Формулска јединка амонијум-нитрата садржи 4 атома водоника, што значи да из 4 мола настаје 8 молекула воде (у гасовитом стању на 300°C). Тиме је искоришћено осам атома кисеоника из 4 формулске јединке. Преостала 4 атома кисеоника се налазе у два молекула азот-диоксида. Преостало је 6 атома азота, што одговара трима молекулима азота.

Према томе, једначина је:



6. Видети 16. задатак код I разреда.
7. Видети 19. задатак код I разреда.
8. С обзиром на то да се јони калијума теже редукују од протона, а карбонатни јони не могу оксидовати под овим условима, у раствору тече електролиза воде због чега се губи вода из раствора и он постаје концентрованији. Процес електролизе воде може се представити следећим полуреакцијама:



Да би се израчунала јачина струје прво је неопходно израчунати колика је маса воде која се разложила у току електролизе. Маса калијум-карбоната у раствору пре електролизе износи:

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 500 \text{ g} \cdot 0,23 = 115 \text{ g}$$

а маса воде у раствору  $m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ g} - 115 \text{ g} = 385 \text{ g}$ . Како маса калијум-карбоната остаје константна, може се израчунати маса раствора након електролизе:

$$30 \% : 100 \% = 115 \text{ g} : m_r$$

$$m_r = 383,3 \text{ g}$$

Па је маса разложене воде:

$$\Delta m(\text{H}_2\text{O}) = 385 \text{ g} - (383,3 \text{ g} - 115 \text{ g}) = 116,7 \text{ g}$$

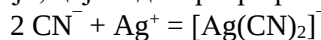
Према Фарадејевом закону електролизе маса разложене воде може се представити следећим изразом:

$$\Delta m(\text{H}_2\text{O}) = I \cdot t \cdot M(\text{H}_2\text{O}) / z \cdot F$$

Из којег се може израчунати јачина струје која треба да се пропушта кроз раствор калијум-карбоната:

$$I = \Delta m(\text{H}_2\text{O}) \cdot z \cdot F / t \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 116,7 \text{ g} \cdot 2 \cdot 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} / 10 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s} \cdot 18 \text{ g/mol} = 35 \text{ A}$$

9. Видети 20. задатак код I разреда.
10. Јон сребра са цијанидним јоном гради комплекс  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ , који је растворљив у води. Среброва со овог комплекса је слабо растворљива у води:  $\text{Ag}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$  („AgCN“). При овој титрацији, цијанид и сребро реагују по једначини:



На тачки еквиваленције почиње да се формира нерастворна среброва со овог комплекса. Према томе, са два цијанидна јона реагује један јон сребра.

У одмереној проби се налази маса од  $m_{V_1/V_2} = 10,00 \text{ x } 10,00/100,00 \text{ g} = 1,000 \text{ g}$  узорка. Утрошена количина титрационог средства је:  $n = V \text{ c}/1000 = 22,00 \text{ x } 0,0833/1000 = 1,833 \text{ x } 10^{-3} \text{ mol}$ , што значи да је цијанида било  $2n = 3,666 \text{ x } 10^{-3} \text{ mol}$ . Маса калијум-цијанида је била  $3,666 \text{ x } 10^{-3} \text{ x } 65 = 0,238 \text{ g}$ . Масени проценат калијум-цијанида у узорку је  $0,238 \text{ x } 100/1 = 23,8 \%$ .

11. Видети 3. задатак код I разреда.
12. Видети 4. задатак код I разреда.
13. Видети 1. задатак код I разреда.
14. Видети 12. задатак код I разреда.
15. Видети 7. задатак код I разреда.
16. Видети 5. задатак код I разреда.
17. Видети 10. задатак код I разреда.
18. Видети 17. задатак код I разреда.
19. Видети 8. задатак код I разреда.
20. Видети 6. задатак код I разреда.

## Трећи и четврти разред

1. Видети 8. задатак из првог разреда.
2. Видети 8. задатак из другог разреда.
3. Видети 6. задатак из првог разреда.
4. Видети 1. задатак из првог разреда.
5. Видети 8. задатак из другог разреда.
6. Видети 12. задатак из првог разреда.
7. Видети 5. задатак из првог разреда.
8. Видети 5. задатак из другог разреда.
9. Видети 17. задатак из првог разреда.
10. Видети 15. задатак из првог разреда.

11. Видети 13. задатак из првог разреда.

12. Видети 16. задатак из првог разреда.

13. Видети 10. задатак из другог разреда.

14. Видети 19. задатак из првог разреда.

15. Из података о производима сагоревања 2,00 g једињења добијамо масу угљеника, кисеоника и сумпора у једињењу:

$$m(C) = n(C)M(C) = n(CO_2)M(C) = 0,0961 \text{ mol} * 12 \frac{g}{mol} = 1,15 \text{ g}$$

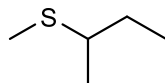
$$m(H) = n(H)M(H) = 2n(H_2O)M(H) = 2 * 0,1155 \text{ mol} * 1 \frac{g}{mol} = 0,231 \text{ g}$$

$$m(S) = n(S)M(S) = n(SO_2)M(S) = 0,0192 \text{ mol} * 32 \frac{g}{mol} = 0,615 \text{ g}$$

одакле видимо да једињење садржи само угљеник, водоник и сумпор ( $1,15 + 0,231 + 0,615 = 1,996 \text{ g} \approx 2 \text{ g}$ ). Однос броја атома ових елемената у једињењу је:

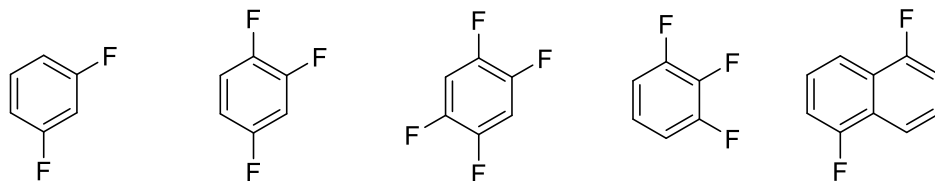
$$n(C):n(H):n(S) = 0,0961 \text{ mol}:0,231 \text{ mol}:0,0192 \text{ mol} \approx 5:12:1$$

па следи да се ради о једињењу формуле  $C_5H_{12}S$ , које може бити или тиол или тиоетар јер је његов индекс незасићења нула. Ако не реагује са натријум-хидроксидом, ради се о тиоетру (тиоли су кисели). Једини хиралан тиоетар са пет угљеникових атома је *сек*-бутил-метил-сулфид:

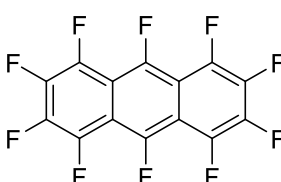
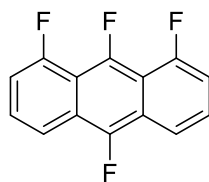
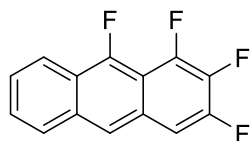


16. Друга константа киселости код дикарбоксилних киселина код којих су карбоксилне групе удаљене, четири пута је мања од прве константе киселости. Вероватноћа дисоцијације моноанјона са једном карбоксилном групом ( $K_2$ ) два пута је мања од вероватноће дисоцијације одговарајуће недисосоване дикарбоксилне киселине са две карбоксилне групе ( $K_1$ ). То би довело до тога да је  $K_1$  два пута већа од  $K_2$ . Међутим, процеси дисоцијације су повратни. Вероватноћа поновног везивања протона за конституционо симетрични дианјон двапут је већа од вероватноће везивања протона за моноанјон. Тај други ефекат додатно умањује вредност  $K_2$  на  $K_1/2$ . На основу ова два ефекта добија се да је  $K_2 = K_1/4$ . Дакле  $pK_2 = pK_1 + \log 4 = 5,2$ .

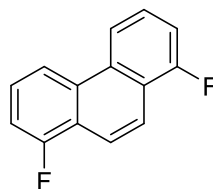
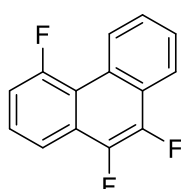
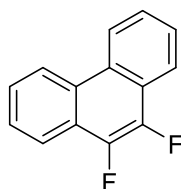
17. Број сигнала одговара броју хемијски различитих C-F веза.



Редом: 1, 3, 1, 2, 1

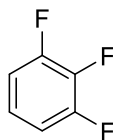


Редом: 4, 3, 3

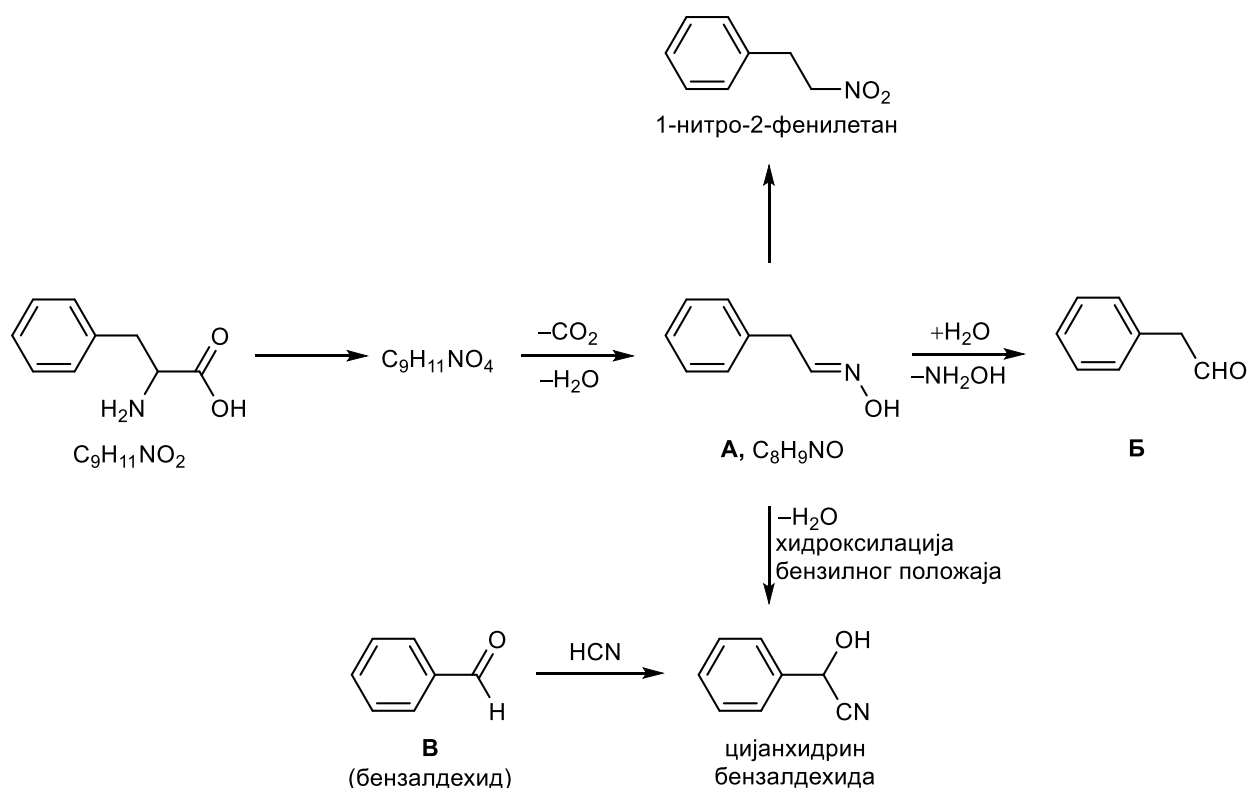


Редом: 1, 3, 1

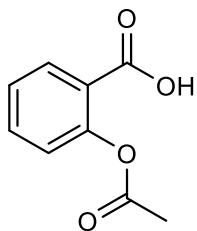
Према томе, одговор је:



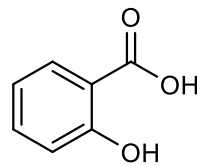
18. Пошто фенилаланин садржи једну карбоксилну групу, декарбоксилацијом и дехидратацијом интермедијера формуле  $C_9H_{11}NO_4$  који из њега настаје мора настати једињење формуле  $C_8H_9NO$ . Индекс незасићења једињења А износи  $(2C+2-H+N)/2 = 5$ , од чега четири јединице припадају ароматичном прстену. Како молекул А садржи један азотов атом и хидролизом даје алдехид Б, А мора бити оксим (оксими настају кондензацијом алдехида и кетона са хидроксиламином, а под одговарајућим условима хидролизују назад до одговарајућих алдехида и кетона). Положај оксимске функционалне групе, која се на нижем оксидционом стању од нитро-групе, може се закључити на основу структуре 1-нитро-2-фенилетана, чији је А биосинтетски прекурсор. А је дакле оксим 2-фенилетанала, а Б 2-фенилетанал. Цијанхидрини су једињења која настају адицијом цијановодоника на карбониле, те садрже хидроксилну и цијано-групу на истом угљениковом атому. Дехидратацијом и хидроксилацијом бензилног положаја А мора настати цијанхидрин бензалдехида, па је Б бензалдехид.



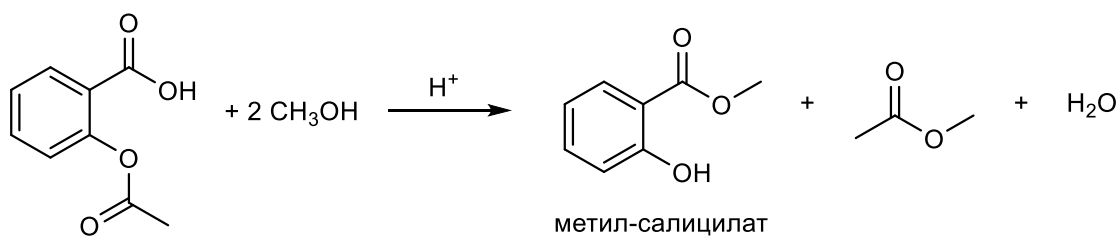
19. Аспирин (ацетилсалицилна киселина) је из таблета екстрахован метанолом, чиме је добијен његов метанолни раствор. У киселој средини очекујемо естерификацију карбоксилне групе, као и разградњу естарске групе хидролизом или трансестерификацијом. Само трансестерификацијом или хидролизом би се добила салицилна киселина, а трансестерификација је вероватнија пошто се у реакционој смеши налази велики вишак метанола. Ако би се одиграла само естерификација карбоксилне групе добио би се метил-естар аспирина (194 g/mol). Ако се поред кисело-катализоване хидролизе естарске групе ацетилсалицилне киселине дешава и кисело-катализована естерификација карбоксилне групе добија се метил-салицилат (152 g/mol), Знамо да из 10 g (500 mg x 20) теоријски може настати 5,91 g/0,7 = 8,44 g производа, моларна маса производа (под претпоставком 1:1 стехиометријског односа) је:  $M(\text{аспирин}) \times 8,44/10 = (180 \text{ g/mol}) \times 8,44/10 = 152 \text{ g/mol}$ . Како је моларна маса салицилне киселине 138 g/mol, следи да се добија метил-салицилат, једињење које одговара моларној маси од 152 g/mol. Трансестерификацијом такође настаје и метил-ацетат.



ацетилсалицилна киселина  
(аспирин)



салицилна киселина



20. а) **Имидазол** може да гради водоничне везе.

б) Једињења које граде интрамолекулске водоничне везе имају ниже тачке кључања од једињења која граде интермолекулске водоничне везе. Одговор је: ***пара*-нитроанилин**.

в) Ни једно ни друго једињење не гради јаке водоничне везе, али **метанселенол** има већу молекулску масу, па, самим тим, и вишу тачку кључања.