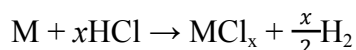


**Републичко такмичење из хемије
за ученике средњих школа, 7. мај 2022.**

детаљна решења задатака

Први разред

1. Реакција која се одиграва је:



Парцијални притисак водоника се добија кад се од измереног притиска одузме притисак водене паре: $p = (99,7 - 2,3) \text{ kPa} = 97,4 \text{ kPa}$.

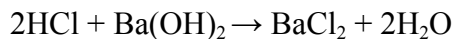
Применом израза $pV = nRT$, добија се да је количина водоника 13 mmol .

$$\frac{26}{x}A = 525 \text{ mg.}$$

Одатле следи да је $0,050 A = x$.

Ако је $x = 1$, решење је 20, што нема смисла, јер одговара атомској маси неона. За $x = 2$ добија се $A = 40$, што одговара **калцијуму**. За веће вредности x не добијају се смислена решења.

2. Реакција која се одиграва је:



Ако је рН 2,4, концентрација водоникових јона износи $4 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$. Запремина је 500 cm^3 , па је количина водоникових јона $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$. У полазном раствору хлороводоничне киселине концентрација водоникових јона износи $c_1 = 1 \times 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$, док је у полазном раствору баријум-хидроксида концентрација хидроксидних јона $c_2 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$.

Поставићемо систем од две једначине са две непознате:

$$V_1 + V_2 = 500$$

$$V_1 c_1 - V_2 c_2 = 1000 \times 2 \times 10^{-3}$$

Одавде следи да је $V_1 = 300 \text{ cm}^3$, а $V_2 = 200 \text{ cm}^3$.

3. Реакција која се дешава је хидролиза соли:



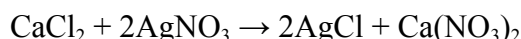
Израз за константу равнотеже је

$$K = \frac{c(HN_3) c(OH^-)}{c(N_3^-)} = \frac{c^2(OH^-)}{c(N_3^-)}$$

С друге стране ако се у изразу за K помноже и бројилац и именилац са $c(H^+)$, види се да је $K = K_w/K_a$.

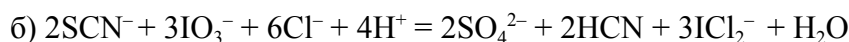
Одавде се добија да је $K_a = 1,9 \times 10^{-5}$.

4. Једначина реакције је:



Помешано је 0,0215 mol калцијум-хлорида и 0,0322 mol сребро-нитрата. Из стехиометријског односа видимо да је сребро-нитрат лимитирајући реактант, тако да ће се добити 0,0322 mol сребро-хлорида. Маса те количине сребро-хлорида је 4,62 g.

5. а) $3\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{MoO}_4 + 12\text{H}^+ = 3\text{Zn}^{2+} + 2\text{Mo}^{3+} + 8\text{H}_2\text{O}$



У овој реакцији сумпор се оксидује из оксидационог стања -2 до оксидационог стања $+6$, а јод се редукује из оксидационог стања $+5$ до оксидационог стања $+1$.

6. а) Протоновани глицин је јача киселина од флуороводоничне киселине, па је доминантан смер улево.

б) Ако се у израз за константу равнотеже унесу концентрације реактаната и производа, види се да је добијени број већи од вредности константе равнотеже. Дакле, реакција ће се одвијати здесна налево.

в) У напонском низу метала гвожђе је лево од живе, па је у стању да редукује живу. Доминантан смер је слева надесно.

7. Нека је емпиријска формула феротанталита је $\text{Fe}_x\text{Ta}_y\text{O}_z$.

$$\frac{\omega(\text{Fe})}{\omega(\text{Ta})} = \frac{56x}{181y} = \frac{0,1089}{0,7043}$$

$$\frac{\omega(\text{Ta})}{\omega(\text{O})} = \frac{181y}{16z} = \frac{0,7043}{0,1868}$$

Одавде је $x = 0,5y$ и $y = 0,333z$. За $x = 1$, добијамо $y = 2$ и $z = 6$. Дакле, емпиријска формула феротанталита је FeTa_2O_6 . Оксидационо стање гвожђа је $+2$ (префикс феро- у имену овог минерала), а кисеоника -2 , па је према томе оксидационо стање тантала $+5$.

8. На основу електронеутралности раствора може се закључити који јон недостаје и која је његова концентрација. Ако посматрамо укупну концентрацију наелектрисања у раствору, добија се: $48,3 + 31,7 + 2 \cdot 9,7 + 2 \cdot 15,9 - 2 \cdot 28,9 - 72,8 = +0,6$. Да би цео раствор био електронеутралан, може се закључити да недостају OH^- јони и да је њихова концентрација 0,6 mM. На основу тога, pH вредност раствора је 10,8.

9. Код ове реакције имамо уобичајену ситуацију да се брзина повећава са порастом температуре. Према томе активациона енергија мора бити позитивна. Решење је : в.

Нема потребе применити израз $\ln(k_1/k_2) = (1/T_2 - 1/T_1)E_a/R$.

10. Реакција која се дешава је $2\text{AB}_2 \rightleftharpoons \text{A}_2\text{B}_4$.

Израз за константу равнотеже је $K = [\text{A}_2\text{B}_4]/[\text{AB}_2]^2$.

Из односа концентрација следи да је $K = 2/2^2 = 0,5$.

Ту вредност константе задовољава само слика 4. Решење је под д.

11. Приликом стања на ваздуху живи креч може реаговати са угљен-диоксидом и влагом присутном у ваздуху

при чему настају $\text{CaCO}_{3(s)} \longrightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$ $\text{Ca(OH)}_{2(s)} \longrightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ калцијум-карбонат и калцијум-хидроксид. Приликом жарења на 900°C дешавају се супротни процеси:

Маса насталих гасова једнака је разлици маса пре и после жарења $m_1 - m_2 = 0,0700\text{g}$.

Приликом превођења преко анхидрида фосфорне киселине водена пара реагује са анхидридом и уклања се из гасне смеше. Маса изреаговале водене паре је $0,6254 \cdot 0,0700\text{g} = 0,0438\text{g}$, а преостала маса гасова је маса насталог угљен-диоксида : $0,0700\text{g} - 0,0438\text{g} = 0,0262\text{g}$. Маса остатка након жарења представља збир масе калцијум-оксида у узорку живог креча пре жарења и масе калцијум-оксида насталог у току жарења. Маса насталог калцијум оксида у току жарења може се добити на следећи начин:

$\frac{56}{44} \cdot 0,0262\text{g} + \frac{56}{18} \cdot 0,0438\text{g} = 0,1696\text{g}$. Према томе маса живог креча у узорку пре жарења једнака је $4,9200\text{g} - 0,1696\text{g} = 4,7504\text{g}$, што одговара масеном уделу од $\frac{4,7504\text{g}}{4,9900\text{g}} \cdot 100\% = 95,20\%$.

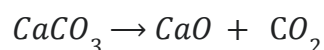
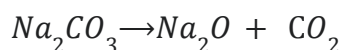
12. Маса стакла која је неопходна за прављење свих прозора је $760 \cdot 1\text{m} \cdot 2,2\text{m} \cdot 0,013\text{m} \cdot 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 54340\text{ kg}$. Масе Na_2O , CaO и SiO_2 у стаклу се сада могу израчунати:

$$m(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{M(\text{Na}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2)} \cdot 54340\text{ kg} = 7048,28\text{kg}$$

$$m(\text{CaO}) = \frac{M(\text{CaO})}{M(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2)} \cdot 54340\text{ kg} = 6366,19\text{kg}$$

$$m(\text{SiO}_2) = \frac{6M(\text{SiO}_2)}{M(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2)} \cdot 54340\text{ kg} = 40925,52\text{kg}$$

Реакције у којима се добијају Na_2O и CaO из соде и кречњака приказане су испод.



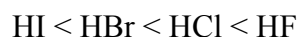
Одавде је маса Na_2CO_3 неопходна за реакцију $7048,28\text{kg} \cdot \frac{106 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{62 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 12050,29\text{kg}$, а

CaCO_3 $6366,19\text{kg} \cdot \frac{100 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{56 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 11368,2\text{kg}$. Због постојања примеса, маса соде

неопходна за прављење стакла је $\frac{12050,29\text{kg}}{0,873} = 13803,31\text{kg} = 13,8\text{t}$, кречњака $\frac{11368,2\text{kg}}{0,725} = 15680,28\text{kg} = 15,7\text{t}$, а кварца $\frac{40925,52\text{kg}}{0,938} = 43630,62\text{kg} = 43,6\text{t}$.

13. У оквиру јединичне ћелије имамо 3 атома угљеника и 3 атома непознатог метала. Запремина јединичне ћелије је $V_1 = \frac{3\sqrt{3}}{2}a^2c = 6,194 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$. Маса јединичне ћелије је $m_1 = \rho V_1 = 9,8 \cdot 10^{-22} \text{ g}$. Маса једног мола јединичних ћелија је $m = m_1 \cdot N_A = 588 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$. Моларна маса карбида овог метала је $M = \frac{m}{3} = 196 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$. Будући да је у јединичној ћелији једнак број атома угљеника и водоника, формула овог карбида је MC , где је М непознати метал. Сада можемо израчунати његову атомску масу, $A_r(M) = 196 - 12 = 184$, што одговара волфраму, па је формула карбида WC .

14. Везе између водоника и халогена образују се преклапањем 1s орбитале водоника са р орбиталама халогена. Због величина орбитала, најефикасније је преклапање са најмањом 2р орбиталом флуора, а најслабије са 5р орбиталом јода.



15. а) Уносе се вредности физичких величина и константи у израз. Једино што није дато јесте маса електрона. Њу можемо добити поделити масу водониковог атома са Авогадровим бројем, како бисмо добили масу протона, па њу онда поделити са $1,83 \times 10^3$. Тако се добија маса електрона од $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$. Решење за полупречник је 53 pm. Како се у задатку тражи да се решење у пикометрима изрази као цели број, и како је сигурно полупречник мањи од 1 nm, то оправдава примењену апроксимацију да се занемари допринос масе електрона маси атома водоника.

б) За прво побуђено стање главни квантни број је 2, па је полупречник орбите четири пута веће него под а: 212 pm.

16. Однос k_2/K_M треба да буде што већи. Дакле, израз $k_1 k_2/(k_{-1} + k_2)$ треба да буде што већи. То ће бити испуњено када је $k_2 \gg k_{-1}$. Тада је $k_2/K_M = k_1$. Решење је под а.

17. У 1 dm^3 морске воде има $0,0523 \text{ mol Mg}^{2+}$, а то је $1,255 \text{ g Mg}^{2+}$. Та маса се налази у 1030 g воде. Кад се прерачуна на 100 g , маса износи $0,122 \text{ g}$. Решење је $0,122 \%$.

18. Електронска конфигурација фосфора је $[\text{Ne}]3s^23p^3$. Углови веза су блиски 90° , што значи да не долази до хибридизације, односно да везе са водониковим атомима настају преклапањем р орбитала. Електронски пар се налази у 3s орбитали. На то указује и јако ниска базност, будући да су због сферног облика орбитале електрони јако привучени језгру и недоступни за реакцију са протоном.

19. Израчунају се оксидациони бројеви атоми чији оксиди су у питању.

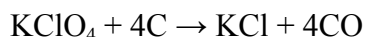


20. а) Моларна маса S_8 износи 256 g/mol . Према томе, количина S_8 у узорку масе 21 g је 82 mmol .

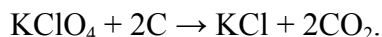
б) Множењем броја молова са 8 и Авогадровим бројем добија се решење $3,9 \times 10^{23}$.

Други разред

1. У реакцији настају калијум-хлорид и угљен-моноксид или угљен-диоксид:



или



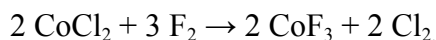
За први случај важи да је $\Delta_f H = \Delta_f H(\text{KCl}) + 4 \Delta_f H(\text{CO}) - \Delta_f H(\text{KClO}_4)$, а за други важи: $\Delta_f H = \Delta_f H(\text{KCl}) + 2\Delta_f H(\text{CO}_2) - \Delta_f H(\text{KClO}_4)$. Дата вредност одговара првом случају.

2. видети 13. задатак из првог разреда

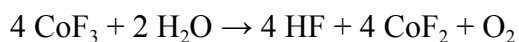
3. Аргон као једноатомски гас нема молекулске вибрације. Код кисеоника и азота, будући да су састављени од истих атома, нема промене диполног момента при вибрацијама. Остала три гаса апсорбују инфрацрвено зрачење, јер се при вибрацијама мења диполни моменат. То је, између осталог, и основа ефекта стаклене баште. Решење је: а, д, ђ.

4. видети 3. задатак из првог разреда

5. Запремина флуора се прерачуна на нормалне услове. Види се да се за мол кобалт(II)-хлорида троши 1,5 mol флуора. То значи да се не ради само о оксидацији хлора, него да се оксидује и кобалт у стање Co(III), односно да настаје кобалт(III)-флуорид:



Кад се прерачуна количина гаса Б у другом кораку, види се да на 4 мола кобалт(III)-флуорида добијам 1 мол гаса. Ту се ради о оксидацији воде кобалтом(III) и издваја се кисеоник:



Заостали раствор реагује кисело због присуства флуороводоничне киселине. Хлоридни јони нису присутни, јер се не ствара талог са сребро-нитратом.

6. видети 2. задатак из првог разреда

7. видети 17. задатак из првог разреда

8. видети 15. задатак из првог разреда

9. видети 12. задатак из првог разреда

10. видети 18. задатак из првог разреда

11. Видети 16. задатак код првог разреда.

12. видети 9. задатак из првог разреда

13. Видети 10. задатак код првог разреда.

14. видети 11. задатак из првог разреда

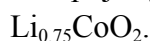
15. а) Масени удео кобалта у материјалу можемо изразити као:

$$\frac{A_r(\text{Co})}{A_r(\text{Co}) + x \cdot A_r(\text{Li}) + 2A_r(\text{O})} = 0,6130$$

Односно :

$$\frac{59}{59 + 7x + 32} = 0,6130$$

Одакле следи $x = 0,75$. Према томе, формула којом се може представити катодни материјал је:



б) Уколико удео Co(III) означимо са m , а удео Co(IV) означимо са n важи $m + n = 1$, а из електронеутралности следи: $0,75 + 3m + 4n = 2 \cdot 2$. Решавањем система две једначине са две непознате добија се $x = 0,75$ и $y = 0,25$. У задатку се тражи однос $x : y = 0,75 : 0,25 = 3 : 1$.

16. видети 6. задатак из првог разреда

17. видети 1. задатак из првог разреда

18. видети 5. задатак из првог разреда

19. видети 8. задатак из првог разреда

20. видети 14. задатак из првог разреда.

Трећи и четврти разред

1. видети 8. задатак из првог разреда

2. видети 11. задатак из првог разреда

3. Видети 5. задатак код првог разреда.

4. видети 12. задатак из првог разреда

5. видети 15. задатак из другог разреда

6. видети 1. задатак из другог разреда

7. видети 1. задатак из првог разреда

8. видети 10. задатак из првог разреда

9. видети 5. задатак из другог разреда

10. видети 3. задатак из првог разреда

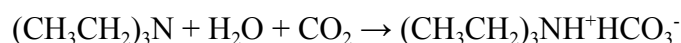
11. видети 13. задатак из првог разреда

12. видети 2. задатак из првог разреда

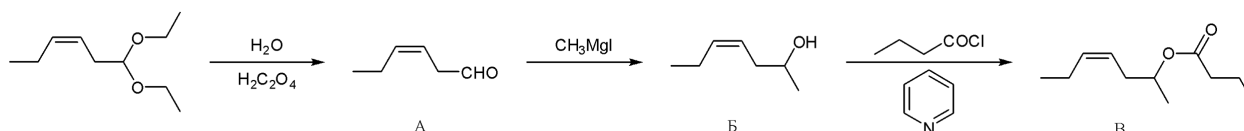
13. видети 3. задатак из другог разреда

14. видети 17. задатак из првог разреда

15. Амини су базна, често хигроскопна једињења која реагују са угљендиоксидом (кисели оксид) и влагом из ваздуха. Производ ове реакције је со, што сугеришу услови задатка – течни триетиламин се преводи у кристално једињење растворно у води. Како се водени раствор понаша као пуфер, он садржи слабу киселину и слабу базу у поредивим (еквивалентним) количинама, односно амонијум јон и одговарајући анјон. Између две могуће соли, хидрогенкарбоната и карбоната, логично је одредити се за хидрогенкарбонат на основу садржаја азота у овој супстанцији: $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{NH}^+\text{HCO}_3^-$ $\omega(\text{N}) = 14/(7 \cdot 12 + 17 + 14 + 3 \cdot 16) = 8,59\%$, $[(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{NH}^+]_2\text{CO}_3^{2-}$ и $\omega(\text{N}) = 2 \cdot 14/(13 \cdot 12 + 32 + 2 \cdot 14 + 3 \cdot 16) = 10,60\%$. Реакција се највероватније одвија у два корака, настајање триетиламонијум-хидроксида који даље реагује са угљендиоксидом дајући триетиламонијум-хидрогенкарбонат, према сумарној реакцији:

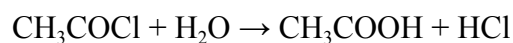


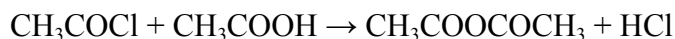
16. Ацетали лако хидролизују у киселој средини до алдехида или кетона и одговарајућих алкохола. Диетил-ацетал (Z)-3-хексенала је ацетал (Z)-3-хексенала (А) и етанола. Ацетон је присутан да би се ацетал помешао са водом, оксална киселина је кисели катализатор (јача киселина би катализовала и изомеризацију у стаблинији конјуговани енон), а хидрохинон (редукционо средство; лако се оксидује до хинона у реакцији са кисеоником) да спречи споредне реакције насталог алдехида А (нпр. аутооксидацију до киселине). Алдехиди реагују са Грињаровим реагенсима дајући производе адиције на карбонил, тј. (секундарне) алкоhole. У овом случају А даје, после обраде реакционе смеше (настали магнезијум-алкоксид се протонује), незасићени алкохол Б - (Z)-4-хептен-2-ол. Последњи корак представља синтезу естра из алкохола и хлорида кароксилне киселине. Пиридин игра вишеструку улогу у овој реакцији, као поларни апротични растварач, као база која реагује са насталим хлороводоником и као катализатор (N-ацилпиридијум со која настаје интермедијерно је бољи електрофил од хлорида, а пиридин бољи нуклеофил од алкохола). Како је хлорид бутанске киселине искоришћен, добија се (Z)-4-хептен-2-ил-бутаноат (В).



17. Тачне тврдње су под 1,3,5.

а) Ацетил-хлорид реагује са влагом из ваздуха и подлеже хидролизи. Иницијални производи ове хидролизе су сирћетна киселина (1) и хлороводоник (5). Настала сирћетна киселина може даље да реагује са ацетил-хлоридом и награди анхидрид сирћетне киселине, ацетанхидрид (3), и још хлороводоника (5).

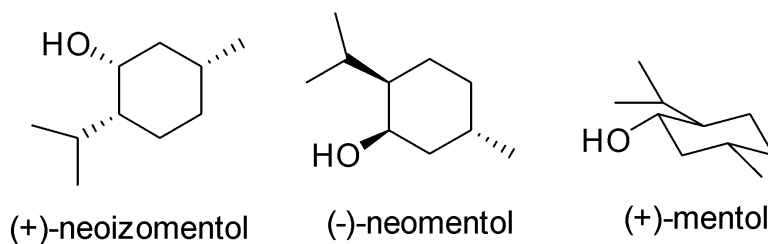




б) 4

Ацетил-хлорид ($T_k = 51,8^\circ\text{C}$) се лако дестилацијом пречишћава од сирћетне киселине ($T_k = 118^\circ\text{C}$) и ацетакнидрида ($T_k = 139,5^\circ\text{C}$), али га није могуће на тај начин пречистити од присутног хлороводоника (гас). Хлороводоник се у реакцији са терцијарним амином преводи у со која је под условима дестилације стабилна и неиспарљива, тј. *N,N*-диметиланилин реагује са хлороводоником и даје амонијум со, (диметил)фениламонијум-хлорид (4).

18.

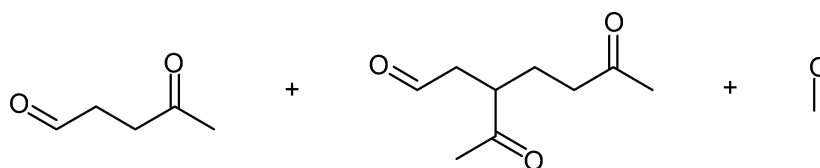


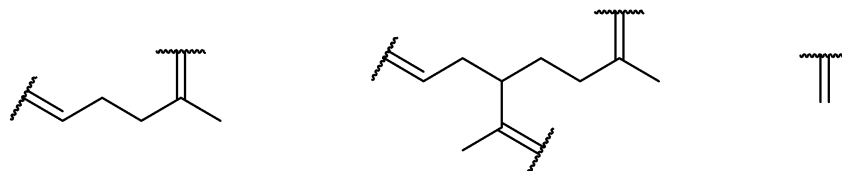
Код једињења лево, сва три супституента су са исте стране, што одговара неоизоментолу. Види се да је ово једињење огледалски лик (–)-неоизоментола.

Код другог једињења хидроксилна и изопропил група су са исте стране, а метил са друге, што је карактеристика неоментола. Види се да је ово једињење огледалски лик (+)-неоментола.

Код трећег једињења видимо да су хидроксилна и метил група са исте (доње) стране, а изопропил група са друге (горње) стране. То је карактеристика ментола и то његовог (+)-облика.

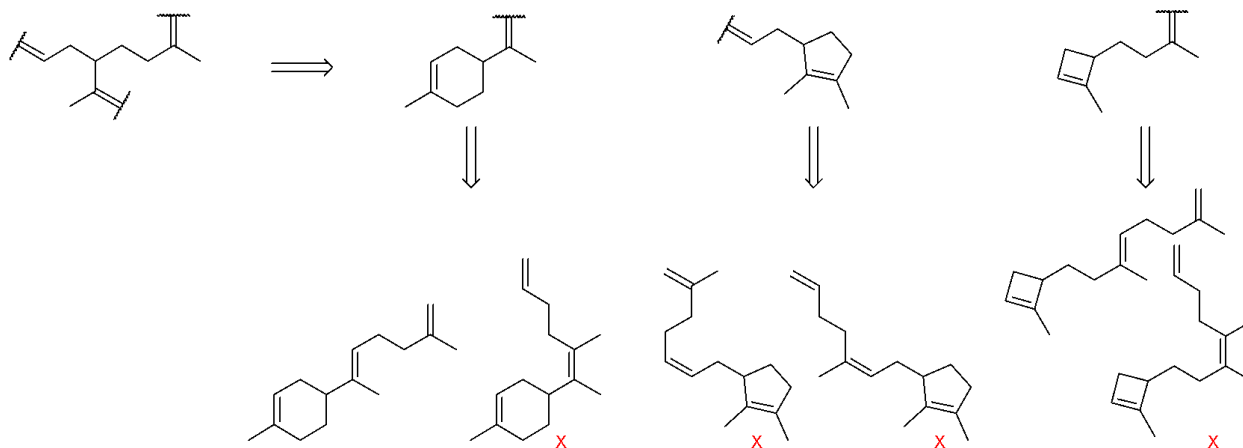
19. Када се озониди третирају натријум-борхидридом интермедијерно настали алдехиди и кетони се даље редукују до алкохола, као што је био случај озонлизе гермакрена А. У наведеним производима редуктивне озонлизе има укупно 14 атома угљеника, а гермакрен А садржи 15. Значи да је настао још један производ, са 1 атомом угљеника, тј. метанол (приметите да је растварач за редукцију био такође метанол, па да није било могуће уочити и присуство метанола), односно да је интермедијерно настао формалдехид, а који се редуковао до метанола. Разматрајући корак уназад, карбонилна једињења која су иницијално настала, односно структурни фрагменти присутни у гермакрену А били су:



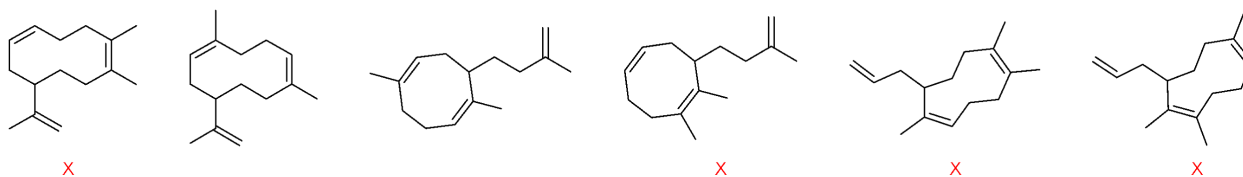


Молекул гермакрена А има 4 незасићења на основу молекулске формуле, $(15 \cdot 2 + 2 - 24) / 2 = 4$, а три двогубе везе на основу производа озонолизе (настало је 6 карбонилих група, тј. по пар за три двогубе везе). Дакле, гермакрен А садржи један прстен и три двогубе везе. Повезивање ових фрагмената у потенцијалне молекуле гермакрена А је могуће извршити на већи број начина (12), а) тако да прстен градимо само из фрагмента са три места везивања, или б) да прстен градимо комбинацијом фрагмената са два и три места везивања:

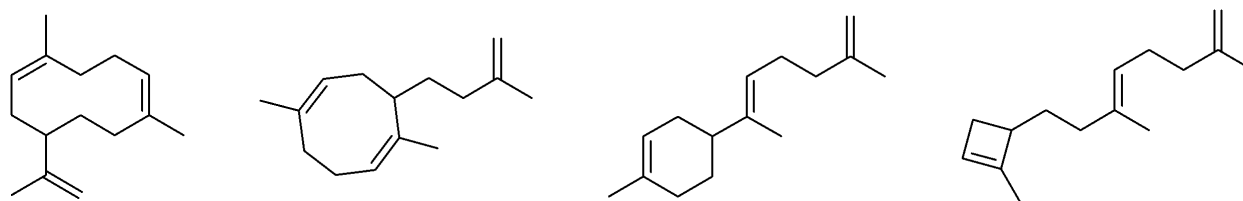
а)



б)



Од наведених могућности оне обележене са црвеним X не испуњавају услов да се у њиховој структури могу да уоче три изопренске јединице. Дакле, на основу ових података, могуће су 4 структуре за гермакрен А:



На основу озонолизе не знамо ништа о конфигурацији двогубих веза, сем у једнозначним ситуацијама, па је број изомера у ствари већи за број могућих геометријских изомера.

Природни гермакрен А има структуру која је приказана доле (одговара првој горе нацртаној), са датим конфигурацијама. На структури десно су приказане изопренске јединице.



20. Суседни пикови у спектру се разликују за јединично наелектрисање, тј. за један протон, тако да се могу представити као:

$[\text{цитохром Ц} + nH^+]$, $[\text{цитохром Ц} + (n + 1)H^+]$, $[\text{цитохром Ц} + (n + 2)H^+]$, $[\text{цитохром Ц} + (n + 3)H^+]$

Произвољно се могу узети два суседна пика - на пример, прва два:

$$\frac{m_1}{z_1} = 652$$

$$\frac{m_2}{z_2} = 688$$

Наелектрисање опада слева на десно, што значи да је m_1 протонован једним више протоном од m_2 ; наелектрисање је једнако броју протона:

$$\frac{m_1}{z_1} = \frac{[M(\text{цитохром Ц}) + (n+1)H^+]}{n+1} = 652$$

$$\frac{m_2}{z_2} = \frac{[M(\text{цитохром Ц}) + nH^+]}{n} = 688$$

Решавањем система две једначине са две непознате долази се до решења:

$$M_r(\text{цитохром Ц}) = 12\,366 = 1,24 \times 10^4.$$

**Напомена: У зависности од пикова који се одаберу за прорачун, јављају се мале разлике у добијеној релативној молекулској маси цитохрома Ц.*