

Међуокружно такмичење из хемије за ученике средњих школа, 14. март 2020.

детаљна решења задатака

Први разред

1. 1) Таласна дужина се на схематском приказу таласа види као растојање између два суседна врха (или две суседне доље). Са приложене слике види се да дати опсег обухвата три таласне дужине таласа 1, шест таласних дужина таласа 2 и дванаест таласних дужина таласа 3, односно следи да је:

$$\lambda(1) = 2\lambda(2) = 4\lambda(3).$$

Енергија једног фотона је $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, а моларна

енергија фотона $E_m = N_A E = N_A \frac{hc}{\lambda}$, одакле следи да је

моларна енергија фотона обрнуто сразмерна таласној дужини, на основу чега се енергије $E_{m,1}$ и $E_{m,3}$ могу одмах израчунати. Ово је могуће и изражавањем $\lambda(2)$:

$$E_{m,2} = N_A \frac{hc}{\lambda(2)} \Rightarrow \lambda(2) = N_A \frac{hc}{E_{m,2}}$$

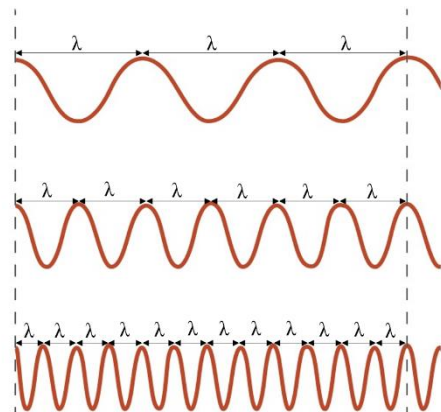
$$E_{m,1} = N_A \frac{hc}{\lambda(1)} = N_A \frac{hc}{2\lambda(2)} = N_A \frac{hc}{2N_A \frac{hc}{E_{m,2}}} = \frac{E_{m,2}}{2} = \frac{202 \text{ kJ/mol}}{2} = \boxed{101 \text{ kJ/mol}}$$

$$E_{m,3} = N_A \frac{hc}{\lambda(1)} = N_A \frac{hc}{\frac{1}{2}\lambda(2)} = N_A \frac{hc}{\frac{1}{2}N_A \frac{hc}{E_{m,2}}} = 2E_{m,2} = 2 \cdot (202 \text{ kJ/mol}) = \boxed{404 \text{ kJ/mol}}$$

2) Из претходно дате формуле следи да је $\lambda = \frac{N_A hc}{E_m}$, одакле можемо добити таласне дужине

сва три таласа: $\lambda(1) = 1180 \text{ nm}$, $\lambda(2) = 590 \text{ nm}$ и $\lambda(3) = 295 \text{ nm}$. Дакле, само талас 2 припада видљивој области, а тачан одговор је $\boxed{6}$.

2. Орбитални квантни број ℓ за неки главни квантни број n може имати све целобројне вредности од 0 до $n - 1$ (односно укупно n поднивоа), а за сваку вредност орбиталног квантног броја ℓ постоји $2\ell + 1$ орбитала (јер магнетни квантни број m_ℓ може имати све целобројне вредности од $-\ell$ до $+\ell$). Узимајући у обзир могуће вредности спинског квантног



броја m_s ($\pm 1/2$, Паулијев принцип), закључује се да свака орбитала може да садржи највише два електрона. Број орбитала које су описане неким одређеним вредностима квантних бројева n и ℓ је дакле $2\ell + 1$, а када су оне у потпуности попуњене електронима, тада је број електрона у њима $2(2\ell + 1) = \boxed{4\ell + 2}$.

3. Неки хемијски елементи поседују електронске конфигурације које се не померавају правилу о редоследу попуњавања електронских поднивоа какво познајемо. Елементи са аномалним електронским конфигурацијама јављају се у четвртој и вишим периодама. Поред познатих примера хрома ($[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$) и бакра ($[\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$), а у овом задатку се може приметити да су такви елементи и родијум ($[\text{Kr}] 5s^1 4d^8$) и паладијум ($[\text{Kr}] 4d^{10}$). Енергија јонизације је мерило лакоће удаљавања електрона из атома. Иако енергија јонизације показује општи тренд раста дуж периоде с порастом атомског броја (сваки следећи атом садржи већи број протона, односно позитивније наелектрисање језгра, те је привлачна сила између електрона и језгра већа), изузеци се уочавају код атома у којима се електрон одводи из потпуно попуњених и полупопуњених поднивоа; ови елементи имају вишу енергију јонизације него први следећи елементи, код којих се одвођењем електрона добијају електронске конфигурације са попуњеним или полупопуњеним поднивоима. Имајући ово на уму можемо да упоредимо енергије јонизације суседних елемената:

Rh $[\text{Kr}] 5s^1 4d^8$	Pd $[\text{Kr}] 4d^{10}$	Родијум мора имати мању енергију јонизације јер се код паладијума одводи електрон из попуњеног поднивоа. $E_{i,1}(\text{Rh}) < E_{i,1}(\text{Pd})$
Pd $[\text{Kr}] 4d^{10}$	Ag $[\text{Kr}] 5s^1 4d^{10}$	Паладијум мора имати већу енергију јонизације јер се код сребра одвођењем електрона добија конфигурација у којој је подниво у потпуности попуњен. $E_{i,1}(\text{Pd}) > E_{i,1}(\text{Ag})$
Ag $[\text{Kr}] 5s^1 4d^{10}$	Cd $[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10}$	Одвођењем електрона код оба елемента добија се попуњен или полупопуњен подниво; овде важи општи тренд, односно елемент с већим атомским бројем има већу енергију јонизације. $E_{i,1}(\text{Ag}) < E_{i,1}(\text{Cd})$
Cd $[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10}$	In $[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10} 5p^1$	Индијум мора имати мању енергију јонизације јер се код њега одвођењем електрона добија конфигурација у којој је подниво у потпуности попуњен. $E_{i,1}(\text{Cd}) > E_{i,1}(\text{In})$
In $[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10} 5p^1$	Sn $[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10} 5p^2$	Индијум мора имати мању енергију јонизације јер се код њега одвођењем електрона добија конфигурација у којој је подниво у потпуности попуњен. $E_{i,1}(\text{In}) < E_{i,1}(\text{Sn})$

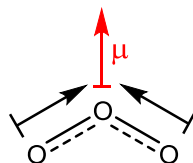
4. Главни квантни број одређује величину и енергију неке орбитале, а орбитални квантни број њен облик. По облику орбитале се може закључити да је она s-орбитала, па је $\boxed{\ell = 0}$. На схематском приказу се уочавају чворне површине (регије у орбитали где је густина

вероватноће налажења електрона ψ^2 једнака нули). Како ns -атомска орбитала има $n-1$ чворних површина, а овде су присутне две, мора бити $n=3$.

5. а) Са порастом атомског броја у групама ПСЕ, валентни електрони запоседају више енергетске нивое и налазе се све даље од језгра. Овај одговор је тачан.

б) Слично као код тренда енергије јонизације, с порастом атомског броја у периодама ПСЕ уочава се неколико значајних изузетака упркос присуства општег тренда. Иако се повећањем броја протона повећава наелектрисање језгра, чиме расте привлачност између електрона и језгра, што смањује атомски пречник (односно полупречник), важан фактор је и одбијање електрона у поднивоима који су скоро попуњени или попуњени; ово води локалним повећањима атомског пречника (нарочито изражено код d -елемената). Овај одговор није тачан.

в) Постоје просторни распореди три атома неког молекула код којих се јавља резултујући диполни моменат (нпр. озон). Овај одговор није тачан.

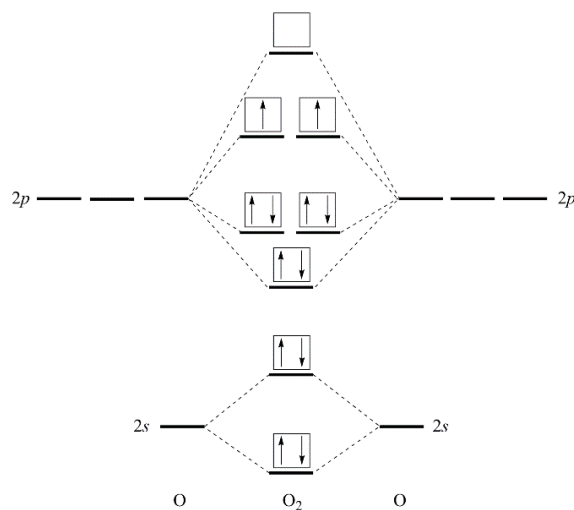


(приказан резонантни хибрид, шарже изостављене ради јасноће)

г) Хемијска веза у етину објашњава се стварањем две sp -хибридне орбитале у сваком угљениковом атому; ове орбитале настају мешањем једне s - и једне p -орбитале. Овај одговор није тачан.

6. 1) Енергетски дијаграми овог типа попуњавају се узимајући у обзир енергије молекулских орбитала (од „доле” ка „горе”), али се истовремено морају поштовати и Паулијев принцип и Хундово правило.

2) Везивне молекулске орбитале увек имају мању енергију од њихових саставних атомских орбитала, док су антивезивне молекулске орбитале увек веће енергије. Да би се израчунао ред везе, треба пребројати број електрона у везивним и антивезивним орбиталама и применити израз:



$$PB = \frac{\text{број везивних електрона} - \text{број антивезивних електрона}}{2} = \frac{8 - 4}{2} = \boxed{2}.$$

7. Ниво живе у U-цеви на почетку указује да је притисак у балону једнак атмосферском. Пошто је телесна температура већа од собне температуре, држањем стакленог балона руком дижемо температуру гаса у њему. Како притисак расте с повећањем температуре (Шарлов закон), очекујемо да ће ниво живе да се промени. Наравно, неће се мењати количина живе (нетачни одговори в и г). Како ће притисак у балону сада бити већи од атмосферског, тачан одговор је б.

8. Помоћу закона одржања масе можемо израчунати која маса кисеоника је потрошена на сагоревање једињења X:

$$m(X) + m(O_2) = m(CO_2) + m(H_2O) + m(SO_2)$$

$$m(O_2) = m(CO_2) + m(H_2O) + m(SO_2) - m(X) = 1,13 \text{ g} + 0,821 \text{ g} + 0,692 \text{ g} - 1,00 \text{ g} = 1,643 \text{ g}$$

Како су сав угљеник, водоник и сумпор преведени у угљен-диоксид, воду и сумпор-диоксид, можемо из маса производа израчунати количине елемената присутних у једињењу X:

$$n(C) = n(CO_2) = \frac{1,13 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0,0257 \text{ mol}$$

$$n(S) = n(SO_2) = \frac{0,821 \text{ g}}{64 \text{ g/mol}} = 0,0128 \text{ mol}$$

$$n(H) = 2n(H_2O) = 2 \frac{0,692 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 0,0769 \text{ mol}$$

Да бисмо проверили да ли једињење X садржи кисеоник можемо одузети количину изреаговалог кисеоника од укупне количине кисеоника у производима:

$$n(O, X) = 2n(CO_2) + 2n(SO_2) + n(H_2O) - 2 \frac{m(O_2)}{M(O_2)} = 0,0128 \text{ mol},$$

одакле закључујемо да кисеоник постоји у једињењу X, а емпиријска формула X је:

$$n(C) : n(H) : n(S) : n(O) = (0,0257 \text{ mol}) : (0,0769 \text{ mol}) : (0,0128 \text{ mol}) : (0,0128 \text{ mol}) = 2 : 6 : 1 : 1$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2H_6SO}.$$

9. Пошто је однос заступљености ^{35}Cl и ^{37}Cl у природи 3:1, њихова процентна заступљеност је 75% ^{35}Cl и 25% ^{37}Cl . Лако се добија да је заступљеност ^{79}Br и ^{81}Br по 50% знајући да је релативна атомска маса брома 80. Вероватноћа да се у молекулу типа АВ налазе одређени изотопи елемената А и В добија се као производ две заступљености, а то је уједно и заступљеност тог изотопомера у природи:

$$x(^{35}\text{Cl}^{79}\text{Br}) = 0,75 \cdot 0,5 = \boxed{37,5\%}, x(^{35}\text{Cl}^{81}\text{Br}) = 0,75 \cdot 0,5 = \boxed{37,5\%},$$

$$x(^{37}\text{Cl}^{79}\text{Br}) = 0,25 \cdot 0,5 = \boxed{12,5\%}, x(^{37}\text{Cl}^{81}\text{Br}) = 0,25 \cdot 0,5 = \boxed{12,5\%}.$$

10. Како је сав сумпор у једињењу у тиоцијанатном јону, вредност x се може добити из количинског односа хрома и сумпора:

$$n(\text{Cr}) : n(\text{SCN}) = n(\text{Cr}) : n(\text{S}) = 1 : x = \frac{15,50}{52} : \frac{38,15}{32} \Rightarrow \boxed{x=4}. \text{ (Тачан одговор је } \boxed{\text{ђ}} \text{.)}$$

Знајући да је формула једињења $\text{NH}_4[\text{Cr}(\text{SCN})_4(\text{NH}_3)_y]$, вредност y можемо израчунати (на пример) из количинског односа хрома и азота:

$$n(\text{Cr}) : n(\text{N}) = 1 : (1 + 1 \cdot 4 + y) = \frac{15,50}{52} : \frac{29,20}{14} \Rightarrow \boxed{y=2}.$$

11. Количина H_2S у $5,00 \text{ dm}^3$ раствора водоник-сулфида концентрације $0,100 \text{ mol/dm}^3$ је $n(\text{H}_2\text{S}) = cV = 0,500 \text{ mol}$. Ова количина гаса на $25,0^\circ\text{C}$ и $101,3 \text{ kPa}$ има запремину:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{(0,500 \text{ mol})(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})((25,0 + 273) \text{ K})}{101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}} = \boxed{12,2 \text{ dm}^3}.$$

12. Нека је запремина елуента која се утроши за оба хроматографска раздвајања V . Запремина хексана неопходна за раздвајање смеше А је $\frac{5}{1+5}V = \frac{5}{6}V$. Запремина хексана

неопходна за раздвајање смеше Б је $\frac{25}{1+25}V = \frac{25}{26}V$. Однос запремина хексана неопходних

за раздвајање смеша Б и А је $\frac{\frac{25}{26}V}{\frac{5}{6}V} = 1,15$, па је за раздвајање Б неопходно $\boxed{15\%}$ више

хексана.

13. Густина дводинара је $\rho(\text{д}) = \frac{m}{V} = \frac{10,0 \text{ g}}{\frac{14,70 \text{ cm}^3}{15}} = 10,2041 \text{ g/cm}^3$. Нека је маса сребра у

дводинару x , а маса бакра y . Маса дводинара је онда $x + y$. Пошто се запремина при легирању не мења, мора важити $V(\text{д}) = V(\text{Ag}) + V(\text{Cu})$, одакле можемо добити:

$$\frac{m(\text{д})}{\rho(\text{д})} = \frac{m(\text{Ag})}{\rho(\text{Ag})} + \frac{m(\text{Cu})}{\rho(\text{Cu})}$$

$$\frac{x+y}{10,2041} = \frac{x}{10,49} + \frac{y}{8,96}$$

$$y = 0,196x$$

$$\text{Масени удео сребра у дводинару је: } \omega(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Ag})}{m(\text{д})} = \frac{x}{x+y} = \frac{x}{x+0,196x} = \boxed{84\%}.$$

14. Израчунајмо састав засићеног раствора на 60 °C знајући растворљивост оксалне киселине на овој температури (44,34 g/100 g H₂O):

$$m_1(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) : m_p = (44,34 \text{ g}) : (44,34 \text{ g} + 100 \text{ g})$$

$$m_1(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{(44,34 \text{ g}) \cdot (85,4 \text{ g})}{144,34 \text{ g}} = 26,23 \text{ g},$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_p - m_1(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 59,17 \text{ g}.$$

Ако је хлађењем кристалисало x g дихидрата оксалне киселине, маса раствора на 10 °C износиће $(85,4 - x)$ g. Маса оксалне киселине која ће нестати из раствора добија се као:

$$\Delta m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) : x = M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) : M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$$

$$\Delta m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{90}{126} x$$

а маса оксалне киселине која остаје у раствору:

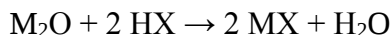
$$m_2(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = m_1(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - \Delta m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 26,24 \text{ g} - \frac{90}{126} x$$

Вредност x можемо добити уврштавањем вредности у услов растворљивости на 10 °C:

$$(6,08 \text{ g}) : (6,08 \text{ g} + 100 \text{ g}) = \left(26,24 \text{ g} - \frac{90}{126} x \right) : (85,4 \text{ g} - x)$$

$$x = \boxed{32,5 \text{ g}}.$$

15. Општа једначина реакције алкалног оксида и халогеноводоничне киселине је:



За реакцију x mol M₂O неопходно је $2x$ mol HX. Неопходна маса 40,0% раствора HX је:

$$m_p(\text{HX}) = \frac{m(\text{HX})}{\omega(\text{HX})} = \frac{2x \cdot M(\text{HX})}{0,400} = 5x \cdot M(\text{HX})$$

Укупна маса добијеног раствора једнака је збиру маса алкалног оксида и раствора киселине, односно: $m_p(\text{MX}) = x \cdot M(\text{M}_2\text{O}) + 5x \cdot M(\text{HX})$. Маса насталог MX је

$m(\text{MX}) = n(\text{MX}) \cdot M(\text{MX}) = 2x \cdot M(\text{MX})$. Пошто је масени удео MX у насталом раствору исто 40,0%, можемо написати:

$$\omega(\text{MX}) = \frac{m(\text{MX})}{m_p(\text{MX})} = \frac{2x \cdot M(\text{MX})}{x \cdot M(\text{M}_2\text{O}) + 5x \cdot M(\text{HX})}$$

$$\Rightarrow 0,400 = \frac{2xM(\text{MX})}{x(M(\text{M}_2\text{O}) + 5M(\text{HX}))}$$

$$\Rightarrow 0,4M(\text{M}_2\text{O}) + 2M(\text{HX}) = 2M(\text{MX})$$

$$0,4(2M(\text{M}) + 16) + 2(1 + M(\text{X})) = 2(M(\text{M}) + M(\text{X}))$$

$$0,8M(\text{M}) + 6,4 + 2 + \cancel{2M(\text{X})} = 2M(\text{M}) + \cancel{2M(\text{X})}$$

$$M(\text{M}) = 7 \text{ g/mol}$$

Ова моларна маса одговара литијуму, па је $M = \text{Li}$, односно оксид је $\boxed{\text{Li}_2\text{O}}$.

16. Количина бакра у праху коју су студенти користили за реакцију 1 је

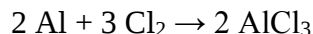
$$n(\text{Cu}) = \frac{8,2 \text{ g}}{64 \text{ g/mol}} = 0,128 \text{ mol} . \text{ Количина бакар(II)-нитрата која се теоријски добија (принос}$$

100%) у реакцији 1 је $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Cu}) = 0,128 \text{ mol}$, а заправо је добијено $0,92 \cdot 0,128 \text{ mol} = 0,118 \text{ mol}$. Количина базног карбоната бакра која се теоријски добија у

реакцији 2 је $n(\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = \frac{n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2)}{2} = \frac{0,118 \text{ mol}}{2} = 0,059 \text{ mol}$, а заправо се добија $0,87 \cdot 0,059 \text{ mol} = 0,0513 \text{ mol}$. Коначно, количина бакар(II)-оксида која се теоријски добија у реакцији 3 је $n(\text{CuO}) = 2n(\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = 0,1027 \text{ mol}$, а заправо се добија $0,82 \cdot 0,1027 \text{ mol} = 0,0842 \text{ mol}$, односно:

$$m(\text{CuO}) = n(\text{CuO})M(\text{CuO}) = (0,0842 \text{ mol})(80 \text{ g/mol}) = \boxed{6,7 \text{ g}}.$$

17. Реакција између алуминијума и хлора је:



Количине реактаната који су стављени у реакцију су:

$$n(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{22,2 \text{ g}}{27 \text{ g/mol}} = 0,8222 \text{ mol},$$

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{m(\text{Cl}_2)}{M(\text{Cl}_2)} = \frac{91,6 \text{ g}}{71 \text{ g/mol}} = 1,290 \text{ mol}.$$

Еквивалентна количина хлора неопходна за реакцију са $0,822 \text{ mol}$ алуминијума је $\frac{3}{2} 0,822 \text{ mol} = 1,233 \text{ mol}$. Како је ова количина мања од присутне количине ($1,29 \text{ mol}$),

закључујемо да је хлор присутан и вишку, а маса алуминијум-хлорида која се може добити при реакционом приносу од 100% је:

$$m(\text{AlCl}_3) = n(\text{AlCl}_3)M(\text{AlCl}_3) = n(\text{Al})M(\text{AlCl}_3) = \boxed{109,8 \text{ g}}.$$

18. Обележимо масу сумпорне киселине у раствору са x а масу воде са y . Изразимо масе водоника у x g сумпорне киселине и у y воде:

$$m(\text{H}, \text{H}_2\text{SO}_4) = x \frac{2M(\text{H})}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{2}{98} x$$

$$m(\text{H}, \text{H}_2\text{O}) = x \frac{2M(\text{H})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2}{18} y$$

Уврштавањем у израз за масени удео водоника у раствору добијамо:

$$\omega(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{m_p} = \frac{m(\text{H}, \text{H}_2\text{SO}_4) + m(\text{H}, \text{H}_2\text{O})}{x + y} = \frac{\frac{2}{98}x + \frac{2}{18}y}{x + y}$$

$$0,0452(x + y) = \frac{2}{98}x + \frac{2}{18}y$$

$$\Rightarrow y = 0,376x$$

Масени удео сумпорне киселине у раствору је:

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{x}{x + y} = \frac{x}{x + 0,376x} = \boxed{72,7\%}.$$

19. Вредности температура разлагања на сва четири графика су исте, а у различитим одговорима су им приписана другачија једињења. Јонски полупречник на x оси мора одговорати полупречнику катјона, јер је анјон у свим једињењима исти. Како је реч о земноалкалним карбонатима, и како је помоћу атомских маса познат положај земноалкалних елемената у ПСЕ, знајући да јонски полупречник расте с порастом атомског броја у групама ПСЕ тачан одговор мора бити онај где је MgCO_3 на тачки најмањег јонског полупречника, а BaCO_3 на тачки највећег јонског полупречника. Дакле, тачан одговор мора бити **В**. Оваква зависност температуре разлагања од јонског полупречника у вези је с енергијом кристалне решетке карбоната. Карбонатни анјон као велика четвороатомска врста гради јаке кристалне решетке с једнако великим катјонима, док смањење катјона доводи до слабљења кристалне решетке.

20. За писање структурних (Луисових) формула можете пратити следећи алгоритам:

1) израчунати укупан број валентних електрона у тој хемијских врсти; биће укупно упола мање парова (за случај укупног парног броја електрона); 2) знајући како су атоми повезани (који је везан за који атом, а за који није) прво повезати све атоме једноструким везама; 3) повезивати међусобно атоме додатним, вишеструким везама док октети то дозвољавају; 4) ако је преостало још електронских парова, њих доделити атомима који нису постигли октет, трудећи се да максималан број атома постигне октет; 5) након овога одредити формалне шарже присутних атома упоређујући број валентних електрона тог елемента са

бројем електрона који само њему „припадају“ у формули. Праћењем ових правила закључујемо да су структуре под а, б, в и г исправне, док у структури под д атоми угљеника и азота нису до краја повезани вишеструком везама док то октети дозвољавају (на оба атома се у тој структури налази се бар један слободни електронски пар).

Други разред

1. видети 13. задатак из првог разреда

2. Концентрација јода пре дисоцијације добија се као:

$$[I_2]_0 = \frac{n(I_2)}{V} = \frac{\frac{0,497 \text{ g}}{254 \text{ g/mol}}}{0,250 \text{ dm}^3} = 7,827 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

Промена концентрација током дисоцијације представљена је испод.

	$I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2 I(g)$
почетна концентрација	$[I_2]_0$		0
промена	$- 0,415[I_2]_0$		$+ 2 \cdot 0,415[I_2]_0$
равнотежна концентрација	$0,585[I_2]_0$		$2 \cdot 0,415[I_2]_0$

Равнотежна константа је:

$$K = \frac{[I]^2}{[I_2]} = \frac{(2 \cdot 0,415[I_2]_0)^2}{0,585[I_2]_0} = \frac{(2 \cdot 0,415 \cdot 7,827 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3)^2}{0,585 \cdot 7,827 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3} = \boxed{9,22 \cdot 10^{-3}}$$

Количина молекулског и атомског јода у суду после успостављања равнотеже је:

$$n(I_2) = [I_2]V = 0,585 \cdot 7,827 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,25 \text{ dm}^3 = 1,145 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(I) = [I]V = 2 \cdot 0,415 \cdot 7,827 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,25 \text{ dm}^3 = 1,624 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Укупна количина идеалног гаса у суду по успостављању равнотеже је:

$$n = n(I_2) + n(I) = 2,769 \cdot 10^{-3} \text{ mol},$$

а притисак се добија из једначине идеалног гасног стања:

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{(2,769 \cdot 10^{-3} \text{ mol})(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})((1200 + 273) \text{ K})}{250 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = \boxed{136 \text{ kPa}}.$$

3. видети 20. задатак из првог разреда

4. На $10,0^\circ\text{C}$ маса ваздуха у балону износи:

$$m(\text{ваздух}, 10^\circ\text{C}) = \rho(\text{ваздух}, 10^\circ\text{C}) \cdot V(\text{балон}) = (1,244 \text{ kg/m}^3)(400 \text{ m}^3) = 497,6 \text{ kg}$$

Да би балон полетео, ова маса се мора смањити за 200 kg, односно она мора бити 297,6 kg. Из густине ваздуха на 10,0 °C можемо израчунати просечну моларну масу ваздуха:

$$pV = nRT \Leftrightarrow p = \frac{n}{V} RT \Rightarrow p = \frac{m}{V} RT \Leftrightarrow pM = \rho RT$$

$$M = \frac{\rho RT}{p} = \frac{(1,244 \text{ kg/m}^3)(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})((10 + 273) \text{ K})}{101 \cdot 10^3 \text{ Pa}} = 2,898 \cdot 10^{-2} \text{ kg/mol}.$$

Пошто је балон одоздо отворен, притисак у њему ће увек бити атмосферски, а услови задатка прецизирају да се запремина балона не мења са температуром. Неопходно је дакле угрејати ваздух у балону на такву температуру да 400 m³ има масу 297,6 kg, што уврштавањем у једначину идеалног гасног стања даје:

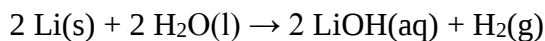
$$pV = nRT \Leftrightarrow pV = \frac{m}{M} RT$$

$$(101 \cdot 10^3 \text{ Pa})(400 \text{ m}^3) = \frac{297,6 \text{ kg}}{2,898 \cdot 10^{-2} \text{ kg/mol}} (8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) T, \quad T = 473 \text{ K}$$

а изражено у Целзијусовим степенима је $t = (473 - 273) \text{ °C} = \boxed{200 \text{ °C}}$.

5. видети 10. задатак из првог разреда

6. Једначина реакције металног литијума са водом је:



Количина раствореног литијума је $\frac{10,5 \text{ g}}{7 \text{ g/mol}} = 1,5 \text{ mol}$. Пошто је маса воде много већа, вода је била присутна у вишку, а у добијеном раствору се налази 1,5 mol LiOH. Пошто је настало и 0,75 mol H₂, укупна маса реакционог система се смањила за $(0,75 \text{ mol}) \cdot (2 \text{ g/mol}) = 1,5 \text{ g}$, односно она је 10,5 g + 500 g – 1,5 g = 509 g. Масени удео литијум-хидроксида у добијеном раствору је:

$$\omega(\text{LiOH}) = \frac{m(\text{LiOH})}{m_p} = \frac{n(\text{LiOH})M(\text{LiOH})}{m_p} = \frac{36 \text{ g}}{509 \text{ g}} = \boxed{7,07\%}.$$

Како је молалност дефинисана као количина растворене супстанце у раствору по килограму растварача, неопходно је израчунати масу воде присутну после реакције. У реакцији је учествовало 1,5 mol воде, односно $(1,5 \text{ mol}) \cdot (18 \text{ g/mol}) = 27 \text{ g}$, што значи да је у добијеном раствору маса воде 500 g – 27 g = 473 g. Молалност раствора литијум-хидроксида је:

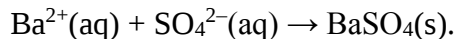
$$b(\text{LiOH}) = \frac{n(\text{LiOH})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1,5 \text{ mol}}{0,473 \text{ kg}} = \boxed{3,17 \text{ mol/kg}}.$$

7. видети 9. задатак из првог разреда

8. Моларне масе састојака смеше су $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ g/mol}$, $M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174 \text{ g/mol}$ и $M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 132 \text{ g/mol}$. Минимална запремина раствора баријум-хлорида неопходна да се засигурно исталоже сви сулфати одговара оном случају када су масени удели састојака смеше такви да је количина сулфата у њој највећа; свака мања запремина од те не таложи засигурно сав сулфат. Пошто све соли садрже мол сулфата по молу соли, количина сулфата у смеси је највећа када је у њој присутна највећа количина соли, а то је кад је смеша састављена од скоро искључиво оне соли која има најмању моларну масу, а то је амонијум-сулфат. Највећа могућа количина сулфата у 1,00 g ове смеше је:

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = \frac{1,00 \text{ g}}{132 \text{ g/mol}} = 7,576 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Једначина реакције таложења сулфата баријумовим јонима је:



Одговарајућа запремина раствора баријум-хлорида је:

$$V(\text{BaCl}_2) = \frac{n(\text{BaCl}_2)}{c(\text{BaCl}_2)} = \frac{n(\text{Ba}^{2+})}{c(\text{BaCl}_2)} = \frac{n(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{BaCl}_2)} = \frac{7,576 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,500 \text{ mol/dm}^3} = \boxed{15,2 \text{ cm}^3}.$$

9. Представимо термохемијске податке једначинама:



Применом Хесовог закона добија се:

$$\Delta_f H(\text{Li}_2(\text{g})) = 2\Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3 - \Delta H_4 = \boxed{216,0 \text{ kJ/mol}}$$

$$D(\text{Li}-\text{Li}) = 2\Delta H_1 - \Delta_f H(\text{Li}_2(\text{g})) = \boxed{102,8 \text{ kJ/mol}}$$

10. Јединице константе брзине реакције дају информације о реду реакције. Приметимо да сати фигуришу као јединица за време у константи брзине која се појављује у табели. Пошто је брзина хемијске реакције дефинисана као промена концентрације неког реактанта или производа у јединици времена, можемо закључити да је погодна јединица за брзину ове хемијске реакције $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{h}}$. Уврстимо јединице у општи израз за брзину ове реакције:

$$v = k \cdot [\text{циклопентадиен}]^n$$

$$k = \frac{v}{[\text{циклопентадиен}]^n} = \frac{\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot \text{h}}{\left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^n}$$

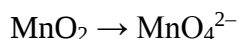
Уколико изједначимо добијени израз са јединицом која је дата у табели можемо решити по n :

$$\frac{\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot \text{h}}{\left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^n} = \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{h}} \Leftrightarrow \frac{\text{mol} \cdot \text{dm}^{3n}}{\text{mol}^n \text{dm}^3 \cdot \text{h}} = \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{h}} \Leftrightarrow \frac{\text{dm}^{3n-3}}{\text{mol}^{n-1} \cdot \text{h}} = \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{h}} \Rightarrow n = 2$$

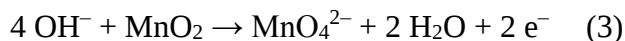
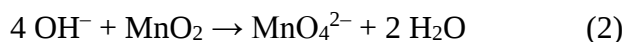
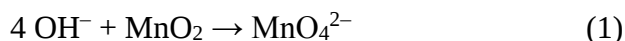
Дакле, ова реакција мора бити другог реда, а одговарајући израз за брзину је $\boxed{\Gamma}$.

11. Једначине реакција оксидо-редукције се могу изједначити користећи више различитих поступака. У наставку следи опис примене методе полуреакција на дате примере.

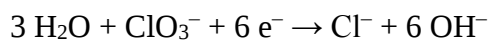
а) Манган-диоксид се оксидује до калијум-манганата, а калијум-хлорат редукује до калијум-хлорида. Основа оксидационе полуреакције је:



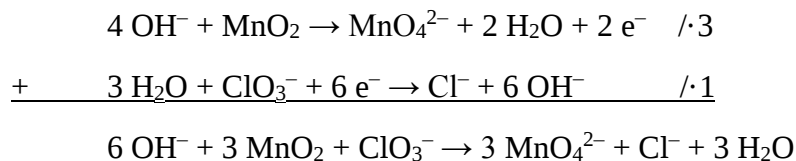
Да би се изједначиле полуреакције у базној воденој средини, поред електрона неопходно је дописати H_2O или OH^- на одговарајућу страну полуреакције. Један од алгоритама који се често примењује у овом случају је да се на ону страну реакције где недостаје кисеоник дода двоструко више хидроксидних јона него што је неопходно да се изједначи кисеоник (1), а затим на другу страну реакције дода онолико молекула воде колико је неопходно да се задовољи атомски биланс (2), а затим се допише одговарајући број електрона (3):



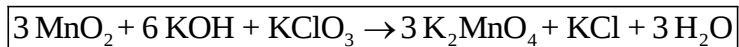
На сличан начин се састави и изједначи и редукциона полуреакција:



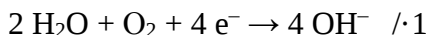
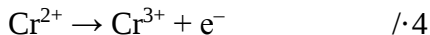
Јонски облик ове оксидоредукције добија се на следећи начин:



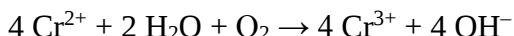
а молекулска једначина се лако добија додавањем одговарајућих контрајона:



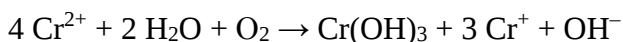
б) Одговарајуће полуреакције су:



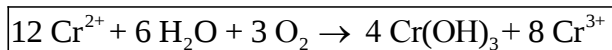
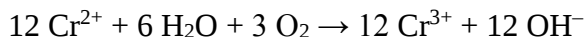
Јонски облик оксидоредукције је:



Уколико напишемо производе тако да се у њима јавља хром(III)-хидроксид добијамо:



а како се у датој једначини не појављују слободни хидроксидни јони на десној страни, све коефицијенте треба помножити најмањим бројем који омогућава да када напишемо хром(III)-хидроксид не преостане више хидроксидних јона. Тај број је 3:



што је тражена једначина.

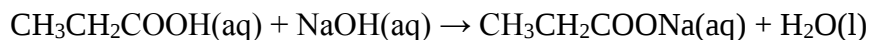
12. Количина наелектрисања које се утроши пропуштањем струје јачине 0,44 А у току 30,0 min је $q = It = (0,44 \text{ A})((30,0 \cdot 60) \text{ s}) = 792 \text{ C}$, што одговара $\frac{792 \text{ C}}{96500 \text{ C/mol}} = 8,21 \cdot 10^{-3} \text{ mole}^-$.

Количина депонованог неодима је $\frac{394 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{144 \text{ g/mol}} = 2,74 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, односно за редукцију мола

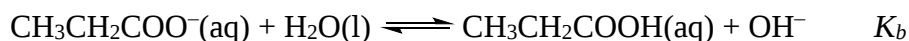
неодима било је неопходно $\frac{8,21 \cdot 10^{-3}}{2,74 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} = 3$ мола електрона. Дакле, оксидациони број

неодима у полазном једињењу морао је бити +3, а такве су само соли а и б.

13. Једначина реакције титрације је:



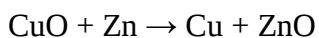
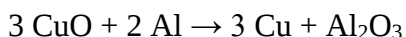
У тачки еквиваленције, до које се стиже после додатка 25,0 cm³ раствора натријум-хидроксида концентрације 0,1 mol/dm³, и тада постоји 50,0 cm³ воденог раствора натријум-пропаноата (пропионата), чији је рН одређен присуством пропаноатног јона, конјуговане базе пропанске киселине:



Константа базности пропаноатног јона добија се као $K_b = K_w/K_a = 7,46 \cdot 10^{-10}$. Имајући у виду да се ради о двоструком разблажењу у односу на почетни раствор, концентрација пропаноата је $0,1 \text{ mol/dm}^3/2 = 0,05 \text{ mol/dm}^3$. Због врло мале константе базности (а тиме и степена дисоцијације), концентрација хидроксидних јона може се израчунати на основу поједностављене формуле (добијене из Оствалдовог закона разблажења при апроксимацији $1 - \alpha \approx 1$): $[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-)} = \sqrt{(7,46 \cdot 10^{-10}) \cdot 0,05} = 6,11 \cdot 10^{-6}$ и рН овог раствора је: $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - \log(6,11 \cdot 10^{-6}) = 8,8$. Ова рН вредност спада у опсег промене боје фенолфталеина ($\square$), те је он најпогоднији индикатор за ову титрацију.

14. видети 19. задатак из првог разреда

15. Једини метал црвенкасте боје је бакар, који се добија као један производ реакције. Други производ реакције је, по свему судећи, амфотерни оксид (на врло великим температурама хидроксиди и соли метала обично нису стабилни – разлажу се на оксиде). Амфотерни оксиди који се могу разматрати су оксиди калаја, олова, цинка, алуминијума, берилијума и бакра. Имајући у виду чињеницу да је реакција изразито егзотермна и да при реакцији нема промене масе, врло је вероватно да се ради о реакцији типа алуминотермије (редукција металног оксида једног метала другим елементарним металом који гради изразито јаке М–О везе). Полазећи одатле, један учесник реакције мора бити оксид бакра, и то мора бити бакар(II)-оксид (који је црн), јер је бакар(I)-оксид црвен. Други учесник је прашкасти елементарни метал, а иако сви наведени метали који граде амфотерне оксиде задовољавају услов да су јача редукциона средства од бакра, највероватније је у питању алуминијум, који због врло јаке Al–О везе има најширу примену у добијању метала мање активних метала, а овај услов донекле може да испуни и елементарни цинк:



Међутим, ако је настало 6,510 g Cu, маса почетног CuO износи $\frac{64+16}{64} \cdot 6,510 \text{ g} = 8,138 \text{ g}$ (0,102 mol), а маса прашкастог метала $10,0 \text{ g} - 8,138 \text{ g} = 1,862 \text{ g}$. Ако би то био цинк, његова количина износила би $(1,862 \text{ g})/(65 \text{ g/mol}) = 0,029 \text{ mol}$, што није довољно да би се наградило 0,102 mol елементарног бакра. Међутим, у случају алуминијума, његова количина у овој маси износила би 0,069 mol, што одговара стехиометријској количини алуминијума неопходној за ову реакцију. Тачни одговори су дакле $\omega(\text{Al}) = (1,862 \text{ g})/(10,00 \text{ g}) = \square{18,62\%}$ и $\omega(\text{CuO}) = (8,138 \text{ g})/(10,00 \text{ g}) = \square{81,38\%}$.

16. видети 1. задатак из првог разреда

17. видети 6. задатак из првог разреда

18. видети 2. задатак из првог разреда

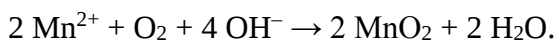
19. видети 3. задатак из првог разреда

20. видети 7. задатак из првог разреда

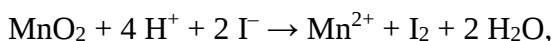
Трећи и четврти разред

1. видети 4. задатак из другог разреда
2. видети 15. задатак из другог разреда
3. видети 10. задатак из другог разреда
4. видети 13. задатак из другог разреда
5. видети 10. задатак из првог разреда
6. видети 1. задатак из првог разреда
7. видети 6. задатак из другог разреда
8. видети 12. задатак из другог разреда
9. видети 11. задатак из другог разреда
10. видети 15. задатак из првог разреда
11. видети 20. задатак из првог разреда

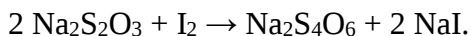
12. За стехиометријску оксидацију Mn^{2+} помоћу раствореног кисеоника до MnO_2 може се саставити и изједначити следећа једначина оксидо-редукциона реакције:



Како је за титрацију са тиосулфатом потребан јод као реактант, можемо закључити да манган-диоксид оксидује додати јодид из натријум-јодида до јода:



а једначина реакције која се одиграва приликом титрације дата је у задатку, а када се изједначи она је:



Пошто 1 mol раствореног кисеоника захтева 2 mol мангана(II) који се цео преводи у манган-диоксид (2 mol), који затим ослобађа 2 mol јода, а пошто је за реакцију са 1 mol јода неопходно 2 mol натријум-тиосулфата, закључујемо да се за сваки мол присутног кисеоника утроше 4 mol натријум-тиосулфата. Количина утрошеног натријум-тиосулфата је:

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = (9,65 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3)(30,10 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3) = 2,905 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

па су количина и маса раствореног кисеоника:

$$n(\text{O}_2) = \frac{n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{4} = \frac{2,905 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{4} = 7,26 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2)M(\text{O}_2) = (7,26 \cdot 10^{-5} \text{ mol}) \cdot (32 \text{ g/mol}) = 2,32 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

а масена концентрација:

$$n(\text{O}_2) = \frac{n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{4} = \frac{2,905 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{4} = 7,26 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\gamma(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{V} = \frac{2,32 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{0,250 \text{ dm}^3} = \boxed{9,29 \text{ mg/dm}^3}.$$

13. видети 9. задатак из другог разреда

14. Разлика у тачки мржњења бензена је $\Delta T_m = 5,276^\circ\text{C} - 5,500^\circ\text{C} = -0,224^\circ\text{C}$. Моларна маса органоалуминијумовог халогенида (OAX) може се добити из израза за криоскопију:

$$\Delta T_m = b \cdot k \Rightarrow \Delta T_m = \frac{n(\text{OAX})}{m(\text{C}_6\text{H}_6)} \cdot k \Rightarrow \Delta T_m = \frac{M(\text{OAX})}{m(\text{C}_6\text{H}_6)} \cdot k$$
$$M(\text{OAX}) = \frac{k}{\Delta T_m} \frac{m(\text{OAX})}{m(\text{C}_6\text{H}_6)} = \frac{-5,57^\circ\text{C kg/mol}}{-0,224^\circ\text{C}} \frac{1,097 \text{ g}}{65,26 \cdot 10^{-3} \text{ kg}} = 418 \text{ g/mol}$$

а затим је x:

$$x = \frac{M(\text{OAX})}{M((\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{AlF})} = \frac{418}{104} = \boxed{4}.$$

15. а) Неопходно је да фотон светлости носи довољно енергије за хомолитичко раскидање Cl–Cl везе. Како је енергија фотона одређена таласном дужином, одговор није тачан.

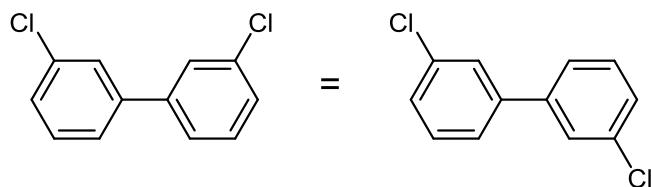
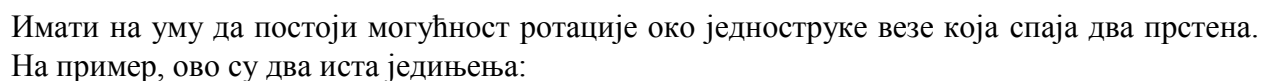
б) За фазу иницијације довољно је да настане одређена количина хлорових радикала, радикалска реакција даље може да тече и без присуства светлости. Одговор није тачан.

в) Да би започела реакција хлоровања метана неопходно је хомолитичко раскидање Cl–Cl везе, а ово се може постићи и на довољно високој температури. Одговор је тачан.

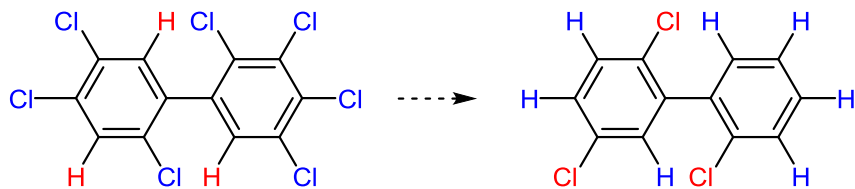
г) Супституисанији угљеници (они који имају мањи број везаних водоникових атома) дају стабилније радикале. Одговор је тачан.

д) У фази терминације радикалске реакције хлоровања метана постоји вероватноћа реакције два метил-радикала, што би дало етан. Одговор је тачан.

16. а) Различитих РСВ који садрже два атома хлора има 12. Од тих дванаест, шест отпада на једињења где су два положаја у истом прстену супституисана хлором, а шест где сваки прстен има по један хлор:

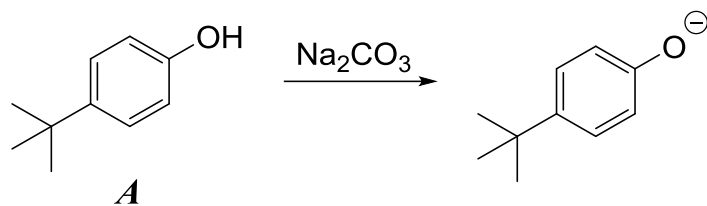


б) На језгру бифенила постоји десет могућих места за супституцију хлором. За сваки хептахлорбифенил постоји један трихлорбифенил који садржи хлорове супституенте на положајима где се у хептахлорбифенилу налазе водоници. На пример:

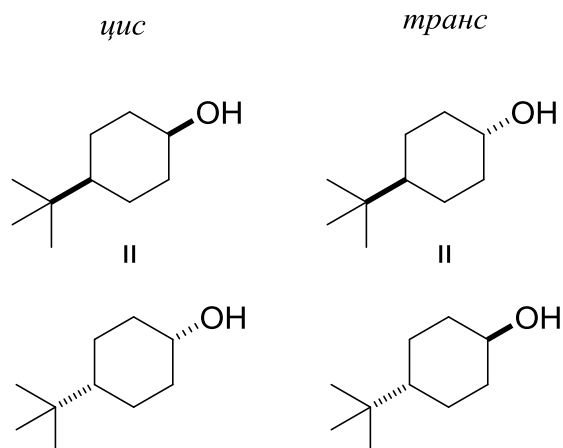


Тачан одговор је дакле $\boxed{3}$.

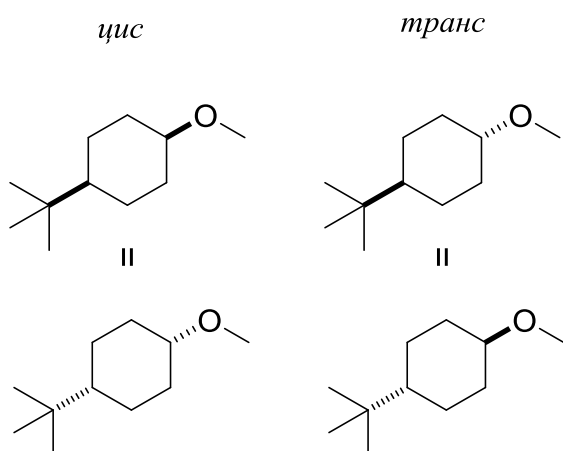
17. Натријум-карбонат је (попут натријум-хидроксида) довољно јака база да депротонује феноле, али не и алкоhole. Дакле, водени слој који садржи супстанцу **A** у ствари садржи депротонован облик *4-терц*-бутилфенола (његов фенолат/феноксид).



Други производ реакције, 4-*терц*-бутилциклохексанол, јавља се у виду два изомера; у једном је међусобни однос *терц*-бутил и алкохолне групе *цис*, а у једном је *транс*:



Додатком натријума у етарски раствор ова два једињења депротонује се алкохолна група (настају алкоксиди), а дејством јодметана долази до реакције супституције познате још и као Вилијамсонова синтеза етара ($\text{RO}^- + \text{CH}_3\text{I} \rightarrow \text{ROCH}_3 + \text{I}^-$). Током ове реакције стереохемија се не мења, једињења **B** и **B** биће изомери; у једном ће међусобни однос *терц*-бутил и метокси групе бити *цис*, а у једном *транс*:



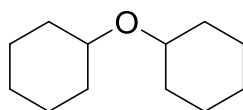
18. Из услова задатка закључујемо да је једињење **K** производ реакције циклохексанола и фосфорне киселине; оно је једињење чија је тачка кључања испод 83 °C и обезбојава Br_2/CCl_4 . Дејством минералних киселина и/или на повишеним температурама алкохоли губе молекул воде. То може да се деси на такав начин да настане алкен, али и одговарајући симетрични етар (за шта су потребна два молекула алкохола и нешто ниже температуре).

Није тешко закључити да је **K** циклохексен. Доњи слој који се заједно са **K** налазио у рецепијенту **B** онда мора бити елиминисана вода (температура на термометру није прелазила 100 °C). Са друге стране, споредни производ реакције једињење **L** има тачку кључања преко 100 °C и не обезбојава Br₂/CCl₄, те је оно дициклохексил-етар.

K =



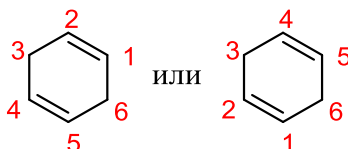
L =



Теоријски принос циклохексена из 100 g циклохексанола је $100 \text{ g} \frac{M(\text{C}_6\text{H}_{10})}{M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O})} = 82 \text{ g}$, па је експериментални принос после фракционе дестилације $\frac{25,3 \text{ g}}{82 \text{ g}} = \boxed{31\%}$.

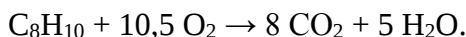
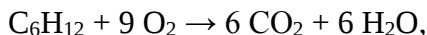
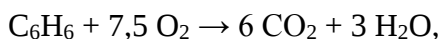
19. 1) Име већег прстена узима се за основу имена. Тачан одговор је **6**.

2) Полазећи од првог угљениковог атома двоструке везе, закључујемо да исправни локанти могу бити једино они дати у одговору **B**.



3) Једињење се мора именовати као алкохол, а не као супституисани алкан (приоритети функционалних група). Ово једињење није циклопентанол. Тачан одговор је **6**.

20. Једначине реакција потпуних сагоревања бензена (C₆H₆), циклохексана (C₆H₁₂) и ксилена (изомерни диметилбензени, C₈H₁₀) су:



Означимо масу бензена са x , а масу циклохексана са y . Количина кисеоника неопходна за сагоревање ове смеше је:

$$7,5n(\text{C}_6\text{H}_6) + 9n(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 7,5 \frac{x}{M(\text{C}_6\text{H}_6)} + 9 \frac{y}{M(\text{C}_6\text{H}_{12})}$$

А количина неопходна за сагоревање узорка исте масе ($x + y$) ксилена је:

$$10,5n(\text{C}_8\text{H}_{10}) = 10,5 \frac{x+y}{M(\text{C}_8\text{H}_{10})}$$

Изједначавањем ових количина добијамо једначину:

$$7,5 \frac{x}{78} + 9 \frac{y}{84} = 10,5 \frac{x+y}{106}$$

из које се може добити $y = 0,359x$, па је однос маса бензена и циклохексана

$$\frac{x}{y} = \frac{x}{0,359x} = \boxed{2,8}.$$