

Међуокружно такмичење из хемије за ученике средњих школа, 10. април 2021.

детаљна решења задатака

Први разред

1. Енергија неопходна за раскидање једне Cl–Cl везе је:

$$E_1 = \frac{E_m}{N_A} = \frac{242000 \text{ J/mol}}{6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 4,03 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Из израза за енергију фотона ($E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, јер је $c = \lambda\nu$) закључујемо да је његова енергија већа што је таласна дужина мања. Највећа таласна дужина фотона који може да раскине једну Cl–Cl везу је дакле једнака енергији ове везе:

$$E_1 = \frac{hc}{\lambda_{\max}} \Leftrightarrow$$

$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{E_1} = \frac{(6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js})(3 \cdot 10^8 \text{ m/s})}{4,033 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 4,92 \cdot 10^{-7} \text{ m} = \boxed{492 \text{ nm}}.$$

2. Како је $6 + 12 + 13 + 7 = 38$, атомски број овог елемента мора бити умножак овог броја. Елемент са $Z = 38$ ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2$) нема f-електроне, а атоми елемента $Z = 114$ ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6 7s^2 5f^{14} 6d^{10} 7p^2$) не задовољавају услов задатка (однос s, p, d и f електрона је 7:16:20:14), те непознати елемент мора бити $Z = 76$ (осмијум), $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^6$.

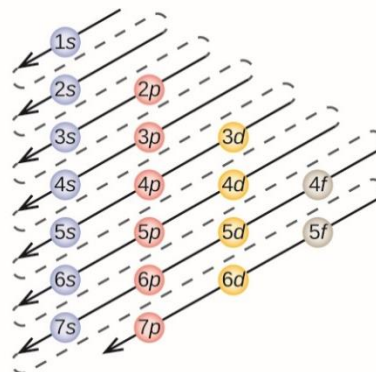
3. Познавајући принцип изградње, односно редослед попуњавања поднивоа (в. слику), закључујемо да је 3d први подниво за који важи $n + l = 5$ ($3 + 2 = 5$). Како се овај ниво попуњава после 4s поднивоа, елементи у чијим се атомима налазе електрони у 3d поднивоу морају припадати четвртој периоди.

4. Атом деутеријума (${}^2_1\text{H}$) садржи један протон, један неутрон и један електрон. Укупна маса ових честица појединачно је:

$$m_1 = m(p^+) + m(n^0) + m(e^-) = 1,00728u + 1,00867u + 0,00055u = 2,0165u$$

Разлика ове масе и реалне масе атома деутеријума даје дефект масе:

$$\Delta m = m_1 - m(\text{D}) = 2,0165u - 2,01355u = 2,95 \cdot 10^{-3}u = 2,95 \cdot 10^{-3} \cdot (1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) = 4,897 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$



Из дефекта масе добијамо енергију везивања помоћу релације $E = mc^2$ *

$$E = \Delta mc^2 = (4,897 \cdot 10^{-30} \text{ kg})(3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 4,4073 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

Имати у виду да се маса мора у једначину унети у килограмима јер је $1 \text{ J} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$. Коначно, добијамо моларну енергију везивања:

$$E_m = E \cdot N_A = (4,897 \cdot 10^{-30} \text{ kg})(6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = \boxed{2,6 \cdot 10^{11} \text{ J/mol}}.$$



Милева и Алберт у Каћу, 1905.

5. Иако је свака следећа узастопна енергија јонизације већа од претходне, нагли „скокови” се уочавају код вредности енергија јонизације које одговарају процесу одвођења првог електрона из нижег потпуно попуњеног електронског нивоа. Електрони тог нивоа не учествују у хемијском везивању, те број валентних електрона можемо одредити као број енергија јонизације до првог „скока”. За елемент E_1 је то 4, за елемент E_2 1, за елемент E_3 5, а за елемент E_4 4. Тачан одговор је дакле **В**.

6. а) У дијаграму атома у основном стању не сме бити празних или полупопуњених поднивоа испод последњег попуњеног поднивоа, а при том се морају поштовати Паулијев принцип искључења и Хундово правило, а овим условима одговара једино дијаграм **II**.

б) Паулијев принцип искључења забрањује постојање електрона с истоветним сетовима квантних бројева. То значи да се у једној орбитали не могу наћи два електрона с истим магнетним спинским бројевима, а то је случај на дијаграму **IV**.

в) Хундово правило прописује да је основно стање неког атома оно у којем је збир магнетних спинских квантних бројева највећи могућ, а такво стање добијамо уколико орбиталама прво припишемо по један електрон истог спина, а тек касније електроне супротног спина. На дијаграму **I** је ово правило нарушено, јер су два електрона спарена у једној 2p орбитали, уместо да су расподељена у две различите 2p орбитале.

7. Енергију кристалне решетке одређује јачина привлачних сила јона у њима. Међу јонима као наелектрисаним честицама успостављају се Кулонове привлачне силе, чији интензитет расте с порастом наелектрисања, а смањује се с порастом растојања између јона ($F \sim \frac{q_1 q_2}{r^2}$). У кристалним решеткама NaF, NaCl и NaBr постоје искључиво једанпут

* Позната је још и као Ајнштајнова релација. Темеље општој еквиваленцији енергије и масе овај научник поставио је у раду објављеном 1905, исте године када је са својом тадашњом супругом Милевом Марић боравио у Каћу.

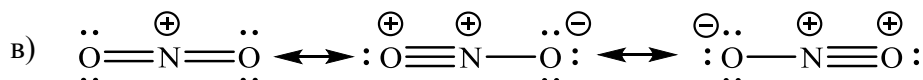
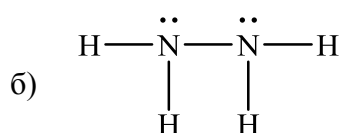
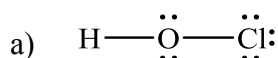
наелектрисани јони (Na^+F^- , Na^+Cl^- , Na^+Br^-). Код MgO и MgS сви јони су два пута наелектрисани ($\text{Mg}^{2+}\text{O}^{2-}$, $\text{Mg}^{2+}\text{S}^{2-}$), али је јонски полупречник сулфида већи од јонског полупречника оксида (један више попуњен енергетски ниво), па је енергија кристалне решетке MgO већа од енергије кристалне решетке MgS . Јонска једињења типа $\text{A}^{2+}\text{B}^{2-}$ по правилу имају веће тачке топљења од једињења типа A^+B^- , јер је производ наелектрисања код $\text{A}^{2+}\text{B}^{2-}$ четири пута већи, док разлике у квадратима јонских пречника не могу направити толику разлику у интензитету јон–јон интеракција.

8. 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;

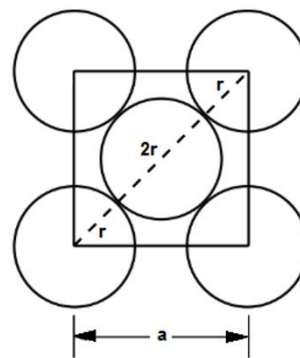
4) ако је преостало још електронских парова, њих доделити атомима који нису постигли октет, трудећи се да максималан број атома постигне октет; 5) након овога одредити формалне шарже присутних атома упоређујући број валентних електрона тог елемента са бројем електрона који само њему „припадају“ у формули. Праћењем ових правила добијамо следеће Луисове структуре:



9. Са слике можемо закључити да је дужина дијагонала једне стране јединичне ћелије површински центриране кубне кристалне решетке једнака четвороструком атомском полупречнику. Знајући да је дијагонала квадрата странице a једнака $a\sqrt{2}$, добијамо:

$$4r = a\sqrt{2}$$

$$r = \frac{a\sqrt{2}}{4} = \frac{(558,8 \text{ pm}) \cdot \sqrt{2}}{4} = \boxed{197,6 \text{ pm}}$$

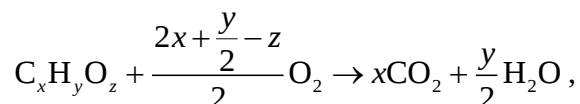


10. Количински однос елемената једињења које садржи 20,8% кисеоника и $100 - 20,8 = 79,2\%$ антимона је:

$$n(\text{Sb}) : n(\text{O}) = \frac{79,2}{122} : \frac{20,8}{16} = 0,64918 : 1,3 \approx 1 : 2$$

па је емпиријска формула овог оксида $\boxed{\text{SbO}_2}$.

11. Уколико неко једињење сагоревањем у атмосфери кисеоника даје искључиво угљен-диоксид и воду, то једињење мора садржати угљеник и водоник, а можда и кисеоник. Општа једначина реакције је:



а знамо да је $x = \frac{y}{2}$, односно $y = 2x$. Општу формулу непознатог једињења зато можемо написати и као $(\text{CH}_2)_n\text{O}_z$; моларна маса овог једињења је онда $14n + 16z$. Из густине пара једињења према азоту можемо утврдити моларну масу (густина пара пропорционална је моларној маси, јер је $pM = \rho RT$):

$$2,14 = \frac{M}{M(\text{N}_2)} \Leftrightarrow M = 2,14M(\text{N}_2) = 2,14 \cdot 28 \approx 60 \text{ g/mol}$$

У случају да једињење не садржи кисеоник ($z = 0$), добијамо да је $n = 3,14$, што је немогуће. У случају да једињење садржи један кисеоников атом ($z = 1$), добијамо да је $n = 2$, па је молекулска формула овог једињења $\boxed{\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2}$. За целобројне вредности $z > 1$ не добија се ни једно смислено решење.

12. Масу угљен-диоксида у неискоришћеној патрони добијамо као разлику маса пуне и празне патроне:

$$m(\text{CO}_2) = 32,14 \text{ g} - 24,04 \text{ g} = 8,10 \text{ g},$$

а запремину простора унутар патроне из масе патроне напуњене водом:

$$V = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})} = \frac{35,14 \text{ g} - 24,04 \text{ g}}{1,00 \text{ g/cm}^3} = 11,10 \text{ cm}^3.$$

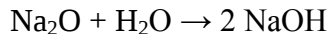


Помоћу ових података, из једначине идеалног гасног стања можемо израчунати притисак унутар неискоришћене патроне:

$$pV = n(\text{CO}_2)RT$$

$$p = \frac{n(\text{CO}_2)RT}{V} = \frac{\frac{8,10 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} \cdot (8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \cdot (20 + 273) \text{ K}}{11,10 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1 \cdot 10^6 \text{ cm}^3}} = \boxed{4,04 \cdot 10^7 \text{ Pa}}.$$

13. У 500 g 10 % растова натријум-хидроксида има 50 g натријум-хидроксида и 450 g воде. Обележимо са x количину натријум-оксида коју треба добити да би се добио 20 % раствор. Додатком натријум-оксида одиграва се реакција са водом у којој настаје натријум-хидроксид:



при чему x mol натријум-оксида даје $2x$ mol натријум-хидроксида, и ово је разлог повећања масеног удела натријум-хидроксида. Маса натријум-хидроксида која том приликом настаје је $2x \cdot (23+16+1) = 2x \cdot 40 = 80x$. Како нема издвајања гасова, маса раствора повећава се за масу додатог натријум-оксида (што је $x \cdot (23 \cdot 2 + 16) = 62x$). По додатку натријум-оксида, масени удео раствора је:

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{раствор})} = \frac{50 \text{ g} + 80x}{500 \text{ g} + 62x}$$

$$0,2 = \frac{50 \text{ g} + 62x}{500 \text{ g} + 62x}$$

$$67,6x = 50$$

$$x = 0,74 \text{ mol}$$

па је маса натријум-оксида коју треба додати $(0,74 \text{ mol})(62 \text{ g/mol}) = 45,88 \text{ g} \approx \boxed{46 \text{ g}}$.

14. На водоник и хелијум отпада $100 - 84 = 16\%$ смеше (масених), а пошто су масени удели ова два гаса једнака, они износе по 8% . Услед сразмере количине и запремине гасова

($pV = nRT$), количински и запремински удели једнаких су вредности. Релативне количине гасова у овој смеси су:

$$n(\text{H}_2) : n(\text{He}) : n(\text{N}_2) = \frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)} : \frac{m(\text{He})}{M(\text{He})} : \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = \frac{8 \text{ g}}{2 \text{ g/mol}} : \frac{8 \text{ g}}{4 \text{ g/mol}} : \frac{84 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 4 : 2 : 3$$

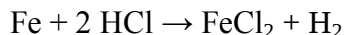
па су количински, односно запремински удели појединих гасова:

$$\varphi(\text{H}_2) = x(\text{H}_2) = \frac{4}{4+2+3} = \boxed{44,4\%},$$

$$\varphi(\text{He}) = x(\text{He}) = \frac{2}{4+2+3} = \boxed{22,2\%},$$

$$\varphi(\text{N}_2) = x(\text{N}_2) = \frac{3}{4+2+3} = \boxed{33,3\%}.$$

15. Узмимо да је добијено 100 g раствора у којем су удели FeCl_2 и хлороводоничне киселине по 10% . То значи да у раствору имамо 10 g FeCl_2 , 10 g HCl и 80 g воде. Будући да се додатком гвожђа у раствор хлороводоничне киселине одвијала реакција:



можемо израчунати масу хлороводоничне киселине која је потрошена у реакцији:

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{FeCl}_2) = 2 \frac{10 \text{ g}}{127 \text{ g/mol}} = 0,1575 \text{ mol}$$

$$m(\text{HCl}) = (0,1575 \text{ mol}) \cdot (36,5 \text{ g/mol}) = 5,748 \text{ g}$$

Пошто вода није учествовала у реакцији, у почетном раствору било је 80 g воде и $10 + 5,748 \text{ g} = 15,748 \text{ g}$ хлороводоничне киселине, па је њен масени удео:

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{HCl})} = \frac{5,748 \text{ g}}{80 \text{ g} + 5,748 \text{ g}} = 6,65\% \approx \boxed{6,7\%}.$$

16. На 10 °C 127 g MnBr_2 раствара се у 100 g воде. На 40 °C 62,8 g MnBr_2 раствара се у 100 – 62,8 g = 37,2 g воде. Ако је припремљено 250 g раствора засићеног на 10 °C, можемо израчунати масу растворене соли у таквом раствору на следећи начин:

$$(127 \text{ g MnBr}_2) : (100 + 127 \text{ g раствора}) = (x \text{ g MnBr}_2) : (250 \text{ g раствора})$$

$$x = \frac{250 \cdot 127}{227} = 139,8678 \text{ g}.$$

па је маса воде у раствору засићеном на 10 °C у ствари $250 - 139,87 \text{ g} = 110,13 \text{ g}$. Израчунајмо сада масу соли коју ова маса воде може растворити на 40 °C:

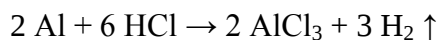
$$(62,8 \text{ g MnBr}_2) : (37,2 \text{ g H}_2\text{O}) = (x \text{ g MnBr}_2) : (110,13 \text{ g H}_2\text{O})$$

$$x = \frac{62,8 \cdot 110,13}{37,2} = 185,9184 \text{ g}.$$

Минимална неопходна маса MnBr_2 да би се и на 40 °C добио засићен раствор је:

$$\Delta m = 185,9184 \text{ g} - 139,8678 \text{ g} = 46,0506 \text{ g} \approx \boxed{46,1 \text{ g}}.$$

17. Узмимо да полазимо од 100 g Al и 100 g BaCO_3 . Реакције које се одигравају дејством хлороводоничне киселине су:



Стехиометријом израчунајмо количине и масе водоника и угљен-диоксида које се добијају:

$$n(\text{H}_2) = \frac{3}{2} n(\text{Al}) = \frac{3}{2} \frac{100 \text{ g}}{27 \text{ g/mol}} = 5,55 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2) = (5,55 \text{ mol}) (2 \text{ g/mol}) = 11,11 \text{ g}$$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{BaCO}_3) = \frac{100 \text{ g}}{197 \text{ g/mol}} = 0,5076 \text{ mol}$$

$$m(\text{CO}_2) = (0,5076 \text{ mol}) (44 \text{ g/mol}) = 22,335 \text{ g}$$

а сада знамо укупну масу издвојених гасова, као и њихову укупну количину, из које можемо израчунати запремину коју заузимају при нормалним условима:

$$m_{\text{ук}} = m(\text{H}_2) + m(\text{CO}_2) = 11,11 \text{ g} + 22,335 \text{ g} = 33,445 \text{ g}$$

$$n_{\text{ук}} = n(\text{H}_2) + n(\text{CO}_2) = 5,55 \text{ mol} + 0,5076 \text{ mol} = 6,0576 \text{ mol}$$

$$V_{\text{ук}} = n_{\text{ук}} \cdot V_m = (6,0576 \text{ mol})(22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}) = 135,69 \text{ dm}^3$$

одакле коначно добијамо густину:

$$\rho = \frac{m_{\text{ук}}}{V_{\text{ук}}} = \frac{33,445 \text{ g}}{135,69 \text{ dm}^3} = 0,2465 \text{ g/dm}^3 \approx \boxed{0,25 \text{ g/dm}^3}.$$

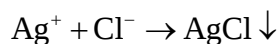
18. Израчунајмо количине присутних реактаната:

$$\begin{array}{ccccc} \text{Ir} & + & 2 \text{ NaCl} & + & 2 \text{ Cl}_2 & \rightarrow \text{Na}_2\text{IrCl}_6 \\ \frac{5,00 \text{ g}}{192 \text{ g/mol}} = & & \frac{3,50 \text{ g}}{58,5 \text{ g/mol}} = & & \frac{1,50 \text{ dm}^3}{22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}} = \\ 0,02604 \text{ mol} & & 0,0598 \text{ mol} & & 0,06696 \text{ mol} \end{array}$$

Из ових количина се може закључити да су натријум-хлорид и хлор присутни у вишку, односно да је иридијумов прах лимитирајући реактант, на основу којег треба рачунати принос. Ово се може утврдити на много начина; нпр. за реакцију са 0,02604 mol Ir неопходно је по $2 \cdot 0,02604 = 0,05208 \text{ mol}$ NaCl и Cl_2 , а у овом случају количине оба та реактанта су веће. Маса Na_2IrCl_6 која се може добити из 0,02604 mol Ir је:

$$\begin{aligned} m(\text{Na}_2\text{IrCl}_6) &= n(\text{Na}_2\text{IrCl}_6)M(\text{Na}_2\text{IrCl}_6) = n(\text{Ir})M(\text{Na}_2\text{IrCl}_6) = (0,02604 \text{ mol})(451 \text{ g/mol}) = \\ &= 11,744 \text{ g} \approx \boxed{11,74 \text{ g}}. \end{aligned}$$

19. Када се из аликвота од $50,00 \text{ cm}^3$ из укупне запремине раствора од $250,0 \text{ cm}^3$ исталоже само хлориди, добија се $0,3869 \text{ g}$ AgCl. Одавде можемо израчунати масу хлорида присутних у узорку и њихов масени удео:



$$n_{\text{ал}}(\text{AgCl}) = \frac{m_{\text{ал}}(\text{AgCl})}{M(\text{AgCl})} = \frac{0,3869 \text{ g}}{143,5 \text{ g/mol}} = 2,696 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

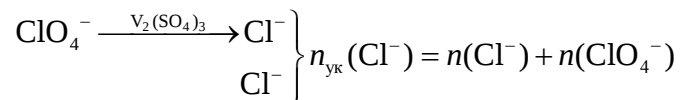
$$n_{\text{ал}}(\text{Cl}^-) = n_{\text{ал}}(\text{AgCl}) = 2,696 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{Cl}^-) = \frac{250,0 \text{ cm}^3}{50,00 \text{ cm}^3} n_{\text{ал}}(\text{Cl}^-) = 5 \cdot (2,696 \cdot 10^{-3} \text{ mol}) = 0,01348 \text{ mol}$$

$$m(\text{Cl}^-) = n(\text{Cl}^-)M(\text{Cl}) = (0,01348 \text{ mol})(35,5 \text{ g/mol}) = 0,47854 \text{ g}$$

$$\omega(\text{Cl}^-) = \frac{m(\text{Cl}^-)}{m(\text{узорак})} = \frac{0,47854 \text{ g}}{2,3412 \text{ g}} = 20,44 \% \approx \boxed{20,4 \%}.$$

Титровањем раствора добијеног обрадом аликвота од 25,00 cm³ ванадијум(III)-окси́дом можемо добити укупну количину перхлората и хлорида у узорку. Пошто већ знамо количину хлорида, можемо израчунати и количину перхлората, одакле добијамо и њихов масени удео:



$$n_{\text{ал}}(\text{Cl}^-) = n(\text{Ag}^+) = n(\text{AgNO}_3) = c(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) = (0,09471 \text{ mol/dm}^3) \left(\frac{27,61}{1000} \text{ dm}^3 \right) =$$

$$= 2,6149 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{ук}}(\text{Cl}^-) = \frac{250,0 \text{ cm}^3}{25,00 \text{ cm}^3} n_{\text{ал}}(\text{Cl}^-) = 10 \cdot (2,6149 \cdot 10^{-3} \text{ mol}) = 0,026149 \text{ mol}$$

$$n(\text{ClO}_4^-) = n_{\text{ук}}(\text{Cl}^-) - n(\text{Cl}^-) = 0,026149 \text{ mol} - 0,01348 \text{ mol} = 0,01267 \text{ mol}$$

$$m(\text{ClO}_4^-) = n(\text{ClO}_4^-) M(\text{ClO}_4^-) = (0,01267 \text{ mol})(99,5 \text{ g/mol}) = 1,2607 \text{ g}$$

$$\omega(\text{ClO}_4^-) = \frac{m(\text{ClO}_4^-)}{m(\text{узорак})} = \frac{1,2607 \text{ g}}{2,3412 \text{ g}} = 53,848 \% \approx \boxed{53,8\%}.$$

20. Једино једињење у којем постоје водоникови атоми везани за врло електронегативан атом (азот, кисеоник, флуор) је C₃H₇NH₂, те је тачан одговор Г.

Други разред

1. видети 12. задатак из првог разреда

2. Можемо прво израчунати масу водонепропусног филма:

$$m([(\text{CH}_3)_2\text{SiO}]_n) = \rho V = \rho A d = (1 \text{ g/cm}^3)(100 \text{ cm} \cdot 200 \text{ cm}) \left(300 \cdot 6 \text{ \AA} \frac{10^{-8} \text{ cm}}{1 \text{ \AA}} \right) = 0,36 \text{ g}.$$

Количина полимера у овој маси је:

$$n([(\text{CH}_3)_2\text{SiO}]_n) = \frac{m([(\text{CH}_3)_2\text{SiO}]_n)}{M([(\text{CH}_3)_2\text{SiO}]_n)} = \frac{0,36 \text{ g}}{74n}.$$

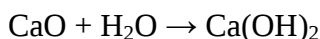
Како један молекул полимера настаје из n молекула $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$, количина $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$ је:

$$n((\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2) = n \cdot n([(\text{CH}_3)_2\text{SiO}]_n) = n \cdot \frac{0,36}{74n} = \frac{0,36}{74} = 4,865 \cdot 10^{-3} \text{ mol},$$

а његова маса:

$$m((\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2) = n((\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2) M((\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2) = (4,865 \cdot 10^{-3} \text{ mol})(129 \text{ g/mol}) = 0,6276 \text{ g} \approx \boxed{0,63 \text{ g}}.$$

3. Негашени креч је калцијум-оксид. Једначина реакције која се одиграва је:



Стандардна енталпија ове реакције добија се као:

$$\Delta_r H^\circ = \Delta_f H^\circ(\text{Ca(OH)}_2(s)) - \{ \Delta_f H^\circ(\text{CaO}(s)) + \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}(l)) \} = -986,6 \text{ kJ/mol} - (-634,3 \text{ kJ/mol} - 285,8 \text{ kJ/mol}) = -66,5 \text{ kJ/mol}.$$

Количина негашеног креча је:

$$n(\text{CaO}) = \frac{m(\text{CaO})}{M(\text{CaO})} = \frac{1000 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}} = 17,86 \text{ mol}$$

а количина издвојене топлоте:

$$Q = (66,5 \text{ kJ/mol}) \cdot 17,86 \text{ mol} = 1188 \text{ kJ} \approx \boxed{1,19 \text{ MJ}}.$$

4. видети 9. задатак из првог разреда

5. Узмимо да полазимо од по 1 mol водоника и јода.

	H_2	+	I_2	$\rightleftharpoons$	2HI
почетна количина	1		1		0
промена	$-x$		$-x$		$+2x$
равнотежна количина	$1-x$		$1-x$		$2x$

Уврштавањем равнотежних количина у израз за константу равнотеже добијамо квадратну једначину по x :

$$K = 4x^2 / (1-x)^2$$

$$70 = 4x^2 / (1-x)^2$$

Решење је $x=0,807$ односно $1-x=0,193$. Дакле, проценат неизреагованог јода после успостављања равнотеже је 19%

6. видети 1. задатак из првог разреда

7. Будући да испред BrO^- стоји коефицијент 3, а испред Br^- коефицијент 2, и како су обе брзине исказане као промена концентрације у јединици времена (без корекције за коефицијенте), вредност константе брзине зависи од коефицијента врсте преко које се исказује брзина, па је вредност константе брзине $\frac{\Delta[\text{Br}^-]}{\Delta t}$ једнака

$$\frac{2}{3} (0,056 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}) = \boxed{0,037 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}}.$$

8. видети 2. задатак из првог разреда

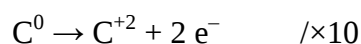
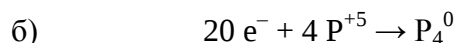
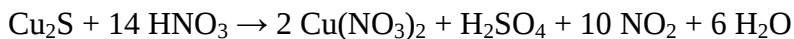
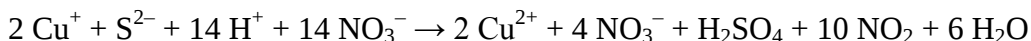
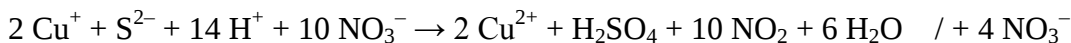
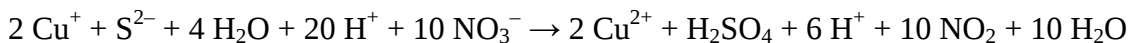
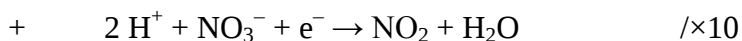
9. видети 19. задатак из првог разреда

10. Количинска концентрација цијановодоничне киселине у овом раствору је $\frac{1,40 \text{ g/dm}^3}{M(\text{HCN})} = \frac{1,40 \text{ g/dm}^3}{28 \text{ g/mol}} = 0,05 \text{ mol/dm}^3$. Како је константа киселости ове киселине врло

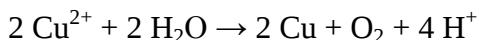
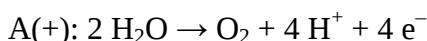
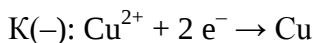
мала, можемо применити упрошћен израз за израчунавање концентрације водоникових јона код слабих киселина:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K \cdot c} = \sqrt{6,2 \cdot 10^{-10} \cdot 0,05} = 5,57 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = \boxed{5,25}.$$



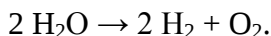
12. Приликом електролизе воденог раствора бакар(II)-сулфата, на катоди се врши редукција бакра(II) до металног бакра, а на аноди оксидација воде до кисеоника:



Количина бакар(II)-сулфата у почетном раствору је:

$$n(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{\omega(\text{CuSO}_4) \cdot m_p}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{0,08 \cdot 400 \text{ g}}{160 \text{ g/mol}} = 0,2 \text{ mol}.$$

Да је целокупна количина јона бакра редукована, добили бисмо $(0,2 \text{ mol}) \cdot (64 \text{ g/mol}) = 12,8 \text{ g}$ металног бакра, а издвојило би се и $(0,1 \text{ mol}) \cdot (32 \text{ g/mol}) = 3,2 \text{ g}$ гасовитог кисеоника. Тиме би се маса раствора смањила за 16 g, што је мање од 20,5 g. То значи да је електролиза вршена све док се сав бакар(II) није редуковао, а затим је настављено с електролизом воде:



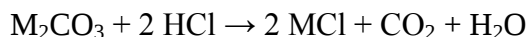
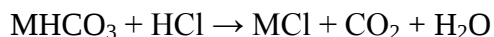
Маса воде која је подвргнута електролизи износи $20,5 - 12,8 - 3,2 = 4,5 \text{ g}$. Сумпорне киселине има онолико колико има заосталих сулфата, а то је 0,2 mol, односно 19,6 g. Масени удео сумпорне киселине по завршетку електролизе износи:

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{19,6 \text{ g}}{400 \text{ g} - 20,5 \text{ g}} = 5,16 \% = \boxed{5,2 \%}.$$

13. видети 7. задатак из првог разреда

14. видети 5. задатак из првог разреда

15. Опште једначине реакција су:



Приметимо да је за добијање 1 mol угљен-диоксида потребна већа маса карбоната него бикарбоната. Количина издвојеног угљен-диоксида је $\frac{30,8 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0,7 \text{ mol}$. Да је у полазних

69,8 g само бикарбонат, моларна маса бикарбоната била би $\frac{69,8 \text{ g}}{0,7 \text{ mol}} = 99,7 \text{ g/mol}$, одакле

добијамо да би моларна маса непознатог елемента била $99,7 - 61 = 38,7 \text{ g/mol}$. Да је у полазних 69,8 g само карбонат, моларна маса непознатог елемента била $\frac{99,7 - 60}{2} = 19,9 \text{ g/mol}$. Једини алкални метал чија моларна маса је између 19,9 и 38,7 g/mol

је натријум, те смеша мора бити састављена из натријум-бикарбоната и натријум-карбоната. Означимо количину натријум-бикарбоната са x , натријум-карбоната са y . Тада можемо поставити систем једначина:

$$84x + 106y = 69,8$$

$$x + y = 0,7$$

чија решења су $x = 0,2 \text{ mol}$ и $y = 0,5 \text{ mol}$. Масени удели натријум-бикарбоната и натријум-карбоната у смеси су:

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{n(\text{NaHCO}_3)M(\text{NaHCO}_3)}{69,8 \text{ g}} = \frac{(0,2 \text{ mol}) \cdot (84 \text{ g/mol})}{69,8 \text{ g}} = 24,07 \% \approx \boxed{24,1 \%},$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{69,8 \text{ g}} = \frac{(0,5 \text{ mol}) \cdot (106 \text{ g/mol})}{69,8 \text{ g}} = 75,93 \% \approx \boxed{75,9 \%}.$$

16. а) Црвени фосфор је полимерне структуре. Ова тврдња није тачна.

б) Ова тврдња је тачна.

в) Водоник-пероксид је слаба киселина. Ова тврдња није тачна.

г) Упаравањем водених раствора хидрогенсулфита добијају се одговарајуће метабисулфитне (дисулфитне) соли, $S_2O_5^{2-}$. Ова тврдња није тачна.

д) Ова тврдња је тачна.

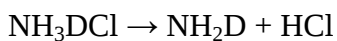
ђ) Позната су многа једињења племенитих гасова, нарочито с реактивним елементима као што је флуор. Ова тврдња није тачна.

17. видети 11. задатак из првог разреда

18. Амонијум-хлорид се термички распада дајући амонијак и хлороводоник:



Атом водоника у молекулу хлороводоника може бити било који од четири атома иницијално присутних у амонијум-јону. У случају једињења NH_3DCl , атом деутеријума се може наћи у било којем од два производа распада:



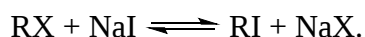
тако да су молекулске формуле гасова који чине смешу производа разлагања NH_3 , NH_2D , DCl и HCl .

19. видети 10. задатак из првог разреда

20. видети 8. задатак из првог разреда

Трећи и четврти разред

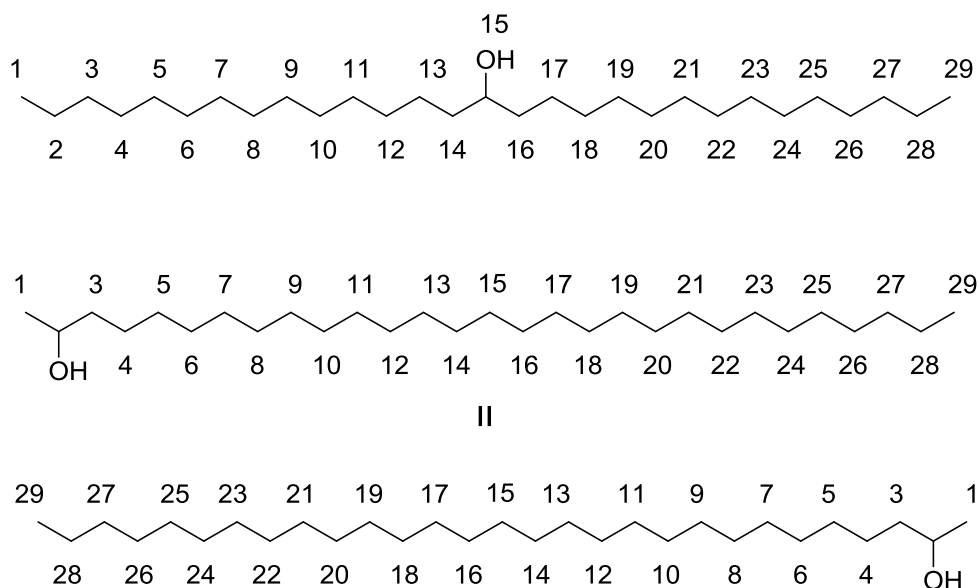
1. видети 18. задатак из другог разреда
2. видети 19. задатак из првог разреда
3. видети 1. задатак из првог разреда
4. видети 8. задатак из првог разреда
5. видети 7. задатак из другог разреда
6. видети 15. задатак из другог разреда
7. видети 11. задатак из првог разреда
8. видети 3. задатак из другог разреда
9. видети 5. задатак из другог разреда
10. видети 11. задатак из другог разреда
11. видети 10. задатак из другог разреда
12. видети 16. задатак из другог разреда
13. видети 12. задатак из другог разреда
14. видети 12. задатак из првог разреда
15. 1) У реакцији с натријум-јодидом, неки халогеналкани подлежу реакцији супституције:



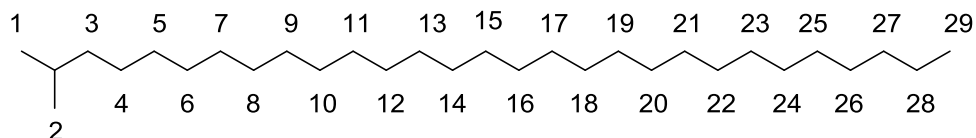
Одвијање ове реакције потпомаже разлика у растворљивости натријум-халогенида у ацетону; док је натријум-јодид добро растворан, натријум-хлорид и натријум-бромид нису и издвајају се као талог, померајући равнотежу у десно. Како се ова реакција одвија по $\text{S}_{\text{N}}2$ механизму, најбрже ће реаговати примарни алкил-халогениди, и то алкил-бромиди брже од алкил-хлорида, јер је бром боља одлазећа група, па је одговор на питање под а 2. Терцијарни алкил-халогениди уопште не реагују у $\text{S}_{\text{N}}2$ реакцијама, па је одговор на питање под б 4.

2) Халогеналкани који могу да дају терцијарне и секундарне карбокатјоне најбрже реагују са сребро-нитратом; у реакцији интермедијерних карбокатјона са молекулом растварача (етанолом) на крају се добијају етри, а издваја се и одговарајући сребро-халогенид као талог. У овој реакцији ће по $\text{S}_{\text{N}}1$ механизму најбрже реаговати терцијарни алкил-халогениди, па је одговор на питање под г 4. Супротно томе, најспорије ће реаговати примарни алкил-халогениди, и то алкил-хлориди спорије од алкил-бромиди, па је одговор на питање под д 1.

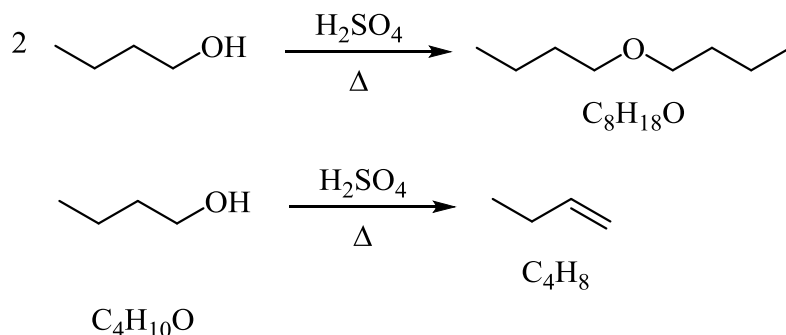
16. а) Супституцијом једног водоника хидроксилном групом на сваком секундарном угљенику у нонакозану сем оног у положају 15 могу настати два енантиомера сваког изомера положаја, и то јер на тај начин настају хирални угљеникови атоми (поседују четири различита супституента). Супституцијом у положају 15 настаје изомер који није оптички активан, јер је угљеник 15 супституисан са два идентична алкил (тетрадецил) низа. При том, положаји 2 и 28 нонакозана су идентични, као и 3 и 27 итд. То значи да може настати укупно 13 различитих оптички активних изомера положаја и један оптички неактиван изомер положаја, те је укупан број различитих алкохола који настају $13 \cdot 2 + 1 = \boxed{27}$.



б) У молекулу 2-метилнонакозана постоји 26 различитих секундарних угљеникових атома (положаји 3–28), на сваком од којих се може десити супституција водоника хидроксилном групом, и сваком супституцијом се могу добити два различита енантиомера, јер овај молекул за разлику од нонакозана није симетричан. Број различитих алкохола је $26 \cdot 2 = \boxed{52}$.



17. Дехидратацијом алкохола могу настати алкени или етри. Апаратура која се користи за извођење реакције сугерише да се одвија реакција дехидратације. Како се као главни производ добија једињење које има високу тачку кључања (140–142 °C), описани поступак је процедура за синтезу дибутил-етра из 1-бутанола, при чему такође може настати и одређена количина елиминационог производа, 1-бутена:



Теоријски принос дибутил-етра полазећи од 20 g 1-бутанола је:

$$\begin{aligned}
 m(\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}) &= n(\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O})M(\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}) = \frac{n(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O})}{2}M(\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}) = \\
 &= \frac{20 \text{ g}}{74 \text{ g/mol}} \cdot 130 \text{ g/mol} = 17,57 \text{ g}
 \end{aligned}$$

па је процентни принос $\frac{10 \text{ g}}{17,57 \text{ g}} = \boxed{57\%}$. Највише 1-бутена могло је да настане претпостављајући да је сав 1-бутанол који није дао етар дехидратисан до 1-бутена. Количина 1-бутанола која је била неопходна да се награди 10 g етра је:

$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}) = 2n(\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}) = 2 \frac{10 \text{ g}}{130 \text{ g/mol}} = 0,1538 \text{ mol.}$$

Укупна количина 1-бутанола на почетку реакције била је:

$$n_{\text{ук}}(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}) = \frac{20 \text{ g}}{74 \text{ g/mol}} = 0,2703 \text{ mol.}$$

Максимална количина 1-бутена која је могла да настане одговара разлици ове две количине:

$$n(\text{C}_4\text{H}_8) = \Delta n(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}) = 0,2703 \text{ mol} - 0,1538 \text{ mol} = 0,1165 \text{ mol}$$

$$\text{што одговара маси од } (0,1165 \text{ mol}) \cdot (56 \text{ g/mol}) = \boxed{6,52 \text{ g}}.$$

18. Број конјугованих двоструких веза (n) у амфотерицину је 7, а број супституената на конјугованом систему (x) 2 (почетак и крај система). Слично, за нистатин $n = 4$ и $x = 2$, а за филипин III $n = 5$ и $x = 3$. Вредности максимума апсорпције које добијамо уврштавањем у упрошћену Физер-Кунову једначину су за амфотерицин, нистатин и филипин III 376,7 nm, 288,8 nm и 326,5 nm, па је таласна дужина максимума апсорпције амфотерицина $\boxed{383 \text{ nm}}$, нистатина $\boxed{294 \text{ nm}}$, а филипина III $\boxed{320 \text{ nm}}$.

19. Густина дибромхлорметана (CHClBr_2) може се апроксимирати на много начина. На пример, можемо израчунати ефекат супституције једног хлоровог атома бромом као разлику густина CHCl_2Br и CHCl_3 , и она износи $1,98 - 1,49 = 0,49 \text{ g/cm}^3$. Густина CHClBr_2 би онда требала бити $1,98 + 0,49 = 2,47 \text{ g/cm}^3$, а густина CHBr_3 $2,47 + 0,49 = 2,96 \text{ g/cm}^3$, што је блиско реалној вредности од $2,89 \text{ g/cm}^3$. Нешто тачнија вредност густине CHClBr_2 може се добити уколико искажемо допринос хлора и брома густини као трећине густина CHCl_3 , односно CHBr_3 . На тај начин, густина CHClBr_2 била би $1 \cdot \frac{\rho(\text{CHCl}_3)}{3} + 2 \cdot \frac{\rho(\text{CHBr}_3)}{3} = \frac{1,49}{3} + 2 \cdot \frac{2,89}{3} = 2,42 \text{ g/cm}^3$. Овај начин даје и врло добру вредност за познату густину CHCl_2Br , $2 \cdot \frac{\rho(\text{CHCl}_3)}{3} + 1 \cdot \frac{\rho(\text{CHBr}_3)}{3} = 2 \cdot \frac{1,49}{3} + \frac{2,89}{3} = 1,96 \text{ g/cm}^3$. Постоји и изузетно добра корелација моларних маса ових једињења са њиховом густином.

20. Испарљиво уље А мора садржати вишеструку везу која реагује с бромном водом. Будући да стиракс балзам садржи велике количине циметне киселине, можемо претпоставити да загревањем ове киселине у присуству калијум-хидроксида долази до њене декарбоксилације (сетите се лабораторијског добијања метана и бензена); производ ове реакције био би стирен (винилбензен), који свој тривијални назив дугује управо стиракс балзаму. Стирен је дакле једињење А. За разлику од реакције са бромом у растварачу попут угљен-тетрахлорида, реакцијом бромне воде с алкенима не настају дибром-деривати, већ тзв. бромхидрини, једињења која поседују и алкохолну групу. Ово је једињење Б. Бромхидрини настају преко интермедијерних бромонијум-јона, које отварају молекули воде (нуклеофили), и то на више супституисаном угљениковом атому, који је парцијално позитивнији (електрофилнији). Пошто В не реагује с бромном водом, оно нема двоструких веза, али пошто има исти састав као и једињење А, једињење В мора бити полимер чији мономер је стирен (полистирен), а калај(IV)-хлорид дакле игра улогу иницијатора полимеризације.

