

Међуокружно такмичење из хемије за ученике средњих школа, 14. април 2018.

детаљна решења задатака

Први разред

1. Заменом вредности у Ридберговој формули добијамо:

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = (2^2) (1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}) \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = 3,291 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

што се, имајући на уму релацију $c = \lambda \nu$, може уврстити у израз за енергију фотона:

$$E = h\nu = hc \frac{1}{\lambda} = (6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}) (3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) (3,291 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}) = 6,536 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

Како је ово енергија једног фотона, енергија једног мола фотона добија се множењем ове енергије са Авогадровим бројем:

$$E_m = (6,536 \cdot 10^{-18} \text{ J}) (6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 3,92 \cdot 10^6 \text{ J/mol} = \boxed{3,92 \cdot 10^3 \text{ kJ/mol}}.$$

2. Како атомски полупречник опада у периодама (због пораста привлачних сила између језгра и електронског омотача), а расте у групама (због попуњавања нових електронских нивоа), елемент с најмањим атомским полупречником мора се налазити на крају прве периоде, а то је **хелијум**.

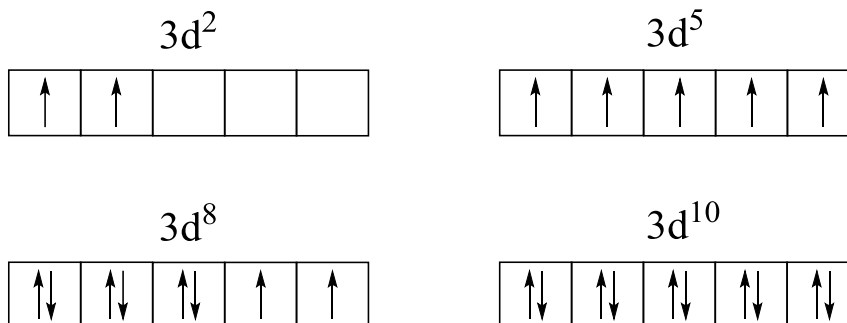
3. а) Електронске конфигурације I и II нису у складу са Хундовим правилом (а оно мора важити за атоме у основном стању). Код електронске конфигурације III попуњавање пр нивоа настављено је иако нижи енергијом ps ниво није сасвим попуњен. Тачан одговор је дакле **IV**.

б) Атом с највећим магнетним моментом мора имати највећи број неспарених електрона, а то одговара конфигурацији **III**.

4. Из масеног спектра очигледно је да се природна изотопска смеша цирконијума састоји из ^{90}Zr , ^{91}Zr , ^{92}Zr , ^{94}Zr и ^{96}Zr . Релативна атомска маса цирконијума добија се сабирањем доприноса сваког од ових изотопа спрам њихове заступљености, а њихове заступљености је неопходно прерачунати на укупну вредност од 100%, с обзиром да вредности релативних заступљености из масеног спектра не дају у збиру 100%, већ 194,1%:

$$\begin{aligned} A_r(\text{Zr}) &= \chi(^{90}\text{Zr})A_r(^{90}\text{Zr}) + \chi(^{91}\text{Zr})A_r(^{91}\text{Zr}) + \chi(^{92}\text{Zr})A_r(^{92}\text{Zr}) + \chi(^{94}\text{Zr})A_r(^{94}\text{Zr}) + \chi(^{96}\text{Zr})A_r(^{96}\text{Zr}) = \\ &= \frac{100,0\%}{194,1\%} 90 + \frac{21,7\%}{194,1\%} 91 + \frac{33,2\%}{194,1\%} 92 + \frac{33,8\%}{194,1\%} 94 + \frac{5,4\%}{194,1\%} 96 = \boxed{91,3}. \end{aligned}$$

5. Тако описан елемент садржи један или више (а највише 10) електрона у 3d поднивоу. Имајући у виду Хундово правило, односно чињеницу да се у основном стању свакој орбитали неког поднивоа прво додељује по један електрон, а тек онда још један (антипаралелног спина), свака од конфигурација где 3d подниво садржи 1–9 електрона (примери испод) садржи уједно и бар један неспарени електрон, те ти елементи не могу бити дијамагнетни. Једино када је 3d подниво у потпуности попуњен добијамо електронску конфигурацију дијамагнетног елемента, јер су тада сви електрони спарени. Одговарајућа електронска конфигурација је дакле $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$, а овај елемент је цинк.



6. Хипотетички диполни моменат у 100% јонском литијум-хидриду (μ_0) може се израчунати као:

$$\mu_0 = ql(\text{Li} - \text{H}) = (1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C})(1,596 \cdot 10^{-10} \text{ m}) = 2,557 \cdot 10^{-29} \text{ C} \cdot \text{m}$$

Јонски карактер везе (I) у литијум-хидриду добија се дељењем стварног диполног момента (μ) са хипотетичким:

$$I = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{1,964 \cdot 10^{-29} \text{ C} \cdot \text{m}}{2,557 \cdot 10^{-29} \text{ C} \cdot \text{m}} = \boxed{76,8\%}$$

7. Први начин:

Количина ксенона у узорку је:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{(2,50 \cdot 10^6 \text{ Pa})(7,50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3)}{(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(16,0 + 273 \text{ K})} = 7,8036 \text{ mmol}$$

Притисак оволико ксенона на 16,0 °C у суду од 1,0 L је:

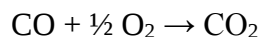
$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{(7,8036 \cdot 10^{-3} \text{ mol})(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(16,0 + 273 \text{ K})}{1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = \boxed{18,75 \text{ kPa}}$$

Други начин:

С обзиром да се ова промена дешава на истом узорку и истој почетној и крајњој температури, применом Бојл-Мариотовог закона лако се добија:

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{(2,50 \cdot 10^6 \text{ Pa})(7,5 \cdot 10^{-3} \text{ L})}{1,0 \text{ L}} = \boxed{18,75 \text{ kPa}}.$$

8. Означимо почетне количине угљеник(II)-оксида са x и кисеоника са y . Дешава се сагоревање угљеник(II)-оксида по једначини:



Пошто су количине два гаса на почетку непознате, не знамо да ли у вишку остаје угљеник(II)-оксид или кисеоник. У случају да је угљеник(II)-оксид у вишку, у гасној смеси ће се након реакције налазити угљеник(II)-оксид и угљеник(IV)-оксид. У случају да је кисеоник у вишку, у гасној смеси ће се након реакције налазити кисеоник и угљеник(IV)-оксид. Смеше угљеник(II)-оксида и угљеник(IV)-оксида могу имати просечне молекулске масе у опсегу 28 до 44 g/mol, а смеше кисеоника и угљеник(IV)-оксида у опсегу 32 до 44 g/mol. Како је просечна молекулска маса овде 30,51 g/mol, у почетној гасној смеси сигурно је угљеник(II)-оксид био у вишку, а сав кисеоник је изреаговао:

	CO	+	$\frac{1}{2} \text{O}_2$	$\rightleftharpoons$	CO ₂
почетна количина	x		y		0
промена	$-2y$		$-y$		$+2y$
количина након реакције	$x - 2y$		0		$2y$

Израз за просечну молекулску масу добијене смеше је:

$$\overline{M} = \frac{n(\text{CO})}{n_{\text{укупно}}} M(\text{CO}) + \frac{n(\text{CO}_2)}{n_{\text{укупно}}} M(\text{CO}_2)$$

Заменом вредности добијамо:

$$30,51 = \frac{x - 2y}{x - 2y + 2y} 28 + \frac{2y}{x - 2y + 2y} 44 \Leftrightarrow$$

$$30,51 = \frac{x - 2y}{x} 28 + \frac{2y}{x} 44$$

одакле се добија да је $x = 12,749y$. Пошто су количински удели пропорционални запреминским (Авогадров закон), састав почетне смеше је:

$$\varphi(\text{CO}) = \frac{x}{x + y} = \frac{x}{x + \frac{1}{12,749} x} = \boxed{92,7\%},$$

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{y}{x + y} = \frac{y}{y + 12,749y} = \boxed{7,3\%}.$$

9. Општа формула оксида метала M оксидационог броја $+n$ је M_2O_n (није важно што за неке појединачне случајеве не представља верно најпростији однос броја атома метала и кисеоника с обзиром да нам је у овом задатку познат однос маса елемената у њему). Овај оксид садржи 47,1% кисеоника и $100 - 47,1 = 52,9\%$ метала (масених). Ако са M означимо атомску масу непознатог метала, можемо однос количина метала и кисеоника изразити на следећи начин:

$$\frac{n(M)}{n(O)} = \frac{2}{n} = \frac{\frac{\omega(M)}{M}}{\frac{\omega(O)}{M(O)}}$$

и након замене вредности добити:

$$\frac{2}{n} = \frac{\frac{52,9}{M}}{\frac{47,1}{16}}$$

одакле се добија $M = 8,99n$. Како немамо додатних података, морамо израчунати различите вредности за M које се добијају за смислене вредности n и установити да ли одговарају неком металу:

n	M	метал
1	9	Be – немогуће ($n \neq 1$)
2	18	–
3	27	Al
4	36	–
5	45	Sc – немогуће ($n \neq 5$)
6	54	–
7	63	–

Дакле, ради се о алуминијум-оксиду, Al_2O_3 .

10. а) Количина натријум-хлорида у датом раствору може се добити решавањем система који дају дефиниција молалности (1) и маса раствора (2):

$$(1) \quad b = \frac{n(NaCl)}{m(H_2O)}$$

$$(2) \quad m_p = n(NaCl)M(NaCl) + 1000m(H_2O)$$

који треба решити по $n(NaCl)$ и $m(H_2O)$, док су остале вредности константе или познате. Обратити пажњу да у овако написаном систему $m(H_2O)$ фигурише у килограмима, а m_p у грамима. Његовим решавањем добија се $m(H_2O) = 7,456 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$ и $n(NaCl) = 7,456 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, одакле се добија $N(NaCl) = n(NaCl) \cdot N_A = 0,436 \text{ g}$. Како је количина хлоридних јона једнака количини натријум-хлорида, следи да је $N(Cl^-) = \boxed{4,5 \cdot 10^{21}}$.

б) Број хлоридних јона се у овом случају добија као:

$$N(\text{Cl}^-) = N(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl})N_A = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} N_A = \frac{0,40 \text{ g}}{58,5 \text{ g mol}^{-1}} 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = \boxed{4,1 \cdot 10^{21}}.$$

11. На 185 m^2 травњака неопходно је нанети $\frac{185 \text{ m}^2}{100 \text{ m}^2} 0,500 \text{ kg} = 0,925 \text{ kg}$ азота. Задатак се

сада своди на проналажење масе амонијум-сулфата у којој се налази $0,925 \text{ kg}$ азота. Како један мол амонијум-сулфата садржи два мола азота, можемо написати:

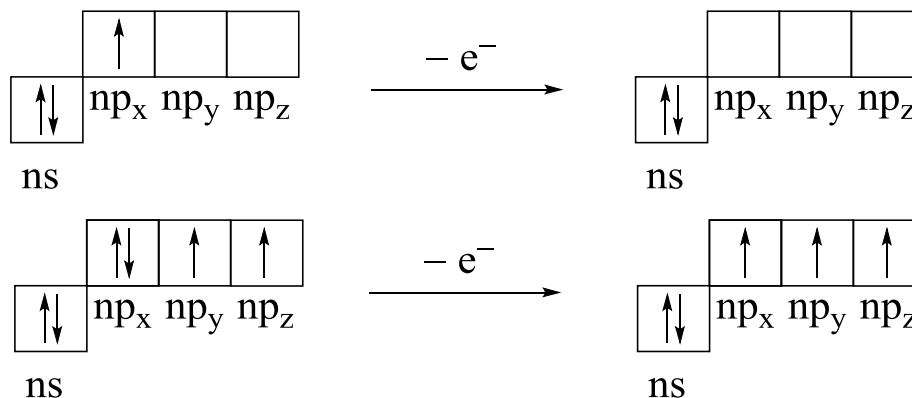
$$\begin{aligned} m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) &= n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{N})}{2} M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = \\ &= \frac{m(\text{N})}{2M(\text{N})} M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = \frac{0,925 \text{ kg}}{2 \cdot 14 \text{ g/mol}} 132 \text{ g/mol} = \boxed{4,36 \text{ kg}}. \end{aligned}$$

12. Постоје четири основна типа чврстих супстанци: молекулске, металне, јонске и ковалентне мреже. Молекулске чврсте супстанце попут еикозана ($\text{C}_{20}\text{H}_{42}$) сачињене су из дискретних молекула које на окупу држе само међумолекулске силе, те ове супстанце имају најниже тачке топљења. Уколико је неопходно упоредити две молекулске чврсте супстанце, треба утврдити типове међумолекулских сила које се јављају; оне са водоничном везом топе се на већим температурама од оних код којих се јављају искључиво слабије Ван дер Валсове силе. Металне чврсте супстанце попут натријума састоје се из јона метала опкољених делокализованим електронима и обично имају веће тачке топљења од молекулских. Јонске чврсте супстанце попут натријум-хлорида сачињене су из позитивних и негативних јона које на окупу држе снажне електростатичке интеракције, а њихове тачке топљења су веће од металних чврстих супстанци. По правилу, највеће тачке топљења имају супстанце које се јављају у облику огромних мрежа ковалентно везаних атома. Најпознатији примери оваквих супстанци су кварц (SiO_2) и дијамант, те се може закључити да је и силицијум-карбид (SiC) овакво једињење. Тачне вредности тачки топљења ових једињења су 38°C за еикозан, 98°C за натријум, 801°C за натријум-хлорид и 2730°C за силицијум-карбид.

13. Из услова задатака може се добити мноштво података. Како у валентном нивоу има само s- и p-електроне, а поседује метална својства, то мора бити p-метал. Уједно мора имати и непаран атомски број, а тиме и непаран број електрона, тако да су могуће следеће конфигурације валентног нивоа: $ns^2 np^1$ и $ns^2 np^3$ ($ns^2 np^5$ већ не може бити метал). Атом овог елемента садржи и d- и f-електроне. Познавањем редоследа попуњавања поднивоа може се закључити да овај услов испуњавају само неки елементи шесте и сви елементи седме периоде. Додатни услов је да елемент има бар један стабилан изотоп, а таквих елемената нема у седмој периоди, те је ово елемент из **шесте периоде** ($n = 6$). Што се тиче податка о енергији јонизације, размотримо оба за сада могућа случаја:

други елемент лево	први елемент лево	непознати елемент	први елемент десно	други елемент десно
ns^1 $\rightarrow ns^0 + e^-$	ns^2 $\rightarrow ns^1 + e^-$	$ns^2 np^1$ $\rightarrow ns^2 + e^-$	$ns^2 np^2$ $\rightarrow ns^2 np^1 + e^-$	$ns^2 np^3$ $\rightarrow ns^2 np^2 + e^-$
$ns^2 np^1$ $\rightarrow ns^2 + e^-$	$ns^2 np^2$ $\rightarrow ns^2 np^1 + e^-$	$ns^2 np^3$ $\rightarrow ns^2 np^2 + e^-$	$ns^2 np^4$ $\rightarrow ns^2 np^3 + e^-$	$ns^2 np^5$ $\rightarrow ns^2 np^4 + e^-$

Иако је тренд енергија јонизације да расту у периоди, код р-елемената и њихових суседа мора се размотрити и електронска конфигурација јер код неких елемената долази до одступања. Прво се јавља код $ns^2 np^1$ елемената, који имају мање прве енергије јонизације од ns^2 елемената. Чињеница да се овде једини р-електрон лакше одводи од s-електрона објашњава се већом удаљеношћу ових електрона од језгра заједно са чињеницом да пs-електрони (заједно са претходним невалентним) екранирају р-орбитале. Одступање се јавља и код $ns^2 np^4$ елемената чије су прве енергије јонизације мање од $ns^2 np^3$ елемената, с тим да је ово одступање нешто мање изражено него оно прво. Ово се објашњава тиме што се у случају $ns^2 np^4$ елемената одводи један електрон из np_x електронског пара. Пошто између спарених електрона постоје одбојне интеракције овакве електроне је лакше удаљити.



Имајући ово на уму, лако се закључује да условима задатка једино одговара конфигурација $ns^2 np^1$ која, услед описане аномалије у тренду енергија јонизација, има енергију јонизације мању и од два елемента лево и од два елемента десно од њега. Непознати елемент не може имати конфигурацију $ns^2 np^3$ јер би у том случају елемент десно од њега ($ns^2 np^4$) морао имати мању прву енергију јонизације. Конфигурација $ns^2 np^1$ одговара **трећој (IIIa), односно тринаестој** (3+10) групи периодног система. Овај елемент ($6s^2 6p^1$, $Z = 81$) је талијум, а на први поглед је донекле зачуђујуће што је он последњи елемент са непарним атомским бројем са стабилним изотопима пошто је 83. елемент бизмут, метал са широким спектром примене и чак зачуђујуће ниском токсичношћу. Практично једини изотоп заступљен у природној изотопској смеси бизмута је ^{209}Bi , а његово време полураспада је $1,9 \cdot 10^{19}$ година. Како је старост универзума око $1,4 \cdot 10^{10}$ година, овај изотоп је изузетно слабо радиоактиван.

14. Масени удео перхлорне киселине може се изразити као:

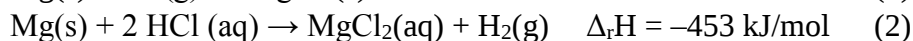
$$\omega(\text{HClO}_4) = \frac{m(\text{HClO}_4)}{m_{\text{раствор}}} = \frac{n(\text{HClO}_4)M(\text{HClO}_4)}{V_{\text{раствор}}\rho_{\text{раствор}}} = c(\text{HClO}_4) \frac{M(\text{HClO}_4)}{\rho_{\text{раствор}}}$$

одакле се може изразити густина:

$$\rho_{\text{раствор}} = \frac{c(\text{HClO}_4)M(\text{HClO}_4)}{\omega(\text{HClO}_4)} = \frac{(2,00 \text{ mol/dm}^3)(100,5 \text{ g/mol})}{0,180} = 1,12 \cdot 10^3 \text{ g/dm}^3 = \boxed{1,12 \text{ g/cm}^3}.$$

15. Један јон Al^{3+} садржи $13 - 3 = 10$ електрона, а један O^{2-} јон $8 + 2 = 10$ електрона. У $1,00 \text{ kg } \text{Al}^{3+}$ јона има $\frac{1000 \text{ g}}{27 \text{ g/mol}} = 37,04 \text{ mol}$. Како оба јона садрже исти број електрона, иста количина оксидних јона ће имати истоветан број електрона. Одговор на питање задатка добија се превођењем ове количине у граме: $(37,04 \text{ mol}) \cdot (16 \text{ g/mol}) = \boxed{593 \text{ g}}$.

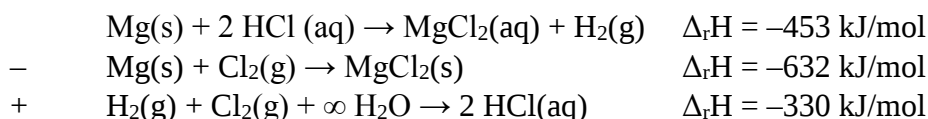
16. Дати су нам следећи термохемијски подаци:



Занима нас енталпија растварања магнезијум хлорида:



Може се закључити да се једначина (4) може добити одузимањем једначине (1) од једначине (2) и сабирањем двоструке једначине (3):



те се у складу са Хесовим законом енталпија реакције (4) добија као:

$$\Delta_r H(4) = \Delta_r H(2) - \Delta_r H(1) + 2\Delta_r H(3) = \boxed{-151 \text{ kJ/mol}}.$$

17. а) Удео кисеоника у јарандолиту је 59,57%. Однос количина различитих елемената у јарандолиту је:

$$\begin{aligned} n(\text{Ca}) : n(\text{B}) : n(\text{O}) : n(\text{H}) &= \\ &= \frac{21,28}{40} : \frac{17,55}{11} : \frac{59,57}{16} : \frac{1,60}{1} \approx \\ &\approx 0,532 : 1,595 : 3,723 : 1,60 \approx 1 : 3 : 7 : 3 \end{aligned}$$

Дакле, његова формула је **CaB₃O₇H₃**.

б) Ако руда садржи 30% B_2O_3 , она у ствари садржи $30\% \frac{2M(B)}{M(B_2O_3)} = 30\% \frac{2 \cdot 11}{2 \cdot 11 + 3 \cdot 16} = 9,43\%$ бора (масених). Како јарандолит садржи 17,55% бора, ова руда садржи $\frac{100\%}{17,55\%} 9,43\% = 53,73\%$ јарандолита, односно $(100 - 53,73)\% = 46\%$ јаловине.

18. Разматрајмо равнотежу дисоцијације азот-тетроксида до азот(IV)-оксида. У равнотежи имамо 1,00 mol NO_2 и 2,00 mol N_2O_4 , а како се тражи степен дисоцијације азот-тетроксида неопходно је установити одговарајућу хипотетичку почетну количину азот-тетроксида. Разматрањем равнотеже и одговарајуће стехиометрије

	$N_2O_4(g)$	$\rightleftharpoons$	$2 NO_2$
почетна количина	2,50 mol		0
промена	- 0,50 mol		+ 1,00 mol
равнотежна количина	2,00 mol		1,00 mol

лако се долази до закључка да би ова смеша настала из 2,50 mol азот-тетроксида. Применом дефиниције степена дисоцијације долазимо до коначног решења:

$$\alpha = \frac{n(N_2O_4)_{\text{дисосовано}}}{n(N_2O_4)_{\text{укупно}}} = \frac{0,50 \text{ mol}}{2,50 \text{ mol}} = 20,0\%.$$

19. Како је:

$$K_1 = \frac{[S_2^{2-}]}{[S^{2-}]} \text{ и } K_2 = \frac{[S_3^{2-}]}{[S^{2-}]}$$

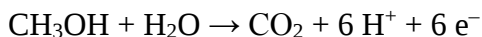
лако се може закључити да је:

$$K_3 = \frac{[S_3^{2-}]}{[S_2^{2-}]} = \frac{K_2}{K_1} = \frac{130}{12,0} = 10,8.$$

20. Енергија активације реакције 1 је $50 - 36 = 14 \text{ kJ/mol}$, а реакције 2 такође $50 - 36 \text{ kJ/mol}$. Како се при повећању температуре брзине реакција повећавају услед лакшег постизања енергије активације, у овом случају ће повећање температуре имати истоветни утицај на обе реакције, односно $x = y$, тј. $x/y = 1,0$.

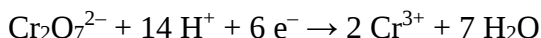
Други разред

1. а) Метанол (CH_3OH) се оксидује до угљен-диоксида, а дихромат се редукује до хрома(III). Оксидациона полуреакција је:

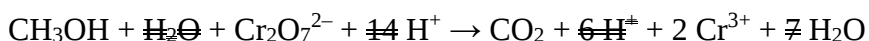


(у киселој средини ове полуреакције изједначавају се додавањем одговарајућег броја молекула воде на страну на којој недостаје кисеоника, а затим додавањем H^+ јона на супротну страну како би се изједначио водоник и затим додавањем електрона како би се изједначило наелектрисање)

а редукциона полуреакција је:



те је укупна једначина реакције:

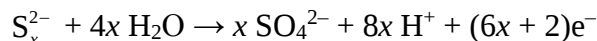


односно

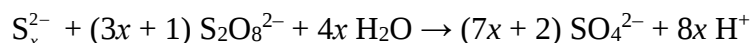


б) У овој реакцији, калијум-полисулфид (K_2S_x) и калијум-пероксодисулфат ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) ступају у реакцију синпропорције до сулфата. Иако у овој једначини фигурише општи број (x), изједначава се на истоветан начин.

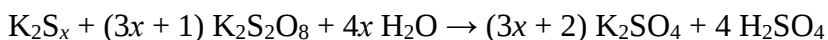
Оксидациона полуреакција је:



те је укупна јонска једначина реакције:

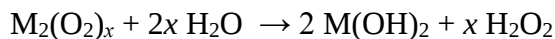
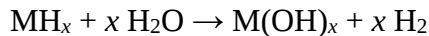


из које се лако саставља изједначена молекулска једначина реакције:



2. видети 11. задатак из првог разреда

3. Иако услови задатка то тачно не одређују, једини елементи који граде уједно и хидриде и пероксиде који реагују са водом су алкални и земноалкални метали. Њихове опште формуле су MH_x и $\text{M}_2(\text{O}_2)_x$, а једначине реакције са водом:

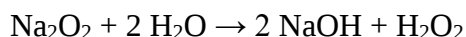
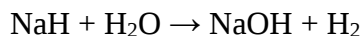


За хидролизу хидрида масе m неопходно је $x \frac{m}{M+x}$ mol воде. За хидролизу пероксида масе

m неопходно је $2x \frac{m}{2M+32x}$ mol воде. Из услова задатка следи:

$$\frac{x \frac{m}{M+x}}{2x \frac{m}{2M+32x}} = \frac{\frac{1}{M+x}}{\frac{2}{2M+32x}} = \frac{2M+32x}{2(M+x)} = \frac{M+16x}{M+x} = 1,625$$

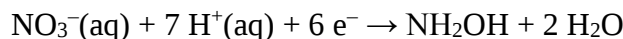
За $x = 1$ добија се $M = 23 \text{ g/mol}$, а за $x = 2$ добија се $M = 47,6 \text{ g/mol}$, што не одговара ни једном земноалкалном металу, те је одговор **Na**. Једначине одговарајућих реакција су:



4. Количина наелектрисања утрошена при таквој редукцији износи:

$$q = (2,50 \text{ A})(47,4 \cdot 60 \text{ s}) \cdot 0,650 = 4622 \text{ C}$$

Полуреакција редукције нитрата до хидроксиламина је:



Пошто је за редукцију једног мола нитрата до једног мола хидроксиламина неопходно 6F наелектрисања, количина насталог хидроксиламина добија се као:

$$n(\text{NH}_2\text{OH}) = \frac{q}{6F} = \frac{4622 \text{ C}}{96500 \text{ C mol}^{-1}} = 7,98 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

а његова маса је онда $(7,98 \cdot 10^{-3} \text{ mol})(33 \text{ g/mol}) = \boxed{0,263 \text{ g}}$.

5. видети 14. задатак из првог разреда

6. видети 7. задатак из првог разреда

7. видети 13. задатак из првог разреда

8. видети 20. задатак из првог разреда

9. Моларна маса првог гаса је $1,14 \cdot 28 \text{ g/mol} \approx 32 \text{ g/mol}$, а пошто је овај гас оксидационо средство, у питању мора бити молекулски кисеоник, O_2 , из чега следи да је други гас елементарна супстанца. Дакле, реч је о неком оксиду гасовитог елемента. Једини од гасовитих неметала који испуњава услов инертности је азот (остали гасовити неметали су водоник, кисеоник, флуор и хлор), међутим ни он не испуњава услов да буде знатно гушћи

од ваздуха. Одавде следи да у питању мора бити изврстан оксид неког вишег племенитог гаса. Запремина једне јединичне ћелије једињења X је $V_0 = (0,6163 \text{ nm}) \cdot (0,8115 \text{ nm}) \cdot (0,5234 \text{ nm}) = 0,2618 \text{ nm}^3 = 0,2618 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3$, а маса 4

молекула једињења X може се изразити као: $m_0 = nM = \frac{N}{N_A} M = \frac{4}{6 \cdot 10^{23}} M$. Пошто важи и

$\rho = m_0 / V_0$, решавањем добијене једначине по моларној маси добија се $M \approx 179 \text{ g/mol}$.

Одавде се може добити однос количине једињења X и другог производа распада као:

$\frac{5,0263 \text{ g}}{179 \text{ g/mol}} : \frac{0,623 \text{ dm}^3}{22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}} \approx 1:1$. Ако представимо једињење X као EO_x , за $x = 1$, $x = 2$ и $x = 4$

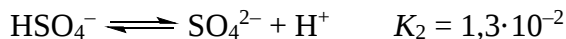
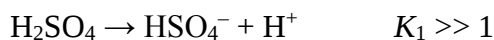
добија се $M(\text{E}) = 163 \text{ g/mol}$, 147 g/mol и 115 g/mol редом што не одговара ни једном племенитом гасу, али из $x = 3$ се добија $M(\text{E}) = 131 \text{ g/mol}$ што одговара ксенону. Једињење X је дакле **XeO₃**.

10. видети 18. задатак из првог разреда

11. видети 12. задатак из првог разреда

12. видети 16. задатак из првог разреда

13. Сумпорна киселина је двобазна киселина која потпуно дисосује у првом кораку, а делимично у другом:



Концентрација водоничних јона је дакле нешто већа од $0,050 \text{ mol/dm}^3$, и то за онолико водоничних јона колико настаје у другом кораку. Претпоставимо да $x \text{ mol/dm}^3$ хидрогенсулфата дисосује у другом кораку, а равнотежне концентрације јона изражене преко ове непознате можемо лако добити:

	HSO_4^-	$\rightleftharpoons$	SO_4^{2-}	+	H^+
почетна концентрација	0,050		0		0,050
промена	- x		+ x		+ x
равнотежна концентрација	0,05 - x		x		0,050 + x

(вредности дате у mol/dm^3)

Уврштавањем равнотежних концентрација у израз за другу константу киселости добијамо квадратну једначину:

$$K_2 = \frac{[\text{SO}_4^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HSO}_4^-]} = \frac{x(0,050 + x)}{0,050 - x} = 1,3 \cdot 10^{-2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x^2 + 0,063x - 6,5 \cdot 10^{-4} = 0$$

а једино позитивно решење ове једначине је $x = 9,02 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$. Одавде се рН добија као:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(0,050 + x) = -\log(0,050 + 9,02 \cdot 10^{-3}) = \boxed{1,2}.$$

14. видети 2. задатак из првог разреда

15. видети 4. задатак из првог разреда

16. видети 10. задатак из првог разреда

17. видети 5. задатак из првог разреда

18. видети 15. задатак из првог разреда

19. видети 3. задатак из првог разреда

20. видети 17. задатак из првог разреда

Трећи и четврти разред

1. видети 4. задатак из првог разреда
2. видети 13. задатак из другог разреда
3. видети 4. задатак из другог разреда
4. видети 9. задатак из другог разреда
5. видети 20. задатак из првог разреда
6. видети 16. задатак из првог разреда
7. видети 11. задатак из првог разреда
8. видети 13. задатак из првог разреда
9. видети 10. задатак из првог разреда
10. видети 18. задатак из првог разреда
11. видети 3. задатак из другог разреда
12. видети 14. задатак из првог разреда
13. видети 1. задатак из другог разреда
14. видети 7. задатак из првог разреда

15. а) Да би се растварање догодило неопходна је енергија како би се савладале све $\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{--P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ интеракције и многе толуен-толуен интеракције. Ако су новонастале интеракције $\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{--толуен}$ јаче, ово ће обезбедити довољно енергије за савладавање $\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{--P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ и толуен-толуен, а вишак енергије ће бити ослобођен као топлота (егзотермно растварање). Аналогно, у случају да су $\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{--толуен}$ интеракције слабије, да би се растварање десило неопходна је апсорпција енергије из околине (ендотермно раставарање). Ово тврђење је **тачно**.

б) Спонтаност и повољност неког процеса у вези је са променом Гибсове слободне енергије. Однос ове вредности са променом енталпије и ентропије дата је изразом $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Како се растворљивост $\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ повећава са повећањем температуре, можемо закључити да вредност ΔG постаје негативнија са повећањем температуре (ако је $\Delta G < 0$ процес је спонтан, а што је ΔG негативније процес је већег домаћаја, односно веће K). Вредност ΔG може једино да се смањује са порастом T ако је $\Delta S > 0$. Ово тврђење је **тачно**.

ц) Као што је већ поменуто, израз $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ описује спонтаност и повољност неког процеса. Свакако да егзотермност процеса (колико је вредност ΔH негативна) доприноси повећању растворљивости, али не може се назвати главним фактором јер је од једнаке (ако не и веће) важности неуређеност система (колико је вредност ΔS позитивна). Ово тврђење **није тачно**.

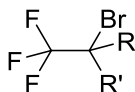
д) Промена растворљивости са температуром не може се предвидети поређењем поларности. Такође, трифенилфосфин је мање поларан од трифениламина. Ово тврђење **није тачно**.

е) Овај задатак тиче се процеса растварања $P(C_6H_5)_3$ у толуену, те нема смисла причати о последицама на неуређеност чистог $P(C_6H_5)_3$ и течног толуена. Ово тврђење **није тачно**.

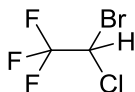
16. Имајући на уму да се при метаболизму овог једињења раскидају само C–H везе и C–X (осим за $X = F$, C–F везе су нарочито јаке), а како су два производа метаболизма овог једињења



структура анестетика мора бити облика:

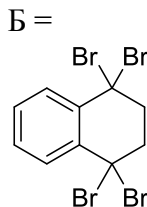
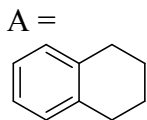


где су R и R' атоми или атомске групе. Имајући на уму поменуте услове задатка, закључује се да R и R' могу бити једино H, Cl, Br и I. С обзиром да је у задатку прецизирано да једињење мора бити хирално и да не садржи јод, једина могућа структурна формула једињења је:

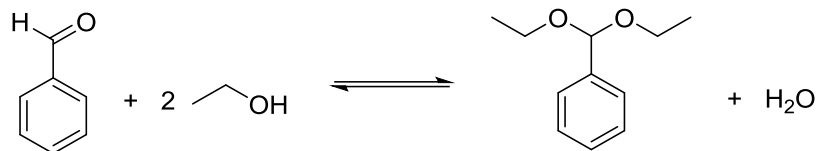


Ради се у анестетику халотану. Он се примењује као еквимоларна смеша својих енантиомера.

17. Услови у којима се одвија реакција $A \rightarrow B$ сугеришу радикалско бромовање, што указује на присуство алифатичног дела у молекулу A. Гас који се при томе издваја мора бити бромоводоник. Молекул A реагује са 4 еквивалента брома. Како се у реакцији $B \rightarrow 1,4$ -дибромнафтален користи јака база, разумно је претпоставити да је у реакцији $A \rightarrow B$ дошло до стварања тетрабром-деривата, који се елиминише помоћу два еквивалента базе до дибром-деривата у наредној реакцији. То једино може бити тетралин (A), а његов дериват добијен радикалским бромовањем је 1,1,4,4-дериват (B), и то зато што је бромовање у бензилном положају најповољније.



18. Равнотежа ацетализације безалдехида у етанолу је:



а израз за константу равнотеже је:

$$K = \frac{[\text{ацетал}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{PhCHO}][\text{EtOH}]^2}$$

Из услова задатка следи $[\text{PhCHO}] = 100[\text{ацетал}]$. Одавде је могуће одредити однос концентрација воде и етанола:

$$1,42 \cdot 10^{-2} = \frac{[\text{ацетал}][\text{H}_2\text{O}]}{100[\text{ацетал}][\text{EtOH}]^2} \Rightarrow [\text{H}_2\text{O}] = 1,42[\text{EtOH}]^2$$

Разматрајмо 1000 cm^3 амарета. Можемо написати:

$$\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{V} = 1,42 \frac{n^2(\text{EtOH})}{V^2}$$

$$\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{1 \text{ dm}^3} = 1,42 \frac{n^2(\text{EtOH})}{(1 \text{ dm}^3)^2}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1,42n^2(\text{EtOH})$$

Пошто је количина осталих органских једињења у њему врло мала, масу 1000 cm^3 сачињавају практично само етанол и вода:

$$m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{EtOH}) = m(\text{амарето}) = \rho(\text{амарето})V$$

$$n(\text{H}_2\text{O})M(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{EtOH})M(\text{EtOH}) = \rho(\text{амарето})V$$

$$18n(\text{H}_2\text{O}) + 46n(\text{EtOH}) = (1,09 \text{ g/cm}^3)(1000 \text{ cm}^3)$$

Решавањем система једначина:

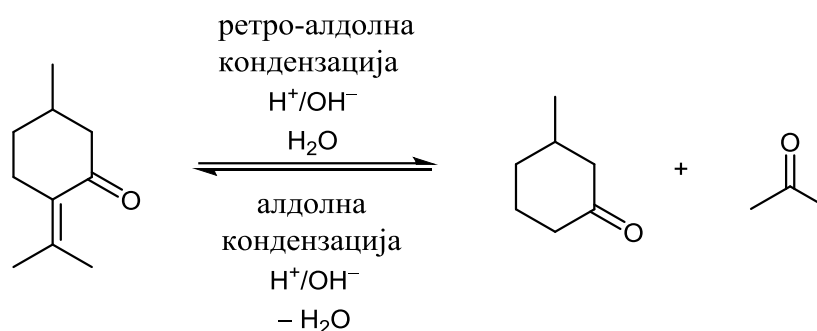
$$\left. \begin{array}{l} n(\text{H}_2\text{O}) = 1,42n^2(\text{EtOH}) \\ 18n(\text{H}_2\text{O}) + 46n(\text{EtOH}) = 1090 \text{ g} \end{array} \right\}$$

добија се $n(\text{H}_2\text{O}) = 46,0 \text{ mol}$ и $n(\text{EtOH}) = 5,69 \text{ mol}$ као једини пар позитивних решења. Одавде се масени удео етанола у амарету добија као:

$$\omega(\text{EtOH}) = \frac{m(\text{EtOH})}{m(\text{амарето})} = \frac{n(\text{EtOH})M(\text{EtOH})}{m(\text{амарето})} = \frac{(5,69 \text{ mol})(46 \text{ g/mol})}{1090 \text{ g}} = \boxed{24,0\%}$$

Садржај алкохола у амарету обично се креће од 24–28% по запремини.

19. Као одговор лако се може елиминисати једињење д) јер му је моларна маса 136 g/mol. Циклоалкани в) и ђ) такође нису могућ одговор јер не постоји очигледна реакција којом би се пулегон дефункционализовао, а његов скелет претрпео раскидања C–C веза и/или изомеризовао на такав начин. Иако енон а) личи на фрагмент пулегона, ни овде није очигледно како би се приликом хидродестилације догодила реакција која би довела до његовог стварања. Алилни алкохол г) би се при повишеној температури и киселим условима лако дехидратисао те не представља разуман одговор. Како је то у задатку наговештено, тачан одговор је кетон **б)** који може настати као производ ретро-алдолне кондензације, реакције супроте алдолној кондензацији. Она се, као и алдолна кондензација, може одиграти у киселим и базним условима.



20. Наведени молекули могу се испрва поделити у две групе: они који су способни да граде водоничне везе и они који то нису. Како водоничне везе значајно утичу на повећање тачака кључања, оба наведена ацетала (1,2-диметоксиетан и (метоксиметокси)етан) могу се елиминисати. Преостала су два примарна алкохола, 1-бутанол и 3-метил-1-бутанол, и два секундарна алкохола, D-2-пентанол и L-2-пентанол. Секундарни алкохоли по правилу имају мање тачке кључања од сродних примарних алкохола услед отежане способности да граде водоничне везе због стерних сметњи које узрокују две присутне алкил-групе (у поређењу са само једном присутном код примарних). Додатно, D-2-пентанол и L-2-пентанол као енантиомери имају идентичне физичке особине, а тиме и тачку кључања. Преостаје одлучити се између 1-бутанола и 3-метил-1-бутанола. Изомерни алкохоли са присутним рачвањем компактнији су и услед мање површине молекула слабије интерагују са суседним молекулима Ван дер Валсовим силама (чија јачина зависи од површине) те имају мање тачке кључања, али овде нису у питању изомерни алкохоли! Присуство већих алкил-остатака доприноси повећању Ван дер Валсових сила услед повећања површине молекула, а тиме и повећању тачака кључања, те 3-метил-1-бутанол (**в**) мора имати већу тачку кључања од 1-бутанола.