

# Међуокружно такмичење из хемије за ученике средњих школа, 7. април 2024.

детаљна решења задатака

## Први разред

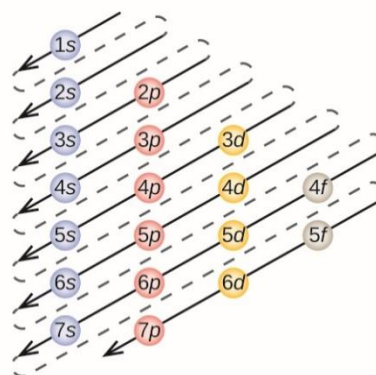
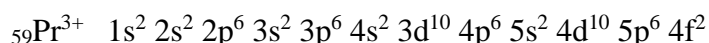
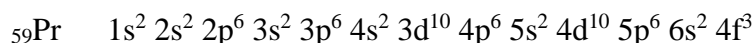
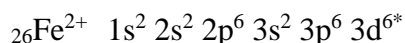
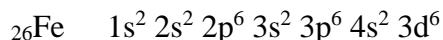
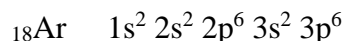
1. Знајући да је  $c = \lambda \nu$ , таласна дужина максимума сунчевог зрачења добија се на следећи начин:

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{6,01 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m}}{6,01 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 4,99 \cdot 10^{-7} \text{ m},$$

а температуру на површини Сунца добијамо користећи дати израз за Винов закон:

$$T = \frac{2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{\lambda_{\max}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{4,99 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = \boxed{5808 \text{ K}}.$$

2. Познавајући принцип изградње, односно редослед попуњавања поднивоа (в. слику), можемо написати електронске конфигурације датих атома и јона:

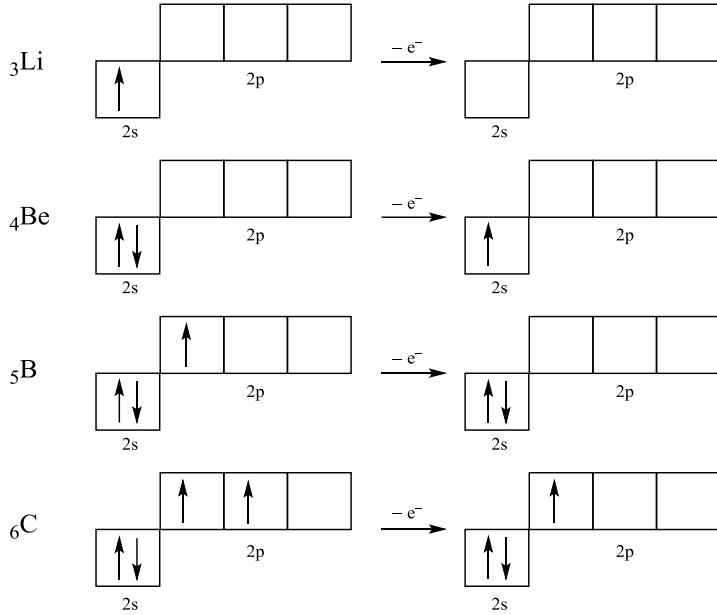


Из електронских конфигурација Ar, Fe,  $\text{Fe}^{2+}$  видимо да су сви поднивои потпуно попуњени. Према Хундовом правилу,  $4f^2$  подниво имаће два неспарена електрона, па су тачни одговори: а)  $\boxed{0}$ , б)  $\boxed{0}$ , в)  $\boxed{0}$  и г)  $\boxed{2}$ .

3. Иако је општи тренд да се енергија јонизације дуж периоде с порастом атомског броја повећава, прве енергије јонизације елемената друге периоде не поштују стриктно ово правило, будући да удаљавање неких од електрона доводи до стабилних стања попуњених или полупопуњених нивоа. Посматрајмо шта се дешава са запоседнутошћу нивоа приликом удаљавања по једног електрона из атома сваког од елемената:

\* Први електрони који се уклањају су они из 4s поднивоа јер су они највише енергије, иако се према датом поступку прво попуњава 3d подниво. Иако се чини да ово противречи принципу изградње, проблем лежи у његовој погрешној интерпретацији, која се често јавља и у уџбеницима. Наиме, поштујући принцип изградње могу се тачно предвидети конфигурације свих сем око 20 елемената (нпр. хрома и бабра), али он не осликава реалне енергије поднивоа. Видети S. Wang, E. Schwarz, *Angew. Chem. Int. Ed.* **48** (2009) 3404.

Видимо да се приликом уклањања једног електрона из атома бора добија стабилна  $2s^2 2p^0$  конфигурација, па очекујемо да је прва енергија јонизације бора мања од берилијумове, где се јонизацијом дестабилизује  $2s$  ниво. С друге стране, у складу с општим трендом, не очекујемо да је прва енергија јонизације бора мања од литијумове, а ни већа од угљеникове, па је тачан одговор **б**.



4. а) Атом елемента чији је атомски број непаран број може имати неспарене електроне. На пример,  ${}^3\text{Li}$  има један неспарен електрон ( $1s^2 2s^1$ ). **Н**

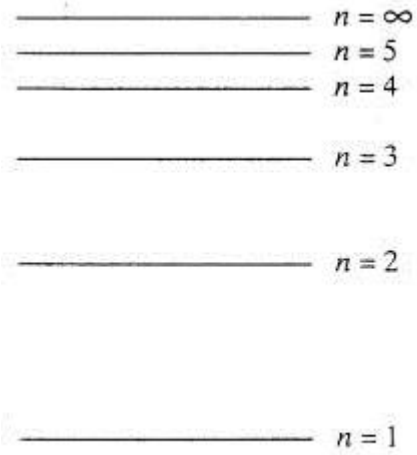
б) Будући да дијамагнетни елемент не сме имати неспарених електрона, као и да се у елементима  $d$ -блока четврте периоде попуњава  $3d$  подниво (в. страну 1), полазећи од  $3d^1$ , а завршавајући са  $3d^{10}$ , заиста закључујемо да је само један од ових елемената дијамагнетан, и то онај са потпуно попуњеним  $3d$  поднивоом (цинк). **Т**

в) Како орбитални квантни број ( $\ell$ ) заузима вредности од 0 до  $n - 1$ ,  $g$ -орбитале ( $\ell = 4$ ) попуњавале би се тек на  $n = 5$ . **Н**

г) С порастом главног квантног броја, разлика два узастопна енергијска нивоа постаје све мања (слика десно), јер је енергија нивоа према Боровом моделу дата

као:  $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ . Фотон који се ослобађа преласком

електрона с вишег на нижи енергијски ниво има енергију једнаку разлици енергија та два нивоа. Већа је енергијска разлика другог и првог нивоа у односу на трећи и други. **Н**



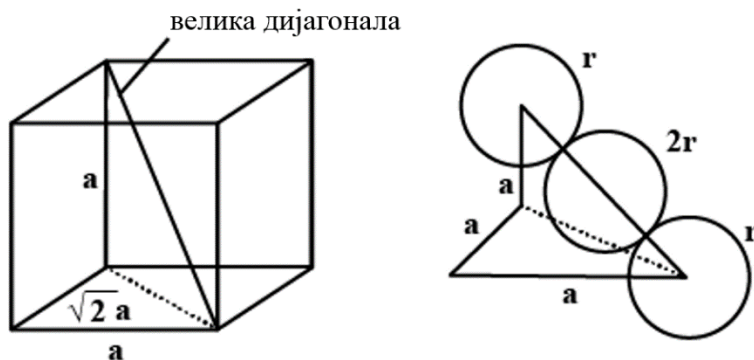
5. а)  $3p > 3s$

б) Сетови  $(2, 1, +1)$  и  $(2, 1, 0)$  описују електроне у две различите, али дегенерисане (енергијом једнаке), орбитале у  $2p$  поднивоу. **И**

в)  $5s > 3d$

6. Пошто се око централног атома (угљеника) налазе три атома кисеоника ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), а на централном атому нема слободних електронских парова, и пошто O–C–O везе заклапају углове од  $120^\circ$ , угљеников атом мора бити  $\boxed{\text{sp}^2}$ -хибридизован (упоредити са  $\text{BF}_3$ ).

7. Са слике можемо закључити да је дужина велике дијагонале јединичне ћелије запремински центриране кубне кристалне решетке (коцке) једнака четвороструком атомском полупречнику (слика десно).



Велика дијагонала коцке износи  $a\sqrt{3}$ , где је  $a$  ивица коцке (ово се може добити применом Питагорине теореме), па можемо писати:

$$4r = a\sqrt{3}$$

$$r = \frac{a\sqrt{3}}{4}$$

Запремина коју у јединичној ћелији заузимају атоми једнака је двострукој запремини лопте полупречника  $r$ , јер јединична ћелија садржи један цео атом у средишту и осам осмина атома на теменима ( $1 + \frac{1}{8} \cdot 8 = 2$ ):

$$V_{\text{атоми}} = 2 \cdot V_{\text{атом}} = 2 \cdot \frac{4}{3} r^3 \pi = \frac{8}{3} r^3 \pi$$

Запремина јединичне ћелије као коцке је:

$$V_{\text{јединична ћелија}} = a^3$$

па је коначно ефикасност паковања:

$$f_v = \frac{V_{\text{атоми}}}{V_{\text{јединична ћелија}}} = \frac{\frac{8}{3} r^3 \pi}{a^3} = \frac{\frac{8}{3} \left(\frac{a\sqrt{3}}{4}\right)^3 \pi}{a^3} = \frac{\frac{8}{3} \frac{3\sqrt{3} a^3}{64} \pi}{a^3} = \frac{1}{8} \sqrt{3} \pi = \boxed{68,0\%}$$

8. Како је једина разлика између два једињења валенца (одн. оксидациони број) калаја, а знајући да јонска једињења обично имају веће тачке топљења услед снажнијих интеракција које на окупу држе кристалне решетке јонских једињења, ковалентни карактер калај–хлор везе мора бити већи у калај(IV)-хлориду него у калај(II)-хлориду. Тачан одговор је  $\boxed{\Gamma}$ .

**9.** 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 можемо закључити да су структуре дате у одговорима а, б и в коректне. Луисова структура у одговору под  $\Gamma$  садржи два електрона мање, с погрешно обележеном формалном шаржом на левом атому азота, па је она нетачна.

**10.** Мора се радити о соли сумпорне киселине и гвожђа, која може и не мора садржати кристалну воду. Рачунањем удела гвожђа у анхидрованом гвожђе(II)-сулфату и гвожђе(III)-сулфату добијамо:

$$\omega(\text{Fe}, \text{FeSO}_4) = \frac{56}{152} = 36,8\%$$

$$\omega(\text{Fe}, \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{56 \cdot 2}{400} = 28,0\%$$

и закључујемо да се мора радити о кристалохидрату. Размотримо прво кристалохидрат гвожђе(II)-сулфата. Означимо број молекула воде по формулској јединки соли са  $x$ . Овај број се налази на следећи начин:

$$\omega(\text{Fe}, \text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 20,1\%$$

$$0,201 = \frac{56}{152 + 18x}$$

$$x = 7$$

стога је тачан одговор  $\boxed{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}$ .

У случају да разматрамо кристалохидрат гвожђе(III)-сулфата добијамо:

$$\omega(\text{Fe}, \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 20,1\%$$

$$0,201 = \frac{56 \cdot 2}{400 + 18x}$$

$$x = 8,73$$

што не представља реално решење.

11.

$$n(\text{Pd}(\text{CF}_3\text{COO})_2) = 4 \text{ mol}$$

$$n(\text{F}, \text{Pd}(\text{CF}_3\text{COO})_2) = 6 \cdot n(\text{Pd}(\text{CF}_3\text{COO})_2) = 24 \text{ mol}$$

$$m(\text{F}) = n(\text{F}, \text{Pd}(\text{CF}_3\text{COO})_2) \cdot M(\text{F}) = \boxed{456 \text{ g}}$$

12. Свеколико човечанство у једној секунди може да пребере  $8 \cdot 10^9$  зрна пасуља. Један мол зрна пасуља садржи  $6 \cdot 10^{23}$  зрна. Време потребно за пребирање тог броја зрна је:

$$t = \frac{6 \cdot 10^{23} \text{ зрна}}{8 \cdot 10^9 \text{ зрна s}^{-1}} = 7,5 \cdot 10^{13} \text{ s} = 1,25 \cdot 10^{12} \text{ min} = 2,083 \cdot 10^{10} \text{ h} =$$

$$= 8,679 \cdot 10^8 \text{ d} = \boxed{2,4 \cdot 10^6 \text{ a}}.$$

13. Обележимо са  $x$  количину азот(I)-оксида, а са  $y$  количину азот(II)-оксида. Одатле добијамо:

$$n(\text{N}_2\text{O}) = x$$

$$n(\text{NO}) = y$$

$$n(\text{молекула}) = x + y$$

$$n(\text{атома}) = 2x + x + y + y = 3x + 2y$$

$$2,8 \cdot n(\text{молекула}) = n(\text{атома})$$

$$2,8 \cdot (x + y) = 3x + 2y \Leftrightarrow x = 4y$$

Знајући за Авогадров закон ( $n \sim V$  при  $p = \text{const.}$  и  $T = \text{const.}$ ), добијамо запреминске уделе:

$$\phi(\text{N}_2\text{O}) = \frac{V(\text{N}_2\text{O})}{V_{\text{укупно}}} = \frac{V(\text{N}_2\text{O})}{V(\text{N}_2\text{O}) + V(\text{NO})} = \frac{n(\text{N}_2\text{O})}{n(\text{N}_2\text{O}) + n(\text{NO})} =$$

$$= \frac{x}{x + y} = \frac{4y}{4y + y} = \frac{4}{5} = \boxed{80,0\%}$$

$$\phi(\text{NO}) = \frac{V(\text{NO})}{V_{\text{укупно}}} = \frac{V(\text{NO})}{V(\text{N}_2\text{O}) + V(\text{NO})} = \frac{n(\text{NO})}{n(\text{N}_2\text{O}) + n(\text{NO})} =$$

$$= \frac{y}{x + y} = \frac{y}{4y + y} = \frac{1}{5} = \boxed{20,0\%}.$$

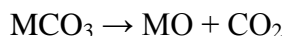
14. Применом једначине идеалног гасног стања добијамо:

$$pV = n(\text{Ar})RT$$

$$V = \frac{n(\text{Ar})RT}{p} = \frac{\frac{m(\text{Ar})}{M(\text{Ar})}RT}{p} = \frac{84,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{mol}} (8,314 \text{ J K mol}^{-1}) \cdot ((23,2 + 273) \text{ K})}{40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1440 \text{ Pa}} =$$

$$= 3,60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = \boxed{3,60 \text{ dm}^3}.$$

15. Једначина реакције је:



Обележимо релативну атомску масу непознатог метала са  $M$ . Стехиометријом добијамо:

$$n(\text{MCO}_3) = n(\text{CO}_2)$$

$$\frac{m(\text{MCO}_3)}{M(\text{MCO}_3)} = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)}$$

$$\frac{1,000 \text{ g}}{(M + 60) \text{ g mol}^{-1}} = \frac{0,383 \text{ g}}{44 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$\frac{1,000}{M + 60} = \frac{0,383}{44}$$

$$M = 54,89$$

што одговара мангану –  $\boxed{\text{Mn}}$ .

16.

$$V(\text{H}_2\text{O}) = x \text{ dm}^3$$

$$V(\text{HCl}(\text{g})) = 450x \text{ dm}^3$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{V(\text{HCl}(\text{g}))}{V_m} = \frac{450x \text{ dm}^3}{22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} = 20,09x \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = (1000x \text{ cm}^3) \cdot (1 \text{ g cm}^{-3}) = 1000x \text{ g}$$

$$m(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = (20,09x \text{ mol}) \cdot (36,5 \text{ g mol}^{-1}) = 733,3x \text{ g}$$

$$m_{\text{раствор}} = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{HCl}) = 1733,3x \text{ g}$$

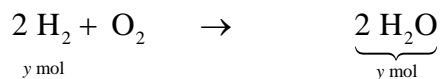
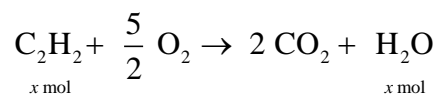
$$V_{\text{раствор}} = \frac{m_{\text{раствор}}}{\rho_{\text{раствор}}} = \frac{1733,3x \text{ g}}{1,21 \text{ g cm}^{-3}} = 1432,5x \text{ cm}^3 = 1,4325x \text{ dm}^3$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl})}{V_{\text{раствор}}} = \frac{20,09 \cancel{x} \text{ mol}}{1,4325 \cancel{x} \text{ dm}^3} = \boxed{14,0 \text{ mol/dm}^3}$$

17.

$$c = \frac{n_{\text{p.c.}}}{V_{\text{раствор}}} = \frac{\frac{m_{\text{p.c.}}}{M_{\text{p.c.}}}}{V_{\text{раствор}}} = \frac{\frac{m_{\text{p.c.}}}{M_{\text{p.c.}}}}{\frac{m_{\text{p.c.}}}{\gamma \cdot M_{\text{p.c.}}}} = \frac{\gamma}{M_{\text{p.c.}}}$$
$$c(\text{NaCl}) = \frac{\gamma(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{50 \text{ mg dm}^{-3}}{58,5 \text{ g mol}^{-1}} = \frac{0,050 \text{ g dm}^{-3}}{58,5 \text{ g mol}^{-1}} = \boxed{8,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3}$$

18. Обележимо количину ацетилена са  $x$ , а количину водоника са  $y$ . Једначине реакција сагоревања ацетилена и водоника су:



Укупну масу почетне смеше можемо изразити као:

$$m(\text{смеша}) = m(\text{C}_2\text{H}_2) + m(\text{H}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_2) + n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 26x + 2y$$

а масу добијене воде као:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = (x + y) \cdot 18 = 18x + 18y$$

Решавањем система добијамо:

$$\left. \begin{array}{l} m(\text{смеша}) = 26x + 2y \\ m(\text{H}_2\text{O}) = 18x + 18y \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} 27 \text{ g} = 26x + 2y \\ 27 \text{ g} = 18x + 18y \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$x = 1 \text{ mol}$$

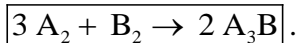
$$y = 0,5 \text{ mol}$$

после чега можемо израчунати запреминске уделе:

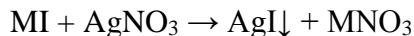
$$\phi(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_2)}{V_{\text{укупно}}} = \frac{n(\text{C}_2\text{H}_2)}{n(\text{C}_2\text{H}_2) + n(\text{H}_2)} = \frac{1}{1 + 0,5} = \boxed{66,7\%}$$

$$\phi(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_{\text{укупно}}} = \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{C}_2\text{H}_2) + n(\text{H}_2)} = \frac{0,5}{1 + 0,5} = \boxed{33,3\%}$$

19. Пошто шест молекула  $A_2$  с шест молекула  $B_2$  дају четири молекула  $A_3B$ , а у вишку остају четири молекула  $B_2$  ( $6 A_2 + 2 B_2 \rightarrow 4 A_3B$ ), сређена једначина реакције је:



20. Једначина реакције која се одвија је:



где је  $M$  једновалентни метал. Како је укапавање прекинуто по престанку издвајања талога сребро-јодида, количине алкалног јодида и сребро-нитрата су еквивалентне. Претпоставимо да раствор који садржи 1 мол сребро-нитрата и  $x$  g воде реагује с раствором који садржи 1 мол  $M$  и  $y$  g воде. Маса почетног раствора је:

$$m_{\text{раствор},1} = m(M) + m(H_2O, M) = n(M)M(M) + m(H_2O) = M(M) + y.$$

Маса раствора по завршетку реакције је:

$$\begin{aligned} m_{\text{раствор},2} &= m(H_2O, M) + m(H_2O, AgNO_3) + m(M) + m(AgNO_3) - m(AgI) = \\ &= x + y + n(M)M(M) + n(AgNO_3)M(AgNO_3) - n(AgI)M(AgI) = \\ &= x + y + M(M) + M(AgNO_3) - M(AgI) \end{aligned}$$

Из услова задатка добијамо:

$$m_{\text{раствор},1} = m_{\text{раствор},2}$$

$$\cancel{M(M)} + \cancel{y} = x + \cancel{y} + \cancel{M(M)} + M(AgNO_3) - M(AgI)$$

$$x = M(AgI) - M(AgNO_3) = 108 + 127 - (108 + 62) = 127 - 62 = 65 \text{ g}$$

одакле је масени удео почетног раствора сребро-нитрата:

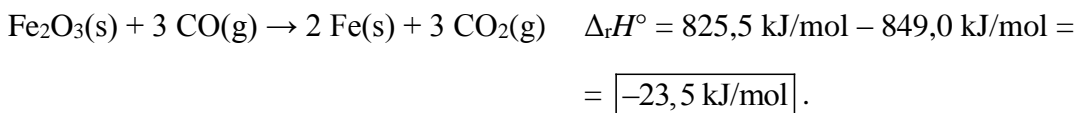
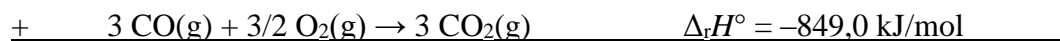
$$\begin{aligned} w(AgNO_3) &= \frac{m(AgNO_3)}{m_{\text{раствор}}} = \frac{m(AgNO_3)}{m(AgNO_3) + m(H_2O, AgNO_3)} = \frac{n(AgNO_3)M(AgNO_3)}{n(AgNO_3)M(AgNO_3) + x} = \\ &= \frac{1 \cdot 170}{1 \cdot 170 + 65} = \boxed{72,3\%}. \end{aligned}$$

## Други разред

1. Термохемијска једначина која одговара стандардној енталпији настајања хематита је:



Применом Хесовог закона можемо добити тражену једначину, односно енталпију одговарајуће реакције:



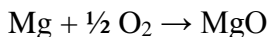
2. видети 14. задатак из првог разреда

3. Ученик одређује формулу оксида само на основу два податка, масе магнезијумове траке ( $m_1$ ), за коју узима да је маса изреаговалог магнезијума, и масе производа ( $m_2$ ), за коју узима да је једињење магнезијума и кисеоника. Разлика у двема масама даје масу кисеоника уграђеног у оксид, па се формула оксида може утврдити на основу односа:

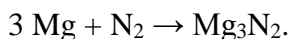
$$n(\text{Mg}) : n(\text{O}) = \frac{m_1}{M(\text{Mg})} : \frac{m_2 - m_1}{M(\text{O})}.$$

Према учениковом резултату ( $\text{Mg}_5\text{O}_4$ ), разлика маса  $m_2$  и  $m_1$  је мања него што би требало да буде (у ком случају би се добило  $\text{MgO}$ ).

Размотримо случај када се упоредо са реакцијом:



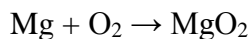
одвија реакција настајања магнезијум-нитрида:



Један мол магнезијума (24 g) даје један мол магнезијум-оксида (40 g), а три мола магнезијума (72 g) дају један мол магнезијум-нитрида (100 g). Другим речима, док се према првој реакцији из 24 g магнезијума добија 40 g производа, према другој реакцији би се из 24 g магнезијума добило само  $100 \text{ g} \cdot \frac{24 \text{ g}}{72 \text{ g}} = 33,3 \text{ g}$ , тако да би разлика маса заиста могла

бити мања. Стога је  тачан одговор.

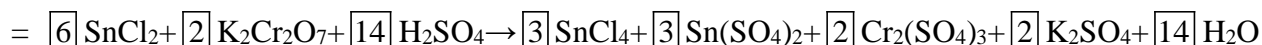
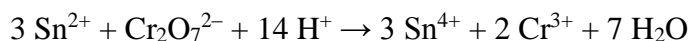
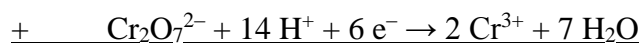
Ако би конкурентна реакција била настајање пероксида:



тада би се из 24 g магнезијума добијало 56 g производа, па би разлика маса била већа, а не мања, те б не може бити тачан одговор. Било би пожељно да парче магнезијумове траке не буде предугачко да испадне из тигла приликом сагоревања, али краће парче не би представљало потешкоћу. Такође, тигл је неопходно загревати довољно дуго да се реакција одвије до краја, али предугачко загревање не прави значајну разлику.

4. видети 6. задатак из првог разреда

5. а)



б)



6. видети 20. задатак из првог разреда

7. а)  $\text{PH}_3$  је већ врло слаба киселина (киселинска константа износи  $1,6 \cdot 10^{-29}$ ), те  $\text{PH}_2^-$  не може бити јака киселина.

б)  $K_1$  је константа киселости фосфина, а  $K_2$  његова константа базности. При стандардним условима, производ константи киселости неке киселине и константе базности конјуговане базе те киселине износи  $1 \cdot 10^{-14}$ , тако да  $K_1 K_2$  не мора при стандардним условима износити оволико.

в) Пошто је фосфин врло слаба киселина и врло слаба база, очекивано је да ће његов водени раствор бити приближно неутралан. Тачан одговор је **В**.

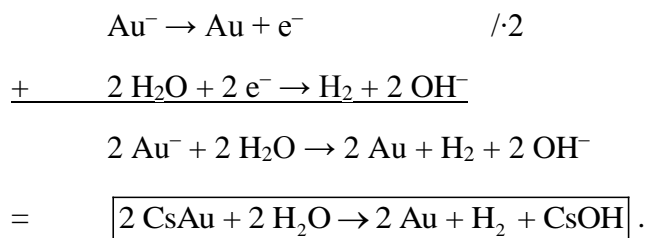
8. видети 1. задатак из првог разреда

9. Како је супстанца X прозирна кристална супстанца, мора се радити о једињењу цезијума и злата, а не легури. Чињеница да се супстанца X понаша као електролит говори о њеном јонском карактеру. Састав супстанце X је:

$$n(\text{Cs}) : n(\text{Au}) = \frac{m(\text{Cs})}{M(\text{Cs})} : \frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})} = \frac{40,3}{137} : \frac{59,7}{197} \approx 1:1$$

тако да је њена формула  $\boxed{\text{CsAu}}$ , односно  $\text{Cs}^+\text{Au}^-$  (цезијум-аурид).

Очито је да су анјони метала ретки, тако да је сасвим разумно сматрати их јаким редукционим средствима, па је гас који се издваја у реакцији с водом заправо водоник који насаје редукцијом воде:



10. видети 3. задатак из првог разреда

11. видети 5. задатак из првог разреда

12. видети 7. задатак из првог разреда

13. видети 8. задатак из првог разреда

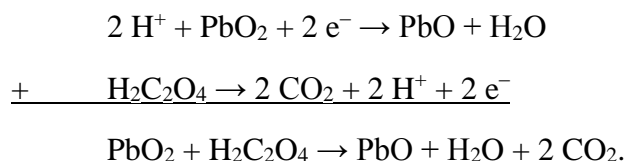
14. видети 16. задатак из првог разреда

15. а)

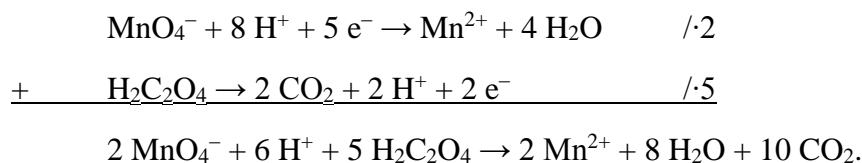
$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{k[\text{NO}]_2^2[\text{H}_2]}{k[\text{NO}]_1^2[\text{H}_2]} = \frac{[\text{NO}]_2^2}{[\text{NO}]_1^2} = \frac{(3x)^2}{x^2} = \boxed{9}$$

б) Константе брзине хемијских реакција не зависе од концентрација реактаната.  $k_2/k_1 = \boxed{1}$ .

16. Минијум је сложени оксид који садржи олово(II)-оксид и олово(IV)-оксид. Саставимо једначину реакције између оксалне киселине и олово(IV)-оксида:



Вишак оксалне киселине титрује се калијум-перманганатом. Саставимо једначину и за овај процес:



Количина утрошеног калијум-перманганата је:

$$n(\text{KMnO}_4) = c(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) = (0,0400 \text{ mol/dm}^3) \cdot (0,0375 \text{ dm}^3) = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

што значи да је вишак оксалне киселине износио:

$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)_{\text{вишак}} = \frac{5}{2} n(\text{KMnO}_4) = \frac{5}{2} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Маса изреаговале оксалне киселине је:

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)_{\text{реак.}} &= n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)_{\text{вишак}} = c_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)_{\text{вишак}} = \\ &= (0,1000 \text{ mol/dm}^3) \cdot (0,0500 \text{ dm}^3) - 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

одакле добијамо количину редукованог олово(IV)-оксида:

$$n(\text{PbO}_2) = n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)_{\text{реак.}} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

а затим и масу:

$$m(\text{PbO}_2) = n(\text{PbO}_2) \cdot M(\text{PbO}_2) = (1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol}) \cdot (239 \text{ g/mol}) = 0,299 \text{ g}$$

па коначно масени удео:

$$w(\text{PbO}_2) = \frac{n(\text{PbO}_2)}{m(\text{минијум})} = \frac{0,299 \text{ g}}{1,000 \text{ g}} = \boxed{29,9\%}.$$

**17.** видети 11. задатак из првог разреда

**18.** видети 10. задатак из првог разреда

**19.** Узмимо да се у равнотежи налази 2,741 g гасова у 1 dm<sup>3</sup>. Количина гасова у равнотежи добија се из једначине идеалног гасног стања:

$$\begin{aligned} pV &= nRT \\ n &= \frac{pV}{RT} = \frac{(101,3 \text{ kPa}) \cdot (1 \text{ dm}^3)}{(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \cdot (400 \text{ K})} = 3,046 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \end{aligned}$$

Просечна моларна маса гасне смеше износи:

$$\bar{M} = \frac{m}{n} = \frac{2,741 \text{ g}}{3,046 \cdot 10^{-2} \text{ mol}} = 89,99 \text{ g/mol}$$

Обележимо количине мономера и димера сирћетне киселине:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = x$$

$$n((\text{CH}_3\text{COOH})_2) = y.$$

а затим можемо писати:

$$\bar{M} = \frac{x}{x+y} \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH}) + \frac{y}{x+y} \cdot M((\text{CH}_3\text{COOH})_2)$$

$$\bar{M} = \frac{x}{x+y} \cdot 60 + \frac{y}{x+y} \cdot 120$$

Ова једначина и израз за укупну количину молекула гаса дају систем чијим решавањем се добија:

$$\left. \begin{aligned} 89,99 &= \frac{x}{x+y} \cdot 60 + \frac{y}{x+y} \cdot 120 \\ x+y &= 3,046 \cdot 10^{-2} \end{aligned} \right\}$$

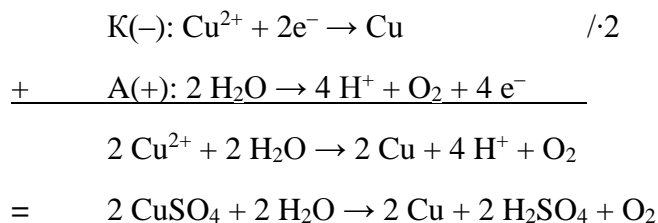
$$x = 0,0152 \text{ mol}$$

$$y = 0,0152 \text{ mol}$$

Константа наведене равнотеже је:

$$K = \frac{[(\text{CH}_3\text{COOH})_2]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]^2} = \frac{\frac{0,0152 \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3}}{\left(\frac{0,0152 \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3}\right)^2} = \boxed{66}.$$

**20.** Саставимо једначину реакције електролизе воденог раствора бакар(II)-сулфата:



На катода ће се редуковати  $\text{Cu}^{2+}$ , јер је редукција  $\text{H}^+$  тежа (напонски низ). Количину бакар(II)-јона у раствору добијамо на следећи начин:

$$m(\text{CuSO}_4) = m_{\text{раствор}} \cdot w(\text{CuSO}_4) = (200 \text{ g}) \cdot 0,32 = 64 \text{ g}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} = 0,4 \text{ mol}$$

$$n(\text{Cu}^{2+}) = n(\text{CuSO}_4) = 0,4 \text{ mol}$$

Количина електрицитета потребна за редукцију ове количине бакар(II)-јона је:

$$q = n(\text{Cu}^{2+})N(e^-)F = (0,4 \text{ mol}) \cdot 2 \cdot 96500 \text{ C/mol} = 7,72 \cdot 10^4 \text{ C}$$

а дужина трајања електролизе може се израчунати узимајући у обзир јачину струје:

$$I = \frac{q}{t} \Leftrightarrow t = \frac{q}{I} = \frac{7,72 \cdot 10^4 \text{ C}}{1 \text{ A}} = \frac{7,72 \cdot 10^4 \text{ C}}{1 \text{ Cs}^{-1}} = 7,72 \cdot 10^4 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = \boxed{21,4 \text{ h}}.$$

Маса добијене сумпорне киселине је:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{Cu}^{2+}) = 0,4 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 39,2 \text{ g}$$

Маса раствора после електролизе мања је за масу издвојеног бакра и ослобођеног кисеоника:

$$\begin{aligned} m_{\text{раствор, 2}} &= m_{\text{раствор}} - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) = 200 \text{ g} - 0,4 \cdot 64 - 0,2 \cdot 32 = \\ &= 200 \text{ g} - 25,6 \text{ g} - 6,4 \text{ g} = 168 \text{ g}, \end{aligned}$$

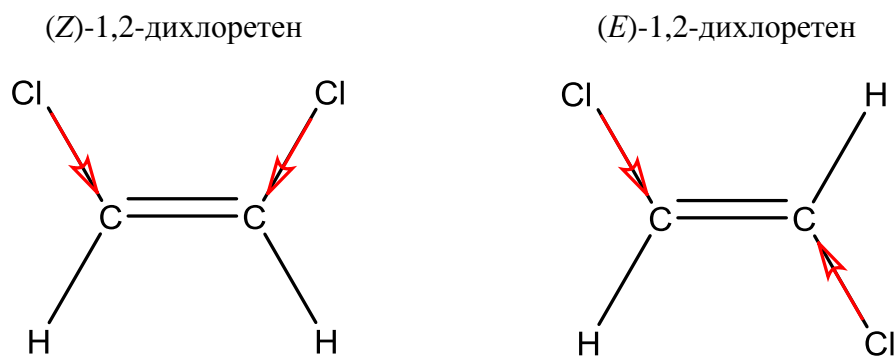
а масени удео сумпорне киселине у том раствору:

$$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_{\text{раствор, 2}}} = \frac{39,2 \text{ g}}{168 \text{ g}} = \boxed{23,3\%}.$$

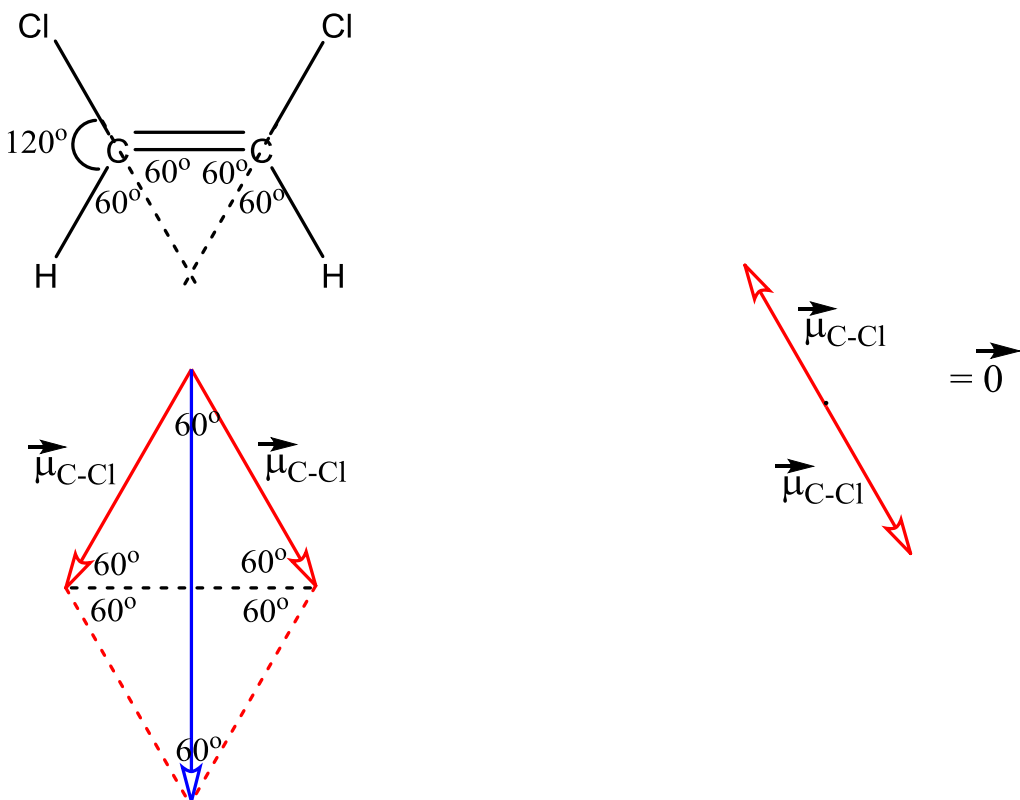
## Трећи и четврти разред

1. видети 3. задатак из другог разреда
2. видети 5. задатак из другог разреда
3. видети 20. задатак из првог разреда
4. видети 10. задатак из првог разреда
5. видети 19. задатак из другог разреда
6. видети 7. задатак из другог разреда
7. видети 1. задатак из другог разреда
8. видети 14. задатак из првог разреда
9. видети 9. задатак из другог разреда
10. видети 7. задатак из првог разреда
11. видети 1. задатак из првог разреда
12. видети 15. задатак из другог разреда
13. видети 16. задатак из другог разреда
14. видети 20. задатак из другог разреда

15. Диполни момент веза је векторска величина, усмерена од негативнијег ка позитивнијем атому. Занемарујући диполне моменте угљеник-водоник веза, за ова два изомера добијамо:



Како векторе смео транслирати, закључујемо да код (Z)-1,2-дихлоретена постоји резултујући вектор, а код (E)-1,2-дихлоретена се диполни моменте потиру, а диполни момент износи  $0\text{ D}$ . Такође, пошто су угљеници на C=C вези  $sp^2$ -хибридизовани, углови веза износе  $120^\circ$ .



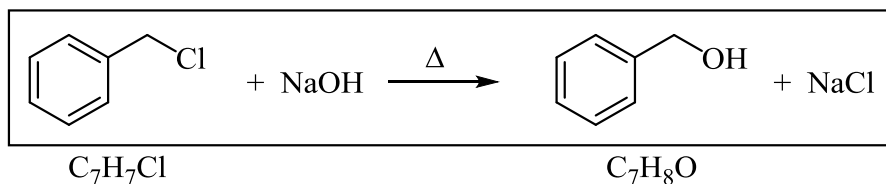
Интензитет резултујућег вектора код (Z)-1,2-дихлоретена можемо израчунати или изразима за једнакостранични троугао или тригонометријом. Са слике видимо да је интензитет резултујућег вектора код (Z)-1,2-дихлоретена (плава боја) једнак двострукој висини једнакостраничног троугла странице 1,70 D, тако да добијамо:

$$\mu = 2 \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = a\sqrt{3} = (1,70 \text{ D}) \cdot \sqrt{3} = \boxed{2,94 \text{ D}}$$

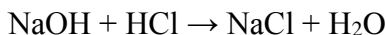
Алтернативно, применом косинусне теореме на приказани троугао добијамо:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma} = \sqrt{1,7^2 + 1,7^2 - 2 \cdot 1,7^2 \cos 120^\circ} = \sqrt{1,7^2 + 1,7^2 + 1,7^2} = 2,94 \text{ D}.$$

16. У воденом раствору бензил-хлорид подлеже реакцији супституције хидроксидом:



Толуен као ароматични угљоводоник не реагује с натријум-хидроксидом. Вишак хидроксида титрује се хлороводоничном киселином:



Количина хидроксида у вишку добија се као:

$$n(\text{NaOH})_{\text{вишак}} = n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = (0,5000 \text{ mol/dm}^3) \cdot (0,0165 \text{ dm}^3) = 0,00825 \text{ mol}$$

Количина хидроксида која је реаговала с бензил-хлоридом је:

$$\begin{aligned} n(\text{NaOH})_{\text{реак.}} &= n_0(\text{NaOH}) - n(\text{NaOH})_{\text{вишак}} = c_0(\text{NaOH}) \cdot V_0(\text{NaOH}) - n(\text{NaOH})_{\text{вишак}} = \\ &= (1,000 \text{ mol/dm}^3) (0,015 \text{ cm}^3) - 0,00825 \text{ mol} = 0,00675 \text{ mol} \end{aligned}$$

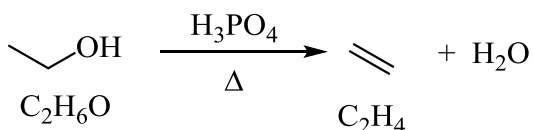
Узимајући у обзир стехиометрију супституције добијамо количину бензил-хлорида, а затим и чистоћу узорка:

$$n(\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl}) = 0,00675 \text{ mol}$$

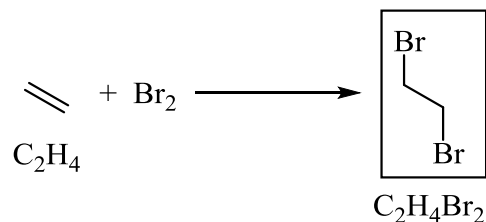
$$m(\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl}) = n(\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl}) \cdot M(\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl}) = 0,854 \text{ g}$$

$$w(\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl}) = \frac{m(\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl})}{m_{\text{узорак}}} = \frac{0,854 \text{ g}}{1,000 \text{ g}} = \boxed{85,4\%}$$

**17.** Дејством загрејане фосфорне киселине на етанол одиграва се реакција елиминације воде у којој настаје етен као гас:



Проласком кроз испиралницу са калцијум-хлоридом елиминише се вода и заостали алкохол, а у испиралници с бромом долази до реакције адиције брома на етен, при чему настаје 1,2-диброметан, који се касније пречишћава од заосталог брома и влаге (т. к. 131 °С).



Теоријски принос 1,2-диброметана полазећи од 150 g етанола је:

$$m(\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})M(\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2) = \frac{150 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}} \cdot (188 \text{ g/mol}) = 613 \text{ g}$$

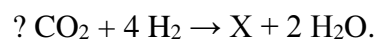
па је процентни принос  $\frac{150 \text{ g}}{613 \text{ g}} = \boxed{24\%}$ .

**18.** Једињење формуле  $\text{C}_{24}\text{H}_{12}$  садржи велики број незасићења, што се једино може објаснити присуством великог броја кондензованих ароматичних прстенова. Дакле, ово једињење је полициклични ароматични угљоводоник. Једињење формуле  $\text{C}_{24}\text{H}_{50}$  не садржи незасићења, те је то алкан. Калцијум-оксалат монохидрат је јонско једињење. Очекујемо да се у хлороформу најтеже раствори управо јонско једињење. С друге стране, у воденом раствору хлороводоничне киселине очекујемо да се једино раствори хидрат калцијум-оксалата. Најнижу тачку топљења имаће алкан (парафин), а највећу полициклични ароматични угљоводоник (попут слојева графита, ови молекули се врло добро „пакују”). Једино могуће решење је дакле:

	хјувелит	евенкит	карпатит
Растварање у хлороформу	не	да	да
Растварање у воденом раствору хлороводоничне киселине	да	не	не
Обезбојавање бромне воде	да	не	не
Тачка топљења/распадања	162,5	48–54	432,8
Молекулска формула	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_{24}\text{H}_{50}$	$\text{C}_{24}\text{H}_{12}$

С бромном водом реагује једино калцијум-оксалат и то у редокс-процесу, док алкан и полициклични ароматични угљоводоник не реагују.

**19.** Напишимо реакцију добијања гаса X:



Услов задатка (на четири молекула водоника добијају се два молекула воде) задовољава већи број органских једињења –  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{HCHO}$  итд. Међутим, услов да се ради о гасу, да он гори плавим пламеном, као и да се ослобађа у мочварама (барски гас) испуњава само метан,  $\text{X} = \boxed{\text{CH}_4}$ .

**20.** О испарљивости фракција најбоље говоре удели *n*-алкана. С порастом броја угљеникових атома, тачке кључања *n*-алкана расту. Најиспарљивија је фракција А која садржи *n*-пентан и *n*-хексан, а најтеже испарљива је фракција Б која садржи алкане попут *n*-хексадекана, тако да је тачан одговор:  $\boxed{\text{A} < \text{B} < \text{B}}$ .