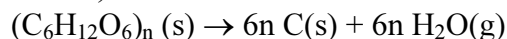
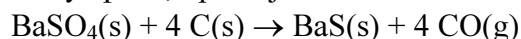


Детаљна решења задатака са међуокружног такмичења из хемије за ученике средњих школа у току школске 2014/2015. године

1. (I разред, 13 II, 14 III) Приликом жарења талоба заједно са филтер-папиром, при недовољном дотоку кисеоника, један део целулозе не сагори у потпуности до угљен-диоксида и воде, већ се угљенише (настају елементарни угљеник, чађ, и вода).



При жарењу, услед високе температуре, овај угљеник може да редукује сулфат до сулфида, према једначини:

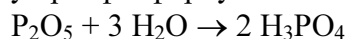


Ефективно, маса талоба се смањује на рачун уклањања кисеоника из сулфата (он напушта талог у облику гасовитог угљен-моноксида).

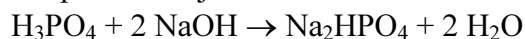
Ако је маса талоба 0,6095 g, онда у њему има $0,6095 \text{ g} \cdot 0,01 = 6,095 \cdot 10^{-3} \text{ g}$ баријум-сулфида, тј. $6,095 \cdot 10^{-3} \text{ g} / 169 \text{ g mol}^{-1} = 3,607 \cdot 10^{-5} \text{ mol BaS}$. То значи да је четири пута више молекула кисеоника нестало из талоба, тј. $4 \cdot 3,607 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 16 \text{ g mol}^{-1} = 0,0023 \text{ g}$ кисеоника. Дакле, поправка би износила +0,0023 g.

Аналогно, ако се претпостави да је угљен-моноксид настао непотпуним сагоревањем целулозе извршио редукцију, делимично или потпуно, добија се исти исход.

2. (I разред, 3 II, 8 III) Растварањем узорка у води фосфор-пентоксид се преводи у ортофосфорну киселину, према једначини:



Једначина титрације добијеног раствора фосфорне киселине натријум-хидроксидом је:



Ако је у узорку било $x \text{ g } P_2O_5$ и $y \text{ g } H_3PO_4$, тј. да је $x + y = \text{Ц}$ (маса узорка), онда је у току титрације:

- утрошено $2 \cdot 2 \cdot x/142 \text{ mol NaOH}$ на присутан фосфор-пентоксид,

- утрошено $2 \cdot y/98 \text{ mol NaOH}$ на присутну фосфорну киселину.

Следи да је укупно потрошено натријум-хидоксида:

$$A/1000 \cdot B = 2 \cdot 2 \cdot x/142 + 2 \cdot y/98$$

Решавањем система

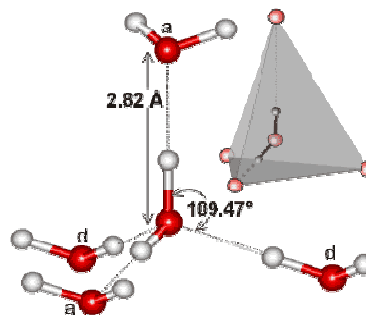
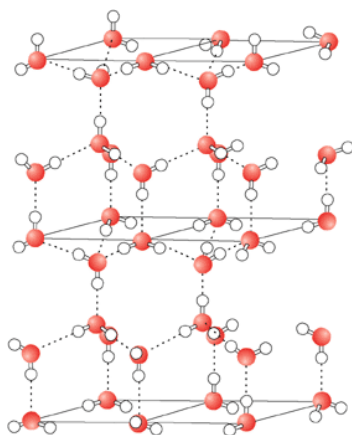
$$x + y = \text{Ц}$$

$$A/1000 \cdot B = 2 \cdot 2 \cdot x/142 + 2 \cdot y/98$$

по x и y добија се:

$$m(H_3PO_4) = y = 3,62963 \text{ Ц} - 0,12885 \text{ АБ}$$

3. (I разред, 12 II, 10 III) Лед кристалише у хексагоналној кристалној решети у којој је сваки молекул воде наградио укупно четири водоничне везе са још четири молекула воде у тетраедарском окружењу (слике доле). У две водоничне везе он је донор водоника, а у две акцептор водоника, али су оне све еквивалентне. Ефективно, један молекул воде би при сублимацији (преласку у парно стање, где нема интермолекулских интеракција) требало да раскине две водоничне везе (раскидање једне водоничне везе води ка раскидању везе између два молекула воде у структури леда, тј. за четири везе које треба раскинути, мора се уложити duplo мање енергије за сублимацију). Тако, енергија водоничне везе је половина од енергије сублимације, тј. $1/2 \cdot 49,8 = 24,9 \text{ kJ/mol}$.

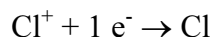
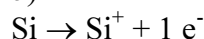


4. (I разред, 7 II) Све три једначине представљају реакције примопредаје електрона. Термодинамички гледано, можемо да их разматрамо као да су се одиграле у два корака: за реакције *a*) и *б*) јонизација електрона из неутралног атома (што одговара утроску прве енергије јонизације), и везивање електрона од стране једноструко наелектрисаног катјона и добијање неутралних атома (што одговара ослобађању прве енергије јонизације); за реакцију *в*) јонизација електрона из једном негативно наелектрисаног јона и добијање неутралног атома (што одговара утроску енергије афинитета према електрону), и везивање електрона од стране неутралног атома и стварање једном негативно наелектрисаног јона (што одговара ослобађању енергије афинитета према електрону):

a)



б)



в)

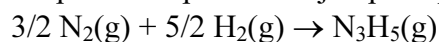


Енергетске промене које прате ове реакције су:

a) $E_{\text{јонизација}}(\text{Kr}) - E_{\text{јонизација}}(\text{He})$; *б*) $E_{\text{јонизација}}(\text{Si}) - E_{\text{јонизација}}(\text{Cl})$; *в*) $E_{\text{афинитет}}(\text{Si}) - E_{\text{афинитет}}(\text{Cl})$.

Енергетски повољни су процеси под *a* и *б* јер су прве енергије јонизације хелијума и хлора веће од одговарајућих првих енергија јонизације криптона и силицијума (опадање вредности прве енергије јонизације у групи и раст исте у периоди). Процес под *в* није енергетски повољан јер је прва енергија афинитета према електрону хлора већа од исте јода (смањење енергије афинитета према електрону у оквиру групе ПСЕ).

5. (I разред, 16 II, 4 III) Стандардна енталпија настајања триазана (N_3H_5) је енергетска промена која прати реакцију настајања из елемената:



Формално, да би се ова реакција одиграла неопходно је утрошити енергију за раскидање веза у молекулима азота и водоника, након чега ће се приликом стварања азот-азот и азот-водоник веза ослободити одговарајућа количина енергије. Тако, за један мол триазана укупна енергетска промена би била:

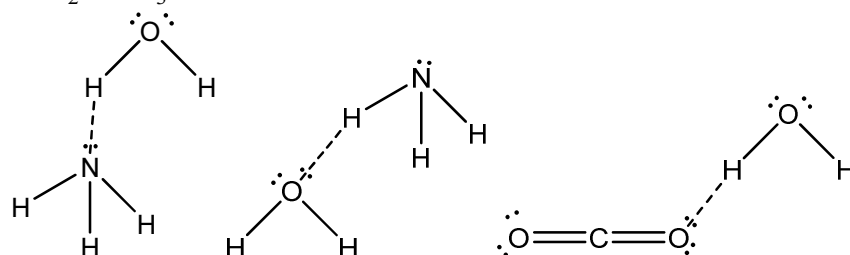
$\Delta_f H(N_3H_5(g)) = 3/2 E(N\equiv N) + 5/2 E(H-H) - 2 E(N-N) - 5 E(N-H) = + 246 \text{ kJmol}^{-1}$; тј. при настајању 1 мола гасовитог триазана из елемената потребно је уложити (утрошити, ендотерман процес) 246 кЈ енергије.

6. (I разред, 6 II, 5 III) а) Како су јединице константе брзине $\text{dm}^3 \text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$, то значи да је укупни ред реакције (збир свих експонената на концентрацијама у изразу за брзину реакције) једнак 2 (умножак јединица константе брзине и јединица концентрација треба да буде увек једнак јединицама брзине реакције, тј. $\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$). При додатку HBr, једнаке запремине као запремина еквимоларне смесе HBr и O_2 , концентрација HBr постаје 1,5 пута већа (три пута већи број молова у дупло већој запремини), док се концентрација кисеоника дупло смањује (исти број молова у дупло већој запремини). Ако би, у једном од могућих случајева, експоненти a и b на $[HBr]^a$ и $[O_2]^b$ били једнаки 1, тј. $a = b = 1$, јер је $a + b = 2$, онда би, при додатку бромоводоника, брзина била једнака $v_2 = 3/2 \cdot 1/2 v_1 = 3/4 v_1 = 0,75 v_1$, што одговара и експерименталном опажању. Тада би при додатку двоструко веће запремине кисеоника, при чему се концентрација бромоводоника смањује три пута (исти број молова, а три пута већа запремина), а концентрација кисеоника расте 5/3 пута (пет пута више молова у три пута већој запремини), брзина реакције била: $v_3 = 5/3 \cdot 1/3 v_1 = 5/9 v_1$, тј. $v_1 : v_2 : v_3 = 1 : 3/4 : 5/9$.

б) Како брзина реакције зависи од првог степена концентрације бромоводоника и кисеоника, то значи да најспорији елементарни корак реакције треба да представља процес који зависи од првог степена та два реактанта. Од два предложена механизма, онај под 2 одговара тим условима (први корак који је најспорији и зависи од првог степена концентрација HBr и O_2).

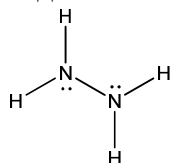
7. (I разред, 20 II) Растворљивост гасова у течностима зависи од јачине интермолекулских интеракција које могу да се јаве између молекула течности и молекула гаса (у гасној фази нема значајних интеракција између молекула). У случају водених раствора, те интеракције, према опадајућем редоследу јачине, могу да буду са (ненаелектрисаним) молекулима гасова: водоничне везе (специјалан вид дипол-дипол), дипол-дипол и индуковани дипол-дипол интеракције. При чему, молекул воде способан је и да буде донор водоника и акцептор водоника при грађењу водоничне везе. У случају молекула амонијака, вода може на оба ова начина да гради јаке водоничне везе са њим (види доле), а и оба молекула су поларна (имају сталан диполни момент) те се привлаче и на овај (мање стереохемијски захтеван) начин. Молекули угљен-диоксида немају стални диполни момент (две поларне везе чији се диполни моменти поништавају јер су колинеарни, а супротног смера), али могу да граде водоничне везе са водом (види доле), и, донекле, реагују са њом, градећи извесну количину угљене киселине, а што повећава његову растворљивост у води. Иако молекули угљен-мооксида имају одређени диполни момент, он је мале вредности услед делимичне компензације поларизације веза, успед различите електронегативности угљеника и кисеоника, обрнутим распоредом раздвојене формалне шарже у овом молекулу. И угљен-мооксид би требало да гради водоничну везу са водом, али из горе наведеног разлога много слабију него у претходна два случаја. Неполарни молекули водоника се привлаче најслабијим, индуковани дипол-дипол интеракцијама са молекулима воде. У свим случајевима постоје и индуковани дипол-индуковани дипол привлачења која настају услед тренутних промена електронске густине у једном молекулу

(независно од тога да ли он има стални диполни момент или не) које индукују сличне, али супротне по знаку промене електронске густине у другом блиском молекулу. Ове интеракције јако зависе од поларизабилности електронских облака, па тиме и од самог броја електрона у молекулима (поларизабилнији су они који имају више електрона). Ова врста интеракција је најјача код угљен-диоксида, а најслабија код молекула водоника. Како су индуковани дипол-индуковани дипол обично слабе интеракције код малих молекула, следи да је след растворљивости ових гасова у води:

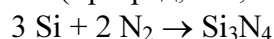


8. (I разред) Ако према формули Si_2H_x , $2 \cdot 28 \text{ g mol}^{-1}$ силицијума представља 90,28% масе дисилана, онда је молекулска маса дисилана $56/0,9028 = 62 \text{ g mol}^{-1}$, а $62 - 56 = 6 \text{ g mol}^{-1}$ отпада на масу водоника у молекулима. Следи да на два силицијума долази шест водоника, односно да је формула дисилана Si_2H_6 , тј. $x = 6$.

9. (I разред, 10 II) Маса једног мола овог једињења има масу $5,33 \cdot 10^{-23} \text{ g} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 32 \text{ g mol}^{-1}$. Како једињење садржи 87,5% азота, то у једном молу има $32 \cdot 0,875 = 28 \text{ g}$ азота, тј. два мола азота. Остатак мора да сачињава водоник (једини логичан избор елемента са малом атомском масом), тј. 4 мола водоника. Следи да је ово једињење N_2H_4 тј. хидразин.



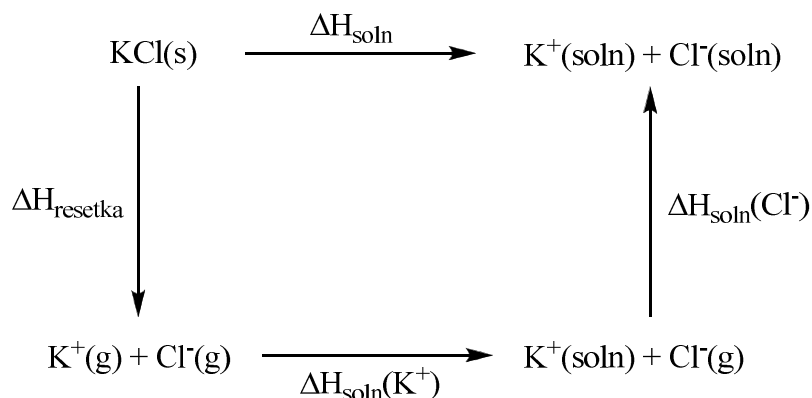
10. (I разред, 2 II, 6 III) Једначина реакције настајања силицијум-нитрида:



Како принос реакције није 100%, треба узети више силицијума у односу на стехиометријску количину, и то 100/92 пута више.

Према једначини, за 1000 g нитрида, тј. $1000 / 140 = 7,1429$ мола, треба три пута више мола силицијума. Ако узмемо у обзир и принос реакције, за добијање 1 kg силицијум-нитрида потребно је $3 \cdot 7,1429 \text{ mol} \cdot 100/92 \cdot 28 \text{ g mol}^{-1} = 652 \text{ g}$ силицијума.

11. (I разред, 5 II, 9 III) Енергија кристалне решетке ($\Delta H_{\text{resetka}}$) представља енергију коју је потребно утрошити да се јони из кристалне решетке удаље на бесконачну удаљеност, тј. преведу у гасну фазу. Енергија се ослобађа при растварању (солватацији) гасовитих јона у конкретном растварачу. Укупни енергетски ефекат разарања кристалне решетке и стварања солватисаних јона представља енергију солватације (ΔH_{soln}). Користећи Борн-Хаберов циклус можемо да израчунамо енергију солватације рубидијум-јодида на следећи начин:



$$\Delta H_{\text{soln}}(\text{K}^+) + \Delta H_{\text{soln}}(\text{Cl}^-) = \Delta H_{\text{soln}}(\text{KCl}) - \Delta H_{\text{resetka}}(\text{KCl}) = -685,3 \text{ kJmol}^{-1} \quad (1.1)$$

$$\Delta H_{\text{soln}}(\text{K}^+) + \Delta H_{\text{soln}}(\text{I}^-) = -616,3 \text{ kJmol}^{-1} \quad (1.2)$$

$$\Delta H_{\text{soln}}(\text{Rb}^+) + \Delta H_{\text{soln}}(\text{Cl}^-) = -654,9 \text{ kJmol}^{-1} \quad (1.3)$$

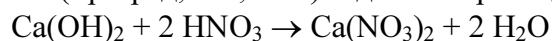
$$\Delta H_{\text{soln}}(\text{Rb}^+) + \Delta H_{\text{soln}}(\text{I}^-) + 608,0 = \Delta H_{\text{soln}}(\text{RbI}) \quad (1.4)$$

$$(1.3) - (1.1) + (1.2) = -585,9 \text{ kJmol}^{-1}$$

Следи да је енталпија солватације RbI:

$$\Delta H_{\text{soln}}(\text{RbI}) = -585,9 + 608,0 = 22,1 \text{ kJmol}^{-1}.$$

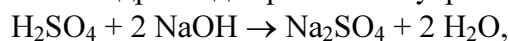
12. (I разред, 4 II, 2 III) Једначина реакције неутрализације:



Ако је маса раствора азотне киселине A , онда је у реакцији са стехиометријском количином калцијум-хидроксида настало $(0,6A / 63) \cdot 1/2 \cdot 164 \text{ g}$ калцијум-нитрата и $(0,6A / 63) \cdot 18 \text{ g}$ воде. Укупна маса раствора који би настао да није испарио део воде била би једнака збиру маса раствора азотне киселине и додатог калцијум-хидроксида, тј. $A + (0,6A / 63) \cdot 1/2 \cdot 74 \text{ g}$. Како је настао 70%-ни раствор калцијум-нитрата, то је маса раствора по испаравању воде: $1/0,7 \cdot (0,6A / 63) \cdot 1/2 \cdot 164 \text{ g}$, а маса воде која је испарила једнака разлици маса: $A + (0,6A / 63) \cdot 1/2 \cdot 74 \text{ g} - 1/0,7 \cdot (0,6A / 63) \cdot 1/2 \cdot 164 \text{ g} = 0,236735A \text{ g}$.

У крајњем раствору укупна количина воде потиче из полазног раствора азотне киселине и воде која је настала у току неутрализације: $0,4A + (0,6A / 63) \cdot 18 \text{ g} = 0,571429A \text{ g}$. Следи да је испарило: $0,236735A / 0,571429A = 41,4\%$ воде.

13. (I разред, 15 II, 11 III) Разблаживањем и узорковањем титрован је 40-ти део сумпорне киселине која се налази у 20 cm^3 акумулаторске киселине. Како се два мола хидроксида троше на неутрализацију једног мола сумпорне киселине:



то је у 20 cm^3 акумулаторске киселине било $40 \cdot 1/2 \cdot 37,2/1000 \text{ dm}^3 \cdot 0,1 \text{ mol dm}^{-3} = 7,44 \cdot 10^{-2} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$. Следи да је концентрација акумулаторске киселине $7,44 \cdot 10^{-2} \text{ mol} / 20 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 3,72 \text{ mol dm}^{-3}$.

14. (I разред) *a)* У 1 kg воде растворено је $0,04 \text{ g}$ кисеоника, тј. $0,04 \text{ g} / 32 \text{ g mol}^{-1} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, тј. $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 7,5 \cdot 10^{20}$ молекула кисеоника.
b) Поред раствореног молекулског кисеоника, у молекулима воде се налазе атоми воде, па је у том раствору укупно атома кисеоника: $2 \cdot 7,5 \cdot 10^{20} + 6 \cdot 10^{23} \cdot 1000/18 = 3,333408 \cdot 10^{25} \approx 3,3 \cdot 10^{25}$.

15. (I разред, 11 II) Присуство катализатора не мења положај равнотеже већ убрзава успостављање те исте равнотеже. Тако равнотежне концентрације се не

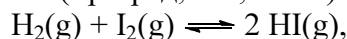
мењају, већ је нагиб криве зависности концентрација од времена у периоду пре успостављања равнотеже стрмији, тј. брже се успостављају равнотежне концентрације. Од четири наведена графика ове услове испуњава само график *в*. Код графика *а* и *б*, равнотежне концентрације се разликују у односу на некатализовану равнотежу. Брзина успостављања равнотеже представљена графиком *г* је мања у односу на некатализовану реакцију. Дакле, тачан одговор је *в*.

16. (I разред)

а) Калцијумови јони су два пута позитивно наелектрисани, а фосфатни три пута негативно, па је формула електронеутране, нормалне соли $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

б) Ако су у емпиријској формули три фосфатна јона и један једном негативно наелектрисан хидроксидни јон (укупно 10 јединица негативног наелектрисања), то је за електронеутрално јонско једињење потребно да она садржи још 5 калцијумових контра јона. Следи да је емпиријска формула апатита $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$.

17. (I разред, 1 II, 13 III) Једначина равнотеже која се успоставља је:



Константа равнотеже је $K = c(\text{HI})^2 / (c(\text{H}_2) c(\text{I}_2)) = n(\text{HI})^2 / (n(\text{H}_2) n(\text{I}_2))$.

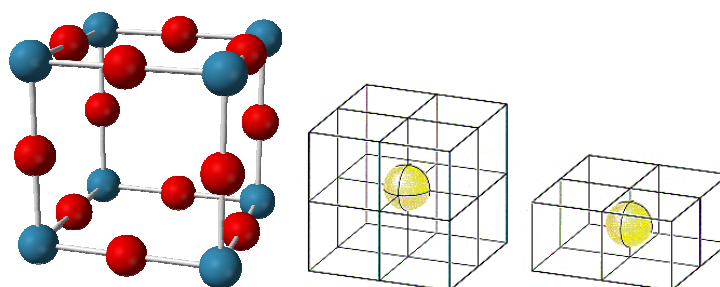
Из овог израза следи да се положај равнотеже (број молова) неће мењати променом (компримовањем или повећавањем) запремине у којој се успоставља равнотежа, тј. да је $n/n_0 = 1$ (*б*). Смањењем запремине реактора концентрације свих учесника реакције ће се дупло повећати, тј. $c/c_0 = 2$ (*а*).

18. (I разред, 19 II) Електронска конфигурација елемента са редним бројем 49 је: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^1$.

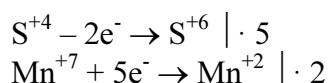
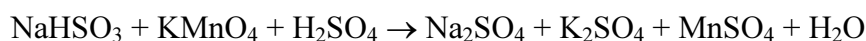
Његови најстабилнији јони ће настати јонизацијом једног или три електрона, при чему се добијају јони са потпуно попуњеним поднивоима ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10}$), односно са затвореним енергетским нивоом ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^{10}$ или $[\text{Kr}]4d^{10}$). Овај последњи је стабилнији. Ради се о индијуму, тј. његовом In^{3+} јону.

19. (I разред, 8 II) Растворљивост сребро-сулфата је много већа од растворљивости сребро-хлорида. Постоји велики вишак хлорида, па су сви среброви јони исталожени у облику сребро-хлорида. Маса добијеног раствора је једнака збиру маса свих раствора који су помешани, минус маса издвојеног талога сребро-хлорида. Маса талога једнака је $(4 \text{ g} / 170 \text{ g mol}^{-1}) \cdot 143,5 \text{ g mol}^{-1} = 3,3765 \text{ g AgCl}$. Маса раствора је онда $100 + 10 + 10 - 3,3765 = 116,6235 \text{ g}$. Како у раствору има 1 g калијум-сулфата, то чини $1 \text{ g} / 116,6235 \text{ g} = 0,857\%$ раствора.

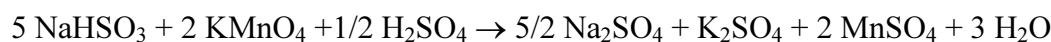
20. (I разред, 14 II, 3 III) Доле лево је приказана јединична ћелија овог ренијум оксида (црвене сфере представљају атоме кисеоника, а плаве атоме ренијума). Како је сваки атом ренијума, који се налазе на теменима јединичне кубне ћелије, дељен од стране (заједнички за) осам јединичних ћелија (слика доле у средини), једној ћелији припада један атом ренијума (осмина од осам атома ренијума на теменима). Свака ивица ћелије је дељена између четири ћелије (слика доле десно), па како ивица има 12, то она само четвртина атома кисеоника припада једној ћелији, тј. 3 атома кисеоника по једној ћелији. Емпиријска формула овог оксида ренијума је, онда, ReO_3 .



9. (II разред, 1 III) а) При изједначавању ове једначине треба имати на уму да је један од производа оксидације MnSO_4 , што значи да се оксидација одвија под киселим условима (у противном, KMnO_4 би се редуковао до K_2MnO_4 (под базним условима) или MnO_2 (у неутралној средини)). Поред тога, једини анјон који се појављује на десној страни је сулфатни, те се по свему судећи ради о сумпорној киселини. Дакле, проблем се своди на изједначавање следеће једначине:



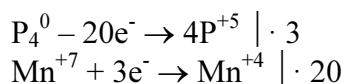
Односно



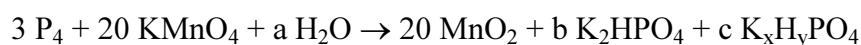
Односно



б) Слично претходном примеру, у овом случају се може претпоставити да би у непознатом производу реакције анјон могао бити изведен из фосфорне киселине (H_2PO_4^- или PO_4^{3-}), а да би катјон био K^+ . Односно, проблем се своди на изједначавање следеће једначине:



Односно



Да би се изједначио број атома калијума: $2b + xc = 20$

Да би се изједначио број атом фосфора: $b + c = 12$

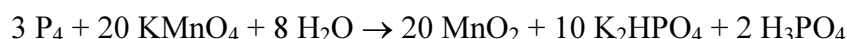
Да би се изједначио број атома водоника: $2a = b + 3c$

За $x=3, y=0$ ($K_xH_yPO_4 = K_3PO_4$) следи да је $2b + 3c = 20$, $b + c = 12$ и $2a = b$, тј. да је $c = -4$, $b = 16$, $a = 8$. Како је c негативан број, ово је немогуће решење.

За $x=1, y=2$ ($K_xH_yPO_4 = KH_2PO_4$) следи да је $2b + c = 20$, $b + c = 12$ и $2a = b + 2c$, тј. да је $c = 4$, $b = 8$, $a = 8$, односно да је



За $x=0, y=3$ ($K_xH_yPO_4 = H_3PO_4$) следи да је $2b = 20$, $b + c = 12$ и $2a = b + 3c$, тј. да је $c = 2$, $b = 10$, $a = 8$, односно да је



Међутим, ни ово није реално решење јер подразумева да је у раствору недисосована киселина у равнотежи са HPO_4^{2-} јонима, а да притом, формално, нема $H_2PO_4^-$ јона.

Дакле, решење овог задатка је

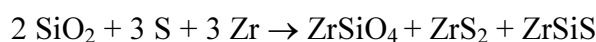


17. (II разред, 7 III) Натријум-хидроксид и хлороводонична киселина су јака база, то јест киселина. Оне међусобно реагују у односу 1:1, при чему настају раствор NaCl и вода. У $50,00 \text{ cm}^3$ раствора хлороводоничне киселине концентрације $0,1000 \text{ mol/dm}^3$ се налази $0,0050 \text{ mol}$ киселине, док се у $26,00 \text{ cm}^3$ раствора натријум-хидроксида концентрације $0,2000 \text{ mol/dm}^3$ налази $0,0052 \text{ mol}$ базе. Мешањем ова два раствора заостаје $0,0002 \text{ mol}$ неизреаговане базе. Концентрација OH^- јона у овом раствору (укупна запремина је $76,00 \text{ cm}^3$, тј. $0,076 \text{ dm}^3$) је $[OH^-] = 0,0002/0,076 \text{ mol/dm}^3 = 0,0026 \text{ mol/dm}^3$, а $pOH = -\log[OH^-] = 2,6$. Дакле, $pH = 14 - pOH = 11,4$.

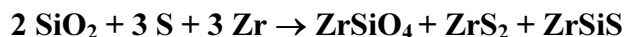
18. (II разред, 12 III) Релативна молекулска маса разматраног једињења ($ZrXS$) се може изразити као $M_r = A_r(Zr) + A_r(S) + X$ (маса непознатог дела молекула). Важи да је $0,815 = (A_r(Zr) + A_r(S))/(A_r(Zr) + A_r(S) + X)$. Одавде се може израчунати да X износи 28. Ако би X одговарало једном атому једног елемента, следи да у састав једињења улази и силицијум ($A_r(Si) = 28$), односно да је једињење по саставу $ZrSiS$. Ово одговара условима задатка према којима „моносулфид“ настаје једино жарењем у кварцној ампули (сачињена од SiO_2), а не и тиглу од алуминијум-оксида. Такође, ово је у складу и са чињеницом да истовремено са $ZrXS$, жарењем настају еквимоларне количине $ZrSiO_4$ и ZrS_2 :



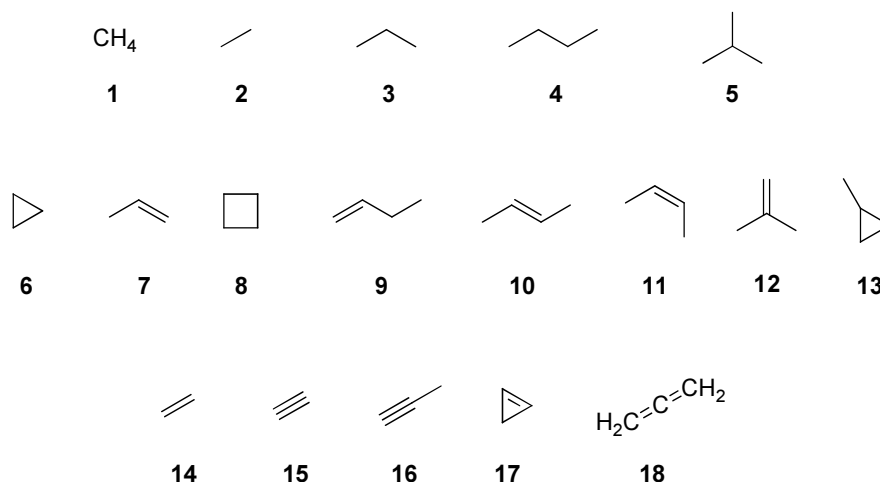
Ова једначина се може изједначити једино за случај да је $X = Si$, тј.:



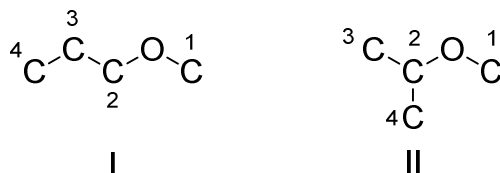
Дакле, непознато једињење је **$ZrSiS$** , а једначина по којој настаје



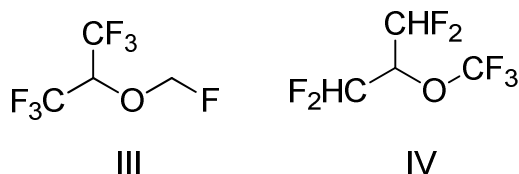
15. (III разред) Што се тиче засићених угљоводоника, метан (**1**), етан (**2**) и пропан (**3**) немају изомера. Већ код алкана са 4 C-атома постоје 2 могућности како се међусобно могу повезати угљеникови атоми (n-бутан (**4**) и изобутан (**5**)). Са порастом броја угљеникових атома, расте и број могућих изомера. Овде не треба разматрати циклоалкане, јер сваки од њих има бар један изомерни ациклични алкен (нпр. циклопропан (**6**) и пропен (**7**) или циклобутан (**8**), 1-бутен (**9**), (E)-2-бутен (**10**), (Z)-2-бутен (**11**), 2-метилпропен (**12**), метилциклопропен (**13**)). Слично, једино алкен који има мање од 3 C-атома нема изомере (дакле, једино етен (**14**)). Виши алкени, а који имају исти број C-атома се међусобно могу разликовати по положају двогубе везе, структури угљеничног низа (нормалан или рачвасти), а могући изомери су и аналогни циклоалкани (који садрже један супституисани или несупституисани прстен). Такође, једини алкин који нема могућих изомера је етин (**15**) (већ пропин (**16**) има два могућа изомера: циклопропен (**17**) и 1,2-пропадиен (**18**)).



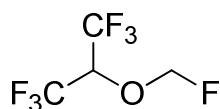
16. (III разред) Општа формула алкана је $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Однос броја угљеникових и водоникових атома је исти и код засићених, нецикличних алкохола и етара ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$); уколико би једињење имало карбонилну групу, под условом да не садржи прстенове или C-C вишегубе везе, општа формула би била $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$. Код засићених, нецикличних алкил-халогенида са n C-атома, укупан број атома халогена и водоникових атома је $2n+2$ (атоми водоника су формално замењени атомима халогена). Имајући ово на уму, лако можемо утврдити да је молекул севофлурана (број C-атома је $n = 4$, укупан број атома флуора и водоника је $10 = 2n+2$) засићени, ациклични алкохол или етар. Међутим, како молекули севофлурана међусобно не могу да се повезују водоничним везама, могућност да се ради о алкохолу се може одбацити: **севофлуран је етар**. Како најдужи угљенични низ у његовој структури има 3 C-атома, севофлуран мора да се састоји од једног од следећа два скелета:



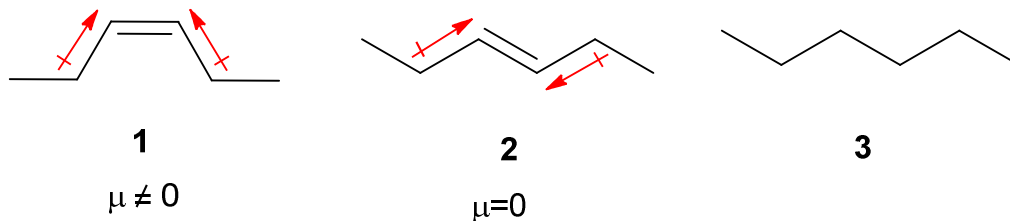
Ипак, могућност I се може одбацити, јер је, према условима задатка, сваки С-атом везан за бар један хетеро-атом, а у молекулу севофлурана нема вициналних (везаних за суседне С-атоме) атома флуора (I: за С-атоме 3 и 4 би морали бити везани F-атоми, који би онда били вицинални). Ово даље значи да је за С-атом 2 из варијанте II везан још атом водоника, а за С-атоме 3 и 4 бар по један атом флуора. Притом, севофлуран није оптички активан, те закључујемо да су С-атоми 3 и 4 еквивалентни. Следеће структуре задовољавају испред наведене услове:



Конечно, на основу услова да је број водоникових атома већи од укупног броја угљеникових атома за који су везани, можемо одбацити структуру IV (3 Н-атома су везана за 3 различита С-атома). Дакле, молекулу севофлурана одговара структура III (3 Н-атома су везана за 2 различита С-атома):



17. (III разред) а) *cis*-3-Хексен (1) и *trans*-3-хексена (2) су геометријски изомери, тј. диастереоизомери. То значи да су ова два једињења потенцијално у свему различита. Ове разлике су видљиве и у ахиралној средини. Они имају различите диполне моменате: за разлику од *cis*-, у случају *trans*-изомера диполни моменат је 0 (појединачни диполни моменти се поништавају; видети слику испод). Због ове разлике у диполним моментима, као и разлике у геометрији молекула уопште, разликоваће се јачина међумолекулских сила којима међусобно, или са молекулима неког другог једињења, интерагују молекули *cis*-, односно *trans*-3-хексена. Зато ће се разликовати тачке кључања ових једињења, њихова густина, растворљивост у етанолу. Слично, разликоваће се и енергија одговарајућих кристалних решетки (разлика у тачкама топљења), али и енергија адсорпције на површину неког материјала (нпр. Al_2O_3). Поред тога, и хемијске особине (реактивност) геометријских изомера се разликују. Тако, упркос томе што ће у оба случаја настати исти производ (3) брзина хидрогенизације 1 и 2 неће бити иста.



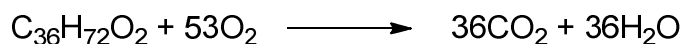
Због свега овога је једини нетачан одговор онај под б), док су одговори под 1), 2), 3), 4), 5), 7) и 8) исправни.

б) Упркос томе што су испред поменуте физичке особине два изомера различите, без поређења са табличним подацима, се одређивањем растворљивости, тачке топљења и кључања, густине или брзине хидрогенизације не може утврдити о ком изомеру је реч (поменуте разлике су у овим величинама су уз то и релативно мале). Међутим, одређивањем диполног момента се може недвосмислено показати којим изомером располажемо: у случају *trans*-изомера диполни моменат је 0, а у случају *cis*-изомера је различит од нуле. Дакле, тачан одговор је под 4).

18. (III разред) Густина свећа износи $\rho = 900 \text{ kg m}^{-3} = 0,9 \text{ g cm}^{-3}$. Полазна запремина свећа се може израчунати по следећој формули: $V = m/\rho = 4 \text{ g} / 0,9 \text{ g cm}^{-3} = 4,4444 \text{ cm}^3 = 0,0044 \text{ dm}^3$.

Под нормалним условима, укупна запремина ваздуха у звону је једнака запремини звона, умањеној за запремину коју заузимају две свеће (она је јако мала и могла би се занемарити), а запремина кисеоника чини петину укупне запремине гаса: $V(\text{O}_2) = (50 - 0,0088)/5 \text{ dm}^3 = 9,9982 \approx 10 \text{ dm}^3$. Укупна количина кисеоника се може израчунати по формули $n(\text{O}_2) = V(\text{O}_2)/V_m = 9,9982/22,4 = 0,44635 \text{ mol}$.

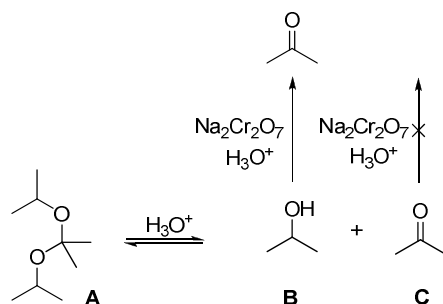
Реакција сагоревања октадецил-октадеканоата се може представити на следећи начин:



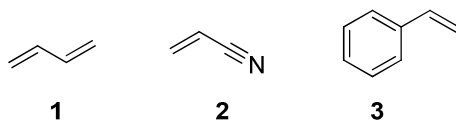
На основу овога, следи да је при сагоревању утрошена следећа укупна количина октадецил-октадеканоата (ОО): $\Delta n(\text{ОО}) = n(\text{O}_2)/53 = 0,008422 \text{ mol}$. Притом, шира свећа је сагоревала дупло спорије од уже свеће. Односно, $\Delta n_u = 2\Delta n_s$, $\Delta n_u + \Delta n_s = \Delta n(\text{ОО}) = 0,0084 \text{ mol} \Rightarrow \Delta n_u = 0,005614 \text{ mol}$ (тј. $\Delta m_u = 3,0094 \text{ g}$), $\Delta n_s = 0,002807 \text{ mol}$ ($\Delta m_s = 1,5047 \text{ g}$) Δn_u , Δm_u - утрошено молова, тј. грама уже свеће, Δn_s , Δm_s - утрошено молова, тј. грама шире свеће). Дакле, заостала маса ОО у ужој свећи је била 0,9906 g (ово одговара запремини од 1,1006 cm³), а у широј 2,4953 g (ово одговара запремини од 2,7726 cm³). Висина свећа, Н, се може израчунати по формули $H = V/r^2\pi$, где је r полупречник, а V висина. Из овога следи да је висина шире свеће $H_s = 9,8211 \text{ cm}$, а висина уже $H_u = 5,6508 \text{ cm}$. Разлика у висинама две свеће, када се угасе, је **4,17 cm**.

19. (III разред) Натријум-дихроматом, под киселим условима, у воденом раствору се примарни алкохоли и алдехиди преводе у киселине, секундарни алкохоли у кетоне, а терцијерни алкохоли, кетони и карбоксилне киселине не реагују. Ово значи да је једињење Б примарни или секундарни алкохол, или алдехид, а једињење Ц кетон или киселина са једнаким бројем С-атома као једињење Б. Поред тога, једињења Б и Ц настају киселом хидролизом једињења А (C₉H₂₀O₂). Ово значи да би једињење А могло бити естар или (полу)ацетал/(полу)кетал. Уколико би једињење А било естар, број С-атома у алкохолном и киселинском делу би морао бити исти (Б и Ц имају исти број С-атома), што је немогуће (А укупно има 9 атома). Из сличног разлога једињење А не би могло бити полуацетал/полукетал. Преостаје да је А ацетал или кетал, код кога алкохолни и карбонилни део имају исти број С-атома (по 3). Уколико би

једињење било ацетал, киселом хидролизом би настао алкохол (2-пропанол или 1-пропанол) и пропанал. Сви могући производи хидролизе могу да, под киселим условима у воденом раствору, подлегну оксидацији натријум-дихроматом, при чему би се добила пропанска киселине (из 1-пропанола и пропанала), односно ацетон (из 2-пропанола). Услови задатка су задовољени само онда када је једињење **A** диизопропил-кетал ацетона (2-пропанон). Његовом киселом хидролизом настају 2-пропанол и ацетон. Оксидацијом 2-пропанола настаје ацетон, који сам није реактиван под датим условима:



20. (III разред) Како је елементална анализа показала да је количински однос елемената у кополимеру 1,3-бутадиена (**1**), 2-пропеннитрила (**2**) и фенилетена (**3**) једнака $\text{C} : \text{H} : \text{N} = 21 : 22 : 1$, следи да је његова емпиријска формула $\text{C}_{21}\text{H}_{22}\text{N}$.



Уколико ова формула одговара мономерној јединици кополимера, следи да се она састоји из једног молекула 2-пропеннитрила ($\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$). Даље, укупно 18 ($21 - 3$) C -, тј. 19 ($22 - 3$) H -атома потиче од молекула **1** и **3**. Ово је немогуће, јер ни једна целобројна комбинација не даје овакав број угљеникових и водоникових атома: ако се мономерна јединица састоји од по једног молекула **1** и **3**, укупан број C -атома је 12; ако се мономерна јединица састоји од два молекула **1** и једног молекула **3**, укупан број C -атома је 16; уколико мономерна јединица састоји од два молекула **3** и једног молекула **1**, укупан број C -атома је 20. Поред тога, број водоникових атома је непаран (19), што је немогуће у случају угљоводоника.

Смислено решење се може добити за случај када је мономер $\text{C}_{42}\text{H}_{44}\text{N}_2$ (удвостручена емпиријска формула), а исти је настао повезивањем два молекула **2**, једног молекула **1** и четири молекула **3**. За 1 mol мономера, $n_1 = 1 \text{ mol}$, $n_2 = 2 \text{ mol}$, а $n_3 = 4 \text{ mol}$; укупан број молекула $n = n_1 + n_2 + n_3 = 7 \text{ mol}$. Тако, количински удео **1**, **2** и **3** је, редом, $\chi_1 = n_1/n = 1/7 = 0,143$, тј. 14,3%, $\chi_2 = n_2/n = 2/7 = 0,286$, тј. 28,6% и $\chi_3 = n_3/n = 4/7 = 0,572$, тј. 57,1%.

Кополимер АБС (акрилонитрил-бутадиен-стирен) представља бутадиен-стирен кополимер умрежен (разгранат, повезан) акрилонитрилом. Његова струкутра се најчешће приказује формулом датом доле. Најпознатије примене овог кополимера су у производњи Лего коцкица и у 3Д штампању (графт кополимер).

