

Републичко такмичење из хемије за ученике средњих школа, 11–13. мај 2018.

детаљна решења задатака

Први разред

1. Де Бројева таласна дужина користи се за описивање материјалних (Де Бројевих) таласа који, за разлику од класичних таласа, потичу од масивнијих честица. Може се израчунати из обрасца:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}}{(1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg})(120 \cdot 1000 \text{ m/s})} = \boxed{3,3 \cdot 10^{-12} \text{ m}}.$$

У оваквим прорачунима треба бити пажљив с претварањем јединица. Тренутни SI систем јединица осмишљен је на принципима претходног MKS (метар – килограм – секунд) система, те су изведене јединице попут џула ($\text{kg m}^2 \text{ s}^{-2}$) увек дефинисане на овај начин.

2. Решење се добија применом Шарловог закона:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Leftrightarrow p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{(2,50 \cdot 10^5 \text{ Pa})(35,0 + 273) \text{ K}}{((-5,0 + 273) \text{ K})} = 2,87 \cdot 10^5 \text{ Pa} = \boxed{287 \text{ kPa}}.$$

3. Када се судови споје цевчицом равнотежа у систему се успоставља изједначавањем притисака гаса у оба суда. Како температура није иста у већем и мањем суду, једначина идеалног гасног стања не може да се примени за цео систем. Означимо вредности који карактеришу мањи суд са индексом 1, а оне за већи суд индексом 2. Пошто је након успостављања равнотеже $p_1 = p_2$, важи и:

$$\frac{n_1 R T_1}{V_1} = \frac{n_2 R T_2}{V_2}$$

а одатле се може изразити однос количина гаса у оба суда:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{R T_2 V_1}{R T_1 V_2} = \frac{(0 + 273) \text{ K} \cdot 35 \text{ L}}{(100 + 273) \text{ K} \cdot 65 \text{ L}} = 0,394$$

Количине гасова у појединим судовима добијају се решавањем система једначина којег чине горња једначина и $n_1 + n_2 = 4,5$, одакле се добија $n_1 = 1,27 \text{ mol}$ и $n_2 = 3,23 \text{ mol}$. Заменом ових вредности у једначину идеалног гасног стања која описује било који од два суда добија се $p_1 = p_2 = \boxed{113 \text{ kPa}}$.

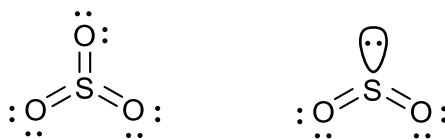
4. Ако помешамо једну масу 18-каратног злата и три масе 15-каратног злата масени удео злата у тако добијеној легури је:

$$\omega(\text{Au}) = \frac{\frac{18}{24}m + \frac{15}{24}3m}{m + 3m} = \frac{2,625m}{4m} = 0,65625$$

а овај масени удео одговара чистоћи од $0,65625 \cdot 24 = \boxed{15,75}$ карата. До ове вредности се лако долази и помоћу вредности карата:

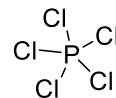
$$\frac{18m + 15 \cdot (3m)}{m + 3m} = \frac{63m}{4m} = 15,75.$$

5. а) Код оба молекула постоје три групе богате електронске густине око централног атома: у случају сумпор-триоксида то су три кисеоника, а у случају сумпор-диоксида два кисеоника и један слободни електронски пар. Познато је да присуство слободних електронских парова на централном атому утиче на смањивање угла веза између периферних и централних атома (најпознатији пример је угао везе код воде од $104,5^\circ$, нешто мањи од идеалног тетраедарског угла типичног за врсте са sp^3 хибридизацијом), што се обично објашњава јачим одбијањем између слободних електронских парова и електрона веза него што је одбијање између електрона различитих веза. Овај одговор је дакле **тачан**.



б) Ред везе у молекулу кисеоника је 2 ($2\sigma_s^2 2\sigma_s^{*2} 2\sigma_x^2 2\pi_y^2 2\pi_z^2 2\pi_y^{*1} 2\pi_z^{*1}$), а код пероксидног јона 1,5 ($2\sigma_s^2 2\sigma_s^{*2} 2\sigma_x^2 2\pi_y^2 2\pi_z^2 2\pi_y^{*2} 2\pi_z^{*1}$). Како је ред везе обрнуто сразмеран дужини везе, овај одговор **није тачан**.

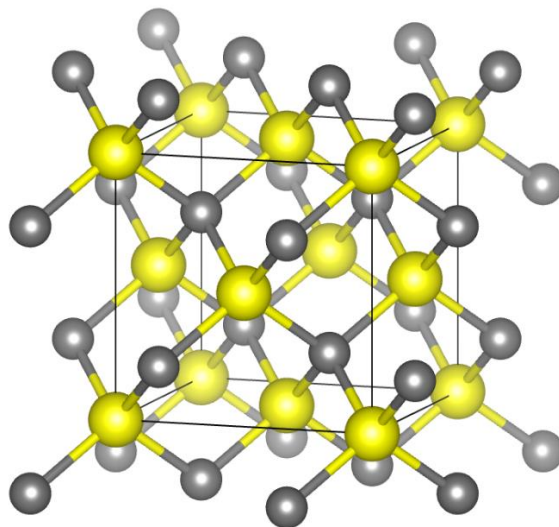
в) Фосфор као централни атом у овом молекулу формално достиже конфигурацију од $2 \cdot 5 = 10$ електрона, те се овај молекул не покоравља правилу октета. Овај одговор је **тачан**.



г) Како су ове врсте изоелектронски анјони (садрже исти број електрона), већи јонски полупречник има O^{2-} јон јер је број протона у његовом језгру мањи него код F^- , а тиме су и привлачне силе између језгра и електрона мање, те је овај одговор **тачан**.

д) Флуоридни јон поседује стабилну електронску конфигурацију племенитог гаса, па је процес у којем он прима још један електрон изузетно неповољан. Са друге стране, врсти O^- фали један електрон до конфигурације племенитог гаса, те је њен афинитет према електрону велик. Овај одговор **није тачан**.

6. а) Координациони број заправо представља број суседних (најближих) јона, а то су у овом случају четири сулфидна јона за јон цинка (што се лако уочава из слике), као и четири цинкова јона за сулфидни јон (што се лакше закључује ако се прикажу јони из суседних ћелија):



б) Како једна јединична ћелија садржи:

- 1) јона сумпора: 8 на теменима (подељених између 8 јединичних ћелија) и 6 на странама (подељених између две јединичне ћелије), и
- 2) јона цинка: 4 унутар запремине јединичне ћелије (припадају само једној јединичној ћелији)

то је у њој укупно $8 \cdot (1/8) + 6 \cdot (1/2) = 4$ сумпора и 4 цинка, а имајући у виду да је у питању коцка са дужином странице $5,406 \cdot 10^{-10}$ m, густина материјала се добија као:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m(\text{Zn}) + m(\text{S})}{a^3} = \frac{\frac{4}{N_A} M(\text{Zn}) + \frac{4}{N_A} M(\text{S})}{a^3} = \frac{\frac{4}{6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} (65 \text{ g/mol} + 32 \text{ g/mol})}{(5,406 \cdot 10^{-8} \text{ cm})^3} =$$

$$= \boxed{4,09 \text{ g/cm}^3}.$$

7. Масени удео урана у руди је:

$$\omega(\text{U}) = 200 \frac{1}{10^6} = 2 \cdot 10^{-4}$$

а масени удео радијума-226 се добија као:

$$\omega(\text{Ra}) = \omega(\text{U}) \frac{1 \text{ mg}}{3 \text{ kg}} = (2 \cdot 10^{-4}) \frac{1 \text{ mg}}{3 \cdot 10^6 \text{ mg}} = 6,67 \cdot 10^{-11}$$

па је маса руде која садржи $5 \text{ mg } ^{226}\text{Ra}$:

$$m = \frac{m(\text{Ra})}{\omega(\text{Ra})} = \frac{5 \text{ mg}}{6,67 \cdot 10^{-11}} = 7,5 \cdot 10^{10} \text{ mg} = \boxed{75 \text{ t}}.$$

8. Реакција се одвија по једначини:



где је x валенца метала.

Из табеле се може закључити да је случај где се ствара највише хлорида (238,4 g) у ствари случај где су метал и хлор помешани у односу који је најсличнији стехиометријском, али он не мора бити стехиометријски. Погледајмо, на пример, дно табеле, где је стога метал M сигурно у вишку. Промене приноса хлорида у зависности од смањења запремине хлора за $10,0 \text{ dm}^3$ износе $(158,9 - 119,2) = 39,7 \text{ g}$ и $(198,6 - 158,9) = 39,7 \text{ g}$. Ово значи да би $10,0 \text{ g}$ метала M са довољном количином хлора дало $39,7 \text{ g}$ хлорида. Како хлор и хлорид стоје у стехиометријском односу $(x/2):1$, добија се:

$$\frac{2}{x} \frac{10,0 \text{ dm}^3}{22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}} = \frac{39,7 \text{ g}}{M + 35,5x}$$

где је M моларна маса метала, односно $M = 8,964x$. За $x = 1$ и $x = 2$ не добијају се моларне масе које одговарају неком металу тих валенци, али за $x = 3$ добија се $M = 26,9$, што одговара моларној маси **алуминијума** и у складу је са његовом валенцом.

9. Означимо масу киселине у раствору са x , а воде са y . Молски и масени удео овог раствора су:

$$\chi = \frac{\frac{x}{M}}{\frac{x}{M} + \frac{y}{18}}$$

$$\omega = \frac{x}{x + y}$$

Из израза за масени удео могуће је изразити y :

$$\omega(x + y) = x \Leftrightarrow y = \frac{x - \omega x}{\omega} = \frac{x - 0,2x}{0,2} = 4x$$

а заменом у израз за молски удео добија се да је:

$$\chi = \frac{\frac{x}{M}}{\frac{x}{M} + \frac{4x}{18}} = \frac{\frac{x}{M}}{\frac{18x + 4xM}{18M}} = \frac{\frac{x}{M}}{\frac{18x + 4xM}{18M}} = \frac{\frac{x}{M}}{\frac{x(18 + 4M)}{18M}} = \frac{18xM}{xM(18 + 4M)} = \frac{18}{18 + 4M}$$

$$\frac{18}{18 + 4M} = 0,0667$$

што даје $M = \boxed{63,0 \text{ g/mol}}$.

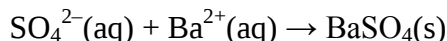
10. Како би се задовољио услов електронеутралности раствора, а имајући у виду да су калцијумов и магнезијумов јон двапут позитивни, концентрација хлорида у раствору износи $[Cl^-] = 2([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) = 2(3,91 \text{ mol/dm}^3 + 2,13 \text{ mol/dm}^3) = 12,08 \text{ mol/dm}^3$. Разматрајмо 1 dm^3 воде из Гаеталеа. Маса овог раствора је $(1000 \text{ cm}^3) \cdot (1,42 \text{ g/cm}^3) = 1420 \text{ g}$, а маса растворених соли је:

$$\begin{aligned} m(\text{соли}) &= m(Ca^{2+}) + m(Mg^{2+}) + m(Cl^-) = \\ &= (3,91 \text{ mol})(40 \text{ g/mol}) + (2,13 \text{ mol})(24 \text{ g/mol}) + (12,08 \text{ mol})(35,5 \text{ g/mol}) = \\ &= 636,36 \text{ g} \end{aligned}$$

па је салинитет:

$$\omega(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m_p} = \frac{636,36 \text{ g}}{1420 \text{ g}} = \boxed{44,8\%}.$$

11. Нека је количина $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ x , а количина $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ y . За услов масе смеше мора да важи: $250x + 278y = 1,202 \text{ g}$. Сулфатни анјони добијени растварањем ових кристалохидрата у води таложе се баријум-хлоридом у облику баријум-сулфата:



Како сваки мол кристалохидрата садржи један мол сулфата, важи и: $x + y = (1,086 \text{ g})/(137 \text{ g/mol})$. Решавањем система једначина добија се $x = 3,3485 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ и $y = 1,3125 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, те следи да су масе кристалохидрата $0,365 \text{ g}$ за $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и $0,837 \text{ g}$ за $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, а удели $\omega(FeSO_4 \cdot 7H_2O) = 0,365/1,202 = \boxed{30,4\%}$ и $\omega(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 0,837/1,202 = \boxed{69,6\%}$.

12. Из ових резултата закључује се да је ова реакција првог реда у односу на реактант А. Што се тиче реактанта Б, може се закључити да је реакција нултог реда у односу на реактант Б (одговор б) не може бити тачан). Најспорији корак ове реакције дакле укључује А, али не и Б. Брзина реакције ипак зависи од концентрације реактанта Б при ниским концентрацијама јер у тим условима нема довољно интермедијера који настаје реакцијом Б са А или неком другом врстом, а који у најспоријем кораку реагује са А. Одговор под а) је дакле тачан. Како се реакција очигледно одвија у више корака, не може се закључивати о њеној стехиометрији (одговор в) није тачан). У случају да је супстанца Б чврста а реакција хетерогена, не би било никакве промене брзине хемијске реакције у случају варирања количине Б (тада се о концентрацији Б не може ни говорити).

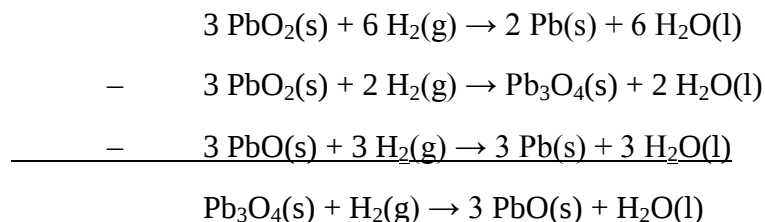
13. Брзина укупне реакције зависи од брзине њеног најспоријег корака, у овом случају $v = k' [N_2][O]$. Међутим, у изразу за брзину укупне реакције не могу да фигуришу интермедијери, те концентрацију атомског кисеоника морамо изразити преко константе равнотеже која представља први корак реакције:

$$K = \frac{[O]^2}{[O_2]}, [O] = K^{1/2} [O_2]^{1/2}$$

$$v = k' [N_2][O] = k' [N_2] K^{1/2} [O_2]^{1/2} = \boxed{k [N_2][O_2]^{1/2}}$$

14. Да би се отопило 1,00 kg леда неопходно је $\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g}} \cdot 6,03 \text{ kJ} = 335 \text{ kJ}$. Како се при сагоревању 1 mol угљеника ослободи 394 kJ топлоте, да би се ослободило 335 kJ неопходно је 1 mol $\frac{335 \text{ kJ}}{394 \text{ kJ}} = 0,85 \text{ mol}$, односно $(0,85 \text{ mol}) \cdot (12 \text{ g/mol}) = \boxed{10,2 \text{ g}}$.

15. Множењем треће једначине са три и одузимањем друге једначине и три пута помножене прве једначине даје жељену реакцију:



Обележимо енталпије датих реакција као $\Delta_r H^\circ(1) - \Delta_r H^\circ(3)$. Енталпија жељене реакције (према Хесовом закону) може се добити као:

$$\begin{aligned} \Delta_r H^\circ &= 3\Delta_r H^\circ(3) - \Delta_r H^\circ(2) - 3\Delta_r H^\circ(1) = \\ &= 3(-295,0 \text{ kJ/mol}) - (-476,5 \text{ kJ/mol}) - 3(-67,9 \text{ kJ/mol}) = \boxed{-204,8 \text{ kJ/mol}}. \end{aligned}$$

16. а) Ле Шателјеов принцип предвиђа померање равнотеже у правцу ендотермне реакције, односно у лево ($\leftarrow$).

б) Ле Шателјеов принцип предвиђа померање равнотеже у правцу настајања мањег броја молова гаса. Како се и на левој и на десној страни реакције налази исти број молова гаса, равнотежа се не помера повећањем притиска ($=$).

в) Иако Ле Шателјеов принцип предвиђа померање равнотеже у супротном правцу у случају додавања једног реактанта (у односу на страну којој је тај реактант додат), баријум-карбонат не улази у израз за константу равнотеже ове реакције, те његов додатак не узнемирује равнотежу ($=$).

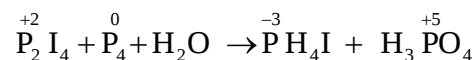
г) Ле Шателјеов принцип предвиђа померање равнотеже у правцу настајања већег броја молова гаса, односно у десно ($\rightarrow$).

д) Иако су оба реактанта у чврстом стању, Ле Шателјеов принцип предвиђа ефекат који се супротставља повећању притиска, те ће се равнотежа померити у правцу настајања реактанта који има већу густину (а тиме и мању запремину), а то је дијамант ($\leftarrow$).

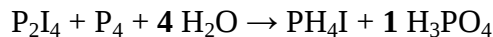
17. Количина калијум-хидроксида додатог у реакцији $(0,0500 \text{ dm}^3) \cdot (0,100 \text{ mol/dm}^3) = 5 \text{ mmol}$, а количина гликолне киселине $(0,456 \text{ g}) / (76 \text{ g/mol}) = 6 \text{ mmol}$. Пошто је гликолна киселина једнобазна, неутралише се већи део гликолне киселине, али не и сва: 1 mmol заостаје, а настаје 5 mmol гликолата (конјуговане базе). Ове две компоненте граде заједно пуфер познате рН вредности, а константа киселости се добија из њеног обрасца:

$$K_a = \frac{[\text{HOCH}_2\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{HOCH}_2\text{COOH}]} = \frac{\frac{5 \text{ mmol}}{150,0 \text{ cm}^3} 10^{-4,53}}{\frac{1 \text{ mmol}}{150,0 \text{ cm}^3}} = \boxed{1,48 \cdot 10^{-4}}.$$

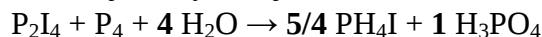
18. а) Фосфор је једини елемент који мења оксидациони број у овој реакцији:



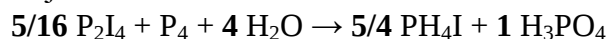
Реакцију је наочиглед немогуће изједначити уобичајеном методом јер пар $\text{P}_2\text{I}_4/\text{PH}_4\text{I}$ не дозвољава истовремено изједначавање и фосфора и јода. Ово значи да PH_4I не настаје искључиво редукцијом P_2I_4 , већ и редукцијом P_4 , па је практично неопходно написати више од две полуреакције (тачније четири, $\text{P}_2\text{I}_4 \rightarrow \text{PH}_4\text{I}$, $\text{P}_4 \rightarrow \text{PH}_4\text{I}$, $\text{P}_2\text{I}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$, $\text{P}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$), и то заједно са одређеним једначинама које би описивале биланс елемената. Ово би било изузетно напорно и дуготрајно, и постоји много лакши приступ. Може се уочити да се кисеоник, као и јод, јавља само у једној супстанци на свакој страни реакције. Почнимо тако што ћемо изједначити кисеоник:



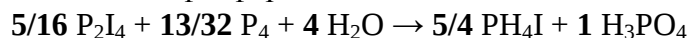
одакле је могуће изједначити и водоник:



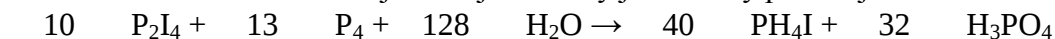
те јод:



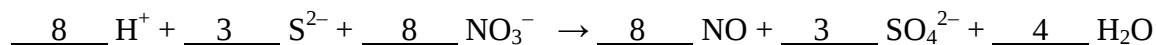
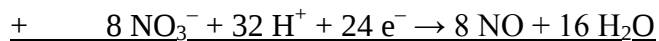
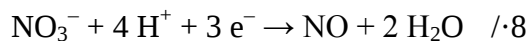
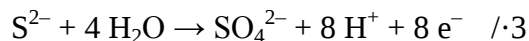
а коначно и фосфор:



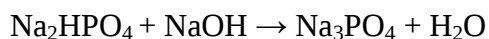
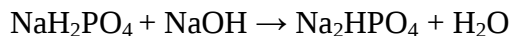
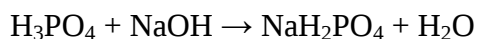
Након множења са 32 добијамо изједначену једначину реакције:



б) Ова реакција оксидоредукције се може изједначити на много уобичајенији начин, нпр. методом полуреакција:

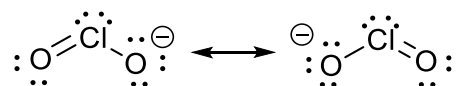


19. На титрационим кривама уочљиве су две различите врсте регија: оне у којима рН вредност раствора споро расте, и оне у којима она нагло скаче. У току титрације фосфорне киселине натријум-хидроксидом долази до стварања пуфера ($\text{H}_3\text{PO}_4/\text{H}_2\text{PO}_4^-$, $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$, $\text{HPO}_4^{2-}/\text{PO}_4^{3-}$):



а како пуферски системи отежавају промене рН вредности, ово одговара првој врсти регија. Када пуферски систем практично престане да постоји, односно онда када је у раствору доминантно присутна само једна врста јона (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), тада долази до наглих скокова рН вредности, а ово наравно одговара тачкама еквиваленције. На три титрационе криве јасно се виде две тачке еквиваленције на рН вредностима од око 5 и 9, што узимајући у обзир дате pK_a вредности одговара првој и другој тачки еквиваленције при титрацији фосфорне киселине. Како ово не важи за криву II, она се може изузети из разматрања. Оно по чему се разликују три дата раствора јесте запремина титрационог средства неопходног за достизање прве и друге тачке еквиваленције. У случају раствора фосфорне киселине (а), запремина неопходна за достизање прве тачке еквиваленције од почетка титрације и друге тачке еквиваленције од прве тачке еквиваленције мора бити иста, што одговара кривој I. На обе преостале криве запремина титрационог средства неопходна за достизање прве тачке еквиваленције износи 2 cm^3 . Ова запремина је пропорционална почетној количини фосфорне киселине. У случају раствора који садржи H_3PO_4 и NaH_2PO_4 у молском односу 2:1 (б), запремина до следеће тачке еквиваленције морала би износити $2 + 1 = 3 \text{ cm}^3$, што одговара кривој III, док би она у случају раствора који садржи H_3PO_4 и NaH_2PO_4 у молском односу 1:1 (в) износила $2 + 2 = 4 \text{ cm}^3$, што одговара кривој IV.

20. а) Понуђене су две кисеоничне киселине (HClO и HClO_2), и једна бескисеонична (HCl). Основна разлика између ових киселина је то што је у кисеоничним водоник везан за кисеоник, док је код бескисеоничне везан за хлор. Величина хлора у односу на кисеоник, као и стабилност хлорида као конјуговане базе су два фактора који чине хлороводоничну киселину јаком (важи и за остале халогеноводоничне киселине). Код хипохлорита (ClO^-) и хлорита (ClO_2^-) негативно наелектрисање налази се на кисеонику, а услед везе са електронегативним хлором (одбојне електронске интеракције) оно је много лошије стабилизовано него што је то случај код хлорида. Ипак, ако се пореде две кисеоничне киселине, киселија ће бити она која има више кисеоника. Први разлог за ово је могућност делокализације негативног наелектрисања услед резонанције:



а други је то што додатни електронегативни кисеоник смањује електронску густину на кисеонику из О–Н везе, чинећи је слабијом. Тачан одговор је дакле $\text{HClO} < \text{HClO}_2 < \text{HCl}$.

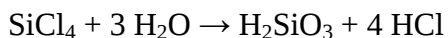
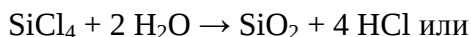
б) Ако поредимо три аналогне халогене кисеоничне киселине, важно је узети у обзир електронегативност халогена. Што је халоген електронегативнији, то је смањење електронске густине на кисеонику из О–Н везе веће, а тиме та веза слабија, а киселина киселија. Како електронегативност халогена опада низ групу, тачан одговор је $\text{HIO} < \text{HBrO} < \text{HClO}$.

в) Јасно је да је од три понуђена једињења вода најслабија киселина, а објашњење за ово је слично оном као код а) јер се ради о водоником везаним за кисеоник. Остаје упоредити јачину флуороводоничне киселине и хлороводоничне киселине. Мањи флуоридни јон као

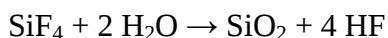
конјугована база много теже стабилизује јединично негативно наелектрисање него што је то случај код хлорида. Додатно, у воденом раствору молекулски HF је стабилизован јаким водоничним везама. Тачан одговор је: **H₂O < HF < HCl**.

Други разред

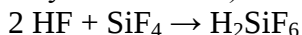
1. Како су силицијумове кисеоничне киселине слабе (и некад непостојане) киселине, јака киселина у оба случаја мора бити неки други производ хидролизе. У случају силицијум(IV)-хлорида лако је закључити да се ради о хлороводоничној киселини (која у контакту са атмосферском влагом гради аеросол):



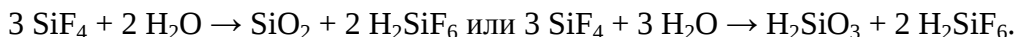
У случају силицијум(IV)-флуорида идентитет другог производа хидролизе није тако очигледан. Познато нам је да се ради о јакој двобазној киселини без Si–O веза. Размотримо реакцију аналогну претходном случају:



Од помоћи је и сетити се да флуороводонична киселина реагује са силицијум-диоксидом растварајући га до флуорида; можемо претпоставити да овде долази до повољније реакције флуороводоничне киселине са неким другим једињењем. То једино може бити полазни SiF_4 , а у таквој реакцији би учествовала два молекула флуороводоничне киселине како би настала комплексна киселина у којој је за силицијум координовано шест флуоридних анјона, те она мора бити јака (нема очигледних места за везивање протона, потпуно су дисосовани):



те би укупна једначина реакције била:



2. видети 14. задатак из првог разреда

3. видети 3. задатак из првог разреда

4. Запремина по молу металног цезијума може се добити као

$$V_m = \frac{M}{\rho} = \frac{133 \text{ g/mol}}{1,87 \text{ g/cm}^3} = 71,1 \text{ cm}^3/\text{mol}$$

Запремина коју заузимају атоми цезијума је $(71,1 \text{ cm}^3/\text{mol}) \cdot (0,680) = 48,35 \text{ cm}^3/\text{mol}$. Запремина коју заузима један атом цезијума је $(48,35 \text{ cm}^3/\text{mol}) / (6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 8,058 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3 = 8,058 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$. Како атоме можемо третирати као лопте, полупречник лопте одговара атомском полупречнику:

$$V = \frac{4}{3} r^3 \pi \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} V} = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} (8,058 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3)} = 2,68 \cdot 10^{-10} \text{ m} = \boxed{268 \text{ pm}}.$$

5. видети 6. задатак из првог разреда

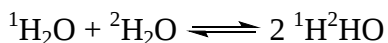
6. видети 13. задатак из првог разреда

7. видети 17. задатак из првог разреда

8. видети 2. задатак из првог разреда

9. видети 10. задатак из првог разреда

10. Пошто се при мешању А и Б добија смеша А, Б и Г, очигледно долази до успостављања равнотеже између ове три супстанце. О природи ове равнотеже говори резултат огледа где су помешане једнаке количине течних А и Б. Како се у овом случају добијају А, Б и Г у молском односу 1:1:2, није реч о просто хемијској равнотежи, већ равнотежи у којој очигледно статистика диктира однос учесника по њеном успостављању. Ово је типично за изотопске измене, где уколико постоји нека хемијска равнотежа која омогућава измену различитих изотопа између елемената долази до чисто статистичке расподеле различитих изотопа између врста тог хемијског елемента које постоје у равнотежи. Чињеница да се супстанца Г не може добити у чистом стању говори у прилог томе да су А и Б изотопски чиста једињења, док Г садржи више различитих изотопа у једном молекулу, па би било какав покушај изоловања чистог Г био немогућ због изотопске измене која би доводила до настанка и А и Б. Иако А, Б и В не проводе електричну струју, раствори натријум-хидроксида у њима проводе струју, а при електролизи издвајају се гасови и на катоди и на аноди. Ово, заједно са описаним физичким особинама, сугерише да се ради о различитим изотопски чистим молекулима воде. Однос А, Б и Г у равнотежи указује да се ради о молекулима са различитим изотопима водоника (у обзир долазе само протијум, ^1H , и деутеријум, ^2H , јер је трицијум, ^3H , радиоактиван):



Изотопску измену у овом случају омогућава аутопротолиза. Ако смо почели од смеше где је 50% водоника протијум и 50% деутеријум, по ове три врсте ови изотопи ће се распоредити као $(0,5)^2:(0,5)^2:(2 \cdot 0,5 \cdot 0,5) = 1:1:2$. Пошто кристалић А тоне у Б, мора бити **А** = $^2\text{H}_2\text{O}$ и **Б** = $^1\text{H}_2\text{O}$, а Г свакако мора бити $^1\text{H}^2\text{HO}$. Што се тиче супстанце В, у граничном случају однос гасова који се издвајају на катоди и аноди, односно водоника и кисоника, је 1:9. Ово може одговарати само молекулу H_2^{18}O (**В**). Током електролизе овај однос може бити мањи због извесне количине деутеријума присутне у оваквом молекулу (те овај молекул не мора бити изотопски чист што се тиче водоника) или због измене кисеоника са изотопима из природне изотопске смеше натријум-хидроксида (а највише ^{16}O) услед равнотежа у раствору.

11. видети 8. задатак из првог разреда

12. видети 18. задатак из првог разреда

13. видети 1. задатак из првог разреда

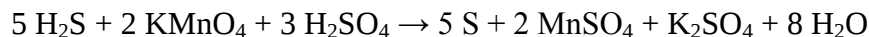
14. видети 11. задатак из првог разреда

15. видети 9. задатак из првог разреда

16. видети 5. задатак из првог разреда

17. видети 12. задатак из првог разреда

18. Водоник-сулфид реагује са воденим раствором калијум-перманганата по једначини коју је лако саставити и изједначити имајући на уму да се сулфид оксидује до елементарног сумпора:



Вишак калијум-перманганата реагује са оксалатом по једначини:



Количина калијум-перманганата у вишку у раствору од 300 cm^3 је:

$$\begin{aligned} n'(\text{KMnO}_4) &= \frac{300 \text{ cm}^3}{50,0 \text{ cm}^3} \frac{2}{5} c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \\ &= \frac{300 \text{ cm}^3}{50,0 \text{ cm}^3} \frac{2}{5} (0,0500 \text{ mol/dm}^3) (3,18 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3) = 3,816 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

Количина изреагованог перманганата добија се одбијањем ове количине од количине укупног перманганата у раствору:

$$\begin{aligned} n(\text{KMnO}_4) &= n_0(\text{KMnO}_4) - n'(\text{KMnO}_4) = c_0 V_0 - n'(\text{KMnO}_4) = \\ &= (0,0200 \text{ mol/dm}^3) \cdot (0,300 \text{ dm}^3) - 3,816 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,184 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

Количина водоник-сулфида износила је:

$$n(\text{H}_2\text{S}) = \frac{5}{2} n(\text{KMnO}_4) = \frac{5}{2} (2,184 \cdot 10^{-3} \text{ mol}) = 5,46 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

На 17°C и $101,3 \text{ kPa}$ ова количина гаса заузима била запремину:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{(5,46 \cdot 10^{-3} \text{ mol}) \cdot (8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) (17+273 \text{ K})}{101,3 \text{ kPa}} = 0,13 \text{ dm}^3$$

те је коначно запремински удео водоник-сулфида у овом узорку:

$$\varphi(\text{H}_2\text{S}) = \frac{V(\text{H}_2\text{S})}{V} = \frac{0,13 \text{ dm}^3}{110,0 \text{ dm}^3} = \boxed{0,12\%}.$$

19. видети 15. задатак из првог разреда

20. видети 16. задатак из првог разред

Трећи и четврти разред

1. видети 6. задатак из првог разреда
2. видети 10. задатак из првог разреда
3. видети 17. задатак из првог разреда
4. видети 1. задатак из другог разреда
5. видети 18. задатак из другог разреда
6. видети 18. задатак из првог разреда
7. видети 11. задатак из првог разреда
8. видети 14. задатак из првог разреда
9. видети 8. задатак из првог разреда
10. видети 5. задатак из првог разреда
11. видети 12. задатак из првог разреда
12. видети 9. задатак из првог разреда
13. видети 3. задатак из првог разреда
14. видети 10. задатак из другог разреда

15. Очекивана хибридизација угљеника у циклопропану је sp^3 (укупно четири C–H и C–C везе). Међутим, из података изнетих у задатку следи да се удео s и p орбитала нешто разликује између оних које граде C–H везе и оних које граде C–C везе, што је последица мањих C–C–C углова које захтева мали прстен у односу на идеални тетраедарски. Како су у хибридизацији морале учествовати једна s и три p орбитале, збирни удели s и p орбитала у свим хибридним орбиталама морају и даље бити 1:3. Овде постоје две $sp^{2,46}$ орбитале и две sp^n орбитале. Имајући ово на уму, за удео s орбитала може се поставити следећи услов:

$$2 \cdot \frac{s}{sp^{2,46}} + 2 \cdot \frac{s}{sp^n} = 1$$

односно

$$2 \cdot \frac{1}{1+2,46} + 2 \cdot \frac{1}{1+n} = 1$$

одакле се добија $n = 3,74$.

16. Стехиометријска количина натријум-јодида добија се као $(20,000 \text{ g}/1,333)/(150 \text{ g/mol}) = 0,100 \text{ mol}$. Како органско једињење А садржи један атом хлора по молекулу, и како

производ Т добија љубичасту боју стајањем (узроковану појавом јода услед оксидације атмосферским кисеоником), ради се о реакцији супституције неког алкил-хлорида до алкил-јодида. Бели талог **Б** онда мора бити **NaCl**, што потврђује и вредност масе сувог остатка (значајно је мања упркос заосталом натријум-јодиду због значајно мање моларне масе). Стехиометријска количина једињења **А** је такође 0,100 mol, па је његова моларна маса (18,450 g)/(0,100 mol) = 184,5 g/mol. Одавде се лако добија и моларна маса једињења **В**: 184,5 – 35,5 + 127 = 276 g/mol. Из задатка такође сазнајемо да, заједно са течношћу Т, заостаје и нешто полазног једињења **А**. Означимо количину изреговалога **А** са x . Пошто је маса Т у смеси са **А** 27,417 g, можемо написати:

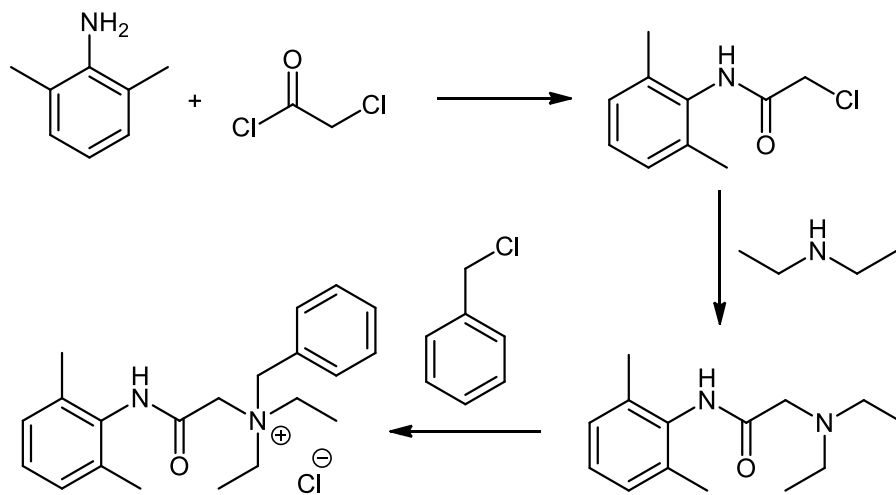
$$27,417 \text{ g} = m(\text{A}) + m(\text{T}) = (1-x)(184,5 \text{ g/mol}) + x \cdot (276 \text{ g/mol})$$

одакле добијамо $x = 0,0980 \text{ mol}$. Принос реакције је дакле (0,0980 mol)/(0,100 mol) = 98,0%.

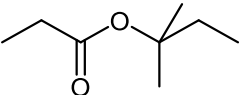
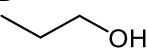
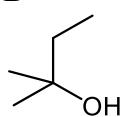
Масени удео (чистоћа) добијеног једињења Т је:

$$\omega(\text{T}) = \frac{m(\text{T})}{m(\text{T}) + m(\text{A})} = \frac{(0,0980 \text{ mol})(276 \text{ g/mol})}{(0,0980 \text{ mol})(276 \text{ g/mol}) + (0,0020 \text{ mol})(184,5 \text{ g/mol})} = \text{98,6\%}$$

17. У првој реакцији, 2,5-диметиланилин (**А**) реагује са 2-хлорацетил-хлоридом (**В**) дајући амид **С**. Овај амид алкилује диетиламин (**Д**), а настали терцијарни амин **Е** се преводи у амонијум со са бензил-хлоридом (**Ф**).

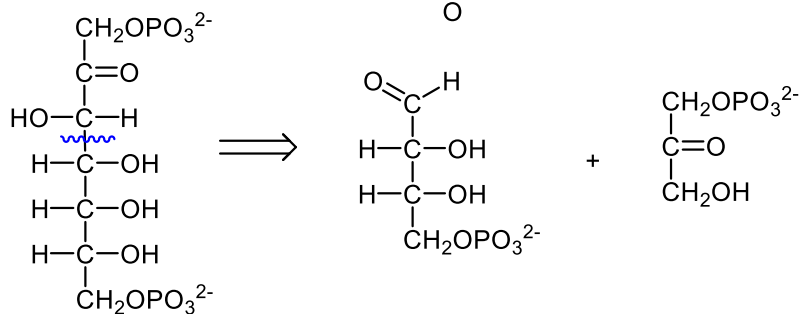
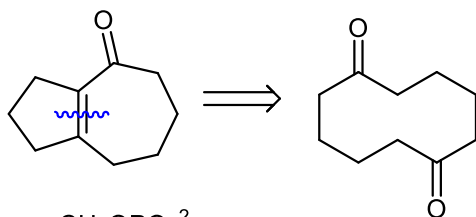
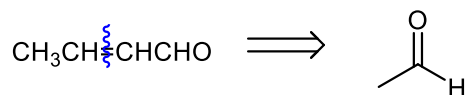


18. Једињење **А** мора бити естар с обзиром да се редукцијом литијум-алуминијум-хидридом добијају два различита алкохола. Једињење **В** мора бити терцијарни алкохол с обзиром да га није могуће оксидовати дихроматом. Једињење **А** мора бити примарни алкохол који се добија редукцијом одговарајуће карбоксилне киселине чији је једињење **А** естар. На основу моларних маса следи да **Б** и **В** једино могу бити 1-пропанол и 1,1-диметил-1-пропанол, па је једноставно саставити формулу естра **А**.

A = 	Б = 	В = 
--	--	--

19. Треба имати на уму да су дужине угљеник-угљеник веза око 120–150 pm, односно већине ковалентних веза око 100–200 pm, односно 1–2 Å. Једина вредност исправног реда величине која је понуђена за дату раздаљину (која одговара неколицини дужина хемијских веза) је **в) 17,5 Å**.

20. Неопходно је идентификовати алдолни (односно кетолни) или енонски фрагмент, у зависности од тога да ли се десила само алдолна адиција или и кондензација, раскинути одговарајућу C–C везу и исправно написати карбонил на који се адирао енол другог карбонила:



(последња реакција протиче стереоселективно услед ензимске катализе)