

Решења задатака са међуокружног такмичења из хемије за ученике средњих школа 2014. године

11. У молу анатоксина-а, масе 165 g, има $0,7272 \cdot 165 \text{ g} = 120,0 \text{ g}$ угљеника, тј. 10 mol C. Слично, у молу анатоксина има: $0,0909 \cdot 165 \text{ g} = 15,0 \text{ g}$ водоника (15 mol H), $0,0848 \cdot 165 \text{ g} = 14,0 \text{ g}$ азота (1 mol N) и $0,0970 \cdot 165 \text{ g} = 16,0 \text{ g}$ кисеоника (1 mol O). Следи да је молекулска формула анатоксина $\text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{NO}$.

12. Једначина идеалног гасног стања ($pV = nRT$) се може преуредити у $p = (n/V)RT$, тј. $p = cRT$ где је $c = n/V$ концентрација гаса у mol m^{-3} , а p парцијални притисак тог гаса у смеси. Како је гасна смеша на 333 K, онда је $c_A = p_A/RT$, тј.

$$c_A = 4 \cdot 10^4 \text{ Pa} / (8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 333 \text{ K}) = 14,45 \text{ mol m}^{-3} = 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}.$$

13. Енергија фотона у функцији његове фреквенце, односно таласне дужине, се може исказати као $E = h\nu$, тј. $E = hc/\lambda$, где је c брзина светлости. Таласни број је $1/\lambda$, па је енергија једног фотона са овим бројем 1700 cm^{-1} ($= 1,7 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1}$), $E = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} \cdot 1,7 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1} = 3,3762 \cdot 10^{-20} \text{ J}$. Онда један мол оваквих фотона има $3,3762 \cdot 10^{-20} \text{ J} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 20257,2 \text{ J}$, односно $20,3 \text{ kJ mol}^{-1}$ енергије.

14. На основу услова задатка можемо да напишемо формуле анхидроване и кристало-хидратне соли као MCl_x и $\text{MCl}_x \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$, где је М метал, а x његово оксидационо стање. Разлика маса кристало-хидрата и анхидрованог хлорида одговара маси воде која улази у састав кристало-хидрата на 0,892 g метала. Како знамо да на један мол метала у солима долази два пута више молекула воде, следи да 0,892 g метала износи $\frac{1}{2} \cdot (1,695 \text{ g} - 1,425 \text{ g}) / 18 \text{ g mol}^{-1} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$. Маса једног мола метала је онда $0,892 \text{ g} / 7,5 \cdot 10^{-3} = 118,93 \text{ g}$, тј. да је метал калај (Sn). Молекулска маса анхидроване соли је онда $1,425 \text{ g} / 7,5 \cdot 10^{-3} = 190 \text{ g}$, тј. на хлориде отпада $190 \text{ g} - 119 \text{ g} = 71 \text{ g}$, тј. два хлорида ($2 \cdot 35,5$). Формула соли А је SnCl_2 .

15. Запремина воде у базену износи $50 \text{ m} \cdot 21 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 2100 \text{ m}^3$ (запремина квадра тих ивица). Како је густина воде 1 g cm^{-3} , у базену има 2100 t воде. Ова маса воде одговара количини од $2,1 \cdot 10^9 \text{ g} / 18 \text{ g mol}^{-1} = 1,137 \cdot 10^8 \text{ mol}$ воде. У базену има $1,137 \cdot 10^8 \text{ mol} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 7 \cdot 10^{31}$ молекула воде.

16. Како је реакција кристал-виолета (KV) са натријум-хидроксидом реакција првог реда, њена брзина се може изразити као $V = k[\text{KV}]$. Из вредности за почетну брзину и почетну концентрацију могуће је израчунати вредност константе брзине k : $k = V_0 / [\text{KV}]_0 = 1,27 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1} / 4,13 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} = 3,075 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$. Тренутне брзине реакције када је концентрација KV $4,30 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ и $3,96 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ (из израза $V = k[\text{KV}]$) износе: $1,32 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ и $1,22 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$. Промена брзине реакције првог реда је линеарна са временом протицања реакције, аналогно са равномерно успореним кретањем. Одатле можемо да израчунамо средњу брзину у том интервалу као $(1,32 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1} + 1,22 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}) / 2 = 1,27 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ (вредност се поклапа са податком из задатка). У току тог периода реакције концентрација KV је опала за $\Delta[\text{KV}] = 3,96 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} - 4,30 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} = -3,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$, па је из $V = -\Delta[\text{KV}] / \Delta t$, време за које потребно да се концентрација смањи за ту вредност $\Delta t = -\Delta[\text{KV}] / V$, $\Delta t = -(-3,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}) / 1,27 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1} = 2,677 \text{ s}$.

17. Константа равнотеже реакције се не мења променом концентрација реактаната или производа, тј. ни додавањем реактанта (под *a* водоника) ни променом запремине у којој се одвија реакција (запремина суда под *b*). Тако је под *a* и *b* $K = K_0$. Количине учесника реакције се мењају јер се мења положај равнотеже (мења се састав реакционе смеше тако да се поново успостави однос концентрација који задовољава константу равнотеже). Додатком реактанта (водоника) равнотежа се помера удесно и долази до додатне конверзије реактаната у производе (равнотежа се „бори“ против промене), па се акумулира нова количина амонијака, па је под *a* $n(\text{NH}_3) > n_0(\text{NH}_3)$. Приликом повећања запремине суда, концентрације свих учесника су се двоструко смањиле. Како се ова равнотежа сдесна у лево одвија са смањењем запремине (од 4 mol гасовитих реактаната добија се 2 mol гасовитог производа), равнотежа се бори против такве промене тако да настане већи број честица у суду тј. да се извесна количина амонијака разгради до водоника и азота, па је под *b* $n(\text{NH}_3) < n_0(\text{NH}_3)$. Овакав закључак је било могуће извести и из израза за константу равнотеже $K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = V \cdot \frac{n(\text{NH}_3)^2}{n(\text{N}_2)n(\text{H}_2)^3}$, где је *V* запремина суда. Ако се вредност ове запремине повећа количник количина учесника реакције мора да се смањи да би њихов производ остао константан. Количник се смањује тако што део амонија се трансформише у азот и водоник. Промена температуре мења вредност константе равнотеже и то тако да се њена вредност повећава за ендотермне реакције, а смањује код егзотермних (Лешатељеов принцип). Тако је под *b* $K < K_0$. Тиме се мења и положај равнотеже, ако се смањује вредност константе онда се и садржај производа смањује, тј. под *b* је $n(\text{NH}_3) < n_0(\text{NH}_3)$.

18. III15. III12. Константа равнотеже за ову реакцију је $K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{n^2(\text{HI})}{n(\text{H}_2)n(\text{I}_2)} = 50$. Ако се број молова H_2 , односно I_2 који је изреаговао обележи са *x*, онда је број молова HI који је добијен у реакцији једнак $2x$, а у реакционој смеси заостаје по $(3-x)$ молова водоника и јода. Заменом ових вредности у израз за константу равнотеже, добија се да је $K = \frac{(2x)^2}{(3-x)^2}$. Преуређењем овог израза се добија следећа квадратна једначина: $46x^2 - 300x + 450 = 0$. Њеним решавањем се добијају два решења, од којих је само једно смислено, $x = 2,33$ (друго решење подразумева да се у реакцији троши више молова јода и водоника него што је доступно, тј. $x > 3$). Одавде следи да је равнотежна концентрација $[\text{HI}] = 2 \cdot 2,33 \text{ mol} / 10 \text{ dm}^3 = 0,46 \text{ moldm}^{-3}$.

19. III11. Магнезијум и хлороводонична киселина реагују према следећој једначини: $\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$. За реакцију је коришћено 0,8 g магнезијума (0,033 mol) и $0,25 \cdot 0,4 = 0,1 \text{ mol HCl}$. Дакле, HCl је додата у вишку, тј. настаје 0,033 mol производа. Како је густина резултујућег раствора иста као густина воде, може се узети да је маса раствора $250 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ gcm}^{-3} = 250 \text{ g}$. У току реакције температура се повећава за $37,9 - 23,4 \text{ }^\circ\text{C} = 14,5 \text{ }^\circ\text{C} = 14,5 \text{ K}$. Топлота (промена унутрашње енергије система) која се ослобађа у току реакције се може израчунати по следећој формули: $\Delta E = mC_p\Delta T = 0,25 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ K}^{-1}\text{kg}^{-1} \cdot 14,5 \text{ K} = -15,2 \text{ kJ}$ (овде је *m* маса раствора, *C_p* специфична топлота при константном притиску, а ΔT промена температуре). Ова промена у унутрашњој енергији се односи на 0,033 mol. Дакле, енталпија поменутих реакције ће бити $\Delta_r H = -15,2 \text{ kJ} / 0,033 \text{ mol} = -456 \text{ kJmol}^{-1}$ (промена унутрашње енергије при настајању једног мола производа).

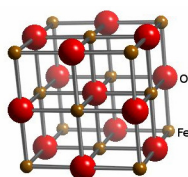
110. II7. III4. Постоје три могућности: 1) натријум-хидроксида је било у мањку, 2) хлороводоничне киселине је било у мањку и 3) натријум-хидроксид и хлороводонична киселина су у еквимоларном односу. Ако би упарили раствор у случају 1), који се састоји од

натријум-хлорида и неизреаговане HCl, маса сувог остатка би одговарала само маси NaCl који је настао делимичном неутрализацијом киселине, тј. не би ни на који начин могли да знамо вишак, тј. неизреговану количину киселине јер је хлороводоник гас који би упарио из раствора загревањем, односно да израчунамо из масе сувог остатка концентрацију киселине. У случају 2), суви остатак би се састојао од насталог NaCl и неизреагованог NaOH, а у случају 3), само од NaCl. Како знамо количину базе која је грешком додата у раствор, у случајевима 2) и 3) знамо да је и укупна количина једињења у остатку иста као и количина NaOH додатог у раствор ($50 \text{ g} / 40 \text{ g mol}^{-1} = 1,25 \text{ mol}$). Највећа маса остатка би одговарала случају 3), тј. $1,25 \text{ mol} \cdot 58,5 \text{ g mol}^{-1} (\text{NaCl}) = 73,125 \text{ g}$. Како је маса остатка (63 g) мања од еквивалентне у питању је случај 2). Тако онда у остатку збир количина насталог NaCl и неизреагованог NaOH износи 1,25 mol, тј. можемо да поставимо једначину $(1,25-x) \cdot 40 + x \cdot 58,8 = 63$, где је x количина киселине у полазном раствору. Одатле је $x = 0,7027 \text{ mol}$, тј. концентрација полазног раствора $c = 0,7027 \text{ mol} / 0,36 \text{ dm}^3 = 1,952 \text{ moldm}^{-3}$.

I11. II5. III10. Маса натријум-хидроксида у узорку износи $0,5341 \cdot 0,92 = 0,4914 \text{ g}$. Број молова натријум-хидроксида у 15 cm^3 узорка добијеног растварањем поменуте масе NaOH у 100 cm^3 воде је $(0,4914/40) \cdot (15/100) = 0,001843 \text{ mol}$. Како NaOH и HCl реагују у односу 1 : 1, а на титрацију је утрошено $19,5 \text{ cm}^3$, следи да је концентрација раствора HCl $c = 0,001843/0,0195 = 0,0945 \text{ moldm}^{-3}$.

I12. II9. III7. Како механизам А подразумева истовремени судар два молекула NO и једног молекула O_2 , одговарајући израз за брзину би био $v = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$. Што се механизма Б тиче, овде је други корак (спори) онај који одређује брзину реакције, односно $v = k_1[\text{N}_2\text{O}_2][\text{O}_2]$. Међутим, концентрација N_2O_2 је директно пропорционална квадрату концентрације NO ($K = [\text{N}_2\text{O}_2] / [\text{NO}]^2$, брза равнотежа!), те се израз за брзину може преуредити у $v = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$ (где је $k = Kk_1$). Дакле, и један и други предложени механизам су у складу са експериментално потврђеним изразом за брзину. Ипак, механизам А није у складу са запажањем да се брзина реакције смањује са порастом температуре (требало би да се повећава). Насупрот томе, механизам Б се не коси са поменутим опажањем. Уколико се са повећањем температуре (брза) равнотежа помера на страну NO, смањује се концентрација N_2O_2 , што смањује брзину спорог корака. Дакле, механизам Б је онај који се слаже са изнетим експерименталним подацима.

I13. II14. III6. Кристална решетка FeO је приказана на слици испод. Узорак оксида коме одговара формула $\text{Fe}_{0,92}\text{O}$ формално је добивен тако што је део Fe^{2+} јона из кристала FeO уклоњен, а након тога је „додат“ одговарајући број Fe^{3+} јона, такав да кристал у целини буде електронеутралан. Нека је укупан почетни број Fe^{2+} јона био x (толико укупно има Fe^{2+} места), и нека је уклоњено у Fe^{2+} јона (сада толико има незапоседнутих места). Следи да треба додати $2/3y$ Fe^{3+} јона да би се компензовао вишак негативног наелектрисања који је последица уклоњања у Fe^{2+} . Дакле, укупан број јона гвожђа је сада $x - y + 2/3y = x - 1/3y$. Проценат незапоседнутих Fe^{2+} места ће бити $100 \cdot y/x$. У овом конкретном случају је, за $x=1$, $x-1/3y=0,92$. Дакле, $y=0,08$, односно, проценат незапоседнутих Fe^{2+} места је 8%.

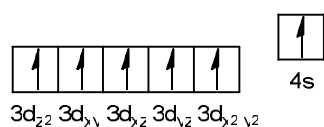


I14. I13. I118. 10,00 g кристалног натријум-сулфата декахидрата ($M_r=322$) садржи 4,41 g натријум-сулфата и 5,59 g воде. Загревањем до 50 °C се један део (онолико колико одговара растворљивости на датој температури) натријум-сулфата раствара у поменутој количини воде. Вишак натријум-сулфата остаје нерастворен. Како маса засићеног раствора износи 8,17 g, следи да је $10,00-8,17=1,83$ g натријум сулфата нерастворено, односно да се засићени раствор састоји од 5,59 g воде и $8,17-5,59=2,58$ g (или $4,41-1,83$ g) натријум-сулфата. Ако се у 5,59 g воде раствара 2,58 g онда се у 100 g раствора $2,28 \cdot 100/5,59=46,2$ g.

I15. I110. Локални максимуми у серији ● одговарају јонизацији једног електрона из неутралних атома која као резултат има „отварање“ потпуно попуњене љуске (нивоа или поднивоа). Вредности енергија у серији ■ су веће од оних у серији ●, па је друга серија сигурно нека виша енергија јонизације (друга, трећа итд.), пошто је потребно више енергије уложити да се јонизује катјон. Како су локални максимуми у серији ■ померени за један редни број, тј. јављају се код суседних елемената са редним бројем већим за један, логично је да та серија одговара другој енергији јонизације.

I16. Кап се откида у оном тренутку када сила површинског напона постане једнака тежини капи, не зависи од стуба течности у бирети, односно све капи су једнаке. Формирање капи, тј. пуњење капи се одвија различитом брзином у зависности колико износи хидростатски притисак, тј. сила коју врши стуб течности у бирети. Како је овај притисак директно пропорционалан висини стуба течности, онда ће очитана запремина и време од почетка капања бити у линерној зависности, тј. обрнуто пропорционални. Како се у бирети налази ограничена количина течности у једном тренутку ће све исцурити, тј. достићи за неко ограничено време вредност 0 mL. График под а) испуњава ове услове.

I17. I113. Приликом изградње електронског омотача атома у основном стању, а према Хундовом правилу, подниво се прво полупопуњава, па је у 3d поднивоу са пет електрона свака квантна кућица полупопуњена, тј. сви електрони су неспарени. Још један додатни неспарени електрон се налази у 4s поднивоу. Дакле укупно 6 неспарених електрона.



I18. Приликом топљења јонских једињења долази до разградње кристалне решетке. Тачка топљења зависи од стабилности ове решетке која је условљена јачином Кулоновског привлачења (које је сразмерно производу наелектрисања јона) између јона као и начином како су јони „спаковани“. Катјони и анјони који су сличних димензија и истих наелектрисања се боље (енергетски повољније) пакују од оних код којих се величине јонских радијуса разликују значајно. Тако, у кристалу натријум-хлорида владају слабије привлачне силе (једном наелектрисани јони) од оних код MgO и BaO, па је његова тачка топљења најнижа. Баријумови јони се знатно разликују по величини од оксидних, па се лошије пакују од MgO. Следи да је тачка топљења магнезијум-оксида највиша од ова три једињења, тј. $T_f(\text{NaCl}) < T_f(\text{BaO}) < T_f(\text{MgO})$.

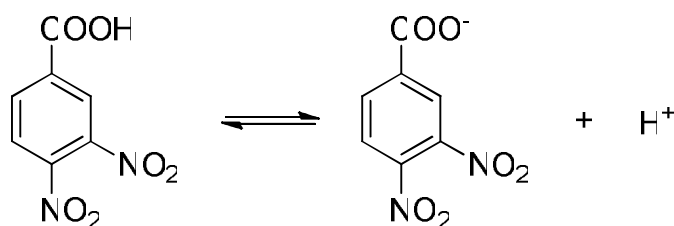
I19. I111. I112. У засићеном раствору има $36 \text{ g} / (100 \text{ g (вода)} + 36 \text{ g (NaCl)}) = 26,47\%$ натријум-хлорида, тј. у 10 g засићеног раствора има 2,647 g соли. Када се у тај раствор дода још 10 cm^3

воде (густина 1 g cm^{-3}), маса раствора је порасла за 10 g, па је нови масени удео $2,647 \text{ g} / 20 \text{ g} = 13,2\%$.

Ако се у 10 g zasiћеног раствора дода 2,0 g соли, не раствара додатна количина соли, а ни не мења се маса раствора. Следи да раствор остаје истог масеног удела, тј. 26,5%.

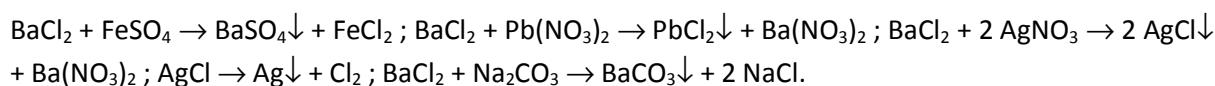
I20. II2. III9. Због велике специфичне површине силика-гела (фино спрашени силицијум-диоксид), он може да истовремено интерагује са великим бројем молекула воде (адсорбује на површини, а не хемијски реагује градећи силицијумову киселину), градећи велики број водоничних веза. Иако је енергија водоничне везе приближно једнака десетини енергије ковалентне везе, везивање воде за површину SiO_2 је енергетски јако повољно (велики број стабилизујућих међумолекулских веза). Тако, тачан одговор је под в).

II1. III19. Ако 3,4-динитробензоеву киселину ($M_r=212$) обележимо са HA , а одговарајући анјон са A^- , израз за константу дисоцијације је $K = [\text{A}^-][\text{H}^+]/[\text{HA}]$. Засићени раствор садржи укупно $0,67 / 212 = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ киселине у 100 cm^3 воде ($c_{\text{HA}} = [\text{A}^-] + [\text{HA}] = 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ moldm}^{-3}$). На основу услова задатка ($\text{pH } 2,21$) следи да је $[\text{H}^+] = [\text{A}^-] = 6,16 \cdot 10^{-3} \text{ moldm}^{-3}$, а $[\text{HA}] = 3,16 \cdot 10^{-2} - 6,16 \cdot 10^{-3} = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ moldm}^{-3}$. Следи да је константа дисоцијације: $K = [\text{A}^-][\text{H}^+]/[\text{HA}] = (6,16 \cdot 10^{-3})^2 / 2,54 \cdot 10^{-2} = 1,5 \cdot 10^{-3}$.

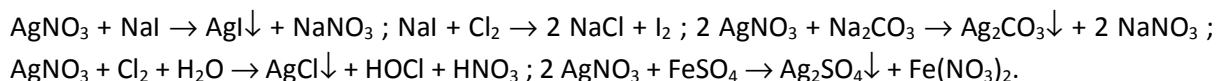


Према условима задатка, у засићеном раствору концентрација недисосоване 3,4-динитробензоеве киселине је $2,54 \cdot 10^{-2} \text{ moldm}^{-3}$ ($2,54 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ у 100 cm^3 воде). Да би у истој запремини воде растворили 2 пута више киселине, морамо додати толико базе да се сав вишак киселине (у односу на недисосовану количину у засићеном раствору) преведе у со (њена растворљивост у води је вишеструко већа), као и да крајња концентрација H^+ јона буде таква да се задовољи константа дисоцијације: $[\text{A}^-]' = 2 c_{\text{HA}} - [\text{HA}] = [\text{A}^-] + c_{\text{HA}} = 2 \cdot 3,16 \cdot 10^{-2} - 2,54 \cdot 10^{-2} = 4,78 \cdot 10^{-2} \text{ moldm}^{-3}$; $[\text{H}^+]' = K[\text{HA}]/[\text{A}^-] = 2,54 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} / 4,78 \cdot 10^{-2} = 7,97 \cdot 10^{-4} \text{ moldm}^{-3}$. $\Delta[\text{H}^+] = 6,16 \cdot 10^{-3} - 7,97 \cdot 10^{-4} = 5,36 \cdot 10^{-3} \text{ moldm}^{-3}$, а $\Delta[\text{A}^-] = c_{\text{HA}} = 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ moldm}^{-3}$. На основу овога следи да треба да се дода $m = M_r \cdot (\Delta[\text{H}^+] + \Delta[\text{A}^-]) \cdot V = 40 \text{ g mol}^{-1} \cdot (3,16 \cdot 10^{-2} + 5,36 \cdot 10^{-3} \text{ moldm}^{-3}) \cdot 0,1 \text{ dm}^3 = 0,147 \text{ g}$ натријум-хидроксида.

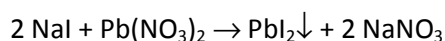
II4. III14. Раствор баријум-хлорида не реагује са хлорном водом и раствором натријум-јодида; са гвожђе(II)-сулфатом реагује градећи бели нерастворни талог баријум-сулфата; са олово(II)-нитратом гради бели талог олово(II)-хлорида; са сребро-нитратом гради бели талог сребро-хлорида који стајањем на светлу или загревањем тамни (разлаже се на елементарно сребро и хлор); са натријум-карбонатом даје бели талог баријум-карбоната. На основу овога се може закључити да је раствор В из табеле управо раствор баријум-хлорида, док раствор Г одговара раствору сребро-нитрата.



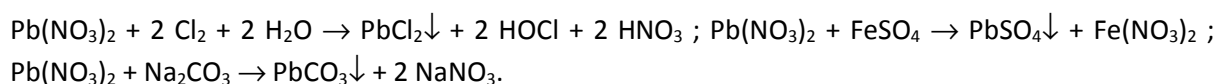
Раствор сребро-нитрата (Г) са раствором натријум-јодида даје жути нерастворни талог сребро-јодида (дакле, раствор Б је раствор натријум-јодида); са натријум-карбонатом даје бео талог; са олово-нитратом не реагује; са хлорном водом реагује, уз диспропорцију хлора на хлорид и хипохлорит, дајући бели талог сребро-хлорида који стајањем тамни (дакле, раствор Е одговара раствору хлорне воде); са гвожђе(II)-сулфатом, из концентрованих раствора, реагује градећи бео талог сребро-сулфата.



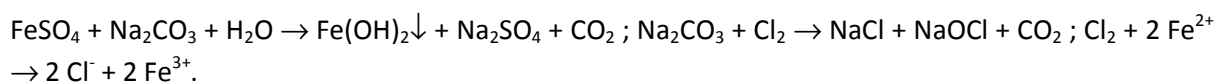
Раствор натријум-јодида (Б) не реагује са раствором баријум-хлорида (В); са хлорном водом (Е) долази до формирања мрког раствора (јодид се оксидује); са натријум-карбонатом не реагује; са гвожђе(II)-сулфатом не реагује; са олово(II)-нитратом даје жути талог олово(II)-јодида. Дакле, раствор А одговара раствору олово(II)-нитрата.



Раствор олово(II)-нитрата (А) са хлорном водом (Е) даје бели талог олово(II)-хлорида; са гвожђе(II)-сулфатом даје бели олово(II)-сулфата; са натријум-карбонатом даје бели олово(II)-карбонат.



Раствор натријум-карбоната са гвожђе(II)-сулфатом дајући зелени талог гвожђе(II)-хидроксида (зеленкаст је због примесама гвожђе(III) јона насталих услед оксидације са атмосферским киселоником; талог постаје временом мрк, услед оксидације гвожђа(II) до гвожђа(III)). Са хлорном водом (Е) натријум-карбонат не реагује са неким видљивим променама (стварање талоба или промена боје раствора), док се гвожђе(II) оксидује до гвожђа(III) (жута боја раствора!). Из овога следи да је раствор Ђ раствор гвожђе(II)-сулфата, а раствор Д раствор натријум-карбоната.



II/6. III/13. У јако киселој средини, у разблаженом воденом раствору соли алуминијума, присутни су углавном хидратисани Al^{3+} јони алуминијума ($\text{A}=\text{Al}^{3+}$). Са порастом рН вредности (тј. порастом концентрације OH^- јона у раствору), расте удео хидратисаних Al(OH)^{2+} јона у раствору ($\text{B}=\text{Al(OH)}^{2+}$; концентрација ових јона у раствору је максимална на око рН 5). Са даљим порастом рН расте концентрација Al(OH)_2^+ јона ($\text{V}=\text{Al(OH)}_2^+$; концентрација ових јона у раствору је максимална на око рН 6). Са даљим порастом концентрације хидроксидних јона долази до формирања Al(OH)_3 ($\text{Г}=\text{Al(OH)}_3$). Растворљивост алуминијум-хидроксида у води је мала, те у зависности од полазне концентрације Al^{3+} јона и рН, долази до издвајања талоба Al(OH)_3 из раствора. Са даљим порастом рН формира се у води растворан Al(OH)_4^- ($\text{Д}=\text{Al(OH)}_4^-$; талог алуминијум-хидроксида се раствара у вишку базе!).

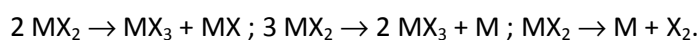
II/12. III/1. Раствор (у овом случају крв) који има вишу вредност рН има већу концентрацију хидроксидних јона. Значи максимална концентрација OH^- јона у здравој крви је онда када је рН

7,45, тј. концентрација H^+ јона, $[H^+] = 10^{-7,45} = 3,548 \cdot 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$. Јонски производ воде на температури тела је већи од оног при стандардним условима, тј. $K_w = [H^+][OH^-] = 2,34 \cdot 10^{-14}$. Одавде следи да је $[OH^-] = K_w / [H^+] = 2,34 \cdot 10^{-14} / 3,548 \cdot 10^{-8} = 6,60 \cdot 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$.

II17. III5. На основу података из задатка могуће је уопштено израчунати енталпију настајања кристалних халогенида на следећи начин: $\Delta_f H (MX_n) = \text{енергија сублимације} + \Sigma (\text{енергија јонизације од 1 до } n) + n \cdot E$ (енергија која се добија или троши на добијање X^- из $\frac{1}{2} X_2$) – енергија кристалне решетке. Одавде се добија да је $\Delta_f H (MX) = -646 + E \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta_f H (MX_2) = -1910 + 2E \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta_f H (MX_3) = -2100 + 3E \text{ kJ mol}^{-1}$.

Изјава под а) се односи на реакцију $2 MX \rightarrow MX_2 + M$, а њена промена енталпије износи $\Delta_r H = \Delta_f H (MX_2) + \Delta_f H (M) - 2 \Delta_f H (MX) = -1910 + 2E + 0 - 2(-646 + E) = -618 \text{ kJ mol}^{-1}$. Ова реакција је термодинамички повољна, односно MX има тенденцију као тој диспропорцији.

Изјава под б) се односи на три могуће реакције:



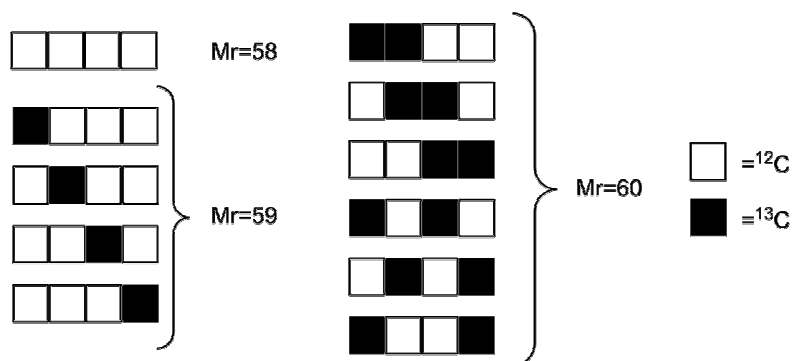
Промене енталпија ових реакција се слично могу израчунати и износе редом: $+1074 \text{ kJ mol}^{-1}$, $+1530 \text{ kJ mol}^{-1}$ и $+2100 + 3E \text{ kJ mol}^{-1}$. Све ове реакције су изразито ендотермне (E је по апсолутној вредности много мање од 2100), па ни једна није термодинамички повољна. То значи да је MX_2 термодинамички стабилан, односно исказ под б) тачан.

Изјава под в) није тачна. Види образложење под б).

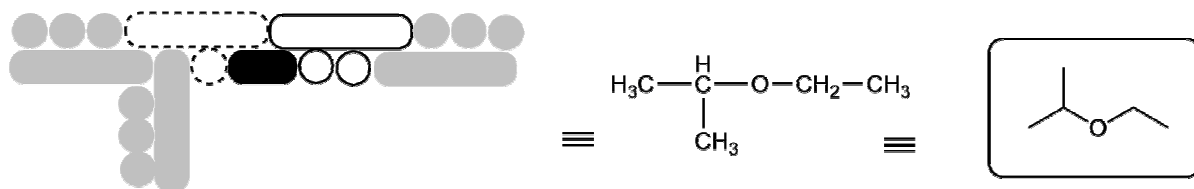
Изјава под г) није тачна. Види образложење под б).

Изјава под д) није тачна. Иако је настајање MX_3 термодинамички повољно, повољније је настајање MX_2 , као што се види из образложења под б).

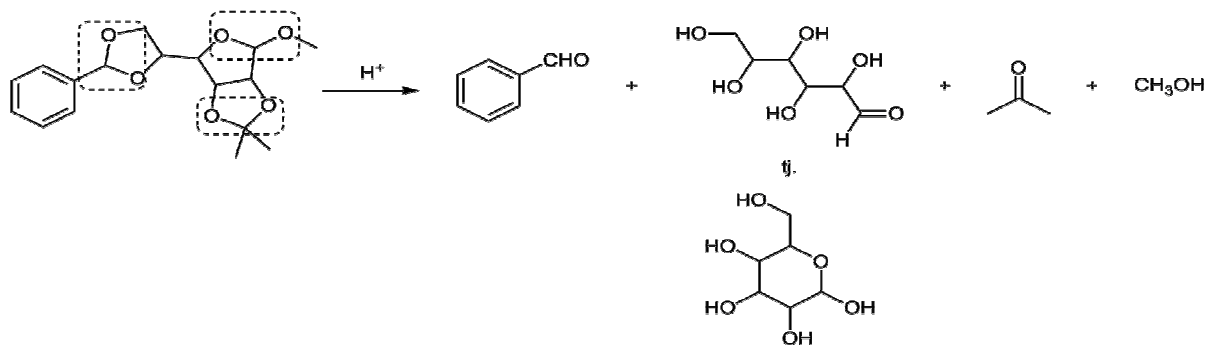
III15. Сваки од молекула бутана садржи по 4 атома угљеника. Ако у састав молекула бутана улазе само атоми угљеника-12, његова молекулска маса ће бити 58. Уколико је један од атома угљеника-12 замењен атомом угљеником-13, M_r ће бити 59, а уколико је замењен додатни атом угљеника-12 угљеником-13, M_r ће бити 60. Статистички гледано, постоји 4 начина (комбинације) како се 1 атом угљеника-12 може заменити са атомом угљеника-13 у молекулу бутана (два различита положаја, али која су два пута вероватнија услед симетрије молекула). Слично, постоји 6 комбинација када молекул садржи по два атома угљеника-12 и угљеника-13 (слика испод). Нека је број молекула са M_r 58 једнак n . Према условима задатка, број молекула масе 59 је онда $n/22,7 = 0,044n$, а број сваке од појединачних комбинација је једнак $\frac{1}{4}$ поменутог броја (тј. $0,011n$). Слично, број молекула масе 60 ће бити $6 \cdot (0,011)^2 n$ (укупно има 6 комбинација, а број молекула масе 60 који одговара ма којој од њих је 22,7 пута мањи од броја молекула који одговара ма којој од комбинација за молекул бутана масе 59). Имајући ово у виду, може се израчунати удео молекула бутана масе 60 у узорку: $6(0,011)^2 n / (n + 0,044n + 6(0,011)^2 n) = 6,95 \cdot 10^{-4}$ (односно 0,07%). У 1 dm^3 бутана укупно има $6 \cdot 10^{23} / 22,4 = 2,68 \cdot 10^{22}$ молекула бутана. Онда молекула масе 60 има $2,68 \cdot 10^{22} \cdot 6,95 \cdot 10^{-4} = 1,86 \cdot 10^{19}$.



///16. На основу формула 1-пропанола, пропанона и 2-пропанола се може закључити да кружић означава атом водоника, дужи „штапић“ атом угљеника, а краћи атом кисеоника. Притом, у случајевима када су одређени атоми међусобно повезани, одговарајући кружићи/штапићи морају да се додирују. Ово све значи да се молекул представљен четвртом формулом (дата је испод) састоји од 5 угљеникових атома, 12 водоникових атома и 1 атома кисеоника. Кружићи/штапићи су међусобно распоређени тако да указују да молекул садржи 3 метил-групе (C и H „атоми“ су обојени сивом бојом), 1 CH-групу (C и H „атоми“ су на слици испод нацртани испрекиданом линијом), једну CH₂-групу (C и H „атоми“ су обојени белом бојом) и један O-атом (обојени црном бојом). Дакле, ова репрезентација одговара молекулу 2-етоксипропана (етил-изопропил-етар).



///17. У киселој средини долази до хидролизе ацетала/кетала (ове функционалне групе су на структурној формули датој испод заокружене испрекиданом линијом) и настају одговарајући алкохоли и карбонилна једињења.



Дакле, тачни одговори су под а) бензалдехид и г) метанол.

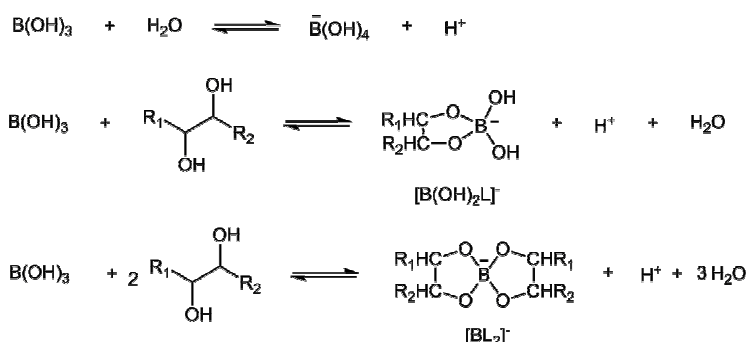
III18. Са раствором брома у угљен-тетрахлориду у мраку реагују алкени и алкини (бром се адире на двогубу/трогубу везу). Реакција је праћена губитком боје Br₂. На основу структурних формула састојака етарског уља се може закључити да ће при поменутим условима са бромом реаговати лимонен (две изоловане двогубе везе) и цитронелал (једна двогуба веза). *p*-Цимен при овим условима не реагује са бромом (ароматично бензеново језгро са бромом реагује једино у присуству катализатора, дајући супституциони, а не адисиони производ).

Киселим воденим раствором калијум-дихромата се оксидују алкохоли и алдехиди до одговарајућих кетона и/или киселина. Притом се, услед редукције дихромата до Cr³⁺, боја мења из наранџасте у зелену. При поменутим условима ће реаговати ментол (алкохолна група се оксидује до карбонилне (настаје кетон, ментон)) и цитронелал (алдехидна група се оксидује се карбоксилне, цитронелна киселина).

Помоћу Толеновог реагенса (раствор [Ag(NH₃)₂]OH) се алдехиди оксидују до одговарајуће киселине. Реакција је праћена издвајањем елементарног сребра (сребрно огледало!). При овим условима реагује једино цитронелал.

Ментон и *p*-цимен не реагују ни са једним од поменутих реагенаса, те нису одговорни ни за једну позитивну реакцију.

III20. Борна киселина је изразито слаба киселина и не може се одређивати директном титрацијом базом (промена боје индикатора није довољно нагла/оштра да би се лако уочавала). У присуству полихидроксилних органских једињења, услед грађења комплекса, расте концентрација слободних водоничних јона (тј. јаке киселине пошто у комплексу ови јони нису чврсто везани за анјон), што одређивање борне киселине титрацијом чини поузданијим. Борна киселина и натријум-хидроксид реагују у односу 1:1 што се види из ниже наведених једначина реакција.



На почетку титрације, концентрација H⁺ јона у раствору је таква да буде задовољена константа дисоцијације. Са додавањем базе, њихова концентрација благо опада услед неутрализације, али се рН не мења значајно јер настаје пуфер. Међутим, када сва киселина изреагује („пробије“ пуфер), мали вишак базе условљава наглу промену рН вредности (титрациони скок). Промена боје индикатора је оштрија када је већа промена рН вредности на крају титрације, те се у том случају поузданије одређује завршна тачка. Имајући ово у виду, са графика се може

очитати запремина NaOH која се троши за титрацију борне киселине ($V = 15 \text{ cm}^3$). Коришћењем овог податка, лако се долази до тога да у 25 cm^3 припремљеног раствора има $m = 62 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,015 \text{ dm}^3 \cdot 0,1 \text{ mol dm}^{-3} = 0,093 \text{ g}$. Ово значи да у узорку, од кога је припремљено 50 cm^3 раствора, има два пута више киселине, $0,186 \text{ g}$, тј. $(0,186/0,2) \cdot 100 = 93,0\%$ борне киселине.

На графику датом на слици се види да је промена рН виша што је вредност X виша (већа количина манитола). Дакле, одређивање борне киселине је најпоузданије вршити при највишој количини манитола, тј. за $X = 15$.