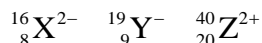


РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ

17–19. мај 2019. године

ДЕТАЉНА РЕШЕЊА ЗА VII РАЗРЕД

1. а) Атомски број елемента једнак је броју протона у његовим атомима. Масени број атома или јона једнак је збиру броја његових протона и неутрона. Наелектрисање јона једнако је разлици у броју протона и електрона. Тачни одговори су:



б) Електронска конфигурација атома елемента X је $K - 2, L - 6$. Атом овог елемента садржи шест валентних електрона, па се елемент налази се у $6+10 = 16$. **групи (или VIa)**. Како се код њега попуњава други енергетски ниво (L), налази се у **другој периоди**.

в) Електронска конфигурација атома елемента Y је $K - 2, L - 7$. Атом овог елемента садржи седам валентних електрона, па се елемент налази се у $7+10 = 17$. **групи (или VIIa)**. Како се код њега попуњава други енергетски ниво (L), налази се у **другој периоди**.

г) Електронска конфигурација атома елемента Z је $K - 2, L - 8, M - 8, N - 2$. Атом овог елемента садржи два валентна електрона, па се елемент налази се у **другој групи (или IIa)**. Како се код њега попуњава четврти енергетски ниво (N), налази се у **четвртој периоди**.

2. Маса воде из језера у којој се налази 17 g растворених соли (суви остатак) је:

$$m(\text{језерска вода}) = \rho(\text{језерска вода})V(\text{језерска вода}) = 1,09 \text{ g/cm}^3 \cdot 300 \text{ cm}^3 = 327 \text{ g}.$$

Масени процентни садржај растворених соли у језерској води је:

$$\omega(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m(\text{језерска вода})} = \frac{17 \text{ g}}{327 \text{ g}} = \boxed{5,2\%}.$$

3. Како је валенца водоника у свим једињењима I, валенца сумпора у H_2S мора бити II. Двоструко већа валенца је IV, а формула оксида сумпора у којем је валенца сумпора IV је S O_2 (валенца кисеоника је II). Тачан одговор је, дакле, **SO₂**.

4. а) Гвожђе и сумпор се једине у масеном односу 56:32, односно 7:4. Дакле, у реакцији 7 g гвожђа и 4 g сумпора добија се 11 g гвожђе(II)-сулфида. Уколико повећамо масу сумпора за 1 g, не можемо добити више производа (Закон сталних масених односа), већ ћемо добити 11 g гвожђе(II)-сулфида и 1 g сумпора који није изреаговао. Ова тврдња није тачна.

б) Како је однос количина гвожђа и сумпора у гвожђе(II)-сулфиду 1:1, оба елемента у овом једињењу морају имати исту валенцу. Ова тврдња је тачна.

в) Релативна молекулска маса је бездимензионална вредност, те не може имати g/mol као јединицу. Ова тврдња није тачна.

г) Једињења не задржавају физичка и хемијска својства елемената који их чине. Ова тврдња није тачна.

д) Гвожђе(II)-сулфид је јонско једињење, и као такво има релативно високу тачку топљења, јер је то карактеристика јонских једињења. Ова тврдња је тачна.

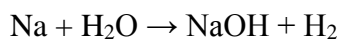
5. I а) Не долази до хемијске промене приликом растварања бакар(II)-сулфата пентахидрата (боја остаје иста). Ово је физичка промена.

б) Издвајање мехурића гаса сугерише хемијску промену.

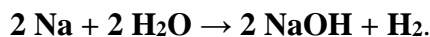
в) Промена агрегатног стања је физичка промена.

г) Како се из једног једињења (H_2O) добијају два нова (H_2 , O_2), одиграва се хемијска промена.

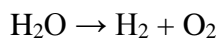
II Натријум у реакцији с водом даје натријум-хидроксид и гасовити водоник:



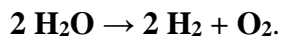
С десне стране реакције се налази један атом водоника више; изједначена реакција је:



Вода се разлаже на водоник и кисеоник:



С десне стране реакције се налази један атом кисеоника више; изједначена реакција је:



6. У 250 g раствора 20% натријум-нитрата присутна је следећа маса растворене соли:

$$m(\text{NaNO}_3) = \omega(\text{NaNO}_3) \cdot m_p = \frac{20}{100} \cdot 250 \text{ g} = 50 \text{ g}.$$

Означимо масу натријум-нитрата која треба да се дода у раствор да би његов масени удео порастао на 40% (ω') са $m'(\text{NaNO}_3)$. Ова маса повећава и масу растворене супстанце и укупну масу раствора, па важи:

$$\omega'(\text{NaNO}_3) = \frac{40}{100} = \frac{m(\text{NaNO}_3) + m'(\text{NaNO}_3)}{m_p + m'(\text{NaNO}_3)}$$

одакле се добија једначина:

$$0,40 = \frac{50 + m'(\text{NaNO}_3)}{250 + m'(\text{NaNO}_3)}.$$

Њеним решавањем се добија $m'(\text{NaNO}_3) = \boxed{83,3 \text{ g}}$.

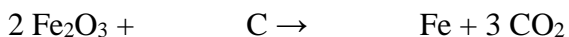
7. У наставку следе примери начина изједначавања датих једначина.

а) И с леве и с десне стране једначине се налазе два атома азота, сваки у по једном једињењу, па коефицијенти испред $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и N_2 морају бити исти. Узимајући да су они једнаки јединици, видимо да с леве стране једначине постоје два атома хрома. Хром се на десној страни једначине јавља само у Cr_2O_3 , па можемо узети и његов коефицијент као јединицу. С леве стране једначине постоји осам водоникових атома, а с десне се водоник јавља у H_2O , па је неопходно води приписати коефицијент четири. Овако изједначена реакција:

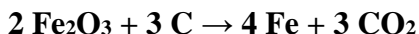


је тачан одговор, што се може проверити пребројавањем атома кисеоника.

б) С леве стране једначине постоје три атома кисеоника, а с десне два. Како је најмањи садржалац ова два броја број шест, да бисмо изједначили кисеоник, испред Fe_2O_3 треба да упишемо два, а испред CO_2 три.



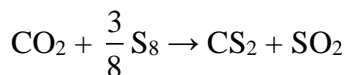
Сада је с леве стране једначине четири атома гвожђа, па је одговарајући коефицијет за Fe четири, а пошто је с десне стране једначине три атома угљеника, одговарајући коефицијет за C је три:



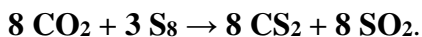
в) Сумпор се јавља у два производа реакције, па је за изједначавање ове једначине најбоље почети од угљеника, који се јавља у једном реактанту (CO_2) и једном производу (CS_2). Пошто молекули и једног и другог једињења садрже по један атом угљеника, њихови коефицијенти морају бити једнаки. Узимајући да су они једнаки јединици, број атома кисеоника с леве стране једначине је два. Кисеоник се на десној страни једначине јавља само у SO_2 , где га такође има два, па коефицијент испред овог производа треба да буде један:



Сада је само остало изједначити сумпор. С десне стране једначине постоје три атома сумпора. Пошто је сумпор присутан с леве стране у облику S_8 , овом молекулу морамо приписати коефицијент који није цео број. Број који множи 8 да би се добило 3 ($x \cdot 8 = 3$) је $\frac{3}{8}$:



Како се хемијске једначине најчешће представљају изједначене с целобројним коефицијентима, све коефицијенте можемо помножити са осам, и добијамо:



8. Растворљивост калијум-дихромата на 50 °C је 30 g у 100 g воде. Растворљивост калијум-дихромата на 60 °C је $19 \cdot 2 = 38$ g у 100 g воде.

а) Са порастом температуре растворљивост калијум-дихромата у води **расте**.

б) Маса калијум-дихромата коју је неопходно растворити у 60 g воде на 50 °C да би се добио засићен раствор добијамо као:

$$(30 \text{ g K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) : (100 \text{ g H}_2\text{O}) = (x \text{ g K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) : (60 \text{ g H}_2\text{O})$$

$$x = \frac{60 \cdot 30}{100} \text{ g} = \boxed{18 \text{ g}}.$$

в) Разматрамо смешу која садржи 50 g + 100 g = 150 g воде и 57 g калијум-дихромата. Израчунајмо колико се калијум-дихромата може растворити на 60 °C у 150 g воде:

$$(38 \text{ g K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) : (100 \text{ g H}_2\text{O}) = (x \text{ g K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) : (150 \text{ g H}_2\text{O})$$

$$x = \frac{38 \cdot 150}{100} \text{ g} = 57 \text{ g}.$$

У питању је дакле **засићен раствор**.

9. У 100 g 5% раствора натријум-хлорида маса растворене супстанце је:

$$m(\text{NaCl}) = \omega(\text{NaCl}) \cdot m_p = \frac{5}{100} \cdot 100 \text{ g} = 5 \text{ g}.$$

Када се у овај раствор дода 20 g шећера, маса раствора повећава се и износи:

$$m_p' = m_p + m(\text{шећер}) = 100 \text{ g} + 20 \text{ g} = 120 \text{ g}.$$

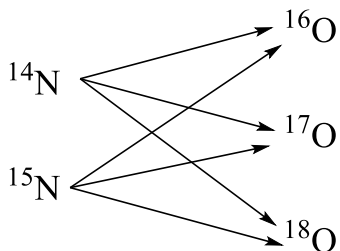
Масени процентни садржај натријум-хлорида и шећера у тако добијеном раствору су:

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m_p'} = \frac{5 \text{ g}}{120 \text{ g}} = \boxed{4,17\%},$$

$$\omega(\text{шећер}) = \frac{m(\text{шећер})}{m_p'} = \frac{20 \text{ g}}{120 \text{ g}} = \boxed{16,67\%}.$$

10. Молекулски јод је чврста супстанца на собној температури. Како је као последица Аниног загревања јод преведен у љубичасте паре, догодила се **сублимација** јода. У одсуству филтер хартије, смеша која садржи чврст и течни састојак може се одвојити **декантовањем (одливањем)**. Кристале чврсте супстанце из раствора супстанце Ана је могла добити **кристализацијом**, односно **упаравањем** (смањивањем количине воде у раствору, што изазива кристализацију). Тачка сублимације и растворљивост су **физичка својства**.

11. Сваки од два изотопа азота може се спарити са сваким од три изотопа кисеоника (види шему испод), тако да постоји шест различитих молекула NO, а то су: $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$, $^{14}\text{N}^{17}\text{O}$, $^{12}\text{N}^{18}\text{O}$, $^{15}\text{N}^{16}\text{O}$, $^{15}\text{N}^{17}\text{O}$ и $^{15}\text{N}^{18}\text{O}$.



Укупан број елементарних честица (е. ч.) у неком молекулу NO је:

$$n(\text{е. ч.}) = n(p^+, \text{N}) + n(e^-, \text{N}) + n(n^0, \text{N}) + n(p^+, \text{O}) + n(e^-, \text{O}) + n(n^0, \text{O})$$

Пошто се изотопи разликују само по масеном броју (јер имају различит број неутрона), укупан број протона и електрона једнак је у свим молекулима NO. Масени број једнак је збиру броја протона (којих је исти број у сваком молекулу NO) и неутрона (којих *није* исти број у молекулима NO), довољно је молекуле поређати по растућем збиру масених бројева два изотопа која га чине:

$$\begin{array}{ccccccccc} ^{14}\text{N}^{16}\text{O} & < & ^{14}\text{N}^{17}\text{O} & = & ^{15}\text{N}^{16}\text{O} & < & ^{14}\text{N}^{18}\text{O} & = & ^{15}\text{N}^{17}\text{O} & < & ^{15}\text{N}^{18}\text{O} \\ 14+16 & & 14+17 & & 15+16 & & 14+18 & & 15+17 & & 15+18 \\ = 30 & & = 31 & & = 31 & & = 32 & & = 32 & & = 33 \end{array}$$

12. Знајући број валентних електрона за елементе који се јављају у наведеним примерима (за шта је довољно знати којој групи елементи припадају), добијају се њихови Луисови симболи:



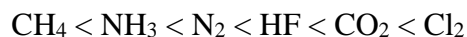
Поштујући правило електронског октета (дублета) могуће је саставити следеће електронске формуле:



Слободни електронски парови су они парови електрона који нису ангажовани у хемијској вези. Из структура се добија њихов број, а он је:

једињење	N ₂	NH ₃	CH ₄	HF	Cl ₂	CO ₂
број слободних електронских парова	2	1	0	3	6	4

па је низ ових молекула састављен по растућем броју слободних електронских парова:



13. Пошто куглица лебди унутар течности у мензури на 0,5 °С, можемо закључити да је густина материјала од којег је куглица сачињена слична густини воде на 0,5 °С. Вода је најгушћа на 4 °С; њена густина се смањује на температурама испод 4 °С, као и изнад 4 °С. Дакле, густина воде на 0,5 °С мања је од оне на 4 °С. Загревањем воде на 4 °С се потисак воде повећава, а куглица као тело које има густину мању од воде на 4 °С плута на њој. Тачан одговор је **г**.

14. а) Двострука ковалентна веза између два атома јавља се када они поделе два електронска пара. Одговор је тачан (**Т**).

б) Приликом стварања јонске хемијске везе, атоми отпуштају или примају електроне тако да постигну стабилну електронску конфигурацију најближег племенитог гаса. Одговор је тачан (**Т**).

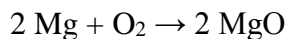
в) Трострука ковалентна веза између два атома јавља се када они поделе три електронска пара (шест електрона укупно). Одговор је нетачан (**Н**).

15. У смеси азота и кисеоника масе 0,8 g у којој је масени процентни садржај кисеоника 20% постоји:

$$m(\text{O}_2) = m_{\text{смеша}} \cdot \omega(\text{O}_2) = 0,8 \text{ g} \cdot \frac{20}{100} = 0,16 \text{ g}$$

$$m(\text{N}_2) = m_{\text{смеша}} - m(\text{O}_2) = 0,64 \text{ g}$$

Када се ужарена магнезијумова трака унесе у ову смешу, магнезијум реагује с кисеоником дајући магнезијум-оксид, MgO. Једначина реакције је:



Знамо масе присутног магнезијума (0,18 g) и кисеоника (0,16 g), али не знамо да ли су ово уједно и стехиометријске количине, односно да ли је неки од реактаната присутан у вишку. Израчунајмо колико је кисеоника неопходно за реакцију са 0,18 g магнезијума:

$$m(\text{Mg}) = 0,18 \text{ g}$$

$$n(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} = \frac{0,18 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = 0,0075 \text{ mol}$$

$$n(\text{Mg}) : n(\text{O}_2) = 2 : 1$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{n(\text{Mg})}{2} = \frac{0,0075 \text{ mol}}{2} = 0,00375 \text{ mol}$$

$$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = 0,00375 \text{ mol} \cdot (16 + 16) \text{ g/mol} = 0,12 \text{ g}$$

Пошто кисеоника има 0,16 g, кисеоник је присутан у вишку, и $0,16 \text{ g} - 0,12 \text{ g} = \boxed{0,04 \text{ g}}$ кисеоника неће изреаговати, док ће магнезијум сав изреаговати (маса након реакције ће му бити $\boxed{0 \text{ g}}$). Маса азота се не мења јер не учествује у хемијској реакцији ($\boxed{0,64 \text{ g}}$). Масу магнезијум-оксида добијамо на следећи начин:

$$n(\text{Mg}) : n(\text{MgO}) = 1 : 1$$

$$n(\text{MgO}) = n(\text{Mg}) = 0,0075 \text{ mol}$$

$$m(\text{MgO}) = n(\text{MgO}) \cdot M(\text{MgO}) = 0,0075 \text{ mol} \cdot (24 + 16) \text{ g/mol} = \boxed{0,3 \text{ g}}.$$

16. Молекулска формула азот(I)-оксида је $\overset{\text{II}}{\text{N}}_2 \overset{\text{I}}{\text{O}}$, а угљеник(IV)-оксида $\overset{\text{IV}}{\text{C}} \overset{\text{II}}{\text{O}}_2$.

а) Број молекула пропорционалан је количини супстанце исказаној у молovima (сваки мол неког једињења садржи $6 \cdot 10^{23}$ молекула). Ако је количина две молекулске супстанце једнака, обе супстанце морају садржати исти број молекула. Ова тврдња је тачна.

б) Знајући количину неке чисте супстанце, њену масу можемо добити множењем количине с њеном моларном масом ($m = n \cdot M$). Пошто су моларне масе оба једињења исте:

$$M(\text{N}_2\text{O}) = (14 \cdot 2 + 16) \text{ g/mol} = 44 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{CO}_2) = (12 + 16 \cdot 2) \text{ g/mol} = 44 \text{ g/mol}$$

и масе оба узорка морају бити исте. Ова тврдња је тачна.

в) Један молекул азот(I)-оксида садржи три атома, као и један молекул угљеник(IV)-оксида. Пошто су количине оба једињења једнаке, и број атома који би настао разлагањем молекула на атоме би био једнак. Ова тврдња је тачна.

г) Један молекул азот(I)-оксида садржи један атом кисеоника, а један молекул угљеник(IV)-оксида два. Разлагањем молекула на атоме, број атома кисеоника не би био исти у оба узорка. Ова тврдња је нетачна.

17. Означимо релативну атомску масу елемента Z са x . Ако је релативна атомска маса елемента Z 2 пута мања од релативне атомске масе елемента Y, релативна атомска маса елемента Y је $2x$. Ако је релативна атомска маса елемента Z 16 пута већа од елемента X, релативна атомска маса елемента X је $\frac{x}{16}$. Релативна молекулска маса X_2YZ_3 је:

$$M_r(X_2YZ_3) = 2 \cdot A_r(X) + A_r(Y) + 3 \cdot A_r(Z) = 82$$

Заменом вредности за релативне атомске масе добијамо:

$$2 \cdot \left(\frac{x}{16} \right) + (2x) + 3 \cdot (x) = 82$$

а решавањем једначине добијамо $x = 16$. Сада можемо закључити да је релативна атомска маса Z 16, релативна атомска маса Y $2 \cdot 16 = 32$, а релативна атомска маса X $\frac{16}{16} = 1$. Увидом у релативне атомске масе закључујемо да је елемент X водоник, елемент Y сумпор, а елемент Z кисеоник. Формула овог једињења је дакле **H₂SO₃**.

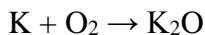
18. а) Масени удео угљеника у угљеник(IV)-оксиду је број који се може израчунати на основу моларних маса, и не зависи од извора угљеник(IV)-оксида. Овај исказ је нетачан (**НЕ**).

б) Рђање је процес у којем гвожђе реагује са кисеоником и влагом из ваздуха, па на основу Закона о одржању масе можемо закључити да се маса предмета који рђа мора повећавати. Овај исказ је тачан (**ДА**).

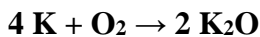
в) Овај исказ је тачан (**ДА**).

г) Ни алуминијум ни натријум-хлорид не поседују таква магнетна својства да се могу одвојити из неке смеше магнетом као гвожђе. Још неки елементи који се према магнету понашају слично као гвожђе су кобалт, никал и гадолинијум. Овај исказ је нетачан (**НЕ**).

19. а) Саставимо сређену једначину реакције:



Изједначавањем добијамо:



б) Четири калијумова атома реагују с једним молекулом кисеоника градећи калијум-оксид. Однос маса калијума и кисеоника је:

$$m(K) : m(O) = (2 \cdot A_r(K)) : (A_r(O)) = (2 \cdot 39) : (16) = 78 : 16 = \boxed{39 : 8}$$

в) Берцелијус је знао да је масени однос у којем се једине калијум и кисеоник 39:8, али је мислио да се количине у којима се једине 1:1, што закључујемо из формуле PoO (односно, у модерним симболима, KO). Данас знамо да је количински однос у којем се једине калијум и кисеоник 2:1 (K_2O). Пошто је узимао да је атомска маса кисеоника 16 (као и ми данас), Берцелијус је морао узимати другачију вредност за атомску масу калијума. Означимо Берцелијусову масу калијума као $A_B(\text{K})$. За однос маса калијума и кисеоника би онда важило:

$$m(\text{K}) : m(\text{O}) = (1 \cdot A_B(\text{K})) : (1 \cdot A_B(\text{O})) = 39 : 8$$

Пошто је узимао да је $A_B(\text{O}) = 16$, преуређењем пропорције добијамо:

$$A_B(\text{K}) = \frac{39 A_B(\text{O})}{8} = \frac{39 \cdot 16}{8} = \boxed{78}.$$

20.

а) Посуда по Ерленмајеру (Ерленмајер)



б) Дигестор (Капела)



в) Реагенс боца



г) Петријева шоља (Петријева посуда)

