

Аналіз контрольних робіт МАН з хімії за 2011 рік

Перевірка контрольних робіт з хімії на Всеукраїнській сесії МАН, показала, що ще багато учнів відносяться до хімії дещо схоластично, їх знання зводяться до формального складання рівнянь хімічних реакцій і вміння проводити за цими рівняннями певні розрахунки, не звертаючи уваги на умови перебігу реакцій. Іноді навіть складається враження, що підсвідомо діти вважають, що коли написана формула, наприклад, HNO_3 , ми маємо справу з одною молекулою, максимум з кількома, які реагують одночасно і до кінця – наприклад, H_3PO_4 з лугом дає одразу ортофосфат без усяких проміжних стадій, а якщо є молекули кількох речовин, вони реагують з чимось, не звертаючи ніякої уваги на інші молекули. Однак, треба завжди пам'ятати, що перебіг певної реакції дуже залежить від умов її протікання, а кінцеві продукти можуть реагувати з іншими компонентами.

Крім того, слід зауважити, що багато учнів не володіють необхідними навичками стосовно, наприклад, складання електронних формул атомів елементів, побудови електронних (а іноді і структурних) формул молекул тощо.

Тому учням, які хочуть проводити наукову роботу і захищати її на конкурсах МАН, можна порекомендувати сайт <http://nenc.gov.ua/doc/zholdakov/MANallowance.pdf>, на якому розкрито, якого типу завдання звичайно треба розв'язувати на Всеукраїнській сесії МАН, які помилки роблять учні при цьому, та завдання за 2008–2010 роки, а на інших сайтах за адресою www.nenc.gov.ua/110.html чи www.nenc.gov.ua/chemistry.html. можна знайти завдання і аналіз розв'язання задач за 2003–2007 роки, а також багато інших матеріалів, корисних при вивченні хімії.

Аналіз за 2011 рік нижченаведено.

10 КЛАС

I рівень

1. Скласти рівняння реакцій простих речовин С, N, O, P та H між собою. та з Ca Вказати умови перебігу.

С: CO , CO_2 , $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ (t° , катал), NH_3 (t° , р, катал), NO (t° , катал), H_2O , P_2O_3 (P_4O_6), P_2O_5 (P_4O_{10}), CaC_2 , Ca_3N_2 , CaO , Ca_3P_2 (необов'язково CaH_2).

„Реагували” між собою С та N, P та H, хоча ані в шкільному, ані у ВУЗ-івському курсах такі реакції невідомі. „Утворювався” Ca_5P_2 – за валентністю, хоча як можуть „прореагувати” P^{+5} та Ca^{+2} , невідомо

2. Показати структурними формулами та правильно назвати 2-етилпропен і його ізомери. Оцінюється в першу чергу кількість класів і типів ізомерів.

Слід враховувати ізомери ненасичених та циклічних сполук, цис-транс-ізомери тощо.

Забували, що назву дають за найдовшим ланцюгом, не враховували цис-транс-ізомери, ізомери циклічних сполук.

3. Скласти електронну формулу молекули **неорганічної** речовини гуанідину CN_3H_5 .

Сума позитивних та негативних ступенів окиснення дорівнює 0 тільки за умови, що ступінь окиснення N дорівнює -3 , тобто атом C^{4+} оточений атомами N.

Малювали бо-зна-що, забуваючи, що у надвеликій більшості неорганічних сполук сума ступенів окиснення усіх атомів дорівнює 0, а це може бути тільки при ступені окиснення найбільш електронегативного елемента N -3 , а C та P $+4$ та $+1$, відповідно. Природно, що атом C повинен бути оточеним тільки атомами N, а ті атомами H.

4. Які сполуки можна отримати, маючи цинк та сульфатну кислоту?

Сульфат цинку та водень, сульфат цинку та SO_2 , з водню та SO_2 – сірку та H_2S , сірки та цинку – цинку сульфід.

Зазвичай обмежувалися тільки сіллю, воднем та SO_2 – тим, що є у підручнику.

II рівень

5. Показати рівняннями реакцій, як отримати з вуглецю етанол, а з нього бутан.

Варіантів, навіть на базі шкільного курсу. багато, наприклад, $C \rightarrow C \text{ а } C_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow \text{етанол} \rightarrow \text{етен} \rightarrow \text{хлороетил} \rightarrow \text{бутан}$, через метан з використанням реакції В'юрка тощо.

Чимало „зручних” реакцій було „узято” невідомо звідки.

6. Яка реакція (лужна чи кислотна) у розчинах $NaHSO_4$, Na_2SO_4 , Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 , $Al_2(SO_4)_3$, $NaHCO_3$. Написати рівняння в іонній формі.

Лужна: Na_3PO_4 , $NaHCO_3$ і аналогічно Na_2HPO_4 , Кисла; $NaHSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$.

Забували про гідроліз, а тому $NaHCO_3$ та Na_2HPO_4 приписували кислоту реакцію, $Al_2(SO_4)_3$ – нейтральну.

7. До розчину 7,2 г Ферум(II) нітрату додали 200 мл розчину Натрій гідрогенкарбонату концентрацією 0,3 моль/л. Визначити склад залишку після його кип'ятіння, після висушування та після прогрівання сухого залишку при температурі 400 °C.

Після реакції 0,04 моль $Fe(NO_3)_2$ з 0,06 моль $NaHCO_3$ у розчині утвориться рівноважна система $Fe(NO_3)_2$, $Fe(HCO_3)_2$ та $NaNO_3$. Після кип'ятіння з розчину випадає осад $FeCO_3$. Після висушування розчину залишаються 0,03 моль $FeCO_3$ та 0,06 моль $NaNO_3$ і 0,01 моль $Fe(NO_3)_2$. При прожарюванні $NaNO_3$ перетворюється у $NaNO_2$ з виділенням кисню, а $Fe(NO_3)_2$ та $FeCO_3$ у присутності кисню – у 0,02 моль Fe_2O_3 . Менш можливий варіант витрачення $NaNO_3$ на утворення кисню, NO_2 та Na_2CO_3 .

В деяких випадках оксиди утворювалися вже після висушування, а в багатьох – ступінь окиснення Fe після прожарювання залишався $+2$, незважаючи на наявність кисню в продуктах реакції.

III рівень

8 1-бромпропан масою 4,92 г в герметичній апаратурі обробляли розчином КОН у 10,0 г спирту, поступово додаючи твердий КОН для компенсування його витрати у реакції. В результаті реакції отримали 11,32 г органічної речовини, що при температурі більше 100°C повністю переходить у газову фазу. В реакторі після закінчення реакції не залишилося органічних речовин. Визначити склад утвореної суміші.

При утворенні пропену з бромпропану також виділяється вода, яка поступово накопичується при поступовому додаванні, а тому починається утворюватися 1-пропанол. 0,04 моль вихідного 1-бромпропану – це також сума молей утворених сполук. Маса утворених сполук дорівнює 11,32 г – 10 г (спирту) = 1,32 г – це сума мас пропену та пропанолу, яку теж слід виразити через молі. Відповідь: 0,03 моль пропену та 0,01 моль пропанолу.

Деякі з учасників „отримували” тільки пропанол, забуваючи, що в спиртовому розчині утворюється пропен, деякі намагалися якимось „притосувати” спиртовий розчинник, хоча в умові задачі чітко вказано, що 11,32 г органічної речовини отримали в результаті реакції, тобто вважали що усі наявні молекули повинні реагувати однаково – як одна.

9. Надлишок залізних ошурок обробили 300 мл суміші сульфатної та ортофосфатної кислот з сумарною концентрацією 0,2 моль/л. Після закінчення реакції розчин відділили від ошурок, випарили та залишок обережно позбавили кристалізаційної води помірним нагріванням. Маса залишку 8,04 г. Визначити його склад.

Сульфатна кислота добре відщеплює при дисоціації обидва протони, а тому залізо утворює середній сульфат. Після повної витрати ортофосфатної кислоти з утворенням дигідрогенфосфату реакція припиняється, оскільки дуже слабка аніонна кислота H_2PO_4^- практично не дисоціює. Тому залізо утворює тільки дигідрогенфосфат.

На 1 моль ферум сульфату йде 1 моль сульфатної кислоти, а на 1 моль ферум ортофосфату йде 2 моля ортофосфатної кислоти, тобто $\nu(\text{FeSO}_4) = \nu'(\text{H}_2\text{SO}_4)$, а $\nu(\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 2\nu''(\text{H}_3\text{PO}_4)$. Тому сума молей обох кислот $\nu' + 2\nu'' = 0,06$ моль. Ясно також, що сума добутоків ν на відповідні молекулярні маси дорівнюватиме масі залишку, отже маємо 2 рівняння з 2 невідомими. Відповідь: 0,02 моль ферум фосфату та 0,02 моль ферум ортофосфату.

Дуже небагато учнів зважили на те, що в цих умовах ортофосфатна кислота утворює тільки дигідрогенфосфату. Крім того деякі учасники приписували феруму ступінь окиснення +3.

11 КЛАС

I рівень

1. Скласти рівняння реакції: $\text{CS}_2 + \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow ?$
З якими елементами і що відбувається в цій реакції.

Реакція окисно-відновна, вихідний ступінь окиснення Сульфуру -2, Карбону +4, хоча внаслідок близькості значень електронегативності обох елементів можна було б обом приписати ступінь окиснення 0. Оскільки не тільки ClO_2 але і Cl_2 є сильними окисниками, Карбон та Сульфур окиснюються до ступенів окиснення +4 та +6, відповідно, віддаючи разом з молекули CS_2 16 електронів, Хлор відновлюється до ступеню окиснення -1, оскільки і P, і S – сильні відновники. Оскільки реакція відбувається у воді, утворюється суміш кислот та CO_2 .

Не всі змогли виконати це завдання, бо хоча, що природно, про хімічні властивості ClO_2 нічого не знали, але не здогадалися, що якщо Cl^0 – сильний окисник, то Cl^{-4} ще сильніший. Крім того іноді окислювався тільки C, іноді тільки S. Продуктом реакції бував і SO_3 – у воді.

2. Намалювати структурні формули і дати правильні назви (бромметил)пропадієну і його ізомерам. Оцінюється в першу чергу кількість класів і типів ізомерів.

Слід складати формули циклічних, насичених і ненасичених сполук з урахуванням можливих геометричних ізомерів. Слід звертати увагу на те, що деякі молекули не є плоскими і мають кілька конфігурацій. При оцінці в першу чергу враховується різноманітність, а не кількість ізомерів.

3. Скласти електронну формулу молекули бут-2-ен-нітрилу $\text{C}_4\text{H}_7\text{CN}$.

Зв'язки C–C у кільці утворені почергово одиничними електронними парами та подвоєними електронними парами, зв'язок C–N потрійний.

Не всі здогадалися, що до ціаногрупи може бути приєднаним ненасичений радикал. Деякі учасники намагалися „одягти” N атомами H.

4. Скласти рівняння реакцій і дати правильні назви всім речовинам:

$$4\text{-бутил-1-бутанол} \xrightarrow{?} 4\text{-бутил-бутен} \xrightarrow{\text{H}^+, \text{H}_2\text{O}} ? \xrightarrow{?} \text{кислота}$$

Вказати умови перебігу реакцій.

Багато учасників не знало, коли і в яких умовах зі спиртів утворюються алкени, дехто не здогадався, що мова йде про похідні октану.

II рівень

5. 8,96 л кисню прореагували з фосфором і утворилося 25,2 г продукту. Визначити його склад.

Складаємо рівняння реакцій утворення Фосфор оксидів P_2O_3 та P_2O_5 і визначаємо співвідношення між кількостями речовини v кожного з оксидів та v' і v'' кисню, що пішов на їх утворення. Сума v' і v'' , виражена через v оксидів, 0,4 моль, а сума добутоків молекулярних мас кожного з оксидів на відповідне v дорівнює масі залишку. Відповідь: по 0.1 моль.

Дехто вважав, що утворився тільки P_2O_5 , але з не кількісним виходом.

6. Скласти електронні формули молекул пентилнітриту та нітропентану, вказати валентності атома нітрогену в обох сполуках.

В першому атом нітрогену пов'язаний з атомом карбону через атом оксигену, має вільну електронну пару, усі зв'язки в молекулі звичайні ковалентні, валентність нітрогену 3. У другому атом нітрогену пов'язаний безпосередньо з атомом карбону, а з одним з атомів оксигену пов'язаний донорно-акцепторним зв'язком і вільна електронна пара нітрогену відсутня, а валентність нітрогену 4.

Не вся здогадалися, що нітритом може бути не тільки сіль, але і естер. Багато хто взагалі не міг скласти не тільки електронну, але і структурну формули.

7. Скласти електронні формули атома ренію (№75) та іона іридію (№77) (Ir^{+3}). Вказати кількість зовнішніх електронів та електронів попереднього шару.

В електронній формулі атома ренію є два 6s-електрони, а електронів попереднього шару $13 - 5s^2 5p^6 5d^5$, а в іоні Ir^{+3} 6s-електронів нема, електронів зовнішнього шару $14 - 5s^2 5p^6 5d^6$, а електронів попереднього шару $32 - 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14}$.

Вже доволі багато учнів знають, що в позитивних іонах перехідних металів зовнішніх електронів нема, але, на жаль, не всі.

III рівень

8. Температурний коефіцієнт реакції $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ дорівнює 2. У скільки разів зросте швидкість загальної реакції при збільшенні тиску у 8 разів та зменшенні температури на 20°C , якщо припустити, що реакція йде у кілька стадій, а найповільнішою є процес розкладання молекули $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}$? Відповідь пояснити.

Найповільнішою є реакція першого порядку, тому при збільшенні тиску у 8 разів у 8 разів зросте і швидкість загальної реакції, а за рахунок температури швидкість зменшиться у 4 рази, а усього зросте у 2 рази.

Багато, але не всі учасники робили розрахунок як для реакції першого порядку – найповільнішої стадії. Але були і такі, які результати для тиску та температури не перемножували, а складали. Результати для тиску дехто вираховував не зведенням у ступінь, а множенням.

9. До розбавленого розчину ортофосфатної кислоти та 19 г магній хлориду додали 600 мл 1 М розчину KOH, при цьому утворився осад, а реакція розчину залишалася слабо кислою. Утворений осад відфільтрували, промили, висушили і обережно прогрі-

ли для видалення можливої кристалогідратної води. Маса залишку 24 г. Визначити кількість ортофосфатної кислоти у вихідному розчині.

Осад починає випадати тільки після початку утворення гідрогенфосфату, з яким далі у розчині реакція не йде, оскільки поверхня кожної частинки осаду блокується ще більш погано розчинним ортофосфатом. Тому ортофосфатна кислота витрачається на утворення тільки магній гідрогенфосфату – по 2 моля на кожний моль Mg, а саме – 0,4 моля. На це йде 0,4 моля КОН, Усього ж КОН 0,6 молей, відповідно 0,2 моля йде на нейтралізацію надлишку 0,2 молей кислоти з утворенням гідрогенфосфату, бо розчин дигідрогенфосфату вже має лужну реакцію.

У декого з учасників „випадав” ортофосфат, дехто взагалі не знав, з якого боку підійти до розрахунку. Слід зауважити, що це рішення дещо спрощене – воно тільки для шкільного рівня, бо насправді слабо кисла реакція розчину зберігається аж до співвідношення гідрогенфосфату та дигідрогенфосфату приблизно 1:1. Але серед учасників знайомого з цим не знайшлося, якщо б такий був і дав своє розв’язання задачі, він би безумовно отримав найвищий бал.

Жолдаков Андрій Олексієвич,
кандидат хімічних наук,
викладач НЕНЦ,
член журі Всеукраїнської сесії МАН.