

Харківська обласна хімічна олімпіада 2016 р.

10 клас

1. Мінералка. На плящі з мінеральною водою наведений такий вміст солей:

Катіон	Вміст, мг/л	Аніон	Вміст, мг/л
K ⁺	425	Cl ⁻	2000
Na ⁺	345	HCO ₃ ⁻	440
Ca ²⁺	356	SO ₄ ²⁻	X
Mg ²⁺	281		

1. Розрахуйте молярні концентрації всіх іонів, для яких вказана масова концентрація.
2. Розрахуйте молярну (моль/л) та масову (мг/л) концентрації сульфат-аніона.
3. Використовуючи довідкові дані, розрахуйте рН цієї мінеральної води.
4. Покажіть розрахунками, чи можуть в такій концентрації одночасно існувати в розчині іони Ca²⁺ и SO₄²⁻.

Довідкові дані: $pK_{a1}(H_2O+CO_2) = 6.53$; $pK_{a2}(H_2O+CO_2) = 10.33$; $pK_w = 14$; $pK_s(CaSO_4) = 4.6$.

2. Солі. Відомо, що сполуки лужних металів по-різному забарвлюють полум'я газового пальника. Учні запропонували розпізнати зразки хлоридів лужних металів (Li, Na, K, Rb, Cs). Для цього він узяв мідний дріт, прожарив його в полум'ї пальника до повного почорніння поверхні. Потім він занурював дріт по чергово в розчини солей і кожен раз вносив його в полум'я пальника, спостерігаючи за забарвленням. Однак у всіх випадках забарвлення полум'я було однаковим.

1. В який колір кожного разу забарвлювалось полум'я? Поясніть цей факт.

У наступному експерименті учень взяв платиновий дріт та повторив експеримент. При цьому він спостерігав різне забарвлення полум'я для кожного металу.

2. Яке забарвлення учень спостерігав для кожного з хлоридів металів?

Далі для аналізу суміші NaF, KBr і BaCl₂ загальною масою 3.69 г учень провів наступний експеримент. Суміш солей повністю розчинив у воді і додав надлишок розчину AgNO₃. Осад, який випав, він відфільтрував, промив водою і висушив. Його маса склала 4.75 г. До отриманого фільтрату він додав надлишок H₂SO₄. Маса осаду після фільтрування, промивання і висушування склала 2.33 г.

3. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.
4. Розрахуйте масові частки солей у початковій суміші.

3. Якнайпростіше. Старшокласник часто забуває елементарні розрахунки, і від найлегшого завдання очікує якого-небудь підступу. Перевіримо вашу уважність та кмітливість!

1. Розрахуйте, зразок якої речовини містить більше атомів: а) 10 г Na₂CO₃·10H₂O чи 20 г Fe₃O₄; б) 2 кг сірки (S₈) чи 4 кг сірки (S₄); в) 1 моль оксиду фосфору (V) чи 0.8 моль оксиду фосфору (III)?

2. Розрахуйте масу продуктів реакції, які утворюються при взаємодії 50 г CaO та 50 г H₂O.

3. Визначте об'єм вуглекислого газу (н. у.), який утвориться при спалюванні на повітрі 1 л пропану (н. у.), якщо вихід реакції складає 95%.

4. Рецепти філософського каменя. Рецепти приготування Філософського Камня настільки ж численні, як і самі алхіміки. Розшифровку одного з таких рецептів зробив французький хімік Жан-Батист Андре Дюма. Він довів, що під філософською ртуттю алхімік Ріплі розумів метал X. Ось цей рецепт.

«Прожаривши його (X) до 500°C на повітрі, отримаєш порошок Жовтого Змія (сполука A). При подальшому прожарюванні до 600°C він перетворюється на Червоного Лева (сполука B, w(X) = 90.67%). Якщо нагрівати до 880°C, утворюється рідина, яка при охолодженні стає червонувато-жовтою масою (як і в A, w(X) = 92.83%). Якщо отриманий плав нагріти з кислим

виноградним спиртом (С), а потім розчин випарити, то отримаєш білі кристали, солодкі на смак (сполука D, $w(X) = 54.64\%$). Якщо ж і їх гріти, то при температурі більше 100°C полетить флегма (сполука E). При подальшому прожарюванні полетить горюча вода (F) і залишаться білила (сполука G). Якщо прожарювати білила на повітрі, то вийде Червоний Лев. Доторкнувшись до нього розпеченим вугіллям, можна отримати назад Жовтого Змія. І так до нескінченності».

1. Визначте речовини A–G та метал X, назвіть їх.
2. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.
3. Ріплі й не здогадувався, що вперше в історії отримав речовину F. Чому він її назвав «горючою водою»? Як зараз широко використовується ця речовина?

5. Органічне і не тільки. 1. Наведіть структурні формули таких речовин (для речовин іонної будови вкажіть це, а також структуру складних іонів): метан; 2-метилпропан; 4-метилнон-2; *транс*-бутен-2; *ізо*-пропанол; 2,4-дибромпентан; сульфат натрію; діоксид вуглецю.

2. Для усіх вказаних речовин вкажіть тип гібридизації усіх некінцевих атомів.
3. Чи можуть існувати для наведених речовин оптичні ізомери? Якщо так, наведіть їхні структурні формули.
4. Використовуючи будь-які методи, відомі Вам (фізичні властивості, розчинність, агрегатний стан, колір, хімічні реакції та спектральні дані), розрізніть вказані речовини між собою найкоротшим шляхом. У разі використання хімічних реакцій наведіть їх.

6. Веселка. Метал X дуже твердий, тугоплавкий, сріблясто-білий, має високу корозійну стійкість навіть при температурі 2000°C . Зустрічається в природі як супутній елемент нікелю, міді і деяким іншим металам. Сучасний спосіб його відділення є дуже складним процесом і заснований на сплаві анодного шламу мідно-нікелевого виробництва, який містить метали X, X1 та X2 з KNO_3 і KOH з утворенням сполук A ($w(X1) = 44.5\%$) і B ($w(X2) = 60.1\%$). Сплав витравлюють водою, розчин окислюють O_2 , відганяють безбарвні оксиди металів X1 і X2 ($w(\text{металів}) = 61.23\%$ і 74.8% відповідно). Осад, що містить X, сплавляють з Na_2O_2 і NaOH , отримуючи сполуку C ($w(X) = 67.16\%$), сплав обробляють царською водою і розчином NH_4Cl , осаджуючи X у вигляді червоно-чорної комплексної сполуки D ($w(\text{Cl}) = 48.28\%$), яку потім прожарюють, отримуючи метал X.

Метал X так само утворює безліч сполук з різним забарвленням. Так, при нагріванні X до 600°C у струмені хлору, що містить домішки CO , і опроміненні ультра-фіолетовим світлом утворюється летюча сполука E ($w(X) = 64.3\%$), колір якої коливається від темно-оливкового до світлого жовто-зеленого. При нагріванні E до 763°C в струмені хлору утворюється темно-зелена речовина F ($w(X) = 73\%$). При нагріванні порошку X в атмосфері фтору під тиском отримують жовту тверду речовину G, яка є дуже сильним окисником. G при нагріванні з X утворює жовту рідину H ($w(X) = 71.7\%$).

Визначте всі загадані прості і складні речовини. Напишіть рівняння згаданих реакцій.

7. Завдання експериментального туру. У три склянки з дистильованою водою наливають розчин солі A з характерним яскравим кольором. Розчин в склянці №1 підкислюють сульфатною кислотою, в склянці №3 – розчином NaOH . У кожену зі склянок додають розчин солі B. У першому випадку розчин знебарвлюється, у другому випадку осад, у третьому розчин змінює колір. Якщо в другий стакан додати кислоту, то осад зникає. При додаванні кислоти в третю склянку спочатку випадає осад, а потім розчиняється.

У мірний циліндр наливають розчин солі B і додають сульфатну кислоту. Виділяється забарвлений газ з різким запахом.

1. Визначте солі A і B, якщо сіль B забарвлює полум'я в жовтий колір.
2. Напишіть рівняння всіх проведених реакцій.

Розв'язки-10

1. Мінералка. Розрахунок молярних концентрацій іонів проводиться за формулою: $n = m/M$.

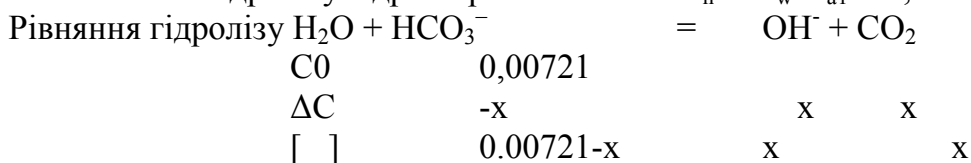
1. Отримаємо наступні концентрації:

Катіон	концентрація, моль/л	Аніон	концентрація, мг/л
K ⁺	0,0109	Cl ⁻	0,05634
Na ⁺	0,015	HCO ₃ ⁻	0,00721
Ca ²⁺	0,0089	SO ₄ ²⁻	X
Mg ²⁺	0,01171		

2. Розрахунок молярної та масової концентрацій сульфат-іонів проводимо згідно закону електронейтральності розчинів:

$$C(\text{SO}_4^{2-}) = 0.5 \times (C(\text{K}^+) + C(\text{Na}^+) + 2 \times C(\text{Ca}^{2+}) + 2 \times C(\text{Mg}^{2+}) - C(\text{Cl}^-) - C(\text{HCO}_3^-)) = 0.00179 \text{ моль/л (172 мг/л)}.$$

3. Константа гідролізу гідро-карбонат-аніоні $K_h = K_w/K_{a1} = 3,39 \times 10^{-8}$.



Отримуємо рівняння:

$$x^2/(0,00721-x) = 3,39 \times 10^{-8}, \quad x = 1,56 \times 10^{-5}, \quad \text{pH} = 9,2.$$

4. Осад випадає, якщо $C(\text{Ca}^{+2}) \times C(\text{SO}_4^{2-}) > K_s$

$$0,0089 \times 0,00179 = 1,6 \times 10^{-5} < K_s, \text{ отже, осад } \text{CaSO}_4 \text{ випадати не буде.}$$

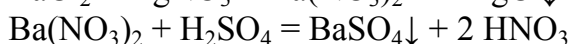
2. Солі.

1. При прожарюванні мідного дроту після занурення в розчини хлоридів утворюється хлорид купруму, який забарвлює полум'я в зелений колір.

2. У випадку платинового дроту такого не відбувається, тому видно забарвлення полум'я для кожного з лужних металів:

Li- карміново-червоне, Na – жовте, K – фіолетове, Rb – червоно-фіолетове, Cs – синьо-фіолетове.

3. Рівняння реакцій: $\text{KBr} + \text{AgNO}_3 = \text{AgBr} \downarrow + \text{KNO}_3$



Розрахуємо кількість речовини BaSO_4 : $n = 2,33/233 = 0,01$ моль.

Кількість речовини AgCl згідно з рівнянням реакції 0,02 моль. Його маса складає 2,87 г.

Одже маса AgBr 1,88 г.

4. Склад вихідної суміші: $m(\text{NaF}) = 0.42$ г (11,4%), $m(\text{KBr}) = 1,19$ г (32,2%), $m(\text{BaCl}_2) = 2,08$ г (56,4%).

3. Якнайпростіше.

1. а) Кількість атомів в 10 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$ (0,035 моль, атомів 1,26 моль) більше, ніж в 20 г Fe_3O_4 (0,0862 моль, атомів 0,6 моль).

б) Кількість атомів в 2 кг S_8 (атомів 62,5 моль) менше, ніж в 4 кг S_8 (атомів 123 моль).

в) Кількість атомів в 1 моль P_2O_5 (атомів 7 моль) більше, ніж в 0,8 моль P_2O_3 (атомів 4 моль).

2. Рівняння реакції: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$

$n(\text{CaO}) = 0.893$ моль, $n(\text{H}_2\text{O}) = 2.78$ моль. Вода в надлишку. $n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0.893$ моль, $m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 66$ г.

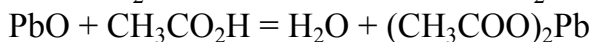
3. Горіння пропану: $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$.

При спалюванні утвориться $V(\text{CO}_2) = 1 \times 3 \times 0.95 \text{ л} = 2.85$ л.

4. Рецепти філософського каменя.

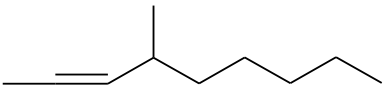
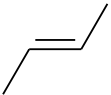
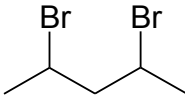
1. Виходячи з масової долі оксисену в сполуці **A** отримуємо, що метал **X** – Pb. Отже, **A** – PbO (плюмбум II оксид), **B** – Pb₃O₄ (плюмбум II, III оксид), **C** – CH₃CO₂H (етанова кислота), **D** – (CH₃COO)₂Pb×3H₂O (плюмбум етаноат тригідрат), **E** – H₂O (вода), **F** – CH₃COCH₃ (пропанон), **G** – PbCO₃ (плюмбум карбонат).

2. Рівняння реакцій:

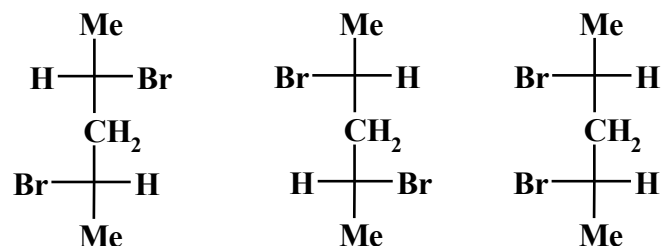
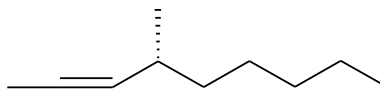
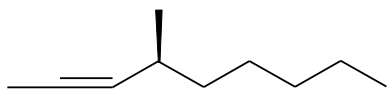


3. Ріплі вперше отримав пропанон (ацетон), який дуже добре горить. Зараз використовується як розчинник.

5. Органічне і не тільки. 1, 2.

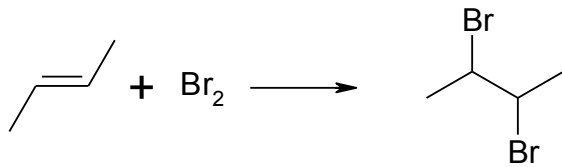
Метан	CH ₄ sp ³
2-метилпропан	CH ₃ -CH(CH ₃)-CH ₃ , усі – sp ³
4-Метилнонін-2	 C(2), C(3) – sp, інші – sp ³
Транс-бутен-2	 C(1), C(4) – sp ³ , інші – sp ²
Ізо-пропанол	CH ₃ -CH(OH)-CH ₃ , усі – sp ³
2,4-Дибромпентан	 , усі – sp ³
Натрій сульфат (іонна речовина)	(Na ⁺) ₂ (SO ₄) ²⁻ сульфат-іон – тетраедричний, sp ³
Діоксин вуглецю	CO ₂ , sp ²

3. Оптичні ізомери можуть існувати для 4-метилноніну-2 та 2,4-дибромпентану:



4. Метан, 2-метилпропан, транс-бутен-2 (знебарвлює бромну воду) та діоксид вуглецю (викликає помутніння вапняної води) – гази; 4-метилнонін-2 – неполярна рідина, легша за воду, нерозчинна у воді; ізо-пропанол – полярна рідина, розчинна у воді; 2,4-дибромпентан – неполярна рідина, важча за воду; натрій сульфат – тверда біла речовина, розчинна у воді. Метан має нижчу температуру кипіння (–162°C), ніж 2-метилпропан (–12°C).

Рівняння реакцій: CO₂ + Ca(OH)₂ = CaCO₃ + H₂O.



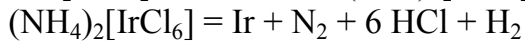
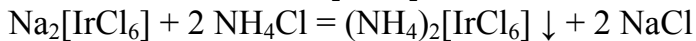
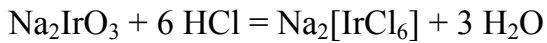
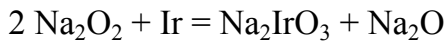
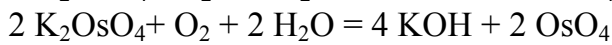
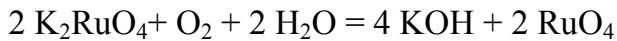
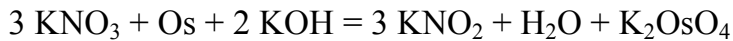
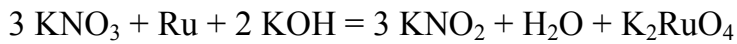
6. Веселка. Виходячи із масових часток металів **X1** та **X2** в оксидах, знаходимо, що це – Родій та Осмій відповідно (RuO_4 та OsO_4). Це леткі безбарвні сполуки. Отже, сполука **A** – Na_2RuO_4 , а сполука **B** – Na_2OsO_4 (за масовими долями металів).

Зрозуміло, що сполука **E** – це хлорид металу **X** загальною формулою XCl_n . З масової частки хлору при валентності 3 отримуємо сполуку IrCl_3 . Отже невідомий метал – Іридій.

Загальна формула сполуки **C** – Na_yXO_z . Виходячи з масової частки металу отримаємо Na_2IrO_3 . Сполука **D** має наступну формулу – $(\text{NH}_4)_2[\text{IrCl}_6]$.

При нагріванні Іридью з фтором отримують IrF_6 (сполука G). Тоді **H** – IrF_4 , **F** – IrCl_2 .

Реакції:



7. Завдання експериментального туру. 1. За кольором розчину солі **A** можна здогадатися, що це калій перманганат, який в кислому середовищі відновлюється до манган (II) сульфату, в нейтральному до бурого не розчинного у воді манган (IV) оксиду, а в лужному – до калій манганату темно-зеленого кольору. При додаванні до розчину **B** сульфатної кислоти відбувається бурхливе виділення бурого газу з різким запахом – NO_2 . Відповідно сіль **B** – це нітрит натрію (забарвлює полум'я в жовтий колір).

