

Харківська обласна хімічна олімпіада 2016 р.

9 клас

1. АБВГД-йка. Через 450 мл розчину NaOH з молярною концентрацією c моль/л пропустили 2.24 л газоподібної речовини ABC_2 , яка повністю поглинулася розчином. До отриманого розчину (I) по краплям додали 250 мл розчину HNO_3 з концентрацією 1 моль/л до повного припинення виділення газоподібної, безбарвної речовини X об'ємом 2.24 л (н. у.), яка не мала запаху та утворювала білий осад при пропусканні через розчин $Ba(OH)_2$. Якщо до отриманого розчину (II) додати надлишок розчину $AgNO_3$, то в осад випадає 28.70 г сироподібної білої речовини Y, яка не розчиняється в надлишку нітратної кислоти.

1. Розшифруйте речовини ABC_2 , X та Y.
2. Розрахуйте молярну концентрацію c натрію гідроксиду.
3. Запишіть рівняння усіх реакцій.

2. Сплав. Сплав Li та Na масою 4.00 г, спалили у надлишку кисню. Продукти реакції масою 7.42 г розчинили у 250 мл води.

1. Розрахуйте вміст Li та Na у сплаві, враховуючи, що натрій згоряє з утворенням пероксиду.
2. Розрахуйте pH отриманого розчину ($pH = -\lg[H^+]$).
3. Запишіть рівняння усіх реакцій, які відбулися.

3. Незвичайна рідина. У лабораторії професора Сімпсона стояла нестерпна спека – температура піднялася вище $30^\circ C$. Проте це не зупинило професора провести задуманий експеримент. Він узяв 0.50 мл блискучої рідини A і додав до неї 100 мл гарячої води. Виділився газ B, який професор зібрав у скляну посудину об'ємом 1 л. Він виміряв загальну масу закритої посудини з газом при $35.0^\circ C$ (тиск газу в посудині дорівнював 168.06 кПа), яка склала 250.1322 г. Ця посудина, заповнена повітрям за атмосферного тиску і такої ж температури, мала масу 251.1462 г. Суміш з білим осадом C, що залишилася, професор Сімпсон розділив на дві частини: до першої частини він додав розчин HCl, до другої частини – розчин NaOH. В обох випадках осад розчинився. Після цього професор довів об'єми обох розчинів в мірних колбах до 100 мл і залишив стояти до наступного експерименту.

1. Розшифруйте речовини A, B і C, враховуючи, що густина рідини A складає 6.10 г/мл. Молярна маса повітря складає 28.98 г/моль, а атмосферний тиск – 101 325 Па.

2. Запишіть рівняння всіх згаданих реакцій.
3. Розрахуйте молярну концентрацію речовин у двох розчинах, отриманих в кінці експерименту.

4. Солі. На полиці є три пакети з номерами та формулами речовин, що в них містяться №1 ($Ba(NO_3)_2$; $SrCl_2$); №2 ($SrCl_2$; $CaBr_2$) та №3 ($CaBr_2$; $Ba(NO_3)_2$). Відомо, що кількість однієї і тієї ж солі у пакетах однакова. Усі три пакети розчинили у різних склянках у надлишку води та додали надлишок певного реактиву, причому в усіх трьох пляшках випав осад певної маси (таблиця).

1. Наведіть рівняння реакцій, що відбулися.
2. Визначте масу та масову долю кожної солі у сумішах.

Вважайте осад повністю нерозчинними у воді.

№ пакету	Реактив, який додали	Маса осаду, що утворилася, г
№ 1	Na_2SO_4	3.208 г
№ 2	$AgNO_3$	9.248 г
№ 3	Na_2CO_3	2.255 г

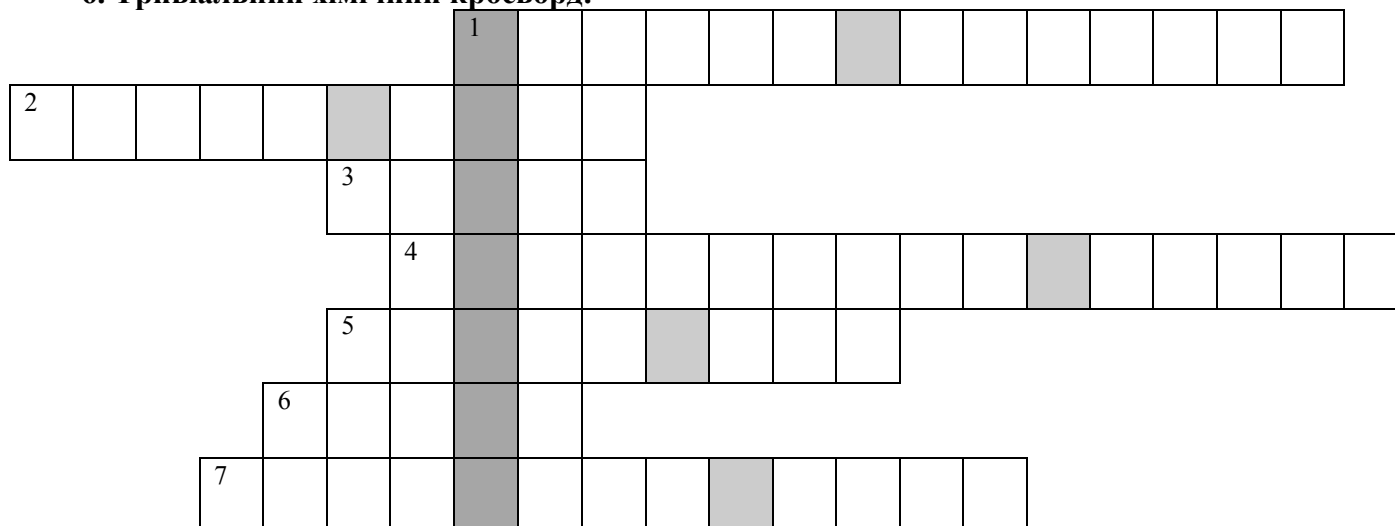
5. Найпростіше. Дев'ятикласник часто забуває очевидну інформацію, з якою зустрічався раніше на уроках хімії, фізики або природознавства. Перевіримо, наскільки ви впораєтеся з простими завданнями.

1. Розрахуйте, зразок якої речовини містить більше атомів кисню: а) 10 г $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ чи 20 г MnO_2 ; б) 2.24 л кисню чи 2 кг азотної кислоти; в) 1 л води при н. у. або 1 л води при $90^\circ C$?

2. Розрахуйте масу продуктів реакції, які утворяться при взаємодії 5 г NaOH та 5 г HBr.

3. Наведіть структурні формули таких молекул: H_2S , SO_2 , BF_3 , NH_3 , C_2H_4 . Вкажіть тип гібридизації некінцевих атомів.

6. Тривіальний хімічний кросворд.



Юний хімік знайшов у дідуса в шафі стару газету с кросвордом. Ось що там було написано:
«Хімічний кросворд, в якому загадані тривіальні назви речовин.

1. (По горизонталі) Речовина синього кольору, що при прожарюванні стає білою. Взаємодіє з речовиною 2 з утворенням синього осаду.

2. Речовина білого кольору. Розчиняється у воді з виділенням тепла. При взаємодії з речовиною 6 утворюється чорний осад. Цей осад не розчиняється у воді, але розчиняється у речовині 4.

3. Інша назва найуживанішої солі. Якісною реакцією на її аніон є взаємодія з речовиною 6, причому утворюється сироподібний білий осад, який не розчиняється в кислотах та лугах, але розчиняється у речовині 4.

4. Розчин з різким запахом. При взаємодії з речовиною 1 спершу утворює блакитний осад, який розчиняється у надлишку реагенту з утворенням синього прозорого розчину.

5. Тверда речовина. При розчиненні у воді сильно димить. Після розчинення утворюється розчин слабкої кислоти, що дає білий осад з речовиною 7.

6. Речовина білого кольору, яку треба зберігати подалі від сонячних променів, бо вона темнішає при контакті з ними. Відома під назвою «пекельний камінь». При взаємодії з речовиною 1 утворює білий осад, що нерозчинний ні в кислотах, ані в лугах.

7. Лужний розчин твердої речовини білого кольору у воді. Якісною реакцією на катіон є взаємодія за аніоном речовини 1 з утворенням білого кристалічного осаду.

Також відомо, що водні розчини речовин 2 та 7 мають лужне середовище, а речовина 1 здатна до гідролізу з утворенням кислого середовища. Розчин речовин 3 та 6 має нейтральне середовище».

1. Заповніть кросворд, визначте усі речовини, запишіть рівняння всіх реакцій, про які йдеться в умові.

2. Яке слово загадане по вертикалі? Напишіть формулу сполуки, якщо її можна побачити на пам'ятниках. Назвіть матеріал, з якого виготовлені пам'ятники та напишіть реакції утворення цієї сполуки.

Примітка: деякі назви складаються з двох слів. Слова розділяються порожньою світло-сірою клітиною. Слово, що треба знайти по вертикалі, знаходиться у темно-сірих клітинках.

7. Завдання експериментального туру. У дві порцелянові чашки насипають невелику кількість KMnO_4 та K_2CrO_4 і додають невеликими порціями концентровану H_2SO_4 . У чашці з KMnO_4 майже миттєво утворюється темно-зелена, в'язка рідина. У чашці з K_2CrO_4 колір з жовтого спочатку змінюється на помаранчевий, а потім на темно-червоний.

Якщо невелику кількість зеленої рідини піднести до ватки, змоченої етиловим спиртом ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), вона миттєво спалахує. Якщо темно-червону речовину відфільтрувати на скляному фільтрі і підсушити, то вона також буде підпалювати ватку, змочену етиловим спиртом.

1. Запишіть рівняння реакцій, які протікають між сульфатною кислотою та калію перманганатом і калію хроматом. Чому темно-червону речовину неможна фільтрувати на паперовому фільтрі?

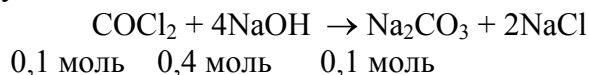
2. За рахунок чого відбувається загоряння спирту? Запишіть рівняння реакції.

3. Наведіть ще щонайменше 2 речовини, які можуть спричинити загоряння відновників.

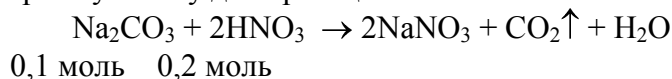
Розв'язки-9

1. АБВГД-йка. 1–3. Речовина ABC_2 має кислотну природу. До її складу найімовірніше входять тільки атоми неметалів. $n(ABC_2) = 0,1$ моль; $n(X) = 0,1$ моль. По всім ознакам біла речовина $Y \in AgCl$. Тоді $n(AgCl) = 28,70/143,5 = 0,2$ моль. Звідси $C \in Cl$ (хлор). Речовина X – безбарвна, без запаху і утворює білий осад при пропусканні через розчин $Ba(OH)_2 \rightarrow CO_2$. Оскільки інших продуктів не утворюється, то $A \in C$ (карбон), а $B \in O$ (кисноген). $ABC_2 \in COCl_2$ – фосген (оксодихлорид карбону).

Реакція його взаємодії з лугом



Нітратна кислота може брати участь у двох реакціях



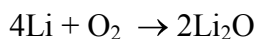
$$n(HNO_3) = 0,25 \text{ л} \times 1 \text{ моль/л} = 0,25 \text{ моль.}$$

На взаємодію з Na_2CO_3 пішло 0,2 моль, а на взаємодію з залишком луку 0,05 моль. Оскільки при поглинанні $COCl_2$ прореагувало 0,4 моль $NaOH$, то у вихідному розчині його було 0,45 моль. Об'єм цього розчину становив 450 мл.

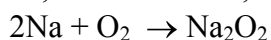
В 0,450 л розчину знаходиться 0,450 моль $NaOH$

$$\text{В } 1,000 \text{ л} \text{ -----} \text{ C} \quad \Rightarrow \quad C(NaOH) = 1 \text{ моль/л.}$$

2. Сплав. 1–3. В надлишку кисню літій утворює оксид, а натрій пероксид.



13,88 г Li ----- 29,88 г Li_2O збільшення маси у 2,15 раза.



46 г Na ----- 78 г Na_2O_2 збільшення маси у 1,70 раза.

За умови задачі збільшення маси у 1,86 раза, що означає, що для спалювання був взятий сплав, а не чистий метал. Нехай маса Li у сплаві x грам. Тоді $(4-x)$ грам становить маса Na у сплаві.

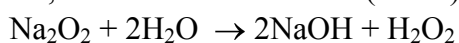
$$2,15x + 1,7(4-x) = 7,42$$

$x = 1,38$ г маса Li , $(4 - 1,38) = 2,62$ г маса Na . $\omega(Li) = 1,38 \cdot 100/4 = 34,4 \%$; $\omega(Na) = 2,62 \cdot 100/4 = 65,6 \%$.



29,88 г Li_2O утворюють 2 моля $LiOH$

$$\text{а } 1,38 \text{ г} \text{ -----} n(LiOH) \quad \Rightarrow \quad n(LiOH) = 0,0924 \text{ моль}$$



78 г Na_2O_2 утворюють 2 моля $NaOH$

$$\text{а } 2,62 \text{ г} \text{ -----} n(NaOH) \quad \Rightarrow \quad n(NaOH) = 0,0672 \text{ моль.}$$

Загальна кількість молей однокислотного луку складає 0,1596 молей.

В 0,250 л розчину знаходиться 0,1596 молей $MeOH$

$$\text{А } 1,0 \text{ л} \text{ -----} \text{ C} \quad \Rightarrow \quad C = 0,6384 \text{ моль/л}$$

Концентрація OH^- іонів складає також 0,6384 М. Тоді $pOH = -\lg(C(OH^-)) = -\lg 0,6384 = 0,1949 \cong 0,2$, а $pH = 14 - pOH = 14 - 0,2 = 13,8$

3. Незвичайна рідина. 1. При реакції А з водою буде виділятися водень:

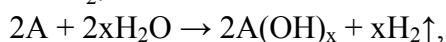
$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow m(\text{возд.}) = \frac{pVM}{RT} = \frac{101325 \times 0.001 \times 28.98}{8.314 \times 308.15} = 1.1462 \text{ г}$$

$$m_{\text{колб.}} = 251.1462 - 1.1462 = 250.0000 \text{ г}$$

$$m(B) = 250.1322 - 250.0000 = 0.1322 \text{ г}$$

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{0.1322 \times 8.314 \times 308.15}{168060 \times 0.001} \approx 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

В – H₂.

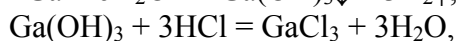
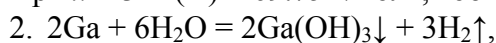


$$n(H_2) = \frac{m}{M} = \frac{0.1322}{2.016} = 0.06558 \text{ моль}$$

$$n(A) = \frac{0.06558}{x} \times 2 = \frac{0.1312}{x}$$

$$M(A) = \frac{m}{n} = \frac{\rho \times V}{n} = \frac{6.10 \times 0.500}{\frac{0.1312}{x}} = 23.25 \times x$$

При $x = 3$ $M(A) = 69.75$ г/моль, тобто А – Ga, С – Ga(OH)₃.



3.

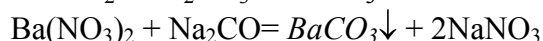
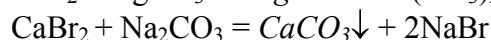
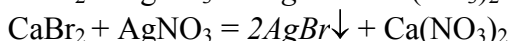
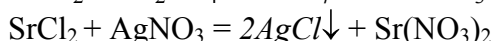
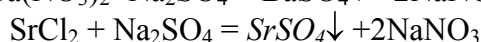
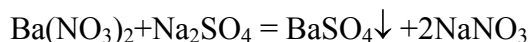
$$n(Ga(OH)_3) = \frac{0.06558}{3} \times 2 = 0.04372 \text{ моль} = n(GaCl_3) = n(Na[Ga(OH)_4])$$

$$c(GaCl_3) = c(Na[Ga(OH)_4]) = \frac{n}{V} = \frac{0.04372}{0.1} = 0.4372 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

4. Солі. Заповнюємо таблицю:

Суміш	Речовина	n_i	M_i	m_i	Речовина	n_j	M_j	m_j
N 1	Ba(NO ₃) ₂	$n_1=0,00384$	261	1,002	BaSO ₄	n_1	233	0,895
	SrCl ₂	$n_2=0,01257$	159	1,999	SrSO ₄	n_2	184	2,313
N 2	SrCl ₂	$n_2=0,01257$	159	1,999	AgCl	$2n_2$	143,5	3,608
	CaBr ₂	$n_3=0,0150$	200	3,000	AgBr	$2n_3$	188	5,640
N 3	CaBr ₂	$n_3=0,0150$	200	3,000	CaCO ₃	n_3	100	1,500
	Ba(NO ₃) ₂	$n_1=0,00384$	261	1,002	BaCO ₃	n_1	197	0,757

Нехай вихідних компонентів сумішей було: n_1 Ba(NO₃)₂, n_2 SrCl₂ та n_3 CaBr₂, відповідно. Тоді згідно наступних реакцій



отримали BaSO₄ n_1 моль, SrSO₄ n_2 моль, AgCl $2n_2$ моль, AgBr $2n_3$ моль, CaCO₃ n_3 моль та BaCO₃ n_1 моль, відповідно. Складаємо наступну систему лінійних рівнянь

$$233n_1 + 184n_2 = 3,208$$

$$2 \cdot 143,5n_2 + 2 \cdot 188n_3 = 9,248$$

$$100n_3 + 197n_1 = 2,255$$

Розв'язавши її знаходимо n_1 , n_2 та n_3 . Знаючи кількості компонентів сумішей знаходимо їх маси.

$$m_i = n_i \cdot M_i$$

В суміші № 1 вміст Ba(NO₃)₂ складає 33,3 %, SrCl₂ – 66,6%.

В суміші № 2 вміст CaBr₂ складає 60,0 %, SrCl₂ – 40,0%.

В суміші № 3 вміст CaBr₂ складає 75,0 %, Ba(NO₃)₂ – 25,0%

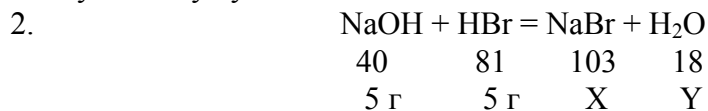
5. Найпростіше. 1. а). $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ г}$; $M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250$; $n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,04 \text{ моль}$; $n(\text{O}) = 0,36 \text{ моль}$.

$m(\text{MnO}_2) = 20 \text{ г}$; $M(\text{MnO}_2) = 87$; $n(\text{MnO}_2) = 0,23$; $n(\text{O}) = 0,46 \text{ моль}$. Висновок: у 20 г MnO_2 атомів кисню більше.

б) $m(\text{HNO}_3) = 2000 \text{ г}$; $M(\text{HNO}_3) = 63$; $n(\text{HNO}_3) = 31,75$; $n(\text{O}) = 95,2 \text{ моль}$.

$V(\text{O}_2(\text{газ})) = 2,24 \text{ л}$; $n(\text{O}_2) = 0,1$; $n(\text{O}) = 0,2 \text{ моль}$. Висновок: в 2 кг HNO_3 атомів кисню більше. Але якщо кисень рідкий, то $n(\text{O}) = 2,240 \cdot 1,4/16 = 196 \text{ моль}$ і в ньому атомів кисню буде більше

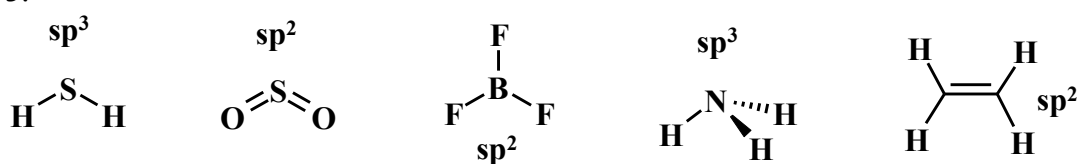
в) 1 л H_2O при нормальних умовах має більшу масу, в порівнянні з 1 л H_2O при 90°C , тому і атомів Оксигену в ньому буде більше.



Як видно із рівняння реакції NaOH в надлишку, тому розрахунки будемо проводити за HBr .

$m(\text{NaBr}) = 5 \cdot 103/81 = 6,36 \text{ г}$; $m(\text{H}_2\text{O}) = 5 \cdot 18/81 = 1,11 \text{ г}$.

3.

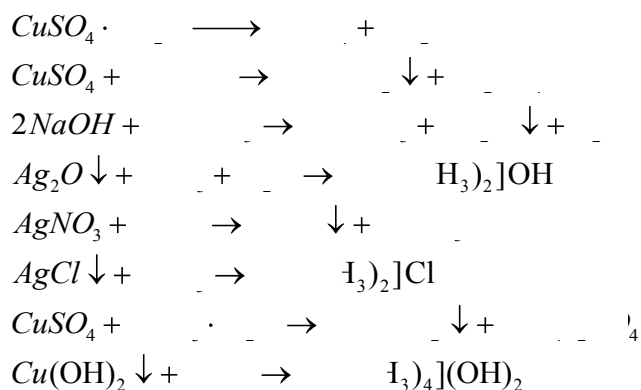


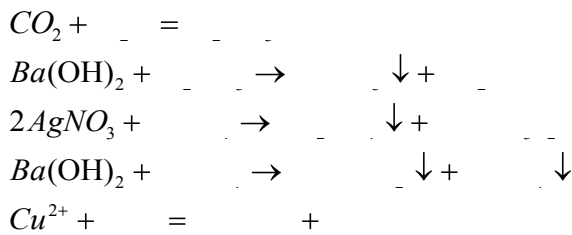
6. Тривіальний хімічний кросворд.

						м	і	д	н	и	й		к	у	п	о	р	о	с		
і	д	к	и	й		н	а	т	р												
					г	а	л	і	т												
						н	а	ш	а	т	и	р	н	и	й		с	п	и	р	т
					с	у	х	и	й		л	і	д								
				л	я	п	і	с													
				б	а	р	и	т	о	в	а		в	о	д	а					

1- . - - - - (розчин);

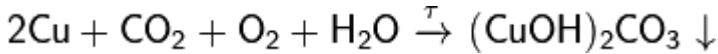
5- - - - - ий розчин)



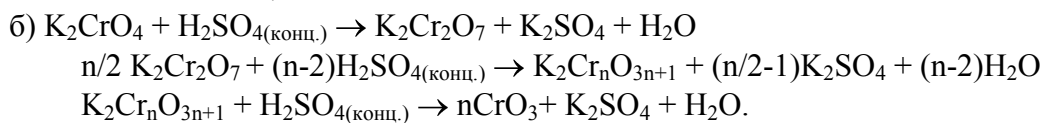
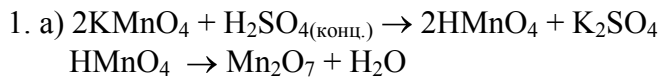


Загадане слово по вертикалі – малахіт. Це $(CuOH)_2CO_3$.

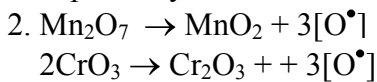
Сполука такого ж складу утворюється на пам'ятниках, що виготовлені з бронзи – сплав міді з оловом.



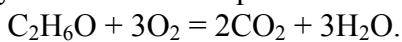
7. Завдання експериментального туру.



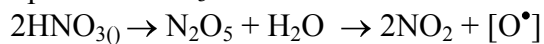
Папір теж буде окислюватися.



Виділення атомарного Оксигену і визиває спалахування етилового спирту, який потім горить за рахунок кисню повітря:



3. Концентрована HNO_3 :



H_2O_2 з масовою часткою більше 50 %:

