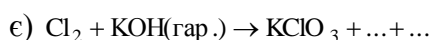
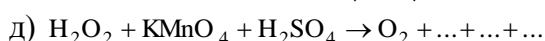
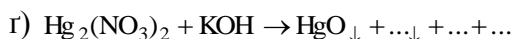
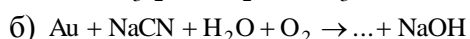
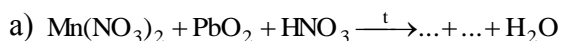


**III етап Всеукраїнської учнівської хімічної олімпіади,
Харківська область, 2019/2020 навчальний рік**

9 клас, завдання та розв'язки

1. Битва за електрони. Окисно-відновні реакції – це реакції, які відбуваються із зміною ступеню окиснення атомів, які входять до складу реагуючих речовин, за рахунок відтягування/зміщення електронів. Ці реакції є основою життєдіяльності. Закінчіть рівняння хімічних реакцій. Розставте коефіцієнти, використовуючи іонно-електронний метод.



1. Як називаються позитивно і негативно заряджені іони?
2. Який тип хімічного зв'язку виникає між зарядженими частинками?

2. Хто активніший. Алюмінієвий брусок (розміром 1×5×5 см) підвісили у 1 л розчину мідного купоросу таким чином, щоб усі його грані контактували з розчином. Концентрація мідного купоросу в розчині до реакції складала 0.001 моль·л⁻¹, а після – 9.2×10⁻⁴ моль·л⁻¹.

1. Розрахуйте товщину плівки, що утворилася на поверхні бруска алюмінію.
2. Поясніть, чому не всі іони купруму прореагували.
3. Розрахуйте форму бруска, яка дозволить повністю вилучити іони купруму з розчину і концентрацію розчину солі алюмінію, який утвориться при цьому.
4. Перерахуйте галузі застосування алюмінію та міді.

Додаткова інформація: питома вага міді – 8.96 г·см⁻³; змінами розміру бруска в результаті розчинення алюмінію знехтувати.

3. Відомі незнайомці. Продукти спалювання суміші двох насичених вуглеводнів об'ємом 615 мл (н.у.) послідовно пропустили через дві трубки. Перша з них наповнена надлишком фосфор(V) оксиду, а друга надлишком розчину баритової води. В результаті маса першої трубки збільшилася на 1.8121 г, тоді як другої – на 3.1429 г.

1. Визначте формули вуглеводнів, якщо відомо, що кількість атомів карбону в другій сполуці вдвічі більша, ніж у першій.
2. Розрахуйте об'ємні частки вуглеводнів в суміші.
3. Запишіть рівняння всіх хімічних реакцій, про які йшла мова в задачі.
4. Що таке насичені і ненасичені вуглеводні? Які класи вуглеводнів ви знаєте?

4. Останній у Менделєєва. Сіру металеву речовину *X* масою 47.6 г подрібнили до порошкоподібного стану. Половину отриманого порошку розмістили під шаром води, у результаті чого виділилось 4.48 л (н.у.) газу і утворився темно-коричневий осад речовини *Y*. Речовину *Y* просушили та нагріли до температури 600°C у атмосфері повітря. Отримана порошкоподібна речовина *Z* мала помаранчево-жовтий колір.

Нагрівання речовини *Y* вище 600°C небажане, адже тоді утворюється сполука *K* (жовтувато-зеленого кольору), загальну формулу якої можна виразити як $2Z \cdot Y$. Нагрівання залишку порошку *X* з розбавленою сульфатною кислотою з наступною кристалізацією та висушуванням призводить до утворення солі *L* (43 г). Аналогічні перетворення з речовиною *Z* ведуть до отримання солі *M* (36.6 г).

1. Розшифруйте усі невідомі речовини, якщо відомо, що **Z** та **Y** належать до одного класу сполук. Можливістю існування кристалогідратів солей знехтувати.
2. Напишіть рівняння реакцій, перерахованих в задачі.
3. Де в природі зустрічається елемент, що утворює **X**? Як його використовують?
4. Навіщо було подрібнювати металевий **X** на початку експерименту?

5. Дивна сполука. Речовина **A** – білі кристали, що розчинні у воді – забарвлює полум'я у фіолетовий колір. При прожарюванні до 240°C **A** втрачає 36.03% своєї маси, виділяє кислоту **B** і перетворюється на сіль **B**. При прожарюванні речовини **A** до 320°C утворюється сіль **G** та вода. Розчин речовини **A** має кисле середовище.

2.5 г **A** розчинили у 100 мл води. На титрування 10 мл цього розчину витратили 18.4 мл розчину NaOH з концентрацією 0.1 моль л⁻¹. Для титрування 10 мл розчину речовини **B**, який готували розчиненням такої ж маси речовини **B** в такому ж об'ємі води, як і для розчину речовини **A**, витратили 51.0 мл розчину NaOH.

1. Розшифруйте речовини **A**, **B**, **B** та **G**.
2. Наведіть рівняння усіх згаданих реакцій
3. Наведіть ще два принципово різних приклади сполук металів, розчини яких мають кисле середовище, та назвіть причини цього явища.
4. Запропонуйте схему отримання **A** з простих речовин; зазначте всі додаткові умови протікання реакцій.

6. Різнокольоровий метал. 7.12 г оксиду трьохвалентного металу **M** відновили коксом. При цьому виділився карбон монооксид та поглинулося 37.91 кДж теплоти. Теплоти утворення монооксиду карбону та оксиду металу відповідно становлять -110.4 кДж/моль та -1140.5 кДж/моль.

1. Встановіть метал **M**.
2. В чому полягає небезпека монооксиду карбону для живих організмів?
3. Назвіть галузі застосування металу **M** та його сполук.

7. Експериментальна задача. Біла кристалічна речовина **X** добре розчиняється у воді. Відомо, що:

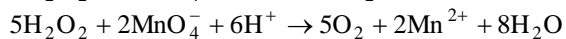
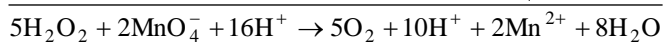
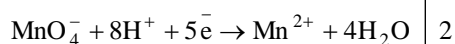
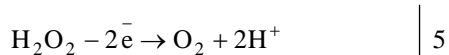
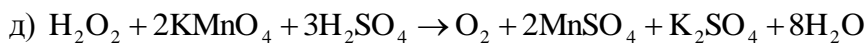
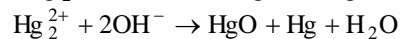
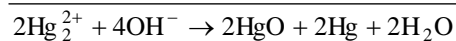
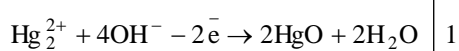
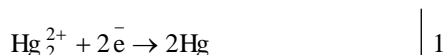
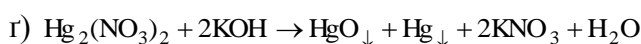
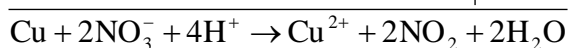
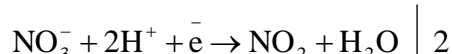
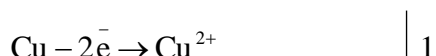
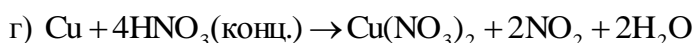
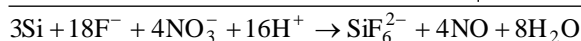
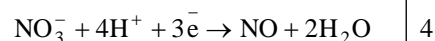
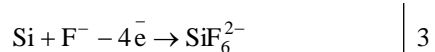
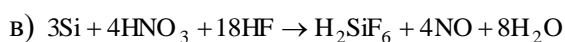
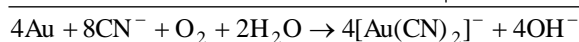
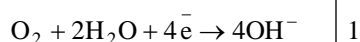
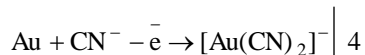
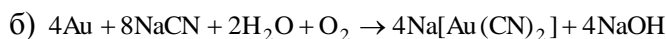
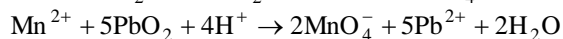
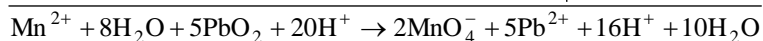
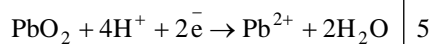
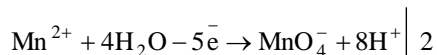
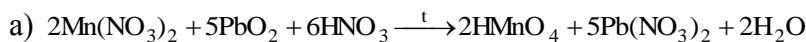
- 1) водний розчин речовини **X** забарвлює полум'я пальника у фіолетовий колір та має нейтральне середовище;
- 2) при додаванні до розчину речовини **X** сульфїтної кислоти (розчину SO₂ у воді) утворюється темно-коричневий розчин речовини **A**, який знебарвлюється при додаванні надлишку сульфїтної кислоти з утворенням двох сильних кислот **B** і **B**;
- 3) при додаванні до знебарвленого розчину кількох крапель нітратної кислоти та розчину AgNO₃ утворюється жовтий осад **G**;
- 4) жовтий осад **G** не розчиняється у водному розчині амоніаку, але розчиняється в надлишку розчину натрій тіосульфату з утворенням комплексної сполуки **D**;
- 5) при додаванні до розчину речовини **X** водного розчину натрій йодиду (або калій йодиду) у присутності сульфатної кислоти також утворюється темно-коричневий розчин речовини **A**, який можна знебарвити розчином натрій тіосульфату з утворенням натрій йодиду та розчинної у воді речовини **E**;
- 6) при додаванні розчину речовини **Y** до розбавленого розчину речовини **A**, останній змінює своє забарвлення на яскраво синє.

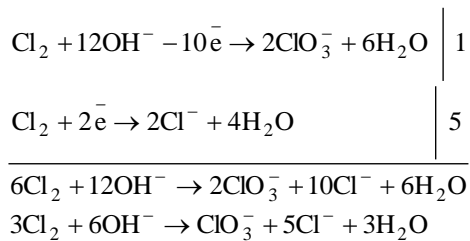
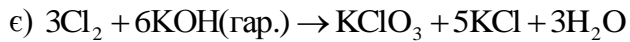
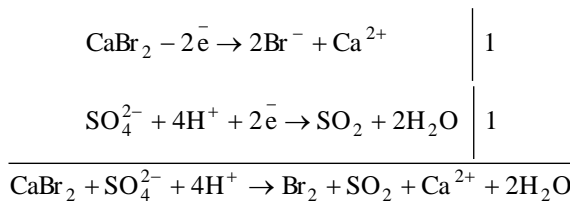
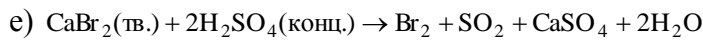
Дайте відповіді на питання:

1. Які елементи входять до складу речовини **X**?
2. Напишіть формули та назви речовин **A**, **B**, **B**, **G**, **D**, **E**. Розчин якої речовини позначено **Y**?
3. Визначте формулу речовини **X**, якщо масова частка одного з елементів становить 18.27%.
4. Напишіть рівняння усіх реакцій про які йде мова у пунктах 2, 3, 4, 5.

Розв'язки завдань для 9 класу

Завдання 1. Битва за електрони



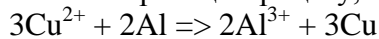


3. Катіони – позитивно заряджені іони. Аніони – негативно заряджені іони.

4. Іонний зв'язок.

2. Хто активніший.

Рівняння реакції процесу, що відбувається:



Зміна концентрації іонів купруму в розчині складає: $C_1 - C_2 = 0.001 - 0.00092 = 0.00008$ моль/л

Кількість міді, що виділилась на поверхні бруска $(C_1 - C_2) \cdot V = 0.00008$ моль/л * 1 л = 0.00008 моль.

Маса цієї міді $m = n \cdot M = 0.00008$ моль * 63,55 г/моль = 0.00508 г. Така маса металу займає об'єм $V = m/\rho = 0.00508$ г / 8.96 г см⁻³ = 5.67*10⁻⁴ см³.

Загальна площа пластинки алюмінію як сума площ усіх сторін: $S = 2 \cdot (5 \cdot 5) + 4 \cdot (5 \cdot 1) = 50 + 20 = 70$ см²

За умовою задачі, зміною площі пластинки при проходженні реакції можна знехтувати.

1) Тоді шар міді, що утворюється на поверхні $h = V/S = 5.67 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3 / 70 \text{ см}^2 = 8.1 \cdot 10^{-6} \text{ см} = 8.1 \cdot 10^{-8} \text{ м} = 81 \text{ нм} = 0,08 \text{ мкм}$.

2) Реакція не відбувається далі через утворення шару плівки, що ізолює металічний алюміній від контакту з розчином.

3) Для повного вилучення міді (за такої ж товщини плівки) необхідна площа пластинки не менша, ніж: $S_{\min} = V_{\max}/h$

При цьому $V_{\max} = m_{\max}/\rho = n_{\max} \cdot M / \rho = C_1 \cdot V \cdot M / \rho = 0.001 \cdot 1 \cdot 63.5 / 8.96 = 0.0071$ см³

Тоді, мінімальна площа має бути: $S_{\min} = 0.0071 / 8.1 \cdot 10^{-6} = 875$ см²

При збереженні пропорційного співвідношення розміру сторін бруска, тобто нехай сторони збільшаться в x раз, знайдемо площу поверхні цього бруска: $S = 2 \cdot (5 \cdot x \cdot 5 \cdot x) + 4 \cdot (5 \cdot x \cdot 1 \cdot x) = 50 \cdot x^2 + 20 \cdot x^2 = 70 \cdot x^2$ см². Звідси маємо $S_{\min} = 70 \cdot x^2$ см², знаходимо що $x = 3.54$. Отже, мінімальні розміри бруска для повного вилучення міді мають становити 17.7 см × 17.7 см × 3.54 см.

На кожний моль міді, що виділився, припадає 2/3 моль розчиненого алюмінію (за рівнянням реакції). Тож концентрація алюмінію у розчині за умови повного виділення міді: $C_{\text{сіль}} = C_{\text{Al}}/2 = 0.0003(3)$

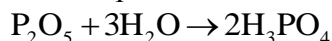
4) Галузі застосування:

Алюміній – авіабудування (корпус літаків), вироблення посуду, як відновник металів (метод алюмотермії), адсорбенти (на основі оксиду алюмінію).

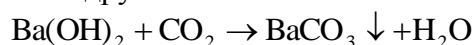
Мідь – електроніка (матеріал контактів та дротів), ювелірна промисловість (власне мідь, ювелірні бронзи), машинобудування (технічні бронзи), хімічна промисловість (мідний купорос, тощо).

3. Відомі незнайомці.

Маса першої колби збільшилася за рахунок поглинання H_2O .



Маса другої колби збільшилася на 3.1429 г за рахунок поглинання CO_2 .



Отже, це є маса утвореного CO_2 в результаті згорання вуглеводнів.

Припустимо, що в суміші було x л одного вуглеводню, а іншого тоді – $(0.615-x)$ л.

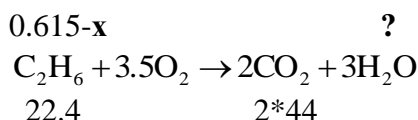
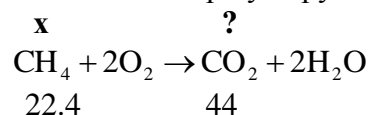
За умовою задачі, можемо зробити висновок, що мова йде про газову суміш, адже вказано н.у. Цій умові відповідають перші чотири насичені вуглеводні.

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}
метан	етан	пропан	бутан

Виходячи з цього, є дві пари вуглеводнів, що відповідають умові:

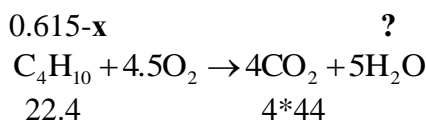
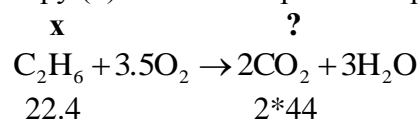
1) CH_4 і C_2H_6 ; та 2) C_2H_6 і C_4H_{10} .

Розглянемо першу пару. Запишемо рівняння реакцій горіння вуглеводнів:



$$m(\text{CO}_2) = \frac{44 \cdot x}{22.4} + \frac{0.615 \cdot 88 - 88 \cdot x}{22.4} = \frac{54.12 - 44 \cdot x}{22.4} = 3.1429, \text{ звідси } x = -0.37.$$

Від'ємне значення об'єму не має фізичного змісту, отже пара (1) не підходить. Розглянемо пару (2). Запишемо рівняння реакцій горіння вуглеводнів:



$$m(\text{CO}_2) = \frac{88 \cdot x}{22.4} + \frac{0.615 \cdot 176 - 176 \cdot x}{22.4} = \frac{108.24 - 88 \cdot x}{22.4} = 3.1429, \text{ звідси } x = 0.43.$$

Отже, в системі було 0.43 л етану, та 0.185 л бутану.

Об'ємні частки газів становлять 69.9% етану, та 30.1% бутану.

Насичені вуглеводні – це сполуки, що складаються з атомів С та Н, та мають одинарні зв'язки між атомами карбону,

Ненасичені вуглеводні – це вуглеводні, що мають хоча б один подвійний або потрійний (кратний) карбонний зв'язок.

Класи: Алкани, Алкени, Алкіни, Арени.

4. Останній у Менделєєва.

Y – оксид або гідроксид. Y прогрівали до 600 градусів на повітрі, отримали сполуку Z того ж класу. Z, Y – оксиди.

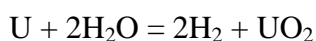
Реакція металевого X з водою з утворенням оксиду та газу (водню):



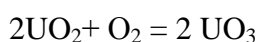
Варіюємо значення n, розраховуємо кількість речовини X та молярну масу елемента

Валентність X	Можливі n (для валентності X)	Кількість X (0,2 / n)	M (елементу)	Елемент
1	1/2	0,4	59,5	(---)
2	1	0,2	119	Sn(Hi)
3	1,5	0,1333	178,5	Hf(Hi)
4	2	0,1	238	U (ТАК)

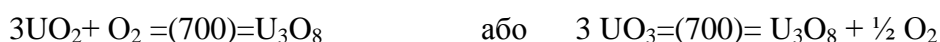
Тож речовина X – металевий уран. Тоді Y – оксид урану (IV), UO_2



Повітря – кисник. Нагрівання з повітрям – до окиснення UO_2 до UO_3 (Z)



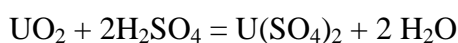
Речовина K – $2UO_3 \cdot UO_2$ або U_3O_8 (змішаний оксид урану IV, V)



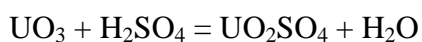
Реакція урану з концентрованою сульфатною кислотою – можливе отримання сульфатів. Визначити який саме (якщо не знаємо, що уран реагує з утворенням сульфату урану IV):

Валентність урану	Склад сульфату	Кількість речовини сульфату урану	Маса сульфату	Збіг з масою у завданні (L, 43г)
2	USO_4	0.1	33.4	Hi
3	$U_2(SO_4)_3$	0.05	76.4	Hi
4	$U(SO_4)_2$	0.1	43	ТАК

L – сульфат урану (IV).



Уран (VI) оксид, що схильний до утворення солей уранілу:



M - UO_2SO_4 . Сульфат уранілу. Перевірка маси солі при кількості 0,1 моль – 36,6 г (співпадає)

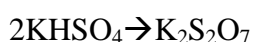
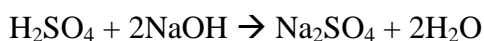
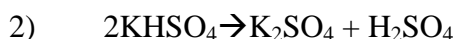
Уран у природі – в уранових рудах (оксиди урану). Використовують – ядерна енергетика, ядерне озброєння, флуоресцентне скло, матеріал баласту.

Подрібнення необхідне для збільшення активності металу (подрібнені метали часто більш активно вступають у реакції. Приклади – пірофорні залізо, нікель, тощо). Не подрібнений уран не реагує з водою.

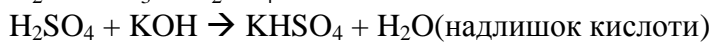
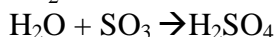
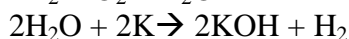
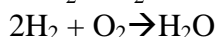
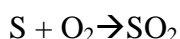
5. Дивна сполука.

1) Розрахуємо маси еквіваленту кислот А та Б:

При титруванні розчинів, що містять 0.25 г цих речовин, кількість речовини лугу дорівнює 1.84 та 5.1 ммоль відповідно. Отже, маси еквівалентів кислот дорівнюють $0.25/0.00184 = 136$ та $0.25/0.0051 = 49$ г/моль. Останнє значення за числом еквівалентності 2 відповідає сульфатній кислоті. З цього можна припустити, що А – гідросульфат. Щоб визначити масу металу, віднімемо від молярної маси А масу гідросульфат-іону, $136 - 97 = 39$, що відповідає калію. Отже, А=KHSO₄, Б=H₂SO₄. Вже виходячи з хімії сполук сірки, визначаємо, що В=K₂SO₄, Г=K₂S₂O₇.



3) Наприклад, H₂UO₄, що є кислотою, та Cu(NO₃)₂, у розчині якого йде гідроліз по катіону купрум.



6. Різнокольоровий метал.

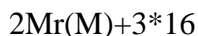
Запишемо формулу оксиду трьохвалентного металу як M₂O₃. Рівняння реакції відновлення оксиду металу коксом матиме вигляд



Розрахуємо тепловий ефект реакції використовуючи закон Гесса:

$$\Delta H = \sum n_i \cdot \Delta H_{\text{утв}}^0 (\text{пр.р} - \text{ї}) - \sum n_i \cdot \Delta H_{\text{утв}}^0 (\text{вих.р} - \text{ни}) = \\ = 3\text{г} / \text{моль} \times 110.4\text{кДж/моль} - 1\text{г} / \text{моль} \times 1140.5\text{кДж/моль} = 809.3\text{кДж/моль}$$

Виходячи з отриманих даних маємо



Розв'язуючи рівняння отримаємо, що М – це Сг.

2) Отруйна дія СО обумовлюється тим, що він утворює з гемоглобіном крові порівняно стійку сполуку - карбоксигемоглобін, внаслідок чого кров втрачає здатність передавати кисень тканинам організму.

3) Металургійна промисловість (один з основних компонентів неіржавної жароміцної, кислототривкої сталі і важливого інгредієнта корозійностійких і жароміцних суперсплавів); сполуки хрому застосовують як фарби, окисники, дубильні речовини, протрави при фарбуванні.

7. Експериментальна задача.

1) Біла кристалічна речовина X повинна містити К(фіолетове забарвлення полум'я) та І (жовтий осад, що утворюється при додаванні AgNO_3 та не розчиняється у водному розчині амоніаку, але розчиняється в надлишку розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – це сіль срібла AgI).

Речовина X не може бути KI , оскільки в цьому випадку реакції з сульфітною кислотою не відбувається, а також не буде відбуватися реакції при додаванні до розчину X натрій йодиду (або калій йодиду). З великою ймовірністю, до складу речовини X має входити ще O. Формула речовини може бути KIO_3 . Ця сіль досить стійка. Її водний розчин майже не гідролізується і має нейтральне середовище.

2) А – йод I_2 ,

Б, В - йодидна HI та сульфатна H_2SO_4 кислоти;

Г - аргентум йодид AgI ;

Д – натрій дитіосульфатоаргентат (І) $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$;

Е - $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$;

У – розчин крохмалю

3) Розрахуємо масові частки елементів у складі сполуки. Саме для **К** маємо масову частку 18,27 %. Отже, речовина X – калій йодат KIO_3 .

4) Реакції:

