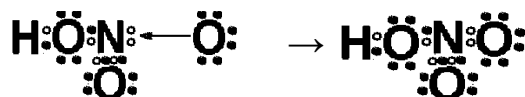


5. Далі, атом акцептору, Оксигену, зображуємо з незайнятим місцем для вільної електронної пари донору – Нітрогену, і з'єднуємо обидва атоми, отримуючи нарешті молекулу нітратної кислоти:

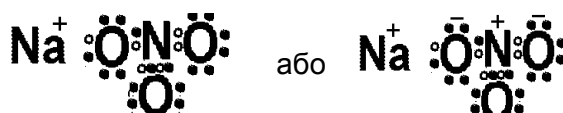


При цьому зручно зображувати електрони різних атомів різними фігурами, наприклад, хрестиками, кружечками, трикутничками тощо, щоб легше було їх рахувати. Слід пам'ятати – насправді відрізнити електрони один від одного неможливо.

Слід зауважити, що правило октету може порушуватися у сполуках елементів III і більше періодів, але треба вміти складати обидва типи формул, оскільки, наприклад, реальну будову Сульфур триоксиду SO_3 більш адекватно передає формула з порушенням правила октету (три однакові подвійні зв'язки), а будову сульфатного аніону SO_4^{2-} – формула з донорно-акцепторними зв'язками (чотири однакові прості зв'язки), які, як показано нижче, можна зображувати комбінацією простого ковалентного та іонного зв'язків. Насправді ж в обох випадках маємо справу з багатоцентровими молекулярними орбіталями (4-х та 5-и, відповідно), де ні про правило октету, ані поняття валентності мова не йде, а йде мова про порядок зв'язку, який може виражатися і дробовим числом. Спроби ж пояснити це в рамках теорії двоцентрових зв'язків за допомогою якоїсь „туманної” делокалізації електронів сенсу не мають внаслідок невизначеності, як саме відбувається ця делокалізація і яка електронна пара перескакує з одного місця на інше, не порушуючи при цьому правила октету.

При складанні електронних формул солей, зважаючи на припущення про іонний характер зв'язку катіонів з аніонами, „віддаємо” електрони атомів металу відповідним атомам аніонів кислотного залишку. У дійсності цей зв'язок завжди має ковалентну складову, оскільки усі метали мають електронегативність, а відтак і здатність трохи відтягувати на себе електрони від атомів неметалу. Якщо ж катіоном є іон амонію, ніякого ковалентного зв'язку між ним та аніоном бути, природно, не може взагалі.

Наприклад, електронна формула Натрій нітрату, припускаючи, що натрій утворює „чисто” іонний зв'язок, така:



У другій формулі ми ставимо знаки зарядів ще на атомах Нітрогену та одного з Оксигенів. Це обумовлено тим, що атом Нітрогену – донор – немов би спочатку віддає один електрон атому Оксигену, надаючи тому негативний заряд, а сам отримує позитивний, а вже потім ці електрони спарюються з утворенням ковалентного зв'язку. Природно, що цей опис утворення зв'язку є умовним і не треба сприймати його всерйоз, як і відомий метод визначенні валентності атомів елементів „розпаровуванням” електронів у квантових комірках. За цим методом можливі валентності карбону та силіцію визначають як 2 та 4, у той час як карбон має валентності тільки 3 (у монооксиді CO) та 4, а силіцій 4 та 6 (в аніоні SiF_6^{2-}). Нітроген може за цією схемою мати валентність не вище 3, а якщо підрахувати число зв'язувальних електронів навкруги атома Нітрогену у вищенаведених електронних формулах (а також у NH_4^+), то прийдемо до висновку, що валентність Нітрогену може бути і 4. Причина одна – перед утворенням хімічного зв'язку електронам розпаровуватися не треба – при „необхідності” з одного атома на інший може переходити не тільки окремих електрон, але і електронна пара. Взагалі, треба змиритися з тим, що електрони поведуть себе так, як їм „заманеться”, а не так, як ми їм „наказуємо”.

Справа у тому, що термін „валентність” не є однозначним – у школі його спочатку визначають як здатність атома утворювати хімічні зв'язки з певним числом інших атомів (тоді під це визначення підпадають і сполуки з іонним зв'язком), а пізніше як здатність утворювати певне число ковалентних зв'язків, у тому числі донорно-акцепторних. Не будемо вже казати про валентність у сполуках типу Хром дибензолу $\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)^2$, де 9 електронних пар утворюють 12 зв'язків між 12 атомами Карбону та атомом Хрому. Детальніші відомості можна знайти на сайті www.nenc.gov.ua/ Методичні та нормативні документи/ Хімія – просто про складне/Будова атома і хімічний зв'язок.

Зауважимо, що всі зв'язки N–O в обох вищенаведених формулах NO_3^- виглядають різними, а насправді вони однакові, а весь аніон має форму плоского рівностороннього трикутника (як і молекула SO_3). Причина – неадекватність теорії двоцентрових зв'язків у порівнянні з теорією молекулярних орбіталей.

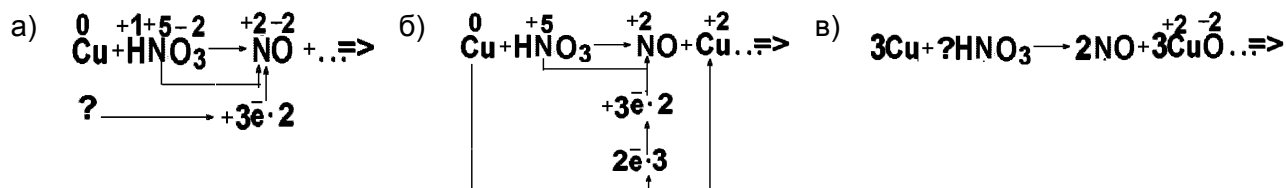
СКЛАДАННЯ РІВНЯНЬ ОКИСНО-ВІДНОВНИХ РЕАКЦІЙ

Як вищезазначено, завдання складені у повній згоді зі шкільною програмою, але так, щоб перевірити не тільки знання учнів, але і їх здатність орієнтуватися в хімії – вміння не тільки пря-

мо відповісти на поставлене питання, але і врахувати інші можливі діючі фактори. У кінці повного вивчення курсу неорганічної хімії особливе значення для виявлення цього набуває складання рівнянь окисно-відновних реакцій, причому з невизначеними продуктами реакції. Це дозволяє перевірити і здатність учнів чітко визначати ступені окиснення елементів, орієнтуватися у взаємодіях кислот та основ і відповідних оксидів, а також наскільки добре вони засвоїли пройдений матеріал. Тому спробуємо на прикладі реакції $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} + \dots$ показати порядок дій при складанні таких рівнянь:

а) визначаємо ступені окиснення усіх наявних елементів та елементів, що змінюють цей ступінь (в даному випадку N), потім

б) здогадуємось, що три електрони, які потрібні для зміни ступеню окиснення Нітрогену від +5 до +2, можна отримати тільки від атомів Купруму, а оскільки кожний такий атом може віддати тільки два електрони, одразу можна скласти електронний баланс (як учню зручно), отже, отримати потрібні коефіцієнти.



(Треба зауважити, що іноді вже на цьому етапі треба враховувати наявну кількість у молекулах атомів, що змінюють ступінь окиснення, наприклад, якщо б замість NO був N_2O , треба було б одразу писати $(+4e^-) \cdot 2$).

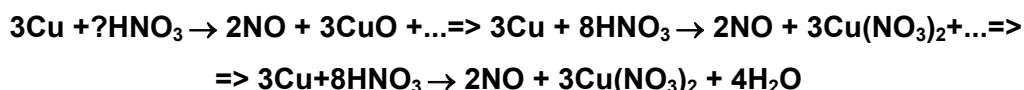
в) розмірковуємо: оскільки Cu^{+2} не може існувати сам по собі, його заряд повинні урівноважувати зв'язані з ним атоми чи групи з негативним зарядом. Оскільки часто „забувається”, що в даному випадку утворюється нітрат, можна на деякий час «погодитися» з тим, що придатним для цього є атом кисню.

(г) Саме тут треба звернути увагу на те, що „отриманий” оксид Купруму є основним, а реакція йде в кислому середовищі, і запитати себе, яка сполука Купруму повинна утворитися в цих умовах.

(д) Після цього залишається тільки написати формулу солі,

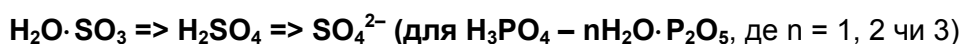
(е) підставити коефіцієнти (знов-таки враховуючи наявну у формулах кількість атомів елементів, що змінюють ступінь окиснення, а також наявність атомів цих же елементів, але які не змінюють ступеню окиснення – в даному випадку N^{+5}), тобто якщо елемент входить у кілька продуктів реакції,

(е) урівняти кількості інших атомів, починаючи з тих, які фігурують тільки в одній формулі без коефіцієнту (в даному випадку HNO_3), а вкінці підрахувати «зайві» атоми Гідрогену та Оксигену, які при правильному підборі коефіцієнтів повинні бути у такій кількості, щоб з них могла утворитися тільки вода, і отримати готове рівняння:



Аналогічно можна розмірковувати і в тих випадках, коли окиснення йде в лужному середовищі, наприклад: $\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + (? \Rightarrow \text{SO}_3 \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4)$, згадуючи спочатку, що триоксид сульфуру жадібно реагує з водою, яка є середовищем, а потім, що сульфатна кислота не менш активно – з лугом.

Іноді виникають труднощі з тим, як з формули кислотного оксиду отримати формулу кислотного залишку. Для цього можна використовувати просту схему, записуючи спочатку формулу кислоти як комбінацію кислотного оксиду та води:



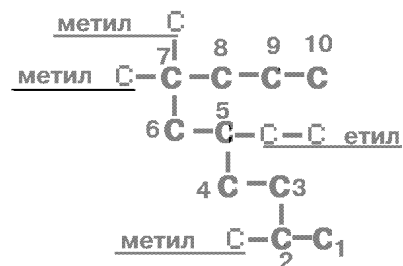
Цим способом можна також користуватися при складанні реакцій кислотних оксидів з основами, щоб правильно написати формулу солі.

СКЛАДАННЯ РІВНЯНЬ ІОННИХ РЕАКЦІЙ

109,5°, звичайно для зручності карбоновий ланцюг малюють як зображено на другому малюнку, де цієї симетрії не видно, але про яку обов'язково треба пам'ятати, а також розуміти, що хоча ланцюг має „ламану” форму, його зображують лінійним, внаслідок же вільного обертання атомних груп навколо простих зв'язків він може приймати чудернацьку форму, і зображувати його можна дуже багатьма способами.

а) Визначають у молекулі найдовший ланцюг і нумерують атоми з того кінця, до якого найближче одне з розгалужень. Найдовшому ланцюгу молекули надають відповідну назву, у даному випадку - декан.

б) Виділяють бічні ланцюжки (так звані радикали) і надають їм назви за назвами відповідних алканів, змінюючи суфікс “ан” на “ил”, у даному випадку маємо три метили та етил.



в) До назви основного ланцюга спереду дописуємо назви радикалів, вказуючи їх кількість і номер атома, до якого приєднано кожний з них, отримуючи назву сполуки 5-етил-2,7,7-триметилдекан (етил пишуть першим, оскільки в абетці “е” йде раніше за “м”).

СКЛАДАННЯ ФОРМУЛ ІЗОМЕРІВ

Крім вміння давати назви органічним сполукам треба ще вміти складати формули ізомерів сполук. Зручно це робити за правилами:

а) Будуємо нерозгалужений ланцюг з усіх атомів – скелет першого ізомеру (I етап).

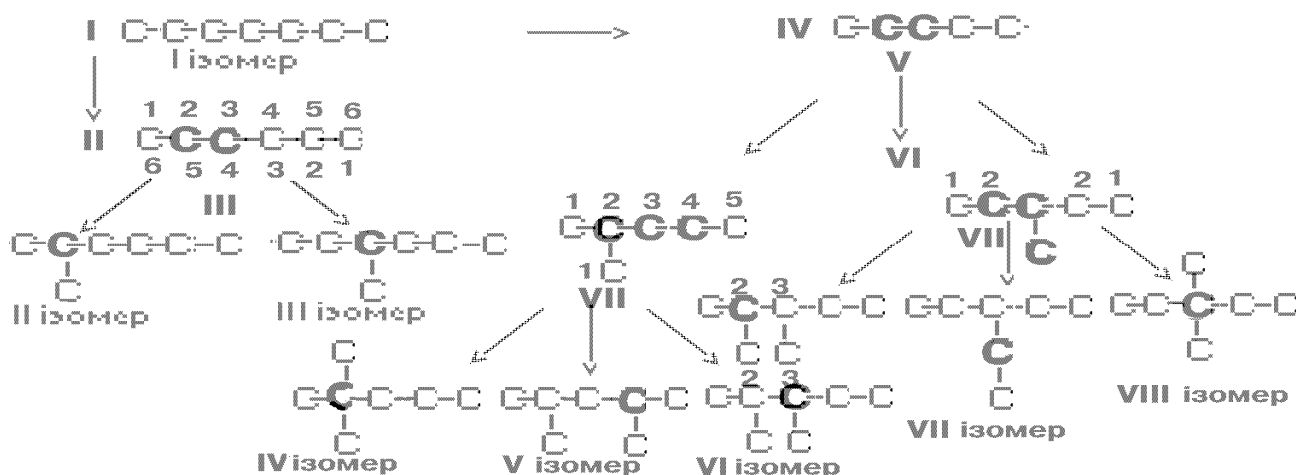
б) Зменшуємо ланцюг на 1 атом, і нумеруємо його всіма дозволеними способами, виявляючи за однаковими номерами атоми, які займають у скелеті однакове положення. Позначаємо (тут жирним шрифтом) тільки один з кожного набору однакових атомів (II етап).

в). До позначених атомів по чергово приєднуємо відкинутий атом - отримуємо ще кілька ізомерів (III етап). До крайніх атомів ланцюга атоми не приєднуємо, щоб не подовжити його знов.

г) Зменшуємо ланцюг ще на 1 атом, за пп. б-в приєднуємо перший з відкинутих атомів, отримуємо кілька “напівфабрикатів” (IV-VI етапи).

д) За правилами пп. б-в приєднуємо другий атом, одержуючи нові ізомери. Даючи їм назви (можна скорочені), виявляємо однакові сполуки, вважаємо їх одним ізомером, наприклад, VI ізомер утворюється з двох “напівфабрикатів” (VI -VII етапи).

е) Знов скорочуємо ланцюг, за правилами пп. б-д одержуємо нові ізомери. У випадку, коли число доданих до лінійного ланцюга атомів перевищуватиме половину числа придатних для приєднання місць, можна саме виділені атоми залишати “вільними”. Коли число доданих атомів перевищуватиме число придатних місць, припиняємо роботу. Розгалужені радикали будуємо у той же спосіб (при необхідності).



Дев'ятий ізомер з основним ланцюгом з 4-х вуглецевих атомів побудувати легко і самому.

Аналогічно можна будувати ізомери ненасичених та заміщених вуглеводнів - на кожному зі скелетів позначаємо однакові за розташуванням відносно ланцюга зв'язки (поки що ординарні) або атоми (включаючи вже і крайні). Далі за вищезазначеними правилами розташовуємо на скелеті необхідну кількість кратних зв'язків (не забуваючи про чотиривалентність карбону) або

замісників, наприклад, галогенів, гідроксильних груп, атомів кисню тощо. Після цього усі зовнішні зв'язки, що залишилися вільними, "одягаємо" атомами водню.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ХІМІЧНИХ ЗАДАЧ

Розрахункові задачі як і все інше складені в рамках шкільної програми, але вимагають широкіх і різносторонніх знань та вміння ними користуватися. Математичний рівень цих задач принципово вибраним нескладним – потрібно щонайменше вміти розв'язувати систему рівнянь з кількома невідомими. Це зроблено свідомо – щоб не відволікати уваги учнів саме від хімічних проблем. Тому слід дотримуватися нижченаведених принципів:

а) Скласти рівняння усіх можливих у вказаних умовах реакцій або формул речовин.

б) перевести усі вихідні дані (масу, об'єм газу) у молі, що часто робить задачу дуже наочною і легкою до розв'язання.

Розв'язання деяких розрахункових хімічних задач складне, бо вимагає певної послідовності дій, запис розв'язання задачі при цьому займає багато місця і в ньому важко орієнтуватися, а це призводить до помилок і спричинює труднощі при засвоєнні способу розв'язання. Тому можна запропонувати спосіб, який значною мірою буде позбавлено цих недоліків, бо перебіг рішення весь час буде перед очима у формі компактної таблиці, з якої буде видно, чого ще не визначено і що можна зробити на найближчому етапі. Наприклад: **визначити склад сполуки з густиною пари за гелієм 15, якщо при спалюванні 6,0 г її утворилося 4,48 л CO₂ та 7,2 г H₂O.** Умови задачі в таблиці позначено жирним шрифтом, молярні маси взяті з таблиці Менделєєва і підкреслені. Порядок розв'язання позначено цифрами в скобках біля розрахованої величини. Розв'язання задачі засновано на тому, що числа молей сполук або елементів за конкретними умовами задачі (ν) та числа молей сполук (коефіцієнти за рівнянням реакції) або елементів (індекси у хімічній формулі) в рамках конкретної задачі постійне — співвідношення ν/l (або ν/K) — це ключ для розв'язання задачі.

	$+?O_2$					
	$C_xH_yO_z \longrightarrow$	$xCO_2 +$	$0,5yH_2O$	xC	yH	zO
m (г) чи V (л)	6,0 г	4,48 л	7,2 г	(5) 2,4 г	(5) 0,4 г	(6) 3,2 г
M або V _m	(1) 60 г/моль	<u>22,4 л/моль</u>	<u>18 г/моль</u>	<u>12 г/моль</u>	<u>1 г/моль</u>	<u>16 г/моль</u>
ν (моль)	(2) <u>0,1</u>	(2) <u>0,2</u>	(2) <u>0,2</u>	(4) <u>0,2</u>	(4) <u>0,4</u>	(7) <u>0,2</u>
K чи l (моль)	(3) <u>1</u>	(3) <u>2</u>	(3) <u>2</u>	(4) <u>2</u>	(4) <u>4</u>	(7) <u>2</u>

1. За густиною відносно гелію визначаємо молярну масу вихідної сполуки: $M=15M_{He}$.

2. За формулою $\nu = m/M$ визначаємо число молей продуктів спалювання.

3. На основі коефіцієнту при формулі вихідної сполуки (1) за наведеними безпосередньо в таблиці пропорціями визначаємо коефіцієнти X та Y при формулах продуктів спалювання, а тим самим, відповідні індекси у формулі вихідної сполуки.

4. За коефіцієнтами **1**, **x** та **0,5y** вихідної речовини та продуктів реакції знаходимо коефіцієнти **x** та **y** і відповідні числа молей елементів, користуючись рівнянням $K = \nu \nu_{\text{мінім}}$. В даному випадку $\nu \cdot \nu_{\text{мінім}} = 1$, а коефіцієнт ν потрібний, коли на цьому етапі отримано дробові коефіцієнти.

5. За числами молей елементів та молярними масами знаходимо маси елементів

6. За різницею між масою сполуки та сумою мас карбону та водню, визначаємо масу кисню.

7. За молярною масою та масою кисню, визначаємо ν та $z = (60 - 2 \cdot 12 - 4 \cdot 1)/16 = 2$.

Відповідь: $C_2H_4O_2$ (формула істинна)

За допомогою такої таблиці можна розв'язувати найрізноманітніші задачі. Детальнішу інформацію стосовно розв'язання задач можна знайти на вищезгаданому сайті www.nepc.gov.ua.

СПОСІБ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ НА РОЗЧИНІ

Розв'язання деяких задач на розчини складне, бо теж вимагає певної послідовності дій, запис розв'язання задачі при цьому займає багато місця і в ньому важко орієнтуватися, а це призводить до помилок і спричинює труднощі при засвоєнні способу розв'язання. Тому можна запропонувати спосіб, який значною мірою буде позбавлено цих недоліків, бо перебіг рішення весь час буде перед очима у формі компактної таблиці, з якої буде видно, чого ще не визначено

і що можна зробити на найближчому етапі. Наприклад: **визначити масу солі, яка викристалізується при охолодженні 200 г розчину з масовою часткою 0,6 за умови, що масова частка в охолодженому насиченому розчині 0,2.** Умови задачі в таблиці позначено жирним шрифтом. Розв'язання зводиться до послідовного заповнення клітин таблиці, порядок розв'язання позначено цифрами в скобках біля розрахованої величини:

	$m_{\text{розчину}}$	$w_{\text{солі}}$	$m_{\text{солі}}$	$w_{\text{води}}$	$m_{\text{води}}$
Гарячий розчин	200 г	0,6	(2) 120 г	(1) 0,4	(2) 80 г
Холодний розчин	(4) 100 г	0,2	(4) 20 г	(1) 0,8	(3) 80 г

1. Визначаємо масову частку води в обох розчинах ($1 - w_{\text{солі}}$).
2. Визначаємо масу води в гарячому розчині ($m_{\text{води}} = m_{\text{розчину}} \cdot w_{\text{води}}$).
3. Визначаємо масу води в холодному розчині, вона дорівнює масі води в гарячому.
4. Визначаємо масу холодного розчину ($m_{\text{розчину}} = m_{\text{води}}/w_{\text{води}}$) або масу солі в ньому ($m_{\text{солі}} = m_{\text{води}} \cdot w_{\text{солі}}/w_{\text{води}}$).
5. За різницею мас солі (чи розчину) в обох розчинах визначаємо масу солі, що викристалізувалася ($200 \text{ г} - 100 \text{ г} = 120 \text{ г} - 20 \text{ г} = 100 \text{ г}$).

Задачу, безумовно, можна розв'язати і алгебраїчно, але в жорстких умовах контрольної роботи дуже легко заплутатися і наробити помилок, до того ж розрахунки є складнішими, що теж не сприяє надійності результатів. Чи дуже допоможе навіть така таблиця і такий спосіб розв'язання?

	$m_{\text{розчину}}$	$w_{\text{солі}}$	$m_{\text{солі}}$
Гарячий розчин	200 г	0,6	(3) 120 г
Холодний розчин	(2) 200 г - X	0,2	(3) 40 г - 0,2X
Сіль	(2) X	(1) 1	(3) X

1. Приймаємо сіль за "розчин" з масовою часткою солі 1.
2. Масу цього "розчину" приймаємо за X, а гарячого розчину — 200 г - X.
3. Розраховуємо відповідні маси солі.
4. Розв'язуємо рівняння: $X + (40 \text{ г} - 0,2X) = 120 \text{ г} \Rightarrow X = 100 \text{ г}$.

РОЗВ'ЯЗАННЯ СКЛАДНИХ ЗАДАЧ ЗА ДОПОМОГОЮ СПІВВІДНОШЕННЯ ν/K

Розв'язання деяких задач значно полегшується через послідовне використання чисел молей речовини (чи елементу) після переведу усіх даних задачі в ці числа. Особливо велику користь дає застосування співвідношень ν/K , які зручно записувати безпосередньо під рівняннями чи схемами реакцій і прирівнювати одне одному, користуючись тим, що для конкретної реакції це співвідношення чисел молей речовин за умовами задачі (ν) і чисел молей речовин згідно з рівнянням реакції (K) постійне. Наприклад: **обробкою деякої кількості H_3PO_4 2,8 г NaOH та обережним прожарюванням одержано 44,8 г суміші, склад якої треба визначити.** Задачу можна розв'язати щонайменше чотирма способами, але ми зупинимось тільки на одному, який значно універсальніший і який можна застосувати при розв'язанні багатьох задач.

На початковому етапі визначаємо маси індивідуальних солей, які могли б утворитися з даної кількості лугу. Виявляється, Na_3PO_4 могло утворитися 38,3 г, а Na_2HPO_4 — 49,7 г. 44,8 г знаходяться між цими значеннями, отже, саме з цих солей складається суміш. Далі визначаємо число молей NaOH , а під схемами реакцій складаємо пропорції, позначаючи $\nu(\text{NaOH})$, що пішло на утворення Na_3PO_4 , як ν'' , а на утворення Na_2HPO_4 як ν''' :

1. $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4$ $3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4$ $\nu(\text{NaOH}) = m/M = 0,7$ моль
 $\frac{\nu''}{2} = \frac{\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4)}{1}$ $\frac{\nu'''}{3} = \frac{\nu(\text{Na}_3\text{PO}_4)}{1}$ Звідси:
 $\nu'' = 2\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4)$, а $\nu''' = 3\nu(\text{Na}_3\text{PO}_4)$
2. Тому: $2\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4) + 3\nu(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \nu'' + \nu''' = 0,7$
3. Друге рівняння: $m(\text{Na}_2\text{HPO}_4) + m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 142\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4) + 164\nu(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 44,8$

одержуємо, замінюючи маси солей на добуток числа молей і молярних мас (142 та 164).

4. Розв'язуємо систему двох рівнянь з двома невідомими, помножуючи перше рівняння на 71 та віднімаючи одну від одної праві та ліві частини обох рівнянь:

$$(2\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4) + 3\nu(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,7) \cdot 71$$

бути багато, наприклад, $\text{Fe}(\text{PO}_3)(\text{HPO}_4)$, продукт перетворення HPO_4^{2-} у цій сполуці у $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$, або навіть підхожий поліфосфат.

2. Способи отримання металів магнію, міді, заліза. Рівняння відповідних реакцій.

Металічний магній отримують електролізом розплавів його солей. Металічні мідь та залізо відновленням їх оксидів монооксидом карбону чи воднем. Оксид Феруму є головною складовою залізної руди, а оксид Купруму отримують спалюванням сульфідної мідної руди.

3. До розчину 0,49 г ортофосфатної кислоти додали 200 мл розчину гідрогенкарбонату Натрію концентрацією 0,15 моль/л. Визначити склад залишку після висушування розчину та прогрівання сухого залишку при температурі 200 °С.

Розрахунок свідчить, що 0,005 моль кислоти реагує з 0,03 моль гідрогенкарбонату Натрію. Останній наявний у надлишку: з 0,005 моль кислоти прореагує тільки 0,015 моль гідрогенкарбонату Натрію з утворенням середнього ортофосфату. Залишок 0,015 моль гідрогенкарбонату Натрію при слабкому прожарюванні перетвориться у карбонат Натрію (0,0075 моль). Сам розрахунок, як бачимо, краще проводити на основі розрахунку числа молей кожного реагенту, оскільки це надає наочності тому, що відбувається в даному випадку у розчині.

Зауваження: в дійсності з урахуванням усіх констант дисоціації фосфатної та карбонатної кислот в розчині зможе утворитися тільки Натрій дигідрогенфосфат, а у процесі випарювання та при прожарюванні – Натрій гідрогенфосфат, і лише при дуже сильному прожарюванні – Натрій ортофосфат але це знаходиться за межами шкільної програми і вищенаведений спосіб розв'язання задачі не буде вважатися помилковим. Якщо ж учень покаже, що він знайомий і з позашкільним матеріалом, це піде йому тільки на користь при оцінюванні роботи.

4. Скласти рівняння реакцій, які відбуваються при прожарюванні у нещільно закритому тиглі суміші Кальцій оксиду, Ферум(II) оксиду та Силіцій оксиду.

Прожарювання суміші Кальцій оксиду, Ферум(II) оксиду та Силіцій оксиду у присутності повітря дає Ферум(III) силікат та Кальцій силікат. Формули силікатів можна писати як комбінацію оксидів – $n\text{MeO} \cdot m\text{SiO}_2$, оскільки кристалічні ґратки силікатів складаються не з окремих молекул, а зі складних просторових структур – є атомними кристалічними ґратками.

5. Промислові та лабораторні способи отримання водню. Рівняння відповідних реакцій.

В лабораторії: реакцією цинку чи заліза з сильною нелетучою кислотою. В промисловості: взаємодією пари води з коксом чи вуглеводнями при високих температурах з наступною очисткою від CO_2 .

6. Через розчин 28,6 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ пропустили до насичення CO_2 . Розчин випарили і прожарили при температурі 400°С. Визначити масу залишку.

Розрахунок треба вести тільки за сумарним процесом $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$, оскільки за законом збереження маси інакше і бути не може. Все інше зайва робота і кількість Натрій гідрогенкарбонату не потрібна. Взагалі, будь-яку задачу треба вирішувати найекономнішим способом.

7. Скласти рівняння реакцій, які відбуваються при прожарюванні у щільно закритому тиглі суміші Ферум(II) нітрату та Силіцій оксиду.

Прожарювання суміші Ферум(II) нітрату та Силіцій оксиду без доступу кисню дає Ферум(III) силікат, оскільки кисень, що виділяється при розкладанні нітрату, окиснює Ферум(II) до Ферум(III). Формулу Ферум(III) силікату можна дати з будь-яким співвідношенням Fe – Si, принципного значення це не має (мета-, орто- чи полісилікати).

8. Промислові та лабораторні способи отримання алюмінію. Рівняння відповідних реакцій.

У лабораторії: реакцією оксиду чи солей Алюмінію з більш активним металом. У промисловості – електролізом розплаву Алюміній оксиду у криоліті – Na_3AlF_6 . Дуже схематично реакція на аноді: $2\text{O}^{2-} - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2$, реакція на катоді: $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$. Але зрозуміло, що вільних іонів там бути не може, вони „сольватовані” молекулами Алюміній оксиду чи аніонами флуору і реакції можна написати так: $2\text{Al}_{2n}\text{O}_{3n+1}^{2-} - 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{Al}_{2n}\text{O}_{3n} + \text{O}_2$ та $\text{Al}_{2n+1}\text{O}_{3n}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}_{2n}\text{O}_{3n} + \text{Al}$.

9. Через суспензію 100 г CaCO_3 пропустили до насичення CO_2 . Розчин випарили і прожарили при температурі 1000°С. Визначити масу залишку.

Розрахунок треба вести тільки згідно з сумарним процесом $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO}$, оскільки за законом збереження маси інакше і бути не може. Все інше зайва робота, і треба привчитися її не робити – будь-яку задачу треба розв'язувати з мінімумом зусиль

10. Скласти рівняння реакцій, які відбуваються при нагріванні у відкритому тиглі суміші Купрум(I) оксиду та Фосфор оксиду.

Нагрівання суміші Купрум(I) оксиду та Фосфор оксиду з доступом повітря дає Купрум(II) фосфат, оскільки кисень повітря окиснює Купрум(I) до Купрум(II).

Зауваження: Фосфор оксид летучий, і це треба пам'ятати, тому нагрівати треба обережно і з надлишком Фосфор оксиду.

11. Промислові та лабораторні способи отримання гашеного вапна. Рівняння реакцій.

У лабораторії: реакцією Кальцій карбиду з водою чи розчинних солей Кальцію з гідроксидом лужного металу. Слабко розчинний Кальцій гідроксид випадатиме в осад. У промисловості: прожарюванням крейди чи вапняку, а потім обробкою водою.

12. До розчину 25 г мідного купоросу додали надлишок розчину лугу, осад відфільтрували, промили водою та розчинили у хлоридній кислоті. Далі висушили і позбавили кристалізаційної води обережним нагріванням. Визначити масу залишку.

Розрахунок треба вести тільки згідно з сумарним процесом $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuCl}_2$, оскільки за законом збереження маси інакше і бути не може. Все інше зайва робота. Відповідь: 13,5 г

13. Визначити можливі продукти реакції CaO з P_2O_5 а) без додавання та б) з додаванням води:

1 – CaPO_4 , 2 – CaP_2O_6 , 3 – $\text{CaH}_2\text{P}_2\text{O}_7$, 4 – $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_3$, 5 – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 6 – CaP_2O_7 , 7 – CaHP_2O_6 , 8 – CaH_2PO_4 .

Відповідь: а) – 5, б) – 3.

Правильна формула відповідає комбінаціям $n\text{CaO} \cdot m\text{P}_2\text{O}_5$ та $n\text{CaO} \cdot m\text{P}_2\text{O}_5 \cdot p\text{H}_2\text{O}$. Було багато відповідей з порушенням цього правила.

14. Визначити реагенти, необхідні для отримання гашеного вапна:

1 – CaSO_4 та NaOH , 2 – CaC_2 та H_2O , 3 – CaCl_2 та $\text{Fe}(\text{OH})_2$, 4 – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ та KHCO_3 , 5 – Ca та H_2O , 6 – CaO та H_2CO_3 . Відповідей дві.

Відповідь: 2 та 5.

Нерозчинні та погано розчинні солі та основи не можуть дати кальцій гідроксид, тим більше карбонати та кислоти. Кальцій – активний метал, карбід широко застосовують в промисловості.

15. Визначити а) скільки зовнішніх електронів в атомі скандію, б) скільки валентних електронів в атомі титану.

а) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

б) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Відповідь:

а) 2, б) 4

а) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$, б) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$

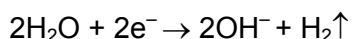
До валентних належать електрони 4s- та 3d-рівнів, що було враховано не усіма учнями.

II рівень

16. Скласти в іонній формі рівняння реакцій на катоді та аноді при одержанні гідроксиду Калію з броміду Калію електролізом.

Умовно: Катод: $2\text{K}^+ + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow 2\text{Ka} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{K}^+ + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$

Насправді: реакція відбувається без участі іонів K^+ , вони потрібні для надання розчину електропровідності :



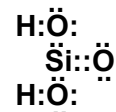
Анод: $2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2e^-$

17. Скласти електронну формулу атому Феруму, визначити число зовнішніх електронів та електронів попереднього шару.

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$, оскільки в атомах усіх d-елементів (крім Pd) над незаповненим d-підрівнем наявний щонайменше один s-електрон, а частіше два, зовнішніх електронів $2(4s^2)$, а електронів попереднього шару $14 (3s^2 3p^6 3d^6)$.

18. Скласти електронну формулу молекули силікатної кислоти.

Один атом Оксигену поєднаний з атомом Силіцію двома електронними парами, а інші одною – аналогічно карбоновій кислоті.



19. Скласти в іонній формі рівняння реакцій на катоді та аноді при електролізі розчину суміші Натрій йодиду та Цинк сульфату.

Катод: $\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$, оскільки натрій у воді виділятися не може, крім того за рахунок електролізу води може виділитися трохи водню.

Анод: $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2e^-$. Аніон йоду дуже легко відновлюється, тому кисень за рахунок електролізу SO_4^{2-} (а точніше води) виділятися не буде.

20. Скласти рівняння усіх можливих реакцій хлору, кисню, водню та кальцію між собою. Умови перебігу цих реакцій.

З воднем реагують не тільки кисень і хлор, але і кальцій – з утворенням гідриду. Кальцій реагує з киснем і хлором, а кисень і хлор між собою не реагують, хоча оксиди Хлору відомі.

21. Скласти електронну формулу молекули фосгену CCl_2O .

Атоми Хлору поєднані з атомом Карбону одиничними електронними парами, а атом Оксигену двома електронними парами, навкруги кожного атома повинен бути октет електронів.



22. Скласти в іонній формі рівняння реакцій на катоді та аноді при електролізі розчину FeCl_2 .

Катод: $\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}$, оскільки залізо у воді не реагує, але за рахунок електролізу води при підвищеному негативному потенціалі катоду може виділитися трохи водню.

Анод: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$. Аніон хлору відновлюється не дуже легко, тому можуть виділятися сліди кисню за рахунок електролізу води. Крім того, Fe^{2+} у розчині поруч з анодом окиснюватиметься хлором до Fe^{3+} .

23. Скласти рівняння усіх можливих реакцій води, кисню, кальцію та продуктів їх взаємодії між собою. Умови перебігу цих реакцій.

З воднем, що утворюється при взаємодії кальцію з водою, реагує не тільки кисень, але і сам кальцій – з утворенням гідриду, природно – в іншій реакції – у відсутності води та кисню. Оксид кальцію, що утворюється при взаємодії кальцію з киснем, реагує з водою. Крім того, при взаємодії кальцію з чистим киснем утворюється трохи пероксиду, а при його взаємодії з водою – гідроген пероксид.

24. Скласти електронну формулу молекули HOCN .

Можливі дві ізомерні форми. Атом Н може бути поєднаним з атомом Оксигену чи Нітрогену одиничними електронними парами, відповідно, атом Оксигену **одною** чи двома електронними парами з атомом Карбону, а атом Нітрогену буде поєднаним з атомом Карбону **трьома** чи двома електронними парами, навкруги кожного атома повинен бути октет електронів.

25. Скласти в іонній формі рівняння реакцій на залізних катоді та аноді при електролізі розчину CuCl_2 . Як виглядатимуть електроди після електролізу.

Катод: $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$, катод покриється шаром міді.

Анод: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$. Хлор реагуватиме із залізом з утворенням Fe^{3+} . Але краща відповідь: залізо розчинятиметься за реакцією $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3e^-$.

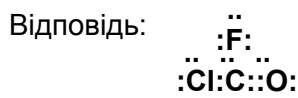
26 Скласти електронну формулу **атому** As ($1s^2 2s^2 2p^6 \dots$) з урахуванням порядку заповнення електронних орбіталей.

Треба пам'ятати, що спочатку заповнюються орбіталі 4s, а потім 3d.

Відповідь: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$.

27. Скласти електронну формулу молекули CFCIO.

Навкруги кожного атома повинен бути октет електронів. Це можливо тоді, коли з атомом С зв'язані інші три – з урахуванням знаків їх ступенів окиснення.



28. Визначити а) скільки зовнішніх електронів в іоні скандію Sc^{+3} , б) скільки зовнішніх електронів в іоні титану Ti^{+2} , в) скільки електронів у третьому від ядра шарі атома скандію, г) скільки електронів у третьому від ядра шарі іона титану Ti^{+3} .

а) 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

б) 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

в) 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

г) 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Відповідь: а) 8, б) 10, в) 9, г) 9

а) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$, б) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$, в) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$, г) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1$.

Треба знати, що в іонах перехідних металів s-електрони зовнішнього прошарку відсутні і зовнішнім стає попередній прошарок. Це було враховано не усіма учнями. Крім того, не всі зважили на те, що коли у „зовнішньому” шарі нема електронів, зовнішнім стає попередній шар.

29. Скласти електронну формулу молекули H_2SiO_3 , визначити а) загальну кількість зовнішніх електронів усіх атомів у молекулі та б) загальну кількість електронів, які зв'язують усі атоми, в) загальну кількість електронів навкруги обох атомів гідрогену, г) загальну кількість електронів навкруги усіх атомів оксигену,

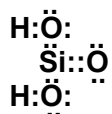
а) 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30.

б) 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30.

в) 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30.

г) 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30.

Відповідь: а) – 24, б) – 12, в) – 4, г) – 24.



Треба правильно побудувати формулу молекули H_2SiO_3 за правилом октету, а після цього поррахувати потрібне. Реально учні будували формулу дуже складним чином, іноді навіть із зображенням усіх внутрішніх електронів та взаємного розташування s- та p-рівнів. Природно, що при цьому виникали помилки.

30. Скласти рівняння реакції: $\text{H}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} + \dots$, якщо ступінь окиснення сульфуру у продукті реакції +6. Визначити: а) елемент відновник, б) елемент окисник, в) суму усіх коефіцієнтів у рівнянні та г) загальну кількість електронів, які переходять від атомів відновнику до атомів окиснику.

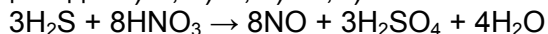
а) H, S, O, N.

б) H, S, O, N.

в) 10, 12, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30.

г) 10, 12, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30.

Відповідь: а) S, б) N, в) 26, г) 24.



Зрозуміло, що при наявності води у продуктах реакції єдином можливим є утворення сульфатної кислоти, у деяких учнів продуктом був SO_3 .

III рівень

31. Надлишок алюмінію в двох пробірках обробили розчинами гідроксиду калію та ортофосфатної кислоти до припинення реакцій внаслідок виснаження розчинів. Далі утворені розчини поєднали. Скласти рівняння можливих реакцій, що відбуваються при цьому.

Ортофосфатна кислота при реакції з алюмінієм здатна відщепити тільки один катіон Гідрогену з утворенням розчину дигідрогенфосфату. Далі реакція якщо і йде, то одразу припиняється внаслідок пасивації поверхні металу нерозчинними гідрогенфосфатом чи середнім ортофосфатом. У реакції з лугом утворюються розчинні гідросокомплекси Алюмінію (алюмінати). При поєднанні розчинів катіони Al^{3+} реагуюватимуть з аніонами, наприклад, $\text{Al}(\text{OH})_6^{3-}$ чи $\text{Al}(\text{OH})_4^-$,

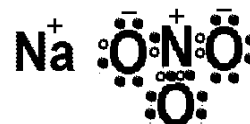
з утворенням гідроксиду $\text{Al}(\text{OH})_3$, а також за рахунок наявності фосфатних аніонів можуть утворюватися гідрогенфосфат та середній ортофосфат Алюмінію.

32. Скласти електронну формулу іону Феруму (III) (Fe^{3+}), визначити число зовнішніх електронів та електронів попереднього шару.

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$, оскільки у **позитивних** іонах **усіх** d-елементів над незаповненим d-підрівнем нема s-електронів, електронів зовнішнього шару 13 ($3s^2 3p^6 3d^5$), а електронів попереднього шару 8 ($2s^2 2p^6$).

33. Скласти електронну формулу нітрату амонію.

При складанні формули нітратного аніону слід зважити на те, що один атом Оксигену поєднаний з атомом Нітрогену донорно-акцепторним зв'язком для збереження октету електронів навколо атому Нітрогену, а ковалентного зв'язку між катіоном амонію та нітратним аніоном нема, тому кожний з них треба малювати окремо з позначенням заряду іона – аналогічно Натрій нітрату.



34. В дві пробірки завантажили надлишок металевого алюмінію. В одну пробірку залили 100 мл 0,2 М розчину HCl , а в іншу 200 г 0,4% NaOH . Після закінчення реакцій залишок алюмінію відокремили, а розчини поєднали. Визначити масу осаду після його виділення і прожарювання і кількісний склад розчину.

В першій пробірці утвориться AlCl_3 , а в другій за рахунок надлишку алюмінію – NaAlO_2 (точніше $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$, (як гірший варіант Na_3AlO_3). Концентрація іонів Na^+ та Cl^- у вихідних розчинах, як показує розрахунок, однакова, відповідно однакова і в спільному розчині, отже в цьому розчині залишиться тільки NaCl . В осад випаде $\text{Al}(\text{OH})_3$, який після прожарювання перетвориться в оксид, масу якого легко розрахувати за масами алюмінію, що розчинився у кислоті та лузі.

35. Скласти електронну формулу атома Скандію (Sc) та іону Хрому(III) (Cr^{3+}).

Слід зважити на те, що в атомі Sc над 3d-електроном є 4s-електрони, а в іоні Cr^{3+} нема.

36. Скласти електронну формулу Натрій перхлорату.

При складанні формули перхлоратного аніону слід зважити на те, що три атоми Оксигену поєднані з атомом Хлору донорно-акцепторним зв'язком для збереження октету електронів, а іон Натрію поєднаний з усім аніоном іонним зв'язком, тобто без участі електронної пари. Не буде помилкою і формула з порушенням правила октету з семивалентним хлором.

37. В дві пробірки завантажили надлишок металевого алюмінію. В одну пробірку залили 100 мл 0,1 М розчину H_2SO_4 , а в іншу 300 г 0,4% NaOH . Після закінчення реакцій залишок алюмінію відокремили, а розчини поєднали. Визначити масу осаду після його виділення і прожарювання і кількісний склад розчину.

В першій пробірці утвориться 0,01 моль Al^{3+} та 0,015 моль SO_4^{2-} а в другій за рахунок надлишку алюмінію – по 0,03 моль AlO_2^- (точніше $[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$ та Na^+ . Співвідношення іонів Na^+ та SO_4^{2-} відповідає 0,015 моль Натрій сульфату в спільному розчині. Відповідно, в осад випаде 0,04 моль $\text{Al}(\text{OH})_3$, який після прожарювання перетвориться в 0,02 моля оксиду.

38. Скласти електронну формулу атома Титану (Ti) та іону Титану(III) (Ti^{3+}). Визначити число валентних і зовнішніх електронів в кожному з них.

Слід зважити на те, що в атомі Ti над 3d-електроном є 4s-електрони, а в іоні Ti^{3+} нема.

39. Скласти електронну формулу Натрій сульфату. Пояснити її.

При складанні формули сульфатного аніону слід зважити на те, що один атом Оксигену поєднано з атомом Сульфуру донорно-акцепторним зв'язком для збереження октету електронів, а іони Натрію поєднані з аніоном іонними зв'язками, а не електронними парами. Але можлива і формула з порушенням правила октету з шестивалентним Сульфуром.

40. До розчину H_2SO_4 додали 300 г 0,28% розчину KOH . Розчин висушили і обережним нагріванням видалили кристалізаційну воду. Маса кристалічного залишку 1,55 г. Визначити його склад.

В даному випадку можливими компонентами суміші можуть бути кислий та середній Калій сульфат, а також надлишок КОН. Попередній розрахунок свідчить, що маса відповідає суміші сульфатів. Цю масу слід виразити сумою добутків молекулярних мас обох сульфатів на число їх молей. Число молей вихідного КОН слід виразити через суму молей сульфатів з урахуванням того, скільки КОН пішло на їх утворення. Далі (дивись теоретичний розділ) розв'язати систему двох рівнянь з двома невідомими: $n(\text{KOH}) = n(\text{KHSO}_4) + n(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,15$ моль та

$$m_{\text{суміші}} = n(\text{KHSO}_4) \cdot M(\text{KHSO}_4) + n(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{K}_2\text{SO}_4) = n'(\text{KOH}) \cdot M(\text{KHSO}_4) + 0,5n''(\text{KOH}) \cdot M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 1,55$$

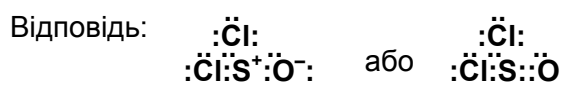
Відповідь: 0,68 г KHSO_4 та 0,87 г K_2SO_4 – по 0,05 моль

41. Скласти електронну формулу атома Хрому (Cr) та іону Хрому(III) (Cr^{3+}). Визначити число валентних і зовнішніх електронів в кожному з них.

Слід зважати на те, що в атомі Cr над 3d-електронами є 4s-електрони, а в іоні Cr^{3+} їх нема. Крім того, треба пам'ятати, що в утворенні хімічного зв'язку приймають участь 3d-електрони. Відповідь: Cr – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ (або $4s^2 3d^4$), 6 валентних ($4s^1 3d^5$), 1 (2 не вважаються помилкою) зовнішній електрон ($4s^1$ або $4s^2$), Cr^{3+} – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3$, 3 валентних ($3d^3$), 9 зовнішніх електронів ($3s^2 3p^6 3d^3$).

42. Скласти електронну формулу сполуки Cl_2SO . Пояснити її.

Навкруги кожного атома повинен бути октет електронів. Це можливо тоді, коли з атомом S зв'язані інші три – з урахуванням знаків їх ступенів окиснення, і тільки тоді, коли зв'язок S–O є донорно-акцепторним. Можлива і формула з порушенням правила октету і десятьма електронами навколо атома Сульфуру.

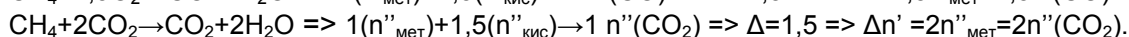
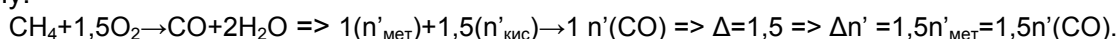


43. Суміш 3,2 г метану (CH_4) з повітрям спалили, при цьому об'єм (за н.у.) суміші зменшився на 7,84 л. Визначити кількість продуктів згоряння.

Відповідь: $n'(\text{CO}) = 0,1$, $n''(\text{CO}_2) = 0,1$

В даному випадку можливими продуктами згоряння можуть бути моно- та діоксид карбону. Складаємо рівняння відповідних реакцій. Масу метану виражаємо через кількість молей (n), вона дорівнює сумі молей оксидів, таким чином отримуємо одне рівняння з двома невідомими: $n_{\text{мет}} = n'_{\text{мет}} + n''_{\text{мет}} = 0,2$ моль

Друге рівняння отримуємо виражаючи за рівнянням кожної реакції різницю кількості молей вихідної речовини та газуватого продукту через кількість молей вихідної речовини, які пішли саме на цю реакцію, сума цих різниць, помножена на молярний об'єм, дорівнює зменшенню об'єму:



$$\text{Звідси: } 22,4 \cdot (1,5n'_{\text{мет}} + 2n''_{\text{мет}}) = 7,84 \Rightarrow 1,5n'_{\text{мет}} + 2n''_{\text{мет}} = 0,35 \text{ моль}$$

Відповідь: $n'(\text{CO}) = 0,1$, $n''(\text{CO}_2) = 0,1$

На жаль, деякі діти не вважали, що продуктом згоряння може бути CO – „ми цього не вчили”. Але ж приклад монооксиду наведено у підручнику для ілюстрації несолетворних оксидів, звідси легко здогадатися, що і він може бути серед продуктів згоряння. Не було б помилкою вважати продуктом згоряння і сажу.

44. Маючи металічний кальцій, металічну мідь, сірку, гідроген пероксид як окисник, натрій хлорид та воду отримати купрум(II) хлорид.

Сірку, попередньо спалену до SO_2 , можна окиснити до сульфатної кислоти, концентрувати її випарюванням та розчинити в ній мідь. Кальцій гідроксид, утворений взаємодією кальцію з водою, використати для утворення купрум гідроксиду з розчину купрум сульфату. Натрій хлорид та сульфатну кислоту застосувати для отримання HCl, а останньою обробити купрум гідроксид.

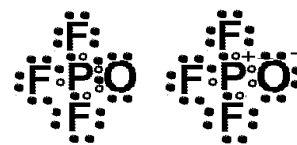
Помилками були „спроби” отримувати купрум хлорид з купрум сульфату безпосередньою взаємодією з натрій хлоридом.

45. Скласти дві можливі (без дотримання та з дотриманням правила октету) електронні формули сполуки PF_3O . Визначити, а) скільки електронів навкруги усіх атомів Флуору у першій формулі, б) скільки електронів навкруги атому Фосфору у другій формулі, в) скільки не-

зв'язувальних електронів навкруги атому Оксигену у першій формулі, б) скільки незв'язувальних електронів навкруги атому Оксигену у другій формулі.

Відповідь: а) – 24, б) – 8, в) – 4, г) – 6.

При складанні формул цієї сполуки слід зважити на те, що атом Оксигену може поєднаним з атомом фосфору донорно-акцепторним зв'язком для збереження октету електронів. Але можлива і формула з порушенням правила октету. (Така ситуація є наслідком неадекватності теорії двоцентрових хімічних зв'язків.



без октету з д/а зв'язком

Правильно такі сполуки описує теорія молекулярних орбіталей, але для основної маси школярів вона поки що недоступна.) При побудові формул слід зважити на те, що атоми з однойменними ступенями окиснення не зв'язані один з одним

10 КЛАС

I рівень

1. Скласти рівняння усіх можливих реакцій карбону, силіцію та калію з киснем та воднем. Умови перебігу цих реакцій.

Вуглець з киснем: тільки при високій температурі, CO_2 при надлишку кисню, CO при його нестачі.

Вуглець з воднем: CH_4 та інші вуглеводні при наявності каталізатору, підвищена температура.

Силіцій з киснем: горить на повітрі з утворенням тільки SiO_2 .

Силіцій з воднем: не реагує.

*Калій з киснем: окиснюється на повітрі з утворенням в основному пероксиду K_2O_2 з невеликою домішкою гіпероксиду KO_2 . За такої відповіді можна заробити додаткові бали.

Калій з воднем: реагує при нагріванні з утворенням гідриду KH .

2. Показати структурними формулами можливі ізомери 2,2-диметилбутану.

Слід за наведеними у теоретичному розділі правилами скласти формули ізомерів гексану. Їх загальна кількість повинна бути 5.

3. Як маючи в якості вихідних речовин **тільки** вугілля, воду та оксид Кальцію отримати етанол. Рівняння реакцій і умови перебігу.

Вугілля з водою при високих температурах дає водень.

Оксид Кальцію при прожарюванні з вугіллям дає карбід Кальцію.

Карбід Кальцію з водою дає ацетилен.

Ацетилен з водою у присутності каталізатору дає ацетальдегід.

Ацетальдегід з воднем у присутності каталізатору дає етанол.

4. Скласти рівняння усіх можливих реакцій хлору, сірки та кальцію з киснем та воднем. Умови перебігу цих реакцій.

Хлор з киснем: не реагує.

Хлор з воднем: HCl , при підвищеній температурі чи на світлі з вибухом.

Сірка з киснем: горить при підвищеній температурі з утворенням SO_2 , а при наявності каталізатору також утворюється SO_3 .

Сірка з воднем: при підвищеній температурі утворюється H_2S .

Кальцій з киснем: окиснюється на повітрі з утворенням не тільки CaO внаслідок взаємодії з киснем, але і Ca(OH)_2 – внаслідок взаємодії з вологою повітря.

Кальцій з воднем: реагує при нагріванні з утворенням гідриду CaH_2 .

5. Показати структурними формулами можливі ізомери циклопентану.

Слід скласти формули ізомерів, до складу яких входять не тільки циклоалкани з різним числом атомів у кільці і різними відгалуженнями, але і ізомерні алкени. При оцінці основна увага приділяється не стільки кількості ізомерів – їх дуже багато, скільки їх різноманітності.

6. Як маючи в якості вихідних речовин **тільки** хлорид Натрію, воду та **етан** отримати етанол. Рівняння реакцій і умови перебігу.

При електролізі розчину NaCl утворюється NaOH та хлор.

При взаємодії етану з хлором утворюється хлоретан.

Взаємодія хлоретану з NaOH у водному розчині дає етанол.

7. Скласти рівняння реакцій, які відбуваються при прожарюванні у закритому тиглі суміші Аргентум нітрату та Ферум(II) карбонату.

Аргентум нітрат розкладається на срібло, Нітроген діоксид та кисень, який окиснює Ферум з Ферум(II) у карбонаті до Ферум(III) в оксиді.

8. Показати структурними формулами можливі ізомери 1,2-диметилциклопропану.

Слід скласти формули ізомерів, до складу яких входять не тільки циклоалкани з різним числом атомів у кільці і різними відгалуженнями, але і ізомерні алкени. При оцінці основна увага приділяється не стільки кількості ізомерів – їх дуже багато, скільки їх різноманітності.

9. Як маючи в якості вихідних речовин тільки Кальцій хлорид, воду та вуглець отримати етин. Рівняння реакцій і умови перебігу.

При електролізі розчину CaCl_2 на катоді утворюється Ca(OH)_2 , а на аноді хлор.

При взаємодії Ca(OH)_2 з вуглецем при температурі більше 800°C утворюється карбід, що при взаємодії з водою дає етин.

10. Скласти рівняння усіх можливих реакцій азоту, фосфору та кальцію з киснем і воднем та один з одним. Умови перебігу цих реакцій.

Фосфор не реагує з воднем, зате реагує кальцій. Фосфор реагує з кальцієм з утворенням фосфіду, а той з водою дає фосфін. Аналогічно реагує азот, але можлива і його реакція з воднем. Водневі і кисневі продукти цих елементів теж взаємодіють між собою. Звертати увагу на умови реакцій.

11. Показати структурними формулами та назвами ізомери етилциклопропану.

Слід враховувати також усі ізомери алкенів та алкінів.

12. Скільки етанолу можна теоретично отримати, використовуючи 4 г кальцію та мінімум інших потрібних дешевих речовин. Рівняння реакцій і умови перебігу.

З вуглецем кальцій дає карбід, той з водою ацетилен, який перетворюють в оцтовий альдегід, а останній в етанол відновленням воднем з реакції з вуглецем води. З одного молю кальцію утворюються 1 моль ацетилену, а з того – 1 моль етанолу.

13. Скільки індивідуальних сполук є у нижченаведеному переліку. Вказати, скільки наведено сполук і які номери відповідають однаковим сполукам: (1) 2-етилбутан, (2) 1,4-дихлорпентан, (3) 2-метилпентан, (4) 2,4-дихлорпентан, (5) 3-метилпентан, (6) 2,5-дихлорпентан, (7) 4-метилпентан, (8) 1,3-диметилбутан.

Відповідь підкреслити: 2, 3, 4, 5, 6.

Побудувавши усі формули, можна побачити, що (1) = (5) = (8), (3) = (7), (2) = (6),

14. Скласти електронну формулу молекули PCl_3O . Відповідь пояснити.

Відповідь:	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:P}^+\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \end{array}$	аб о	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:P}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \end{array}$
------------	---	---------	---

Атоми хлору поєднані с фосфором простими ковалентними зв'язками, а оксигену – донорно-акцепторним. Можливий і варіант з порушенням правила октету.

15. Скласти рівняння реакції $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + ?$ з електронним балансом.



Формальний ступінь окиснення карбону змінюється з -1 до $+4$, а хрому з $+6$ до $+3$ – $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$. Треба здогадатися, що окисником може бути тільки Cr^{+6} , що у кислому середовищі він та K^+ утворюють солі.

16. Вказати номери сполук, які є ізомерами 2-етилпропену: (1) 1-етилпропен, (2) циклопент-1-ен, (3) 2-етилбут-2-ен, (4) метилциклобутан, (5) циклопент-2-ин, (6) 3-етилпропан, (7) 2-метилбут-1-ен, (8) 4-етилпентан.

Відповідь: 4, 7.

17. Які чотири сполуки можна отримати, маючи залізо та сульфатну кислоту? Кожна правильно вибрана сполука дає 0,5 бала.

Відповідь: H_2 , SO_2 , $\text{Fe}(\text{HSO}_4)_2$, FeSO_4 .

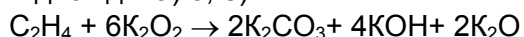
Крім кислото та середнього сульфату можна отримати водень (у розведений кислоті) та сульфур діоксид (у концентрованій).

18. Скласти рівняння реакції $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{K}_2\text{O}_2 \rightarrow ?$ з електронним балансом, якщо ступінь окиснення карбону після реакції +4. Визначити: а) скільки утвориться продуктів реакції, б) загальну кількість електронів, які перейшли від відновнику до окиснику.

а) 1, 2, 3, 4.

б) 4, 6, 8, 9, 12, 18.

Відповідь: а) 3, б) 12.



Формальний ступінь окиснення карбону змінюється з -2 до $+4$, тобто 2 атоми карбону віддають 12 електронів. На 6 молекул K_2O утворюється 2 молекули CO_2 , з якими K_2O утворює карбонат (2 молекули), та 2 молекули води, з якими утворюється калій гідроксид (4 молекули), при цьому залишаються ще 2 молекули K_2O .

На жаль, утворювалося що завгодно, включаючи гідрид калію KH . Крім того, часто не було навіть спроб скласти електронний баланс, а якщо і були, то чомусь ступінь окиснення гідрогену у C_2H_4 приймали за -1 , а карбону – за $+2$.

II рівень

1. Скласти рівняння в іонній формі гідролізу $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ та AlP у воді.

При гідролізі дигідрогенфосфату в розчині не утворюється осад гідроксиду Алюмінію, тобто внаслідок підкислення розчину гідроліз йде тільки з частковим утворенням катіону $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, а при гідролізі фосфіду внаслідок утворення фосфіну, який кислотою не є, гідроліз йде повністю.

2. Скласти як можна більше рівнянь реакцій, потрібних для отримання відповідних речовин, і визначити умови їх перебігу: $\text{Ag}_2\text{S} \rightarrow \text{Ag} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O}$.

Срібло з Аргентум сульфідом можна отримати нагріванням у присутності кисню, при цьому Сульфур окиснюватиметься до діоксиду, а срібло залишиться у вигляді металу, оскільки Аргентум оксид при температурі більше 400°C не утворюється, Аргентум оксид з срібла можна отримати тільки через проміжну сполуку, наприклад, реакцією Аргентум нітрату з лугом.

3. Скласти рівняння реакції: $\text{CuI} + \text{KNO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{NO} + ?$ (при прожарюванні)

Слід зважати на те, що з Cu(I) при окисненні утворюватиметься силікат Cu(II) , а йод випаровуватиметься. Тому при складанні рівняння слід враховувати, що відновників два – Cu та I , кожний при окисненні віддає по одному електрону, а разом молекула CuI віддає 2 електрони.

4. Скласти рівняння в іонній формі гідролізу CaS та Al_2S_3 у воді.

При гідролізі сульфідів Кальцію в розчині в основному утворюються аніони HS^- та OH^- , надлишок останніх попереджає подальший гідроліз, а при гідролізі сульфідів Алюмінію внаслідок утворення гідроксиду Алюмінію, який є дуже слабкою основою, гідроліз йде повністю.

5. Як маючи в якості вихідних речовин **тільки** хлорид Натрію, воду та **метан** отримати етанол. Рівняння реакцій і умови перебігу.

При електролізі розплаву NaCl утворюється металічний натрій та хлор.

При взаємодії метану з хлором утворюється хлорметан.

При взаємодії хлорметану з металічним натрієм утворюється етан.

При взаємодії етану з хлором утворюється хлоретан.

Металічний натрій та вода утворюють NaOH .

Взаємодія хлоретану з NaOH у водному розчині дає етанол.

6. Скласти рівняння реакції: $\text{Cu}_2\text{S} + \text{KNO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{NO} + ?$ (при прожарюванні)

Слід зважати на те, що за рахунок окиснення о утворюватимуться силікати Cu(II) та K , а Сульфур окисниться тільки до SO_2 , оскільки оксид SO_3 не є стійким при високих температурах. Як і у задачі 3, відновників два – Cu та S .

7. До розчину 3,6 г Ферум(II) нітрату додали 200 мл розчину Натрій гідроксиду концентрацією 0,15 моль/л. Визначити склад залишку після висушування розчину та прогрівання сухого залишку при температурі 400 °С.

Після реакції 0,02 моль $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ з 0,03 моль NaOH утвориться 0,015 моль $\text{Fe}(\text{OH})_2$ та 0,03 моль NaNO_3 , і залишиться 0,005 моль $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$. При прожарюванні NaNO_3 перетвориться у NaNO_2 з виділенням кисню, а $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ та $\text{Fe}(\text{OH})_2$ у присутності кисню – у 0,01 моль Fe_2O_3 .

8. Бутен-2 обробили бромною водою, а продукт реакції – спиртовим розчином KOH . Скласти рівняння реакцій можливих утворених продуктів з водою.

Утворений 2,3-дибромбутан при взаємодії з KOH в спирті формально може перетворитися у різні бутадієни, але за правилом Зайцева ймовірніше утвориться бутин-2, а при реакції з водою слід враховувати правило Марковникова і мала ймовірність існування при подвійному зв'язку гідроксильної групи (вона перетворюється в альдегідну чи кетонну), тому можливі варіанти: в першу чергу з бутину-2 утвориться бутан-2-он, але з 1,2- та 1,3-бутадієнів теж можливе утворення бутан-2-ону, а також з меншою ймовірністю 1,2- та 1,3-бутадіолів.

9. Скласти з електронним балансом рівняння реакції: $\text{Al}_2\text{S}_3 + \text{KNO}_3 \rightarrow \text{NO} + ?$ (при прожарюванні)

Можливі реакції: $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{KNO}_3 \rightarrow 6\text{NO} + 3\text{SO}_2 + 2\text{K}_3\text{AlO}_3$ та



Перша більш ймовірна, оскільки якщо на поверхні Al_2S_3 і утвориться деяка кількість $3\text{K}_2\text{SO}_4$, останній при взаємодії із ще непрореагувавшим Al_2S_3 відновлюватиметься і утворюватиме SO_2 та K_3AlO_3 , однак, при наявності великого надлишку нітрату можлива і друга реакція, хоча при високій температурі і у присутності метаалюмінату і утворенні з нього ортоалюмінату сульфат матиме тенденцію розкладатися з виділенням SO_2 та O_2 внаслідок нестійкості SO_3 при високих температурах.

На жаль, більшість учасників не змогла написати будь-який з цих варіантів – виділявся і металевий алюміній, і вільна сірка, і H_2S , і зовсім фантастичні продукти.

10. Скласти електронну формулу молекули азидної кислоти HN_3 .

Між двома атомами Нітрогену один із зв'язків утворюється за донорно-акцепторним механізмом, а третій атом поєднаний з атомом Гідрогену. Молекула лінійна.

Не всі учні зрозуміли, що їм треба було робити. Писали структурні формули з порушенням валентності Нітрогену, циклічні структури (що не вважалось б великою помилкою при правильному розташуванні електронів), але в більшості робіт не було навіть натяку на октет біля кожного з атомів.

11. 1,2-дихлорпропан обробили спиртовим розчином KOH , а потім водою. Скласти можливі рівняння реакцій.

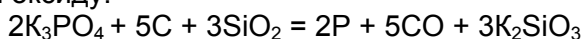
Можуть утворитися пропін та пропадієн. З водою за правилом Марковникова обидва дадуть ацетон, оскільки гідроксильна група не може існувати на атомі Карбону при подвійному зв'язку.

Багато учнів не виконали завдання, а більшість з тих, хто щось написали, забули, що у спиртовому розчині відщеплюється вода (у спирті утворюється вода, у воді утворюється спирт).

12. Які з нижченаведених речовин потрібні для отримання фосфору: (1) P_2S_5 , (2) SO_3 , (3) P_2O_5 , (4) K_3PO_4 , (5) S , (6) C , (7) SiO_2 , (8) MgO . Підкреслити номери необхідних речовин. Скласти рівняння реакції.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Відповідь: 4, 6 та 7. Вуглець потрібний для відновлення фосфору, а нелетучий SiO_2 – для зв'язування Калій оксиду.

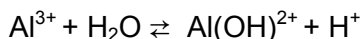
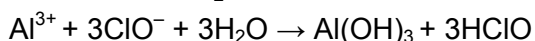
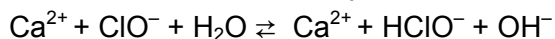


13. Намалювати структурні формули всіх ізомерів хлорбутадієну.

Слід складати формули циклічних, насичених і ненасичених сполук з урахуванням можливих геометричних ізомерів. Бажано звертати увагу на те, що молекула бутадієну плоска і має дві конфігурації. При оцінці в першу чергу враховується різноманітність, а не кількість ізомерів.

14. Скласти в іонній формі реакції гідролізу $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, $\text{Al}(\text{ClO})_3$ та $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$.

HClO кислота слабка, відповідно, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ дасть лужну реакцію, а $\text{Al}(\text{ClO})_3$ повністю розкладається. $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$ дасть кислу реакцію за рахунок гідролізу Al^{3+} до AlOH^{2+} .



15. Скласти електронну формулу молекули HNO_3 , визначити а) загальну кількість зовнішніх електронів усіх атомів у молекулі та б) загальну кількість електронів, які зв'язують усі атоми, в) кількість електронів, які зв'язують з нітрогеном кожний з двох атомів кисню, г) кількість електронів, які зв'язують з нітрогеном третій атом кисню,

а) 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30.

б) 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30.

в) 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30.

г) 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30.

Відповідь: а) – 24, б) – 10, в) – 2, г) – 4.

$\text{H}:\text{O}:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{N}}}::\text{O}$ $:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}}:$	Подвійний зв'язок Д/а зв'язок
--	----------------------------------

Треба правильно побудувати формулу молекули HNO_3 (з донорно-акцепторним зв'язком), а після цього поррахувати потрібне. На жаль, часто „попадався” п'ятивалентний нітроген, а коли на апеляції вказували, що максимальна валентність нітрогену чотири, а +5 – максимальний ступінь окиснення, це викликало щире здивування – „хіба валентність і ступінь окиснення не одне і те ж?”

16. Вказати номери правильних назв сполук і номери, які відповідають неправильним назвам цих сполук (у дужках): (1) 2-пропілпропан, (2) 3-метилпентан, (3) 2-метилпентан, (4) 2-етилбутан, (5) 4-метилпентан, (6) 3-етилпропан, (7) 3-етилбутан, (8) 4-етилпентан.

Відповідь: 2 (4, 7), 3 (1, 5).

Учні забували (чи не знали), що для надання сполуці назви спершу треба знайти найдовший ланцюг, а потім пронумерувати його з того боку, до якого найближче розташований замісник.

17. До розчину (у надлишку) ферум(II) нітрату додали розчин кальцій гідроксиду, розчин висушили та прожарили при температурі 400°C . Визначити продукти розкладання (окрім води). Кожна правильно вибрана сполука дає 1 бал, За зайву неправильну скасовується 0,5 бала.

Відповідь: $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$, Fe_2O_3 , NO_2 , O_2 .

У розчині залишаються $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ та $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, в осаді – $\text{Fe}(\text{OH})_2$ з невеликою кількістю $\text{Fe}(\text{OH})_3$ внаслідок окиснення киснем повітря. При прожарюванні утворюється ферум(III) оксид – внаслідок окиснення киснем, що виділяється, кальцій нітрид, нітроген діоксид та кисень.

У виконаних роботах $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ „розкладався” до CaO , про кисень часто забували, замість Fe_2O_3 іноді писали Fe_3O_4 , але журі останнє помилкою не вважало. Дуже часто у рівняннях не вказували коефіцієнти.

III рівень

1. Скласти рівняння з електронним балансом окисно-відновної реакції:



У цій реакції ступінь окиснення змінює Нітроген. Відновником не може бути Бор, оскільки його єдиним можливим ступенем окиснення є +3, бо приєднати 5 електронів до октету він не може ніяк, а атом Гідрогену може мати приєднаний електрон з утворенням оболонки з 2-х електронів а тому саме він може бути відновником. Таке завдання може бути у завданнях вищих рівнів і до цього треба бути готовим, оскільки хоча воно дещо виходить за рамки шкільної програми, вищенаведені міркування показують, що учень, який добре розуміє теорію будови атома та хімічного зв'язку може самостійно дійти до висновку про можливість в даному випадку ступеню окиснення Гідрогену –1. Крім того, у багатьох таблицях Періодичної системи наведені можливі головні та побічні ступені окиснення елементів, там є побічний ступінь окиснення Гідрогену –1. Слід зважати на те, що утворюватиметься надлишок NaOH , а відтак продуктом буде Натрій метабрат.

2. Скласти рівняння реакції: $\text{Cu}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} + ?$

Реакція окисно-відновна, нітратна кислота сильний окисник, тому Купрум та Сульфур окиснюються до своїх вищих ступенів окиснення +2 та +6, відповідно. Сульфур діоксид у водному середовищі окиснюється до сульфатної кислоти і слабкими окисниками, наприклад, йодом.

3. Скільки ізомерів може бути у сполуки формули C_4H_8O .

Треба враховувати що таку формулу можуть мати альдегіди, кетон, ненасичені спирти та етери, у тому числі циклічні сполуки. Оцінюється перш за все різноманітність класів сполук, а не їх кількості.

4. До розчину 0,98 г ортофосфатної кислоти додали розчин гідрогенкарбонату Магнію і одержаний розчин випарили та прогріли при температурі $200^\circ C$. Маса залишку 1,73 г. Визначити склад залишку.

Можуть відбуватися 2 реакції: по-перше, $2H_3PO_4 + Mg(HCO_3)_2$ з утворенням $Mg(H_2PO_4)_2$ за рахунок того, що фосфатна кислота досить добре дисоціює і катіон Гідрогену легко реагує з аніоном HCO_3^- , а по-друге, $H_3PO_4 + Mg(HCO_3)_2$ з утворенням $MgHPO_4$ за рахунок поганої розчинності останнього. в результаті чого магній може витіснити з молекули фосфатної кислоти погано відщеплюваний другий катіон Гідрогену. З 0,02 моля ортофосфатної кислоти може утворитися 0,01 моля $Mg(H_2PO_4)_2$ та 0,02 моля $MgHPO_4$, тобто 1,09 г та 1,20 г, відповідно. Навіть якщо припустити неможливе в цих умовах – утворення ортофосфату у кількості 1,31 г, все одно маса не дотягує до 1,73 г, а відтак залишком міг би бути Магній гідрогенкарбонат? Звичайно ні – в цих умовах навіть Натрій гідрогенкарбонат перетворюється у карбонат, а Магній гідрогенкарбонат взагалі може існувати тільки у розчині або при дуже високих тисках CO_2 . Слід зауважити, що при дуже високих температурах (до $1000^\circ C$) Магній карбонат може реагувати з вищезгаданими фосфатами з утворенням ортофосфату.

5. Суміш 6,05 г цинку та заліза обробили водним розчином хлору до повного розчинення металів. Через утворений розчин пропускали струм N_2 , під струмом N_2 додавали спочатку розчин NaI , а потім надлишок лугу, далі під струмом N_2 відфільтровували, сушили і прожарювали утворений осад, отримавши 3,6 г сухого залишку. Визначити масу вихідних цинку та заліза. Написати рівняння всіх реакцій і вказати, які явища спостерігають при цьому.

Слід зважати на те, що при реакції з хлором утворюються хлориди цинку та Феруму(III), розчин стає жовто-коричневим. При взаємодії з йодидом ферум відновлюється до $Fe(II)$ і випадає при реакції з лугом як гідроксид. При прожарюванні перетворюється у FeO . Гідроксид цинку у надлишку лугу розчиняється і цинку в осаді нема.

6. Скільки ізомерів може бути у сполуки формули $C_3H_6O_2$.

Слід скласти формули альдегідів, кетону, кислоти, ненасичених спиртів, етерів та естерів, в тому числі циклічних сполук. Оцінюється перш за все різноманітність класів сполук, а не їх кількості.

7. Скласти рівняння всіх можливих реакцій 2,3-дихлорбутану з KOH в спиртовому розчині та рівняння можливих реакцій утворених продуктів з водою.

При взаємодії хлорованих вуглеводнів з лугами у спиртових розчинах утворюються вуглеводні з кратними зв'язками. В даному випадку за правилом Зайцева повинен утворитися 2-бутин. При його взаємодії з водою повинен утворитися 2-бутанон, ненасичені спирти не можуть утворитися.

8. Суміш магнію та заліза обробили 200 мл 0,1 М водного розчину H_3PO_4 до повної витрати кислоти. Розчин випарили і прогріли для видалення кристалізаційної води. Маса залишку 2,34 г. Визначити, скільки прореагувало магнію та заліза. Відповідь: по 0,05 моль кожної з солей

По-перше, фосфатна кислота добре відщеплює при дисоціації тільки один катіон гідрогену, тому можуть утворитися тільки дигідрогенфосфати обох металів, обидва зі ступенем окиснення +2, далі поверхня обох металів пасивується і реакція подалі не йде. По-друге, число молей фосфатної кислоти слід виразити сумою молей обох продуктів з урахуванням співвідношення метал – фосфат, а масу залишку – сумою добуток атомної маси кожної солі на число її молей в суміші. З двох рівнянь з двома невідомими отримуємо потрібні величини (Дивись теоретичний розділ).

9. Намалювати структурні формули всіх ізомерів сполуки формули C_4H_6O .

Слід скласти формули насичених і ненасичених альдегідів, кетонів, спиртів, етерів, в тому числі циклічних. Слід пам'ятати, що гідроксильна група, як правило, не може бути на атомі Карбону при подвійному зв'язку. Можливі 15 ізомерів, але оцінюється не стільки їх кількість, скільки різноманітність будови.

10. У гарячий сильно підкислений сульфатною кислотою розчин 9,48 г Калій перманганату пропустили 11,2 л етену. Визначити кінцевий об'єм газуватих продуктів.

В гарячому кислому розчині перманганат є дуже сильним окисником, тому окиснення етену не закінчується етиленгліколем, а продовжується через щавлеву кислоту до Карбон діоксиду, який разом із залишковим етеном визначатиме об'єм газу. Слід написати окисно-відновну реакцію, припускаючи, що ступінь окиснення карбону в етені-2, і вирахувати кількість етену, що прореагував і залишився.

11. Суміш заліза та алюмінію обробили 100 мл 0,25 М водного розчину I_2 до повної витрати йоду. До розчину додали надлишок водного аміаку, розчин випарили і прожарили на повітрі. Маса залишку 1,31 г. Визначити склад залишку.

Кількість речовини йоду слід виразити як суму молей FeI_2 та AlI_3 з відповідними коефіцієнтами 1 та 1,5, відповідно. (Залізо окиснюється йодом тільки до +2 (Fe^{+3} –сильний окисник). Далі виразити суму молей Fe та Al через суму молей Fe_2O_3 та Al_2O_3 з відповідними коефіцієнтами. (При прожарюванні на повітрі Ферум окиснюється до +3) Розв'язати систему двох рівнянь з двома невідомими. У реакції можливе утворення алюмінатів Феруму, що не результатах розрахунку не відбивається – нема втрати маси.

Усі учні "окиснювали" Fe йодом до +3. Ті, хто вирішив задачу математично, проводили дуже складні розрахунки з використанням "X" та "Y", відповідно було багато арифметичних помилок. Розрахунок за числами молей і двома рівняннями з двома невідомими значно простіший внаслідок наочності і не потребує складних математичних розрахунків.

12. Намалювати структурні формули всіх ізомерів сполуки формули $C_4H_4Cl_2$.

Слід скласти формули циклічних, насичених і ненасичених похідних з урахуванням можливих геометричних ізомерів. Бажано звертати увагу на те що молекула бутадієну плоска і може існувати в двох конфігураціях. Оцінюється не стільки їх кількість, скільки різноманітність будови і можливі класи ізомерії

13. Скласти в іонній формі рівняння можливих реакцій гідролізу і дисоціації солей натрію відомих вам фосфатних кислот. Визначити, які з них призводять до протилежної дії на лужність/кислотність розчину.

Усі солі ортофосфатної кислоти не дають помітної кислої реакції, оскільки другий катіон Гідрогену цієї кислоти відщеплюється дуже погано – аніонна кислота $H_2PO_4^-$ є дуже слабкою. Ще гірше відщеплюється третій катіон Гідрогену. Тому за рахунок міцного зв'язку другого катіону Гідрогену можлива реакція гідролізу аніонів HPO_4^{2-} чи PO_4^{3-} та води з утворенням лужного розчину. Аналогічну реакцію дає середній ортофосфат та гідрогенпірофосфат і середній пірофосфат. Винятком є тільки тригідрогенпірофосфатний аніон $H_3P_2O_7^-$, в якому другий катіон Гідрогену відщеплюється від другого фосфатного залишку молекули майже так же добре, як перший катіон від першого залишку, бо розташований від нього далеко і індуктивний ефект виражений слабо.

Далеко не всі учні виконали це завдання, а більшість тих, хто виконали, були впевнені, що ніякого гідролізу ніде нема, а розчин гідрогенфосфату має кислу реакцію за рахунок дисоціації.

14. Спалили **2,26** г галогенованого алкану, продукти згоряння пропустили у **200** г розчину лугу з невеликим надлишком останнього, після чого маса розчину стала **204,82** г. Далі у розчин додали **50** г розчину кислоти, теж з невеликим надлишком, і обережним нагріванням позбавилися від легко летючого компоненту (втратою води внаслідок випаровування знехтувати). Після цього маса розчину стала **252,18** г. Визначити формулу галогенованого алкану.

Маса продуктів реакції (CO_2 , H_2O та HCl) $204,82 - 200 = 4,82$ г Легко летючим компонентом в цих умовах є тільки CO_2 , маса продуктів після його видалення (H_2O та HCl) $252,18 - 50 - 200 = 2,18$ г, а маса CO_2 **2,64** г (0,06 моль, що відповідає **0,72** г C). Віднімаємо масу C від маси вихідної речовини (2,26 г), отримуючи суму мас H та Cl **1,54** г. Масу вихідної речовини без карбону представляємо як суму мас H та Cl. Далі складаємо систему рівнянь

$1 \cdot v(H) + 35,5 \cdot v(Cl) = 1,54$ г, а враховуючи те, що $v(H) = 2v(H_2O) + v(HCl)$, отримуємо:

$1 \cdot 2v(H_2O) + 1 \cdot v(HCl) + 35,5 \cdot v(Cl) = 1,54$ г або $2v(H_2O) + 36,5 \cdot v(HCl) = 1,54$

Масу продуктів представляємо як суму мас H_2O та HCl : $18 \cdot v(H_2O) + 36,5 \cdot v(HCl) = 2,18$ г

Після розв'язання цих рівнянь маємо:

$v(C) = 0,06$, $v(Cl) = 0,04$, $v(H_2O) = 0,04$, а $v(H) = 0,12$, звідки найпростіша, а до того ж єдино можлива (алкан) формула $C_3H_6Cl_2$.

15 Як, маючи тільки Калій хлорид, воду та пропан, а також все необхідне обладнання, отримати сполуку $C_6H_{14}O$. Написати можливі формули кінцевого продукту

Електролізом розплаву KCl отримати K та Cl_2 , прохлорувати пропан, а далі реакцією Вюрца отримати C_6H_{14} . Знов прохлорувати і обробити водним KOH , отримавши спирт. Ізомери можуть з'явитися як після реакції Вюрца, так і після хлорування C_6H_{14} . Можна також отримати 1- чи 2-пропанол, а далі утворити ізомерні етери.

16. До 100 мл 2 М розчину Алюміній сульфату додали 300 мл 1 М розчину аміаку. Утворений осад відфільтрували, ретельно промили, а фільтрат обережно висушили з утворенням подібних один одному кристалів масою 135,9 г. Визначити їх склад.

Проводимо за рівнянням реакції $Al_2(SO_4)_3 + 6NH_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3(NH_4)_2SO_4$ звичайний розрахунок: скільки утворилося амоній сульфату (в молях), скільки розклалося і скільки залишилося у розчині алюміній сульфату (теж в молях), отримуємо співвідношення молей 1:1 і згадуємо що саме таке співвідношення цих речовин у галунах. Оскільки у склад кристалів може входити кристалізаційна вода, визначаємо яка маса у складі кристалів приходить на воду, і розрахунок, наприклад, наведеним у теоретичному розділі табличним методом, показує: в даному випадку їх склад відповідає формулі $(NH_4)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$, тобто $NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

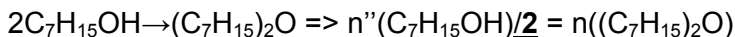
17. 2,2-диметил-3,6-дихлоргексан обробили спиртовим розчином KOH , а потім підкисленою водою. Дати назви сполукам, що можуть при цьому утворитися, позначаючи позиції кратного зв'язку та гідроксильних груп як ...-X-ен-У-ол та ...-X,У-діол.

Подвійні зв'язки можуть утворитися тільки у позиціях 3 та 5. Після приєднання води за правилом Марковникова гідроксильні групи можуть опинитися тільки у позиціях 3, 4 та 5. Отже, можуть бути сполуки 2,2-диметилгекс-3-ен-5-ол, 2,2-диметилгекс-5-ен-4-ол, 2,2-диметилгекс-5-ен-3-ол, 2,2-диметилгекс-3,5-діол та 2,2-диметилгекс-4,5-діол. Крім того вода може приєднатися до системи спряжених зв'язків з утворенням 2,2-диметилгекс-4-ен-3-олу.

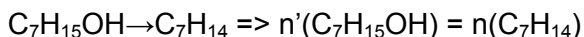
При обробці спиртовим розчином KOH в деяких випадках „відщеплювали” не водород хлорид, а метилхлорид – від 2-го та 3-го атомів карбону. Крім того порушувалося правило Марковникова, Реакцію відщеплення часто писали тільки для одного атома хлору, а в назвах другий атом не відображували, чи навпаки – „відщеплювали” обидва, а в назві „хлор” залишали. Іноді складалося враження, що це було наслідком некоректного списування.

18. Гептан-4-ол масою 34,8 г обробили концентрованою сульфатною кислотою при нагріванні, продукти реакції відігнали і отримали 31,2 г органічної рідини. Визначити її склад.

В даних умовах можливі дві реакції – утворення гепт-3-ену та дигептилового етеру. Масу органічної рідини представляємо як суму добуток молярних мас на число молей (n' та n'') кожного компоненту – отримуємо перше рівняння, а масу гептан-4-олу – як добуток його молярної маси на суму числа молей гепт-3-ену та подвоєного числа молей дигептилового етеру, а далі замінюємо числа молей:



$$\frac{n''}{2} = \frac{n}{1} \quad \text{Співвідношення розрахованих молей та молей за рівнянням є завжди сталим.}$$



Звідси $M(C_7H_{14}) \cdot n(C_7H_{14}) + M((C_7H_{15})_2O) \cdot n((C_7H_{15})_2O) =$

$$M(C_7H_{14}) \cdot n'(C_7H_{15}OH) + M((C_7H_{15})_2O) \cdot \frac{n''(C_7H_{15}OH)}{2} = 31,2$$

$$\text{та } M(C_7H_{15}OH) \cdot [n'(C_7H_{15}OH) + n''(C_7H_{15}OH)] = 34,8$$

Відповідь: 0,01 моль (9,8 г) гепт-3-ену та 0,01 моль (21,4 г) дигептилового етеру

Рекомендований підхід до розв'язання цієї і багатьох інших розрахункових задач базується на його наочності, універсальності і легкості побудови системи рівнянь – учню не треба думати, які саме математичні прийоми тут слід застосовувати, а тому він може зосередитися саме на вирішенні хімічних проблем. Реально ж учні як правило застосовують алгебраїчні підходи без використання чисел молей, кількість помилок при цьому різко збільшується.

19. Алюміній (у надлишку) розчинили у 100 мл суміші сульфатної та ортофосфатної кислот з сумарною концентрацією 1,2 моль/л. Розчин випарили та прогріли для видалення кристалізаційної води. Маса залишку 13,2 г. Визначити його склад.

Сульфатна кислота добре відщеплює при дисоціації обидва протони, а тому алюміній з нею утворює середній сульфат. Ортофосфатна кислота добре відщеплює тільки перший протон, а тому алюміній з нею утворює дигідрогенфосфат. Після повної витрати ортофосфатної кислоти реакція припиняється, оскільки дуже слабка аніонна кислота H_2PO_4^- практично не дисоціює. Тому алюміній утворює тільки дигідрогенфосфат. Далі складаємо два рівняння аналогічно задачі 8, зважаючи на те, що молекули обох солей містять по три аніони кислотних залишків.

Відповідь: 0,02 моль (6,84 г) сульфату та 0,02 моль (6,36 г) дигідрогенфосфату.

Майже всі учні, які розв'язали цю задачу (а таких було небагато), зробили це не звертаючись до чисел молей, а наприклад, через середню молекулярну масу сульфату та ортофосфату, а потім алгебраїчним розрахунком. Суть задачі, однак, полягала не у математичних вправах, а в тому, щоб учні замислилися, а чи може алюміній при реакції з фосфатною кислотою утворювати середній ортофосфат. Жодний з учнів цього не зробив. Мабуть основною причиною цього є деяка схематичність діючих підручників, в яких складання рівнянь реакцій дуже формалізоване і відірване від реалій. У дійсності ж завжди треба в першу чергу звертати увагу дітей на умови, в яких це відбувається, супутні фактори, саме в цьому, а не формальному написанні реакцій полягає хімічна наука.

11 КЛАС

I рівень

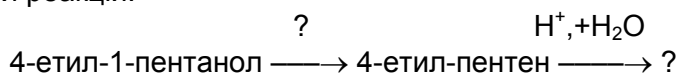
1. Скласти рівняння реакцій і вказати умови їх перебігу
 $3\text{-метил-1-пентанол} \longrightarrow 3\text{-метил-пентен} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow ?$

У присутності зневоджувального засобу при підвищеній температурі спирт втрачає воду, утворений алкен приєднує воду в кислому середовищі при нагрівання з утворенням 2-алканолу (за правилом Марковникова).

2. Скласти електронну формулу молекули сечовини CON_2H_4 .

В електронній формулі молекули сечовини два атоми Нітрогену і атом Оксигену оточують атом Карбону, при цьому аміногрупи зв'язані з ним простими зв'язками, а атом Оксигену подвійним. Атоми Гідрогену зв'язані з атомами Нітрогену. У таутомерній молекулі ізосечовини один атом Гідрогену зв'язаний з атомом Оксигену, а один з атомів Нітрогену з атомом Карбону подвійним.

3. Скласти рівняння реакцій:



Вказати умови перебігу реакцій. Правильно назвати всі речовини.

У присутності водовіднімаючого засобу при підвищеній температурі спирт втрачає воду, утворений алкен приєднує воду в кислому середовищі при нагрівання з утворенням 2-алканолу (за правилом Марковникова). Назви слід давати зважаючи на найдовший вуглеводневий ланцюг, у даному разі утвориться 3-метилгексан-5-ол.

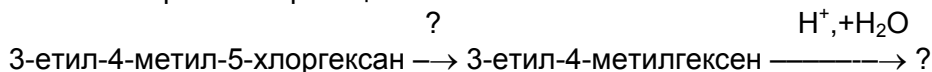
4. Скласти електронні формули атома Осмію та іона Os^{+6} .

Слід пам'ятати, що в електронній формулі атома Осмію є два 5s-електрони, а в іоні Os^{+6} 5s-електронів нема, а також, що у четвертому електронному шарі ще в ряду La–Lu повністю заповнені 4f-рівні (дивись теоретичний розділ).

5. Скласти електронну формулу молекули гуанідину CH_5N_3 .

В електронній формулі молекули гуанідину атоми Нітрогену оточують атом Карбону, при цьому аміногрупи зв'язані з ним простими зв'язками, а іміногрупа подвійним.

6. Скласти рівняння реакцій:



Вказати умови перебігу реакцій. Правильно назвати всі речовини.

Вуглеводні з кратними зв'язками утворюються при взаємодії хлорованих вуглеводнів з лугами у спиртових розчинах. В даному випадку за правилом Зайцева повинен утворитися 4-етил-3-метил-гексен-2. При його взаємодії з водою повинен утворитися 4-етил-3-метилгексанол-3 (за правилом Марковникова). Назви слід давати зважаючи на розташування подвійного зв'язку чи гідроксилу.

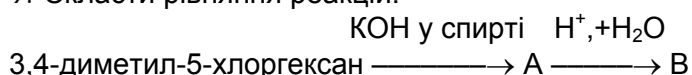
7. Скласти електронні формули атома вольфраму (W) та іона осмію(II) (Os^{+2})

В електронній формулі атома Осмію є два 5s-електрони, а в іоні Os^{+6} 5s-електронів нема, а також, що у четвертому електронному шарі ще в ряду La–Lu повністю заповнені 4f-рівні (дивись теоретичний розділ).

8. Скласти електронну формулу молекули ацетонітрилу $\text{CH}_3\text{—CN}$.

Всі зв'язки утворені одиничними електронними парами, крім зв'язку C–N, який утворено трьома парами.

9. Скласти рівняння реакцій:



Вказати умови перебігу реакцій. Правильно назвати всі речовини.

Вуглеводні з кратними зв'язками утворюються при взаємодії хлорованих вуглеводнів з лугами у спиртових розчинах. В даному випадку за правилом Зайцева повинен утворитися 3,4-диметил-гексен-2. При його взаємодії з водою повинен утворитися 3,4-диметилгексанол-3 (за правилом Марковникова). Назви слід давати зважаючи на розташування подвійного зв'язку чи гідроксилу.

10. Скласти електронні формули атома Ренію (Re) та іона Ауруму (III) (Au^{+3}).

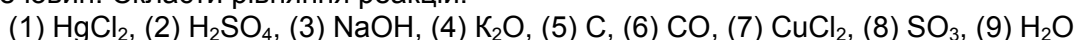
В електронній формулі атома Ренію є два 5s-електрони, а в іоні Ауруму(III) 5s-електронів нема. Обидва мають заповнений 4f-рівень

11. Скласти електронну формулу молекули фенілціаніду $\text{C}_6\text{H}_5\text{CN}$.

Зв'язки C–C у кільці утворені по чергово одиничними електронними парами та подвійними електронними парами, зв'язок C–N потрійний, а зв'язок позакільцевого атома Карбону з кільцем простий. Можливо (і краще) зображувати 6 спряжених π -електронів розподіленими по кільцю рівномірно.

Ще раз треба зауважити, що більшість учнів не вміє писати електронні формули молекул, за правилом октету чи з його порушенням.

12. Які речовини необхідні, щоб з крейди виготовити оцтову кислоту. Підкреслити номери потрібних речовин. Скласти рівняння реакцій.



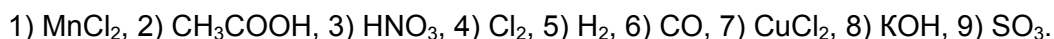
Відповідь: 1, 2, 3, 5, 7, 9. C необхідний для отримання карбиду з крейди, HgCl_2 та H_2SO_4 – каталізатори отримання з нього альдегіду, CuCl_2 та NaOH дають $\text{Cu}(\text{OH})_2$ для окиснення альдегіду.

13. Скласти електронні формули молекул метилнітриту та нітрометану.



В першому атом нітрогену пов'язаний з атомом карбону через атом кисню, 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 кисню пов'язаний донорно-акцепторним зв'язком і вільна електронна пара нітрогену відсутня, а валентність нітрогену 4.

14. Які три речовини з нижченаведених обов'язково необхідні для виготовлення потрібного для отримання реагенту при отриманні з бутану в останній з кількох необхідних для цього реакцій бутиленгліколю? Скласти рівняння реакції утворення з них.



Відповідь: 1, 4 та 8.

У шкільному курсі гліколь отримують реакцією алкену з розчином перманганату. Тому і було запропоновано такий набір реагентів. У лужному розчині хлор є дуже сильним окисником, а манган – відновником, тому при їх взаємодії утворюється перманганат. Далі бутан хлорують, після цього спиртовим лугом відщеплюють HCl, а потім окиснюють перманганатом.

Однак, такий шлях було запропоновано тільки кількома учнями. Деякі ж окислювали атомарним киснем, отримуючи останній розкладанням сульфур триоксиду (у водному розчині!). Разом з тим один учень запропонував свій шлях – отримати з бутану бутадиєн термічним розкладанням, приєднанням двох атомів хлору до кінцевих атомів карбону з утворенням подвійного зв'язку між центральними атомами карбону, і гідролітичним відщепленням за допомогою лугу цих атомів з утворенням гліколю, правда з подвійним зв'язком в центрі молекули. Природно, він отримав позитивну оцінку.

15. Яким атомам чи іонам може відповідати електронна оболонка, в якій є як мінімум 8 5d-електронів та 2 6s-електрони? За кожну правильну відповідь – 1 бал, неправильну – штраф –0,5 бала.

1) Hg²⁺, 2) Au, 3) Pt²⁺, 4) Pb²⁺, 5) Pb⁴⁺, 6) Po⁴⁺, 7) Po⁶⁺.

Відповідь: 4 та 6.

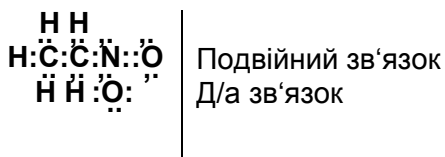
В електронних формулах позитивних іонів d-перехідних елементів не може бути s-електронів – при іонізації вони відщеплюються першими – в позитивних іонах енергетичні рівні (n-1)d-електронів знаходяться нижче, ніж ns-електронів. Не може їх бути і в атомах р-елементів, які мають максимальний ступінь окиснення.

16 Скласти електронну формулу молекули нітроетану і вказати, а) скільки електронів атом нітрогену поєднаний з атомами кисню, б) скільки усього електронів зв'язують атоми в цій молекулі.

а) 2, 4, 6, 8, 10

б) 8, 10, 12, 16, 20, 24.

Відповідь: а) 6, б) 20.

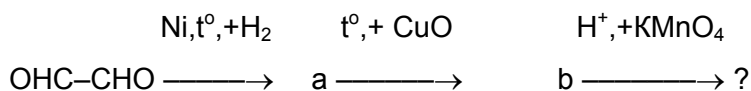


Атом нітрогену пов'язаний з одним атомом карбону простим зв'язком, одним з атомів кисню донорно-акцепторним зв'язком, з другим звичайним, але подвійним, а вільна електронна пара нітрогену відсутня.

Багато учнів намалювали цю сполуку як етилнітрит – з атомом кисню між атомами карбону та нітрогену, відповідно без донорно-акцепторного зв'язку.

II рівень

1. Скласти рівняння реакцій і вказати, до яких класів відносяться утворені сполуки



Спочатку діальдегід перетворюється у алкандіол, у другій реакції алкандіол у діальдегід, а у третій реакції у щавлеву кислоту, яка одразу доокиснюється до CO₂.

2. Скласти електронні формули атома платини та іона Pt⁺².

В електронній формулі атома платини є один (не буде вважатися помилкою два) 6s-електрони, а в іоні Pt⁺² 6s-електронів нема, у зовнішньому шарі тільки 5s-, 5p- та 5d-електрони, а у попередньому 4s-, 4p-, 4d- та 4f-електрони

3. Відношення атомних мас двох елементів V групи складає 2,214, а їх вищих оксидів – 2. Визначити елементи, можливі їх валентності та ступені окиснення.

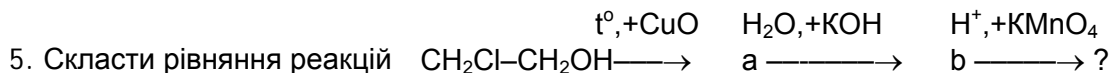
Складаємо два рівняння з двома невідомими для відношення атомних мас та оксидів формули E₂O₅, подальший розрахунок дає: Нітроген та Фосфор. Можливі валентності для Нітрогену 3 (NH₃) та 4 (HNO₃), для Фосфору – 3 (PH₃), 4 (PH₄⁺), 5 та 6 (PF₅, KPF₆), можливі ступені окиснення для Нітрогену в його неорганічних сполуках: –3 (NH₃), +2 (NO), +3 (N₂O₃), +4 (NO₂) та +5, для Фосфору: –3 (PH₃), +3 та +5 в оксидах.

4. До 1,96 г ортофосфатної кислоти додали розчин Кальцій гідроксиду, розчин випарили та прожарили при високій температурі, отримали 2,26 г залишку. Визначити його склад.

З 1,96 г ортофосфатної кислоти з урахуванням сильного прожарювання можуть утворитися з Кальцій дигідрогенфосфату 1,98 г метафосфату, чи з Кальцій гідрогенфосфату 2,54 г пірофосфату або середній ортофосфат, а оскільки маса залишку знаходиться між вищенаведеними величинами, то можна написати: $\nu(\text{Ca}(\text{PO}_3)_2) \cdot M(\text{Ca}(\text{PO}_3)_2) + \nu(\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7) \cdot M(\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7) = 2,26 \text{ г}$

$$\text{З іншого боку: } 2\nu(\text{Ca}(\text{PO}_3)_2) + 2\nu(\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7) = \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,02$$

Розв'язуючи систему двох рівнянь отримуємо кількості складових залишку.



Вказати, до яких класів відносяться утворені сполуки

Спочатку 2-хлор-1-етанол перетворюється у 2-хлоретаналь, у другій реакції у 2-гідроксіетаналь, а він у третій реакції не у щавлеву кислоту, а у CO_2 . Проміжні продукти окиснення (окисилота, дикарбонова кислота та інше) грубою помилкою не вважаються, але оцінка знижується на бал.



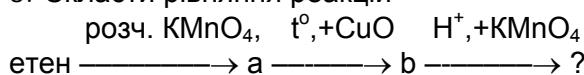
З якими елементами і що відбувається в цій реакції.

Реакція окисно-відновна, вихідний ступінь окиснення Сульфуру -2, Фосфору +3, Оскільки не тільки ClO_2 але і Cl_2 є сильними окисниками Фосфор та Сульфур окиснюються до ступенів окиснення +5 та +6. відповідно, віддаючи разом з молекули P_2S_3 28 електронів, Хлор відновлюватиметься до ступеню окиснення -1, оскільки і P, і S – сильні відновники. Оскільки реакція відбувається у воді, утворюється суміш кислот.

7. Суспендують Кальцій оксид у воді, пропускають надлишок CO_2 , розчин випарюють та прожарюють при температурі 800°C , отримують 2,8 г залишку. Написати рівняння усіх реакцій та описати фізичні явища, що при цьому спостерігають. Визначити кількість розчиненого продукту у вихідній суспензії.

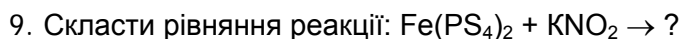
При взаємодії CaO з водою утворюється Кальцій гідроксид, суспензія нагрівається, а при пропусканні CO_2 спочатку утворюється осад Кальцій карбонату, а потім він розчиняється. При випарюванні поступово знов випадає осад Кальцій карбонату, а при прожарюванні при 800°C карбонати нестійкі і утворюється виключно CaO . Розрахунок маси Кальцій гідроксиду слід вести без усяких проміжних етапів за кількістю Кальцій оксиду, оскільки від початку до кінця кількість Кальцію залишилася однаковою.

8. Скласти рівняння реакцій



Вказати, до яких класів відносяться утворені сполуки

Спочатку етен перетворюється у етиленгліколь, той у другій реакції у діальдегід (гірше альдегідо-спирт), а він у третій реакції не у щавлеву кислоту, а у CO_2 .



Реакція відбувається у підкисленому водному розчині. З якими елементами і що відбувається в цій реакції.

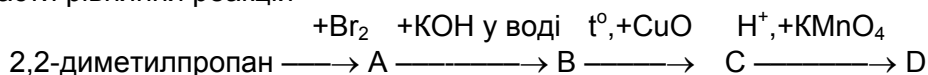
Реакція окисно-відновна, вихідний ступінь окиснення Сульфуру -2, Феруму +2. Оскільки HNO_2 у підкисленому розчині розкладається зокрема на NO_2 , що є сильним окисником, Ферум та Сульфур окиснюються до ступенів окиснення +3 та +6. відповідно, разом вони віддають 35 електронів. Нітроген може відновлюватися до ступеню окиснення +2. У водному розчині утворюються фосфатна та сульфатна кислоти і відповідні солі $\text{Fe}(\text{III})$ та K.

10. 6,72 л Cl_2 (н.у.) прореагували з 1,3-бутадієном, утворилося 32,1 г органічних продуктів. Визначити їх склад і скласти структурні формули компонентів.

0,3 моль Cl_2 при утворенні могли б дати 37,5 г 1,4-дихлорбутену-2, або 29,4 г 1,2,3,4-тетрахлорбутану. Реальна маса між цими значеннями, тобто маємо суміш двох продуктів. Кількість елемента Хлор дорівнює 0,6 моль, а це дорівнює $2\nu_{1,4} + 4\nu_{1,2,3,4}$. Крім того маса продукту дорівнює сумі добутків ν на молярну масу, отже маємо два рівняння з двома невідомими.

Відповідь: кожного продукту по 0,1 моль.

11. Скласти рівняння реакцій



Вказати, до яких класів відносяться утворені сполуки

A = 1-бром-2,2-диметилпропан, B = 2,2-диметилпропан-1-ол, C = 2,2-диметилпропаналь, D = 2,2-диметилпропанова кислота.

12. Скласти з електронним балансом рівняння реакції: $\text{MnS} + \text{KOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow ?$

Реакція відбувається у сильно лужному водному розчині, де Cl_2 є дуже сильним окисником. З якими елементами і що відбувається в цій реакції.

Елементами зі змінним ступенем окиснення крім Хлору є Манган та Сульфур, які окиснюються до ступенів окиснення +7 та +6, відповідно, віддаючи разом 13 електронів. (MnO_4^- у сильно лужному водному розчині на відміну від хлору не є дуже сильним окисником). Однак, при нестачі хлору у сильно лужному розчині можливе утворення і MnO_4^{2-} , оскільки в цих умовах MnO_4^- може реагувати з MnO_2 .

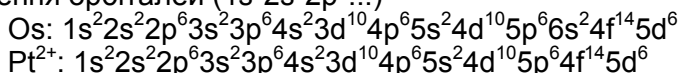
З досить малої кількості тих учнів, хто написав рівняння реакції, більшість звертала увагу тільки на Манган, а Сульфур "давав" і сірку, і Натрій сульфід, не окиснюючись до максимального ступеню окиснення.

13. 6,72 л Cl_2 (н.у.) прореагували з 1,2,2-трихлоретеном, утворилося 43,95 г органічного продукту. Визначити його склад.

Можливі дві реакції – швидка приєднання та повільна заміщення. Відповідно можуть утворюватися два продукти. Можливу масу кожного вираховують за об'ємом хлору, а оскільки маса продукту лежить між розрахованими значеннями, ясно, що утворюється суміш обох. Тому спільну масу виражають через суму добутоків числа молей кожного з них на молярну масу, а друге рівняння складають, виражаючи число молей хлору через суму чисел молей продуктів з відповідними коефіцієнтами (за рівняннями реакцій). Далі розв'язують систему двох рівнянь з двома невідомими. Відповідь: по 0,1 моля кожного продукту.

Нескладна задача виявилася важкою для багатьох учасників, деякі у продукти реакції вводили HCl , деякі доводили, що умови задачі некоректні. Ті, хто вирішив задачу математично, проводили дуже складні розрахунки з використанням "X" та "Y", відповідно було багато арифметичних помилок. Розрахунок за числами молей і двома рівняннями з двома невідомими значно простіший внаслідок наочності і не потребує складних математичних розрахунків. Правильне складання рівнянь – вже гарантія успіху, навіть коли на кінцеві підрахунки не вистачило часу.

14. Скласти електронні формули атома Осмію (Os) та іона Платини (II) (Pt^{+2}) і пояснити, чим вони відрізняються. Відобразити усі внутрішні електронні шари, дотримуючись порядку заповнення орбіталей ($1s^2 2s^2 2p^6 \dots$)



В електронній формулі атома Осмію є два 6s-електрони, а в іоні Платини (II) 6s-електронів нема. Обидва мають заповнений 4f-рівень. Порядок заповнення: в атомах 6s–4f–5d, в іонах 4f–5d–6s.

15. Суміш монохлорованих пропану та етану піддали реакції Вюрца. Скласти структурні формули можливих продуктів реакції і вказати їх назви серед нижченаведеного,:

1) 2,3-диметилпентан, 2) 2,3-диметилбутан, 3) пентан, 4) 2,2-диметилбутан 5) 2-метилпентан, 6) 3-метилпентан, 7) гептан, 8) бутан, 9) 2,2-диметилпентан, 10) 2-метилгекан.

Відповідь: 2, 3, 5, 8.

Слід зважати на можливість утворення 2-хлорпропану, а також на те, що загальна кількість атомів карбону у продуктах знаходиться у межах 4–6.

Деякі учні склали тільки нерозгалужені алкани, деякі забували що вихідні молекули можуть реагувати між собою, утворюючи, наприклад, гексан чи етан, і пояснюючи на апеляції, що „ми ж мали тільки одну молекулу кожної речовини (знову схематичність мислення без уявлення повної реальної картини процесу), а деякі склали формулу одної речовини, а потім малювали її ізомери, у тому числі ті, які в цій реакції утворюватися не могли.

16. До алюміній оксиду додали концентрований розчин 16 г натрій гідроксиду, як слід прогріли та утворений розчин висушили і прожарили. Маса залишку 22,6 г. Визначити його склад. Розрахунок навести. Варіанти відповідей:

Вміст одного компоненту у грамах:

а) 7,6, 8,2, 8,8, 9,4, 10, 10,6, 11,2

Вміст другого компоненту у грамах:

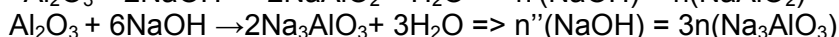
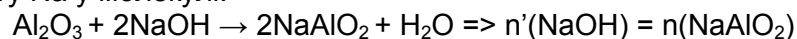
б) 9,6, 10,4, 11,2, 12, 12,8, 13,6, 14,4.

У суміші можуть бути алюмінати NaAlO_2 та Na_3AlO_3 , що знаходять за попереднім розрахунком за рівняннями реакцій (маса суміші знаходиться між масами, розрахованими для „чистих“ компонентів). Далі за стандартною методикою складають систему рівнянь на основі чисел молей.

Перше: маса суміші є сумою добутків молярних мас на число молей (n) компонентів:

$$M(\text{NaAlO}_2) \cdot n(\text{NaAlO}_2) + M(\text{Na}_3\text{AlO}_3) \cdot n(\text{Na}_3\text{AlO}_3) = 22,6$$

Друге: число молей NaOH дорівнює сумі чисел молей NaOH , які пішли на утворення кожного з компонентів, які виражають через числа молей кожного з компонентів з урахуванням вмісту Na у молекулі:



$$n'(\text{NaOH}) + n''(\text{NaOH}) = 16/40 \Rightarrow n(\text{NaAlO}_2) + 3n(\text{Na}_3\text{AlO}_3) = 0,4$$

Відповідь: 0,1 моль (8,2 г) NaAlO_2 та 0,1 моль (14,4 г) Na_3AlO_3 .

Помилкою не буде і припущення існування $\text{Na}_4\text{Al}_2\text{O}_5$.

17. При гідролізі 129,4 олігосахариду, похідного від природної нуклеїнової кислоти, утворилося 147,4 г моносахариду. Визначити а) середню молекулярну масу моносахариду і б) число елементарних ланок в молекулі олігосахариду.

а) 104, 120, 134, 150, 164, 180,

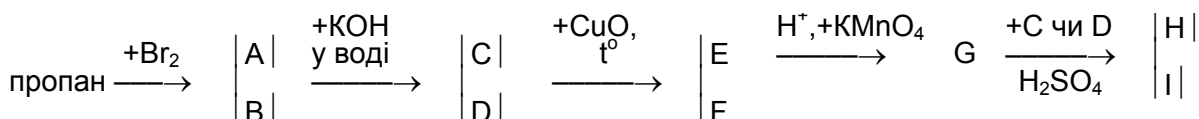
б) 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15.

За різницю мас вираховуємо число молей (v') води – 1, число молей моносахариду (v'') повинно бути більшим. Цій умові відповідає тільки одна складова частина ДНК – дезоксирибоза, її $v''=1,1$. Число моносахаридних залишків n в олігосахариді повинно бути на 1 більше числа відщеплених молекул води. Звідси: $n/(n-1) = v''/v' = 1,1 \Rightarrow n = 11$.

Більшість з учнів, які спробували розв'язати цю задачу не звернули увагу не те, що моносахаридам є складова ДНК – рибоза чи дезоксирибоза. Тому у розрахунках фігурували і глюкоза, і інші сахариди.

Відповідь: а) 134 б) 11

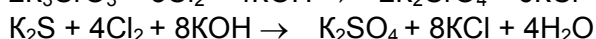
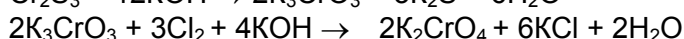
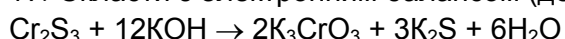
18. Скласти рівняння реакцій



Скласти формули можливих ізомерів, вказати, до яких класів відносяться утворені сполуки.

C та D – спирти, E – альдегід, F – кетон, G – кислота, H та I естери.

19. Скласти з електронним балансом (де потрібно) рівняння реакцій



З якими елементами і що відбувається в цій реакції.

Зауваження: у сильно лужному водному розчині Cl_2 є дуже сильним окисником, а Cr – не дуже

Елементами зі змінним ступенем окиснення крім Хлору є Хром та Сульфур, які окиснюються до ступеню окиснення +6. У сильно лужному водному розчині Cr^{+6} існує у вигляді монохромату.

20. На гідроліз 37,3 г пентапептиду з амінокислотних залишків однакового складу пішло 7,2 г води. Визначити формулу пентапептиду і кількість варіантів його будови.

Маса 5 молекул амінокислот, що утворюються після гідролізу дорівнює сумі мас води і пентапептиду, тобто 44,5 г. На 1 моль пентапептиду треба 4 моля води, а маємо 0,4 моля, тобто 0,1 моль пентапептиду та 0,5 моль амінокислот. Звідси молекулярна маса амінокислоти 89, на групи NH_2 та COOH припадає 61, а залишок 28 відповідає двом групам CH_2 , тобто можуть існу-

вати 2 ізомери – $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ та $\text{H}_2\text{NCH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$. Далі позначаємо їх, наприклад, як А та В, і складаємо можливі варіанти будови.

III рівень

1. Скласти рівняння реакції: $\text{KPS}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow ?$ З якими елементами і що відбувається в цій реакції.

Реакція окисно-відновна, вихідний ступінь окиснення Сульфуру -2, Фосфору +3, Фосфор та Сульфур окиснюються сильним окисником, HNO_3 , до ступенів окиснення +5 та +6. відповідно, віддаючи 18 електронів. Нітроген може відновлюватися до ступенів окиснення +2 чи +4, залежно від концентрації кислоти.

2 Скласти електронну формулу молекули нітробензолу. Вказати валентність атома Нітрогену в цій молекулі. Менші ступені окиснення Фосфору та Сульфуру в цих умовах мало ймовірні. При відповіді краще завжди мотивувати, чому прийнято рішення писати саме таку реакцію. Це може дати перевагу при підрахунку балів.

3 Температурний коефіцієнт реакції газів $\text{A}_2 + 3\text{B}_2 \rightarrow 2\text{AB}_3$ дорівнює 2. Реакція йде у кілька стадій, найповільнішою є реакція $\text{A}_2 + \text{B}_2 \rightarrow 2\text{AB}$. У скільки разів зросте швидкість загальної реакції при збільшенні тиску у 3 рази та температури на 30°C ?

Формально у реакції приймають участь чотири частки, але реакції четвертого порядку невідомі. Тому висновок, що при збільшенні тиску і відповідному збільшенні концентрації кожної частки у три рази швидкість реакції зросте в 3^4 разів невірний. Оскільки сказано, що реакція йде постадійно і найповільнішою є стадія, що є реакцією другого порядку, то загальна швидкість визначатиметься швидкістю саме цієї реакції і зросте тільки у 9 разів. За рахунок підвищення температури швидкість зросте у 2^3 рази, тобто загальне прискорення буде у 72 рази.

4 Кожний з атомів двох елементів одного періоду утворює сполуки з водородом зі співвідношенням атомів 1:2. Співвідношення молекулярних мас цих сполук 1,295. Співвідношення молекулярних мас вищих оксидів цих елементів дорівнює 1,986. Визначити елементи, їх можливі валентності та ступені окиснення.

При розрахунку слід враховувати, що елементи розташовані в одному періоді, а оскільки їх атоми поєднані з двома атомами Гідрогену, то один знаходиться в II, а інший в VI групі і елемент з більшим атомним номером є неметалом, а тому поєднаний з трьома атомами Оксигену, а металу – з одним. Розрахунок за двома рівняннями з двома невідомими $\text{X}+2/\text{Y}+2 = 1,295$ та $\text{X}+48/\text{Y}+16 = 1,986$ показує, що елементами є Магній та Сульфур. Можливі валентності Сульфуру II (H_2S , SCl_2), III (SO_2 , за умови дотримання правила октету), IV (SCl_4 , SO_2 за умови порушення правила октету), VI (SF_6 за умови порушення правила октету), можливі ступені окиснення ± 2 , +4 та +6. Можливий ступінь окиснення Магнію +2, а валентність в залежності від координаційного числа в кристалічній решітці чи комплексній сполуці може бути IV чи VI, наприклад, VI у іоні $\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$.

5 Скласти електронну формулу молекули нітроаніліну. Вказати валентність атомів Нітрогену в цій молекулі.

Нітрогрупа у молекулі нітроаніліну в рамках теорії валентних зв'язків має один атом Оксигену, що зв'язаний з атомом Нітрогену одною електронною парою за донорно-акцепторним механізмом, а другий – "нормальним" подвійним зв'язком, тобто двома електронними парами, отже валентність Нітрогену 4. Між атомами Карбону почергово розташовані подвійні зв'язки.

6. Температурний коефіцієнт реакції газів $4\text{NH}_3 + 6\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ дорівнює 2. Реакція йде у кілька стадій, припустимо, що найповільнішою є реакція $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2 + \text{H}$. У скільки разів повинна зрости швидкість загальної реакції при збільшенні тиску у 3 рази та температури на 30°C ?

Формально у реакції приймають участь десять частинок, але реакції порядку вище трьох невідомі. Тому висновок, що при збільшенні тиску і відповідному збільшенні концентрації кожної частки у три рази швидкість реакції зросте в 3^{10} разів невірний. Оскільки сказано, що реакція йде постадійно і найповільнішою є стадія, що є реакцією першого порядку, то загальна швидкість визначатиметься швидкістю саме цієї реакції і зросте тільки у 3 рази. За рахунок підвищення температури швидкість зросте у 2^3 рази, тобто загальне прискорення буде у 24 рази.

7. До 29,4 г фосфатної кислоти додали розчин Натрій гідрогенкарбонату, випарили і позбавили від кристалізаційної води при підвищеній температурі. Отримали залишок масою 40,4 г,

який прожарили при температурі вище 400°C і отримали продукт, що використовується як сировина та продукт побутової хімії. Визначити його масу.

Маса продукту між значеннями мас у випадку утворення дигідрогенфосфату та гідрогенфосфату. Сума ν обох продуктів дорівнює ν кислоти, а маса – сумі добутків ν на молярну масу. Знаходимо ν компонентів і вставляємо з відповідними коефіцієнтами у рівняння повної дегідратації. Отримуємо формулу рекламного “калгону” – Натрій триполіфосфату $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$.

8. На гідроліз 37,8 г трипептиду з 3-х однакових амінокислот пішло 7,2 г води. Визначити його формулу.

На 1 моль трипептиду треба 2 моля води. Звідти вираховуємо молекулярну масу пептиду, кожної молекули амінокислоти $\text{C}_n\text{H}_{2n}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ і значення n .

9. Температурний коефіцієнт реакції $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ дорівнює 2,5. Реакція йде у кілька стадій, найповільнішою є процес збудження молекули кисню $\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2^*$. У скільки разів зросте швидкість загальної реакції при збільшенні тиску у 5 разів та температури на 20°C ? Відповідь пояснити.

Формально у реакції приймають участь дві частки, але реакція за умовою складається з кількох стадій, найповільнішою з котрих є реакція першого порядку. Тому при збільшенні тиску і відповідному збільшенні концентрації кожної частки у 5 разів швидкість реакції теж зросте у 5 разів. За рахунок підвищення температури швидкість зросте у $2,5^2$ разів, тобто загальне прискорення буде у 31,25 разів.

10. До 42 г Натрій гідрогенкарбонату додали розчин фосфатної кислоти, випарили і прожарили при 600°C . Отримали твердий залишок масою 27 г. Визначити його склад.

Маса продукту може бути між значеннями мас у випадку утворення метафосфату, пірофосфату, ортофосфату та надлишкового карбонату. Спочатку розраховують масу кожного з них індивідуально, а потім роблять висновок, що маса суміші лежить між значеннями мас ортофосфату та карбонату, тобто суміш складається саме з них. Суму молей Натрію в обох продуктах виражають через число молей кожного з них з відповідними коефіцієнтами (за рівняннями реакцій), а масу через суму добутків числа молей кожного з них на молярну масу. Далі розв'язують систему двох рівнянь з двома невідомими.

Учні, які розв'язали цю задачу (таких було небагато) іноді в число продуктів вводили мета- та пірофосфати, і навіть гідрогенфосфати. Однак, в умовах прожарювання з будь-якого з цих продуктів у присутності карбонату утвориться ортофосфат. У деяких в число продуктів входив навіть гідрогенкарбонат.

Ті, хто вирішив задачу математично, проводили дуже складні розрахунки з використанням “X” та “Y”, відповідно було багато арифметичних помилок. Розрахунок за числами молей і двома рівняннями з двома невідомими значно простіший внаслідок наочності і не потребує складних математичних розрахунків.

11. На гідроліз 41,8 г тетрасахариду з моносахаридних залишків однакового складу пішло 5,4 г води. Визначити формулу тетрасахариду і кількість варіантів його будови, якщо в його склад входять по дві молекули відмінних за будовою моносахаридних залишків.

На 1 моль тетрасахариду треба 3 моль води. Звідти вираховуємо його молекулярну масу, а за значенням n вираховуємо молекулярну масу і можливу формулу кожного моносахариду. Далі позначаємо їх, наприклад, як A і B і складаємо можливі варіанти будови.

Учні, які виконали це завдання в більшості проводили розрахунок за дуже складною процедурою. Багато з них, правильно розрахувавши молярну масу, писали формули, що не відповідали їй, забувши, що формула вуглеводнів не завжди відповідає класичній (наприклад, дезоксирибоза). Разом з тим слід зауважити, що деякі з них проявили гарну обізнаність в органічній хімії і запропонували формули реальних речовин, які не були передбачені авторами задачі, що безумовно радує.

Тільки один учень написав правильне число можливих комбінацій різних ізомерів, врахувавши несиметричність будови ланцюга полісахаридів ($\text{AABB} \neq \text{BBAA}$).

12. Реакція утворення NH_3 перебігає у кілька стадій. Найповільнішою є процес збудження молекули азоту на поверхні каталізатору ($\text{N}_2 \rightarrow \text{N}_2^*$), після чого вона швидко реагує з воднем. Температурний коефіцієнт реакції дорівнює 4. У скільки разів зросте швидкість реакції утворення NH_3 при збільшенні тиску у 5 разів та температури на 20°C ? Відповідь пояснити. (Концентрація азоту на поверхні каталізатору пропорційна його тиску).

Формально у реакції приймають участь чотири частки, але реакція за умовою складається з кількох стадій, найповільнішою з котрих є реакція першого порядку. Тому при збільшенні тиску і відповідному збільшенні концентрації кожної частки у 5 разів швидкість реакції теж зросте у 5 разів. За рахунок підвищення температури швидкість зросте у 4^2 разів, тобто загальне прискорення буде у 80 разів.

Дуже радує, що вже багато учнів знають про стадійність складних реакцій і вміють правильно вибрати базу для розрахунку.

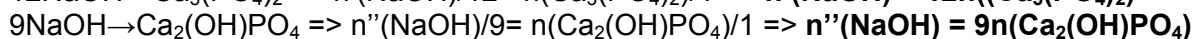
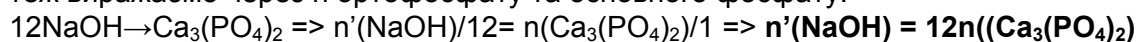
13. У хімічній літературі є відомості, що реакція утворення газуватого гідроген йодиду $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ відбувається у 2 стадії: спершу відбувається швидка реакція $I_2 \rightarrow 2I$, а потім – повільна – $H_2 + 2I \rightarrow 2HI$. Температурний коефіцієнт реакції 1,5. Визначити, у скільки разів зросте швидкість реакції, якщо температуру знизити на $20^\circ C$, а тиск у системі підвищити у 3 рази.

Швидкість визначається найповільнішою реакцією, у даному випадку реакцією третього порядку. Тому підвищення тиску у три рази збільшить швидкість у 3^3 , тобто 27 разів, а зниження температури знизить у $1,5^2$, тобто 2,25 разів, а разом у 12 разів.

Втішає, що з кожним роком все більше і більше учнів при розрахунку зважають на те, яка саме стадія загальної реакції лімітує швидкість. Разом з тим деякі розрахунок проводили як для реакції другого порядку – за сумарним рівнянням реакції, а деякі навіть вважали, що раз концентрація зростає у 3 рази, то і швидкість зросте так же. Крім того, 27 іноді не ділили на 2,25, а множили, а деякі учні навіть складали.

14. До розчину кальцій дигідрогенфосфату додали розчин 12 г NaOH. Утворений осад відфільтрували, промили, висушили і обережно прожарили для видалення можливої кристалогідратної води. Маса залишку 7,89 г. Визначити його склад.

Спочатку за рівняннями реакцій дигідрогенфосфату з утворенням гідрогенфосфату та ортофосфату визначаємо, що маса залишку менша, ніж розрахована для будь-якого з них. Робимо висновок, що окрім середнього ортофосфату утворюється основна сіль, найпростіша формула такої солі $Ca_2(OH)PO_4$ (але формула гідроксоапатиту теж могла б не бути помилкою, якщо б відповідала розрахунку). Далі рахуємо за стандартною методикою – кількості молей NaOH, що потрібні для утворення середньої та основної солей (n' та n'') виражаємо через кількості молей середнього ортофосфату та основного фосфату, а загальну кількість молей NaOH ($n' + n''$) теж виражаємо через n ортофосфату та основного фосфату:



Далі масу суміші виражаємо як суму добутоків молекулярних мас ортофосфату та основного фосфату на числа їх молей, а масу NaOH – як добуток його молекулярної маси на суму $n' + n''$, виражену через числа молей $Ca_3(PO_4)_2$ та $Ca_2(OH)PO_4$. Отримуємо два рівняння з двома невідомими.

Відповідь: 0,12 моль (4,05 г) ортофосфату та 0,18 моль (3,84 г) $Ca_2(OH)PO_4$

На жаль, дуже небагато учнів здогадалися, що там повинна утворюватися основна сіль. Деякі вважали, що до суміші входитимуть середній ортофосфат та кальцій гідроксид, „оскільки він погано розчинний”. Але ж, хоч і погано, а все ж розчинний, а тому при промивці вимиватиметься з осаду. Тому розрахунок на його основі вести не можна.

Крім того було багато спроб розв'язати задачу не на базі кількості молей, а алгебраїчно. Ще раз слід зауважити: використання кількості молей при розрахунках зосереджує увагу саме на хімізмі процесу, стандартизує розрахунок і дозволяє не гадати, як же розв'язати цю задачу, а діяти за чіткою методикою, думаючи про хімію, а не математику.

15. При утворенні кополімеру етилену та пропілену з суміші рівних об'ємів цих двох газів окремі мономери поєднуються один з одним цілком випадково. Спробуйте оцінити ймовірність появи при зростанні ланцюга після пропіленової ланки одної етиленової ланки, двох етиленових ланок підряд, трьох етиленових ланок підряд і т.д., а потім зробити теж саме для появи після етиленових ланок пропіленових ланок.

Ймовірність появи після пропіленової ланки одної етиленової ланки дорівнює $1/2$, а наступних – $1/4$, $1/8$, $1/16$ і т.д. Сума цих ймовірностей дорівнює 1, але слід пам'ятати про те, що ймовірність первинного „попадання” на пропіленову ланку сама дорівнює $1/2$, тому при загальному підрахунку кожну вищенаведену ймовірність $1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/16$ і т.д. слід помножити на $1/2$ і отримати $1/4$, $1/8$, $1/16$, $1/32$ і т.д., а в сумі отримати $1/2$. Аналогічно, сума ймовірностей появи після етиленової ланки одної і більше пропіленових ланки дорівнює сумі ймовірностей $1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/16$ і т.д., помноженій на $1/2$, тобто $1/2$, а разом з ймовірністю появи після пропіленової ланки одної і більше етиленових ланок – 1.

Знайшли вірний підхід до цієї задачі небагато учнів, май же всі оцінювали суму ймовірностей появи після пропіленової ланки одної етиленової ланки, двох етиленових ланок підряд, трьох етиленових ланок підряд і т.д. як 1.

Але в даному випадку основна вина за неповну відповідь лежить на авторі задачі, який недостатньо чітко сформулював умови, тому учням за таку відповідь нараховувався вищий бал. Разом з тим деякі учні вважали, що ймовірність входження першої ланки пропорційна $1/N$, де N – число молекул мономеру, другої – $1/(N-1)$, третьої – $1/(N-2)$ і т.д., напевне вважаючи N достатньо невеликим числом. Звичайно, це не так, оскільки N – дуже велике число і віднімання від нього хай навіть великого числа ніякої ролі практично не грає.

Взагалі, слід зауважити, що коли учні аналізують рівняння будь-якої реакції, вони підсвідомо вважають, що коли написано, наприклад, 6HCl , то тільки 6 молекул HCl і присутні, тобто знов-таки схоластично підходять до розглядання хімізму процесу.

16. 2-метилбутен-2 масою 14 г повністю прореагував у підкисленому сульфатною кислотою розбавленому розчині Калій перманганату, причому Калій перманганат витратився повністю. Аналіз показав, що загальна маса продуктів у розчині 19,2 г. Визначити склад і масу продуктів. Скласти їх структурні формули.

Можливі дві реакції – швидка окиснення Калій перманганатом до гліколю та повільна – приєднання води з утворенням спирту. Відповідно можуть утворюватися два продукти. Спільну масу продуктів виражають сумою добутоків числа молей кожного з них на його молярну масу: $104 \cdot \nu(\text{Гл}) + 88 \cdot \nu(\text{Сп}) = 19,2$. З іншого боку $70[\nu(\text{Гл}) + \nu(\text{Сп})] = 70\nu(\text{Мб}) = 14$. Звідси отримуємо $\nu(\text{Гл}) = 0,1$, $\nu(\text{Сп}) = 0,1$

17. Одну порцію суміші гексагідрату Ферум(II) нітрату, тригідрату Купрум нітрату та дигідрату Меркурій(II) нітрату масою 8,91 г обробили невеликим надлишком лугу, осад відфільтрували, промили і обережно висушили без доступу повітря. Його маса 4,05 г. Іншу таку ж порцію нітратів прожарили при 800°C , дотримуючись особливих заходів безпеки. Маса залишку 1,6 г. Визначити склад вихідної суміші.

Масу кожної суміші виражають сумою добутоків числа молей кожного компоненту на його молярну масу. Треба врахувати те, що Ферум(II) при прожарюванні окислюється киснем до Ферум(III), а з Меркурій нітрату внаслідок нестійкості Меркурій оксиду утворюється металічна ртуть, яка випаровується при прожарюванні. Далі розв'язують систему трьох рівнянь з трьома невідомими. Відповідь: кількість кожного гідрату у суміші 0,01 моль

18. У скільки разів зросте швидкість реакції утворення озону при підвищенні температури з 10 до 40°C та зменшенні тиску у 2 рази, якщо температурний коефіцієнт реакції 3. Реакція відбувається у кілька стадій. Найповільнішою є реакція розкладання молекул кисню.

Формально у реакції приймають участь 3 частки, але реакція за умовою складається з кількох стадій, найповільнішою з котрих є реакція першого порядку. Тому при зменшенні тиску і відповідному зменшенні концентрації кожної частки у 2 рази швидкість реакції зменшиться теж у 2 рази. За рахунок підвищення температури швидкість зросте у 3^3 разів, тобто загальне прискорення буде у 13,5 разів.

Журі дуже здивував на перший погляд незрозумілий факт: деякі з призерів навіть Всеукраїнської олімпіади написали завдання гірше, ніж "нетитуловані" учні. Але проаналізувавши це, дійшли до висновку, що причиною є різний підхід до складання завдань для Олімпіади і для сесії МАН. Задачі для Олімпіади, як правило, потребують дуже гарного володіння математикою, що для професійного хіміка, безумовно, дуже важливо. Завдання ж для МАН склалися з упором на знання хімії, причому головним чином в рамках шкільного курсу, а математику в ці завдання цілеспрямовано закладали не надто складну. Саме тому і могло трапитися те, що учні, які на Олімпіаді вигравали за рахунок гарної математичної підготовки, на сесії МАН втратили свою перевагу і показали середні результати.

Напевне, в цьому плані сесія МАН і Олімпіада доповнюють одна одну і дають змогу всім учням виявити свої здібності повною мірою. Тому надалі при підготовці до різного роду конкурсів учні і їх вчителі повинні звертати увагу не тільки на математичну підготовку, але і на детальне знання хімії і неформальний підхід до цього знання.