Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола

ОСНОВИ НЕОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ

Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола

ОСНОВИ НЕОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

ОДЕСА
ОНУ
2019

УДК 546(075.8)
К419

Рекомендовано до друку навчально-методичною радою
ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 3 від 20.06.2019 р.

Рецензенти:

О. О. Стрельцова – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної та колоїдної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

І. В. Довгань – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та екології Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Кіосе Т. О.

К419 Основи неорганічного синтезу: навч.-метод. посіб. для студентів ф-ту хімії та фармації за спец. 102 «Хімія» та 014 «Середня освіта (Хімія)» / Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола, за ред. д. х. н., проф. Т. Л. Ракитської – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. – 134 с.; іл.; табл.

ISBN 978-617-689-325-7

У навчально-методичному посібнику розглянуті питання техніки лабораторних робіт з неорганічного синтезу, рекомендації щодо вивчення теоретичних основ різних методів синтезу неорганічних речовин, їх виділення і очищення, а також наведені методики синтезу неорганічних речовин. Для кожного розділу наведені приклади розв′язування типових задач, задачі для самостійного розв′язування, питання для самоконтролю та лабораторні роботи.

Призначений для студентів хімічних факультетів, що навчаються за спеціальностями 102 «Хімія» та 014 «Середня освіта (Хімія)».

УДК 546(075.8)

ISBN 978-617-689-325-7
© Кіосе Т. О., Раскола Л. А. 2019
© Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2019

ЗМІСТ

	ВСТУП……..	4
1.	Правила з техніки безпеки при роботах в хімічній лабораторії……	6
2.	Хімічний посуд і лабораторне обладнання…….……	11
3.	Основні операції в неорганічному синтезі…….…….	22
	Питання для самоконтролю і перевірки засвоєних знань і навичок…	35
4.	Методи очистки та ідентифікації неорганічних сполук……	36
	Задачі для самостійного розв’язання……...	47
	Питання для самоконтролю і перевірки засвоєних знань і навичок…	49
	Лабораторна робота № 1. Методи очистки речовин……	50
5.	Класи неорганічних сполук……..	55
	Питання для самоконтролю і перевірки засвоєних знань і навичок…	72
	Задачі для самостійного розв’язання……...	76
	Лабораторна робота № 2. Класи неорганічних сполук……..	80
6.	Синтези неорганічних речовин……...	84
	Лабораторна робота № 3. Добування оксидів……	84
	Лабораторна робота № 4. Добування пероксидів металів…….	85
	Лабораторна робота № 5. Добування гідроксидів металів…….	86
	Лабораторна робота № 6. Добування кислот……...	88
	Лабораторна робота № 7. Добування солей…….	89
	Лабораторна робота № 8. Добування комплексних сполук……...	90
	Питання для самоконтролю……	93
	Задачі для самостійного розв’язання……...	101
	Тести до теми «Класи неорганічних сполук»…….	111
	СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ……	118
	ДОДАТОК……	120

ВСТУП

Навчально-методичний посібник складений викладачами кафедри неорганічної хімії та хімічної екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова та призначений для методичного забезпечення аудиторної та самостійної роботи студентів над матеріалом з метою самоконтролю, поглиблення знань теоретичного матеріалу та закріплення умінь і навичок їх використання для вирішення конкрентних практичних питань та виконання лабораторних робіт з основ неорганічного синтезу. Посібник призначений для студентів денного та заочного відділень, які навчаються за спеціальностями 102 Хімія та 014 Середня освіта (Хімія).

Основні завдання дисципліни «Основи неорганічного синтезу» полягають у тому, щоб дати студентам уявлення про взаємозв'язок будови, реакційної здатності та хімічної активності неорганічних сполук, сформувати цілісну систему знань про сучасні методи дослідження неорганічних сполук та стан розробки методів отримання, виділення і очистки неорганічних сполук, та відпрацювати навички самостійної роботи студентів під час проведення хімічного експерименту (робота зі стандартною хімічною апаратурою та приладами). Засвоєння цього курсу спрямоване на формування таких фахових компетентностей, як здатність використовувати знання, уміння та навички в галузі загальної хімії для теоретичного засвоєння загально-професійних дисциплін і рішення практичних завдань; знання сучасних уявлень про основні закономірності, принципи, методологію неорганічного синтезу; володіння базовими знаннями про прості і складні речовини, їх добування, найважливіші властивості та взаємоперетворення. Вивчення дисципліни «Основи неорганічного синтезу» має важливе значення для формування вмінь планувати та проводити самостійно синтези неорганічних препаратів за відомими методиками та досліджувати їх властивості з метою ідентифікації основної речовини; виконувати очистку неорганічних речовин, перетворювати лабораторні залишки реактивів в конкретні речовини; на основі знань про класифікацію і номенклатуру координаційних сполук чітко

встановлювати належність сполук до певних класів; виконувати синтез та проводити дослідження хімічних властивостей неорганічних речовин; правильно визначати температури плавлення і кипіння продукту синтезу, його показник заломлення світла, густину речовини; сформульовувати цілісну систему знань з розробки методів виділення і очистки неорганічних сполук; визначати будову і конфігурацію досліджуваних об’єктів; виконувати основні хімічні операції (розчинення, фільтрування, нагрівання, випаровування, кристалізація, перегонка, сублімація тощо) та в умовах хімічної лабораторії вміти здійснити очищення синтезованої неорганічної речовини за допомогою кристалізації, дистиляції; працювати з хімічними реактивами, посудом та обладнанням.

Посібник складається з 5 розділів, які охоплюють загальні вказівки стосовно правил поведінки і дотримання правил техніки безпеки в хімічних лабораторіях, порядок роботи з хімічними речовинами, класи та властивості неорганічних сполук, відомості про обладнання хімічних лабораторій та загальні методи роботи, пов'язані з синтезом, виділенням та очищенням хімічних речовин. У посібнику наведені методики синтезів неорганічних речовин, які перевірені і не потребують для їх проведення складної хімічної апаратури та важкодоступних реактивів.

Кожен розділ посібника містить стислий теоретичний матеріал, приклади розв′язування типових розрахункових задач та лабораторні роботи. Для перевірки повноти засвоєння вивченого теоретичного матеріалу та рівня домашньої підготовки до кожної теми надані задачі для самостійного розв′язування та питання і тести для самоконтролю. У додатку наведені дані щодо фізичних властивостей хімічних речовин, розчинів кислот і лугів, хімічної номенклатури і приклади методики синтезу та разрахунків тощо.

1. ПРАВИЛА З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТАХ У ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

1. До початку лабораторних занять студенти повинні ознайомитися із загальними правилами безпеки, а перед виконанням кожної лабораторної роботи викладач має наголосити на необхідності дотримуватися додаткових запобіжних заходів.
2. Готуючись до лабораторної роботи, студенти зобов'язані самостійно опрацювати теоретичний матеріал з заданої теми, використовуючи методичні посібники, підручники, конспект лекцій та підготувати відповідний протокол згідно з методичними рекомендаціями.
3. В хімічній лабораторії слід працювати в халаті з бавовни. В лабораторії забороняється знімати і розвішувати верхній одяг. Пити, приймати їжу в хімічній лабораторії категорично заборонено.
4. Студент повинен мати окремий зошит, в якому він робитиме записи про виконану лабораторну роботу, приводитиме відповідні рівняння хімічних реакцій та здійснюватиме необхідні розрахунки, а також фіксуватиме власні спостереження за хімічними процесами.
5. Дозвіл студенту на виконання лабораторної роботи дається викладачем після попередньої перевірки підготовки студента до виконання роботи, наявності плану роботи, протоколу та необхідних розрахунків. Якщо студент не має необхідного мінімуму знань теоретичного матеріалу та написаного протоколу лабораторної роботи в зошиті, то до виконання роботи він не допускається.
6. Після виконання лабораторної роботи студент повинен оформити протокол та надати його викладачу. Протокол має містити наступні відомості:
    - дата, назва і мета роботи; короткий виклад основних теоретичних положень, на яких базується дана робота;
    - фізико-хімічні властивості вихідних речовин і продуктів реакції (колір, температура плавлення або сублімації, розчинність у воді та ін. речови-

нах, відношення до вологи, кисню повітря і інші хімічні властивості). Це дозволяє більш усвідомлено спостерігати за ходом процесу;

- короткий, але ясний опис порядку виконання роботи. Опис експерименту слід супроводжувати рисунками приладів і установок, за допомогою яких він проводився. Рисунки повинні бути чіткими, акуратними і давати чітке уявлення про будову приладу;
- рівняння всіх реакцій, що відбуваються у ході виконання синтезу (з коефіцієнтами);
- усі попередні або остаточні розрахунки і експериментальні дані повинні бути обов'язково відображені у звіті. Наприклад: маса або кількість речовини, які потрібно отримати; розрахунки і відомості про маси вихідних речовин відповідно до рівнянь реакцій; практичний вихід продукту в грамах і процентний вихід продукту від теоретично можливого; виміряні або розраховані фізичні параметри (електрофізичні характеристики);
- висновок по роботі, відповідний отриманим результатам.

7. Необхідні для дослідів реактиви, матеріали, обладнання видає лаборант. До виконання дослідів можна приступати лише після ознайомлення з їх описом у методичних рекомендаціях і з′ясування всіх незрозумілих питань у викладача.
8. Після закінчення роботи студент повинен здати лаборанту посуд і прилади, якими він користувався, у справному та чистому вигляді, прибрати робоче місце і лише з дозволу викладача виходити з лабораторії.
9. Залік за практикум або допуск до іспиту з «Основ неорганічного синтезу» студент отримує за умови виконання всіх лабораторних робіт, правильно оформлених протоколів виконаних робіт і підпису викладача під кожним з них.
10. Невиконані лабораторні роботи мають бути відпрацьовані в інший час з дозволу викладача та під керівництвом лаборанта, який підтверджує це своїм підписом в зошиті для лабораторних робіт.

11. Під час виконання дослідів студент має дотримуватися наступних правил:
    - виконувати досліди згідно із завданням; категорично забороняється проводити досліди, що не мають відношення до даної роботи, без дозволу викладача;
    - речовини для дослідів треба брати у кількостях, вказаних у методичних рекомендаціях або інструкції;
    - тверді речовини слід набирати шпателем і висипати в пробірку над аркушем паперу.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Студенти, які працюють в лабораторії, повинні мати халати для захисту верхнього одягу від пошкоджень хімічними речовинами.
2. Студенту забороняється працювати в лабораторії одному, а також у відсутності викладача або лаборанта.
3. На робочому місці мають знаходитись лише реактиви і посуд, необхідні для роботи.
4. Хімічний посуд має бути ретельно вимитий, не можна виконувати досліди в брудному посуді.
5. Всі досліди з отруйними, їдкими, пахучими речовинами слід виконувати у витяжній шафі.
6. Категорично забороняється нюхати і вдихати гази та пари, що виділяються в ході реакції.
7. Концентровані розчини кислот у разі розведення водою необхідно лити у воду, а не навпаки.
8. Відбір рідин піпетками слід здійснювати, користуючись спеціальними грушами (дозаторами).
9. Відпрацьовані реактиви треба зливати або поміщати у спеціально призначений посуд, а не в ящик для сміття або в раковину.
10. Невикористані реактиви не висипайте та не зливайте назад у склянки, а повертайте лаборанту.

11. Нагріваючи рідину в пробірці, тримайте її трохи нахиленою та прогрівайте спочатку верхню її частину, поступово перемішуючи зону нагріву донизу. Отвір пробірки при цьому необхідно спрямувати у бік від себе або сусіда.
12. Працюючи з лужними металами, користуйтеся захисними окулярами.
13. Обрізки та дрібні шматочки лужних металів складайте у фарфорову чашку та заливайте спиртом до повного їх розчинення. Не викидайте відходи лужних металів в ящик для сміття або в раковину, де вони можуть спалахнути.
14. По завершенні виконання експерименту або досліду необхідно прибрати на робочому столі та під витяжною шафою і помити хімічний посуд.

НАДАННЯ ПЕРШОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ

Нещасні випадки (опіки, поранення, отруєння) в лабораторії виникають внаслідок недостатнього ознайомлення працюючих з відповідними інструкціями з охорони праці і техніки безпеки або в результаті необережності в роботі. У кожній лабораторії повинна бути аптечка першої допомоги. Якщо нещасний випадок трапився, потерпілому треба надати першу допомогу:

1. У разі попадання на шкіру кислот це місце слід інтенсивно промити водою, а потім 1% розчином соди. У разі попадання концентрованої сірчаної кислоти перед промиванням пошкоджену шкіру необхідно витерти сухим ватним тампоном.
2. У разі попадання на шкіру розчинів лугів пошкоджене місце промивають водою, а потім розведеними оцтовою, лимонною кислотами або насиченим розчином борної кислоти.
3. У разі попадання на шкіру фенолу, брому і подібних їм речовин пошкоджене місце необхідно негайно промити відповідними органічними розчинниками (спирт, ефір тощо).
4. У разі отруєння хлором, бромом, оксидами нітрогену потерпілому необхідно дати вдихати пари розведеного розчину амоніаку і випити молоко.

5. У разі опіків тіла полум’ям необхідно негайно промити місце опіку 1% розчином калію перманганату і покласти на пошкоджене місце компрес із спиртового розчину таніну.
6. У разі порізів рану необхідно обробити антисептиком (3%-ний перекис водню або 5%-ний спиртовий розчин йоду) і перев’язати. Після надання першої допомоги потерпілому його терміново необхідно відправити до лікарні.

2. ХІМІЧНИЙ ПОСУД І ЛАБОРАТОРНЕ ОБЛАДНАННЯ

Скляний хімічний посуд, фарфоровий (керамічний) посуд, мірний посуд, металеве обладнання, нагрівальні прилади, газові балони, газометри, апарат Кіппа, кристалізатори, ексикатори, хімічні реактиви, умовні позначення ступеня чистоти.

Основні терміни та поняття: хімічний посуд, лабораторне обладнання, хімічні реактиви.

Для виконання дослідів і синтезів в практикумі використовується скляний і фарфоровий (керамічний) хімічний посуд різного призначення.

Скляний хімічний посуд. Хімічний посуд тонко- і товстостінний виготовляється зі скла різних марок. Посуд з товстого скла не призначений для нагрівання, нагрівати можна тільки термостійкий тонкостінний посуд. Для виготовлення термостійкого і хімічностійкого посуду використовують спеціальне скло з підвищеним вмістом діоксиду кремнію (з такого скла роблять хімічні склянки, колби, ретори, пробірки і інший посуд.) В цьому випадку на виріб ставлять спеціальне клеймо.

З тонкого скла виготовляють як відносно прості вироби (пробірки, хімічні склянки, колби, лійки тощо), так і прилади складної конфігурації (колби і пробірки Вюрца, ретори, водяні холодильники, промивалки, осушувальні колонки, U-подібні трубки, хлоркальцієві трубки тощо) (рис. 1).

Пробірки хімічні ***(1),*** які використовують для проведення в них якісних реакцій, бувають різної величини і діаметра. Звичайні лабораторні пробірки виготовляють з легкоплавкого скла, але в особливих випадках (у разі необхідності нагрівання до високих температур) – з піреxсу. У хімічній лабораторії пробірки використовують для проведення реакцій з різноманітними речовинами. При перемішуванні реактивів пробірку тримають за верхню частину великим, вказівним і середнім пальцями лівої руки, а вказівним пальцем правої руки легенько вдаряють по її нижній частині декілька разів. Не можна струшувати пробірку, закривши її пальцем, бо при цьому забруднюються речовини, що

перемішуються, а при проведенні дослідів з їдкими речовинами може бути травмована шкіра руки.

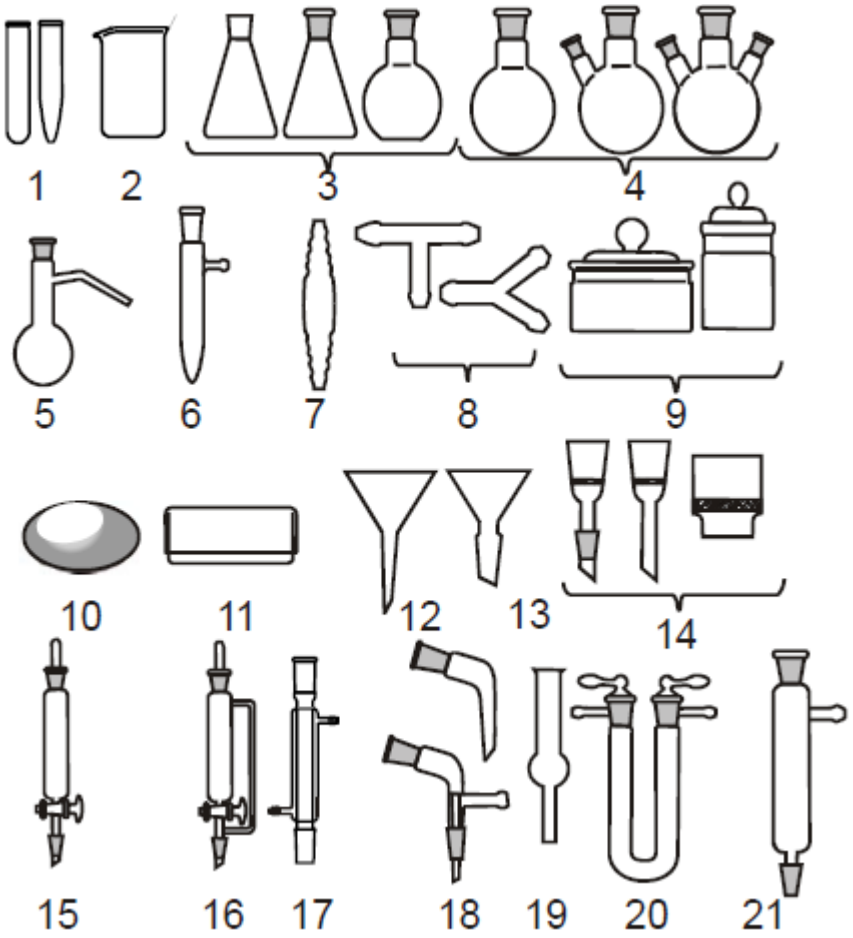


Рис. 1. **Скляний хімічний посуд з тонкого скла**: 1 – пробірки, 2 – склянка, 3 – колби плоскодонні, 4 – колби круглодонні, 5 – колба Вюрца, 6 – пробірка Вюрца, 7 – перехідник, 8 – трійники, 9 – бюкси, 10 – годинникове скельце, 11 – чашка Петрі, 12 – лійка хімічна, 13 – лійка для сипких речовин, 14 – лійка із скляним дном, що фільтрує 15, 16 – крапельні лійки, 17 – холодильник, 18 – алонжі, 19 – хлоркальцієва трубка, 20 – U-подібна трубка, 21 – осушувальна колонка

Під час нагрівання пробірки з реакційною сумішшю над відкритим полум'ям слід пам'ятати що:

1. відкритий кінець пробірки повинен бути повернений в бік від себе та людей, що працюють поряд;
2. перед локальним нагріванням пробірки її необхідно рівномірно прогріти по всій довжині;
3. для запобігання бурхливого скипання і викидання реакційної суміші з пробірки її слід обережно нагрівати у верхній частині полум'я до появи

перших ознак скипання, потім треба забрати її з полум'я і продовжити нагрівання гарячим повітрям; у міру необхідності пробірку можна на короткий час вносити в полум'я пальника.

Склянки хімічні ***(2)*** використовують, наприклад, для проведення хімічних реакцій як при кімнатній температурі, так і при нагріванні (нагрівати можна лише на азбестовій сітці, або на водяній бані), для приготування водних розчинів різних сполук.

Колби плоскодонні ***(3)*** застосовують для приготування і зберігання розчинів. Конічні плоскодонні (*колби Ерленмеєра*) використовуються, наприклад, під час титрування розчинів. Колби круглодонні ***(4)*** найчастіше використовують для проведення синтезів. Колби можуть виготовлятися одно-, двох- або тригорлими. Колби Вюрца ***(5)*** використовують як перегінні або реакційні колби з одночасним відведенням газоподібних продуктів реакції. Пробірки Вюрца ***6*** використовують для мікроперегонки або для фільтрування під вакуумом невеликих об'ємів реакційних сумішей.

Колби і стакани, як і інший хімічний посуд, виготовляють зі скла різних сортів. У неорганічному синтезі переважно використовують посуд, який виготовлений з термостійких сортів скла:

Пірекс (температура розм'ягчення > 660 °С);

Молібденове (температура розм'ягчення > 600 °С);

Кварцеве (температура розм'ягчення > 1750 °С).

Йєнське «20», Simax та інші.

Однак деякі колби і стакани можуть бути виготовлені з нетермостійких сортів скла (нейтральне, хімічно-стійке та інші). Вироби з такого скла не можна нагрівати над відкритим полум'ям.

Перехідники ***(7)*** і трійники ***(8)*** служать для з'єднання гумових або шлангів з полівінілхлориду. Бюкси ***(9)*** застосовують для зважування і зберігання невеликих кількостей речовин.

Годинникові скельця ***(10)*** універсальні. Ними накривають хімічні склянки при проведенні синтезу, на них висипають отриману при синтезі речовину для

висушування на повітрі, використовують як тару при зважуванні невеличких кількостей неагресивних речовин.

Чашка Петрі ***(11)*** може бути використана для висушування на повітрі або в ексикаторі речовин і фільтрів з осадами.

Лійки хімічні ***(12)*** призначені для переливання рідин.

Лійки з широким горлом ***(13)*** використовуються для завантаження сипучих речовин.

Лійки із дном у вигляді скляного пористого фільтра (лійки Шотта) ***(14)*** призначені для фільтрування при зниженому тиску.

Крапельні лійки ***(15, 16)*** слугують для додавання реагентів краплями в реакційну суміш. Для вирівнювання тиску в реакційній колбі і в крапельній лійці ***16*** простір над краном лійки з'єднується трубкою з простором під краном. Лійка в цьому випадку закривається зверху пробкою.

Холодильник Лібіха ***(17)*** з прямою внутрішньою трубкою залежно від розташування в приладі може виконувати функції як прямого, так і зворотного холодильника.

Алонжі ***(18)*** – перехідник між холодильником і приймачем, до якого може приєднуватися хлоркальцієвая трубка.

Хлоркальцієва трубка ***(19)*** служить для ізоляції реакційній суміші від дії атмосферної вологи і вуглекислого газу і заповнюється твердим поглиначем, як і осушувальні колонки і U-подібні трубки.

U-подібні трубки ***(20)*** і осушувальна колонка ***(21)*** призначені для осушення газів і очищення їх від домішок за допомогою твердого реагенту.

Товсте скло використовують для виготовлення масивних і міцних виробів (рис. 2).

Ексикатори ***(1)*** призначені для висушування речовин при кімнатній температурі з використанням різних осушувальних засобів: а – вакуумний ексикатор; б – звичайний ексикатор.

Кристалізатор ***(2)*** застосовують для охолодження розчинів і збирання газів під водою.

Колба Бунзена ***(3)*** використовується як приймальна колба для фільтрування під зниженим тиском.

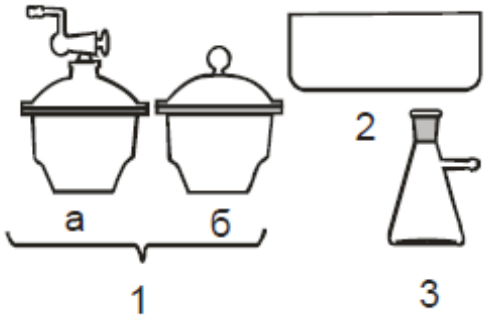


Рис. 2. Скляний хімічний посуд з товстого скла: 1 – ексикатори, 2 – кристалізатор, 3 – колба Бунзена

Фарфоровий (керамічний) посуд. В хімічній лабораторії використовуються керамічні вироби, зважаючи на їх відносно високу механічну міцність і низьку хімічну активність. З кераміки (зокрема, фарфору) роблять масивні кухлі і склянки, лійки Бюхнера, шпателі, ложечки, ступки, трикутники, чашки для упарювання, тиглі, човники тощо (рис. 3).

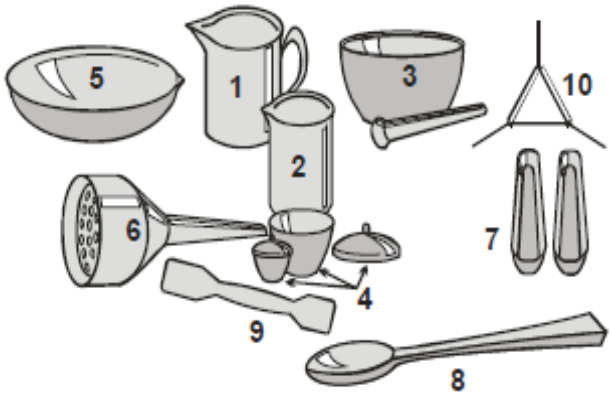


Рис. 3. Фарфоровий хімічний посуд: 1 – чашка, 2 – склянка, 3 – ступка з товкачиком, 4 – тиглі з кришками, 5 – випарювальна чашка, 6 – лійка Бюхнера, 7 – човники, 8 – ложка, 9 – шпатель, 10 – трикутник

Чашки ***(1)*** і склянки ***(2)*** застосовуються для приготування і зберігання миючих засобів. Ступка з товкачиком ***(3)*** служить для розтирання твердих речовин. Тиглі ***(4)*** застосовуються для прожарювання речовин. Випарювальну чашку ***(5)*** застосовують для упарювання розчинів на водяній або піщаній бані або під ІЧ-випромінювачем. Лійка Бюхнера ***(6)*** використовується для фільтрування

через паперовий фільтр при зниженому тиску. Човники ***(7)*** – для проведення синтезів в електричних пічах. Ложкою ***(8)*** і шпателем ***(9)*** беруть реактиви. Трикутник ***(10)*** потрібний для установки тиглів на кільці штатива.

Мірний посуд. Для вимірювань об'єму рідини і для приготування розчинів заданої концентрації використовується мірний посуд різного призначення: мірний циліндр, мірна піпетка, мірна колба (рис. 4). Мірний посуд відкалібрований для 20 °С, і його не можна нагрівати. Мірний циліндр ***(1)*** використовується для виміру відносно великих об'ємів рідини. Точність вимірювань при цьому не дуже велика. Бюретка із скляним краном ***(2)*** або кулькою ***(3)*** дозволяють виливати строго задану кількість рідини з високою точністю (0,1-0,01 мл). Піпетка градуйована ***(4)*** служить для відбору точного об'єму невеликої кількості рідини (0,1-20 мл). Мірна піпетка з однією кільцевою міткою (піпетка Мора) ***(5)*** призначена для відбору строго заданого об'єму рідини. Мірна колба ***(6)*** з кільцевою міткою використовується для приготування розчинів заданої концентрації.

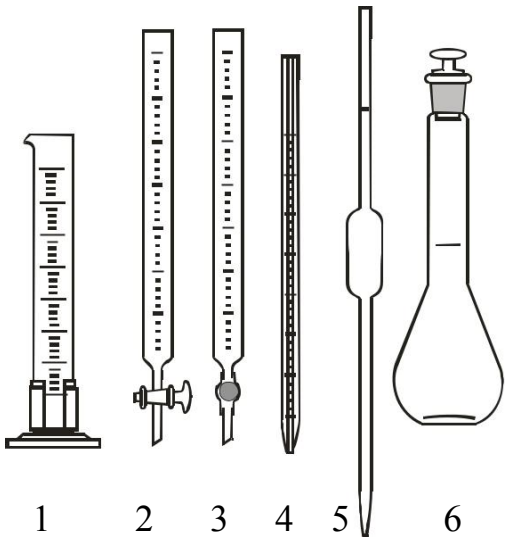


Рис. 4. Мірний посуд: 1 – циліндр, 2 – бюретка з краном, 3 – бюретка з кулькою, 4 – піпетка градуйована, 5 – піпетка Мора, 6 – мірна колба

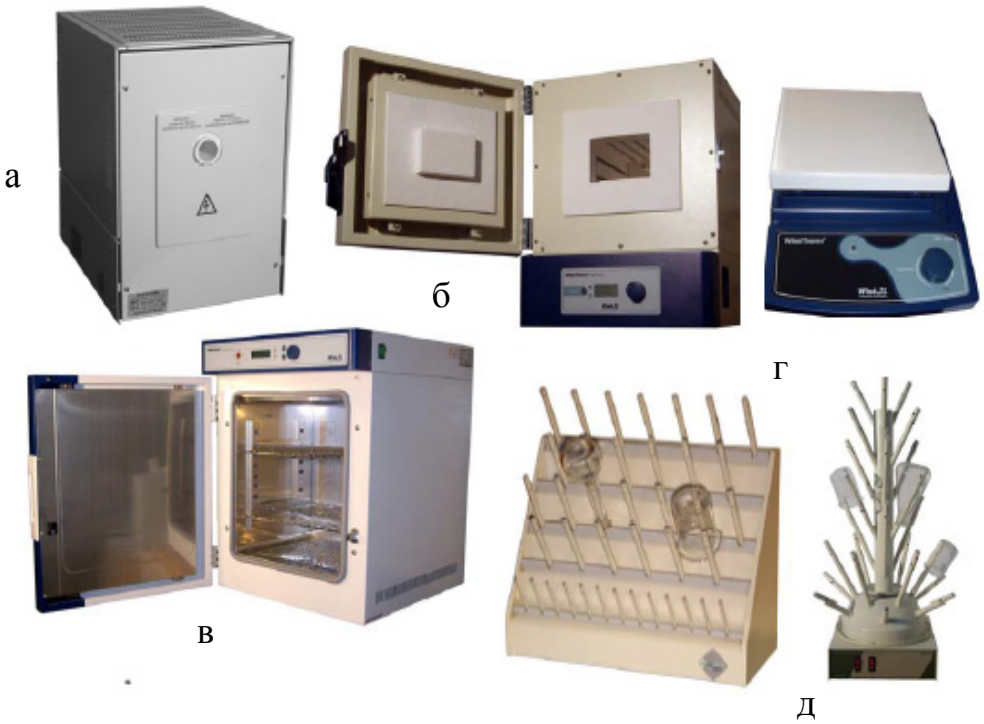
Металеве обладнання. В хімічній лабораторії широко застосовується різноманітне металеве устаткування (рис. 5). Штатив (рис. 5а) служить для закріплення на ньому приладів і є залізним стержнем, укріпленим на важкій залізній підставці. Утримувачі (лапки) служать для закріплення колб, холодильників, бюреток тощо. Кільця використовуються як утримувачі хімічних лійок, фарфо-

рових трикутників для тиглів та ін. Муфти призначені для закріплення лапок і кілець на штативі. Підйомний столик (рис. 5б) використовується за призначенням.

а б

Рис. 5. Штатив з набором затисків і кілець (а) і підйомний столик (б)

Нагрівальні прилади. Окрім електроплиток із закритою спіраллю в лабораторії використовуються бані, колбонагрівачі, електричні печі і сушильні шафи (рис. 6).



а б г в д

Рис. 6. Лабораторні електронагрівальні прилади: а – трубчаста піч, б – муфельна піч, в – сушильна шафа, г – електроплитка з хімічно стійким покриттям, д – пристрої для сушки посуду.

Водяна баня є металевою посудиною, закритою рядом кілець різного діаметру. Такі бані зручні, наприклад, для упарювання розчинів. Чашка з упарюваним розчином не торкається поверхні води і обігрівається водяною парою. Піщану баню застосовують для нагрівання речовин до 200-300 °С і упарювання розчинів. Вона є металевою посудиною (деко), заповненою чистим прожареним піском.

Колбонагрівачі застосовуються найчастіше для нагрівання горючих і легкозаймистих рідин в колбах. Електричні печі з терморегуляторами використовують для нагрівання або прожарювання при високій температурі.

Трубчасті печі (рис. 6а) застосовують для проведення реакцій в потоці газу. Речовини у фарфоровому, кварцевому або металевому човнику вносять в кварцеву або фарфорову трубку, поміщену в трубчасту електричну піч.

Муфельні печі (рис. 6б) використовують для прожарювання при високій температурі.

Електричні сушильні шафи з регулятором температури (рис. 6в) використовують для висушування посуду (але не мірного!), а також речовин, стійких на повітрі і що не розкладаються при нагріванні.

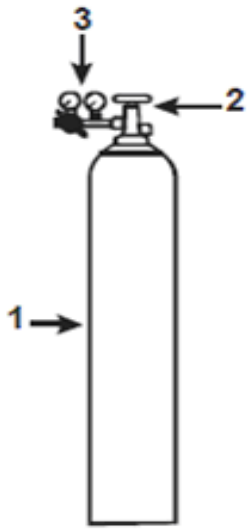


Рис. 7. Балон для зберігання газів: 1 – балон, 2 – вентиль, 3 – редуктор

Газові балони. Газ у балонах (рис. 7) знаходиться під високим (150 атм) тиском в стислому або скрапленому стані, тому балони є джерелом підвищеної небезпеки і їх не можна піддавати тепловій дії або ударам. Балони мають бути надійно закріплені і знаходитися на достатній відстані від джерел тепла. Студентам не дозволяється самостійно відкривати і переміщати газові балони! Для зниження тиску газу на виході з балона встановлюють газовий редуктор ***3***. Не рекомендується безпосередньо приєднувати балон до приладу, краще спочатку заповнити з балону газометр, який потім можна приєднати до приладу.

Газометри. Для збору і зберігання газів на практикумі використовують скляні газометри (рис. 8). Газометр складається з двох частин: лійки ***(1)***, забезпеченої краном ***(2)***, і товстостінної склянки ***(3)*** (газовий резервуар) з трубкою для виходу газу ***(4)*** з краном ***(5)*** і зливним патрубком ***(6)*** знизу для води. Заповнення газометра газом проводиться в два етапи: спочатку його повністю заповнюють водою, потім воду витісняють зібраним газом.

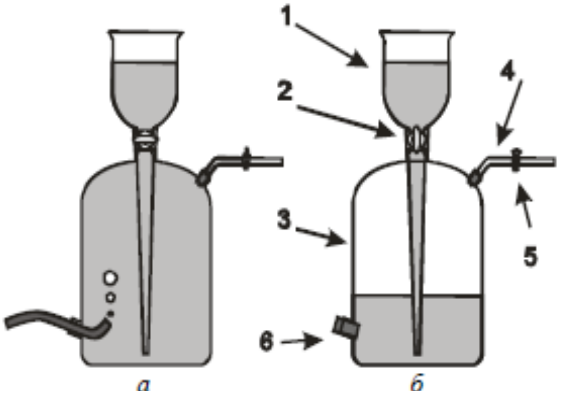


Рис. 8. Газометр: а – перед заповненням газом, б – після заповнення газом 1 – лійка, 2 – кран регулювання подавання води, 3 – склянка, 4 – газовідвідна трубка, 5 – кран регулювання виходу газу, 6 – зливний патрубок

Заповнення газометра водою проводять в наступному порядку: знімається лійка ***(1)*** і заповнюється склянка ***(3)*** доверху водою; відкривається кран ***(2)*** на лійці ***(1)*** і її повільно занурюють в склянку ***(3)***. При цьому лійка ***(1)*** повинна наповнитися водою приблизно на 2/3. Якщо в газометрі залишилися бульбашки повітря, треба видалити їх через відкритий кран ***(2)***, злегка підводячи і опускаючи лійку ***(1)***. Залишки повітря з газовідвідної трубки ***(4)*** треба видалити через кран ***(5)***, потім кран закривають. Заповнення газометра газом з балона проводять в наступному порядку: треба поставити заповнений водою газометр на край столу біля водопровідної раковини; закрити усі крани газометра (крани ***2*** і ***5***) і відкрити зливний патрубок ***6*** газометра; при подаванні газу вода, що витікає, повинна виливатися в раковину; заповнивши газометр газом приблизно на 2/3, треба вийняти газовідвідну трубку, закрити патрубок ***(6)*** пробкою і відкрити кран ***(2)***, який необхідно тримати увесь час відкритим. Отримання потоку газу з газометра: необхідно приєднати газометр до приладу. За допомогою крану

(5) при відкритому крані ***(2)*** встановити необхідний поток газу, при цьому треба стежити за тим, щоб лійка ***(1)*** була заповнена водою.

Апарат Кіппа. З використанням апарату Кіппа в практикумі, як правило, отримують водень, вуглекислий газ і сірководень. Апарат Кіппа (рис. 9) складається з трьох резервуарів ***(1), (2*** і ***4)***, що з'єднуються між собою. Твердий реагент поміщають в середній кулястий резервуар ***(2)*** на пластмасовий кільцевий або фарфоровий вкладиш ***(3)***, що захищає від попадання твердого реагенту в резервуар ***(4)***. Для завантаження апарату Кіппа виймають бічну трубку з краном ***(5)*** і через тубус ***(6)*** поміщають шматки реагенту на кільце ***(3)*** навколо центрального отвору. При включенні апарату Кіппа (кран ***5*** відкритий) рідина з верхнього резервуару перетікає в нижній і піднімається до рівня твердого реагенту (рис. 9б). В результаті реакції починає виділятися газ. Апарат Кіпа здатний автоматично тривало підтримувати заданий струм газу і припиняти отримання газу в разі перекривання виходу, оскільки за рахунок генерації газу рівень рідини опускається нижче твердого реагенту і реакція припиняється. Рідина при цьому перетікає з нижнього резервуару у верхній.

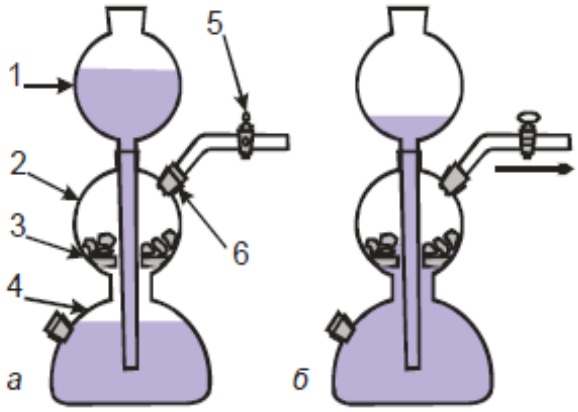
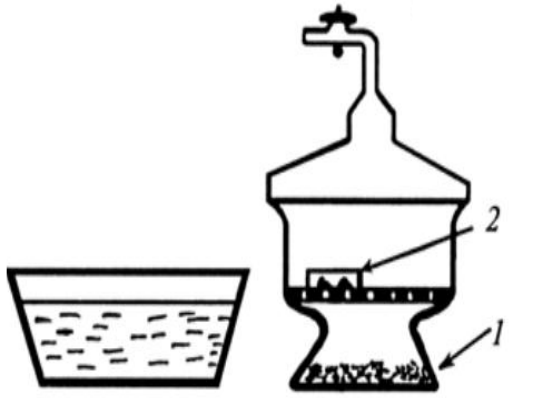


Рис. 9. Апарат Кіппа: а – перед початком роботи: 1, 2, 4 – резервуари, 3 – вкладиш, 5 – кран регулювання подавання газу, 6 – тубус для завантаження центрального резервуару; б – в процесі отримання газу

Кристалізатори (рис. 10а) – це низькобортні посудини, призначені для охолодження речовин в разі їх отримання або кристалізації.

Ексикатори (рис. 10б) – це ємкості з товстостінного скла, що складаються з масивного корпусу і притертої до нього скляної кришки. Вони призначені для випаровування розчинів і висушування твердих речовин.



а б

Рис. 10. Лабораторне обладнання: *а* – кристалізатор; *б* – вакуум-ексикатор (1 – осушувач, 2 – речовина, що висушується)

Розрізняють звичайні і вакуум-ексикатори. Із останніх через трубку з краном за допомогою вакуум-насосів відкачують повітря. Речовину розміщують в ексикаторі в чашці Петрі. Як осушувачі в ексикаторах застосовують прожарений кальцій хлорид, силікагель, фосфор(V) оксид, натронне вапно, натрій гідроксид, магній або натрій сульфат.

Хімічні реактиви. В лабораторії використовують тверді і рідкі хімічні реактиви. Хімічні реактиви виробляють і зберігають в скляних або пластмасових банках з кришками, що щільно закриваються. Кожна банка забезпечується етикеткою з назвою речовини, його хімічною формулою і інформацією про клас чистоти реактиву. На етикетці вказуєть також вміст основної речовини і основних домішок. Існують наступні градації чистоти реактивів з підвищенним ступенем очищення: "техн." – технічний; "ч." – чистий; "ч.д.а." – чистий для аналізу; "х.ч." – хімічно чистий і "ос.ч." – особливо чистий. Реактиви "ч." і " ч.д.а." використовують для проведення більшості дослідів і синтезів. Для технічних цілей, наприклад, для приготування охолоджувальних сумішей або миття посуду, рекомендується брати реактиви "техн." На практикумі тверді реактиви фасують в маленькі склянки місткістю 100-150 мл. Розчини солей розливають по склянках місткістю 250-300 мл. Концентровані розчини кислот, основ і інших реагентів з різкими запахами зберігають у витяжної шафі. Горючі та легкозаймисті рідини зберігають в металевих шафах.

3. ОСНОВНІ ОПЕРАЦІЇ В НЕОРГАНІЧНОМУ СИНТЕЗІ

Зважування хімічних реактивів. Перемішування. Сфери застосування та методи перемішування з урахуванням умов реакції, об'єму реакційної маси та властивостей останньої. Нагрівання. Фільтрування. Сутність процесу, фільтрувальні матеріали, їх вибір. Фактори, що впливають на швидкість фільтрування, методи її підвищення. Перекристалізація. Сфери використання; на чому ґрунтуються методи перекристалізації. Висолювання.

Основні терміни та поняття: зважування; перемішування; нагрівання; охолодження; висушування; фільтрування; перекристалізація; висолювання.

Методи неорганічного синтезу – це сукупність способів, що призводять до створення заданої структури, заданого порядку розташування атомів у молекулі, заданого способу сполучення готових фрагментів у складну молекулу або ґратку. Труднощі розв'язання цієї проблеми пов'язані з тим, що спосіб синтезу, розроблений для одного конкретного об'єкта, часто непридатний для розв'язання іншого, зовні аналогічного завдання. Для конструювання нової складної молекули треба підбирати нові способи.

Проведення хімічного експерименту може передбачати наступні процедури:

- зважування хімічних реактивів;
- перемішування;
- нагрівання, охолодження;
- фільтрування осадів;
- висушування твердих речовин і рідин;
- упарювання розчинів.

Перш ніж приступати до роботи з хімічними реактивами, необхідно ознайомитися із правилами роботи з ними:

- тверді хімічні реактиви відбирають із банок спеціальними шпателями (порцеляновими, металевими, скляними, пластмасовими) або порцеляновими ложечками;
- для подрібнювання та змішування хімічних реактивів використовують ступки. Спільне перетирання речовин дозволяє отримувати досить тонкі

суміші реагентів. **Забороняється спільно перетирати окисники та відновники, щоб уникнути вибуху!**

- для завантаження твердих речовин у реакційні колби застосовують спеціальні лійки із широким горлом;
- рідини переливають через хімічні лійки. Склянку, з якої наливають рідину, тримають етикеткою в руці щоб уникнути її забруднення і псування;
- кришки і пробки від банок з реактивами кладуть на стіл у перевернутому виді;
- невитрачені реактиви в жодному разі не висипають (не виливають) назад у банки;
- для проведення якісних дослідів суху речовину беруть у кількості, що закриває дно пробірки, а розчин – близько 1-2 мл.

Зважування

Зважування неагресивних речовин. Зважування на вагах завжди проводять із використанням тари. Хімічні речовини ніколи не поміщають безпосередньо на чашку ваг. Як тару використовують склянки для зважування або бюкси. Допускається зважування на годинному скельці або кальці. Не допускається зважування нагрітих або гарячих предметів.

Зважування агресивних речовин. Агресивні речовини зважують тільки в закритих бюксах. Ампули, пробірки і приймачі з отриманою речовиною зважують у скляному стакані.

Узяття наважок сипучих речовин. Стаканчик для зважування помістіть на чашку ваг (рис. 11) і запишіть його масу або обнуліть показання ваг, натисканням відповідної клавіші. Зніміть стаканчик з чашки ваг, поставте на чистий аркуш паперу, перенесіть у нього речовину, що зважується, та знову помістіть на чашку ваг. Якщо маса речовини не відповідає заданій, то стаканчик з речовиною зніміть з чашки ваг і додайте (або відберіть) необхідну кількість речовини.

Рис. 11. Лабораторні ваги

Для взяття точної наважки допускається додавати на вагах невелику кількість речовини. При зважуванні не поміщайте речовину в тару над вагами, тому що речовина може потрапити на ваги і забруднити їх. У цьому випадку необхідно негайно ж виключити ваги, протерти їх і лише потім повторити зважування.

Перемішування

Крім перемішування вручну (струшування або перемішування за допомогою скляної палички), у препаративній хімії використовуються ***механічні*** та ***магнітні мішалки*** (рис. 1 2) с регульованою швидкістю обертання. Перемішування за допомогою механічної мішалки забезпечується за рахунок обертання електромотора. Роботу мішалки перевіряють, поступово збільшуючи її швидкість. Перемішування реакційної суміші за допомогою магнітної мішалки забезпечується обертанням "якірця" (сердечника), якій являє собою невеликий сталевий стрижень у скляній, поліетиленовій або тефлоновій оболонці), що приводиться в рух постійним магнітом, який обертається в корпусі, виконаному у вигляді столика. Деякі типи магнітних мішалок передбачають нагрівання реакційної суміші.

Рис. 12. Лабораторні мішалки:
а – механічна; б, в – магнітні

Нагрівання. Охолодження

Нагрівання пробірок. У разі нагрівання в пробірці невеликих кількостей розчину необхідно закріпити її у тримачі або лапці штатива в злегка нахиленому положенні (отвір пробірки повинний бути спрямований від себе і від сусідів). Обережно прогріти всю пробірку полум'ям спиртівки, потім довести до кипіння спочатку верхній шар рідини, а потім, опускаючи полум'я, увесь вміст пробірки.

Нагрівання плоскодонного посуду. Нагрівання розчинів у хімічному стакані або плоскодонній колбі проводять на електричній плитці або банях різного типу.

Нагрівання розчину в круглодонній колбі. Для нагріванні розчину в круглодонній колбі її необхідно закріпити в лапці штатива. Для нагрівання також використовують електроплитки, колбонагрівачі, бані.

Нагрівання твердих речовин. Для нагрівання використовують керамічні тиглі, що витримують температуру вище 1000 °С. Для нагрівання в тиглях до температур порядку 300 °С можна використовувати електроплитку. Нагрівання в тиглях при більш високих температурах ведеться в ***муфельних*** або ***трубчастих*** печах. При використанні останніх застосовують горизонтальні реакційні трубки, у які поміщають кварцові або порцелянові човники.

Охолодження. Для охолодження реакційної посудини її поміщають у баню (кристалізатор) або хімічну склянку з охолодженою сумішшю. Як охолоджувальні суміші використовують лід з водою або лід із сіллю (табл. 1), звичайно хлоридом натрію.

Таблиця 1

Склад і мінімальна температура деяких охолоджувальних сумішей

Сіль	NH_4NO_3	$NaNO_3$	NaCl	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$
Кількість солі (г) на 100 г льоду	45	59	33	143
T_{min}, °С	– 17,3	– 18,5	– 21,2	– 40

Присутність води в суміші необхідна для більш ефективного охолодження реакційної посудини, тому що повітря є поганим провідником тепла. Для отри-

мання охолоджувальної суміші льоду з водою загорніть шматок льоду в рушник і розбийте молотком на дрібні шматки. Здрібнений лід помістіть в кристалізатор (стакан) і додайте води. Замість льоду можна використовувати сніг.

Фільтрування

Для відділення осадів використовуються фільтри. У практикумі застосовуються паперові та скляні пористі фільтри.

Паперовий фільтр виготовляють з фільтрувального паперу різної щільності та використовують для фільтрування на хімічній лійці або лійці Бюхнера. Випускаються також готові фільтри, нарізані кругами різного діаметру з фільтрувального паперу різної щільності, яку можна визначити за допомогою кольору стрічки, що скріплює пачку.

Прийняте наступне маркування паперу, виходячи з його щільності:

Чорна стрічка – швидко фільтруючі фільтри;

Біла стрічка – папір середньої проникності;

Синя стрічка – щільні фільтри для відділення дрібнозернистих осадів.

Недолік паперових фільтрів – низька хімічна стійкість до агресивних реагентів.

Скляний пористий фільтр із вплавленою фільтруючою пластиною з пресованого (пористого) скла є стійким до дії агресивних реагентів і придатний для фільтрування кислот і лугів. Випускаються фільтри чотирьох типів з порами різної величини, що позначається відповідними номерами фільтра (табл. 2).

Таблиця 2

Типи скляних пористих фільтрів

Маркування	Пористість	Дисперсність осаду
S1	Пор 160	Крупнокристалічний
S2	Пор 100	Кристалічний
S3	Пор 40	Дрібнокристалічний
S4	Пор 16	Дуже дрібнокристалічний

Фактори, які суттєво впливають на швидкість фільтрування:

1. ***Товщина шару осаду.*** Чим більше висота осаду, тим менше швидкість фільтрування, але ступінь очищення вище.

2. ***Структура осаду.*** Чим більше розміри каналів в осаді, тим більше швидкість фільтрування.
3. ***Тиск.*** Зі збільшенням тиску швидкість фільтрування зростає, але це тільки в тому випадку, якщо осад кристалічний, тобто не стискується. Якщо осад є аморфним, то зі збільшенням тиску канали пор в осаді зменшуються і швидкість фільтрування зменшується.
4. ***Температура.*** З підвищенням температури в'язкість суспензії зменшується і швидкість фільтрування збільшується. Отже, фільтрування доцільно вести при підвищеній температурі, яка обмежується фізико-механічними властивостями фільтруючої перегородки.

Фільтрування через хімічну лійку

Для фільтрування через хімічну лійку використовують ***гладкий*** або ***складчастий*** паперовий фільтр. Залежно від завдань практикуму проводиться фільтрування через лійку, як при кімнатній, так і при підвищеній температурі («гаряче фільтрування»).

Гладкий фільтр виготовляють з круглого фільтра, відповідного до розміру лійки, або вирізують з квадратного аркуша фільтрувального паперу. Для цього фільтрувальний папір складають навпіл і ще раз навпіл і обрізають по дузі за розміром лійки. Отриманий конус вставляють у лійку і змочують дистильованою водою. Фільтр усією поверхнею повинен щільно прилягати до стінок лійки. Скляну лійку з паперовим фільтром поміщають у кільце штатива так, щоб нижній кінець її стикався зі стінкою стакану, у який фільтрують розчин. Розчин, що фільтрується зі скаламученим осадом переносять на фільтр вдовж скляної палички (рис. 13*а)*.

Складчастий фільтр використовують для прискорення фільтрування, особливо гарячого, коли неприпустиме охолодження розчину, який фільтрують. Складчастий фільтр можна виготовляти з гладкого (рис. 13*б*). Рекомендований розмір складок по краю фільтра близько 5-8 мм.

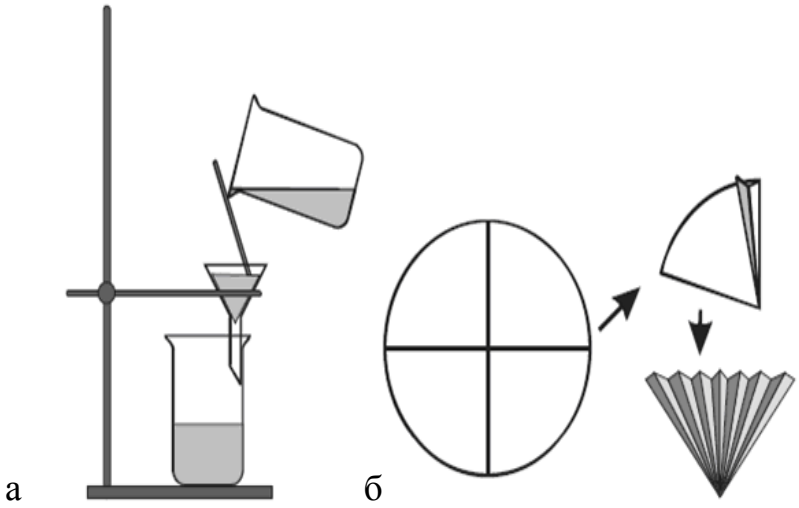


Рис. 13. Фільтрування: а – фільтрування через хімічну лійку, б – виготовлення складчастого фільтра

Гаряче фільтрування. Гарячий розчин фільтрують для відділення від механічних домішок і адсорбенту. Щоб запобігти виділенню речовини на фільтрі, застосовують різні методи. Гарячий насичений розчин речовини швидко виливають на паперовий фільтр, поміщений у скляну лійку, яка нагрівається за допомогою лійки для гарячого фільтрування. Фільтрат збирають у стакан або конічну колбу (рис. 14). У разі утворення на фільтрі кристалів речовини їх промивають невеликою кількістю гарячого розчинника.

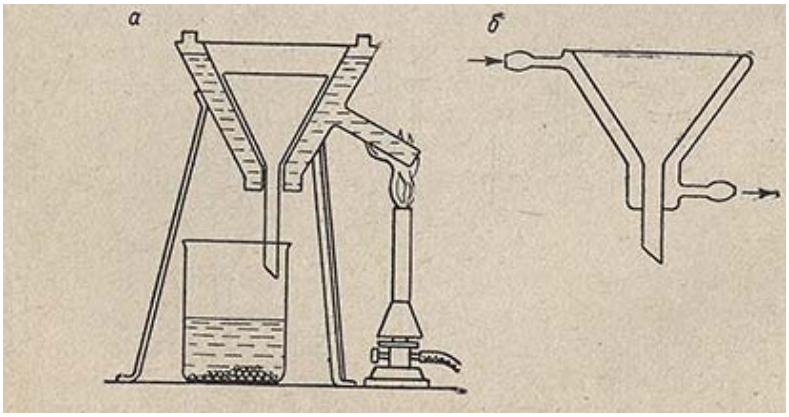


Рис. 14. Лійка для гарячого фільтрування: а – металева, б – скляна

Фільтрування під зменшеним тиском

Для прискорення фільтрування його проводять під зменшеним тиском на лійці Бюхнера або лійці зі скляним фільтруючим дном. Приймачем фільтрату як правило є товстостінна колбу Бунзена (рис. 1 5). Для створення розрідження

використовують водоструминний або масляний насос. Між колбою Бунзена і водоструминним насосом поміщають порожню запобіжну склянку для запобігання перекидання води з водоструминного насоса в колбу Бунзена. Колба повинна бути закрита захисним кожухом або сіткою.

Для проведення фільтрування необхідно помістити на дно лійки Бюхнера два паперові фільтри: нижній – відповідно розміру дна лійки, діаметр верхнього повинен бути на 0,5–1,0 см більше діаметра дна лійки. Ці фільтри потрібно змочити водою, а край верхнього розправити по стінках лійки за допомогою оплавленої скляної палички. Після цього потрібно включити насос, щоб фільтри щільно пригорнулися до дна лійки.

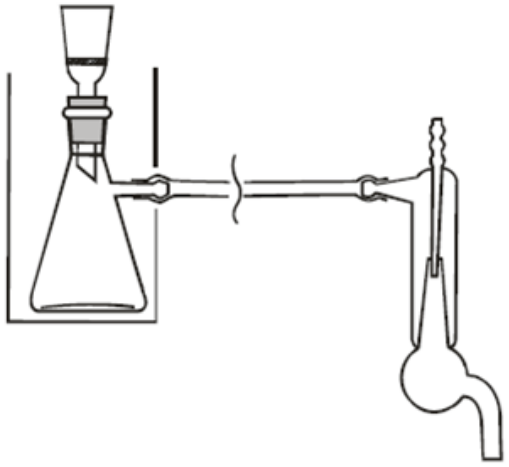


Рис. 15. Фільтрування під зменшеним тиском

Процедура фільтрування проводиться в такий спосіб. При виключеному водоструминному насосі переносять на лійку Бюхнера вздовж скляної палички розчин зі скаламученим осадом таким чином, щоб осад рівномірно розподілився по всій поверхні фільтра, а потім включають насос. Фільтрування вважається закінченим, якщо на кінці лійки не з'являються нові краплі.

Для промивання осаду на фільтрі спочатку виключають насос, додають до осаду промивну рідину і проводять повторне фільтрування.

Висушування

Після відділення твердої речовини від розчину проводять стадію висушування.

Висушування в сушильній шафі. Речовини, стійкі на повітрі, що не розкладаються в результаті нагрівання, можна сушити в сушильній шафі до сталої маси. Суха речовина не повинна прилипати до скляної палички і стінок посудини. Кристалогідрати та інші речовини, що не витримують нагрівання, сушать на повітрі або в ексикаторі.

Висушування на повітрі невеликої кількості речовини здійснюють на годинному склі або в чашці Петри. Речовини насипають тонким шаром.

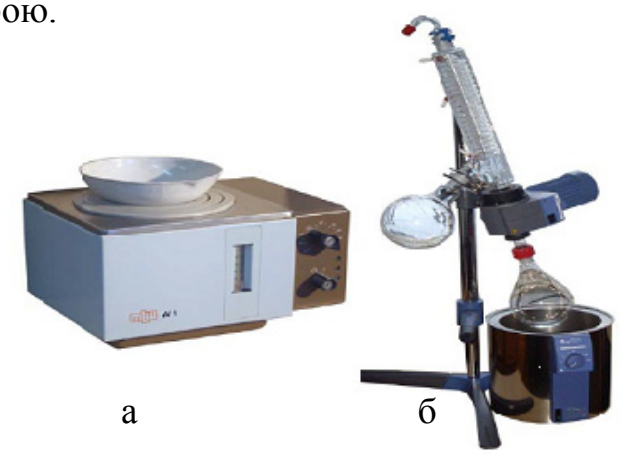
Висушування в ексикаторі проводять над водовіднімаючим реагентом:

- Na_2SO_4 б/в $\rightarrow$ $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
- $Na_{(мет.)} \rightarrow NaOH + H_2$
- $CaH_2 \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2$
- $CaCl_2$ б/в $\rightarrow$ $CaCl_2 \cdot 6H_2O$

Упарювання розчинів – операція видалення розчинника шляхом випару з метою підвищення концентрації розчину або виділення речовини, що міститься в ньому.

Швидкість випару рідини залежить від ряду факторів: температури, тиску, площі поверхні випару.

Упарювання розчину можна проводити при атмосферному тиску на водяній бані (рис. 16*а*). Випарювальна чашка з розчином поміщується на водяну баню таким чином, щоб дно чашки не торкалося поверхні води, а тільки обігрівалося водяною парою.



а б

Рис. 16. Прилади для упарювання розчинів: а – водяна баня, б – ротаційний випарник

Більш сучасним приладом для упарювання розчинів є вакуумний ротаційний випарник (рис. 1 6*б*), який дозволяє проводити цю операцію при: 1) зниженому тиску; 2) підвищенні температури; 3) обертанні колби з розчином (для збільшення поверхні випару).

Виділення речовин з розчину кристалізацією і висолюванням

Для виділення речовин з розчину використовують процес кристалізації.

Кристалізація – процес виділення розчиненої речовини у кристалічному стані за допомогою охолодження гарячого насиченого розчину. При цьому, чим нижча температура охолодження, тим більша кількість кристалів випаде в осад. Розчин, який після цього можна відфільтрувати від осаду, буде насиченим при даній температурі, і з нього можна додатково виділити деяку кількість розчиненої речовини шляхом подальшого охолодження або упарювання.

Кристалізацію починають з розчинення речовини, яку необхідно перекристалізувати, в розчиннику. Розчинник нагрівають до кипіння для отримання максимально насиченого при даній температурі розчину. Якщо розчин містить деякі механічні домішки, їх відфільтровують.

Кристалізацією отримують речовину в кристалах середнього розміру. Якщо утворюються великі кристали, вони часто містять включення маточного розчину і деякі домішки. І навпаки, малі кристали – вільні від домішок, утворюють густу масу, між частинками якої дуже міцно втримується маточний розчин, який відділити від них дуже важко. Тому при подальшому висушуванні кристали будуть забруднені домішками. Через це рекомендується проводити охолодження повільно, що дає можливість отримати великі кристали. Взагалі, встановити кристалічну структуру малих кристалів дуже важко, що лишає хімію можливості використовувати один з важливих критеріїв чистоти речовини. Якщо внаслідок кристалізації утворились дуже малі кристали, їх знову розчиняють при нагріванні. Осад, що випав, відділяють шляхом фільтрування під вакуумом від маточного розчину, віджимають і промивають невеликою кількістю розчинника. Маточний розчин знову випарюють до половини і знову кристалізують при охолодженні. Відфільтровану речовину, яка знаходиться на фільтру-

вальному папері, накривають другим шматком фільтрувального паперу і сушать на повітрі. В деяких випадках сушку проводять в ексикаторах, але тільки тоді, коли речовина не втрачає кристалізаційної води.

Виділення речовин з водного розчину з відповідною кількістю кристалізаційної води, необхідно вести в тих інтервалах температур, при яких даний кристал стійкіший. Наприклад, якщо кристалогідрати речовини $MX_2 \cdot 8H_2O$ стійкі при температурі нижче 20 °С, $MX_2 \cdot 6H_2O$ – при температурі нижче 40 °С, $MX_2 \cdot 2H_2O$ – при температурі нижче 70 °С, то при охолодженні гарячого насиченого розчину до 15 °С – в осад випадуть всі кристалогідрати. Для добування кристалогідратів $MX_2 \cdot 6H_2O$ необхідно приготувати насичений розчин при температурі нижче 70 °С і охолодити його до температури вище 40 °С (43-45 °С). Для добування кристалів $MX_2 \cdot 2H_2O$ кристалізацію необхідно проводити при температурі 35-38 °С. Тому, якщо речовина утворює декілька кристалогідратів, випарювання речовини до початку кристалізації з послідуючим охолодженням, взагалі дає суміш кристалогідратів. Іноді необхідно добути речовину у вигляді великих кристалів з чітко сформованими ребрами. В цьому випадку кристалізацію добре розчинних речовин проводити не важко, а для погано розчинних речовин необхідно використовувати спеціальні методи. Один з них – це **метод безперервної подачі насиченого розчину при сильному помішуванні розчину** (рис. 17). При цьому на скляній паличці, яка є продовженням осі електромотора, занурюється затравка. Це дає можливість швидкого нарощування великих кристалів.

Другий метод нарощування кристалів – це **нарощування в потоці (**рис. 18). При цьому утворюється потік рідини при обертанні мішалки, яка рухається зі швидкістю 2-2,5 м/с. Цей метод використовується для кристалізації погано розчинних речовин або речовин, що утворюють малі кристали.

Гарячий насичений розчин виливають у посудину і включають мішалку. При цьому охолодження розчину здійснюється за рахунок дійсної тепловіддачі. В цьому приладі можна швидко вирощувати великі кристали, використовуючи затравку. В ліве коліно на дно посуду кладуть деяку кількість речовини, потім

наливають її насичений розчин. Затравку занурюють у праве коліно. Низ лівого коліна нагрівають, а потім включають мішалку, але швидкість обертання роблять невеликою. В цьому випадку буде утворюватися різниця в температурах рідини в лівому і правому колінах і до затравки безперервно буде надходити насичений розчин.

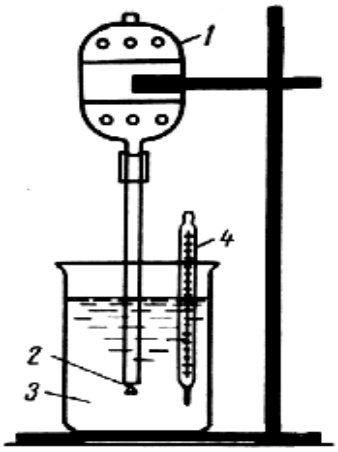


Рис. 17. Прилад для швидкого нарощування монокристалів: мотор (1); затравка (2); насичений розчин солі (3); термометр (4)

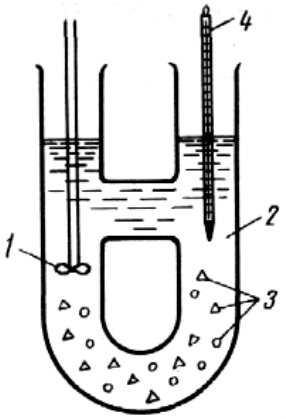


Рис. 18. Прилад для нарощування монокристалів в потоці рідини: мішалка (1); насичений розчин солі (2); кристали (3); термометр (4)

Апарати для кристалізації можуть бути різних видів, в яких:

Кристалізація здійснюється на охолоджувальних поверхнях.

В цих апаратах пересичення створюється безпосередньо на теплообмінній поверхні, в інших частинах кристалізатора рівень пересичення нижчий. Це призводить до інкрустації охолоджуваної поверхні і обмеження продуктивності установки. Для періодичної роботи це прийнятно, оскільки при заливці розчину інкрустація розчиняється. У безперервному режимі така кристалізація ведеться лише тоді, коли низький робочий тиск створює вакуумну кристалізацію. У таких випадках застосовуються апарати з дуже великою теплообмінною поверхнею.

Здійснюється вакуумна кристалізація

Вакуумна кристалізація – переважний метод безперервної кристалізації. Охолоджування відбувається в результаті адіабатичного розширення розчинника, тобто проблеми інкрустації не виникає. Вакуумна кристалізація не економічна тільки в тих випадках, коли повинна проводитися при дуже низьких температурах.

Здійснюється випарна кристалізація

Випарна кристалізація, як і вакуумна, перебігає при зниженому тиску. Але на відміну від вакуумної кристалізації, цей процес не залежить від концентрації і температури початкового розчину. Система працює з підведенням теплоти, тому концентрацію маточника можна регулювати. Як і у разі вакуумної кристалізації, в цих апаратах не виникає проблеми інкрустації, якщо не допускати кипіння на гріючій поверхні.

Кристалізація в умовах хімічної реакції (хімічного осадження)

Пересичення можна створити за рахунок проведення хімічних реакцій. Речовина, що утворюється в результаті, виділяється з розчину у вигляді кристалічної фази. Такий хімічний метод кристалізації використовується в аналітичній практиці, а також у ряді технологічних схем.

Так, наприклад, у разі очищення природних і стічних вод найчастіше проводять кристалізацію карбонатів, сульфатів і гідроксидів металів з незначною розчинністю. Використання для очищення кристалізації погано розчинних речовин обумовлено головним чином однією причиною – повнотою осадження.

Як приклад можна навести отримання кристалічного амоній сульфату шляхом нейтралізації розчинів сульфатної кислоти аміаком. У виробництві кальцинованої соди проміжний продукт (натрій гідрокарбонат $NaHCO_3$) також отримують унаслідок хімічної реакції, що перебігає під час абсорбції аміачно-соляним розчином діоксиду карбону. Іншими способами отримання кристалічних продуктів в результаті хімічних реакцій є:

- кристалізація амоній хлориду в ході нейтралізації газоподібним аміаком водних розчинів NH_4C1, насичених хлористим воднем;
- осадження дрібнокристалічного барій сульфату в ході обробки розчинів солей барію (наприклад, $BaCl_2$) сульфатною кислотою або сірчанокислими солями (наприклад, Na_2SO_4);
- кристалізація барій нітрату в ході зливання насичених розчинів барій хлориду і амоній нітрату.

Висолювання – це процес виділення речовини з розчину за допомогою пова-

реної солі. При цьому в розчин додають сіль до утворення насиченого розчину. Для висолювання використовують добре очищену, а не технічну сіль, тому що остання може містити деякі домішки, які будуть негативно впливати на процес виділення. У ході додавання кухонної солі до водного розчину густина його зростає до 1,2 і, таким чином, між компонентами розчину досягається більша різниця в їх густинах. Саме це сприяє кращому виділенню компонентів розчину. Необхідно відзначити, що рідина із густиною більше 1 і менше 1,2 буде спливати на поверхню насиченого розчину солі і тонути в чистій воді.

Висолювання використовують для розділення стійких емульсій, якщо густина рідини, яку необхідно виділити, знаходиться в межах 0,8-1,2 г/см^3.

Характерними прикладами процесів висолювання є: кристалізація залізного купоросу з травильних розчинів при додаванні в них концентрованої сірчаної кислоти, висолювання NaCI з соляних розчинів за рахунок введення в них хлористого магнію або хлористого кальцію; отримання безводного сульфату натрію додаванням до його розчинів NaCI.

Питання для самоконтролю і перевірки засвоєних знань і навичок

1. Перемішування. Сфери застосування та методи перемішування з урахуванням умов реакції, об'єму реакційної маси та властивостей останньої.
2. Охолодження. Охолоджувальні агенти.
3. Кристалізація. Сфери використання. На чому ґрунтуються методи кристалізації?
4. На чому заснована очистка твердих речовин засобом перекристалізації?
5. Як очищують солі, розчинність яких мало змінюється зі зміною температури?
6. Для чого під час кристалізації необхідно безперервно перемішувати розчин?
7. Які засоби фільтрування відомі та як вони застосовуються?
8. Які фактори впливають на швидкість фільтрування? Як проводиться вибір фільтруючого матеріалу?
9. В яких випадках у ході гарячого фільтрування виникає кристалізація на фільтрах?
10. Які засоби промивання осаду відомі? В яких випадках промивають осад декантацією?

4. **МЕТОДИ ОЧИСТКИ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК**

Методи очистки неорганічних сполук. Перегонка. Перегонка при атмосферному тиску; перегонка при зменшеному тиску (вакуум-перегонка) та перегонка з водяною парою. Перекристалізація, сфери її використання; на чому ґрунтуються методи перекристалізації. Сублімація. Аналіз синтезованих речовин. Ідентифікація речовин.

Основні терміни та поняття: методи очистки, перегонка, перекристалізація, сублімація, ідентифікація речовин.

Методи очистки речовин залежать від їх властивостей та застосування. У хімічній практиці найбільш поширені наступні методи: перегонка (дистиляція), перекристалізація, сублімація. Очистка газів, як правило, здійснюється за допомогою поглинання газоподібних домішок речовинами, що реагують з цими домішками.

Перегонка – це процес відділення рідини від розчинених у ній твердих речовин або менш летких рідин. Перегонка заснована на перетворенні рідини в пару з наступною конденсацією пари в рідину. У порівнянні з перекристалізацією (див. далі) перегонка при менших витратах часу дає, як правило, більший вихід чистого продукту. Перегонкою користуються тоді, коли речовини, які переганяються, у ході нагрівання не зазнають яких-небудь змін або коли рідини, які очищуються, мають певну різницю температур, але не занадто високу температуру кипіння.

Розрізняють три способи перегонки рідин:

а) *при атмосферному тиску (проста перегонка);*

б) при зменшеному тиску (вакуум-перегонка);

в) перегонка з водяною парою.

Проста перегонка застосовується тоді, коли треба відокремити цільовий продукт від практично нелетучих домішок.

Перегонку при низькому тиску (вакуум-перегонку) застосовують, якщо рідина, що підлягає перегонці у звичайних умовах, не витримує нагрівання до температури її кипіння. Установка для такої перегонки більш складна.

Для відгону речовин, нерозчинних у воді, використовують перегонку з водяною парою. Перегонка з водяною парою має переваги перед звичайною в тому, що вона може бути селективною. Одні речовини переганяються з парою, інші зовсім не переганяються, або ж переганяються дуже повільно. Деякі з речовин переганяються настільки повільно, що представляється неможливим чітко розделити їх. Ці особливості та переваги перегонки з водяною парою дозволяють, наприклад, розганяти природні масла і смоли на фракції, одні з яких переганяються з водяною парою, а інші – ні. Сутність такої перегонки полягає в пропущенні струменя пари через гарячу суміш речовини, що переганяється, і води. Перегонка ведеться при температурі кипіння води – 100 °С. Пари води захоплюють із собою пари летких продуктів, а оскільки вони не змішуються з водою, то легко відділяються від дистиляту. Така перегонка застосовується для відділення летких органічних речовин від смолистих речовин, які утворюються в ході синтезу. Використовуючи перегонку з водяною парою, можна регенерувати нелетучі тверді речовини з їх розчинів у висококиплячих розчинниках, таких, наприклад, як нітробензол (темп. кип. 210 °С). Речовини, нелетких з водяною парою, можна очистити від слідів розчинників при порівняно низькій температурі описаним вище способом.

Перекристалізація заснована на зміні розчинності речовини в розчиннику в залежності від температури. Ця температурна залежність виражається кривими розчинності. Якщо сіль містила малі кількості інших розчинних у воді речовин, тоді насичення щодо останніх не буде досягнуто в разі зниження температури, і вони не випадуть в осад разом із кристалами солі, яка очищується. Перекристалізацію речовин здійснюють за такими етапами:

а) готують розчин речовини;

б) охолоджують розчин до початку кристалізації;

в) після завершення кристалізації відокремлюють кристали від маточного розчину.

Для успішного проведення перекристалізації вирішальне значення має правильний вибір розчинника. Вибір здійснюють, виходячи з основних вимог до розчинника:

- значна різниця між розчинністю речовини в певному розчиннику при кімнатній температурі та при нагріванні;
- розчинник повинен розчиняти при нагріванні тільки речовину, що очищується, і не розчиняти домішки. Ефективність перекристалізації зростає в разі збільшення різниці в розчинності речовини, що очищується, і домішок;
- розчинник повинен бути індиферентним як до речовини, що очищується, так і до домішок;
- температура кипіння розчиннику повинна бути нижче температури плавлення речовини, що очищується, на 10-15 °С, інакше охолодження розчину призведе до виділення речовини не в кристалічній формі, а у вигляді масла.

Як розчинники для перекристалізації використовують воду, спирти, бензол, толуол, ацетон, хлороформ та інші органічні розчинники або їх суміші. Щоб отримати речовину високого ступеня чистоти, перекристалізацію повторюють кілька разів.

Сублімація – метод застосовується для очищення твердих речовин, здатних під час нагрівання переходити безпосередньо з твердої фази в газоподібну, минаючи рідку фазу. Сублімацією користуються тоді, коли основна речовина, на відміну від домішок, має властивість сублімуватися. Сублімацією можна очистити йод, амоній хлорид, сульфур, нафтален та ін. Для малолетких речовин сублімацію краще вести у вакуумі. Для цього використовують спеціальні сублімatори, які підключають до вакуумного насосу для зниження тиску. Потім нагрівають речовину, яку необхідно очистити.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Ідентифікація неорганічних сполук може містити в собі наступні процедури:

- дослідження хімічних властивостей;
- мікроскопічне дослідження;
- визначення температури плавлення;
- визначення температури кипіння;
- визначення густини;
- рентгеноструктурний і рентгеноспектральний аналіз;
- термогравіметричний аналіз;
- спектроскопічне дослідження:
- електронну спектроскопію;
- ІЧ-спектроскопію;
- МР-спектроскопію.

Дослідження хімічних властивостей

Отримані сполуки ідентифікують на підставі сукупності хімічних реакцій, що характеризують властивості досліджуваних речовин.

Для вивчення хімічних властивостей береться невелика проба речовини або її розчину в кількості не більш 0,1 г сухої речовини або 1-2 мл розчину. Суха речовина, якщо потрібно, розчиняється в 1-2 мл води. До розчину піпеткою додається трохи крапель розчину реагенту. При цьому необхідно уважно стежити за змінами, що відбуваються. У разі необхідності реакційну суміш у пробірці нагрівають за допомогою електричного нагрівача або спиртівки.

Мікроскопічні дослідження

Кристалічні речовини характеризуються своєю формою кристалів, що може допомогти під час ідентифікації отриманих сполук. Як правило, форму кристалів визначають за допомогою мікроскопів. Речовину поміщають на предметний столик мікроскопа і розглядають у відбитому або минаючому світлі. У практикумі використовуються сучасні стереомікроскопи з різною кратністю збільшення

(рис. 19). Крім того, деякі з них дозволяють виводити зображення кристалів на монітор комп'ютера.

Рис. 19. Лабораторні стереомікроскопи:
а – Carl Zeiss Stemi DV 4,
б – Carl Zeiss Stemi 2000 C з блоком документування світлооптичних досліджень

Температура плавлення ($T_{пл.}$) – стала величина для кожної кристалічної речовини, що не містить домішок. Наявність домішок звичайно знижує величину $T_{пл}$. Таким чином, значення температури плавлення є показником чистоти речовини.

Визначення температури плавлення за допомогою нагрівального столика "Боеціус" (рис. 20). Візуальне обладнання нагрівального столика дозволяє спостерігати речовину і термометр в окулярі в роздільному полі.

Рис. 20. Столик "Боеціус" – прилад для виміру температури плавлення

Нагрівальний столик такого типу споряджено двома термометрами з діапазонами вимірювань 20-360 °С і 70-360 °С. Невелику кількість тонко розтертої речовини насипають на предметне скло і поміщають на нагрівальний столик. В окулярі в роздільному візуальному полі одночасно спостерігають температуру і картину плавлення кристалів. У результаті плавлення речовина стає прозорою.

Температура кипіння ($T_{кип}$)**.** Кипіння – це процес інтенсивного випаровування рідини не тільки з її вільної поверхні, але і з усього її об'єму за рахунок утворення бульбашок пару. Кожна речовина має постійну температуру кипіння, при якій тиск насиченої пари дорівнює зовнішньому тискові. Температура кипіння поряд з температурою плавлення є важливою фізико-хімічною характеристикою речовини. Вона сильно залежить від зовнішнього тиску. Дані про температуру кипіння є важливими в разі фракційної перегонки сумішей. Визначення температури кипіння для дуже малих кількостей рідин утруднено і не дає точних результатів. Найбільш достовірні дані можна одержати в разі звичайної перегонки індивідуальної речовини. У більшості випадків за температуру кипіння приймають інтервал температур перегонки речовини. Чим речовина чистіше, тим менша різниця температур початку і кінця перегонки. Однак домішки в невеликих кількостях меншою мірою впливають на температуру кипіння, ніж на температуру плавлення. Через вплив різних параметрів на величину температури кипіння, вона є менш надійним критерієм чистоти речовини у порівнянні з температурою плавлення. Для визначення температури кипіння в колбу Вюрца наливають 5-6 мл рідини, що досліджується, вкидають 2-3 кип'ятильники, колбу закривають пробкою з термометром (ртутна кулька термометру повинна бути на 3-4 мм нижче ніж отвір відвідної трубки), приєднують водяний холодильник Лібіха з алонжем. Вільний кінець алонжу опускають в колбу-приймач. Обережно нагрівають колбу з рідиною полум'ям пальника до початку перегонки рідини. Після того, як відгониться 1-2 мл рідини, відмічають температуру кипіння речовини.

Густина речовини. Густина – одна з характерних констант чистої речовини. Вона змінюється зі зміною температури. Найчастіше визначають відносну густину. Стандартом служить вода при 4 °С, густина якої в цих умовах наближується до одиниці (0,999997 г/см^3). Густину речовини визначають в пікнометрі ємкістю 1-4 мл. Перед роботою його ретельно миють ацетоном, спиртом, діетиловим етером і сушатьув сушильній шафі. Сухий охолоджений пікнометр зважують на аналітичних терезах (m_n) і визначають водне число. Для цього об-

раховують масу води в об'ємі даного пікнометру при 20 °С і приводять її до маси води при 4 °С. Попередньо дистильовану воду кип'ятять 10 хвилин для видалення з неї повітря. Потім наповнюють пікнометр водою вище мітки. Його поміщають в термостатований стакан на 10 хвилин при 20 °С таким чином, щоб рівень води в пікнометрі був нижчим за рівень води в стакані. Не виймаючи пікнометр із стакану, доводять рівень води в ньому до мітки, відбираючи надлишок, доповнюючи водою з піпетки. Пікнометр виймають зі стакану і залишають біля аналітичних терезів на 15-20 хвилин, а потім зважують. Одержують масу пікнометра з водою при 20 °С (m_B). Величина ($m_B - m_n$) – масса води в пікнометрі при 20 °С; 0,99823 – густина води при 20 °С. Тоді масу води в об'ємі пікнометра при 4 °С (водне число) можна знайти з пропорції:

$$B = \frac{(m_B - m_n) \times 0.999997}{0.99823},$$

де В – величина постійна для даного пікнометру. Пікнометр сушать і заповнюють речовиною, що досліджується. Потім проводять такі ж виміри, як і для води. Густину речовини визначають за формулою:

$$\rho = \frac{m - m_n}{B},$$

де В – водне число, m – маса пікнометра з водою, m_n – маса пустого пікнометра.

У сучасній неорганічній хімії для дослідження та ідентифікації отриманих сполук застосовується досить багато різних фізичних методів: ЯМР-, ІЧ-спектроскопія, мас-спектрометрія, рентгеноструктурний і рентгенофазовий аналіз, ЕПР, термогравіметрія та ін.

Рентгеноструктурний і рентгеноспектральний аналіз – сукупність методів дослідження структури і складу речовини, заснований на дифракції рентгенівських променів на його атомній структурі і їх випромінюванні або поглинанні внутрішньою електронною системою атомів. На відміну від оптичних, рентгенівські спектри атомів різних хімічних сполук (як простих, так і дуже складних) не змінюються, тому що внутрішні електронні енергетичні рівні ато-

мів не деформуються і зберігають свою індивідуальність, що дозволяє застосовувати рентгенівські методи для аналізу елементного складу речовини.

Термогравіметричний аналіз – фізико-хімічний метод аналізу теплових ефектів, фазових переходів і хімічних реакцій, які відбуваються в речовині внаслідок зміни її температури. Усі фазові перетворення відображаються у вигляді особливостей на кривих охолодження або нагрівання зразка – залежності температури від часу – термограмі. Кількість тепла для будь-якої хімічної реакції (екзотермічної або ендотермічної) пропорційна масі прореагувавшої речовини. Тому для аналітичних цілей великий інтерес мають термогравіметричні методи аналізу, за допомогою яких процеси, що відбуваються в речовині, визначають, виходячи зі зміни маси зі зміною температури на термогравіметричних залежностях m(T), які доповнюють термограми. Сучасні дослідження теплових ефектів базуються на методі диференціальної термогравіметрії.

Спектроскопічні дослідження

Електронні (УФ/видимі), коливальні (ІЧ), ядерного магнітного резонансу (ЯМР) спектри поглинання реєструють фотони, які проходять через речовину непоглинені. При цьому:

Електронні спектри реєструють переходи між електронними енергетичними рівнями (інтервал між рівнями 1-10 еВ; довжина хвилі електромагнітного випромінювання 10^3-10^2 нм).

ІЧ-спектри реєструють переходи між коливальними рівнями (інтервал між рівнями 10^{-2}-1 еВ, довжина хвилі електромагнітного випромінювання 10^5-10^3 нм).

ЯМР-спектри реєструють переходи між спіновими станами ядра (інтервал між енергетичними рівнями порядку 10^{-8} еВ, довжина хвилі електромагнітного випромінювання близько 10^{10} нм).

Якщо інтенсивність падаючого на зразок випромінювання I^0, а інтенсивність вихідного випромінювання I, то величину $T = (I/I^0) \cdot 100\%$, називають пропусканням, і вона є характеристикою поглинаючої речовини.

Величина **D** = $\lg(I^0/I)$ називається оптичною густиною. **D** прямо пропорційна концентрації досліджуваної речовини (С, моль/л) і товщині поглинаючого шару (l, см): $\mathbf{D = \varepsilon \cdot C \cdot l}$. Коефіцієнт пропорційності **ε** називається молярним коефіцієнтом екстинкції і виражається в л/моль·см. Ця залежність відома як закон Ламберта-Бугера-Бера. **ε** є індивідуальною характеристикою речовини і залежить, так само як і **D**, від довжини хвилі електромагнітного випромінювання.

Спектри поглинання записуються у вигляді кривої, що відображає залежність **D** від **λ** (нм) (для електронних спектрів) або Т від хвильового числа (ν, $см^{-1}$) (для ІЧ-спектрів). Під час аналізу електронних спектрів визначають положення максимумів смуг поглинання, відповідні до цих максимумів значення оптичної густини **D**, розраховують ***ε*** або ***lg ε*** і порівнюють отримані значення з відповідними даними для тої ж сполуки, наведеними в атласі електронних спектрів або оригінальній літературі. Під час аналізу ІЧ-спектрів визначають хвильові числа (**ν**, $см^{-1}$) мінімумів пропущення (відповідні до максимумів поглинання) і порівнюють із відповідними даними, наведеними в атласі ІЧ-спектрів або оригінальній літературі, де наведені також віднесення ліній до певних груп атомів і типів коливань (валентні, **ν**; деформаційні, **δ**).

ЯМР-спектроскопія дозволяє отримати найбільш повну інформацію про будову молекул. Ця можливість ЯМР-спектроскопії обумовлена насамперед явищем хімічного зсуву, пов'язаного із впливом електронного оточення. Електронна густина в молекулі звичайно розподілена нерівномірно внаслідок полярності зв'язків і інших причин, і величина екранування однакових ядер (наприклад, водню) буде різною для різних атомів водню в молекулі залежно від конкретного оточення даного атома. Отже, і резонансне поглинання буде спостерігатися на різних частотах. Інтенсивність кожного з сигналів пропорційна числу ядер, що брало участь у поглинанні енергії магнітного поля, тобто ЯМР-спектр показує не тільки число груп хімічно різних ядер, але й відносну кількість ядер у кожній з цих груп.

Приклади розв′язування задач

Приклад 1

Розчинність $K_2Cr_2O_7$ при 100 °С дорівнює 50,5 г, а при 10 °С – 7,5 г на 100 г розчину. Яку кількість солі і води треба взяти для отримання 215 г чистої солі, перекристалізованої в інтервалі зазначених температур?

Дано:	*Розв′язок:*
$S_{100\,^oC}(K_2Cr_2O_7) = 50,5$ г $S_{10\,^oC}(K_2Cr_2O_7) = 7,5$ г $m_{\text{чистої солі}} – 215$ г	Після охолодження вихідного розчину до 10 °С в 92,5 г води залишається 7,5 г солі в 49,5 г ---------- х г солі х = 49,5·7,5/92,5 = 4,1 г солі.
$m_{\text{солі}} – ?$ $m_{\text{водиі}} – ?$	Випадає в осад з 100 г розчину: 50,5 - 4,1 = 46,4 (г).

Тоді: а) визначимо, з якої кількості солі випадає 125 г солі:

з 50,5 г солі випадає 46,4 г солі

х ----- 215 г солі

х = 50,5·215/46,4 = 237 г солі необхідно взяти.

б) визначимо, з якої кількості води випаде 215 г солі:

з 49,5 г води випаде 46,4 г солі

х -------- 215 г солі

х = 49,5·215/46,4 = 230 г води.

Відповідь: 237 г солі $K_2Cr_2O_7$; 230 г води.

Приклад 2

Обчисліть та позначте розчинність барій хлориду (S_{BaCl_2}) при температурі 75 °С, якщо у воді масою 150 г розчинено сіль масою 75 г.

Дано:	*Розв′язок:*
$m(BaCl_2) = 75$ г $m(H_2O) = 150$ г	Знаходимо розчинність барій хлориду при даній температури, яку виражають масою речовини, що може розчинитися у розчиннику (воді) масою 100 г при даній температурі.
$S_{BaCl_2} – ?$	

у 150 г води розчиняється 75 г солі

100 г води ……. х г солі.

x = 100·75/150 = 50 г, тобто S_{BaCl_2} = 50 г. *Відповідь:* S_{BaCl_2} = 50 г

Приклад 3

Скільки води та $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ необхідно взяти для приготування 100 г розчину з масовою часткою Na_2CO_3, що дорівнює 5%.

Дано:	*Розв'язок:*
$m_{р\text{-}ну}(Na_2CO_3) = 100$ г $\omega(Na_2CO_3) = 5\%$	$m_{Na_2CO_3} = 100$ г · 5% /100% = 5 г. Знайдемо масу $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$, в якій буде міститися 2 г безводного карбонату натрію:
m_{H_2O} – ? $m_{Na_2CO_3 \cdot 10H_2O}$ – ?	$M_r(Na_2CO_3) = 106$; $M_r(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 286$; в 286 г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ міститься 106 г Na_2CO_3; в x г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ міститься 5 г Na_2CO_3.

Тоді x = $\frac{286\text{ г} \cdot 5\text{ г}}{106\text{ г}}$ = 13,5 г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

Маса води буде дорівнювати:

$$m_{H_2O} = m_{р\text{-}ну} - m_{Na_2CO_3 \cdot 10H_2O} = 100\text{ г} - 13{,}5\text{ г} = 86{,}5\text{ г}.$$

Відповідь: m_{H_2O} = 86,5 г, $m_{Na_2CO_3 \cdot 10H_2O}$ = 13,5 г.

Приклад 4

Густина розчину з масовою часткою HNO_3 40% дорівнює 1,25 г/см^3. Розрахувати молярну концентрацію цього розчину.

Дано:	*Розв'язок:*
$\omega(HNO_3) = 40\%$ $\rho \approx 1{,}25$ г/мл.	Знаходимо молярну концентрацію кислоти за формулою: $C_M = \frac{m_{речов}}{M_{речов} \cdot V_{розч}}$ (1)
$C_M(HNO_3)$ – ?	$V = \frac{m_{розчину}}{\rho}$ (2) $m_{речов} = \frac{\omega \cdot m_{розчину}}{100}$ (3)

Підставляємо (2) і (3) у формулу (1) для разрохування C_M

$$C_M = \frac{m_{речов}}{M_{речов} \cdot V_{розч}} = \frac{m_{речов} \cdot \rho}{M_{речов} \cdot m_{розч}} = \frac{\omega \cdot m_{речов} \cdot \rho}{M_{речов} \cdot m_{розч} \cdot 100} = \frac{1000 \cdot \omega \cdot \rho}{100 \cdot M_{речов}}$$

$$C_M = \frac{1000 \cdot 40 \cdot 1{,}25}{100 \cdot 63} = 7{,}94 \text{ моль/л}$$

Відповідь: $C_M(HNO_3)$ = 7,94 моль/л

Задачі для самостійного розв'язування

1. Розчинність солі, яка не утворює кристалогідратів, при 17 та 80 °С, відповідно становить 13,8 та 64,7 г на 100 г води. Яку масу солі та води треба взяти, щоб, провівши перекристалізацію охолодженням насиченого розчину від 80 до 17 °С, добути 1 кг солі? *Відповідь:* 1,27 кг солі та 1,96 кг води
2. При температурі 30 °С розчинність безводного натрій карбонату становить 29 г, а при 0 °С – 6,75 г на 100 г розчину. Скільки грамів кристалічної соди $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ виділиться після охолодження 500 г насиченого розчину від 30 до 0 °С? *Відповідь:* 367 г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$
3. Яку масу води та кристалічної соди треба взяти, щоб при охолодженні до 0 °С розчину, насиченого при 30 °С, добути 14,3 г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$? Використайте дані з розчинності сполуки з попередньої задачі. *Відповідь:* 4,24 кг води; 15,25 г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$
4. Скільки грамів чистого мідного купоросу можна добути перекристалізацією солі в результаті охолодження насиченого розчину від 90 до 10 °С, якщо було взято 5 кг технічного $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, що містить 5% домішок? Розчинність $CuSO_4$ при 90 та 10 °С, відповідно, становить 62,5 та 17,6 г на 100 г води. *Відповідь:* 3,79 кг
5. Розчинність солі при 80 °С дорівнює 64,7 г, а при 17 °С – 13,8 г відносно маси води. Яку кількість твердої солі і води необхідно взяти для отримання 1 кг солі, якщо перекристалізація проводилася з насиченого при 50 °С розчину, охолодженого до 27 °С? *Відповідь*: 1271 г солі, 1964 г води.
6. Яким буде процентний вихід калій нітрату, що містить 2% нерозчинних домішок, після двох перекристалізацій цієї солі, якщо насичення розчину проводилося при 80 °С, а кристалізація при 10 °С? Розчинність калій нітрату при 80 °С и 10 °С, відповідно, дорівнює 62,8 і 17,3 г на 100 г розчину. *Відповідь*: 75,22%.
7. У воді масою 500 г при нагріванні розчинено амоній хлорид масою 300 г. Яка маса NH_4Cl виділиться з розчину при охолодженні його до 50 °С, якщо

розчинність NH_4Cl при цій температурі дорівнює 50 г на 100 г води? *Відповідь*: 50 г.

8. Насичений при 60 °С розчин солі масою 20 кг був охолоджений снігом. Яка кількість перекристалізованої солі буде отримана, якщо при 60 °С розчинність солі дорівнює 110 г, а при 0 °С – 13,1 г на 100 г води? *Відповідь*: 9,23 кг солі.
9. У воді розчинили калій гідроксид масою 11,2 г. Об'єм розчину довели до 200 мл. Визначте молярну концентрацію добутого розчину. *Відповідь*: $C_м(KOH) = 1$ моль/л
10. Визначте молярну концентрацію розчину, добутого при розчиненні натрій сульфату масою 42,6 г у воді масою 300 г, якщо густина добутого розчину дорівнює 1,12 г/мл. *Відповідь*: $C_м(Na_2SO_4) = 0,98$ моль/л
11. В якому об'ємі 0,25 М розчину калій гідроксиду міститься 16,8 г лугу? *Відповідь*: V(KOH) = 1,2 л
12. Обчисліть масу натрій хлориду, що міститься в розчині об'ємом 200 мл, якщо його молярна концентрація 2 моль/л. *Відповідь*: m(NaCl) = 23,4 г
13. Скільки натрій хлориду потрібно взяти, щоб приготувати 200 мл розчину з молярною концентрацією NaCl 0,1 моль/л. *Відповідь*: m(NaCl) = 1,17 г
14. Скільки грамів калій хлориду потрібно додати до 450 г 8%-ного розчину тієї самої солі, щоб отримати 12%-ний розчин? *Відповідь*: 20,45 г.
15. З 10 кг 20%-ного розчину в результаті охолодження виділилося 400 г солі. Чому дорівнює відсоткова концентрація охолодженого розчину? *Відповідь*: 16,7%.
16. У якій масі води необхідно розчинити 40 г калій броміду для отримання 4%-ного розчину ? *Відповідь*: 960 г.
17. З 400 г 50%-ного розчину сульфатної кислоти випарували 100 г води. Чому дорівнює відсоткова концентрація цього розчину ? *Відповідь*: 66,7%.
18. До 3 л 10%-ного розчину HNO_3 (густиною 1,054 г/см^3) додали 5 л 2%-ного розчину тієї самої кислоти (густиною 1,009 г/см^3). Обчислити відсот-

кову і молярну концентрації отриманого розчину, об'єм якого дорівнює 8 л. *Відповідь*: 5%; $C_M = 0,82$.

19. У якій масі води потрібно розчинити 67,2 л гідроген хлориду (н.у.), щоб отримати 9%-ний розчин хлоридної кислоти ? *Відповідь*: 1107 г.
20. Змішали 300 г 20%-ного розчину і 500 г 40%-ного розчину натрій хлориду. Чому дорівнює відсоткова концентрація отриманого розчину? *Відповідь*: 32,5%.
21. Який об'єм води необхідно додати до 100 мл 20%-ного розчину сульфатної кислоти (густина 1,14 г/см^3), щоб одержати 5%-ний розчин? *Відповідь*: 342 мл.
22. Яку масу натрій нітрату необхідно розчинити у 400 г води, щоб приготувати 20%-ний розчин ? *Відповідь*: 100 г.
23. До 950 г води додали 50 мл 48%-ного розчину сульфатної кислоти (густина 1,38 г/см^3). Обчислити відсотковий вміст сульфатної кислоти в отриманому розчині. *Відповідь*: 3,25%.
24. Скільки грамів $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ необхідно розчинити у 250 г води, щоб отримати розчин, який містить 5% безводної солі ? Відповідь: 32 г.
25. Визначити відсоткову концентрацію розчину, отриманого змішуванням 300 г 25%-ного і 400 г 40%-ного розчинів. *Відповідь*: 33,6%.
26. Обчислити відсотковий вміст кристалогідрату і безводної солі у розчині, який містить 100 г $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ у 900 г води. *Відповід*ь: 10,0%; 5,47%.
27. З 750 кг 48%-ного розчину сульфатної кислоти випарували 300 кг води. Визначити відсотковий вміст сульфатної кислоти в отриманому розчині. *Відповідь*: 80%.

Питання для самоконтролю і перевірки засвоєних знань і навичок

1. Які речовини можна очищувати возгонкою та від яких домішок при цьому можна позбутися?
2. В яких випадках застосовують метод перегонки? Які види перегонки існують?

3. Що лежить в основі методу очистки газів та як вона проводиться? Який принцип вибору поглиначів?
4. Методи визначення чистоти речовин. Фізичні константи, що характеризують чистоту речовин.
5. На чому заснований метод перекристалізації?
6. Яким вимогам повинен задовольняти розчинник для цілей перекристалізації?
7. Які основні стадії перекристалізації?
8. Як виконують гаряче фільтрування?
9. Як висушують кристали після перекристалізації?
10. Як оцінити ступінь чистоти перекристалізованого продукту?
11. Які досліди можуть проілюструвати методи очищення різних речовин?
12. Які речовини можна очистити сублімацією?
13. Що таке сублімація?
14. Ідентифікація неорганічних сполук.
15. Фізико-хімічні методи дослідження структури неорганічних сполук.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Методи очистки речовин

Дослід 1. Очищення калій дихромату перекристалізацією з розчину

У роботі проводять очищення калій дихромату від домішок калій сульфату методом перекристалізації.

1. Користуючись таблицею розчинності, розрахуйте, яку кількість калій дихромату необхідно взяти, щоб отримати насичений при 60 °С розчин, виходячи з об’єму води 50 мл.

2. Зважте на технохімічних терезах розраховану кількість $K_2Cr_2O_7$. Висипте наважку солі в хімічну склянку.

3. Відміряйте циліндром 50 мл води і перелийте в стакан з наважкою калій дихромату.

4. Розчин доведіть до кипіння, помішуючи скляною паличкою (при цьому

вся сіль повинна розчинитися). Коли весь $K_2Cr_2O_7$ розчиниться, нагрівання припиніть.

5. Проведіть дослідження на наявність сульфат-іонів у маточному та вихідному розчинах. Для цього до 2-3 мл маточного розчину, розведеного 5-10 мл дистильованої води, додайте 1-2 краплі концентрованої оцтової (етанової) кислоти та розчину барій хлориду.

• Що при цьому спостерігається? Написати рівняння реакції.

6. Нагрійте до кипіння розчин калій дихромату та відфільтруйте через лійку для гарячого фільтрування (для відділення нерозчинних домішок). Насичений розчин при такому фільтруванні не буде охолоджуватися, а це означає, що речовина не буде кристалізуватися на фільтрі і тим самим ускладнювати процес фільтрування.

7. Для фільтрування використовуйте складчастий фільтр, який необхідно приготувати заздалегідь (рис. 1.1). Фільтр не повинен доходити до краю лійки на 5-10 мм.

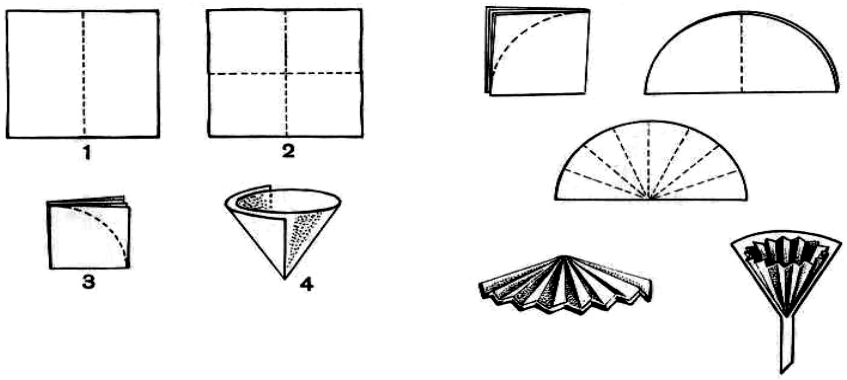


Рис. 1.1. Приготування фільтру: а) гладкого; б) складчастого

8. Перемішуючи фільтрат скляною паличкою, остудіть його спершу до кімнатної температури, а потім до 0 °С (у кристалізаторі з водою і льодом).

• Чому змінюється інтенсивність забарвлення розчину?

9. Кристали, що випали, відокремте від маточного розчину фільтруванням при зниженому тиску на лійці Бюхнера (рис. 1.2) (це прискорить процес фільтрування).

Установка (рис. 1.2) складається з колби Бунзена (товстостінна конічна колба з відвідною трубкою), лійки Бюхнера (порцелянова або скляна лійка з

плоским сітчастим дном, на яке кладуть паперовий фільтр), проміжної ємності та водоструминного насоса. Для виготовлення паперового фільтра шматок фільтрувального паперу покладіть на лійку Бюхнера, придавіть рукою, при цьому на папері відбивається коло радіусом на ≈ 0,5 см менше відбитка (на с. 29 описано не так). Фільтр повинен зовсім вільно лягати на дно лійки Бюхнера, не торкаючись країв, але в той же час закривати весь отвір.

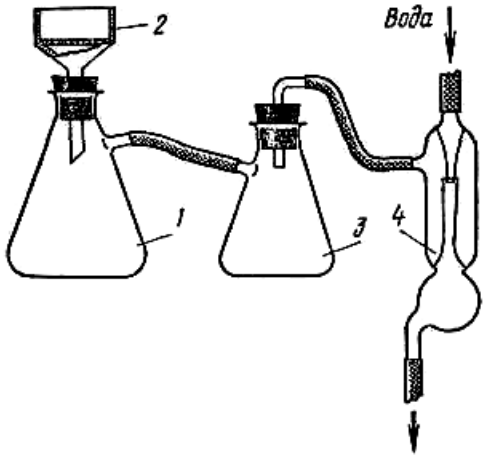


Рис. 1.2. Установка для фільтрування під вакуумом:

1 – колба Бунзена;

2 – лійка Бюхнера;

3 – проміжна ємність;

4 – водоструминний насос

10. Зніміть кристали солі з лійки і відіжміть їх між листками фільтрувального паперу доти, поки вони перестануть прилипати до сухої скляної палички.

11. Перенесіть калій дихромат в попередньо зважену порцелянову чашечку та поставте її в сушильну шафу на 30-40 хвилин (t = 100 °C).

12. Після охолодження зважте.

13. Визначте, чи присутні домішки K_2SO_4 у виділеному калій дихромат (див. п. 5).

14. Визначте вихід продукту у відсотках відносно вихідної наважки, а також відносно теоретично можливого.

- Яких втрат неможливо уникнути під час перекристалізації?

Дослід 2. Очистка води перегонкою

1. Зберіть прилад для перегонки (рис. 1.3), який складається з колби Вюрца (1), термометра (2), холодильника (3), алонжу (4) та приймача (5).

2. У колбу Вюрца налийте до половини водопровідну воду. Для очистки води від органічних речовин додайте 3-4 краплі розчину калій перманганату і 4-5 крапель сульфітної кислоти.

3. На дно колби Вюрца помістить заздалегідь приготовлені скляні капіляри, запаяні з одного кінця (необхідні для рівномірного кипіння рідини).

4. Отвір колби Вюрца закрийте пробкою з термометром. Кулька термометра повинна бути опущена трохи нижче рівня відвідної трубки колби.

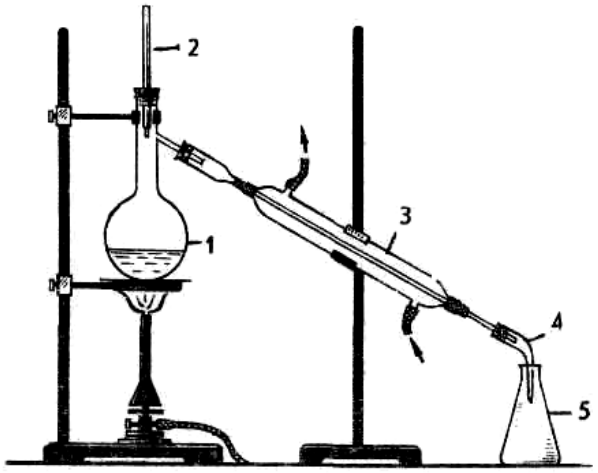


Рис. 1.3. Прилад для перегонки рідин

1 – колба Вюрца;

2 – термометр;

3 – холодильник,

4 – алонж,

5 – колба-приймач

5. Відвідну трубку колби Вюрца з'єднайте з холодильником. Нижній патрубок холодильника приєднайте до водопровідного крана та пропускайте не дуже сильний струмінь води. Кінець холодильника опустіть через алонж в приймач.

6. Зібравши прилад, нагрійте воду в колбі до кипіння. Відкиньте першу невелику порцію дистиляту (5-10 мл), після чого зберіть 20-25 мл дистиляту.

7. На годинникове скельце помістіть кілька крапель отриманої води та випарте над пальником. На іншому годинниковому скельці зробіть теж саме з водопровідною водою. Порівняйте результати випарювання.

Дослід 3. Очистка йоду сублімацією

1. Зберіть прилад (рис. 1.4). Помістить на дно склянки кристалічний йод масою 0,3 г та калій йодид масою 0,1 г.

- Поясніть, для чого додається калій йодид?

2. Приготуйте в склянці суміш йоду та калій йодиду, накрийте склянку круглодонною колбою з холодною водою та поступово нагрівайте склянку.

- Що при цьому спостерігається?

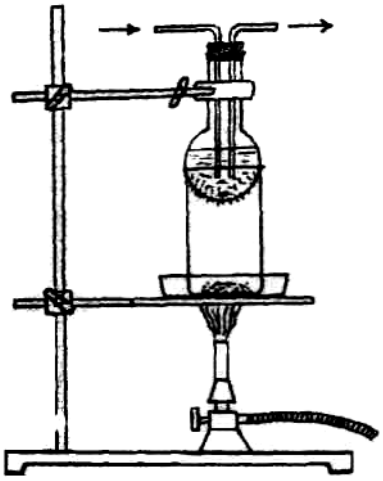


Рис. 1.4. Прилад для сублімації йоду

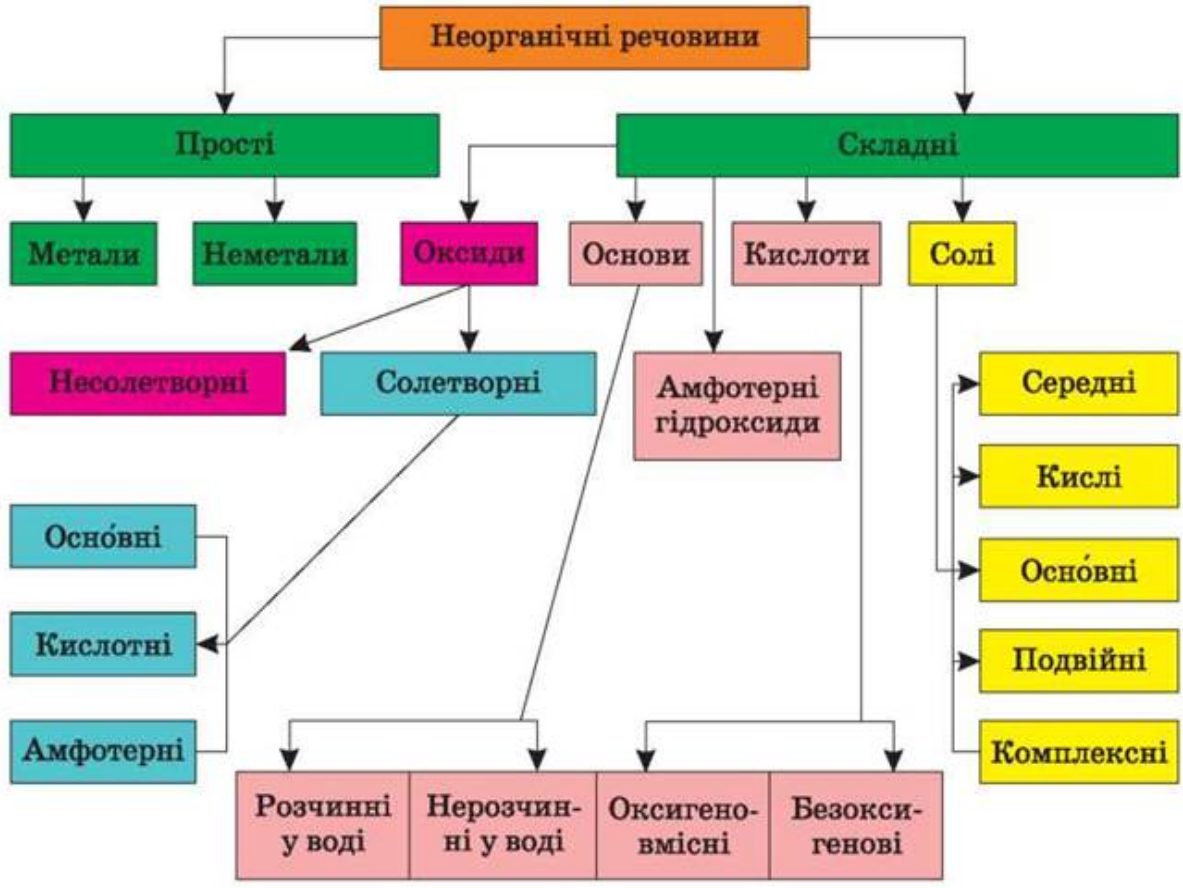
3. Коли почнеться сублімація йоду, припиніть нагрівання, зніміть сублімований йод скляною лопаткою на годинникове скельце та зважте. Розрахуйте вихід продукту у відсотках.

5. КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Основні класи неорганічних сполук. Оксиди, їх класифікація і номенклатура. Гідроксиди, їх класифікація і номенклатура. Кислоти, їх класифікація і номенклатура. Солі, їх класифікація (середні, основні, кислі, оксосолі, подвійні, змішані). Номенклатура солей.

Основні терміни та поняття: оксиди, основи, кислоти, солі, їх властивості, способи добування, номенклатура.

Всі неорганічні речовини, які зустрічаються в природі, можна поділити на індивідуальні хімічні речовини (чисті речовини) та суміші речовин. Індивідуальні хімічні речовини поділяються, у свою чергу, на прості і складні. Простих речовин з урахуванням алотропних модифікацій елементів на даний час відомо біля 500. У свою чергу прості речовини поділяють на метали і неметали. До неметалів відносяться: благородні гази, галогени, халькогени (крім полонію), а також Нітроген, Фосфор, Арсен, Карбон, Силіцій, Бор, Гідроген. Решта елементів відноситься до металів. Складні речовини поділяються на неорганічні та органічні.

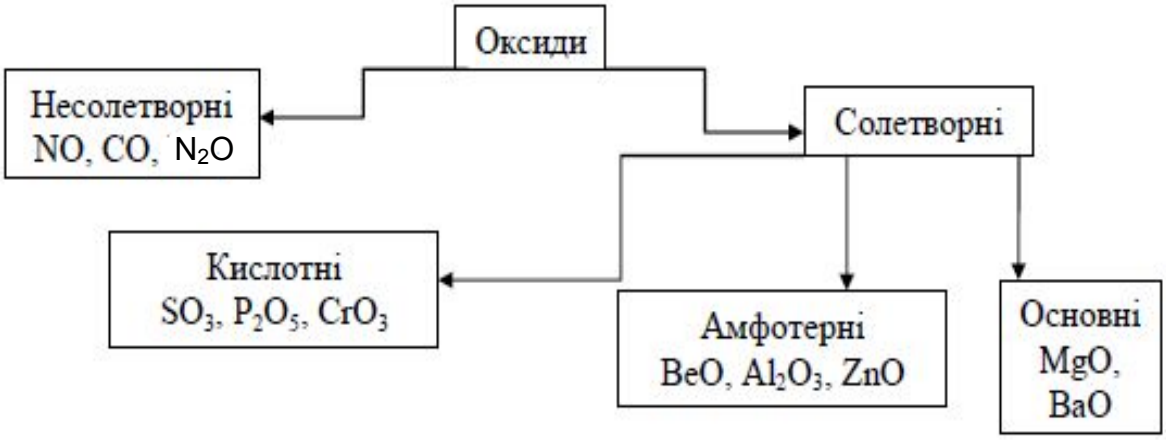


Неорганічні сполуки розрізняють за складом (бінарні та багатоелементні) і функціональними ознаками. До бінарних сполук (нараховується близько 10 тисяч) відносять сполуки елементів з Оксигеном (оксиди), галогенами (галіди – фториди, хлориди, броміди, йодиди), халькогенами (халькогеніди – сульфіди, селеніди, телуриди), Нітрогеном (нітриди), Фосфором (фосфіди), Карбоном (карбіди), Силіцієм (силіциди), а також сполуки металів один з одним (інтерметаліди) та з Гідрогеном (гідриди). Серед багатоелементних сполук виділяють гідроксиди (речовини, які містять гідроксидні групи -ОН), похідні гідроксидів – солі, а також комплексні сполуки, гідрати та кристалогідрати. Основи та оксигеновмісні кислоти можна розглядати як один клас – гідроксиди.

Оксиди – бінарні сполуки елементів з Оксигеном, в яких він проявляє ступінь окиснення мінус два (–2). В оксидах атоми Оксигену (кисню) не зв’язані між собою. Сполуки елементів з Оксигеном, в яких є зв'язок між атомами Оксигену, називаються пероксидами (H-O-O-H, Na-O-O-Na).

До складу оксиду не повинен входити елемент в різних ступенях окиснення. Тому такі бінарні сполуки, як Fe_3O_4 ($Fe^{+2}O \cdot Fe_2^{+3}O_3$) и Pb_3O_4 = ($2Pb^{+2}O \cdot Pb^{+4}O_2$), в яких зв'язаний з Оксигеном елемент проявляє різні ступені окиснення, до звичайних оксидів не належать, їх можна розглядати як солі $Fe^{+2}(Fe^{+3}O_2)_2$ та $Pb_2^{+2}(Pb^{+4}O_4)$ або подвійні оксиди. Сполука Флуору з Оксигеном $O^{+2}F_2$ також не належить до оксидів, через те, що містить Оксиген (кисень) в позитивному ступеню окиснення +2.

За хімічним характером оксиди поділяють на ***солетворні*** та ***несолетворні.***



Солетворні – це такі оксиди, які вступають у реакції, в результаті яких утворюються солі. Солетворні оксиди поділяють на кислотні, основні та амфотерні.

Несолетворні оксиди – це реакційноздатні сполуки, які вступають у хімічні реакції, але в результаті таких реакцій солі не утворюються. До них належать CO, SiO, NO, N_2O та деякі інші.

Наприклад:

$$2CO + O_2 = 2CO_2,$$

$$N_2O + Mg = MgO + N_2.$$

Назви оксидів. В оксидах спочатку називають позитивно заряджений елемент, після нього у дужках римськими цифрами зазначають ступінь його окиснення і додають слово ***оксид:***

Cr_2O_3 – хром(III) оксид;

N_2O_5 – нітроген(V) оксид;

CO – карбон(II) оксид.

Якщо для елемента характерний тільки один ступінь окиснення, тоді його не вказують:

Na_2O – натрій оксид; B_2O_3 – бор оксид, ZnO – цинк оксид.

Основними називаються оксиди ***металів,*** яким відповідають основи. До них належать оксиди елементів головних підгруп I та II груп (крім Берилію), Лантану, Аргентуму, а також перехідних металів в нижчих ступенях окиснення (FeO, MnO, NiO). Наприклад, Na_2O, BaO, FeO, CuO, NiO – основні оксиди, яким відповідають гідроксиди (основи): NaOH, $Ba(OH)_2$, $Fe(OH)_2$, $Cu(OH)_2$, $Ni(OH)_2$.

Кислотними називаються оксиди, яким відповідають кислоти. До них належать оксиди ***неметалів*** та оксиди ***металів*** у ступенях окиснення *+5,* +6, +7. Наприклад, CO_2, P_2O_5, SO_2, SO_3, N_2O_5, V_2O_5, CrO_3, Mn_2O_7 – кислотні оксиди, оскільки їм відповідають кислоти H_2CO_3, H_3PO_4, H_2SO_3, H_2SO_4, HNO_3, HVO_3, $H_2Cr_2O_7$, $HMnO_4$. Елементи I та II груп кислотних оксидів не утворюють. Тип хімічного зв’язку в них – ковалентний полярний. За звичайних умов кислотні

оксиди бувають твердими (N_2O_5, CrO_3), рідкими (SO_3, N_2O_3, Mn_2O_7) та газоподібними (Cl_2O, SO_2, CO_2).

Амфотерними називають оксиди, яким відповідають амфотерні гідроксиди. Залежно від умов реакції амфотерні оксиди здатні проявляти властивості як основних, так і кислотних оксидів. До них належать оксиди деяких металів головних підгруп та оксиди металів побічних підгруп, переважно в проміжних ступенях окиснення (BeO, Al_2O_3, PbO, ZnO, Cr_2O_3, Fe_2O_3, SnO).

СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ОКСИДІВ

Майже всі хімічні елементи утворюють оксиди. Не отримано до теперішнього часу тільки оксиди трьох елементів – гелію, неону і аргону.

Способи добування	*Приклади*
1. Метал + кисень → оксид , неметал + кисень → оксид	$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$, $4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$
2. Нерозчинна основа $\xrightarrow{t}$ оксид + вода	$Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CuO + H_2O$, $2Fe(OH)_3 \xrightarrow{t} Fe_2O_3 + 3H_2O$
3. Сіль* $\xrightarrow{t}$ оксид + оксид	$CaCO_3 \xrightarrow{t} CaO + CO_2\uparrow$
4. Кислота $\xrightarrow{t}$ оксид + вода	$H_2CO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O$, $H_2SiO_3 \xrightarrow{t} SiO_2 + H_2O$
5. Складна речовина + кисень → оксид + оксид	$2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2H_2O + 2SO_2\uparrow$, $CH_4 + 2O_2 \rightarrow 2H_2O + CO_2\uparrow$, $C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 3H_2O + 2CO_2\uparrow$

*За схемою 3 (сіль $\xrightarrow{t}$) можуть йти і більш складні реакції, наприклад:

$(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t} Cr_2O_3 + N_2 + 4H_2O$**;**

$4FeSO_4 \xrightarrow{t} 2Fe_2O_3 + 4SO_2 + O_2$**;**

$2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t} 2CuO + 4NO_2 + O_2\uparrow$;

$2KMnO_4 \xrightarrow{t} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$ **.**

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОКСИДІВ

Основні оксиди	*Кислотні оксиды*
1. Основний оксид* + вода → луг $K_2O + H_2O \rightarrow 2KOH$	1. Кислотний оксид + вода → кислота $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$, $Cl_2O_7 + H_2O \rightarrow 2HClO_4$, $SiO_2 + H_2O$ ≠ немає реакції (виняток)
2. Основний оксид + кислота → сіль + вода $CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$	2. Кислотний оксид + луг → сіль + вода $SO_3 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$
3. Основний оксид + кислотний оксид → сіль $MgO + CO_2 \rightarrow MgCO_3$, $3CaO + P_2O_5 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$	3. Кислотний оксид + основний оксид → сіль $SiO_2 + CaO \xrightarrow{t} CaSiO_3$, $P_2O_5 + 3K_2O \rightarrow 2K_3PO_4$
Амфотерні оксиди	
З кислотами реагують як основні оксиди $ZnO + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2O$	З основами (лугами) реагують як кислотні оксиди $ZnO + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2O$ ↓ ЦИНКАТ НАТРІЮ H_2ZnO_2
* Тільки оксиди металів I і частково II групи головних підгруп (IA и IIA) періодичної системи елементів.	

Основи – це складні речовини, у яких атом металічного елемента сполучений з однією або кількома гідроксидними групами. З погляду електролітичної дисоціації основами називаються електроліти, які при дисоціації утворюють лише один вид аніонів – гідроксид-іони. Наприклад,

$$KOH = K^+ + OH^-,$$

$$Ba(OH)_2 = Ba^{2+} + 2OH^-.$$

Саме наявність іонів OH^- у розчинах основ зумовлює їх властивості. До складу основ входить іон металу (або група атомів, що відіграє роль іона металу, наприклад, амоній NH_4^+) та гідроксид-іони, кількість яких дорівнює валентності металу n. Загальна формула $E(OH)_n$.

Назви основ утворюються з назви катіона, за якою в дужках римськими цифрами йде ступінь окиснення елемента, і слова *гідроксид:*

$Fe(OH)_2$ – ферум(II) гідроксид;

$Ni(OH)_2$ – нікель(II) гідроксид.

Якщо елемент у сполуках виявляє єдиний ступінь окиснення, то його не зазначають:

$NaOH$ – натрій гідроксид;

$La(OH)_3$ – лантан гідроксид.

Розчинні у воді сильні основи називаються ***лугами.*** Лугами є гідроксиди лужних та лужноземельних металів. Розчинною у воді є також слабка основа $NH_3 \cdot H_2O$. Майже всі інші основи нерозчинні у воді. Основи класифікують за двома ознаками:

За спроможністю розчинятися у воді основи поділяють на дві групи:

а) розчинні у воді, вони ще отримали назву «луги». Це основи, утворені активними металічними елементами: $LiOH$, $NaOH$, KOH, $RbOH$, $CsOH$, $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ba(OH)_2$.

б) нерозчинні у воді – це сполуки, утворені помірно- та малоактивними металічними елементами. Нерозчинних основ більшість ($Mn(OH)_2$, $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, $Cr(OH)_3$ тощо).

Для того щоб з'ясувати, які основи розчинні у воді, а які ні без проведення дослідів, потрібно користуватися таблицею розчинності кислот, основ і солей у воді.

За числом гідроксидних груп, що входять до складу основ, їх поділяють на такі:

а) однокислотні – основи, у складі яких міститься тільки одна гідроксидна група ($NaOH$, KOH тощо);

б) двокислотні – основи, до складу яких входять дві гідроксидні групи ($Ba(OH)_2$, $Mn(OH)_2$ тощо);

в) трикислотні – основи, до складу яких входять три гідроксидні групи ($Bi(OH)_3$, $Al(OH)_3$ тощо).

Часто дво- та трикислотні основи відносять до багатокислотних основ.

СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ОСНОВ

Розчинні основи можна отримати:

у результаті взаємодії активних металів з водою:

$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2,$$

$$Ba + 2H_2O = Ba(OH)_2 + H_2,$$

у результаті взаємодії основних оксидів з водою:

$$Li_2O + H_2O = 2LiOH,$$

$$BaO + H_2O = Ba(OH)_2,$$

$$La_2O_3 + 3H_2O = 2La(OH)_3.$$

Нерозчинні основи можна отримати у результаті взаємодії солей з лугами:

$$FeCl_2 + KOH = Fe(OH)_2\downarrow + 2KCl,$$

$$CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4.$$

Основи з утворенням солей взаємодіють

– з кислотами (реакція нейтралізації):

$$Cu(OH)_2 + 2HCl = CuCl_2 + 2H_2O,$$

– з кислотними оксидами:

$$2KOH + N_2O_5 = 2KNO_3 + H_2O.$$

Луги взаємодіють з солями, утворюючи нову основу і нову сіль:

$$6KOH + Fe_2(SO_4)_3 = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3K_2SO_4.$$

Амфотерні гідроксиди у ході взаємодії з кислотами виявляють властивості основ, а у ході взаємодії з основами – властивості кислот:

$$Zn(OH)_2 + H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H_2O,$$

$$Cr(OH)_3 + 3NaOH = Na_3[Cr(OH)_6],$$

$$A1(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4].$$

Кислоти – сполуки, які у водному розчині як катіони утворюють тільки іони H^+. Кислотами є гідроксиди, що містять атоми Гідрогену, які можуть заміщатися на атоми металу. Звичайно кислоти надають водному розчину кислу реакцію середовища; вони утворюють солі з основними оксидами і основами.

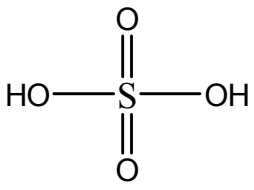
Залежно від числа атомів Гідрогену в молекулі, здатних заміщатися на метал, розрізняють кислоти *одноосновні* (наприклад, HCl, HNO_3), *двохосновні* (H_2SO_4, H_2CO_3), *трьохосновні* (H_3PO_4, H_3AsO_4) тощо.

Кислоти підрозділяються на *оксигеновмісні* ($HClO_3$, HNO_3, H_2SO_3 та ін.) і *безоксигенні* HCl, H_2S, HCN та ін.). Оксигеновмісні кислоти відповідають гідра-

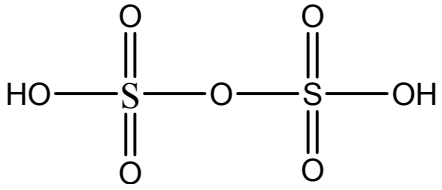
там кислотних оксидів різного складу. Загальна формула оксигеновмісних кислот – H_xEO_y, де EO_y^{x-} – кислотний залишок. Якщо не всі атоми Гідрогену заміщені на метал, то вони залишаються в складі кислотного залишку. Різний вміст води в гідраті кислотного оксиду відбивається в назві кислоти. *Ортокислотою* називають таку, котра містить максимальне число атомів Гідрогену. Кислоти, що містять мінімально можливе число атомів Гідрогену (1 або 2), називають *метакислотами*. Наприклад: H_3AsO_3 – ортоарсенітна кислота, $HAsO_2$ – метаарсенітна кислота; H_4SiO_4 – ортосилікатна кислота, H_2SiO_3 – метасилікатна кислота; H_3PO_4 – ортофосфатна кислота, HPO_3 – метафосфатна кислота.

Графічні формули молекул кислот будують у такий спосіб. Якщо в емпіричній формулі кислоти містяться два центральних атоми, то вони з'єднуються через Оксиген: P-O-P, S-O-S. Атоми Гідрогену приєднуються до центрального атома через Оксиген, а атоми Оксигену, що залишаються, приєднуються до центрального атома двома валентними штрихами. Якщо центральних атомів два, то атоми Гідрогену і Оксигену поділяються порівну.

Наприклад:



H_2SO_4



$H_2S_2O_7$

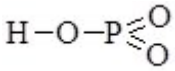
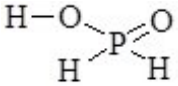
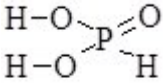
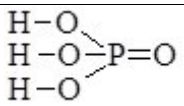
Назви кислот випливають з українських назв елементів, від яких вони походять. Наприклад, H_2SO_4 – сульфатна кислота, H_3AsO_4 – арсенатна.

Коли елемент утворює одну оксигеновмісну кислоту, то назва кислоти має закінчення -на (H_2CO_3 – карбонатна кислота, H_3BO_3 – борна кислота). Якщо ж елемент утворює дві кислоти, то в назві однієї з них, де елемент перебуває у нижчому ступеню окислення, закінчення -иста або -ітна. Назва кислоти, в якої елемент з вищим ступенем окиснення, має закінчення -на:

H_2SO_3 – сульфітна кислота; H_2SO_4 – сульфатна кислота;

H_3AsO_3 – ортоарсенітна кислота; H_3AsO_4 – арсенатна кислота.

Існує невелика кількість неорганічних кислот, у яких атоми Гідрогену безпосередньо зв'язуються з центральним атомом. У таких кислотах атоми Гідрогену, що приєднані до центрального атома, не заміщаються в ході реакцій з основами. Нижче наведено приклади основності деяких оксигеновмісних кислот Фосфору:

Назва	Формула	Графічна формула	Основність
Метафосфатна	HPO_3		1
Гіпофосфітна	H_3PO_2		1
Фосфітна	H_3PO_3		2
Ортофосфатна	H_3PO_4		3

Часто одному ангідридові відповідає декілька кислот. Кислоти, утворені ангідридом і молекулою води, мають префікс мета-, а метакислотою і ще однією молекулою води, – префікс орто-.

$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$ – метафосфатна кислота;

$HPO_3 + H_2O = H_3PO_4$ – ортофосфатна кислота.

Назви безоксигенних кислот звичайно мають закінчення – идна:

HCl – хлоридна (соляна, хлороводнева) кислота;

HI – йодидна кислота.

СПОСОБИ ОТРИМАННЯ КИСЛОТ

1. Взаємодія кислотних оксидів з водою:

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$.

2. Реакція обміну солі з кислотою:

$K_2S + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2S\uparrow$.

3. Гідроліз галогенангідридів:

$PI_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HI$,

$SO_2Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$,

$4BF_3 + 2H_2O = HBO_2 + 3HBF_4$.

4. Взаємодія активних неметалів з водою:

$Cl_2 + H_2O = HClO + HCl,$

$3I_2 + 3H_2O = HIO_3 + 5HI.$

5. Сполучення неметалів з воднем:

$F_2 + H_2 = 2HF;\ S + H_2 = H_2S.$

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВІСТІ КИСЛОТ

Хімічні властивісті	*Приклади*
1. Дія на індикатори: метилоранж – рожевий, лакмус – червоний колір.	HCl + лакмус → червоний колір
2. Кислота + основа → сіль + вода	$H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O$
3. Кислота + основний оксид → сіль + вода	$2HNO_3 + Ag_2O \rightarrow 2AgNO_3 + H_2O,$ $2HCl + CuO \rightarrow CuCl_2 + H_2O$
4. Кислота + активний метал* → сіль + водень, Кислота + неактивний метал** ≠	$2HCl + Mg \rightarrow MgCl_2 + H_2\uparrow,$ $HCl + Cu \neq$
5. Кислота 1 + сіль 1 → кислота 2 + сіль 2 (якщо утворюється осад, газ, слабкий електроліт)	$2HCl + CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow,$ $H_2SO_4 + 2\ NaCl \rightarrow Na_2SO_4 + 2HCl\uparrow,$ $Ba(NO_3)_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2HNO_3$
6. Розкладання деяких кислот при нагріванні	$H_2SiO_3 \xrightarrow{t} SiO_2 + H_2O,$ $H_2SO_3 \xrightarrow{t} SO_2 + H_2O$

* При взаємодії HNO_3 з металами водень не виділяється (утворюються гази NO_2, NO, NH_3).
** За своєю активністю метали розташовуються в наступний ряд, названий рядом активності, або електрохімічним *рядом напруг* металів.

Електрохімічний ряд напруг металів

Li, Rb, K, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Ni, Sn, Pb, **H,** Cu, Ag, Hg, Au ,Pt →

Активні метали — Неактивні метали

Більшість кислот розчинні у воді. Деякі оксигеновмісні кислоти (наприклад, HNO_3, $HMnO_4$, $HClO_4$) у водному розчині є сильними окисниками, а такі безкисневі кислоти, як HCl, H_2S – сильними відновниками.

Солями називають тип складних речовин, що при дисоціації у водних розчинах утворюють катіони металів M^{n+} (або NH_4^+) і аніони кислотних залишків. Солі можна уявити як продукти заміщення атомів Гідрогену кислоти (амфотерного гідроксиду) атомами металу (у деяких випадках групами атомів, на-

приклад NH_4^+, VO^{2+}) або гідроксидних груп основи (амфотерного гідроксиду) кислотними залишками.

Емпіричні формули солей складаються з *кислотних* і *основних залишків.* З купрум(II) гідроксиду можуть утворюватися основні залишки Cu^{2+} і $CuOH^+$, а з ортофосфатної кислоти – PO_4^{3-}, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$.

З кислотних і основних залишків можна скласти різні емпіричні формули солей таким чином, щоб сумарний заряд сполуки дорівнював нулю.

Солі, що не містять ні здатних заміщатися іонів гідрогену, ні гідроксид-іонів, називають *середніми.* Їх загальна формула $M_x(EO_y)_n$, Приклад середньої солі – $Ba_3(PO_4)_2$. Солі, що містять кислотні залишки з незаміщеними атомами гідрогену, називають *кислими* солями. Іноді солі містять у своєму складі також гідроксид-іони; такі солі називають *основними* солями. Приклади наведено нижче:

$$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O,$$

$$NaOH + H_3PO_4 = NaH_2PO_4 + H_2O,$$

$$2NaOH + H_3PO_4 = Na_2HPO_4 + 2H_2O,$$

$$Fe(OH)_3 + HNO_3 = Fe(OH)_2NO_3 + H_2O,$$

$$Fe(OH)_3 + 2HNO_3 = FeOH(NO_3)_2 + 2H_2O.$$

Кислі та основні солі можуть бути перетворені в середні солі взаємодією з відповідною основою або кислотою, наприклад:

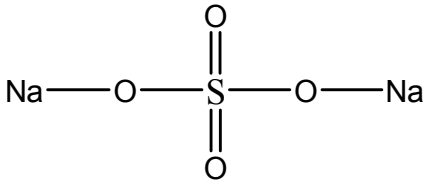
$$Ca(HSO_4)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaSO_4 + 2H_2O,$$

$$(CaOH)_2SO_4 + H_2SO_4 = 2CaSO_4 + 2H_2O.$$

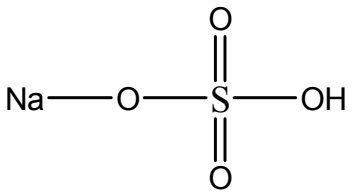
Зустрічаються також солі, що містять два різних катіони; їх називають *подвійними* солями**,** наприклад: $KAl(SO_4)_2$, $CaMg(CO_3)_2$.

У графічних формулах солей повинні зберігатися графічні формули кислотних і основних залишків.

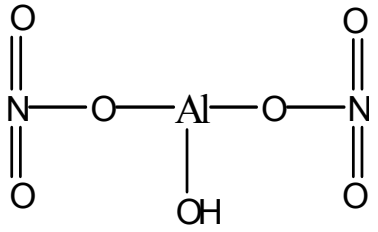
Наприклад: Na_2SO_4 (а); $NaHSO_4$ (б); $AlOH(NO_3)_2$ (в):



(а)



(б)



(в)

Назви солей. Назви ***середніх*** солей утворюють з назв катіонів і аніонів із зазначенням ступенів окиснення катіона та кислотоутворюючого елемента, де є така необхідність:

$Fe(NO_3)_3$ – ферум(III) нітрат; Na_2SO_4 – натрій сульфат.

Кислі солі називають так само, як і середні, але з додаванням до назви аніона префікса ***гідро-,*** що пишуть разом з відповідним числовим префіксом:

$KHCO_3$ – калій гідрокарбонат; NaH_2PO_4 – натрій дигідрофосфат

Основні солі називають так, як і середні, з додаванням до назви аніона слова ***гідроксо-,*** що пишуть разом з відповідним числовим префіксом:

$Mg(OH)Cl$ – магній гідроксохлорид; $Al(OH)_2NO_3$ – алюміній дигідроксонітрат

СПОСОБИ ОТРИМАННЯ СОЛЕЙ

1. Взаємодія основних оксидів з кислотними оксидами і кислотами та амфотерними оксидами і гідроксидами:

$$3CaO + P_2O_5 = Ca_3(PO_4)_2,$$

$$FeO + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2O,$$

$$BaO + 2Cr(OH)_3 = Ba(CrO_2)_2 + 3H_2O,$$

$$Na_2O + ZnO \xrightarrow{t} Na_2ZnO_2.$$

2. Взаємодія кислотних оксидів з основами і основними оксидами та амфотерними оксидами і гідроксидами:

$$SO_2 + CaO = CaSO_3,$$

$CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$,

$N_2O_5 + BeO = Be(NO_3)_2$,

$3SO_3 + 2Al(OH)_3 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$.

3. Взаємодія основ та амфотерних гідроксидів з кислотами:

$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$,

$Cr(OH)_3 + 3HNO_3 = Cr(NO_3)_3 + 3H_2O$.

4. Взаємодія солей з кислотами:

$BaCO_3 + 2HNO_3 = Ba(NO_3)_2 + CO_2\uparrow + H_2O$,

$CdSO_4 + H_2S = CdS\downarrow + H_2SO_4$.

5. Взаємодія солей з основами:

$NiSO_4 + 2NaOH = Ni(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$

6. Взаємодія металів, сполукам яких притаманні амфотерні властивості, з лугами:

$Zn + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$,

$2Al + 6NaOH + 6H_2O = 2Na_3[Al(OH)_6] + 3H_2\uparrow$.

7. Взаємодія неметалів з лугами:

$Cl_2 + 2KOH = KCl + KClO + H_2O$,

$3Cl_2 + 6KOH \xrightarrow{t} 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$,

$P + 3NaOH + 3H_2O = 3NaH_2PO_2 + PH_3$,

$3S + 6NaOH = 2Na_2S + Na_2SO_3 + 3H_2O$.

8. Взаємодія між солями:

$AgNO_3 + KBr = AgBr\downarrow + KNO_3$,

$Pb(NO_3)_2 + 2KI = PbI_2\downarrow + 2KNO_3$.

9. Взаємодія металів з кислотами:

$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2\uparrow$.

10. Витіснення неметалів з солей активнішими неметалами:

$2NaI + Cl_2 = 2NaCl + I_2$.

11. Витіснення металів з їх солей активнішими металами:

$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$.

12. Взаємодія простих речовин:

$2Al + 3I_2 = 2AlI_3$,

$Mg + S = MgS$.

13. Термічні перетворення солей:

$2NaNO_3 \xrightarrow{t} 2NaNO_2 + O_2$,

$4Na_2SO_3 \xrightarrow{t} Na_2S + 3Na_2SO_4$.

Кислі солі, у свою чергу, можна добути шляхом реакції надлишку кислоти з основою (амфотерним гідроксидом), а також взаємодією солі з кислотою:

$2H_3PO_4 + Ca(OH)_2 = Ca(H_2PO_4)_2 + 2H_2O$,

$H_3PO_4 + Ca(OH)_2 = CaHPO_4 + 2H_2O$,

$Na_2S + H_2S = 2NaHS$.

Діючи кислотою на середню сіль, можна перетворити її у кислу:

$K_3PO_4 + 2H_3PO_4 = 3KH_2PO_4$,

$Na_2CO_3 + H_2CO_3 = 2NaHCO_3$.

Основні солі отримують аналогічно, але у надлишку беруть основу:

$Ca(OH)_2 + HCl = Ca(OH)Cl + H_2O$,

$2Cu(OH)_2 + CO_2 = (CuOH)_2CO_3 + H_2O$.

Діючи основою на середню сіль, можна перетворити її в основну:

$Al_2(SO_4)_3 + 2NaOH = 2Al(OH)(SO_4) + Na_2SO_4$,

$Bi(NO_3)_3 + 2KOH = Bi(OH)_2NO_3 + 2KNO_3$.

Солі можуть реагувати з основами, кислотами, у ряді випадків – з кислотними та амфотерними оксидами. Крім того, можливі реакції обміну між солями (за умови нерозчинності одного з продуктів реакції), реакції між сіллю і металом (вихідний метал повинний бути більш активним, ніж той, що входить до складу солі та витісняється):

$Na_2SO_4 + Ba(OH)_2 = BaSO_4\downarrow + 2NaOH$,

$Na_2S + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2S\uparrow$,

$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$,

$Na_2SiO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2SiO_3\downarrow$.

$HNO_3, H_2SO_4, HCl, H_3PO_4, H_2SO_3, H_2CO_3, H_2S, H_2SiO_3$

(кожна попередня кислота витісняє з солі попередню)

$Fe_2(SO_4)_3 + 3Ba(NO_3)_2 = 2Fe(NO_3)_3 + 3BaSO_4\downarrow$,

$CuCl_2 + Fe = FeCl_2 + Cu$.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СЕРЕДНІХ, КИСЛИХ І ОСНОВНИХ СОЛЕЙ

Наприклад:

$$Ca(HSO_4)_2 \underset{H_2SO_4 +}{\overset{+ Ca(OH)_2}{\rightleftarrows}} CaSO_4 \underset{H_2SO_4 +}{\overset{+ Ca(OH)_2}{\rightleftarrows}} (CaOH)_2SO_4$$

За цією схемою йдуть такі реакції:

1) $CaSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Ca(HSO_4)_2$,

2) $Ca(HSO_4)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow \underline{2}CaSO_4 + \underline{2}H_2O$,

3) $CaSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow (CaOH)_2SO_4$,

4) $(CaOH)_2SO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \underline{2}CaSO_4 + \underline{2}H_2O$,

5) $(CaOH)_2SO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2Ca(HSO_4)_2 + \underline{2}H_2O$

6) $Ca(HSO_4)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2(CaOH)_2SO_4 + 2H_2O$.

Наведемо ще кілька прикладів переходу від кислих солей до середніх:

$NaH_2PO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_3PO_4 + \underline{2}H_2O$,

$KHSO_3 + KOH \rightarrow K_2SO_3 + H_2O$,

$FeOHCl_2 + HCl \rightarrow FeCl_3 + H_2O$,

$Al(OH)_2NO_3 + 2HNO_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 + 2H_2O$,

$Cu(OH)_2S + H_2S \rightarrow 2CuS + 2H_2O$,

$Sr(H_2AsO_4)_2 + 2Sr(OH)_2 \rightarrow Sr_3(AsO_4)_2 + 4H_2O$.

Таким чином, кислі солі можна отримати при надлишку кислоти (реакції 1, 5), а основні солі – при надлишку основи (реакції 3, 6). При отриманні се-

редніх солей з кислих потрібно до кислої солі додати основу (реакція 2), а з основних – до основної солі додати кислоту (реакція 4).

Приклади розв′язування задач

Приклад 1

До 25 г розчину з масовою часткою алюміній хлориду 8% додали 25 г розчину натрій гідроксиду з масовою часткою 8%. Осад, що утворився, відфільтрували, а потім прожарили. Визначте склад і масу твердого залишку.

Дано:	*Розв′язок:*
$m_{р\text{-}ну}(AlCl_3) = 25$ г $\omega(AlCl_3) = 8$ % $m_{р\text{-}ну}(NaOH) = 25$ г $\omega(NaOH) = 8$ %	Унаслідок дії лугів на розчини солей алюмінію утворюється осад алюміній гідроксиду: $AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3\downarrow + 3NaCl$. Зробимо розрахунок за наданим рівнянням реакції.
$m_{Al_2O_3}$ – ?	$\omega = \frac{m_{речов}}{m_{розчину}} \cdot 100\%$ $\quad m_{речов} = \omega \cdot m_{розч}$ $n = \frac{m}{M} = \frac{\omega \cdot m_{розч}}{M}$

Кількість речовини:

$$n(AlCl_3) = \frac{25\text{ г} \cdot 0{,}08}{133{,}5\text{ г/моль}} = 0{,}015\text{ моль},$$

$$n(NaOH) = \frac{25\text{ г} \cdot 0{,}08}{40\text{ г/моль}} = 0{,}05\text{ моль}.$$

Отже, $AlCl_3$ є в недостачі. Згідно з рівнянням, мольне співвідношення $AlCl_3:NaOH:Al(OH)_3 = 1:3:1$. Таким чином, в результаті даної реакції витрачається:

$0{,}015\text{ моль} \cdot 3 = 0{,}045\text{ моль NaOH}$

і утворюється 0,015 моль $Al(OH)_3$.

Надлишок NaOH кількістю 0,05 – 0,045 = 0,005 (моль) розчиняє 0,005 моль $Al(OH)_3$ за рівнянням:

$$Al(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4].$$

Таким чином, в осаді залишається 0,015 – 0,005 = 0,010 (моль) $Al(OH)_3$.

Під час прожарювання цього осаду здійснюється реакція:

$$2Al(OH)_3 \xrightarrow{t} Al_2O_3 + 3H_2O$$

Оскільки мольне співвідношення $Al(OH)_3:Al_2O_3 = 2:1$, то

$n(Al_2O_3) = 0{,}01$ моль : 2 = 0,005 моль ,

тоді $m_{Al_2O_3} = 0{,}005$ моль ·102 г/моль ($M(Al_2O_3)$) = 0,51 г.

Відповідь: Al_2O_3; $m_{Al_2O_3} = 0{,}51$ г.

Приклад 2

До розчину, який містить 35 г нітратної кислоти, додали 10 г магній оксиду. Розрахуйте масу солі, що утворюється.

Дано:	*Розв'язок:*
$m(HNO_3) = 35$ г $m(MgO) = 10$ г $m_{Mg(NO_3)_2} - ?$	Складаємо рівняння реакції: 10 г 35 г x г $MgO + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2O$ Розрахуємо кількість речовин MgO і HNO_3:

$$n = \frac{m}{M}; \qquad n(MgO) = \frac{10\text{ г}}{40\text{ г/моль}} = 0{,}25 \text{ моль};$$

$$n(HNO_3) = \frac{35\text{ г}}{63\text{ г/моль}} = 0{,}55 \text{ моль}.$$

Згідно з рівнянням реакції мольне співвідношення MgO і HNO_3 складає 1:2, тоді на 0,25 моль MgO потрібно 0,5 моль HNO_3. Однак за розрахунком – 0,55 моль. Отже, нітратна кислота в реакції додана з надлишком. Розрахунок маси солі $Mg(NO_3)_2$ треба здійснювати за оксидом магнію.

Враховуючи, що за рівнянням мольне співвідношення MgO і $Mg(NO_3)_2$ становить 1:1, то утворилось 0,25 моль солі або 0,25 моль·148 г/моль = 37 г.

Відповідь: $m_{Mg(NO_3)_2} = 37$ г.

Приклад 3

Дайте назву наведеним солям: CuS, MgSe, As_2S_3, $CaCl_2$, $CuSO_4$, CaS, $NaHSO_4$, $(CuOH)_2CO_3$, KH_2PO_4, $Al(OH)_2NO_3$.

Розв'язок:

Згрупуємо солі за типами і дамо їм назви.

1) Середні солі: CuS – купрум(II) сульфід, MgSe – магній селенід, As_2S_3 – арсен(III) сульфід, $CaCl_2$ – кальцій хлорид, $CuSO_4$ – купрум(II) сульфат, CaS – кальцій сульфід.

2) Кислі солі: $NaHSO_4$ – натрій гідросульфат, KH_2PO_4 – калій дигідрофосфат.

3) Основні солі: $(CuOH)_2CO_3$ – купрум(II) гідроксокарбонат, $Al(OH)_2NO_3$ – алюміній дигідроксокарбонат.

Приклад 4

Напишіть рівняння реакцій, що перебігають за схемою:

$$CO_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaO.$$

Розв'язок:

а) $CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$,

б) $CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$,

в) $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$,

або $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$ (кип'ятіння),

г) $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ (термічне розкладання).

Питання для самоконтролю і перевірки засвоєних знань і навичок

1. Які неорганічні речовини називаються оксидами? Що лежить в основі поділу оксидів на соле- і несолетворні? До якого типу оксидів можна віднести кожну з наступних сполук: CaO, N_2O, CO_2, SiO_2, CO?
2. За якими хімічними властивостями солетворні оксиди поділяються на основні, кислотні та амфотерні?
3. Напишіть формули оксидів K, Ba, Al, Si, P, S, Cl, Os, якщо відомо, що валентність елемента відповідає номеру групи періодичної системи.
4. Яка валентність Мангану в оксидах, формули яких: Mn_2O_3, MnO, MnO_2, Mn_2O_7?
5. Назвіть оксиди, які відповідають наведеним формулам: Cu_2O, CuO, FeO, Fe_2O_3, Mn_2O_3, MnO_2, SO_2, P_2O_5, SO_3, Mn_2O_7, RuO_4.

6. Класифікуйте наступні оксиди: PbO_2, SO_2, BaO, CO, CuO, Mn_2O_7, Al_2O_3, Cs_2O, N_2O.
7. Наведіть молекулярні та графічні формули двох кислотних оксидів, які утворені: а) одним металом; б) одним неметалом.
8. Нижче наведені формули ряду оксидів. Укажіть, в якому з них вміст (у відсотках) Оксигену найбільший, а в якому – найменший: NO, CaO, MnO, FeO, MgO, CO, BaO, CuO, HgO, ZnO.
9. Визначте, до якого типу відносяться такі оксиди: CaO, N_2O, BaO, SiO_2, SO_3, P_4O_{10}, FeO, CO, ZnO, Cr_2O_3, NO.
10. Які з наведених нижче сполук не відносяться до оксидів: CO, H_2O, BaO_2, K_2O_2, Cr_2O_3, Cl_2O_7, F_2O?
11. Наведіть приклади взаємодії оксидів з кислотами і лугами, а також оксидів, що можуть реагувати як з кислотами, так і з лугами. Чи можуть оксиди реагувати із солями? Відповідь мотивуйте.
12. Чи всі існуючі оксиди можна добувати шляхом безпосередньої взаємодії елемента з киснем? Які оксиди можна добувати лише непрямим шляхом? Наведіть три приклади.
13. Як відомо, несолетворні оксиди не реагують з водою, кислотами та лугами. Чи означає це, що вони хімічно інертні? Обґрунтуйте свою відповідь.
14. Укажіть, з якими з наведених речовин буде реагувати карбон(IV)оксид, SO_2, KOH, H_2O, $Ca(OH)_2$, CaO.
15. Чому карбон(II) оксид відносять до несолетворних оксидів, хоча відома його реакція з лугами, яка безпосередньо призводить до утворення солі? Наведіть рівняння реакції і вкажіть умови, за яких вона можлива.
16. За допомогою яких реакцій можна в одну стадію отримати кислотні оксиди з наступних речовин: H_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $MgCO_3$, PH_3, Na_2SO_3, FeS_2? Дайте назву отриманим оксидам та докажіть їх кислотний характер.
17. Дайте визначення основи з позиції теорії електролітичної дисоціації. Напишіть рівняння процесів дисоціації гідроксидів металів I, II і III груп Періодичної системи.

18. Напишіть структурні формули гідроксидів наступних металів: літію(I), мангану(II), плюмбуму(II), хрому(III), феруму(III), стануму(IV), мангану(IV). Від чого залежить кількість гідроксильних груп у основах?
19. Випишіть формули нерозчинних і розчинних у воді гідроксидів: $Zn(OH)_2$, $Fe(OH)_2$, $Ba(OH)_2$, $NaOH$, $Fe(OH)_3$, $Cu(OH)_2$. Як називаються ці групи гідроксидів? Яка назва є більш загальною?
20. Наведіть рівняння реакцій, що демонструють основні хімічні властивості основ. Дайте визначення лугів.
21. Наведіть рівняння п'яти способів добування будь-якого лугу.
22. Напишіть молекулярні та іонні рівняння реакцій взаємодії лугів з: а) середніми (нормальними) солями; б) кислими солями; в) основними солями.
23. Як за допомогою наступних речовин: цинк, хлоридна кислота, натрій, вода можна добути цинк гідроксид. Наведіть відповідні хімічні рівняння та довести амфотерність $Zn(OH)_2$.
24. Дайте визначення кислот за теорією електролітичної дисоціації.
25. Як поділяють кислоти за їх окиснювальною здатністю, за складом та силою?
26. Опишіть способи добування кислот. Напишіть рівняння реакцій.
27. Напишіть графічні формули кислот: сульфітної, метафосфатної, ортофосфатної, дихромової.
28. Чим відрізняються мета-, піро- та ортоформи кислот?
29. Яка з кислот сильніша: сульфатна або сульфітна? Дайте пояснення.
30. Як зміниться сила кислот у ряді: HCl – $HClO_3$ – $HClO_4$? Дайте пояснення.
31. Назвіть кислоти: $HClO_4$, $HClO_3$, $HClO_2$, HCl, $HBrO_4$, $HBrO_3$, $HBrO_2$, HBr.
32. Які сполуки утворяться з кислот: HNO_2, HCl, H_3PO_3, H_2WO_4, H_3AsO_4 у разі термічного розкладу та дії водовіднімаючих засобів?
33. Дайте назви таким кислотам: HNO_2, H_2SO_4, $HClO_4$, $HAsO_2$, HPO_3; вкажіть ступені окиснення елементів, що їх утворюють.

34. Які сполуки називаються солями? Дайте визначення солей з точки зору теорії електролітичної дисоціації.
35. Як класифікують солі?
36. Доведіть, що кислі солі виявляють деякі властивості кислот, а основні солі – деякі властивості основ.
37. Опишіть способи добування середніх солей. Наведіть приклади. Напишіть рівняння реакцій у молекулярній та іонній формах.
38. Опишіть способи добування кислих та основних солей. Наведіть приклади. Напишіть рівняння реакцій у молекулярній та іонній формах.
39. Як з кислої солі добути середню та навпаки? Як з основної солі добути середню та навпаки?
40. Напишіть молекулярні та графічні формули солей: магній сульфат, купрум(II) гідроксокарбонат, ферум(III) дигідроксофосфат, натрій метахроміт, манган(II) сульфід, натрій селенат.
41. Назвіть сполуки за міжнародною номенклатурою та напишіть їх графічні формули: KHS, $(MgOH)_2CO_3$, K_3AsO_4, Na_2HPO_4, $Ca(HCO_3)_2$, $Al(OH)_2Cl$, $AlOHCl_2$, $(CuOH)_2SO_4$, $Cr_2(HPO_4)_3$, $PbCrO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$, $CrCl_3$, $Fe(NO_3)_3$, $CrOHSO_4$, $Fe(HS)_2$, $Al(H_2PO_4)_3$, $[Fe(OH)_2]_2CO_3$, $CaSiO_3$, $FeOHNO_3$.
42. Напишіть кислотні залишки перелічених солей і вкажіть їх заряд: $Fe(HSO_3)_2$, $Zn(HSO_4)_2$, $KCrO_2$, $K_2H_2P_2O_7$, KH_2PO_4.
43. Напишіть катіони перелічених солей і вкажіть їх заряд: $AlOHSO_4$, CdOHCl, $Fe(OH)_2CH_3COO$, $(MgOH)_2CO_3$, $[Cr(OH)_2]_2SO_4$.
44. Виділите в наступних формулах солей залишки основ і залишки кислот, визначте заряди цих іонів: $Al(OH)_2Cl$, $Cr_2(HPO_4)_3$, $PbCrO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$, $(ZnOH)_2CO_3$, Na_3PO_4.
45. Складіть формули кислих ферум(III) фосфатів. Дайте назви сполукам.
46. Складіть назви таких солей: $NaNO_2$, KBr, $Ag_4P_2O_7$, NH_4AsO_2, Hg_3TeO_6.
47. Складіть формули основних алюміній сульфатів та дайте їм назви.

48. За назвами солей складіть їх формули: калій арсенат, калій арсеніт, калій метаарсеніт, магній гідроксохлорид, ферум(III)сульфат, ферум(II) гідросульфат.
49. Напишіть графічні формули: магній нітриту, берилій сульфату, натрій нітрату, кальцій сульфіту, алюміній броміду.
50. Які з перелічених нижче солей є кислими: KHS, $Ca(HCO_3)_2$, $MgHPO_3$, $Cr_2(HPO_4)_3$, Na_2HPO_2, CH_3COONH_4? Відповідь обґрунтуйте.

Задачі для самостійного розв'язання

1. Визначте формулу оксиду, який утворено елементом із ступенем окиснення +2, якщо відомо, що для розчинення 4,05 г його оксиду потрібно 3,73 г хлоридної кислоти. *Відповідь*: (CuO).
2. На завод було доставлено руду, яка містила 4640 т магнітного залізняку Fe_3O_4. Скільки Феруму міститься в цій кількості руди?
3. У ході аналізу одного зразка руди в ньому було знайдено 2,8 г Феруму. Якій кількості ферум(III) оксиду це відповідає?
4. В оксиді одновалентного елемента масова частка Оксигену 53,3%. Назвіть елемент. *Відповідь:* Li.
5. Визначте масу натрій гідроксиду, через розчин якого пропустили 5,6 л карбон(IV) оксиду і отримали 21 г натрій гідрокарбонату. *Відповідь:* 10 г.
6. При відновленні Карбоном 32 г ферум(III) оксиду утворилося 20,81 г феруму. Визначте вихід феруму. *Відповідь:* 90%.
7. Визначте масу води, яка потрібна, щоб розчинити 188 г оксиду калію, якщо отримали розчин з масовою часткою KOH 5,6%. *Відповідь:* 3 812 г.
8. У результаті взаємодії оксиду карбону(IV) з їдким натром отримали 21 г гідрокарбонату натрію. Визначте об'єм CO_2 і масу NaOH, які витрачені на реакцію. *Відповідь:* $m(CO_2) = 5,6$ л; $m(NaOH) = 10$ г.
9. На повне розчинення суміші оксидів металів другої групи масою 13 г витрачено 154 г 10%-ної хлороводневої кислоти. Оксиди яких металів складали суміш, якщо відношення молекулярних мас оксидів металів становить 2,025,

а відношення молекулярних мас хлоридів цих металів – 1,432: а) MgO, CaO; б) CaO, BaO; в) CaO, ZnO; г) SrO, MgO; д) ZnO, MgO? *Відповідь*: д).

10. На повне розчинення 7,42 г суміші залізної окалини (Fe_3O_4) з оксидом цинку потрібно 43,8 г 20%-ної HCl. Який об'єм водню, що може відновити суміш до металів? *Відповідь:* 2,69 л.
11. Розчин 15,9 г соди (Na_2CO_3) у 68,9 г води поглинув пару SO_3 масою 20 г. З яких компонентів складається отриманий розчин? Знайдіть масові частки цих компонентів. *Відповідь:* $m(Na_2SO_4) = 7,1\%$; $m(NaHSO_3) = 24\%$.
12. Обчисліть масу CaO, яка потрібна для отримання 37 г кальцій гідроксиду. *Відповідь*: 28 г.
13. Знайдіть масу лугу, що утворюється у разі взаємодії 2,3 г Натрію з водою. *Відповідь*: 4 г.
14. До 300 г розчину калій гідроксиду з масовою часткою КОН 15% додали 300 г води. Визначте масову частку калій гідроксиду у розчині, що отримали. *Відповідь*: 7,5%.
15. Скільки моль речовини було отримано у результаті взаємодії 2 моль амоній хлориду і 1,5 моль натрій гідроксиду. *Відповідь*: 2 моль.
16. Розрахуйте кількість аміаку (г), яку можна отримати з суміші, що містить 20 г NH_4Cl і 7,4 г кальцій гідроксиду. *Відповідь*: 3,4 г.
17. Яку масу солі отримали унаслідок дії на 5,6 г калій гідроксиду 10%-ної метанової кислоти з масою 92 г? *Відповідь*: 8,4 г.
18. До розчину, який містить 12,6 г нітратної кислоти, додали розчин, який містить 7,2 г NaOH. Знайдіть масу солі. *Відповідь*: 15,3 г.
19. Визначте масу кальцій гідроксиду, яка потрібна для його реакції взаємодії з 44,8 л CO_2, щоб отримати 10 г солі. *Відповідь*: 7,4 г.
20. У результаті дії на алюміній сульфат лугу виділяється осад, який потім розчиняють в надлишку розчину лугу. Який склад осаду? Який об'єм розчину натрій гідроксиду з масовою часткою 20% (ρ = 1,2 г/мл) потрібний, щоб розчинити осад, якщо відомо, що в реакцію вступило 34,2 г алюміній сульфату? *Відповідь*: 85,7 мл.

21. Вапняк масою 5 т з масовою часткою кальцій карбонату 95% прожарили у печі. До твердого залишку додали воду. Яку масу кальцій гідроксиду було при цьому отримано, якщо домішки з водою не реагують? *Відповідь*: 3990 кг.
22. 1 л суміші газів CO та CO_2, маса якої складала 1,429 г (за н.у.), пропустили крізь 90,7 г 1%-ного розчину KOH. Визначте масу солей, які утворилися в розчині. *Відповідь*: 0,62 г $KHCO_3$; 0,69 г K_2CO_3.
23. До 342 г 10%-ного розчину метал гідроксиду другої групи додали надлишок розчину натрій карбонату. При цьому випав осад масою 39,4 г. Осад відфільтрували та при перемішуванні розчинили в 46,5 мл 20%-ної HCl (густина 1,1 г/мл). Який газ та в якому об'ємі (н.у.) при цьому виділився? *Відповідь*: 1,7 л CO_2.
24. У результаті взаємодії карбон(IV) оксиду з натрій гідроксидом утворилося 10,5 г натрій гідрокарбонату. Визначте об'єм карбон(IV) оксиду і масу натрій гідроксиду, які витрачені на отримання солі. *Відповідь*: 2,8 л; 5,0 г.
25. Визначте масу кислої і середньої солі, що можуть бути отримані у результаті взаємодії 5,6 л SO_2 з калій гідроксидом. Чому дорівнює маса лугу в кожному окремому випадку? *Відповідь*: 1) 14 г KOH; 30 г $KHCO_3$; 2) 28 г KOH; 39,5 г $KHCO_3$.
26. Визначте масу води, яка необхідна для розчинення 188 г калій оксиду, якщо відомо, що було отримано розчин з масовою часткою KOH 5,6%. *Відповідь*: 3812 г.
27. На повну нейтралізацію кислоти, узятої кількістю речовини 0.1 моль, витрачається розчин об'ємом 84,8 мл з масовою часткою KOH 12% (густина 1,109 г/мл). Визначте основність цієї кислоти. *Відповідь*: 2.
28. Яка маса натрій нітрату потрібна для добування розчину HNO_3 об'ємом 134,3 л, у якому масова частка кислоти становить 67% (густина 1,4 г/мл)? *Відповідь:* m_{NaNO_3} = 170 кг.
29. Яка маса піриту FeS_2 потрібна для добування 100%-ної сульфатної кислоти масою 1 т? *Відповідь:* m_{FeS_2} = 612,2 кг.

30. Скільки грамів HCl буде потрібно для реакції з 3,5 г Літію? *Відповідь:* m_{HCl} = 18,25 г.
31. На повну нейтралізацію кислоти, узятої кількістю речовини 0,1 моль, витрачається розчин масою 150 г, у якому масова частка NaOH дорівнює 8%. Визначите основність цієї кислоти. *Відповідь:* 3.
32. До розчину фосфатної кислоти додали натрій гідроксид. Яка маса кислоти прореагувала, якщо утворилося 0,9 г натрій дигідрофосфату та 3,2 г натрій гідрофосфату? *Відповідь:* $m_{H_3PO_4}$ = 2,94 г.
33. До 2 г Li_2O додали 2 г HCl. Яка речовина та у якій кількості (г) не прореагує? *Відповідь:* Li_2O, m_{Li_2O} = 0,98 г.
34. Розрахуйте масу (г) натрій сульфату та об'єм (л, н.у.) HF, добутих шляхом взаємодії 21 г натрій фториду з надлишком концентрованої сульфатної кислоти. *Відповідь:* $m_{Na_2SO_4}$ = 35,5 г; V_{HF} = 11,2 л.
35. Унаслідок дії хлоридної кислоти на натрій сульфід було зібрано 14 л гідроген сульфіду (н.у.). Визначте маси (г) реагентів, що вступили до реакції. *Відповідь:* m_{HCl} = 45,625 г, m_{Na_2S} = 48,75 г.
36. Розрахуйте масу (г) кристалогідрату $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, добутого взаємодією надлишку Магнію та розведеної хлоридної кислоти з подальшим відділенням магнію, що не прореагував, та випарюванням розчину досуха, якщо при цьому виділилося 1,4 л газу (н.у.). *Відповідь:* $m_{MgCl_2 \cdot 6H_2O}$ = 12,6875 г.
37. На реакцію з наважкою твердого кальцій хлориду при кип'ятінні знадобилося 10 мл сульфатної кислоти концентрацією 10 моль/л. Яка маса (г) наважки? Який об'єм (л, н.у.) газу виділився при цьому? *Відповідь:* m_{CaCl_2} = 11,1 г, $V_{назу}$ = 4.48 л.
38. Скільки літрів карбон (IV) оксиду, виміряного за нормальних умов, потрібно для перетворення 4 г кальцій карбонату в кальцій гідрокарбонат? *Відповідь:* V_{CO_2} = 0,896 л.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Класи неорганічних сполук

Дослід 2. 1. Отримання *купрум(II) оксиду з міді*

Закріпіть у тигельні щипці пластинку з міді та нагрійте її у полум'ї пальника до почорніння.

• Запишіть рівняння реакції.

Дослід 2. 2. *Отримання магній оксиду*

Візьміть щипцями магнієву стрічку та прожарте її кінчик у полум'ї пальника до займання. Запалену стрічку тримайте над склянкою. До зібраного у склянці білого магній оксиду додайте 10-20 мл води та 1-2 краплі розчину фенолфталеїну.

• Запишіть рівняння реакції.

Дослід 2.3. *Отримання купрум(II) оксиду розкладанням* $(CuOH)_2CO_3$

Суху пробірку, в яку заздалегідь помістили трохи $(CuOH)_2CO_3$, закріпіть у штативі, та нагрівайте у полум'ї пальника доти, доки весь вміст пробірки не перетвориться на чорний порошок. Зверніть увагу на появу водяних крапель на холодних стінках пробірки.

Після охолодження порошок поділіть на дві пробірки. В одну пробірку додайте 3-5 мл 10%-ного розчину NaOH, у другу – стільки ж 10%-ного розчину H_3PO_4. Кожну пробірку обережно нагрійте до кипіння та дайте відстоятись.

• Що спостерігається? Напишіть рівняння реакцій.

Дослід 2.4. *Дослідження амфотерності оксидів*

У дві пробірки насипте малими порціями цинк оксид, у дві інші пробірки – ферум(III) оксид. До однієї порції ZnO долийте 5-6 мл 10%-ного розчину HBr, до другої – стільки ж 10%-ного розчину КОН. Вміст кожної з пробірок нагрійте до кипіння. Так само визначте розчинність Fe_2O_3 в розчинах HBr і КОН. На підставі результатів досліду зробіть висновки щодо амфотерності оксидів цинку та феруму(III).

• Напишіть рівняння реакцій.

Дослід 2.5. ***Отримання натрій гідроксиду***

Візьміть пінцетом шматочок металічного натрію, висушіть його фільтрувальним папером та опустіть у порцелянову чашку з водою. Після закінчення реакції індикаторами встановіть реакцію середовища.

• Запишіть рівняння реакції.

Дослід 2.6. ***Отримання кальцій гідроксиду***

Візьміть пінцетом шматочок оксиду кальцію та опустіть у суху пробірку. Прикладіть дно пробірки до долоні руки і додайте 2-3 краплі води. Коли ви відчуєте, що дно пробірки нагрілось, додайте ще 5-10 мл води.

Пробірку енергійно струсніть, дайте відстоятися осаду або відфільтруйте розчин. Встановіть реакцію середовища добутого розчину індикаторами.

• Напишіть рівняння реакції.

Дослід 2.7. ***Отримання купрум(II) гідроксиду***

Налийте у пробірку 2-3 мл розчину $CuSO_4$ і додайте по краплях розчин лугу, спочатку до появи осаду, а потім до утворення слабкого лужного середовища. Спостерігайте посиніння лакмусового папірця. Як змінюється забарвлення осаду? Розчин з осадом нагрійте до повного почорніння осаду.

• Напишіть рівняння реакції.

Дослід 2.8. ***Дослідження амфотерності гідроксидів***

Налийте в окремі пробірки по 2-3 мл перелічених розчинів солей: $FeCl_2$, $AlCl_3$, $Cr_2(SO_4)_3$, $ZnSO_4$, $MgCl_2$ і $MnCl_2$. До кожної з них додайте по краплях 2 н розчин NaOH до утворення осаду, який не буде розчинятися при збовтуванні. Поділіть вміст кожної пробірки на дві та додайте в одну з них 4-5 мл бромідної кислоти, а в іншу – 4-5 мл 2 н розчину натрій гідроксиду. Спостерігайте за розчиненням осадів.

• Які з добутих гідроксидів є амфотерними? Напишіть рівняння реакцій.

Дослід 2.9. ***Взаємодія кислотного оксиду з водою***

Скляною паличкою візьміть трохи фосфор(V) оксиду і змішайте його з невеликою кількістю води. Добутий розчин випробуйте нейтральним лакмусом.

• Що спостерігається? Напишіть рівняння реакції.

Дослід 2.10. ***Отримання кислоти взаємодією солі з іншою кислотою***

Помістіть в пробірку невелику кількість кристалічного натрій ацетату і долийте до нього 3-4 мл 2 н розчину нітратної кислоти. Напишіть рівняння реакції, відзначивши запах продукту, що утворюється. В отвір пробірки внесіть, не торкаючись стінок, синій лакмусовий папірець.

• Що спостерігається? Напишіть рівняння реакції.

Дослід 2.11. ***Взаємодія кислот з металами***

У пробірку помістіть невеликий шматочок цинку. Додайте 3-4 мл розчину бромідної кислоти.

• Напишіть рівняння реакції і поясніть явища, що спостерігаються.

Дослід 2.12. ***Отримання середніх солей реакцією нейтралізації***

Налийте в порцелянову чашку 2-3 мл 0,5 н розчину натрій гідроксиду, додайте краплю метилоранжу, потім додавайте краплями 0,5 н розчин бромідної кислоти. Розчин перемішуйте скляною паличкою.

• Напишіть рівняння реакції і поясність зміну забарвлення розчину.

Дослід 2.13. ***Отриманнясолей взаємодією нерозчинної основи з кислотою***

До розчину ферум(III) хлориду додайте розчин лугу до утворення осаду. Злийте розчин з осаду і до осаду додайте краплями розчин бромідної кислоти.

• Напишіть рівняння реакцій і поясніть розчинення осаду.

Дослід 2.14. ***Отримання солей взаємодією солей***

До двох пробірок з розчином плюмбум нітрату додайте по 3-4 мл розчину натрій хлориду (у першу) і розчину магній сульфату (у другу).

• Напишіть рівняння реакцій і поясніть утворення осадів.

Дослід 2.15. ***Отримання солей взаємодією солей з металами***

У пробірки з розчинами купрум(II) і натрій сульфатів помістіть по невеликому шматочку цинку. Через деякий час зафіксуйте зміни, що відбулися в розчинах.

• Напишіть рівняння реакції і поясніть різне відношення розчинів узятих солей до цинку.

Дослід 2.16. ***Отримання кислих солей***

Крізь розчин кальцій гідроксиду пропустіть карбон(IV) оксид до розчинення спочатку утвореного осаду. Напишіть рівняння реакції і поясніть розчинення осаду. До добутої солі карбонатної кислоти додайте 3-4 краплі розчину кальцій гідроксиду.

• Напишіть рівняння реакції і поясніть утворення осаду.

Дослід 2.17. ***Отримання основних солей взаємодією солі і лугу***

Налийте в пробірку 2-3 мл кобальт(II) хлориду додайте до розчину кілька крапель 2 н розчину лугу. У пробірці утвориться осад блакитного кольору. Додайте до нього надлишок лугу до зміни забарвлення осаду. Зміна забарвлення зумовлена переходом основної солі в гідроксид.

• Напишіть рівняння реакцій, що перебігають.

6. СИНТЕЗИ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Добування оксидів

3.1. Хром(III) оксид

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3\downarrow + N_2\uparrow + 4H_2O$$

Порядок виконання роботи: наважку амоній дихромату $(NH_4)_2Cr_2O_7$ масою 5 г поміщають у фарфорову чашку, додають кілька крапель спирту і нагрівають. Осад Cr_2O_3, що утворився, збирають, промивають гарячою водою та висушують. Розраховують вихід продукту.

3.2. Купрум(I) оксид

$$2CuSO_4 + 5Na_2SO_3 + 2H_2O \rightarrow Cu_2O + 3\ Na_2SO_4 + 4NaHSO_3$$

Порядок виконання роботи: до гарячого насиченого розчину купрум(II) сульфату швидко додають насичений гарячий розчин натрій гідроксиду з розрахунку на 1 моль $CuSO_4$ і знову ретельно перемішують, витримують 20 хвилин. Утворений осад промивають за допомогою декантації холодною дистильованою водою 3 рази. Осад відокремлюють фільтруванням під вакуумом (лійка Бюхнера), промивають 2 рази дистильованою водою на фільтрі, переносять у фарфорову чашку, висушують при 50-60 °С (сушильна шафа). Розраховують вихід продукту.

3.3. Плюмбум(II) оксид

$$Pb(NO_3)_2 + 2NH_3 + 2H_2O \rightarrow Pb(OH)_2\downarrow + 2NH_4NO_3$$

$$Pb(OH)_2 \xrightarrow{t} PbO + H_2O$$

Порядок виконання роботи: наважку плюмбум(II) нітрату розчиняють при постійному перемішуванні у мінімальній кількості води і додають до отриманого розчину 25%-ний водний розчин аміаку в кількості, що в 1,5 рази перевищує стехіометричну. Отриманий осад відокремлюють від рідини фільтруванням під вакуумом (лійка Бюхнера), промивають дистильованою водою та переносять у випарну чашку, розподіляючи його тонким шаром по внутрішній поверхні чашки. Чашку залишають на 15 хвилин у сушильній шафі при темпера-

турі 100 °С, потім переносять у муфельну піч та прожарюють 40 хвилин при температурі 650 °С. Отриманий продукт швидко охолоджують на повітрі. Розраховують вихід продукту.

3.4. Ферум(III) оксид

$$FeCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$$

$$2Fe(OH)_3 \xrightarrow{t} Fe_2O_3 + 3H_2O$$

Порядок виконання роботи: наважку ферум(III) хлориду розчиняють у мінімальній кількості дистильованої води. Якщо потрібно, розчин фільтрують. Фільтрат підігрівають до 50-60 °С, додають 25%-ний водний розчин аміаку в кількості, що в 1,1 рази перевищує стехіометричну (до слабколужної реакції). Утворений осад промивають декантацією гарячою водою (2-3 рази), відокремлюють фільтруванням під вакуумом (лійка Бюхнера), промивають на фільтрі водою (до повного видалення іонів Cl^-). Осад переносять у фарфоровій тигель, висушують у сушильній шафі і прожарюють у муфельній печі при температурі 700 °С протягом 1 години. Розраховують вихід продукту.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Добування пероксидів металів

4.1. Літій пероксид

$$2LiOH + H_2O_2 = Li_2O_2 + 2H_2O$$

Порядок виконання роботи: Готують насичений розчин літій гідроксиду (2-3 г) в 95%-ному спирті, до нагрітого розчину додають в невеликому надлишку розраховану кількість H_2O_2. З осаду обережно зливають спирт, знову доливають надлишок спирту, нагрівають до кипіння і знову спирт зливають. При цьому видаляють сліди літій гідроксиду. Осад відфільтровують, промивають спиртом і висушують в ексикаторі. На повітрі пероксид літію поступово розкладається з утворенням карбонату. Зберігати його необхідно в запаяній ампулі. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

4.2. Барій пероксид

$$BaCl_2 + H_2O_2 + 2NH_3 \cdot H_2O = BaO_2 + 2NH_4Cl + 2H_2O$$

Порядок виконання роботи: 5 г $BaCl_2$ розчиняють в 13 мл води, до розчину додають 13 мл H_2O_2 (30%-ного). Суміш перемішують, приливають 10 мл аміаку (25%-ного розчину) та знову ретельно перемішують. Після відстоювання осад пероксиду барію, що випав, промивають декантацією крижаною водою (відмивають від іону Cl^-), потім спиртом. Промитий осад сушать у фарфоровій чашці в ексикаторі над хлоридом кальцію. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

4.3. Магній перексид

$$Mg(OH)_2 + H_2O_2 = MgO_2 + 2H_2O$$

Порядок виконання роботи: 2 г MgO розчиняють в 100 мл води, до розчину додають 80 мл H_2O_2 (30%-ного). Осад магній пероксиду відсмоктують на лійці з пористою скляною пластинкою і висушують при температурі 60-70 °С. Продукт являє собою білий порошок, що містить 60-70% чистого магній перексиду. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Добування гідроксидів металів

5.1. Цинк гідроксид

$$2KOH + ZnCl_2 \rightarrow Zn(OH)_2 + 2KCl$$

Порядок виконання роботи: до розчину солі цинку поступово додають розчин КОН. Осад $Zn(OH)_2$, що випав, фільтрують через лійку Бюхнера, промивають дистильованою водою. Промитий осад висушують в ексикаторі над хлоридом кальцію. Розраховують кількість солі цинку та гідроксиду натрію для отримання 2 г продукту $Zn(OH)_2$. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

5.2. Купрум(II) гідроксид

$$CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

Порядок виконання роботи: Розчиняють 10 г $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ в 180 мл води. Розчин фільтрують, до фільтрату додають 0,3 мл гліцерину (гліцерин запобігає зневодненню $Cu(OH)_2$). Гідроксид купруму осаджують 0,5 М розчином лугу натрій гідроксиду. Розчин NaOH додають доти, доки осад не стане яскраво-блакитним. Об'єм розчину лугу розраховують, виходячи з рівняння реакції:

Осаду $Cu(OH)_2$ дають осісти, швидко декантують та промивають холодною водою, що містить гліцерин (100:1) до негативної реакції на іон SO_4^{2-}. Потім осад фільтрують, дають рідині стекти та переносять у фарфорову чашку. Сушать в ексикаторі. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

5.3. Хром(III) гідроксид

$$[Cr(H_2O)_6]Cl_3 + 3NH_3 \rightarrow Cr(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl + 3H_2O$$

Порядок виконання роботи: 10 г хром(III) гексааквахлориду розчиняють у мінімальній кількості дистильованої води (розчинність $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ при 25 °С становить 58,7 г/100г води) і додають 25%-ний водний розчин аміаку в кількості, в 1,5 рази більше стехіометричної. Утворений осад відокремлюють від рідини фільтруванням під вакуумом (лійка Бюхнера), тричі промивають дистильованою водою на фільтрі і висушують на повітрі. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту в відсотках від теоретично можливого.

5.4. Кальцій гідроксид

$$CaCl_2 + 2NaOH \rightarrow Ca(OH)_2 + 2NaCl$$

Порядок виконання роботи: 10 г $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ (або еквівалентну кількість іншої розчинної солі) розчиняють у 10 мл H_2O. Розчин нагрівають до 80 °С та постійно додають розчин NaOH (луги забирають на себе на 10% більше розрахованого об'єму). $Ca(OH)_2$ відділяють від розчину на лійці Бюхнера та відмивають від хлорид-іонів. Спочатку промивають рідиною, що містить 0,1% NaOH,

потім водою, що не містить CO_2. Осад висушують у порцеляновій склянці при 80-100 °С у сушильній шафі упродовж 30 хвилин. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

5.5. Кобальт(II) гідроксид

$$CoSO_4 + 2NaOH \rightarrow Co(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

Порядок виконання роботи: 10 г $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ (або відповідну масу іншої солі кобальту) розчиняють у 25 мл води. Готують 40%-ний розчин лугу. Розраховують об'єм розчину їдкого лугу за рівнянням реакції та беруть 50%-ний надлишок. Спочатку утворюється основна сіль кобальту синьо-фіолетового кольору, що при нагріванні на водяній бані швидко переходить у рожево-червоний осад $Co(OH)_2$. Осад кобальт(II) гідроксиду відстоюють, промивають декантацією теплою водою до нейтрального середовища по універсальному індикатору, одночасно відмивають від сульфат-іона. Осад фільтрують, переносять у порцеляну склянку та висушують у сушильній шафі при 80-85 °С 30 хвилин. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Добування кислот

6.1. α-Олов'яна кислота

$$SnCl_4 + 4NH_3 \cdot H_2O = SnO_2 \cdot 2H_2O \downarrow + 4NH_4Cl$$

Порядок виконання роботи: Станум(IV) хлорид розчиняють у воді, додаючи концентровану хлоридну кислоту для запобігання гідролізу. До розчину додають надлишок аміаку. Осад α-олов'яної кислоти витримують 2-3 години під розчином, потім відсмоктують на лійці Бюхнера і ретельно промивають гарячою водою до негативної реакції на хлорид-іони (проба $HNO_3 + AgNO_3$). Висушують при кімнатній температурі. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

6.2. β-Олов'яна кислота

$$Sn + 4HNO_3 \rightarrow SnO_2 \cdot 2H_2O\downarrow + 4NO_2\uparrow$$

Порядок виконання роботи: 5 г гранульованого Стануму поступово розчиняють у розрахованому об'ємі нітратної кислоти. Після закінчення бурхливої реакції суміш нагрівають на водяній або пісчаній бані до повного розчинення та видалення нітроген(IV) оксиду (тяга). Осадок β-олов'яної кислоти промивають гарячою водою до негативної реакції на нітрат-іони (проба із дифініламіном). Потім осад фільтрують, сушать при кімнатній температурі. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Добування солей

7.1. Натрій тіосульфат

$$Na_2SO_3 + S + 5H_2O \rightarrow Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$$

Порядок виконання роботи: наважку сульфіту натрію розчиняють у мінімальній кількості дистильованої води. Наважку порошку сірки, взяту з 10%-ним надлишком у порівнянні із стехіометричною кількістю, змочують кількома краплями ізопропанолу і переносять її в розчин натрій сульфіту. Реакційну суміш кип'ятять на невеликому полум'ї пальника протягом 10-15 хвилин, постійно перемішуючи скляною паличкою. Отриману суспензію фільтрують, фільтрат переносять у фарфорову чашку і на невеликому полум'ї пальника випаровують до сироподібного стану, після чого охолоджують до кімнатної температури. Утворені кристали відокремлюють від рідини фільтруванням під вакуумом (лійка Бюхнера). Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

7.2. Амоній дихромат

$$2CrO_3 + 2NH_3 + H_2O \rightarrow (NH_4)_2Cr_2O_7$$

Порядок виконання роботи: приготовляють водний розчин хромової кислоти ($\omega(CrO_3) = 60\%$). Цей розчин охолоджують до 8-10 °С і до нього, постійно

перемішуючи, невеликими порціями додають стехіометричну кількість 25%-ного водного розчину аміаку (ρ = 0,91 г/см^3) до pH = 5, слідкуючи, щоб температура не підіймалася вище 15 °С. Реакційну суміш охолоджують до 10 °С. Кристали, що утворилися, відокремлюють фільтруванням під вакуумом (лійка Шотта), промивають льодяною водою, висушують на повітрі. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

7.3. Плюмбум(II) нітрат

$$PbO + 2HNO_3 \rightarrow Pb(NO_3)_2 + H_2O$$

Порядок виконання роботи: наважку плюмбум(II) оксиду вміщують у хімічну склянку і розчиняють у 10%-ному водному розчині нітратної кислоти, яка береться у 5%-ному надлишку порівняно із стехіометричною кількістю. Отриманий розчин переносять у випарну чашку і випарюють на водяній бані до утворення комоподібної маси, після чого реакційну суміш охолоджують льодом, кристали відокремлюють фільтруванням під вакуумом (лійка Бюхнера) та висушують у сушильній шафі протягом 10-15 хвилин при температурі 100 °С. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Добування комплексних сполук

8.1. Натрій тетрагідроксоцинкат

$$ZnO + 2NaOH + H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$$

Порядок виконання роботи: Розчиняють 19,5 г NaOH у 14-15 мл води. Розчин нагрівають до кипіння та додають 5,6 г оксиду цінку. Гарячий розчин перемішують та фільтрують. Фільтрат охолоджують, кристали, що осадилися, фільтрують на лійці Бюхнера, промивають 50%-ним розчином NaOH і переносять у фарфорову чашку та висушують у ексикаторі. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

8.2. Нікель(II) гексаамінхлорид

$$[Ni(H_2O)_6]Cl_2 + 6NH_3 \rightarrow [Ni(NH_3)_6]Cl_2 + 6H_2O$$

Порядок виконання роботи: наважку кристалогідрату $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ вміщують у хімічну склянку і додають подвійну від стехіометричної кількості кількість 25%-ного водного розчину аміаку (ρ = 0,91 г/см^3). Суміш перемішують скляною паличкою до повного розчинення солі. До розчину додають ізопропіловий спирт (об'єм спирту дорівнює об'єму реакційної суміші). Склянку охолоджують льодом протягом 30 хвилин. Утворені кристали відокремлюють від рідини фільтруванням під вакуумом (лійка Бюхнера), промивають невеликою кількістю ізопропілового спирту. Синтезовану комплексну сполуку переносять на фільтрувальний папір і висушують на повітрі. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

8.3. Кобальт(III) гексаамінохлорид

$$2[Co(H_2O)_6]Cl_2 + 10NH_3 + 2NH_4Cl + H_2O_2 \rightarrow 2[Co(NH_3)_6]Cl_3 + 14H_2O$$

Порядок виконання роботи: наважку $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ розчиняють у мінімальному об'ємі води і додають подвійну проти стехіометричної кількість 25%-ного водного розчину аміаку, стехіометричну кількість водного розчину хлориду амонію і розтерте активование вугілля (≈ 2% від загальної маси реакційної суміші). Суміш добре перемішують і при охолодженні додають по краплях стехіометричну кількість 30%-ного водного розчину гідроген пероксиду. Реакційну суміш нагрівають протягом 5 хвилин на водяній бані. Далі розчин нейтралізують 5%-ним розчином бромідної кислоти до нейтральної реакції, охолоджують і відокремлюють фільтруванням під вакуумом (воронка Бюхнера) вугілля і кристали комплексної сполуки. Суміш на фільтрі промивають теплою водою, в якій розчинено кілька крапель бромідної кислоти. Фільтрат нагрівають до 80 °С і додають 30%-ний розчин бромної кислоти, поки не з'явиться стійка каламуть. Після цього суміш поступово охолоджують, осад комплексної сполуки відокремлюють фільтруванням під вакуумом (лійка Шотта) і промивають на фільтрі ізопропіловим спиртом. Синтезовану комплексну сполуку переносять на фі-

льтрувальний папір, висушують на повітрі. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

8.4. Нікель(II) гексааміносульфат

$$[Ni(H_2O)_6]SO_4 + 6NH_3 \rightarrow [Ni(NH_3)_6]SO_4 + 6H_2O$$

Порядок виконання роботи: наважку кристалогідрату $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ вміщують у хімічну склянку і додають подвійну проти стехіометричної кількість 25%-ного водного розчину аміаку (густина 0,91 г/см^3). Суміш перемішують скляною паличкою до повного розчинення солі. До розчину додають ізопропіловий спирт у кількості, яка дорівнює об'єму реакційної суміші. Склянку охолоджують льодом протягом 30 хвилин. Кристали, що утворилися, відокремлюють від рідини фільтруванням під вакуумом (лійка Бюхнера), промивають невеликою кількістю ізопропілового спирту. Комплексну речовину з лійки Бюхнера переносять на фільтрувальний папір і висушують на повітрі. Розраховують кількість добутої речовини та вихід продукту у відсотках від теоретично можливого.

Питання для самоконтролю

1. На чому заснована очистка твердих речовин засобом перекристалізації?
2. Як очищують солі, розчинність яких зі зміною температури мало змінюється?
3. Для чого при кристалізації необхідно безперервно перемішувати розчин?
4. Які засоби фільтрування відомі та як вони застосовуються?
5. Які фактори впливають на швидкість фільтрування? Як проводиться вибір фільтруючого матеріалу?
6. В яких випадках при гарячому фільтруванні виникає кристалізація на фільтрах?
7. Які засоби промивання осаду відомі? В яких випадках промивають осад декантацією?
8. Які речовини можна очищувати возгонкою та від яких домішок при цьому можна позбутися?
9. В яких випадках застосовують метод перегонки? Які види перегонки існують?
10. Що лежить в основі методу очистки газів та як вона проводиться? Який принцип вибору поглиначів?
11. Методи визначення чистоти речовин. Фізичні константи, що характеризують чистоту речовин.
12. . На чому заснований метод перекристалізації?
13. Яким вимогам повинен задовольняти розчинник для цілей перекристалізації?
14. Які основні стадії перекристалізації?
15. Як виконують гаряче фільтрування?
16. Як висушують кристали після перекристалізації?
17. Як оцінити ступінь чистоти перекристалізованого продукту?
18. Які досліди можуть проілюструвати методи очищення різних речовин?
19. Які речовини можна очистити сублімацією?

20. Навести приклади несолетворних та амфотерних оксидів. Способи отримання оксидів.
21. З якими речовинами взаємодіють основні, кислотні та амфотерні оксиди?
22. Які бувають основи? Навести приклади. Які хімічні властивості основ? Навести приклади реакції.
23. Які бувають кислоти? Навести приклади. Які хімічні властивості кислот?
24. Як отримують в лабораторних умовах оксиди, основи, амфотерні гідроксиди, кислоти? Навести приклади.
25. Які типи солей вам відомі? Як можна отримати середні, кислі, основні солі? Написати всі відомі способи отримання солей.
26. Які хімічні властивості характерні для солей? Навести приклади відповідних реакцій.
27. Наведіть формули вказаних оксидів у порядку зміни їх агрегатного стану за нормальних умов (тверді, рідкі, газоподібні): NO_2, CaO, B_2O_3, SO_2, Al_2O_3, SO_3, CO_2.
28. Напишіть приклади основного, кислотного та амфотерного оксидів (молекулярні та графічні формули).
29. Укажіть, які основи відповідають наступним оксидам: Na_2O, CaO, Al_2O_3, CuO, FeO, Fe_2O_3.
30. Укажіть, ангідридами яких кислот є наступні оксиди: CO_2, SO_2, SO_3, N_2O_3, N_2O_5, CrO_3, P_4O_{10}.
31. Укажіть, які з наведених нижче оксидів розчинні у воді: CaO, CuO, Cr_2O_3, SiO_2, FeO, K_2O, CO, NO_2, CrO_3, ZnO, $A1_2O_3$.
32. Які з наведених оксидів не розчиняються в кислотах та лугах: NO_2, NO, CO_2, SO_2, CO, P_2O_5, N_2O?
33. Напишіть формули ангідридів, якщо відомі формули наступних кислот: H_3BO_3, $H_2Cr_2O_7$, $HClO$, HNO_3, $H_4P_2O_7$, $HMnO_4$, H_2MoO_4, HBO_2, H_3AsO_4, H_2SiO_3, H_2WO_4.

34. Назвіть оксиди, що відповідають наведеним гідроксидам: $Fe(OH)_3$, $Th(OH)_4$, RbOH.
35. Які з наведених нижче оксидів утворюють з водою кислоти, а які – основи? Напишіть рівняння реакцій з водою для кожної з наведених сполук: Cr_2O_3, P_2O_3, Na_2O, Mn_2O_7, Cl_2O, I_2O_5, B_2O_3.
36. Які з наведених оксидів будуть взаємодіяти попарно: SiO_2, P_2O_5, ZnO, K_2O, CO_2, BaO?
37. Напишіть по 2 приклади кислотного та основного оксидів (молекулярні та графічні формули).
38. Наведіть приклад, коли при нагріванні однієї солі утвориться відразу три оксиди.
39. Чи можуть оксиди різних елементів реагувати один з одним? Відповідь мотивуйте.
40. З якими з наведених нижче сполук може взаємодіяти кальцій оксид: Na, H_2O, K_2O, CO_2, HBr, $CuSO_4$? Напишіть рівняння.
41. Як за допомогою Періодичної системи елементів визначити характер оксиду? Наведіть приклади.
42. У яких випадках середня сіль певного металу і оксигеновмісної кислоти реагує з оксидом цього металу? Наведіть відповідні приклади.
43. Чому в лабораторних умовах NH_3 висушують шляхом його пропущення через CaO, а CO_2 – через P_2O_5, а не навпаки?
44. Наведіть приклади оксидів металів і неметалів, які не реагують з водою.
45. Напишіть рівняння реакцій, що визначають властивості наступних основних оксидів: FeO, Cs_2O, HgO.
46. Напишіть рівняння реакцій, що підтверджують кислотний характер наступних оксидів: SO_3, Mn_2O_7, P_4O_{10}, CrO_3, SiO_2.
47. За допомогою хімічних рівнянь доведить амфотерний характер оксидів ZnO, $A1_2O_3$, Cr_2O_3.
48. На прикладі сульфур(IV) оксиду вкажіть основні способи добування оксидів.

49. Деякі оксиди застосовують у лабораторній практиці як осушувачі. Які з перелічених оксидів можуть бути застосовані: CuO, BaO, CaO, P_2O_5, Fe_3O_4? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

50. Які сполуки утворюються за наступними реакціями: 1) $MgO + SO_2 \rightarrow$; 2) $CuO + SO_3 \rightarrow$; 3) $Na_2O + P_2O_5 \rightarrow$; 4) $SiO_2 + FeO \rightarrow$?

51. Напишіть рівняння гідратації наступних оксидів: N_2O_5, P_2O_3, CaO, K_2O, NO_2.

52. З якими з наведених нижче оксидами можлива реакція взаємодії з хлоридною кислотою: SiO_2, CuO, SO_2, Fe_2O_3, CdO, P_2O_5, CO_2, ZnO, NO? Запишіть відповідні рівняння.

53. При нагріванні яких з перелічених сполук можна добути оксиди: KNO_3, $CaCO_3$, $(CuOH)_2CO_3$, $AgNO_3$, SiO_2, $Pb(NO_3)_2$, Fe_3O_4, $Ni(OH)_2$, H_2SO_4, H_2SiO_3, $Pb(NO_3)_2$?

54. Як можна в одну стадію отримати основні оксиди з наступних речовин: $Cu(NO_3)_2$, $AgNO_3$, $Fe(OH)_3$, $Cr(OH)_3$? Докажіть їх основний характер.

55. Дайте визначення кислотним, основним та амфотерним гідроксидам. Наведіть приклади.

56. Напишіть структурні формули гідроксидів наступних металів: Mn(II), Pb(II), Cr(III).

57. Які з наступних речовин: Cu, CO_2, K_2SO_4, CH_3COONH_4, $AgNO_3$, $KHCO_3$ взаємодіють з водним розчином натрій гідроксиду? Відповідь обґрунтуйте.

58. Напишіть рівняння реакцій: а) алюміній гідроксиду з натрій гідроксидом; б) алюміній гідроксиду із сульфатною кислотою.

59. З якими з перелічених речовин буде реагувати розчин калій гідроксиду: NO_2, BaO, $CaHPO_4$, $MgSO_4$, $Ca(OH)_2$, $BiOHSO_4$, H_3BO_3, $CuCl_2$, $AgNO_3$, $NaNO_3$, $Al(HSO_4)_3$? Складіть рівняння відповідних реакцій.

60. Напишіть рівняння реакції добування натрій гідроксиду трьома можливими способами. Які з них використовують у промисловості?

61. Відомо, що розчини розведених лугів не можна зберігати у скляному посуді, бо при цьому скло мутніє. Які реакції відбуваються? Чи є такі кислоти, які теж не можна зберігати в скляному посуді?
62. Для пом'якшення води поряд з алюміній сульфатом, ферум(III) сульфатом часто використовують і кальцій гідроксид. В результаті утворюються об'ємні осади відповідних гідроксидів. Напишіть рівняння утворення цих двох гідроксидів.
63. Ви маєте такі реактиви: кальцій оксид, купрум(II) хлорид, металічний цинк і воду. Поясніть, як за допомогою тільки зазначених речовин можна отримати купрум(II) гідроксид, цинку та кальцію. Наведіть умови і послідовність проведення дослідів.
64. Чи відрізняються продукти взаємодії алюміній та калій гідроксидів у розплаві і у водному розчині? Відповідь підтвердить рівняннями реакцій.
65. Дайте назви таким кислотам: HNO_3, H_2SO_3, $HClO_2$, H_3AsO_3, H_3PO_4; вкажіть ступені окиснення елементів, що їх утворюють.
66. Утворення яких солей можна припустити як результат взаємодії $Ca(OH)_2$ та H_3PO_4, узятих у різних молярних співвідношеннях? Напишіть формули цих солей і дайте їм назви.
67. Які типи солей можуть утворитися шляхом взаємодії магній гідроксиду із хлоридною, сульфатною та фосфатною кислотами? Наведіть приклади та дайте назви солям.
68. Напишіть формули ангідридів перелічених кислот: $HClO_4$, H_2MnO_4, $H_2Cr_2O_7$, $H_4P_2O_7$.
69. У якому об'ємному співвідношенні повинні бути змішані розчини H_3PO_4 та NaOH однакової молярної концентрації для добування натрій гідро- і дигідрофосфату? Напишіть графічні формули калій та кальцій гідрокарбонатів; барій гідрофосфату.
70. Які кислоти можуть бути добуті безпосередньою взаємодією з водою оксидів: P_2O_5, CO_2, N_2O_5, NO_2, SO_2?
71. Назвіть кислоти: H_5IO_6, HIO_3, HIO_2, HIO, H_2SO_4, H_2SO_3.

72. Напишіть формули орто- і метакислот двох елементів, якщо оксид першого має формулу E_2O_3, а другого – EO_2.

73. Які з перелічених кислот утворюють кислі солі: HI, H_2Se, H_2SeO_3, $H_2C_2O_4$, CH_3COOH?

74. Які кислотні оксиди відповідають таким кислотам: $HClO_4$, HCl, H_3BO_3, $H_2B_4O_7$, $H_5P_3O_{10}$?

75. Складіть назви таких солей: $Cu(ClO_3)_2$, $PbMoO_4$, $Ce(HPO_4)_2$, $(CdOH)_2SO_4$, $KFe(SO_4)_2$.

76. Напишіть графічні формули: манган(II) гідроксобромід, магній гідроксокарбонат, алюміній гідроксонітрат, кальцій гідроксофосфат.

77. Запишіть молекулярні та іонні рівняння реакцій утворення кислих солей: а) $NaOH + H_2S \rightarrow$; б) $Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$; в) $KOH + CO_2 \rightarrow$; г) $KOH + H_3PO_3 \rightarrow$; д) $KOH + H_2SO_3 \rightarrow$; е) $Ca(OH)_2 + H_3PO_4 \rightarrow$.

79. Запишіть молекулярні та іонні рівняння реакцій утворення основних солей:

а) $Al(OH)_3 + HNO_3 \rightarrow$; б) $Mg(OH)_2 + HCl \rightarrow$; в) $Cu(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow$

г) $Bi(OH)_3 + HNO_3 \rightarrow$; д) $Fe(OH)_3 + H_2SO_4 \rightarrow$; е) $Al(OH)_3 + H_2SO_4 \rightarrow$.

80. Складіть молекулярні та іонні рівняння реакцій взаємодії:

а) $Cu(OH)_2 + CO_2 \rightarrow$; б) $Ca(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$; в) $Co(OH)_2 + SO_3 \rightarrow$;

г) $Ba(OH)_2 + H_3PO_4 \rightarrow$; д) $Ba(OH)_2 + SO_2 \rightarrow$; е) $Sr(OH)_2 + H_3PO_4 \rightarrow$;

є) $Cr(OH)_3 + H_2SO_4 \rightarrow$; ж) $Sc(OH)_3 + HNO_3 \rightarrow$.

81. Як отримати магній гідроксид, виходячи з магнію, кисню і води? Напишіть рівняння реакцій.

82. Запишіть молекулярні та іонні рівняння реакцій утворення основних солей:

а) $Al(OH)_3 + HNO_3 \rightarrow$; б) $Mg(OH)_2 + HCl \rightarrow$; в) $Cu(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow$

г) $Bi(OH)_3 + HNO_3 \rightarrow$; д) $Fe(OH)_3 + H_2SO_4 \rightarrow$; е) $Al(OH)_3 + H_2SO_4 \rightarrow$.

84. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $NaCl \rightarrow Na \rightarrow NaOH \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaCl \rightarrow NaNO_3$.

85. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $K_2CO_3 \rightarrow KCl \rightarrow KOH \rightarrow K_2CO_3 \rightarrow K_2SiO_3 \rightarrow K_2SO_4$.

86. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $Ca \rightarrow CaH_2 \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(HSO_3)_2 \rightarrow CaSO_3 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow Ca(OH)_2$.

87. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $K \rightarrow KOH \rightarrow KHCO_3 \rightarrow K_2CO_3$

$$\downarrow$$

$$Mg(OH)_2 \rightarrow MgO \rightarrow MgCl_2 \rightarrow Mg(OH)_2$$

89. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення : $Na \rightarrow NaOH \rightarrow Na_2CO_3$

$$\downarrow$$

$$Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3$$

90. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $Al \rightarrow K_3[Al(OH)_6] \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow NaAlO_2 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3$

91. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $Fe \rightarrow FeSO_4 \rightarrow Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow FeCI_3$

92. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $NaOH \rightarrow H_2 \rightarrow NaH \rightarrow H_2 \rightarrow H_2O \rightarrow H_2 \rightarrow H_2S$

93. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $Na \rightarrow NaCI \rightarrow CI_2 \rightarrow HCI \rightarrow CuCI_2 \rightarrow Cu$

94. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $CI_2 \rightarrow HCI \rightarrow CaCI_2 \rightarrow NaCI \rightarrow HCI \rightarrow AgCI$

95. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $KNO_3 \rightarrow O_2 \rightarrow Na_2O_2 \rightarrow O_2 \rightarrow O_3 \rightarrow KO_3$

96. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $SO_2 \rightarrow S \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow H_2S \rightarrow S$

97. Вкажіть схему реакції, в якій бере участь розведена сульфатна кислота

а) $Cu + H_2SO_4 \rightarrow SO_2\uparrow + \ldots$; б) $C + H_2SO_4 \rightarrow CO_2\uparrow + \ldots$;

в) $Mg + H_2SO_4 \rightarrow H_2\uparrow + \ldots$; г) $Zn + H_2SO_4 \rightarrow H_2S\uparrow + \ldots$.

98. Укажіть схему реакції, в якій бере участь розведена сульфатна кислота:

а) $Ag + H_2SO_4 \rightarrow SO_2\uparrow + \ldots$; б) $Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + \ldots\uparrow$;

в) $Zn + H_2SO_4 \rightarrow H_2\uparrow + \ldots$; г) $AI + H_2SO_4 \rightarrow AI_2(SO_4)_3 + \ldots$

99. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow N_2 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3 \rightarrow NaNO_3 \rightarrow NaNO_2$

100. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: $CaCO_3 \rightarrow CaO \rightarrow CaC_2 \rightarrow CO_2 \rightarrow C \rightarrow CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca \rightarrow Ca_3P_2 \rightarrow PH_3 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 \rightarrow Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow H_3PO_4$

$H_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow Si \rightarrow Ca_2Si \rightarrow SiH_4 \rightarrow SiO_2 \rightarrow CaSiO_3 \rightarrow H_2SiO_3$

ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Знайти об'єм сульфур(IV) оксиду, який утворюється в ході взаємодії 5 моль гідроген сульфіду і 6 моль кисню. *Відповідь:* 89,6 моль.
2. До розчину, який містить 20 г натрій гідроксиду, додали сульфур(IV) оксид об'ємом 15 л (н.у.). Визначте масу солі, що утворюється в реакції. *Відповідь:* m($NaHSO_3$) = 52 г.
3. Через розчин, який містить барій гідроксид масою 350 г, пропустили сульфур(IV) оксид об'ємом 44,8 л (н.у.). Розрахуйте масу солі, що утворюється. *Відповідь:* m ($BaSO_4$) = 434 г.
4. Визначте масу сполуки, яка утворюється після реакції взаємодії 300 г кальцій оксиду та 400 г сульфур(VI) оксиду. *Відповідь:* m ($CaSO_4$) = 680 г.
5. Складіть формули оксидів перелічених нижче елементів, виходячи з наступних даних:

   а) S – 50,0%; б) Mn – 49,6%; в) C – 42,8%; г) Pb – 86,6%.
6. Магній карбонат в результаті нагрівання розкладається на два оксиди. Розрахуйте, яка кількість кожного оксиду утвориться в разі розкладання 210 кг магній карбонату. *Відповідь:* 10 г, 56 л.
7. У промисловості барій оксид добувають шляхом нагрівання барій нітрату, при цьому утворюється ще нітроген(IV) оксид і кисень. Розрахуйте, яку кількість барій оксиду можна добути з 5,2 кг барій нітрату. *Відповідь:*
8. Унаслідок прожарювання купрум(II) оксиду втрачається половина кисню й утворюється купруму(I) оксид. Скільки грамів купрум(II) оксиду прожарили, якщо утворилося 22,4 л кисню (за н.у.)? *Відповідь:*
9. Сульфур(IV) оксид, який виділився після спалювання гідроген сульфіду об'ємом 44,8 л (за н.у.), пропустили через 0,5 л розчину натрій гідроксиду з масовою часткою NaOH 25% (ρ = 1,28 г/см^3). Визначте масу солі, що утворюється.

10. Визначте масу спаленого Сульфуру, якщо внаслідок реакції утворюється SO_2 об'ємом 89,6 $м^3$ (за н.у.), що складає 80% від теоретичного виходу продукту.
11. У результаті прожарювання манган(IV) оксиду MnO_2 утворюється манган оксид Mn_3O_4 і кисень. Яку кількість манган(IV) оксиду потрібно прожарити, щоб отримати 1 л кисню (виміреного за н.у.)?
12. Визначте найпростішу формулу сполуки, що містить 68,4% Хрому і 31,6% Оксигену.
13. Визначте ступінь окиснення Мангану в оксиді, якщо відомо, що на 1 г Мангану припадає 1,02 г Оксигену. *Відповідь:* +7.
14. Який об'єм аміаку (за н.у.) можна отримати при нагріванні суміші, що містить 5,35 г амоній хлориду та 10 г кальцій гідроксиду? *Відповідь*: 2,24 л.
15. У лужних акумуляторах як електроліт застосовують розчин натрій гідроксиду з масовою часткою NaOH 20% (ρ = 1,21 г/мл). Скільки моль іонів натрію міститься в 1 л такого розчину? *Відповідь*: 6,05 моль.
16. До 0,8 л розчину натрій гідроксиду з масовою часткою NaOH 30% (ρ = 1,328 г/мл) додали 0,4 л розчину тієї ж основи (ω(NaOH) = 14%, ρ = 1,153 г/мл). Визначте густину і масову частку лугу в отриманому розчині, якщо його об'єм становить 1,2 л. *Відповідь*: 25,15%; 1,275 г/мл.
17. Скільки натрій гідроксиду необхідно додати до 1 л розчину натрій гідроксиду з масовою часткою NaOH 25% (ρ = 1,220 г/мл), щоб отримати розчин з масовою часткою NaOH 35%? *Відповідь*: 188 г.
18. 100 г розчину натрій гідроксиду з масовою часткою NaOH 15% обробили надлишком карбон(IV) оксиду. Яка речовина і у якій кількості виділиться з розчину, якщо його розчинність складає 10 г у 100 г води? *Відповідь*: 23 г $NaHCO_3$.
19. Який об'єм розчину, у якому масова частка HCl становить 30% (ρ = 1,15 г/мл), можна добути з натрій хлориду масою 1,17 кг? *Відповідь:* $V_{р\text{-}ну}$ = 2,119 л.

20. Які маси сульфатної кислоти та калій гідроксиду прореагували, якщо утворилося 4,8 г гідросульфату та 3,55 г сульфату калію? *Відповідь:* $m_{H_2SO_4}$ = 5,39 г, m_{KOH} = 4,2 г.
21. Скільки мілілітрів розчину з масовою часткою H_2SO_4 28 % (ρ = 1,2 г/мл), потрібно для повної нейтралізації $Ca(OH)_2$ масою 148 г? *Відповідь:* $V_{р\text{-}ну}$ = 583,3 мл.
22. Скільки грамів LiCl можна добути з 3 г LiOH? Скільки грамів HCl для цього потрібно? *Відповідь:* m_{LiCl} = 5,31 г, m_{HCl} = 4,56 г.
23. Концентрація NaOH становить 11% (ρ = 1,12 г/мл), Скільки мілілітрів такого розчину потрібно для нейтралізації 7,3 г HCl? Скільки мілілітрів того ж розчину потрібно для утворення середньої солі в результаті взаємодії з 4,9 г H_2SO_4? *Відповідь:* $V_{р\text{-}ну1}$ = 64,94 мл, $V_{р\text{-}ну2}$ = 32,47 мл.
24. Який об'єм CO_2 (н.у.) потрібний для розчинення 1,0 г свіжоосадженого $CaCO_3$? *Відповідь:* V = 0,224 л.
25. На добування $Al(NO_3)_3$ з $Al_2(SO_4)_3$ витратили розчин HNO_3 об'ємом 240 мл, у якому масова частка кислоти становить 46% (ρ = 1,28 г/мл). Сульфат якої маси був переведений у нітрат і чому для цього був використаний ще й розчин аміаку? *Відповідь:* m = 129,276 г.
26. Який об'єм насиченого 0,15%-ного розчину $Ca(OH)_2$ (ρ = 1 г/мл) буде потрібний для добування кальцій фосфату з дигідрофосфату масою 117 г? *Відповідь:* $V_{р\text{-}ну}$ = 4,93 л.
27. Змішали розчин, що містить 71 г Na_2SO_4, з розчином, що містить 52 г $BaCl_2$. Визначте масу осаду, що утворився. *Відповідь:* m = 58,25 г.
28. Визначте значення маси (г) калій хлориду та об'єму (л, н.у.) гідрогену, що утворяться у результаті взаємодії 0,3 моль калію з надлишком хлоридної кислоти. *Відповідь:* m_{KCl} = 22,35 г, V_{H_2} = 3,36 л.
29. У результаті дії надлишку хлоридної кислоти на еквімолярну суміш натрій та калій карбонатів утворилося 28 л газу (н.у.). Розрахуйте масу (г) вихідної суміші. *Відповідь:* m = 152,5 г.

30. У результаті взаємодії калій сульфату з надлишком барій хлориду утворилося 0,03 моль осаду. Розрахуйте формульну кількість речовини (моль) і масу (г) для катіонів K^+ у розчині після закінчення реакції. *Відповідь:* $n_{K^+} = 0{,}06$ моль, $m_{K^+} = 2{,}34$ г.
31. У результаті зливання водних розчинів магній нітрату та надлишку натрій гідроксиду утворюється 5 г осаду. Розрахуйте формульну кількість речовини (моль), масу (г) і число катіонів Mg^{2+} у початковому розчині магній нітрату. *Відповідь:* $n_{Mg(OH)_2} = 0{,}0862$ моль, $m_{Mg^{2+}} = 2{,}069$ г, $N_{Mg^{2+}} = 5{,}19 \cdot 10^{22}$.
32. Яка маса магній оксиду утвориться в результаті термічного розкладання магній карбонату масою 25,5 т? *Відповідь:* 12 т.
33. До розчину кальцій хлориду долили розчин, що містив надлишок калій карбонату. Отримали 20 г осаду. Визначте масу кальцій хлориду, що містився в розчині. *Відповідь:* 22 г.
34. Яка маса купрум(II) оксиду прореагувала з воднем, якщо отримали мідь масою 172,8 г? *Відповідь:* 216 г.
35. Який об'єм водню (н.у.) утвориться, якщо алюміній кількістю речовини 1,24 моль прореагує із хлоридною кислотою? *Відповідь:* 41,66 л.
36. Який об'єм водню (н.у.) виділиться , якщо залізо масою 41,16 г, масова частка домішок міді в якому становить 5%, прореагує із хлоридною кислотою? *Відповідь:* 15,64 л.
37. Який об'єм вуглекислого газу (н.у.) виділиться в результаті спалювання 40 кг вугілля з масовою часткою негорючих домішок 5%? *Відповідь:* 71 $м^3$.
38. У результаті сплавлення 220 г ферум(III) оксиду, що містить домішки міді з надлишком алюмінію, отримали залізо кількістю речовини 2,6 моль. Визначте масову частку домішок міді в оксиді (%). *Відповідь:* 5,5%
39. Який об'єм нітроген(IV) оксиду утвориться унаслідок змішування 400 мл нітроген(II) оксиду та 600 мл кисню? Яка об'ємна частка газу

не прореагувала (%) в утвореній газовій суміші? *Відповідь:* 400 мл , 50% O_2.

40. Який об'єм водню (н.у.) виділиться в результаті взаємодії алюмінію масою 5,4 г з розчином, у якому міститься 43,8 г хлороводню? *Відповідь:* 6,72 л.
41. Який об'єм водню (н.у.) виділиться, якщо кальцій масою 3,61 г помістити у склянку з 40 мл води? *Відповідь:* 2,02 л.
42. Амоній хлорид масою 48,15 г змішали з 39,96 г кальцій гідроксиду і нагріли. Визначте масу утвореного газу. Яка з вихідних речовин залишиться після реакції? Визначте масу цього залишку. *Відповідь:* 15,3 г NH_3; 6,66 г $Ca(OH)_2$.
43. Обчисліть об'єм водню (н.у.), який виділиться, якщо натрій масою 4,6 г помістити у воду об'ємом 60 мл. *Відповідь:* 2,24 л.
44. Цинк масою 6,50 г помістили в розчин сульфатної кислоти, в якому міститься 16,0 г речовини. Обчисліть масу цинк сульфату, який при цьому утвориться. Яка з вихідних речовин залишиться після реакції. Визначте масу цього залишку. *Відповідь:* 16,1 г.
45. Визначте масу осаду, який утвориться в результаті змішування розчинів, що містять 7,10 г натрій сульфату та 8,32 г барій хлориду. *Відповідь:* 9,32 г.
46. Яку масу сульфур(VI) оксиду можна добути з сульфур(IV) оксиду об'ємом 5,6 $м^3$ (н.у.), якщо відносний вихід продукту дорівнює 90%? *Відповідь:* 18 кг.
47. Який об'єм сульфур(IV) оксиду (н.у.) можна добути в результаті випалювання піриту масою 0,36 т? Вихід сульфур(IV) оксиду дорівнює 60%. *Відповідь:* 80,64 $м^3$
48. Яку масу сірки спалили, якщо отримали сульфур(IV) оксид кількістю речовини 4,3 моль? Вихід продукту дорівнює 80%. *Відповідь:* 172 г.

49. Змішали розчин купрум(II) сульфату, що містить 12,32 г солі, з надлишком розчину натрій гідроксиду. Отримали осад масою 6,73 г. Визначте вихід купрум(II) гідроксиду. *Відповідь:* 89,2%.
50. З піриту масою 600 кг добули сульфатну кислоту масою 850 кг. Визначте вихід сульфатної кислоти. *Відповідь:* 86,7%.
51. У результаті каталітичного окиснення сульфур(IV) оксиду кількістю речовини 0,65 моль отримали 44 г сульфур(VI) оксиду. Визначте вихід продукту. *Відповідь:* 84,6%.
52. Окиснили цинк сульфід масою 19,4 г . Отримали сульфур(IV) оксид об'ємом 3,36 л (н.у.). Визначте відносний вихід сульфур(IV) оксиду. *Відповідь:* 75%.
53. У розчин сульфатної кислоти масою 50 г з масовою часткою H_2SO_4 98% помістили надлишок міді. Який об'єм сульфур(IV) оксиду (н.у.) виділиться, якщо його відносний вихід дорівнює 96%? *Відповідь:* 5,376 л.
54. Яку масу нітратної кислоти можна отримати з натрій нітрату масою 20,4 г, якщо ii відносний вихід дорівнює 80% ? *Відповідь:* 12,1 г.
55. Амоніак масою 20 кг пропустили через розчин нітратної кислоти. Обчисліть масу отриманоі солі, якщо ii вихід дорівнює 90%. *Відповідь:* 84,7 кг.
56. У результаті взаємодії амоній хлориду масою 42,8 г з надлишком кальцій гідроксиду отримали амоніак об'ємом 15 л (н.у.). Визначте відносний вихід амоніаку. *Відповідь:* 83,7%.
57. З водню об'ємом 134,4 л (н.у.) і надлишку азоту синтезували амоніак кількістю речовини 1,2 моль. Визначте відносний вихід амоніаку. *Відповідь:* 30%.
58. З амоніаку кількістю речовини 2,4 моль отримали нітратну кислоту масою 126 г. Обчисліть відносний вихід кислоти. *Відповідь:* 83,3%.
59. Яку масу амоній сульфату можна добути з амоніаку кількістю речовини 2,8 моль при відносному виході солі 95% ? *Відповідь:* 175,6 г.

60. Який об’єм амоніаку (н.у.) використали для добування амоній гідрогенортофосфату масою 105,6 г, якщо його відносний вихід 88%? *Відповідь:* 40,73 л.
61. Який об’єм водню (н.у.) витратиться на добування амоніаку масою 200 кг, якщо його вихід за оптимальних умов синтезу дорівнює 94%? *Відповідь:* 420,5 $м^3$.
62. Яку масу фосфору можна добути з кальцій ортофосфату масою 2,5 т, якщо його вихід дорівнює 92%? *Відповідь:* 0,46 т.
63. Який об’єм газу (н.у.) отримали в результаті термічного розкладання 22,22 г калій нітрату, якщо відносний вихід продуктів реакції 90%? *Відповідь:* 2,22 л.
64. Які об’єми (н.у.) водню та кисню можна отримати шляхом повного електролізу води масою 9 г? *Відповідь:* 11,2 л H_2; 5,6 л O_2.
65. У результаті термічного розкладання ферум(III) гідроксиду масою 82,8 г отримали 0,3 моль ферум(III) оксиду. Визначте ступінь перетворення ферум(III) гідроксиду (%). *Відповідь:* 77,5%.
66. Унаслідок неповного термічного розкладання кальцій карбонату масою 150 г отримали твердий залишок масою 117 г . Обчисліть ступінь розкладання (%) кальцій карбонату. *Відповідь:* 50%.
67. Яку масу цинку потрібно розчинити у хлоридній кислоті, щоб отриманого водню вистачило на відновлення хром(III) оксиду масою 45,6 кг? *Відповідь:* 58,5 кг.
68. У посудину з водою добавили однакові маси хлороводню та калій гідроксиду. Якою буде реакція отриманого розчина (кисла, лужна або нейтральна)? *Відповідь:* Кисла.
69. Увесь кисень, отриманий під час розкладання 61,25 г калій хлорату, витратили на спалювання метану. Який об’єм (н.у.) карбон(IV) оксиду при цьому виділився? *Відповідь:* 8,4 л.

70. До розчину, що містить 5,6 г купрум(II) сульфату, добавили розчин калій гідроксиду об’ємом 400 мл з концентрацією лугу 0,2 моль/л. Визначте масу осаду, який утворився. *Відповідь:* 3,43 г.
71. До розчину, що утворився після розчинення алюміній оксиду масою 20,4 г в розчині сульфатної кислоти масою 250 г (ω = 39,2%), добавили розчин барій хлориду 416 г з масовою часткою солі 35%. Визначте масу осаду, який утворився. *Відповідь:* 139,8 г.
72. Кисень, отриманий у результаті повного термолізу калій хлорату масою 36,75 г, використали для спалювання 15,5 г фосфору. Обчисліть масу одержаного фосфор(V) оксиду. *Відповідь:* 25,6 г.
73. На суміш Купруму та купрум(II) оксиду масою 12 г подіяли розведеною сульфітною кислотою, узятою з надлишком. При цьому утворилося 16 г купрум(II) сульфату. Визначте масу міді в суміші. *Відповідь:* 4 г.
74. Суміш Магнію та Цинку масою 15,4 г розчинили в хлоридній кислоті, у якій містилось 21,9 г хлороводню. Обчисліть масу Цинку в суміші. *Відповідь:* 13 г.
75. У результаті взаємодії суміші Натрію і Магнію масою 5 г при стандартній температурі з водою виділився водень об’ємом 1,12 л (н.у.). Обчисліть масові частки металів у суміші. *Відповідь*: ω(Na) = 46%; ω(Mg) = 54%.
76. Суміш Натрію і Калію масою 8,5 г розчинили у воді й добули водень об’ємом 3,36 л (н.у.). Обчисліть масові частки металів у суміші. *Відповідь*: ω(Na) = 54,12%; ω(K) = 45,88%.
77. Унаслідок взаємодії суміші Натрію і Магнію масою 5 г при стандартній температурі з водою виділився водень об’ємом 1,12 л (н.у.). Обчисліть масові частки металів у суміші. Відповідь: ω(Na) = 46%; ω(Mg) = 54%.
78. На розчин, що містить 16 г суміші натрій хлориду та натрій сульфату, подіяли надлишком розчину барій нітрату. При цьому утворився осад

масою 23,3 г. Визначте масові частки солей у суміші. *Відповідь*: $\omega(Na_2SO_4) = 88,75\%$; $\omega(NaCl) = 11,25\%$.

79. У результаті дії надлишку хлоридної кислоти на суміш масою 15 г, що складається з натрій силікату та натрій карбонату, виділилося 2,24 л (н.у.) газу. Визначте масові частки солей в суміші. Відповідь: $\omega(Na_2CO_3) = 70,67\%$; $\omega(Na_2SiO_3) = 29,33\%$.
80. Суміш натрію і калію масою 8,5 г розчинили у воді й добули водень об'ємом 3,36 л (н.у.). Обчисліть масові частки металів у суміші. *Відповідь*: ω(Na) = 54,12%; ω(K) = 45,88%.
81. У результаті прожарювання 7,28 г суміші натрій нітрату та калій нітрату утворилося 6 г суміші натрій нітриту та калій нітриту. Визначте склад вихідної суміші. *Відповідь*: $\omega(KNO_3) = 41,62\%$; $\omega(NaNO_3) = 58,38\%$.
82. Суміш амоніаку, кисню, азоту і вуглекислого газу займала об'єм 15 мл. Після спалювання без каталізатора при температурі менше 2000 °С, і приведення до н.у. суміш не містила кисню, а її об'єм зменшився на 5,6 л. У разі пропускання вихідної суміші того ж самого об'єму крізь вапняну воду отримали осад масою 20 г. Визначте об'єми газів у вихідній суміші. Всі об'єми виміряно за однакових умов. *Відповідь*: $V(CO_2) = 4,48$ л; $V(O_2) = 3,36$ л; $V(NH_3) = 4,48$ л; $V(N_2) = 2,68$ л.
83. У розчин, що містить 10,35 г іонів металу, занурили цинкову пластинку масою 50 г. Після повного виділення металу на пластинці її маса збільшилась на 14,2%. Визначте метал. *Відповідь*: у розчині були іони Плюмбуму.
84. Через 1 М розчин ортофосфатної кислоти об'ємом 500 мл пропустили гази, добуті шляхом термічного розкладання суміші амоній сульфату (масова частка 0,4975) і амоній нітрату (масова частка 0,5025) масою 79,6 г. Визначте склад і масу добутих солей. *Відповідь*: $m((NH_4)_2HPO_4) = 13,2$ г; $m(NH_4H_2PO_4) = 46$ г.

85. Газ, добутий у результаті прожарювання 4,9 г бертолетової солі (у присутності каталізатора), змішали в герметично закритій посудині місткістю 4 л з газом, добутим у результаті взаємодії 6 г кальцію з водою. Визначити тиск газової суміші в посудині при температурі 27 ºС. *Відповідь*: Р ≈ 131 кПа.

86. У результаті сплавлення 12 г кремнезему (SiO_2) з еквімолярною кількістю калій карбонату отримали твердий та газоподібний продукти. Газ, що утворився, пропустили через 100 мл 10%-ного розчину натрій гідроксиду (ρ = 1,11 г/см^3). Які речовини присутні в розчині, через який пропустили газ, та в яких кількостях? *Відповідь:* у розчині присутні натрій карбонат кількістю 0,0766 моль і натрій гідрокарбонат кількістю 0,1243 моль.

87. Суміш ферум(II) і ферум(III) оксидів масою 39,2 г розчинили в хлоридній кислоті з масовою часткою хлороводню 20%, густина розчину 1,101 г/мл. Виявили, що прореагувала кислота, яка містить в 232 мл такого розчину. Визначте склад суміші. *Відповідь:* склад за масою m(FeO) = 7,2 г або 18,37%; m(Fe_2O_3) = 32,0 г або 81,63 %.

88. У розчин, що містить 10,8 г сулеми ($HgCl_2$), занурили мідну пластинку. Після витіснення всієї ртуті маса пластинки збільшилася на 13,7%. Визначити масу зануреної мідної пластинки. *Відповідь:* маса зануреної мідної пластинки 40 г.

89. Обчислити масу і пробу сплаву Аргентуму з Купрумом, знаючи, що при сплавленні його з 3 кг чистого Аргентуму можна одержати сплав 900-ї проби, а при сплавленні його з 2 кг сплаву 900-ї проби – сплав 840-ї проби. *Відповідь:* 3 кг 800-ї проби.

Тести до теми «Класи неорганічних сполук»

1. Серед наведених сполук укажіть оксид: а) NaOH, б) Na_2CO_3, в) Na_2O.
2. Який оксид є основним: а) N_2O_5, б) K_2O, в) SO_2.
3. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) KCl, б) Cl_2O_7, в) HCl.
4. Як називаються солі борної кислоти: а) броміди, б) борати, в) фосфати.
5. Серед наведених сполук укажіть основу: а) $Mg(OH)_2$, б) MgO, в) $MgCl_2$.
6. Як називається сіль $NaHSO_3$: а) сульфіт натрію, б) гідросульфіт натрію, в) гідроксосульфіт натрію.
7. Щоб отримати сіль $NaHSO_3$ потрібно додати:
   а) до сірчистої кислоти надлишок гідроксиду натрію,
   б) до гідроксиду натрію надлишок сірчистої кислоти,
   в) рівну кількість натрію гідроксиду та сульфітної кислоти.
8. Щоб перевести $NaHSO_3$ в середню сіль, потрібно додати:
   а) луг, б) кислоту, в) воду.
9. Серед наведених сполук укажіть оксид: а) KOH, б) K_2CO_3, в) K_2O.
10. Який оксид є кислотним: а) ZnO, б) NO_2, в) MgO.
11. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) $NaNO_3$, б) N_2O_5, в) HNO_3.
12. Як називаються солі кремнієвої кислоти:
    а) силікати, б) броміди, в) карбонати.
13. Щоб отримати сіль $Mg(HCO_3)_2$, треба додати:
    а) до вугільної кислоти надлишок гідроксиду магнію,
    б) до гідроксиду магнію надлишок вугільної кислоти.
14. Щоб перевести $Mg(HCO_3)_2$ в середню сіль, потрібно додати: а) луг, б) кислоту, в) воду.
15. Який оксид є амфотерним: а) Li_2O, б)Cr_2O_3, в)SO_3.
16. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) SO_3, б) K_2SO_4, в) H_2SO_4.
17. Як називаються солі азотистої (нітритної) кислоти: а) нітрати, б) нітрити, в) карбонати.
18. Серед наведених сполук укажіть основу: а) Cu_2O, б) $Cu(OH)_2$, в) $CuSO_4$.

19. Як називається сіль $Cr(OH)_2Cl$: а) хлорид хрому, б) гідрохлорид хрому, в) дигідроксохлорид хрому.
20. Щоб отримати сіль $Cr(OH)_2Cl$, потрібно додати:
    а) до хлоридної кислоти надлишок хром(III) гідроксиду,
    б) до хром(III) гідроксиду надлишок хлоридної кислоти,
    в) рівну кількість хром(III) гідроксиду та хлоридної кислоти.
21. Щоб перевести $Cr(OH)_2Cl$ в середню сіль, потрібно додати: а) луг, б) кислоту, в) воду.
22. Серед наведених сполук укажіть оксид :а) $Mg(OH)_2$, б) $MgSO_4$, в) MgO.
23. Який оксид є кислотним: а) Al_2O_3, б) NO_2, в) PbO.
24. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) H_3PO_4, б) P_2O_5, в) Na_3PO_4.
25. Як називаються солі сульфітної (сірчистої) кислоти: а) сульфати, б) сульфіди, в) сульфіти.
26. Серед наведених сполук укажіть основу: а) $Zn(OH)_2$, б) ZnO, в) $ZnCl_2$.
27. Як називається сіль $ZnOHNO_3$: а) цинк нітрат, б) цинк гідронітрат, в) цинк гідроксонітрат.
28. Щоб отримати сіль $ZnOHNO_3$ потрібно додати:
    а) до нітратної кислоти надлишок цинк гідроксиду,
    б) до цинк гідроксиду надлишок нітратної кислоти.
29. Щоб перевести $ZnOHNO_3$ в середню сіль, потрібно додати: а) луг, б) кислоту, в) воду.
30. Серед наведених сполук укажіть оксид: а) B_2O_3, б) $Na_2B_4O_7$, в) H_3BO_3.
31. Який оксид не утворює солей: а) N_2O, б) CuO, в) MnO_2 .
32. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) $NaCl$, б) $HClO_4$, в) Cl_2O_5.
33. Як називаються солі сірководневої кислоти (сульфідної): а) сульфати, б) сульфіди, в) сульфіти.
34. Серед наведених сполук укажіть основу: а) $Cr(OH)_3$, б) Cr_2O_3, в) $Cr(NO_3)_3$.
35. Як називається сіль $CaOHNO_3$: а) кальцій нітрат, б) кальцій гідронітрат, в) кальцій гідроксонітрат.
36. Щоб отримати сіль $CaOHNO_3$, потрібно додати:

а) до нітратної кислоти надлишок кальцій гідроксиду,

б) до кальцій гідроксиду надлишок нітратної кислоти.

37. Щоб перевести $CaOHNO_3$ в середню сіль, потрібно додати: а) луг, б) кислоту, в) воду.
38. Серед наведених сполук укажіть оксид: а) P_2O_5, б) H_3PO_4, в) Na_3PO_4.
39. Який окисд є амфотерним: а) Al_2O_3, б) Cl_2O_7, в) N_2O_5?
40. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) $KMnO_4$, б) MnO_2, в) $HMnO_4$.
41. Як називаються солі карбонатної (вугільної) кислоти: а) борати, б) силікати, в) карбонати.
42. Серед наведених сполук укажіть луг: а)NaOH, б) $Mn(OH)_2$, в)$Fe(OH)_3$.
43. Як називається сіль NaH_2PO_4: а) натрій фосфат, б) натрій дігідрофосфат, в) натрій дігідроксофосфат.
44. Щоб отримати сіль NaH_2PO_4, потрібно додати:

а) до фосфатної кислоти надлиишок натрій гідроксиду,

б) до натрій гідроксиду надлишок фосфатної кислоти.

45. Щоб первести сіль NaH_2PO_4 в середню сіль, потрібно додати: а) луг, б) кислоту, в) воду.
46. Серед наведених сполук укажіть оксид: а) $KMnO_4$, б) MnO_2, в) $Mn(OH)_2$.
47. Який оксид не утворює солей: а) CO_2, б) ZnO, в) NO .
48. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) $CaCO_3$, б) CO, в) H_2CO_3.
49. Як називаються солі ортофосфатної кислоти: а) метафосфати, б) фосфіти, в) ортофосфати.
50. Серед наведених сполук укажіть луг: а) KOH, б) $Mg(OH)_2$, в) $Cu(OH)_2$.
51. Як називається сіль $AlOHSO_4$: а) алюміній гідросульфат, б) алюміній гідроксосульфат, в) алюміній сульфат.
52. Щоб отримати сіль $AlOHSO_4$, потрібно додати:

а) до сульфатної кислоти надлишок алюміній гідроксиду,

б) до алюміній гідроксиду надлишок сульфатної кислоти.

53. Щоб перевести $AlOHSO_4$ в середню сіль, потрібно доадати: а) луг, б) кислоту, в) воду.

54. Серед наведених сполук укажіть оксид: а) HNO_3, б) NO_2, в) KNO_3.

55. Який оксид є амфотерним: а) CaO, б) ZnO, в) CO_2?

56. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) SO_2, б) Na_2S, в) H_2S.

57. Серед наведених сполук укажіть луг: а) $Zn(OH)_2$, б) $Al(OH)_3$, в) $Ca(OH)_2$.

58. Як називається сіль $KHCO_3$: а) калій гідрокарбонат, б) калій гідроксокарбонат, в) калій карбонат?

59. Щоб отримати сіль $KHCO_3$, потрібно додати:

а) до карбонатної кислоти надлишок калій гідроксиду,

б) до калій гідроксиду надлишок карбонатної кислоти .

60. Щоб перевести сіль $KHCO_3$ в середню сіль, потрібно додати: а) луг, б) кислоту, в) воду.

61. Серед наведених сполук укажіть оксид: а) H_2SO_4, б) SO_2, в) Na_2SO_4.

62. Який оксид є амфотерним: а) FeO, б) PbO, в) N_2O_3?

63. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) H_2SO_4, б) SO_3, в)Na_2SO_3.

64. Як називаються солі перхлоратної (хлорної) кислоти: а) перхлорати, б) хлорати, в) хлориди.

65. Серед наведених сполук укажіть луг: а) $Cr(OH)_3$, б) $Ba(OH)_2$, в) $Co(OH)_2$.

66. Як називається сіль $Mn(HSO_4)_2$: а) манган(II) гідроксосульфат, б) манган(II) гідросульфат, в) манган(II) сульфат.

67. Щоб перевести $Mn(HSO_4)_2$ в середню сіль, потрібно додати: а) луг, б) кислоту, в) воду.

68. Серед наведених сполук укажіть оксид: а) $HClO_4$, б) Cl_2O_7, в) NaClO.

69. Який оксид є амфотерним: а) MnO_2, б) BaO, в) Li_2O?

70. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) NO_2, б) HNO_3, в) KNO_2.

71. Як називаються солі сульфатної кислоти: а) хромати, б) сульфіти, в) сульфати.

72. Яка основа має амфотерний характер: а) NaOH, б) $Zn(OH)_2$, в) $Ni(OH)_2$.

73. Як називається сіль $Fe(OH)_2Cl$: а) ферум(III) дигідроксохлорид, б) ферум(III) дигідрохлорид, в) ферум(III) хлорид.

74. Щоб отримати сіль $Fe(OH)_2Cl$, потрібно додати:

а) до хлоридної кислоти надлишок ферум(III) гідроксиду,

б) до ферум(III) гідроксиду надлишок хлоридної кислоти.

75. Щоб перевести $Fe(OH)_2Cl$ в середню сіль, потрібно додати: а) луг, б) кислоту, в) воду.
76. Серед наведених сполук укажіть оксид: а) $Fe(OH)_3$, б) Fe_2O_3, в)$FeSO_4$.
77. Який оксид є амфотерним: а) Na_2O, б) CO_2, в) SnO_2.
78. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) H_3BO_3, б) B_2O_3, в) $Na_2B_4O_7$.
79. Як називаються солі хлоридної (соляної) кислоти: а) хлорати, б) гіпохлорити, в) хлориди.
80. Яка основа має амфотерний характер: а) $Mg(OH)_2$, б) $Cr(OH)_3$, в) KOH.
81. Як називається сіль $NaHCO_3$: а) натрій гідроксокарбонат, б) натрій гідрокарбонат, в) натрій карбонат.
82. Щоб отримати сіль $NaHCO_3$, потрібно додати:

а) до карбонатної кислоти надлишок натрій гідроксиду,

б) до натрій гідроксиду надлишок карбонатної кислоти.

83. Щоб перевести $NaHCO_3$ в середню сіль, потрібно додати: а) луг, б) кислоту, в) воду.
84. Серед наведених сполук укажіть оксид: а) $K_2Cr_2O_7$, б) Cr_2O_3, в) $Cr_2(SO_4)_3$.
85. Який оксид не утворює солей: а) CO, б) P_2O_3, в) CuO.
86. Серед наведених сполук укажіть кислоту: а) Na_2SiO_3, б) H_2SiO_3, в) SiO_2.
87. Як називаються солі нітратної кислоти: а) ціаніди, б) нітрати, в) нітріти.
88. Яка основа має амфотерний характер: а) $Al(OH)_3$, б) LiOH, в) $Fe(OH)_2$?
89. Як називається сіль $FeOHSO_4$: а) ферум(III) гідроксосульфат, б) ферум(III) гідросульфат, в) ферум(III) сульфат.
90. Щоб отримати сіль $FeOHSO_4$, потрібно додати:

а) до сульфатної кислоти надлишок гідроксиду заліза,

б) до ферум(III) гідроксиду надлишок сірчаної кислоти.

91. Щоб перевести $FeOHSO_4$ в середню сіль, потрібно додати: а) луг, б) кислоту, в) воду.
94. Серед наведених сполук укажіть основу: а) Al_2O_3, б) $Al(NO_3)_3$, в)$Al(OH)_3$.

95. Як називається сіль $Mg(HCO_3)_2$: а) магній карбонат, б) магній гідрокарбонат, в) магній гідроксокарбонат.

96. Вкажіть формули речовин, які реагують з сульфатною кислотою H_2SO_4:
а) CO_2, б) MgO, в) Fe

97. Встановіть відповідність між назвою речовини та її хімічною формулою:

Назва речовини	**Формула**
1. сульфатна кислота;	А. K_2SO_3;
2. сульфітна кислота;	Б. H_2SO_4;
3. калій силікат;	В. K_2SO_4;
4. калій сульфат;	Г. K_2SiO_3;
	Д. H_2SO_3

	А	**Б**	**В**	**Г**	**Д**
1					
2					
3					
4					

98. Встановіть відповідність між класом речовини та її хімічною формулою:

Назва речовини	**Формула**
1. нерозчинна основа	А. $Fe(OH)_3$;
2. кислота;	Б. LiOH
3. кислотний оксид;	В. K_2HPO_4;
4. сіль	Г. Cl_2O_7;
5. луг	Д. H_2SeO_4;

	А	**Б**	**В**	**Г**	**Д**
1					
2					
3					
4					
5					

99. Встановіть відповідність між назвою речовини та її хімічною формулою:

Назва речовини	**Формула**
1.сульфатна кислота;	А. K_2SO_3;
2. калій сульфіт;	Б. H_2SO_4;
3. калій гідроксид;	В. KOH
4. сульфідна кислота;	Г. K_2SiO_3;
	Д. H_2SO_3

	А	**Б**	**В**	**Г**	**Д**
1					
2					
3					
4					

100. Встановіть відповідність між класом речовини та її хімічною формулою:

Назва речовини	**Формула**
1. нерозчинна основа	А. $Ca(OH)_2$
2. кислота;	Б. H_2TeO_4
3. кислотний оксид;	В. Na_2HPO_4;
4. сіль	Г. CO_2;
5.луг	Д. $Cr(OH)_3$;

	А	**Б**	**В**	**Г**	**Д**
1					
2					
3					
4					
5					

101. Установіть послідовність розміщення напівсхем у порядку зростання загальної суми коефіцієнтів

Напівсхеми

А $SO_2 + Na_2O \rightarrow$
Б $MgO + HCl \rightarrow$
В $K_2O + H_2O \rightarrow$
Г $Mg + H_3PO_4 \rightarrow$

	А	Б	В	Г
1				
2				
3				
4				

102. Встановіть відповідність між формулою речовин та її назвою

Назва речовини	*Формула*		А	Б	В	Г	Д
1 нітритна кислота	**А** NO_2	1					
2 нітроген(IV) оксид	**Б** HNO_3	2					
3 нітратна кислота	**В** HNO_2	3					
4 нітроген(II) оксид	**Г** NO	4					
	Д N_2O						

103. Установіть послідовність розміщення напівсхем у порядку зростання загальної суми коефіцієнтів

Напівсхеми		А	Б	В	Г
А $SiO_2 + NaOH \rightarrow$	1				
Б $MgO + H_2SO_4 \rightarrow$	2				
В $SiO_2 + K_2O \rightarrow$	3				
Г $Al + H_2SO_4 \rightarrow$	4				

104. Установіть послідовність розміщення маси речовин за збільшенням кількості речовини (моль) у них

Маса речовини		А	Б	В	Г
А m(K) = 19,5 г	1				
Б $m(K_2O)$ = 75,2 г	2				
В m(KOH) = 84 г	3				
Г $m(SO_3)$ = 24 г	4				

105. Установіть послідовність розміщення маси речовин за збільшенням кількості речовини (моль) у них

Маса речовини		А	Б	В	Г
А m(Ca) = 8 г	1				
Б m(CaO) = 2,8 г	2				
В $m(Ca(OH)_2)$ = 18,5 г	3				
Г $m(P_2O_5)$ = 11 г	4				

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ахметов Н. С., Азизова М. К., Бадыгина Л. И. Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии. – М. : Высш. шк., 2002. – 368 с.
2. Беляев Н. Н., Барсуков И. И., Беззубец Э. А., Дьяченко Е. К., Иозеп Л. И. и др. Основы колличественных расчетов в химии. Сборник задач и упражнений по общей химии. – СПб. : Изд-во СПХФА, 2005. – 140 с.
3. Глинка Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии. М. : Интеграл-Пресс, 2005. – 240 с.
4. Гольбрайх З.Е. Практикум по неорганической химии. – М.: Высш .шк, 1986. – 350 с
5. Гомонай В. І. Загальна та неорганічна хімія: підручник / Гомонай В. І, Мільовч С. С. – Вінниця : Нова Книга, 2016. – 448 с.
6. Григор′єва В. В., Самійленко В. М., Сич А. М., Голуб О. А. Загальна хімія. Підручник . – К. : «Вища школа», 2009. – 471 с.
7. Жак О. В., Каличак Я. М. Загальна хімія : навчальний посібник. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 368 с.
8. Загальна хімія: Практичні заняття з неорганічної хімії. Частина І. : навчально-методичний посібник для студентів 1 курсу хімічного факультету / укл. Т. Л. Ракитська, Г. П. Сохраненко, Т. В. Кокшарова та ін. – Одеса : Астропринт, 2007. – 212 с.
9. Загальна хімія. Лабораторний практикум з неорганічної хімії. навчально-методичний посібник для студентів І курсу хімічного факультету / укл. Ракитська Т. Л., Сохраненко Г. П., Кокшарова Т. В. та ін. – Одеса : Астропринт, 2008. – 60 с.
10. Методичні вказівки до лабораторної роботи „Класи неорганічних сполук” з дисципліни „Хімія” для студентів усіх спеціальностей / Упоряд.: П. О. Єгоров, О. І. Темченко, О. Б. Нетяга. – Д. : Національний гірничий університет, 2007. – 20 с.
11. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія. – Київ – Ірпінь : Перун, 1998. – 480 с.

12. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія. Практикум. – Київ : Либідь, 2003. – 208 с.
13. Романцева Л. М., Лещинская З. Л., Суханова В. А. Сборник задач и упражнений по общей химии. – М. : Высш. шк., 1991. – 288 с.
14. Коротченко Н. М. Лабораторный практикум по курсу «Неорганический синтез веществ и материалов» : учеб.-метод. пособие. – Томск : Томский государственный университет, 2013. – 48 с.
15. Шурдумов Г. К., Тхашоков Н. И., Хакулов З. Л., Шурдумов Б. К. Практикум по неорганическому синтезу. Часть I. – Нальчик : Каб.-Балк. ун-т, 2003. – 47 с.
16. Самусенко Ю. В. Основи неорганічного і органічного синтезу. навч. посібник. – Полтава : ПДПУ, 2003. – 91 с.
17. Свиридов В. В., Попкович Г. А., Василевская Е. И. Неорганический синтез : учеб. пособие для студентов хим. спец. вузов // 2-е изд., испр. – Минск : Універсітэцкае, 2000. – 224 с.
18. Неділько С. А. , Попель П. П.,Загальна й неорганічна хімія: задачі та вправи : навч. посібник. – К. : Либіть, 2001. – 400 с.
19. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи "Синтез неорганічних речовин" для студентів хіміко-технологічного факультету. Укл. Пацкова Т. В., Лісовська І. В., Шульженко О. О., Шпак А. Є. – К. : НТУУ "КПІ", 2011. – 59 с.
20. Мицкевич Е. Н., Окаев Е. Б., Елисеев С. Ю. Синтезы неорганических веществ: лаборатор. практикум. – Минск : БГПУ, 2010. – 100 с.

ДОДАТОК

Приклад методики синтезу та разрахунків

Нікель(II) гексааміносульфат

$$[Ni(H_2O)_6]SO_4 + 6NH_3 \rightarrow [Ni(NH_3)_6]\ SO_4 + 6H_2O$$

Порядок виконання роботи: наважку кристалогідрату $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ вміщують у хімічну склянку і додають подвійну проти стехіометричної кількість 25%-ного водного розчину аміаку (густина 0,91 г/см^3). Суміш перемішують скляною паличкою до повного розчинення солі. До розчину додають ізопропіловий спирт у кількості, яка дорівнює об'єму реакційної суміші. Склянку охолоджують льодом протягом 30 хвилин. Кристали, що утворилися, відокремлюють від рідини фільтруванням під вакуумом (лійка Бюхнера), промивають невеликою кількістю ізопропілового спирту. Комплексну речовину з лійки Бюхнера переносять на фільтрувальний папір, висушують на повітрі. Розраховують кількість вихідних речовин ($NiSO_4 \cdot 6H_2O$ та NH_3), необхідних для синтезу 10 г нікель(II) гексааміносульфату.

Приклад розрахунків: для отримання 10 г $[Ni(NH_3)_6]\ SO_4$ з урахуванням методики синтезу потрібно виконати наступні дії:

1. Визначити молярні маси вихідних речовин та продукту реакції:

$M(NiSO_4 \cdot 6H_2O) = 263$ г/моль

$M(NH_3) = 17$ г/моль

$M([Ni(NH_3)_6]\ SO_4) = 257$ г/моль

2. Знайти кількість речовини продукту реакції: за умовами потрібно отримати 10 г нікель(II) гексааміносульфату, що складає:

$$n = \frac{m\left(\left[Ni\left(NH_3\right)_6\right]SO_4\right)}{M\left(Ni\left(NH_3\right)_6SO_4\right)} = \frac{10\text{ г}}{257\text{ г/моль}} = 0{,}039\text{ моль}$$

3. Визначити кількість та масу $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ у відповідності до стехіометричних коефіцієнтів в рівнянні реакції:

$n(NiSO_4 \cdot 6H_2O) = n([Ni(NH_3)_6]\ SO_4) = 0{,}039$ моль

$m(NiSO_4 \cdot 6H_2O) = n(NiSO_4 \cdot 6H_2O) \cdot M(NiSO_4 \cdot 6H_2O) = 0{,}039$ моль $\cdot$ 263 г/моль = 10,25 г

4. Знайти кількість та об'єм аміаку у відповідності до стехіометричних коефіцієнтів в рівнянні реакції:

$$n([Ni(NH_3)_6]\ SO_4) = 6n(NH_3)) = 6 \cdot 0{,}039 = 0{,}234\ моль$$

Оскільки за методикою розчину аміаку потрібно взяти в два рази більш від стехіометричної кількості:

$$n(NH_3)) = 2 \cdot\ 0{,}234 = 0{,}468\ моль$$

$$m(NH_3) = n(NH_3) \cdot\ M(NH_3) = 0{,}468\ моль \cdot 17\ г/моль$$

Для проведення синтезу використовується 25%-ний водний розчин аміаку:

$$m_{розчину}\ (NH_3) = \frac{\mathrm{m\,(NH_3)}}{\omega\,(\mathrm{NH_3})} = \frac{7{,}96г}{0{,}25} = 31{,}84г$$

$$V_{розчину}\ (NH_3) = \frac{\mathrm{m_{розчину}\,(NH_3)}}{\rho_{\mathrm{розчину}}(\mathrm{NH_3})} = \frac{31{,}84г}{0{,}91г/см^3} = 34{,}99см^3$$

Отже, для синтезу 10 г $[Ni(NH_3)_6]SO_4$ потрібно 10,25 г $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ та 35 мл 25%-ного водного розчину аміаку.

Підтвердження якісного складу. Для підтвердження якісного складу отриманого продукту необхідно використовувати реакції обміну, окисно-відновні тощо. Наприклад, якщо добутою речовиною є $[Ni(NH_3)_6]SO_4$, наявність сульфат-іона можно довести утворенням осаду з катіоном Ba^{2+}:

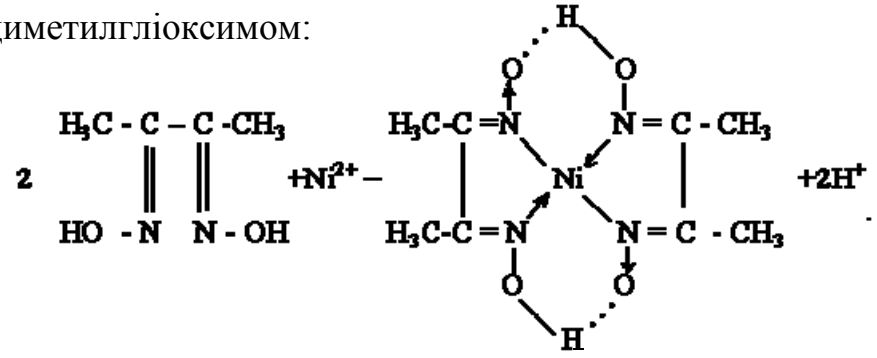
$$[Ni(NH_3)_6]SO_4\ + BaCl_2 \rightarrow [Ni(NH_3)_6]Cl_2\ + BaSO_4\downarrow$$

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4\downarrow$$

Наявність у комплексі лігандів NH_3 можна довести проведенням якісної реакції з виділенням аміаку, що має характерний запах:

$$[Ni(NH_3)_6]SO_4\ + 2NaOH \rightarrow 6NH_3\uparrow + Ni(OH)_2 + Na_2SO_4$$

Наявність у комплексі катіона Ni^{2+} можна довести реакцією з аналітичним реагентом диметилгліоксимом:



Назви деяких простих речовин і елементів (ДСТУ 2439-94)

(назви інших елементів і простих речовин збігаються)

Символи елементів	Назви елементів	Назви простих речовин
H	Гідроген	Водень
C	Карбон	Алмаз, графіт, вуглець
N	Нітроген	Азот
O	Оксиген	Кисень, озон
F	Флуор	Фтор
S	Сульфур	Сірка
Fe	Ферум	Залізо
Ni	Нікол	Нікель
Cu	Купрум	Мідь
Ag	Аргентум	Срібло
Sn	Станум	Олово
I	Іод	Йод
Hg	Меркурій	Ртуть
Pb	Плюмбум	Свинець
Au	Аурум	Золото

Приклади електролітів різних типів

Класи сполук	**Типи електролітів**		
	сильні $\alpha > 30$ %	**середньої сили** 3 % $< \alpha <$ 30 %	**слабкі** $\alpha < 3$ %
Кислоти	HCl, HI, H_2SO_4, HNO_3, $HClO_4$,$HMnO_4$	неорганічні (H_2SO_3, H_3PO_4, HNO_2), органічні (HCOOH, HOOC-COOH)	неорганічні (H_2S, H_2CO_3, HCN,H_3BO_3, H_2SiO_3), майже усі органічні
Основи	розчинні у воді (луги)	$Mg(OH)_2$	малорозчинні, гідрат амоніаку $NH_3 \cdot H_2O$
Солі	розчинні	$CdCl_2$, $ZnCl_2$	малорозчинні

Класи неорганічних речовин

Назва класу			Представники класу	
			Молекулярна формула	Назва
Оксиди	солетворні	основні	Na_2O	натрій оксид
		кислотні	SO_3	сульфур(VI) оксид
		амфотерні	Al_2O_3	алюміній оксид
	несолетворні		CO	карбон(II) оксид
Основи	розчинні у воді (луги)		KOH	калій гідроксид
	нерозчинні у воді		$Cu(OH)_2$	купрум(II) гідроксид
	амфотерні		$Zn(OH)_2$	цинк гідроксид
	однокислотні		LiOH	літій гідроксид
	багатокислотні		$Cr(OH)_3$	хром(III) гідроксид
Кислоти	оксигеновмісні		H_2SO_4	сульфатна кислота
	безоксигенові		H_2S	сульфідна кислота
	одноосновні		HCl	хлоридна кислота
	багатоосновні		H_2SO_3	сульфітна кислота
	сильні		HNO_3	нітратна кислота
	слабкі		H_2CO_3	карбонатна кислота
	середньої сили		H_3PO_4	ортофосфатна кислота
Солі	середні (нормальні)		Na_2SiO_3	натрій силікат
	кислі		$Ca(HCO_3)_2$	кальцій гідрогенн карбонат
	основні		BaOHCl	барій гідроксохлорид
	подвійні		$KAl(SO_4)_2$	калій-алюміній сульфат
	комплексні		$Na_3[Al(OH)_6]$	натрій гексагідроксоалюмінат

\

Кислоти

№	Формула	Назва	Йон	Кислотний залишок
1	HF	Флуоридна (Фтороводнева, плавікова)	F^-	Флуорид
2	HCl	Хлоридна (соляна, хлороводнева)	Cl^-	Хлорид
3	HBr	Бромідна (Бромоводнева)	Br^-	Бромід
4	HI	Йодидна (Йодоводнева)	I^-	Йодид
5	H_2SO_4	Сульфатна (Сірчана)	SO_4^{2-}	Сульфат
6	H_2SO_3	Сульфітна (Сірчиста)	SO_3^{2-}	Сульфіт
7	H_2S	Сульфідна (Сірководнева)	S^{2-}	Сульфід
8	HNO_3	Нітратна (Азотна)	NO_3^-	Нітрат
9	HNO_2	Нітритна (Азотиста)	NO_2^-	Нітрит
10	H_3PO_4	Ортофосфатна	PO_4^{3-}	Ортофосфат
11	HPO_3	Метафосфатна	PO_3^-	Метофосфат
12	H_3PO_3	Фосфітна	HPO_3^{2-}	Фосфіт
13	H_2CO_3	Карбонатна (Вугільна)	CO_3^{2-}	Карбонат
14	H_2SiO_3	Силікатна (Кремнієва)	SiO_3^{2-}	Силікат
15	HCN	Ціанідна (Синільна)	CN^-	Ціанід
16	$HSCN$	Тіоціанатна (Роданідна)	SCN^-	Тіоціанат (Роданід)
17	CH_3COOH	Ацетатна (Оцтова)	CH_3COO^-	Ацетат
18	H_3BO_3	Ортоборатна	BO_3^{3-}	Ортоборат
19	$HClO$	Гіпохлоритна (Хлорнуватиста)	ClO^-	Гіпохлорит
20	$HClO_2$	Хлоритна (Хлориста)	ClO_2^-	Хлорит
21	$HClO_3$	Хлоратна Хлорнувата)	ClO_3^-	Хлорат
22	$HClO_4$	Перхлоратна (Хлорна)	ClO_4^-	Перхлорат

Густини та концентрації розчинів деяких кислот

HCl		HNO_3	
Густина, г/см^3	Масова частка, %	Густина, г/см^3	Масова частка, %
1,050	10,52	1,045	8,398
1,055	11,52	1,050	9,259
1,060	12,51	1,055	10,12
1,065	13,50	1,060	10,97
1,070	14,49	1,065	11,81
1,075	15,48	1,070	12,65
1,080	16,47	1,075	13,48
1,085	17,45	1,080	14,31
1,095	19,41	1,090	15,95
1,105	21,36	1,100	17,58
1,115	23,29	1,110	19,19
1,125	25,22	1,120	20,79
1,135	27,18	1,130	22,38
1,145	29,17	1,140	23,94
1,155	31,14	1,150	25,48
H_2SO_4		H_3PO_4	
Густина, г/см^3	Масова частка, %	Густина, г/см^3	Масова частка, %
1,065	9,843	1,635	80,75
1,070	10,56	1,640	81,20
1,075	11,26	1,645	81,64
1,080	11,96	1,650	82,08
1,090	13,36	1,655	82,52
1,100	14,73	1,660	82,96
1,110	16,08	1,665	83,39
1,120	17,43	1,670	83,82
1,130	18,76	1,675	84,25
1,140	20,08	1,680	84,68
1,145	20,73	1,685	85,11
1,150	21,38	1,690	85,54
1,155	22,03	1,695	85,96
1,160	22,67	1,700	86,38
1,165	23,31	1,705	86,80

Густини та концентрації розчинів деяких основ та солей

NaOH		**KOH**	
Масова частка, %	Густина, г/см^3	Масова частка, %	Густина, г/см^3
0	0,998	0	0,998
1	1,01	1	1,008
2	1,021	2	1,016
3	1,032	3	1,024
4	1,043	4	1,033
5	1,054	5	1,041
6	1,065	6	1,048
7	1,076	7	1,055
8	1,087	8	1,064
9	1,098	9	1,072
10	1,109	10	1,08
12	1,131	12	1,099
14	1,153	14	1,116
16	1,175	16	1,137
18	1,197	18	1,154
20	1,219	20	1,173
22	1,241	22	1,193
24	1,263	24	1,217
26	1,285	26	1,238
28	1,306	28	1,267
30	1,328	30	1,285
32	1,349	32	1,307
34	1,37	34	1,331
36	1,39	36	1,355
38	1,41	38	1,382
40	1,43	40	1,408
NaCl		**KCl**	
0	0,998	0	0,998
1	1,005	1	1,004
2	1,012	2	1,011
3	1,02	3	1,017
4	1,027	4	1,024
5	1,034	5	1,03
6	1,041	6	1,037
7	1,049	7	1,043
8	1,056	8	1,05
9	1,063	9	1,057
10	1,071	10	1,063

Продовження таблиці

Масова частка, %	Густина, г/см^3	Масова частка, %	Густина, г/см^3
12	1,086	12	1,077
14	1,101	14	1,09
16	1,116	16	1,104
18	1,132	18	1,118
20	1,148	20	1,133
NH_4Cl		$CaCl_2$	
1	1,001	1	1,007
2	1,004	2	1,015
4	1,011	4	1,032
6	1,017	6	1,049
8	1,023	8	1,066
10	1,029	10	1,083
12	1,034	12	1,101
14	1,040	14	1,120
16	1,046	16	1,139
18	1,051	18	1,158
20	1,057	20	1,177
22	1,062	25	1,228
26	1,072	28	1,260
K_2CO_3		$(NH_4)_2SO_4$	
1	1,007	1	1,004
2	1,016	2	1,010
4	1,034	4	1,022
6	1,053	6	1,034
8	1,071	8	1,046
10	1,090	10	1,057
12	1,110	12	1,069
14	1,129	14	1,081
16	1,149	16	1,092
18	1,169	18	1,104
20	1,190	20	1,115
24	1,232	24	1,138
28	1,276	28	1,161
35	1,355	30	1,172
40	1,414	35	1,200
45	1,476	40	1,228
50	1,540	50	1,282

Густини та концентрації розчинів аміаку

ρ	Концентрація			ρ	Концентрація		
	%	моль/л	г/л		%	моль/л	г/л
0,998	0,0465	0,0273	0,46	0,938	15,47	8,52	144,8
0,996	0,512	0,299	5,1	0,936	16,06	8,83	150,1
0,994	0,977	0,570	9,7	0,934	16,55	9,13	155,2
0,992	1,43	0,834	14,2	0,932	17,24	9,44	160,5
0,990	1,89	1,10	18,7	0,930	17,85	9,75	165,8
0,988	2,35	1,36	23,3	0,928	18,45	10,06	171,0
0,986	2,82	1,63	27,8	0,926	19,06	10,37	176,3
0,984	3,30	1,91	32,5	0,924	19,67	10,67	181,4
0,982	3,78	2,18	37,1	0,922	20,27	10,97	186,5
0,980	4,27	2,46	41,8	0,920	20,88	11,28	191,8
0,978	4,76	2,73	46,4	0,918	21,50	11,59	197,0
0,976	5,25	3,01	51,2	0,916	22,12	11,90	202,3
0,974	5,75	3,29	55,9	0,914	22,75	12,21	207,6
0,972	6,25	3,57	60,7	0,912	23,39	12,52	212,8
0,970	6,75	3,84	65,3	0,910	24,03	12,84	218,3
0,968	7,26	4,12	70,0	0,908	24,68	13,16	223,7
0,966	7,77	4,41	75,1	0,906	25,33	13,48	229,2
0,964	8,29	4,69	79,9	0,904	26,00	13,80	234,6
0,962	8,82	4,98	84,7	0,902	26,67	14,12	240,0
0,960	9,34	5,27	89,6	0,900	27,33	14,44	245,5
0,958	9,87	5,55	94,4	0,898	28,00	14,76	250,9
0,956	10,40	5,84	99,3	0,896	28,67	15,08	256,4
0,954	10,95	6,13	104,2	0,894	29,33	15,40	261,8
0,952	11,49	6,42	109,1	0,892	30,00	15,71	267,1
0,950	12,03	6,71	114,1	0,890	30,68	16,04	272,7
0,948	12,58	7,00	119,0	0,888	31,37	16,36	278,1
0,946	13,14	7,29	124,0	0,886	32,09	16,69	283,7
0,944	13,71	7,60	129,2	0,884	32,84	17,05	289,9
0,942	14,29	7,91	134,5	0,882	33,59	17,4	295,8
0,940	14,88	8,21	139,6	0,880	34,35	17,75	302,0

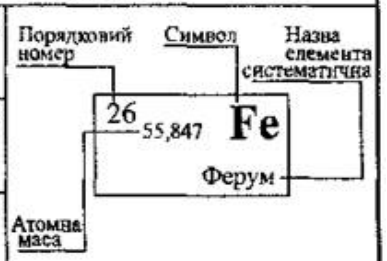
Відносні молекулярні маси деяких неорганічних речовин

	H^+	NH_4^+	Na^+	K^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	Cr^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Ag^+	Pb^{2+}
O^{2-}	-	-	62	94	153	56	40	102	152	72	160	71	81	80	232	223
OH^-	18	35	40	56	171	74	58	78	103	90	107	89	99	98	125	241
Cl^-	36,5	53,5	58,5	74,5	208	111	95	133,5	158,5	127	162,5	126	136	135	143,5	278
Br^-	81	98	103	119	297	200	184	267	292	216	296	215	225	224	188	367
I^-	128	145	150	166	391	294	278	408	433	310	437	309	319	318	235	461
NO_3^-	63	80	85	101	261	164	148	213	238	180	242	179	189	188	170	331
S^{2-}	34	68	78	110	169	72	56	150	200	88	208	87	97	96	248	239
SO_3^{2-}	82	116	126	158	217	120	104	294	344	136	352	135	145	144	294	287
SO_4^{2-}	98	132	142	174	233	136	120	342	392	152	400	151	161	160	312	303
CO_3^{2-}	62	96	106	138	197	100	84	234	284	116	292	115	125	124	276	267
HCO_3^-	62	79	84	100	259	162	146	210	235	178	239	177	187	186	169	329
SiO_3^{2-}	78	112	122	154	213	116	100	282	332	132	340	131	141	140	292	283
$H_2PO_4^-$	98	115	120	136	331	234	218	316	343	250	347	249	259	258	205	101
HPO_4^{2-}	98	132	142	174	233	136	120	342	392	152	400	151	161	160	312	303
PO_4^{3-}	98	149	164	212	601	310	262	122	147	358	151	355	385	382	419	811

Розчинність кислот, солей та основ у воді (при температурі 20-25 °С)

АНІОНИ	**КАТІОНИ**																	
	H^+	**K^+**	**Na^+**	**NH_4^+**	**Ba^{2+}**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Al^{3+}**	**Cr^{3+}**	**Fe^{2+}**	**Fe^{3+}**	**Ni^{2+}**	**Mn^{2+}**	**Zn^{2+}**	**Ag^+**	**Hg^{2+}**	**Cu^{2+}**	**Pb^{2+}**	**Sn^{2+}**
OH^-	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н
Cl^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	М	Р
Br^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	М	Р
I^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	Р	Н	Н	–	Н	М
S^{2-}	Р	Р	Р	Р	Р	–	–	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SO_3^{2-}	Р	Р	Р	Р	М	Н	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–
SO_4^{2-}	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Н	Р
PO_4^{3-}	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CO_3^{2-}	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	–	Н	–
SiO_3^{2-}	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	Н	Н	–
NO_3^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH_3COO^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р

період	ряд	ГРУПИ ЕЛЕМЕНТІВ							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	1	**H** 1,0079 (1) *Водень* Гідроген							**He** 4,0028 (2) Гелій
2	2	**Li** 6,941 (3) Літій	**Be** 9,01218 (4) Берилій	**B** 10,811 (5) Бор	**C** 12,01 (6) *Вуглець* Карбон	**N** 14,007 (7) *Азот* Нітроген	**O** 15,999 (8) *Кисень* Оксиген	**F** 18,998 (9) *Фтор* Флуор	**Ne** 20,179 (10) Неон
3	3	**Na** 22,990 (11) Натрій	**Mg** 24,305 (12) Магній	**Al** 26,982 (13) Алюміній	**Si** 28,085 (14) *Кремній* Силіцій	**P** 30,974 (15) Фосфор	**S** 32,066 (16) *Сірка* Сульфур	**Cl** 35,453 (17) Хлор	**Ar** 39,948 (18) Аргон
4	4	**K** 39,098 (19) Калій	**Ca** 40,078 (20) Кальцій	21 44,956 **Sc** Скандій	22 47,88 **Ti** Титан	23 50,942 **V** Ванадій	24 51,996 **Cr** Хром	25 54,938 **Mn** *Марганець* Манган	26 55,847 **Fe** *Залізо* Ферум
	5	29 63,546 **Cu** *Мідь* Купрум	30 65,38 **Zn** Цинк	**Ga** 69,723 (31) Галій	**Ge** 72,59 (32) Германій	**As** 74,922 (33) *Миш'як* Арсен	**Se** 78,96 (34) Селен	**Br** 79,904 (35) Бром	**Kr** 83,80 (36) Криптон
5	6	**Rb** 85,468 (37) Рубідій	**Sr** 87,62 (38) Стронцій	39 88,906 **Y** Ітрій	40 91,224 **Zr** Цирконій	41 92,906 **Nb** Ніобій	42 95,94 **Mo** Молібден	43 98,906 **Tc** Технецій	44 101,07 **Ru** Рутеній
	7	47 107,87 **Ag** *Срібло* Аргентум	48 112,41 **Cd** Кадмій	**In** 114,82 (49) Індій	**Sn** 118,71 (50) *Олово, цина* Станум	**Sb** 121,75 (51) *Сурма* Стибій	**Te** 127,60 (52) Телур	**I** 126,90 (53) *Йод* Іод	**Xe** 131,29 (54) Ксенон
6	8	**Cs** 132,91 (55) Цезій	**Ba** 137,33 (56) Барій	57 138,91 **La** * Лантан	72 178,49 **Hf** Гафній	73 180,95 **Ta** Тантал	74 183,85 **W** Вольфрам	75 186,21 **Re** Реній	76 190,2 **Os** Осмій
	9	79 196,97 **Au** *Золото* Аурум	80 200,59 **Hg** *Ртуть* Меркурій	**Tl** 204,38 (81) Талій	**Pb** 207,2 (82) *Свинець, олово* Плюмбум	**Bi** 208,98 (83) *Вісмут* Бісмут	**Po** (209) (84) Полоній	**At** (210) (85) Астат	**Rn** (222) (86) Радон
7	10	**Fr** (223) (87) Францій	**Ra** 226,02 (88) Радій	89 227,03 **Ac** ** Актиній	104 (261) **Rf** Резерфордій	105 (262) **Db** Дубній	106 (263) **Sg** Сіборгій	107 (262) **Bh** Борій	108 (265) **Hs** Гасій
		109 (266) **Mt** Майтнерій	110 (272) **Uun** Унунніліій						
Вищі оксиди		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4
Летючі водневі сполуки					RH_4	RH_3	H_2R	HR	



*	58 140,12 **Ce** Церій	59 140,91 **Pr** Празеодим	60 144,24 **Nd** Неодим	61 (147) **Pm** Прометій	62 150,36 **Sm** Самарій	63 151,96 **Eu** Європій	64 157,25 **Gd** Гадоліній	65 158,93 **Tb** Тербій	66 162,5 **Dy** Диспрозій	67 164,93 **Ho** Гольмій	68 167,26 **Er** Ербій	69 168,93 **Tm** Туліій	70 173,04 **Yb** Ітербій	71 174,97 **Lu** Лютецій
**	90 232,04 **Th** Торій	91 (231) **Pa** Протактиній	92 238,03 **U** Уран	93 (237) **Np** Нептуній	94 (244) **Pu** Плутоній	95 (243) **Am** Америцій	96 (247) **Cm** Кюрій	97 (247) **Bk** Берклій	98 (251) **Cf** Каліфорній	99 (254) **Es** Ейнштейній	100 (257) **Fm** Фермій	101 (258) **Md** Менделевій	102 (259) **No** Нобелій	103 (260) **Lr** Лоуренсій

Навчальне видання

Кіосе Тетяна Олександрівна

Раскола Людмила Анатоліївна

ОСНОВИ НЕОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

В авторській редакції

Підп. до друку 20.08.2019. Формат 60х84/16.
Ум.-друк. арк. 7,79. Тираж 50 пр.
Зам. № 1967.

Видавець і виготовлювач
Одеський національний університет
імені І. І. Мечникова
Україна, 65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.

Тел.: (048) 723 28 39. E–mail: druk@onu.edu.ua