

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет агротехнологій

Кафедра ґрунтознавства та агрохімії

БІОНЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Методичні рекомендації

для виконання лабораторних робіт здобувачами другого
(магістерського) рівня вищої освіти ОПП «Ветеринарна гігієна,
санітарія і експертиза» спеціальності 211 «Ветеринарна медицина»
денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв

2024

УДК 546+543

Б63

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій, Миколаївського національного аграрного університету від 2024 р., протокол №11 від 16.05.2024.

Укладач:

О. А. Бабич – асистент кафедри ґрунтознавства та агрохімії, Миколаївський національний аграрний університет

Рецензенти:

О. О. Цвях – канд. біол. наук, доцент, доцент кафедри фізичної культури та спорту, Миколаївський національний університет ім. В. О. Сухомлинського;

О. І. Юлевич – канд. біол. наук, доцент, доцент кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет.

ЗМІСТ

Передмова.....	4
Про порядок виконання практикуму.....	6
Модуль I. “Основні поняття та закони хімії”	
Лабораторна робота 1. Класи неорганічних сполук.....	10
Лабораторна робота 2. Об’ємне визначення молярної маси еквівалента металу.....	12
Лабораторна робота 3. Хімічна кінетика. Хімічна рівновага.....	15
Лабораторна робота 4. Стехіометричні закони хімії.....	19
Лабораторна робота 5. Будова атома.....	21
Лабораторна робота 6. Хімічний зв’язок	23
Модуль II. “Розчини. Реакції окиснення – відновлення”	
Лабораторна робота 7. Встановлення концентрації розчинів кислот і лугів титруванням	25
Лабораторна робота 8. Реакції іонного обміну.....	29
Лабораторна робота 9. Гідроліз солей	32
Лабораторна робота 10. Окисно-відновні реакції	35
Лабораторна робота 11. Основи електрохімії	37
Модуль III. “Хімія елементів. Біогенні елементи”	
Лабораторна робота 12. Властивості s-елементів.....	40
Лабораторна робота 13. Властивості p-елементів.....	42
Лабораторна робота 14. Властивості d-елементів.....	44
Лабораторна робота 15. Комплексні сполуки.....	46
Рекомендована література	48
Додатки.....	49

ПЕРЕДМОВА

Біонеорганічна хімія є базовою дисципліною, необхідною для формування фундаменту знань та практичних навичок фахівця у галузі ветеринарної медицини. Зазначена дисципліна вивчає речовини, їх склад, будову, властивості та основні закономірності хімічних перетворень. Отримані знання з курсу біонеорганічної хімії є теоретичною основою для опанування наступних дисциплін: органічна хімія, фізична та колоїдна хімія, зоохіманаліз, фізіологія тварин. Метою вивчення біонеорганічної хімії є оволодіння теоретичними основами дисципліни та формування навиків проведення хімічних дослідів. Курс біонеорганічної хімії для здобувачів вищої освіти спеціальності “Ветеринарна медицина“ включає 30 годин лекцій, 30 годин лабораторних занять, 16 годин практичних занять та 14 годин самостійної роботи. Успішне засвоєння курсу біонеорганічної хімії студентами передбачає відвідування лекцій, самостійну роботу з літературою, а також виконання лабораторних робіт. Слід уважно виконувати хімічні досліди, які дають можливість переконатися у вірності того чи іншого теоретичного положення. На лабораторних заняттях студенти поглиблюють теоретичні знання і оволодівають навиками та технікою хімічного експерименту. Викладання загальної та неорганічної хімії ведеться в рамках кредитно – модульної системи. Дисципліна “загальна та неорганічна хімія“ об’єднує 3 навчальних модуля: “Основні поняття та закони хімії”, “Розчини. Реакції окиснення – відновлення”, “Хімія елементів. Біогенні елементи”.

Пропоновані методичні рекомендації видані з метою надати допомогу при виконанні лабораторних робіт із біонеорганічної хімії здобувачам вищої освіти.

Рейтингова оцінка лабораторних робіт

Номер лабораторної роботи	Максимальна оцінка	Мінімальна оцінка
Модуль I. “Основні поняття та закони хімії”		
Лабораторна робота №1	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №2	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №3	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №4	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №5	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №6	5 балів	3 бали
Всього	30 балів	18 балів
<i>Перерахунковий коефіцієнт балів за I модуль</i>	<i>0,3333</i>	<i>0,3333</i>
ЗАГАЛЬНИЙ БАЛ ЗА I МОДУЛЬ	10 балів	6 балів
Модуль II. “Розчини. Реакції окиснення – відновлення”		
Лабораторна робота №7	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №8	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №9	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №10	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №11	5 балів	3 бали
Всього	25 балів	15 балів
<i>Перерахунковий коефіцієнт балів за II модуль</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>
ЗАГАЛЬНИЙ БАЛ ЗА II МОДУЛЬ	10 балів	6 балів
Модуль III. “Хімія елементів. Біогенні елементи”		
Лабораторна робота №12	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №13	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №14	5 балів	3 бали
Лабораторна робота №15	5 балів	3 бали
Всього	25 балів	15 балів
<i>Перерахунковий коефіцієнт балів за III модуль</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>
ЗАГАЛЬНИЙ БАЛ ЗА III МОДУЛЬ	10 балів	6 балів
ЗАГАЛЬНИЙ БАЛ ЗА КУРС ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	30 балів	18 балів

ПРО ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ПРАКТИКУМУ

Лабораторні заняття з дисципліни загальної та неорганічної хімії проводяться згідно з планом, з яким здобувачі вищої освіти знайомляться на першому занятті. Теми занять присвячені основним розділам теоретичного курсу дисципліни – найважливіші поняття та закони хімії; властивості розчинів; закономірності перебігу хімічних реакцій; окисно – відновні процеси; властивості біогенних елементів та їх використання в практиці сільського господарства.

Кожне лабораторне заняття проводиться за такою схемою: короткий інструктаж про роботу, контроль знань здобувачів вищої освіти (письмове або усне опитування), виконання дослідів, захист лабораторної роботи. Для успішного виконання практикуму необхідно самостійно готуватися до кожного практичного заняття і виконувати лабораторну роботу згідно з її описом у методичному посібнику. Підготовка до лабораторного заняття включає:

а) вивчення теоретичного матеріалу за допомогою конспекту лекцій, підручників і посібників. Під час самостійної роботи при першому читанні необхідно отримати загальні уявлення з питань теми, позначити складні або незрозумілі місця, далі перейти до ретельного опрацювання матеріалу.

б) письмове виконання домашнього завдання в лабораторному журналі (для конспекту лекцій необхідно завести окремий зошит);

в) знайомство з методикою проведення лабораторної роботи.

Здобувачі вищої освіти, що з тих чи інших причин не виконали чергову лабораторну роботу, зобов'язані відпрацювати її за

установленим в лабораторії графіком. Під час лабораторної роботи необхідно всі записи вести виключно в лабораторному журналі.

При оформленні виконаної роботи в лабораторному журналі необхідно дотримуватися зразка, що поданий нижче.

Протокол № _____

Дата виконання роботи _____

Робота _____

Назва роботи за планом

Дослід №1 _____

Назва дослідження

Короткий опис дослідження

Спостереження _____

Рівняння реакції

Висновок _____

Дослід №2 _____

У зв'язку з тим, що в хімічній лабораторії доводиться працювати з розчинами кислот, лугів, отруйними речовинами, необхідно суворо

дотримуватися правил техніки безпеки та певного порядку виконання роботи:

1. Здобувачам вищої освіти дозволяється працювати тільки в присутності викладача чи лаборанта.
2. Робоче місце, закріплене за студентом, необхідно тримати в зразковій чистоті. Реактиви, що випадково пролито або просипано на столі чи підлозі, необхідно негайно прибрати.
3. Не захарашувати робоче місце непотрібними в даний момент речами (портфелями, головними уборами тощо).
4. Категорично забороняється проводити досліди, що не відносяться до лабораторної роботи, без погодження з викладачем.
5. При користуванні реактивами необхідно дотримуватися охайності:
 - а) усі склянки з розчинами, банки з сухими реактивами слід тримати закритими, відкривати їх тільки під час користування;
 - б) закриваючи склянки, не плутати корків, тому що в цьому випадку реактиви забруднюються і стають непридатними для користування;
 - в) реактиви загального користування не відносити на робочі місця;
 - г) надлишок взятого реактиву ні в якому разі не висипати і не виливати в склянку, з якої він був узятий;
 - д) при наливанні розчину необхідно, щоб розчин не торкався етикетки;
 - е) корок від склянки необхідно класти на стіл таким чином, щоб її частина, що з'єднується з горлом склянки, не торкалась столу;
 - є) у всіх випадках брати мінімальну кількість реактиву (наприклад, розчину 1-2 мл);
 - з) категорично забороняється пробувати реактиви на смак, тому що деякі з них деякою мірою отруйні.

7. Всі дослід з концентрованими кислотами, отруйними речовинами, препаратами, що легко займаються, необхідно проводити в шафі під витягом.

8. При нагріванні пробірки з реакційною сумішшю необхідно тримати її отвором від себе і від людей, що знаходяться поруч.

9. Якщо на обличчя чи руки попадуть бризки концентрованої кислоти, їх необхідно змити великою кількістю води, промити уражене місце розведеним розчином соди або амоніаку і знову змити водою. Місце на тілі, що уражене концентрованим лугом, необхідно промити великою кількістю води, далі розведеним розчином ацетатної кислоти і знову - водою.

10. У випадку опіку полум'ям горілки чи нагрітим предметом змочити уражене місце концентрованим розчином калій перманганату.

11. Якщо дослід не вдавсь, необхідно продумати все спочатку, порадитися з викладачем і знову виконати дослід.

12. Після закінчення роботи без нагадування слід вимити посуд, прибрати робоче місце.

МОДУЛЬ 1 «ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАКОНИ ХІМІЇ»

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Дослід № 1. Добування оксидів

а) Візьміть тонку мідну пластинку, затисніть її тигельними щипцями і нагрійте в полум'ї пальника. Яка речовина утворилася внаслідок реакції? Напишіть відповідне рівняння реакції.

б) На дно сухої пробірки помістіть трохи основного карбонату купрум(II) (малахіту) і нагривайте в полум'ї до тих пір, поки сіль не перетвориться в чорний порошок. Зверніть увагу на виділення пари води на стінках пробірки. Запишіть рівняння реакції розкладу малахіту. Коли пробірка вистигне, розділіть її вміст на 2 частини. В одну з пробірок прилийте розведену сульфатну кислоту, а в другу - розчин їдкого натру. Обережно нагрійте вміст пробірок. Що спостерігаєте? Запишіть рівняння реакцій. Зробіть висновок щодо способів добування оксидів.

Дослід 2. Добування гідроксидів

а) В пробірку помістіть небагато негашеного вапна, додайте води і добре перемішайте вміст пробірки. Дайте рідині відстоятися і випробуйте реакцію розчину фенолфталеїном. Чому змінилося забарвлення розчину? Запишіть рівняння реакції, зробіть висновок відносно середовища розчину.

б) В одну пробірку налейте 1-2 мл розчину ферум хлориду (III), а в другу - розчин солі нікелю (II). В кожен з пробірок налейте 1-2 мл

розчину їдкого натру. Що спостерігаєте? Запишіть спостереження і рівняння реакцій. Зробіть висновок про добування гідроксидів металів, оксиди яких розчинні і нерозчинні у воді.

Дослід 3. Амфотерні гідроксиди та їх властивості

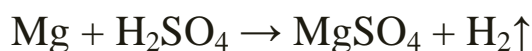
Візьміть 2 пробірки. В одну налейте розчин цинк сульфату, а в другу - алюміній сульфату. По каплям в кожен пробірку додайте розчин лугу до утворення осаду (муті). Вміст кожної пробірки (осад разом з рідиною) розділіть на 2 частини. В перші дві пробірки налейте по 1 мл сульфатної кислоти, в другу- розчин лугу до повного розчинення осадів.

Поясніть причину розчинення осадів і запишіть рівняння реакцій в молекулярній, іонній і скороченій іонній формах.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ОБ'ЄМНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКВІВАЛЕНТА МЕТАЛУ

В поданій роботі еквівалент магнію визначають за кількістю водню, що витискується магнієм з розчину сульфатної кислоти



Хід роботи. Прилад, в якому проводиться дослід, складається з бюретки 1, закріпленої вертикально в штативі 2 (рис.1). До нижньогокінця бюретки за допомогою гумової трубки 3 приєднана лійка 4, яка теж закріплена в штативі. До верхнього кінця бюретки через корок з гумовою трубкою приєднується пробірка 5. В бюретці знаходиться вода. Перед початком роботи перевірте прилад на герметичність. Для цього закрийте пробірку 5 пробкою, опустіть лійку вниз на 10 – 15 см і спостерігайте рівень води в бюретці. Якщо прилад герметичний, то рівень води в бюретці спочатку знизиться, а тоді залишиться без змін. Якщо рівень води весь час знижується, то необхідно щільніше закрити корками лійку і пробірку.

Переконавшись в герметичності приладу, поверніть лійку в колишнє положення.

Отримайте магній у лаборанта і запишіть його масу. Промийте пробірку водою і налейте в пробірку на 1/3 об'єму розчин розведеної сульфатної кислоти. Прикріпіть до внутрішньої стінки пробірки магній, завернутий в папір. Приєднайте пробірку до приладу таким чином, щоб не було контакту металу з кислотою. Відзначте і запишіть рівень води в бюретці (V_1). Відрахування виконуйте за

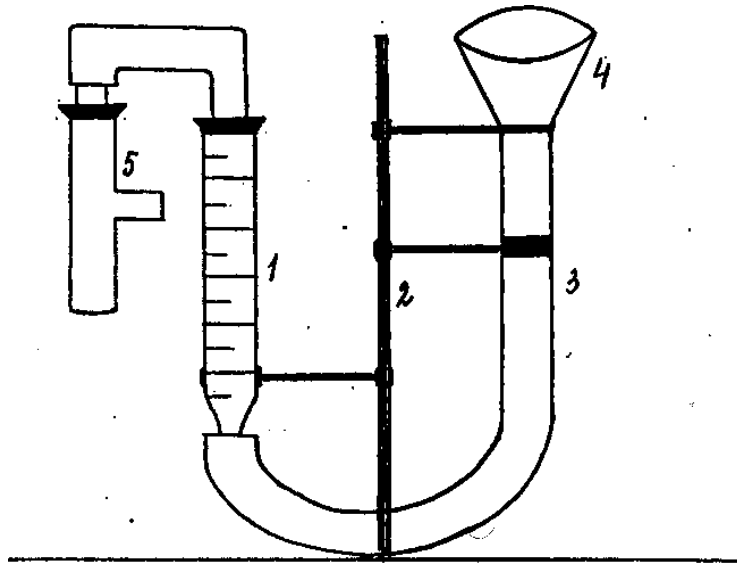


Рис.1. Прилад для вимірювання молярної маси еквівалента металу

нижнім меніском з точністю до 0,2 мл. Приведіть в контакт метал з кислотою. Водень, що виділяється внаслідок реакції витискує воду з бюретки 1 у лійку 4. Після закінчення реакції (весь магній розчиниться, розчин стане прозорим) і пробірка вистигне до кімнатної температури, запишіть рівень води в бюретці (V_2). Різниця ($V_2 - V_1$) буде дорівнювати об'єму виділеного водню.

Експериментальні дані запишіть в лабораторний журнал.

1. Маса магнію, m , г.
2. Об'єм водню $V_{H_2} = V_2 - V_1$, мл.
3. Абсолютна температура T° , К.
4. Температура повітря в приміщенні, $t^\circ\text{C}$.
5. Атмосферний тиск P , мм рт. ст.

6. Тиск насиченої водяної пари P_{H_2O} за кімнатної температури визначте за таблицею пружності пари, мм рт. ст.

7. Парціальний тиск водню P_{H_2} обчисліть за формулою:

$$P_{H_2} = P - P_{H_2O}, \text{ мм рт. ст.}$$

Обчислення молярної маси еквівалента магнію

1. Приведіть вимірний в досліді об'єм водню до нормальних умов, виходячи з рівняння газового стану

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}; \frac{P_{H_2} V_{H_2}}{T} = \frac{P_0 V_0 (H_2)}{T_0}; V_0 (H_2) = \frac{P_{H_2} * V_{H_2} * T_0}{T * P_0}$$

$$\text{де } V_{H_2} = V_2 - V_1$$

2. Запишіть рівняння реакції взаємодії магнію з розведеною сульфатною кислотою. На основі закону еквівалентів обчисліть експериментальне значення молярної маси еквівалента магнію

$$\frac{m_{Mg}}{V_{O(H_2)}} = \frac{M_{E(Mg)}}{M_{E(H_2)}}; M_{E(Mg)} = \frac{m * 11200}{V_{O(H_2)}}$$

3. Порівняйте молярну масу еквівалента металу, знайдену в досліді, з її теоретичним значенням. Обчисліть помилку досліді за формулою:

$$n\% = \pm \frac{M_{E_{\text{теор}}} - M_{E_{\text{експер}}}}{M_{E_{\text{теор}}}}$$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ХІМІЧНА КІНЕТИКА. ХІМІЧНА РІВНОВАГА

Дослід 1. Залежність швидкості хімічної реакції від концентрації

Залежність швидкості хімічної реакції від концентрації розглянемо на прикладі реакції взаємодії натрій тіосульфату з сульфатною кислотою



Сірка, що виділяється внаслідок реакції, зумовлює на початку досліду опалесценцію, а далі спостерігається помутніння розчину. За проміжком часу від початку реакції (момент зливання розчинів) до кінця реакції (помітне помутніння) можна зробити висновок про відносну швидкість реакції.

Увага! Для кожної з речовин призначений свій циліндр: для натрій тіосульфату – циліндр з написом $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, для сульфатної кислоти – з написом H_2SO_4 . Під час роботи циліндри не плутати!

Візьміть 3 пробірки, пронумеруйте їх. У першу налейте 2 мл розчину натрій тіосульфату і 4 мл дистильованої води; в другу – 4 мл розчину натрій тіосульфату і 2 мл води; в третю – 6 мл розчину натрій тіосульфату. В три інші пробірки налейте по 3 мл І н. розчину сульфатної кислоти. Злийте по черзі попарно приготовлені розчини. Секундомір включайте в момент зливання розчинів. За утворення муті в пробірці виключіть секундомір і запишіть час утворення муті. Відносну швидкість реакції обчисліть як величину, обернену до часу,

витраченого на утворення муті в розчині. Результати запишіть у таблицю 1.

Таблиця 1

Залежність швидкості реакції від концентрації реагуючих речовин

№ пробірки	Об'єм $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, мл	Сумарний об'єм, мл	Відносна концентрація $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Відносна швидкість реакції $1/t$, сек
1				
2				
3				

За отриманими даними побудуйте графік залежності швидкості реакції ($1/t$) від концентрації натрій тіосульфату. Зробіть висновок щодо залежності швидкості хімічної реакції від концентрації реагуючої речовини.

Дослід 2. Залежність швидкості реакції від температури

В одну пробірку налейте 3 мл розчину натрій тіосульфату, в другу - 3 мл розчину сульфатної кислоти. Обидві пробірки помістіть в стакан з водою і витримайте їх у воді 5-7 хвилин, щоб пробірки прийняли температуру води. Злийте вміст пробірок (пробірку з тіосульфатом з стакана не виймати). Зазначте час з моменту зливання розчинів до утворення муті. Проведіть ще 2 аналогічних досліди при температурах на 10 і 20 градусів вище, ніж у першому досліді. Результати дослідів занесіть в таблицю 2.

Таблиця 2

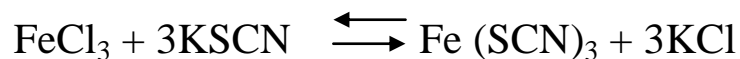
Залежність швидкості реакції від температури

№ дослі ду	Об'єм розчину, мл		Температура, °С	Час утворен ня муті , сек	Відносна швидкість реакції, (1/t), сек ⁻¹
	Na ₂ S ₂ O ₃	H ₂ SO ₄			
1					
2					
3					
4					

За отриманими даними побудуйте графік залежності відносної швидкості реакції від температури та зробіть висновок про вплив температури на швидкість хімічної реакції.

Дослід 3. Зміщення хімічної рівноваги

Зміщення хімічної рівноваги розглянемо на прикладі реакції взаємодії ферум хлориду (III) з калій роданідом.



Сполука Fe (SCN)₃ забарвлена в інтенсивно-червоний колір, FeCl₃ - жовтого кольору, а KSCN і KCl - безбарвні, тому змінення концентрації будь-якої речовини приведе до зміни забарвлення розчину. Це дозволяє спостерігати, в якому напрямку зміщується рівновага при змінненні концентрації реагуючих речовин або продуктів реакції.

В невеликий стакан налейте 30 мл дистильованої води і додайте 1-2 краплі насичених розчинів ферум (III) хлориду і калій роданіду. Добутий розчин розлийте в 4 пробірки. Першу пробірку залиште для порівняння. В другу пробірку додайте 2-3 краплі концентрованого розчину ферум (III) хлориду, в третю - 2-3 краплі розчину калій роданіду, в четверту - трохи кристалічного калій хлориду. Вміст пробірок перемішайте і порівняйте їх забарвлення з забарвленням контрольного розчину у першій пробірці. Що спостерігається? Результати досліду запишіть в таблицю 3.

Зробіть висновок щодо зміщення рівноваги хімічної реакції залежно від концентрації початкових речовин і продуктів реакції.

Напишіть математичний вираз для константи рівноваги реакції, що вивчається.

Таблиця 3

Зміщення хімічної рівноваги в залежності від концентрації
добавленого реактиву

Номер пробірки	Добавлений реактив	Зміна інтенсивності забарвлення (посилення, послаблення)	Напрямок зміщення рівноваги (вліво, вправо)
1	FeCl_3		
2	KSCN		
3	KCl		

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

СТЕХІОМЕТРИЧНІ ЗАКОНИ ХІМІЇ

Контрольні питання і задачі для перевірки знань

1. Які основні положення атомно-молекулярного вчення? Що означають поняття: елемент, атом, молекула, формульна одиниця, речовина?
2. Сформулюйте закон Авогадро та його наслідки. Що показує число Авогадро?
3. Напишіть рівняння Менделєєва - Клапейрона. Який фізичний зміст одиниці вимірювання універсальної газової сталої?
4. Що називається відносною густиною газу? Яка залежність між молекулярною масою газу та його густиною щодо водню, повітря?
5. За $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ та тиску $104,99\text{ кПа}$ маса 624 см^3 газу становила $1,56\text{ г}$. Обчисліть молекулярну масу газу.
6. Знайти молекулярну масу речовини, якщо маса 380 см^3 її за 97°C та тиску $98,66\text{ кПа}$ становила $1,9\text{ г}$.
7. Маса $0,001\text{ м}^3$ газу за нормальних умов дорівнює $0,0021\text{ кг}$. Обчислити мольну масу газу і його густину за повітрям.
8. Маса $0,005\text{ м}^3$ газу ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $101,33\text{ кПа}$) дорівнює $1,25\text{ г}$. Обчислити: а) мольну масу газу; б) масу однієї молекули газу.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Визначення кристалізаційної води в мідному купоросі

Фарфоровий тигель зважте на технохімічних терезах. Потім у тигель насніть $1-1,5\text{ г}$ розтертого в фарфоровій ступи порошку

мідного купоросу, зважте і нагрійте до повного зневоднення солі. Коли сіль стане білою, тигель охолодіть в ексікаторі і зважте. Нагрівання й охолодження повторіть доти, доки не буде досягнуто сталої маси. При перегріванні білий порошок купрум (II) сульфату стає сіруватим, тому що збезводнена сіль розкладається на CuO і CO_2 .

Дані досліду можна записати за такою формою: маса (в грамах) тигля m_1 , маса тигля з сіллю m_2 , маса тигля з сіллю після першого нагрівання m_4 , маса тигля з сіллю, доведеного до m_1 і маса втраченої води $m_6 = m_2 - m_5 -$ сталої маси m_5 , маса солі до нагрівання $m_3 = m_2$.

На основі цих даних обраховують: а) відсотковий вміст безводного купрум (II) сульфату і води; б) кількість молів води, що припадає на один моль безводної солі; в) складають хімічну формулу кристалогідрату мідного купоросу. Кількість молів води n , що припадають на одну молекулу безводної солі кристалогідрату, обчислюють за даними досліду або за визначеним процентним складом солі.

Трохи добутого безводного купрум (II) сульфату відсипають в суху пробірку і, тримаючи дно пробірки на долоні руки, додають до солі кілька крапель води. Роблять відповідні висновки про гідратацію і тепловий ефект.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

БУДОВА АТОМА

Контрольні питання і задачі для перевірки знань

1. У чому полягає суть періодичного закону Д.І. Менделєєва?

2. Які квантові числа визначають стан електрона в атомі?

Охарактеризуйте кожне з чотирьох квантових чисел.

3. Що таке енергія йонізації та енергія спорідненості до електрона? Які властивості атома вони характеризують?

4. Ізотопи.

5. Правила заповнення електронами атомних орбіталей: принцип Паулі, принцип найменшої енергії, правило Гунда.

6. Визначити до якої родини належить елемент, якщо його електронна формула закінчується так $3p^63d^54s^2$. Пояснити які властивості він має: металеві чи неметалеві.

7. Записати електронні формули атомів Si та Y.

8. Ядро атома елемента має 16 протонів і 16 нейтронів. Визначити: а) кількість електронів в атомі, б) порядковий номер елемента, в) атомну масу елемента. Записати електронну формулу атома і назвати елемент.

9. За електронною конфігурацією зовнішнього енергетичного рівня (валентними електронами) назвіть елемент і охарактеризувати

його хімічні властивості. Наведіть приклади практичного використання даного елемента $3s^2 3p^1$

10. Охарактеризувати властивості елемента **Br** та його сполук за планом: 1) електронна формула; 2) період; 3) група; 4) підгрупа; 5) родина; 6) метал чи неметал; 7) вищий ступінь окиснення; 8) формула вищого оксиду та його кислотно-основні властивості; 9) формула відповідної кислоти чи гідроксиду.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Зміна металічних властивостей атомів елементів

Взаємодія металів з нітратною кислотою. У три пробірки (на 1/3 об'єму) налейте розчин нітратної кислоти. У першу пробірку занурте шматочок цинку, у другу - свинцю, а у третю - міді. Другу і третю пробірки підігрійте. Що сталося з металами, чи змінився колір розчину? Які ще спостерігаються ознаки хімічної реакції? Складіть рівняння хімічних реакцій.

Дослід 2. Зміна неметалічних властивостей атомів елементів

У дві пробірки налейте окремо по 1 мл розчину калій йодиду і калій броміду. У першу додайте 1 мл бромної води, а у другу пробірку з розчином калій броміду – 1 мл хлорної води. Чи спостерігається зміна забарвлення розчинів? У висновку запишіть відповідні рівняння реакції. На прикладі елементів VII А групи зробіть висновок про зміну неметалічних властивостей в групах зверху-вниз.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК

Контрольні питання для перевірки знань:

1. Що таке хімічний зв'язок, яка природа утворення хімічного зв'язку?
2. Який хімічний зв'язок називається ковалентним?
3. Що таке йонний зв'язок, які його властивості?
4. Що таке водневий зв'язок і які його різновиди?
5. Що таке металевий зв'язок і де він реалізується?
6. Визначити міру полярності хімічного зв'язку в молекулах, використовуючи таблицю відносних електронегативностей PH_3 , GeH_4 , P_2O_5 ;
7. Вкажіть тип хімічного зв'язку в сполуках GaCl_3 , CO_2 , F_2 , BeI_2 , SiO_2 , NO .

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Вплив природи хімічного зв'язку на здатність солей до гідролізу

У окремі пробірки внести по 2 краплі розчинів ферум (II) сульфату і ферум (III) хлориду. За допомогою універсального індикатору визначити рН цих розчинів. За значеннями рН зробити висновок, яка сіль більше піддається гідролізу, враховуючи, що для солей, які гідролізується за катіоном, чим менше значення рН

розчину тим сильніше гідролізується сіль, що пов'язане зі збільшенням ковалентності зв'язку між катіоном та аніоном. Ковалентність зв'язку між Fe^{+3} і Cl^- йоном в молекулі FeCl_3 , є більшою в порівнянні з такою в молекулі FeSO_4 .

Дослід 2. Вплив характеру хімічного зв'язку на розчинність солей Аргентуму

У чотири пробірки налити по 1 мл розчину аргентум (I) нітрату, потім послідовно у кожну додати по 0,5 мл розчинів з $C_m = 2,0 \text{ M}$: калій йодиду, калій броміду, калій хлориду та калій флуориду. Зазначити, у яких пробірках утворилися осадки та якого вони кольору. Найменш розчинним із утворених осадків є аргентум (I) йодид внаслідок більшої ковалентності хімічного зв'язку між атомами аргентуму і йоду, що пояснюється збільшенням радіусу атомів від Флуору до Йоду, а разом з цим і зростанням здатності до поляризації Йоду.

Йонний зв'язок між атомами Аргентуму і Флуору у молекулі AgF пояснює причину помітної розчинності цієї сполуки у воді. У звіті написати рівняння відповідних реакцій.

МОДУЛЬ 2 “РОЗЧИНИ. РЕАКЦІЇ ОКИСНЕННЯ- ВІДНОВЛЕННЯ”

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ВСТАНОВЛЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ КИСЛОТ І ЛУГІВ ТИТРУВАННЯМ

В основі кислотно – основного титрування лежить з'єднання протонів H^+ і гідроксид – іонів з утворенням малодисоційованих молекул води. Користуючись титрованими розчинами лугів, визначають кількість або концентрацію кислот (алкаліметрія), за допомогою розчинів кислот знаходять концентрацію лугів (ацидиметрія). Метод кислотно – основного титрування застосовують і для визначення гідролітично кислих і лужних солей, наприклад, Na_2CO_3 , NH_4Cl .

Реакція нейтралізації не супроводжується зовнішнім ефектом, наприклад, зміна забарвлення розчину, тому точку еквівалентності визначають за допомогою індикаторів. У даній роботі маса луку (концентрація) визначається за титрування його стандартизованим розчином хлоридної кислоти. Перед виконанням роботи ознайомтеся з вимірювальним посудом: бюреткою, колбою для титрування, мірною колбою, піпеткою.

Отримайте у викладача певну кількість луку. Перелийте його у мірну колбу, доведіть розчин до позначки дистильованою водою і ретельно перемішайте. Підготуйте бюретку для роботи, для цього сполосніть бюретку робочим розчином кислоти. За допомогою лійки налейте в бюретку кислоти вище нульової позначки. Заповніть

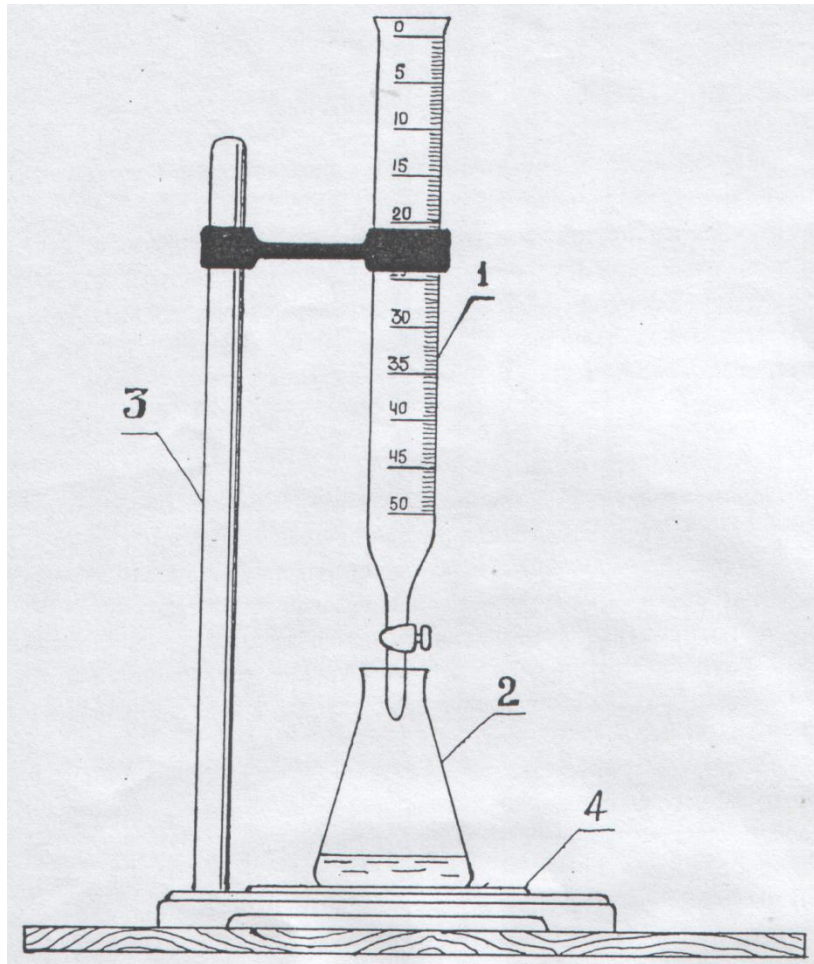


Рис.2. Прилад для титрування

1. Бюретка
2. Конічна колба з аналізованим розчином
3. Штатив
4. Аркуш білого паперу

відтягнуту частину бюретки розчином так, щоб у ній не залишилося повітря. Визначте ціну поділки на бюретці.

За допомогою піпетки перенесіть 10 мл розчину лугу в колбу для титрування. Нема потреби видувати останні краплі рідини з піпетки. При калібруванні піпетки позначку наносять з урахуванням того, що при вільному витіканні рідини трохи її залишається на стінках піпетки. В колбу для титрування додайте 1-2 краплі метилоранжу. Іноді намагаються долити більше індикатора, вважаючи, що більша

інтенсивність забарвлення розчину полегшить визначення кінцевої точки титрування. Але чим більше додається індикатора, тим важче помітити зміну забарвлення, тому що воно відбувається повільніше. Для встановлення моменту еквівалентності має значення не стільки забарвлення розчину, скільки чіткість його зміни.

Експериментально встановлено, що на 10 – 15 мл аналізованого розчину необхідно брати 1 краплю індикатора, а на 25 мл – не більше 2 крапель.

Для зручності титрування використовують «свідок». Для цього в склянку або вільну колбу наливають дистильованої води в кількості, приблизно рівній об'єму рідини для титрування. Додають до води стільки ж крапель індикатора (в даному разі метилоранжу), скільки їх буде взято для титрування і доливають 1 – 2 краплі кислоти, що зумовлює слабкий рожевий колір розчину. Приготовлений таким чином «свідок» використовують як зразок при титруванні. Забарвлення аналізованого розчину і «свідка» повинні бути однакові.

На основу штатива покладіть білий аркуш, підставте колбу з розчином лугу і починайте титрувати. Відтягуючи скляну кульку в гумовій трубці однією рукою, а другою весь час перемішуючи розчин, додавайте кислоти до змінення забарвлення індикатора в колбі. Перше титрування вважайте орієнтовним. Визначаючи об'єм кислоти, витрачений на титрування за бюреткою, тримайте рівень ока на нижньому меніску кислоти в бюретці. Титрування повторюйте до отримання відтворюваних результатів, тобто поки підрахунки будуть відрізнятися не більше ніж на 0,2 мл. Результати титрування,

об'єм піпетки і молярну концентрацію еквівалента використаної кислоти запишіть у таблицю 4.

Таблиця 4

Результати титриметричного аналізу

№№ дослідів	N_{HCl}	V_{NaOH}	V_{HCl} (показання бюретки)	$V_{\text{сер.}} = (V_1 + V_2 + V_3) / 3$
1				
2				
3				

Обчисліть молярну концентрацію еквівалента лугу, титр та його масу в 100 мл розчину.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

РЕАКЦІЇ ІОННОГО ОБМІНУ

Дослід 1. Зміна забарвлення індикаторів залежно від середовища розчину

Візьміть 3 пробірки, налейте в кожну з них по 2 мл дистильованої води. Додайте в кожну пробірку відповідно фенолфталеїн, метилоранж і універсальний індикаторний папірець. Спостерігайте забарвлення індикаторів в дистильованій воді, запишіть колір розчину в таблицю.

Таблиця 5

Зміна забарвлення індикаторів залежно від середовища

Розчин	Забарвлення індикатору			Середовище	рН
	Фенолфталеїн	Метилоранж	Універсальний індикаторний папірець		
H ₂ O					
NaOH					
HCl					

Візьміть 3 інші пробірки і налейте в кожну з них по 2 мл натрій гідроксиду. Додайте в кожну пробірку фенолфталеїн, метилоранж і

індикаторний папірець. Чому змінилось забарвлення фенолфталеїну та індикаторного папірця?

Проведіть аналогічний дослід з розчином соляної кислоти. Результати занесіть в таблицю 5.

Зробіть висновок про вплив середовища на забарвлення індикаторів.

Дослід 2. Іонні реакції з утворенням осаду

В пробірки з розчинами натрій сульфату, цинк сульфату, розведеної сульфатної кислоти додайте по 1 мл розчину барій хлориду. Що спостерігаєте? Складіть молекулярні, іонні та скорочені іонні рівняння реакції проведених дослідів.

Дослід 3. Іонні реакції з утворенням слабого електроліту

а) До 1 мл розчину натрій карбонату обережно додайте 1 мл соляної кислоти. Спостерігайте виділення газу.

б) В пробірку налийте 1-2 мл натрій ацетату, додайте 1 мл сульфатної кислоти. Визначте за запахом речовину, що утворилась внаслідок реакції.

До всіх випадків досліду 3 напишіть відповідні реакції у молекулярній, повній іонній, скороченій іонній формах.

Дослід 4. Вплив однойменного іону на ступінь дисоціації слабких електролітів

а) До 1-2 мл розчину ацетатної кислоти додайте 1-2 краплі метилоранжу. Розчин розділіть на 2 частини. В одну пробірку додайте

декілька кристаликів натрій ацетату, іншу пробірку залиште без змін. Поясніть, чому змінилось забарвлення розчину в першій пробірці.

б) До 1-2 мл розведеного розчину амоній гідроксиду додайте 1-2 краплі фенолфталеїну. Розчин розділіть на 2 частини. Одну пробірку залиште для порівняння, а в іншу додайте декілька кристаликів амоній хлориду. Поясніть змінення забарвлення розчину у другій пробірці.

Зробіть висновок про вплив однойменного іону на ступінь дисоціації слабких електролітів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

ГІДРОЛІЗ СОЛЕЙ

Дослід 1. Дослідження реакції середовища в розчинах солей

Приготуйте 6 пробірок. Налийте в кожен окремо по 2 мл розчинів амоній хлориду, натрій ацетату, алюміній сульфату, натрій карбонату, калій хлориду, натрій сульфату. В кожен пробірку додайте по 2-3 краплі фенолфталеїну. Чим пояснити виникнення малинового кольору в деяких пробірках?

В пробірки з розчинами, які не змінили свого забарвлення, додайте 2-3 краплі метилоранжу. Чому колір став рожевим? Поясніть відсутність зміни забарвлення метилоранжу в інших пробірках. Результати дослідів занесіть в таблицю 5. Напишіть молекулярні, іонні та скорочені іонні рівняння реакцій гідролізу тих солей, які піддалися гідролізу. Для солі натрій карбонату визначте ступінь гідролізу, константу гідролізу, концентрацію іонів Гідрогену та гідроксид-іонів при загальній концентрації солі 0,1 моль/л.

Таблиця 5 Зміна середовища розчину залежно від гідролізу солей

№ п/п	Формула солі	Середовище розчинів			Яким лугом і кислотою (сильною чи слабкою утворена сіль)	Висновок
		Лужне	Кисле	Нейтральне		
1						
2						

3						
4						
5						
6						

Дослід 2. Вплив температури на гідроліз солей

Налийте в пробірку 5-6 мл розчину натрій ацетату, додайте декілька крапель фенолфталеїну. Вміст пробірки розділіть на 2 частини, одну з пробірок нагрійте. Порівняйте колір розчинів в 2 пробірках та зробіть висновок про вплив температури на гідроліз солей. Визначте константу гідролізу, ступінь гідролізу, а також рН сантимольярного розчину солі амоній хлориду.

Дослід 3. Вплив розбавлення розчину на гідроліз солей

Налийте в пробірку 1 мл концентрованого розчину бісмут (III) нітрату і розбавте його в 4-6 раз водою. Спостерігається утворення білого осаду основної солі бісмуту $\text{Bi}(\text{OH})_2\text{NO}_3$. Розчиніть осад, діючи на нього краплями нітратною кислотою. Уникайте надлишку кислоти. Додайте до добутого розчину невеликими порціями воду до утворення осаду. Складіть рівняння реакцій в молекулярному, повному та скороченому іонному вигляді.

Дослід 4. Взаємодія металів з продуктами гідролізу солей

В одну пробірку налейте 2 мл розчину алюміній хлориду, в другу - розчин натрій карбонату, в третю - розчин натрій хлориду. В кожну пробірку додайте зачищений алюміній і вміст пробірок нагрійте. Де спостерігається взаємодія алюмінію з розчином солі і чим це можна пояснити? Складіть рівняння реакцій в молекулярній, іонній та скороченій іонній формі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

ОКИСНО - ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

Дослід 1. Окиснення йодид-іонів іонами феруму (III)

В пробірку налейте 1-2 мл розчину солі феруму (III) і 1 мл калій йодиду. Вміст пробірки розбавте водою до блідо-жовтого кольору і додайте краплю крохмалю. Поясніть змінення забарвлення розчину. Напишіть рівняння окисно-відновної реакції, вкажіть окисник та відновник.

Дослід 2. Окисно-відновна двоїстість гідроген пероксиду

а) Відновні властивості H_2O_2

До 2 мл розчину гідроген пероксиду додайте 1-2 мл розчину сульфатної кислоти і стільки ж розчину калій перманганату. Чому виділяється газ у розчині?

б) Окисні властивості H_2O_2

Налейте в пробірку 1-2 мл гідроген пероксиду, стільки ж розчину сульфатної кислоти і додайте 1-2 краплі калій йодиду. Чому змінилось забарвлення розчину? Напишіть рівняння реакцій, відповідні дослідом 2а і 2б, вкажіть роль гідроген пероксиду у кожному випадку.

Дослід 3. Окисні властивості калій перманганату в різних середовищах

У три пробірки налейте 1-2 мл калій перманганату. В першу пробірку додайте 4-5 крапель 2н. розчину сульфатної кислоти і

краплями приливайте розчин натрій тіосульфату до знебарвлення. В іншу пробірку додайте 4-5 крапель дистильованої води і краплями приливайте розчин натрій тіосульфату до утворення темно-коричневого осаду. В третю пробірку додайте 4-5 крапель концентрованого розчину лугу і приливайте розчин натрій тіосульфату до переходу малинового забарвлення в зелене. До яких продуктів відновлюється калій перманганат у кислому, нейтральному і сильнолужному середовищі? Запишіть рівняння окисно-відновної реакції для кожного випадку.

Дослід 4. Окисні властивості калій біхромату

До 2 мл розчину калій біхромату прилийте 1 мл 2н. розчину сульфатної кислоти і 2-3 краплі натрій нітриту. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння окисно-відновної реакції.

Дослід 5. Внутрішньомолекулярні окисно-відновні реакції

До 1 мл розчину натрій тіосульфату прилийте такий же об'єм сульфатної кислоти. Чому виникло помутніння? Запишіть рівняння реакції, вкажіть окисник і відновник, процеси окиснення та відновлення.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №11

ОСНОВИ ЕЛЕКТРОХІМІЇ

Контрольні питання і задачі для перевірки знань:

1. У чому полягає принцип роботи гальванічного елемента? Як визначити ЕРС гальванічного елемента?

2. Визначити величину електродного потенціалу металу Ni в розчині його солі з концентрацією $C_M = 0,05$ моль/дм³?

3. Наведіть формулу Нернста й покажіть, як визначається потенціал електрода, зануреного у розчин із певною концентрацією катіона металу в ньому?

4. Що таке паливні елементи?

5. Що називають електролізом? Чи відрізняються продукти за проведення електролізу розплаву і водного розчину?

6. Визначити анод та катод в наведеній схемі гальванічного елемента. Записати процеси на електродах та визначити електрорушійну силу елемента при стандартних умовах $Zn|ZnCl_2||CoCl_2|Co$.

7. Розрахувати електродний потенціал заліза в розчині його солі при концентрації $C_{Fe^{2+}} = 0,03$ моль/л.

8. Скласти рівняння процесів, що відбуваються при роботі Cd-Ni гальванічного елемента та визначити його напругу: $Cd|CdSO_4||NiSO_4/Ni$.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Відношення металів до кислот.

У чотири пробірки налейте по 1 мл розведеної соляної кислоти. В кожну пробірку додайте алюміній, цинк, залізо і мідь. Чи всі метали взаємодіють з кислотою? Який газ виділяється внаслідок реакції? Напишіть рівняння реакцій, назвіть окисник і відновник.

Дослід 2. Відношення металів до лугів.

У пробірку з алюмінієм (цинком) додайте концентрований розчин лугу. За необхідності нагрійте пробірку. Поясніть, чому виділення газу (якого?) спостерігається тільки через деякий час. Напишіть рівняння реакції.

Дослід 3. Взаємодія металів з розчинами солей.

а) У дві пробірки налейте розчин купрум (II) сульфату. В одну з них опустіть цинк, а в іншу - залізо. Поясніть спостереження.

б) У дві пробірки налейте розчин солі свинцю. В одну опустіть цинк, а в іншу - мідь: Чому свинець виділяється тільки на одному з металів? Якому?

Складіть рівняння реакцій, якщо вони відбуваються. За результатами дослідів розташуйте мідь, цинк, свинець, залізо у напрямку послаблення їх активності. Порівняйте експериментальні дані з рядом активності металів.

Дослід 4. Контактна корозія.

У дві пробірки налийте по 1 мл розчину сульфатної кислоти і додайте по 2-3 краплі червоної кров'яної солі. Опустіть у пробірки метали: в першу - залізо, з'єднане з цинком, а в другу - залізо, з'єднане з оловом. Спостерігайте за зміненням забарвлення розчину. Поясніть появу синього кольору. Складіть схеми утворених гальванічних елементів і рівняння відповідних реакцій. Зробіть висновок, де відбувається корозія заліза.

Дослід 5. Вилив на швидкість корозії контакту з менш активним металом.

У пробірку налийте 1 - 2 мл розведеної соляної кислоти і опустіть цинк. Торкніться цинку мідним дротом. Чому змінюється швидкість виділення водню при контакті цинку з міддю? Зверніть увагу на якому з металів виділяться водень. Зробіть висновок за результатами дослідів.

**МОДУЛЬ 3 “ХІМІЯ ЕЛЕМЕНТІВ.
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ЗНАЧЕННЯ ТА
ВИКОРИСТАННЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ”**

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

ВЛАСТИВОСТІ S-ЕЛЕМЕНТІВ

Дослід 1. Властивості сполук натрію

В дві пробірки налийте по 2 мл розчину натрій карбонату. До першої пробірки додайте 1-2 мл розчину кальцій хлориду, до другої – розчин барій хлориду. Випробуйте, чи розчиняються утворені осадки в розведених хлоридній та сульфатній кислотах.

Дослід 2. Якісна реакція на калій-катіони

До 1-2 мл калій хлориду додайте 2 мл розчину або сухого препарату натрій гексанітрокобальтату. Спостерігайте утворення жовтого осаду. Вміст пробірки розділіть на 4 частини: в 1 пробірку додайте 1 мл лугу, в 2 пробірку – розчин хлоридної кислоти, в 3 пробірку – розчин ацетатної кислоти. 4 пробірка залишається для порівняння. Зробіть висновок щодо умов відкриття калій-катіонів.

Дослід 3. Властивості магнію

Випробуйте відношення магнію до дії розведених хлоридної та нітратної кислот. Які гази виділяються при реакціях? Відповідь підтвердіть рівняннями реакцій.

Дослід 4. Властивості кальцій оксиду

До невеликої кількості кальцій оксиду додайте 5 мл води. Що спостерігається? Які властивості має продукт реакції та як це експериментально довести? Як в техніці називається реакція взаємодії кальцій оксиду з водою?.

Дослід 5. Одержання подвійної солі магній-амоній фосфату

До 2-3 мл розчину магній хлориду додайте рівний об'єм розчину амоній гідроксиду. Додайте таку кількість амоній хлориду, щоб початково утворений осад розчинився. До утвореного розчину прилийте 2-3 краплі розчину Na_2HPO_4 . Що спостерігаєте? Складіть рівняння реакцій в молекулярній, іонній та скороченій іонній формі. Зазначена реакція використовується для якісного відкриття іонів магнію.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

ВЛАСТИВОСТІ P-ЕЛЕМЕНТІВ

Дослід 1. Якісна реакція на сульфат-іони

У пробірки з розчинами натрій сульфату, цинк сульфату додайте по 1 мл розчину барій хлориду. Що спостерігається? Перевірте розчинність утворених осадів в кислотах та лугах. Запишіть рівняння реакцій.

Дослід 2. Властивості сульфатної кислоти

а) У три пробірки налейте розбавленої сульфатної кислоти, додайте метали цинк, залізо, мідь. Що відбувається в кожній з пробірок? Запишіть рівняння реакцій.

б) Отримайте нерозчинний гідроксид взаємодією солі купруму з лугом. До осаду купрум гідроксиду додайте розчин сульфатної кислоти. Що спостерігається? Запишіть рівняння реакції.

Дослід 3. Добування амоніаку

Приготуйте суміш рівних порцій кристалічного амоній хлориду та натронного вапна. Суміш помістіть у пробірку, закрийте її корком з газовідвідною трубкою. Пробірку закріпіть у штативі та обережно нагрівайте. Виділення амоніаку можна перевірити кількома способами: за запахом, за допомогою вологого лакмусового папірця.

Дослід 4. Властивості нітратної кислоти

а) В пробірку з 1 мл концентрованої нітратної кислоти опустіть мідний дріт (витяжна шафа!). Спостерігайте виділення бурого газу нітроген оксиду.

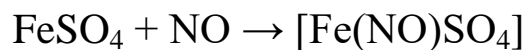
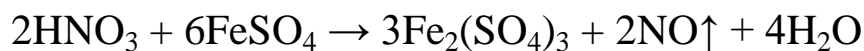
б) У пробірку з розчином лугу додайте 2-3 краплі фенолфталеїну. Потім додавайте краплями розчин нітратної кислоти до зникнення забарвлення індикатору. Зробіть висновки на основі спостережень, запишіть рівняння реакції.

в) У пробірку з крейдою долийте розчин нітратної кислоти. Що спостерігається? Запишіть рівняння реакції в молекулярному та іонному вигляді.

Дослід 5. Якісні реакції на нітрат-іони

а) У фарфоровий тигель або чашку внесіть 1-2 краплі розчину-дифеніламіну та 1-2 краплі розчину NaNO_3 . Утворене інтенсивне синє забарвлення є характерним для нітрат-іонів.

б) Ферум (II) сульфат з нітрат-аніоном у концентрованій сульфатній кислоті утворює координаційну сполуку бурого кольору $[\text{Fe}(\text{NO})\text{SO}_4]$. На краплинну пластинку помістіть краплю розчину NO_3^- аніона, внесіть невеликий кристалик солі FeSO_4 і додайте краплю концентрованої кислоти H_2SO_4 . Спостерігайте утворення бурого кільця навколо кристалика FeSO_4 .



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

ВЛАСТИВОСТІ D-ЕЛЕМЕНТІВ

Дослід 1. Відношення заліза до кислот

У три пробірки налийте по 2 мл розбавлених кислот – сульфатної, соляної та нітратної. В кожну пробірку опустіть по шматочку заліза. Що спостерігається? Складіть відповідні рівняння реакцій.

Дослід 2. Окисно-відновні властивості солей феруму

а) До 1-2 мл розчину ферум (III) хлориду додайте такий же об'єм калій йодиду. Поясніть зміну забарвлення.

б) Налийте в пробірку 1-2 мл калій перманганату, додайте невелику кількість сульфатної кислоти та 2-3 мл розчину свіжоприготовленої солі феруму (II). Запишіть спостереження та рівняння реакцій дослідів а і б.

Дослід 3. Відкриття катіонів Fe^{2+}

До 2 мл свіжоприготовленого розчину феруму (II) сульфату долийте 1 мл розчину червоної кров'яної солі $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Спостерігайте утворення осаду турнбульової сині. Складіть рівняння реакції в молекулярній та іонній формах.

Дослід 4. Відкриття катіонів Fe^{3+}

а) До 1 мл розчину феруму (III) хлориду долийте 1 мл розчину жовтої кров'яної солі $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Спостерігайте утворення осаду «берлінської лазурі». Складіть відповідне рівняння реакції.

б) До 2 мл розчину феруму (III) хлориду долейте 1 мл розчину калій або амоній роданіду ($KSCN$, NH_4SCN). Що спостерігається? Складіть рівняння реакції.

в) Перевірте, чи можна в розчині червоної кров'яної солі відкрити іони Fe^{3+} за допомогою калій (амоній) роданіду. Результати досліду поясніть.

Дослід 5. Хімічні властивості манган дигідроксиду

До розчину солі манган сульфату додайте трохи розчину їдкого натру. Якого кольору утворений осад? Чому він змінюється з часом? Добутий осад розділіть на 2 пробірки. В одну пробірку додайте розчин натрій гідроксиду, а в другу – розчин сульфатної кислоти. В якій пробірці осад розчиняється? Зробіть висновок про хімічний характер манган дигідроксиду і підтвердіть його рівнянням реакції.

Дослід 6. Добування кисню з калій перманганату

У суху пробірку помістіть декілька кристаликів калій перманганату. Вміст пробірки нагрійте до початку розкладання солі. Наявність кисню випробуйте внесенням у пробірку жевріючого променя (окрім кисню при реакції утворюється MnO_2 і K_2MnO_4). Методом електронного балансу підберіть коефіцієнти в рівнянні реакції розкладу калій перманганату.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ

Дослід 1. Добування комплексних солей

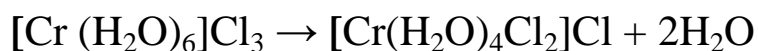
Налийте в пробірку 2 мл розчину мідного купоросу і додавайте краплями розчин амоніаку. Спочатку випаде осад основної солі, а при наступному додаванні амоніаку осад розчиняється і утворюється темно-синій розчин комплексної солі. Додайте до цієї солі розчин їдкого натру. Запишіть спостереження та відповідні рівняння реакцій.

Дослід 2. Порівняння характеру дисоціації подвійних і комплексних солей

Для визначення іонів феруму в солях $KFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ і $K_3[Fe(CN)_6]$ до розчину цих солей додайте кілька крапель реактиву амоній роданіду. За наявності Fe^{3+} розчин стане червоним. Складіть схеми дисоціації даних солей.

Дослід 3. Гідратна ізомерія хром (III) хлориду

Декілька кристаликів $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ розчиніть у воді за наявності розчину $SnCl_2$. Розчин нагрівайте 3-5 хвилин і спостерігайте зміну забарвлення, зумовлену перебудовою комплексу:



Дослід 4. Окиснення-відновлення комплексних сполук

Окиснення $Fe(II)$ в іоні $[Fe(CN)_6]^{4-}$ до $Fe(III)$ в аніоні $[Fe(CN)_6]^{3-}$. До 2-3 мл хлорної води долейте 2-3 краплі розчину калій гексаціаноферату (II) $K_4[Fe(CN)_6]$. Розчин прокип'ятіть для вилучення

хлору, що не вступив у реакцію. Після вилучення хлору відкрийте в розчині утворений іон $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ додаванням кристалів FeSO_4 . Складіть рівняння реакцій в молекулярній та іонній формах.

Дослід 5. Руйнування комплексних іонів

Приготуйте розчин аміаку міді, доливаючи надлишок NH_4OH до 1 мл CuSO_4 (до розчинення утвореного на початку осаду). Добутий розчин розділіть на дві частини: до першої додайте NH_4OH , до іншої - Na_2S . Що спостерігаєте? Поясніть результати дослідів, виходячи із значень добутку розчинності та константи нестійкості комплексного іона.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гирина Н. П., Туманова І. В. Неорганічна хімія : практикум. Київ : ВСВ “ Медицина”, 2013. 184 с.
2. Загальна хімія : навчальний посібник / В. І. Булавін та ін. ; за ред. В. І. Булавін. 2-ге вид., перероб. та доп. Харків : НТУ "ХПІ", 2019. 376 с. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstreams/d18f45a4-418a-4e6f-b61f-c2c0f04b609a/download>
3. Ковальчук І. С., Гончарук С. В., Гирина С. В. Неорганічна хімія : навчально-методичний посібник. Київ : ВСВ “ Медицина”, 2017. 80 с.
4. Михалічко Б. М. Курс загальної хімії. Київ : Знання, 2009. 548 с.
5. Олександр Бабич [лекції з різноманітних хімічних дисциплін]. URL: https://www.youtube.com/@chemist_from_mykolayiv/videos
6. Петрушина Г. О. Загальна та неорганічна хімія : курс лекцій. Дніпро : ВТК «Друкар», 2022. 260 с. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/7719/1/55.pdf>
7. Хацевич О. М. Біонеорганічна хімія : навчальний посібник. Івано-Франківськ : Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника, 2020. 121 с. URL: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/L-Bioorganics-20.pdf>
8. Цветкова Л. Б. Неорганічна та органічна хімія : навчальний посібник. Ч. II. 2-ге вид., випр. і допов. Львів : Новий Світ-2000, 2023. 358 с.

9. Цветкова Л. Б. Неорганічна хімія: теорія і задачі : навчальний посібник. 2-ге вид., перероб. і допов. Львів : Новий Світ-2000, 2023. 352 с.
10. Ямборак Р. С. Хімія : навчально-методичні посібник. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я. І, 2014. 524 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Формули деяких кислот, назви їх аніонів

Формула кислоти	Назва кислоти	Аніон	Назва аніону
Безоксигенні			
HF	Фторидна(плавикова)	F ⁻	Фторид
HCl	Хлоридна(соляна)	Cl ⁻	Хлорид
HBr	Бромідна	Br ⁻	Бромід
HI	Йодидна	I ⁻	Йодид
HCN	Ціанідна(синильна)	CN ⁻	Ціанід
HCNS	Тіоціанідна(роданиста)	SCN ⁻	Роданід(тіоціанат)
H ₂ S	Сірководнева	S ²⁻	Сульфід
		HS ⁻	Гідрогенсульфід
Оксигенвмісні			
CH ₃ COOH	Ацетатна	CH ₃ COO ⁻	Ацетат
HBO ₂	Метаборна	BO ₂ ⁻	Метаборат
H ₃ BO ₃	Ортоборна	[B(OH) ₄] ⁻	Борат
H ₂ CO ₃	Карбонатна(Вугільна)	CO ₃ ²⁻ HCO ₃ ⁻	Карбонат Гідрогенкарбонат
H ₂ SiO ₃	Силікатна	SiO ₃ ²⁻ HSiO ₃ ⁻	Силікат Гідрогенсилікат
H ₂ SO ₃	Сульфітна(Сірчиста)	SO ₃ ²⁻ HSO ₃ ⁻	Сульфіт Гідрогенсульфіт
H ₂ SO ₄	Сульфатна(Сірчана)	SO ₄ ²⁻ HSO ₄ ⁻	Сульфат Гідрогенсульфат
HNO ₂	Нітритна(Азотиста)	NO ₂ ⁻	Нітрит
HNO ₃	Нітратна(Азотна)	NO ₃ ⁻	Нітрат
HPO ₃	Метафосфатна (метафосфорна)	PO ₃ ⁻	Метафосфат
H ₃ PO ₄	Ортофосфатна (ортофосфорна)	PO ₄ ³⁻ HPO ₄ ²⁻ H ₂ PO ₄ ⁻	Ортофосфат Гідрогенортофосфат Дигідрогенортофосфат
H ₄ P ₂ O ₇	Дифосфатна (пірофосфатна)	P ₂ O ₇ ⁴⁻	Дифосфат (пірофосфат)

		$\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$	Гідрогендифосфат
HClO	Хлорнуватиста	ClO^-	Гіпохлорит
HClO_2	Хлориста	ClO_2^-	Хлорит
HClO_3	Хлорнувата	ClO_3^-	Хлорат
HClO_4	Хлорна	ClO_4^-	Перхлорат
HMnO_4	Марганцева	MnO_4^{2-}	Перманганат
H_2MnO_4	Марганцевиста	MnO_4^{2-} HMnO_4^-	Манганат Гідрогенманганат
H_2CrO_4	Хроматна	CrO_4^{2-} HCrO_4^-	Хромат Гідрогенхромат
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Дихроматна	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ HCr_2O_7^-	Дихромат Гідрогендихромат

ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ Д.І. МЕНДЕЛЄЄВА

Made by schoolscribme.at.ua

Період	Ряд	Група																VIII			
		A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A	B											
1	1	H Гідроген $\chi = 2,20$ Ar = 1,0079															(H)	He Гелій $\chi = 4,5$ Ar = 4,0026	2	<div style="text-align: right; font-size: small;"> Символ елемента Порядковий номер Назва елемента Електроотрицательность элемент за Полюсом атомна маса елемента </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>	
2	2	Li Літій $\chi = 0,98$ Ar = 6,941	Be Берилій $\chi = 1,57$ Ar = 9,012	B Бор $\chi = 2,04$ Ar = 10,811	C Карбон $\chi = 2,55$ Ar = 12,011	N Нітроген $\chi = 3,04$ Ar = 14,007	O Оксиген $\chi = 3,44$ Ar = 15,999	F Флуор $\chi = 3,98$ Ar = 18,998	Ne Неон $\chi = 4,4$ Ar = 20,18	10								Ca Кальцій $\chi = 1,00$ Ar = 40,078	20		
3	3	Na Натрій $\chi = 0,93$ Ar = 22,99	Mg Магній $\chi = 1,31$ Ar = 24,305	Al Алюміній $\chi = 1,61$ Ar = 26,982	Si Силіцій $\chi = 1,90$ Ar = 28,086	P Фосфор $\chi = 2,19$ Ar = 30,974	S Сульфур $\chi = 2,58$ Ar = 32,065	Cl Хлор $\chi = 3,16$ Ar = 35,453	Ar Аргон $\chi = 4,3$ Ar = 39,948	18											
4	4	K Калій $\chi = 0,82$ Ar = 39,098	Ca Кальцій $\chi = 1,00$ Ar = 40,078	Sc Скандій $\chi = 1,36$ Ar = 44,956	Ti Титан $\chi = 1,54$ Ar = 47,867	V Ванадій $\chi = 1,63$ Ar = 50,942	Cr Хром $\chi = 1,66$ Ar = 51,996	Mn Манган $\chi = 1,55$ Ar = 54,938	Fe Ферум $\chi = 1,83$ Ar = 55,845	26	Co Кобальт $\chi = 1,88$ Ar = 58,933	Ni Нікель $\chi = 1,91$ Ar = 58,693	27	28							
	5	Cu Купрум $\chi = 1,90$ Ar = 63,546	Zn Цинк $\chi = 1,65$ Ar = 65,409	Ga Галій $\chi = 1,81$ Ar = 69,723	Ge Германій $\chi = 2,01$ Ar = 72,64	As Арсен $\chi = 2,18$ Ar = 74,922	Se Селен $\chi = 2,55$ Ar = 78,96	Br Бром $\chi = 2,96$ Ar = 79,904	Kr Криптон $\chi = 3,00$ Ar = 83,798	36											
5	6	Rb Рубідій $\chi = 0,82$ Ar = 85,468	Sr Стронцій $\chi = 0,95$ Ar = 87,62	Y Ітрій $\chi = 1,22$ Ar = 88,906	Zr Цирконій $\chi = 1,33$ Ar = 91,224	Nb Ніобій $\chi = 1,6$ Ar = 92,906	Mo Молибден $\chi = 2,16$ Ar = 95,94	Tc Технецій $\chi = 1,9$ Ar = [98,906]	Ru Рутеній $\chi = 2,2$ Ar = 101,07	44	Rh Родій $\chi = 2,28$ Ar = 102,906	Pd Паладій $\chi = 2,20$ Ar = 106,42	45	46							
	7	Ag Аргентум $\chi = 1,93$ Ar = 107,868	Cd Кадмій $\chi = 1,69$ Ar = 112,411	In Індій $\chi = 1,78$ Ar = 114,818	Sn Станум $\chi = 1,96$ Ar = 118,71	Sb Стибій $\chi = 2,05$ Ar = 121,76	Te Телур $\chi = 2,1$ Ar = 127,60	I Йод $\chi = 2,66$ Ar = 126,904	Xe Ксенон $\chi = 2,60$ Ar = 131,293	54											
6	8	Cs Цезій $\chi = 0,79$ Ar = 132,905	Ba Барій $\chi = 0,89$ Ar = 137,327	La⁺ Лантан $\chi = 1,1$ Ar = 138,905	Hf Гафній $\chi = 1,3$ Ar = 178,49	Ta Тантал $\chi = 1,5$ Ar = 180,948	W Вольфрам $\chi = 2,36$ Ar = 183,84	Re Реній $\chi = 1,9$ Ar = 186,207	Os Осмій $\chi = 2,2$ Ar = 190,23	76	Ir Ірідій $\chi = 2,20$ Ar = 192,217	Pt Платина $\chi = 2,28$ Ar = 195,084	77	78							
	9	Au Аурум $\chi = 2,54$ Ar = 196,967	Hg Меркурій $\chi = 2,00$ Ar = 200,59	Tl Талій $\chi = 1,62$ Ar = 204,383	Pb Плюмбум $\chi = 2,33$ Ar = 207,2	Bi Бісмут $\chi = 2,02$ Ar = 208,98	Po Полоній $\chi = 2,0$ Ar = [208,98]	At Астат $\chi = 2,2$ Ar = [209,98]	Rn Радон $\chi = 2,2$ Ar = [222,02]	86											
7	10	Fr Францій $\chi = 0,7$ Ar = [223,02]	Ra Радій $\chi = 0,9$ Ar = [226,03]	Ac^{**} Актиній $\chi = 1,1$ Ar = [227,03]	Rf Резерфордій $\chi = 1,3$ Ar = [261,1087]	Db Дубній $\chi = 1,6$ Ar = [262,1138]	Sg Сиборгій $\chi = 1,9$ Ar = [263,1182]	Bh Борій $\chi = 2,2$ Ar = [262,1229]	Hs Гасій $\chi = 2,2$ Ar = [265]	108	Mt Майтнерій $\chi = 2,2$ Ar = [266]	Ds Дармштадтій $\chi = 2,2$ Ar = [269]	109	110							
	11	Rg Рентгеній $\chi = 1,2$ Ar = [272]	Cn Коперницький $\chi = 1,3$ Ar = [285]	Uut Унунтрій $\chi = 1,3$ Ar = [284]	Uuq Унунквалій $\chi = 1,3$ Ar = [289]	Uup Унунпентій $\chi = 1,3$ Ar = [288]	Uuh Унунгексій $\chi = 1,3$ Ar = [292]	Uus Унунсептій $\chi = 1,3$ Ar = [295]	Uuo Унуноктій $\chi = 1,3$ Ar = [294]	118											
Винні оксиди		R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄					
Легкі сполуки з гідрогеном						RH ₄		RH ₃		H ₂ R		HR									

*Лантаноїди

58	Ce Церій $\chi = 1,12$ Ar = 140,12	59	Pr Празеодим $\chi = 1,1$ Ar = 140,91	60	Nd Неодим $\chi = 1,14$ Ar = 144,24	61	Pm Прометій $\chi = 1,13$ Ar = [146,9]	62	Sm Самарій $\chi = 1,17$ Ar = 150,36	63	Eu Європій $\chi = 1,2$ Ar = 151,96	64	Gd Гадоліній $\chi = 1,2$ Ar = 157,25	65	Tb Тербій $\chi = 1,3$ Ar = 158,93	66	Dy Диспрозій $\chi = 1,22$ Ar = 162,50	67	Ho Гольмій $\chi = 1,23$ Ar = 164,93	68	Er Ербій $\chi = 1,24$ Ar = 167,26	69	Tm Тулій $\chi = 1,25$ Ar = 168,93	70	Yb Ітербій $\chi = 1,1$ Ar = 173,04	71	Lu Лютецій $\chi = 1,27$ Ar = 174,97
----	-------------------------------------------------	----	----------------------------------------------------	----	--------------------------------------------------	----	-----------------------------------------------------	----	---------------------------------------------------	----	--------------------------------------------------	----	----------------------------------------------------	----	-------------------------------------------------	----	-----------------------------------------------------	----	---------------------------------------------------	----	-------------------------------------------------	----	-------------------------------------------------	----	--------------------------------------------------	----	---------------------------------------------------

**Актиноїди

90	Th Торій $\chi = 1,2$ Ar = 232,04	91	Pa Протактиній $\chi = 1,5$ Ar = 231,04	92	U Уран $\chi = 1,28$ Ar = 238,03	93	Np Нептуній $\chi = 1,36$ Ar = [237,05]	94	Pu Плутоній $\chi = 1,38$ Ar = [244,06]	95	Am Амерцій $\chi = 1,13$ Ar = [243,06]	96	Cm Кюрій $\chi = 1,28$ Ar = [247,07]	97	Bk Берклій $\chi = 1,3$ Ar = [247,07]	98	Cf Каліфорній $\chi = 1,3$ Ar = [251,08]	99	Es Ейнштейній $\chi = 1,3$ Ar = [252,08]	100	Fm Фермій $\chi = 1,3$ Ar = [257,1]	101	Md Менделєєвій $\chi = 1,3$ Ar = [258,1]	102	No Нобелій $\chi = 1,3$ Ar = [259,1]	103	Lr Лоуренцій $\chi = 1,3$ Ar = [260,11]
----	------------------------------------------------	----	------------------------------------------------------	----	-----------------------------------------------	----	------------------------------------------------------	----	------------------------------------------------------	----	-----------------------------------------------------	----	---------------------------------------------------	----	----------------------------------------------------	----	-------------------------------------------------------	----	-------------------------------------------------------	-----	--------------------------------------------------	-----	-------------------------------------------------------	-----	---------------------------------------------------	-----	------------------------------------------------------

Додаток 3. Розчинність кислот, солей і основ у воді

Катіони	Аніони												
	OH^-	F^-	Cl^-	Br^-	I^-	S^{2-}	SO_3^{2-}	SO_4^{2-}	NO_3^-	PO_4^{3-}	CO_3^{2-}	SiO_3^{2-}	CH_3COO^-
H^+	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	В	Р
NH_4^+	-	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р
Na^+	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
K^+	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Mg^{2+}	М	В	Р	Р	Р	Р	В	Р	Р	В	В	В	Р
Ca^{2+}	М	В	Р	Р	Р	М	В	М	Р	В	В	В	Р
Ba^{2+}	Р	М	Р	Р	Р	Р	В	В	Р	В	В	В	Р
Al^{3+}	В	М	Р	Р	Р	-	-	Р	Р	В	-	В	М
Cr^{3+}	В	В	Р	Р	Р	-	-	Р	Р	В	-	В	Р
Zn^{2+}	В	М	Р	Р	Р	В	В	Р	Р	В	В	В	Р
Mn^{2+}	В	М	Р	Р	Р	В	В	Р	Р	В	В	В	Р
Co^{2+}	В	Р	Р	Р	Р	В	В	Р	Р	В	В	В	Р
Ni^{2+}	В	Р	Р	Р	Р	В	В	Р	Р	В	В	В	Р
Fe^{2+}	В	В	Р	Р	Р	В	В	Р	Р	В	В	В	Р
Fe^{3+}	В	В	Р	Р	Р	-	-	Р	Р	В	В	В	Р
Cd^{2+}	В	Р	Р	Р	Р	В	В	Р	Р	В	В	В	Р
Hg^{2+}	-	-	Р	М	В	В	В	Р	Р	В	В	-	Р
Cu^{2+}	В	В	Р	Р	Р	В	В	Р	Р	В	В	В	Р
Ag^+	-	Р	В	В	В	В	В	М	Р	В	В	В	Р
Sn^{2+}	В	Р	Р	Р	Р	В	-	Р	-	В	-	-	Р
Pb^{2+}	В	В	М	М	В	В	В	В	Р	В	В	В	Р

Р – розчинна речовина (розчинність понад 1 г речовини у воді масою 100 г)

М – малорозчинна речовина (в 100 г води розчиняється від 0,1 г до 1 г)

В – важкорозчинна речовина (в 100 г води розчиняється менше 0,1 г речовини)

„ - “ – речовина не існує, або розкладається водою

Додаток 4

Стандартні електродні потенціали деяких окисно-відновних систем у водних розчинах при 25°C

Елемент	Електродний процес	Е°, В
Li	$\text{Li}^+ + \bar{e} = \text{Li}$	-3,04
Mg	$\text{Mg}^{+2} + 2\bar{e} = \text{Mg}$	-2,36
Mn	$\text{Mn}^{+2} + 2\bar{e} = \text{Mn}$	-1.17
	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,60
	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\bar{e} = \text{Mn}^{+2} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,51
Zn	$\text{Zn}^{+2} + 2\bar{e} = \text{Zn}$	-0,76
Cr	$\text{Cr}^{+3} + 3\bar{e} = \text{Cr}$	-0,74
	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\bar{e} = \text{Cr}^{+3} + \text{H}_2\text{O}$	+1.33
Fe	$\text{Fe}^{+2} + 2\bar{e} = \text{Fe}$	-0,44
	$\text{Fe}^{+3} + \bar{e} = \text{Fe}$	-0,04
	$\text{Fe}^{+3} + 3\bar{e} = \text{Fe}^{+2}$	+0,17
Cd	$\text{Cd}^{+2} + 2\bar{e} = \text{Cd}$	-0,40
Ni	$\text{Ni}^{+2} + 2\bar{e} = \text{Ni}$	-0,25
Sn	$\text{Sn}^{+2} + 2\bar{e} = \text{Sn}$	-0,14
	$\text{Sn}^{+4} + 2\bar{e} = \text{Sn}^{+2}$	+0,15

Pb	$\text{Pb}^{+2} + 2\bar{e} = \text{Pb}$	-0,13
	$\text{Pb}^{+4} + 2\bar{e} = \text{Pb}^{+2}$	+1.69
H	$2\text{H}^{+} + 2\bar{e} = \text{H}_2$	+0,00
Cu	$\text{Cu}^{+2} + 2\bar{e} = \text{Cu}$	+0,34
	$\text{Cu}^{+} + \bar{e} = \text{Cu}$	+0,52
Hg	$\text{Hg}^{+2} + 2\bar{e} = \text{Hg}$	+0,85
	$\text{Hg}_2^{+2} + 2\bar{e} = 2\text{Hg}$	+0.79
Ag	$\text{Ag}^{+} + \bar{e} = \text{Ag}$	+0,80
S	$\text{S}_2\text{O}_8^{-2} + 2\bar{e} = 2\text{SO}_4^{2-}$	+2.01
Cl	$\text{Cl}_2 + 2\bar{e} = 2\text{Cl}^{-}$	+1,36
Br ₂	$\text{Br}_2 + 2\bar{e} = 2\text{Br}$	+1,07
O ₂	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} = 4\text{OH}^{-}$	+0,40
	$\text{O}_2 + 4\text{H}^{+} + 4\bar{e} = 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23

Навчальне видання

БІОНЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Методичні рекомендації

Укладач:

Бабич Олександр Анатолійович

Формат 60 x 84 /16 . Ум. друк. арк. 3,0,

Тираж 10 прим. Зам. № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02. 2013р.