

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
Протокол від 21 жовтня 2025
р. № 6

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення лабораторних занять з навчальної дисципліни «Біогеохімія»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності: Н4 «Лісове господарство»
освітньо-професійна програма «Лісове господарство»
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
кафедра екології та природоохоронних технологій

Рекомендовано на засіданні
кафедри наук про Землю
25 серпня 2025 р., протокол
№ 8

Розробник: к.т.н., доцент кафедри наук про Землю СКИБА Галина

Житомир
2025

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 65 / 2</i>

Методичні рекомендації для проведення лабораторних занять з дисципліни з «Біогеохімія» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності Н4 «Лісове господарство» освітньо-професійна програма «Лісове господарство». Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2025. 65 с.

Наведено теоретичні основи та експериментальні частини лабораторних робіт, що відповідають освітнім програмам підготовки фахівців лісового господарства, загальні вказівки до виконання та оформлення лабораторних робіт з дисциплін «Біогеохімія» а також завдання для самостійної роботи.

Рецензенти:

к. п. н., доцент кафедри наук про Землю Державного університету «Житомирська політехніка» ГЕРАСИМЧУК Олена;

к. п. н., доцент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка» ДЕМЧУК Людмила

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 3

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Методичні вказівки до оформлення і захисту лабораторних робіт	5
Загальні правила безпеки, застережні заходи під час роботи в хімічній лабораторії	7
• <i>Лабораторна робота №1 Властивості простих і складних речовин, їх поширеність в оболонках біосфери</i>	9
• <i>Лабораторна робота №2 Рівноважні та кінетичні процеси в біосфері</i>	21
• <i>Лабораторна робота №3 Розчини. Приготування розчинів</i>	30
• <i>Лабораторна робота №4 Розчини електролітів. Електролітична дисоціація</i>	40
• <i>Лабораторна робота №5 Окисно-відновні процеси біосфери. Електрохімічні процеси</i>	49
• <i>Лабораторна робота №6 Біогеохімічний колообіг фосфору. Визначення сполук фосфору у водних розчинах</i>	55
ДОДАТКИ	59

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 65 / 4</i>

Вступ

Програма курсу «Біогеохімія» визначає задачі і місце дисципліни в системі природничих наук. Дисципліна «Біогеохімія» займає проміжне місце між базовими загальноосвітніми предметами та спеціальними дисциплінами і забезпечує формування основ знань та навиків спеціалістів з екології, технології захисту навколишнього середовища, наук про Землю. Методичні рекомендації призначені для надання допомоги студентам у виконанні лабораторних робіт та у самостійній роботі при вивченні біогеохімії.

В рекомендаціях представлені теоретичні та методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з якісного, кількісного аналізів.

Кожній з лабораторних робіт передують теоретична частина, призначення якої – допомогти студенту систематизувати знання, одержані після вивчення певного розділу по підручнику, навчальному посібнику, конспекту лекцій.

Експериментальна частина робіт включає опис дослідів, які студент виконує в лабораторії самостійно під загальним керівництвом викладача. Необхідні для виконання лабораторних робіт довідникові дані приведені у «Додатках».

Знання отримані при вивченні курсу «Біогеохімія» використовуються студентами при вивченні дисциплін «Геологія з основами геодезії», «Дендрологія», «Основи екології та неоекології», «Вступ до фаху» та інших, передбачених навчальним планом.

Основними труднощами при вивченні курсу є його багатоплановість та комплексність. Засвоєння матеріалу неможливе без самостійної роботи з літературою, мобілізації знань, набутих з інших дисциплін.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 5

Методичні вказівки до оформлення і захисту лабораторних робіт

Вказівки для підготовки, виконання та здачі лабораторних робіт.

1. Основною формою підготовки, виконання та здачі лабораторного практикуму студентами є самостійна робота. Приступаючи до підготовки лабораторної роботи, виконанню завдання до неї, спочатку рекомендується вивчити теоретичну частину «Методичних рекомендацій». Для поглибленого вивчення теми заняття, успішного виконання та здачі роботи необхідно також уважно вивчити відповідні розділи підручника чи навчального посібника, ознайомитись із рішенням типових задач по задачнику.

2. Кожна лабораторна робота повинна бути оформлена у вигляді звіту, який включає в себе: 1) завдання до даної роботи; 2) дослідну частину роботи. Допускається оформляти звіти в загальному зошиті в клітинку. Титульна сторінка заповнюється згідно вказівок викладача. Сторінки зошита повинні бути пронумеровані на нижньому рядку. Виривати листи із зошита забороняється. На кожній сторінці зі сторони прошивки проводять поле шириною 2,5 см, а з протилежної сторони – шириною 1 см.

3. Кожну роботу потрібно починати з нової сторінки. Вказують число, потім назву роботи, потім її номер. Після цього пишуть підзаголовок: «Завдання до лабораторної роботи», а нижче повністю записують питання завдання і після кожного питання приводять короткі, але ємні відповіді. При написанні математичних формул потрібно пояснити значення символів – літер, задачі потрібно вирішувати спочатку в загальному вигляді, використовуючи загальні символи – позначення, а лише потім – в числовому вигляді. Всі записи потрібно вести охайно, без виправлень.

4. Завдання до лабораторної роботи, підготовка до неї виконується в позаурочний час, який передує лабораторній роботі. На лабораторних заняттях проводиться перевірка виконання завдань студентами, їх опитування по теоретичних питаннях роботи. До виконання лабораторної роботи студенти приступають з дозволу викладача.

5. У звіті після виконання завдання пишуть підзаголовок : «Дослідна частина». Вказують ціль роботи чи коротку характеристику принципу її виконання, приводять короткі описання і рисунки

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 6

пристроїв та приладів. Потім описують хід виконання роботи, результати вимірювань чи безпосередніх спостережень. Закінчують звіт поясненням явищ, що спостерігали, складанням хімічних рівнянь реакцій, побудовою графіків, обрахуванням результатів вимірювання. І нарешті приводять короткий висновок чи кінцевий обрахований результат.

6. Для лабораторних робіт з якісного аналізу оформлення протоколу здійснюється у наступній формі:

Лабораторна робота № 1

Дата: 12.03.24

Тема: Катіони першої аналітичної групи.

Що аналізують	Яким реактивом діють або яку операцію виконують	Що спостерігається (властивість аналітичної форми продукту реакції)	Рівняння хімічної реакції	Умови, ознаки, тип реакції	Заважачі іони
Характерні реакції K^+ –катіона					

Виконану лабораторну роботу студенти захищають у викладача. Для успішного захисту потрібно мати звіт і вірно скласти електронний тест з теми лабораторної роботи, який знаходиться на освітньому порталі університету. Допускається захист роботи за результатами усної співбесіди, коли потрібно відповісти на питання, пов'язані із сутністю, закономірностями явищ, які спостерігали.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 7

Загальні правила безпеки, застережні заходи під час роботи в хімічній лабораторії

Дотримування вимог інструкції з техніки безпеки студентів під час роботи в хімічній лабораторії обов'язкове.

Вхід стороннім особам під час проведення лабораторних занять забороняється.

Необхідно знати розташування в лабораторії протипожежних засобів, аптечки й уміти ними користуватися. У разі виникнення в лабораторії під час занять аварійних ситуацій (пожежа, поява сторонніх запахів) не допускати паніки й підпорядковуватися тільки вказівкам викладача або завідувача лабораторії.

У разі нещасного випадку негайно звертатися до викладача, завідувача лабораторії. Слід пам'ятати найтипівіші приклади небезпеки при роботі в лабораторії хімії:

- отруєння кислотами, лугами, фенолом, газами;
- опіки термічні, їдкими речовинами, розчинами кислот чи лугів, непогашеним вапном, йодом, рідким бромом; порізи, удари;
- потрапляння в очі сторонніх тіл, їдких рідин; ураження електричним струмом тощо.

Під час виконання лабораторних робіт потрібно дотримуватися таких вимог, а саме:

- 1) до початку роботи:
 - до лабораторних робіт допускають тільки студентів, які добре засвоїли правила техніки безпеки та методику проведення лабораторної роботи;
 - працювати в хімічній лабораторії обов'язково в спецодязі;
 - хімічні реактиви, призначені для дослідів, студентам видає викладач або лаборант у кількостях, передбачених методикою;
 - забороняється їсти, пити в лабораторії, захарашувати проходи сумками;
- 2) під час роботи:
 - не виходити з лабораторії без дозволу викладача, не вживати їжу в лабораторії;
 - перед використанням будь-яких речовин для дослідів уважно розглянути етикетку на склянці, у якій зберігаються реактиви, для запобігання помилок, що можуть призвести до нещасних випадків;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 8

– досліді проводити з тими кількостями й концентраціями речовин у посуді за тих умов і послідовності, які зазначені методикою;

– насипати або наливати реактиви слід на столі;

– забороняється брати реактиви незахищеними руками, для цього використовувати фарфорові ложки, шпателі або совочки;

– не дозволяється просипаний або пролитий випадково реактив зсипати або зливати назад у тару до основної кількості реактивів;

– усі операції з легкозаймистими речовинами, концентрованими кислотами та лугами і роботу з металічним натрієм проводити лише у витяжній шафі;

– забороняється залишати без нагляду запалені спиртівки, а також увімкнені електронагрівальні прилади;

– під час нагрівання рідин не зазирати в посудину (навіть у пробірку) згори, бо в разі можливого викидання нагрітої речовини можуть бути нещасні випадки;

– для уникнення викиду киплячої рідини з реакційної посудини нагрівання її проводити рівномірно, часто перемішуючи, заздалегідь помістивши на дно посудини 2–3 кип'ятильних камінці (дрібні шматочки пористого неорганічного матеріалу, наприклад неглазурованої облицювальної плитки);

– нагрівання пробірок з речовинами проводити поступово і рівномірно, тримати пробірку за допомогою спеціального затискувача похило, періодично струшуючи, спрямовуючи отвір пробірки від себе та від інших людей, які працюють у лабораторії;

– визначати речовину за запахом наступним чином – легким рухом долоні над отвором посудини спрямувати пару або газ до носа і вдихати обережно;

3) після закінчення роботи:

– залишки кислот, лугів, сірчистих сполук, вогнебезпечних рідин зливати в призначені для цієї мети склянки (не виливати в раковини);

– вимити лабораторний посуд, розставити ємності і склянки з робочими розчинами на їх місця, витерти робочу поверхню столу, закрутити водопровідні крани, вимкнути електроприлади, витяжну вентиляцію і погасити світло в лабораторії;

– ретельно вимити руки з милом.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 9

Лабораторна робота № 1

Властивості простих і складних речовин, їх поширеність в оболонках біосфери

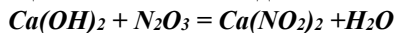
Короткі теоретичні відомості

Найважливішими класами неорганічних сполук за функціональними ознаками є оксиди, кислоти, основи, амфотерні гідроксиди, солі.

Оксидами називаються бінарні оксигеновмісні сполуки, в яких Оксиген виявляє негативний ступінь окиснення. Отже, до оксидів належать майже всі бінарні сполуки елементів з Оксигеном, крім сполуки Оксигену з Флуором OF_2 . Ця сполука відноситься до фторидів, оскільки Оксиген в ній має ступінь окиснення +2. За хімічними властивостями оксиди поділяються на солетворні і несолетворні. Солетворні в свою чергу поділяються на основні, кислотні та амфотерні.

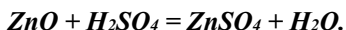
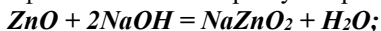
Основними оксидами називаються оксиди, гідрати яких є основними. До основних оксидів належать оксиди металів (не всі): Li_2O , Na_2O , K_2O , MnO , CrO , BaO , CaO та інші. Основні оксиди здатні реагувати з ангідридами кислот та кислотами і не реагують з основними оксидами та основами.

Кислотними оксидами називаються оксиди, які з водою утворюють кислоти. Тому кислотні оксиди часто називають ангідридами кислот. До кислотних оксидів належать V_2O_5 , CrO_3 , MnO_3 , SO_3 , CO_2 тощо. Кислотні оксиди не взаємодіють між собою і з кислотами, вступають у реакції з основними оксидами та основами. Наприклад:



В результаті таких реакцій утворюються солі.

Амфотерні оксиди одночасно виявляють властивості кислотних і основних оксидів: у разі дії на них кислот або ангідридів вони ведуть себе як основні, а в разі дії основних оксидів або основ як кислотні. Наприклад, амфотерний оксид цинку ZnO з гідроксидом Na і сульфатною кислотою реагує за рівняннями реакцій:

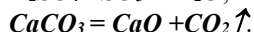
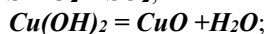
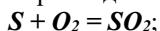


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 10

До амфотерних оксидів належать: Al_2O_3 , ZnO , Cr_2O_3 , BeO , SnO , SnO_2 тощо. Амфотерні оксиди у воді не розчиняються.

Якщо метал утворює декілька оксидів, то основними, як правило, бувають ті, що виявляють нижчий ступінь окиснення металу. Оксиди з проміжними ступенями окиснення металів здебільшого амфотерні, а оксиди металів із ступенями окиснення 5,6,7 майже завжди кислотні.

Найпростіші оксиди добувають безпосереднім окисненням елементів киснем, термічним розкладанням основ, кислот і солей, які містять Оксиген. Прикладами можуть бути такі реакції:

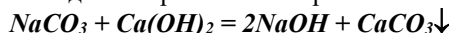


Існує декілька номенклатурних правил оксидів. Якщо елемент утворює кілька оксидів, то в їх назвах, згідно з номенклатурними правилами ІЮПАК, зазначають ступінь окиснення електропозитивного елемента римською цифрою в дужках після назви сполуки. Наприклад: FeO - ферум (II) оксид, Fe_2O_3 - ферум (III) оксид, CuO - купрум (II) оксид, Cu_2O - купрум (I) оксид.

Основами називаються сполуки, до складу яких входять атом металу і гідроксильні групи – OH .

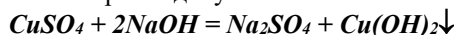
Число гідроксильних груп у молекулі основи відповідає валентності металу і визначає кислотність основи. Наприклад, NaOH – однокислотна основа; Ca(OH)_2 – двокислотна основа.

Добувають основи декількома способами. Розчинні основи (луги) у виробництві добувають електролізом водних розчинів їх солей (NaCl , KCl тощо), а також дією на розчини їх карбонатів гашеним вапном:

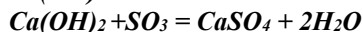
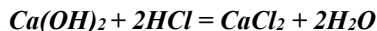


У лабораторних умовах луги можна добути також дією на воду лужними і лужноземельними металами або їхніми оксидами.

Нерозчинні основи добувають дією розчинних основ на солі того металу, основу якого потрібно добути.



Основи взаємодіють з кислотами та кислотними оксидами з утворенням солей:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 11

За номенклатурними правилами ІЮПАК речовини, які містять ОН-групи називаються гідроксидами. Якщо елемент утворює декілька гідроксидів, то в його назві позначають ступінь окиснення металу римською цифрою в дужках після назви гідроксиду: $\text{Cu}(\text{OH})_2$ - купрум (II) гідроксид, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ - ферум (II) гідроксид, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ - ферум (III) гідроксид. Існують також інші назви гідроксидів: $\text{Fe}(\text{OH})_2$ - ферум дигідроксид тощо.

Кислотами називаються сполуки, що містять у молекулах атоми Гідрогену, здатні замішуватись на атоми металу з утворенням солей. За кількістю таких атомів Гідрогену у кислоті визначається основність кислоти: HCl - одноосновна кислота, H_2SO_4 - двоосновна кислота, H_3PO_4 - трьохосновна тощо.

За міжнародною номенклатурою назви безосигеновмісних кислот складаються з назви елемента чи групи атомів, які утворюють кислоту та слова „гідроген” з додаванням суфікса –ід або –ид. HCl – гідроген хлорид, HBr – гідроген бромід, H_2S – дигідроген сульфід.

За міжнародною номенклатурою назва оксигеновмісних кислот складається за наступною схемою: при утворенні назви кислоти до кореня латинського найменування елемента додають:

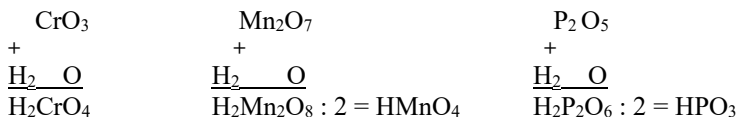
- при найменшому ступені окиснення додається префікс гіпо- та суфікс –іт або –ит;
- при дещо більшому ступені окиснення –ит або –іт;
- при вищому ступені окиснення – суфікс -ат.

Наприклад:

HNO_2 –	нітритна кислота;	HNO_3 –	нітратна кислота;
H_2SO_4 –	сульфатна кислота;	H_2SO_3 –	сульфітна кислота;
H_2CrO_4	хроматна кислота;	H_2CO_3 –	карбонатна кислота;

–

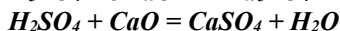
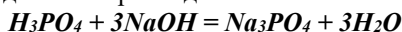
Для складання формули кислоти із відповідного ангідриду (оксиду), необхідно до формули ангідриду додати воду:



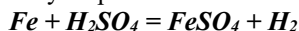
Хімічні властивості кислот.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 12

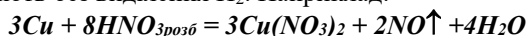
1. Кислоти реагують з основами, вступаючи в реакцію нейтралізації, і з основними оксидами. Наприклад:



2. Водні розчини розбавлених кислот (крім нітратної) реагують з металами, які стоять в ряду активностей лівіше гідрогену, з витісненням H_2 та з утворенням солей. Наприклад:



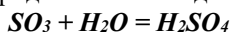
3. З концентрованою H_2SO_4 та HNO_3 (розбавленою та концентрованою) метали взаємодіють без виділення H_2 . Наприклад:



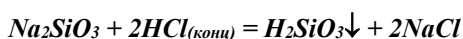
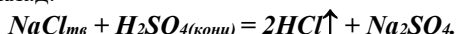
4. Розчини кислот кислі на смак, замінюють колір індикаторів: синього лакмусу – на червоний, метилоранжевого – на червоний.

Способи одержання кислот.

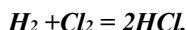
1. Взаємодія ангідридів кислот з водою. Наприклад:



2. Взаємодія солей з кислотами. Діючи на розчинні солі сильними кислотами (як правило сульфатною), одержують слабкі чи летючі кислоти. Наприклад:



3. Синтез із простих речовин. Цим способом одержують гідроген елементні сполуки, водні розчини яких являються кислотами. Наприклад:



Солі – це складні речовини, до складу яких завжди входять атоми металу (катіони) і кислотні залишки (аніони).

Солі діляться на середні, кислі, основні, подвійні та змішані.

Середні солі являються продуктами повного заміщення атомів гідрогену в кислоті на атоми металу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 13

При складанні загальних формул середніх солей необхідно сполучити атоми металу та кислотні залишки в молекулу солі так, щоб сумарний заряд атомів металу був рівний за величиною сумарному заряду кислотних залишків.

При назвах солей найбільш широко використовується міжнародна номенклатура, згідно якої назви середніх солей складаються із назви металу та кислотного залишку. Якщо метал має змінну валентність, так її вказують у дужках римськими цифрами після назви металу. Наприклад: **$CaSO_4$** – кальцій сульфат; **$Fe_2(SO_4)_3$** – ферум (III) сульфат тощо.

Кислі солі є продуктами неповного заміщення атомів гідрогену в багатоосновній кислоті на атоми металу. Одноосновні кислоти (**HCl** , **HNO_3** та інші) містять тільки один атом гідрогену, здатний заміщуватись на метал. Тому такі кислоти кислих солей не утворюють. Приклади кислих солей та їх назв: **$KHSO_4$** –калій гідроген сульфат; **KH_2PO_4** – калій дигідрогенфосфат, **K_2HPO_4** – дикалій гідроген фосфат тощо.

Основні солі є продуктами неповного заміщення гідроксильних груп в основах на кислотні залишки. Однокислотні основи (**$NaOH$** , **KOH**) містять лише одну гідроксильну групу, яка може заміщуватись на кислотний залишок. Тому такі основи основних солей не утворюють.

Заряд катіону основної солі дорівнює алгебраїчній сумі зарядів металу та незаміщених гідроксильних груп. Наприклад: $Mg(OH)_2$ – основа, **$MgOH^+$** – катіон. **$[Mg^{+2}(OH)]^{+1}$**

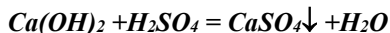
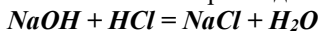
Приклади основних солей та їх назв: **$Fe(OH)_2Cl$** – ферум дигідроксохлорид, **$FeOHCl_2$** – ферум гідроксохлорид, **$(MgOH)_2SO_4$** – димагній дигідроксосульфат і т. д.

Подвійні солі містять два катіони різних металів, зв'язані з однаковим кислотним залишком. Їх формули записують або у вигляді двох солей через крапку: **$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3$** або, разом **$KAl(SO_4)_2$** .

Змішані солі містять два аніони різних кислот та катіон одного металу. Наприклад: $Cl - Ca - OCl$ або $CaOCl_2$.

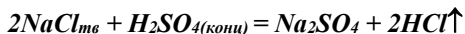
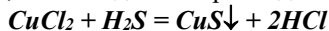
Способи одержання солей.

1. Взаємодія кислот з основами. Наприклад:

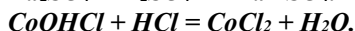


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 14

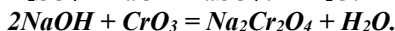
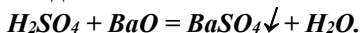
2. Взаємодія кислот з солями. Для здійснення цієї реакції необхідно, щоб сіль, яка утворюється випадала в осад, або щоб нова кислота була більше летючою, ніж вихідна. Наприклад:



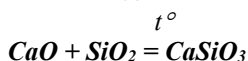
При дії надлишку кислоти на середні солі цим методом одержують кислі солі, переводять основні солі в середні. Наприклад:



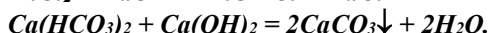
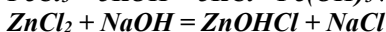
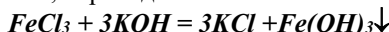
3. Взаємодією кислот з основними оксидами та лугами – з кислотними оксидами. Неприклад:



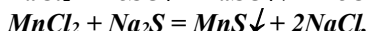
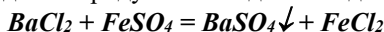
4. Взаємодією основних оксидів з кислотними. Наприклад:



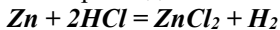
5. Взаємодія основ з солями. Цим методом одержують середні солі, інші основи, основні солі, переводять кислі солі в основні. Наприклад:



6. Взаємодія між двома солями. Ці реакції протікають до кінця в тому випадку, якщо один із продуктів випадає в осад. Наприклад:



7. Взаємодією металів з кислотами. Метали, які стоять в ряду активностей лівіше гідрогену з розбавленими кислотами реагують з утворенням солей. Наприклад:



Експериментальна частина

Прилади та реактиви: сірка, магнієві ошурки, металічний цинк, розчин лакмусу H_2SO_4 ($\rho = 1,84$), розчини: CuSO_4 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, NaOH , H_2SO_4 (1:5), $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, K_2SO_4 ; дистильована вода, хімічні стакани (100 - 200мл), колба (300мл), пробірки, лійка, фарфорова чашка,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 15

фільтрувальний папір, апарат Кіппа, технічні терези, набір наважків, пальник, сушильна шафа.

Дослід №1 Добування оксидів SO_2 , MgO , безпосереднім окисненням сірки та магнію.

Порядок виконання роботи:

Помістіть на металеву ложечку невелику кількість сірки та нагрійте в полум'ї газового пальника. Коли сірка загориться внесіть в склянку з дистильованою водою, до якої попередньо додайте краплю індикатора метил-оранжевого, та збовтайте. Такий самий дослід проробіть з магнієвими ошурками, проте в колбу з дистильованою водою попередньо додайте краплю розчину індикатора фенол-фталеїну.

Запис даних дослідів. Напишіть рівняння реакцій горіння сірки та магнію, рівняння розчинення продуктів згорання у воді. Які речовини утворились? Назвіть їх. Як змінився колір індикатора? Зробіть висновок про характер утворених оксидів.

Дослід №2 Добування купрум (II) оксиду розкладанням купрум (II) гідроксиду.

Порядок виконання роботи:

Діючи на розчин купрум (II) сульфату надлишком лугу, добудьте купрум (II) гідроксид. Нагрійте його. Спостерігайте за зміною кольору.

Запис даних дослідів. Напишіть рівняння реакцій одержання купрум (II)гідроксиду та його розкладу. Поясніть зміну кольору осаду.

Дослід №3 Взаємодія натрію з водою

Порядок виконання роботи:

В кристалізатор налийте до половини водопровідної води, додайте 1-2 краплі індикатора фенол-фталеїну. Візьміть пінцетом із бюкса кусочок металічного натрію величиною з половину горошини, просушіть його фільтрувальним папером і помістіть у воду. Ведіть спостереження тих змін, які відбуваються під час реакції.

Запис даних дослідів. Напишіть рівняння реакції Взаємодії натрію з водою. Поясніть зміну кольору води в кристалізаторі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 16

Дослід №4 **Одержання карбон(IV) оксиду та його властивості.**

Порядок виконання роботи. Приготувати пробірку з розчином метилоранжу (5 – 6 крапель). В колбу покласти 3 – 4 кусочки крейди. Закріпити колбу в штативі, додати до неї 5 крапель води та 10 крапель концентрованої HCl. Швидко закрити колбу пробкою з газовідвідною трубкою. Кінець трубки опустити в пробірку з індикаторним розчином метилоранжу і пропускати газ 2 – 3 хвилини. Відмітити зміну кольору індикатора.

Запис даних дослід. Описати пророблену роботу, намалювати прилад. Написати схему рівноваги, яка встановилась у водному розчині карбон(IV) оксиду. Як зміститься ця рівновага при додаванні в розчин луку? Кислоти? Вказати причину зміщення рівноваги в кожному випадку.

Дослід №5 **Одержання нерозчинних ферум (II) і нікель (II) гідроксидів.**

Порядок виконання роботи.

В дві пробірки помістити по дві краплі розчинів солей феруму та нікелю двовалентних. Додати надлишок (4 краплі) розчину луку. Чи спостерігається розчинення осадів в надлишку луку? Зробити висновок про кислотно-основні властивості гідроксидів феруму(II) і нікелю(II).

Запис даних дослід. Написати рівняння реакції одержання нерозчинних гідроксидів. Зробити висновок.

Дослід №6 **Одержання малорозчинної основи алюміній гідроксиду та вивчення його хімічного характеру.**

Порядок виконання роботи.

В дві пробірки помістити по чотири краплі розчину алюміній сульфату і додати по чотири краплі розчину амоній гідроксиду. Спостерігайте утворення осаду. В одну пробірку з утвореним осадом додайте чотири краплі розчину сульфатної кислоти, а в іншу чотири краплі розчину натрій гідроксиду. Спостерігайте зміни, що відбуваються.

Запис даних дослід. Напишіть рівняння реакцій, які спостерігали, поясніть зміни. Зробіть висновок про хімічний характер добутого алюміній гідроксиду.

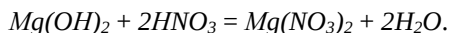
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 17

Приклади розв'язання

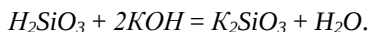
Приклад 1. Напишіть формули гідроксидів, які відповідають оксидам MgO , Al_2O_3 , SiO_2 . Охарактеризуйте їх хімічні властивості складанням рівнянь відповідних реакцій.

Розв'язок. Основному оксиду MgO відповідає основа – магній гідроксид $Mg(OH)_2$.

Основи реагують з кислотами, утворюючи солі і воду (реакція нейтралізації):



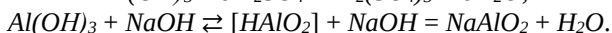
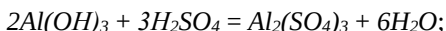
Кислотному оксиду SiO_2 відповідає силікатна кислота H_2SiO_3 . Кислоти реагують з лугами (реакція нейтралізації), утворюючи солі і воду:



Амфотерному оксиду Al_2O_3 відповідає амфотерний гідроксид $Al(OH)_3$. Цю формулу можна записати і як формулу кислоти, розкривши дужки:

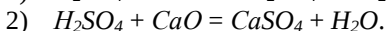


Амфотерні гідроксиди реагують з кислотами і лугами, утворюючи солі:

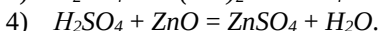
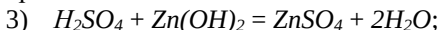


Приклад 2. Які з приведених речовин реагують з сульфатною кислотою: 1) KOH ; 2) CaO ; 3) $Zn(OH)_2$; 4) ZnO ; 5) $ZnOHCl$; 6) Na_2SiO_3 ?

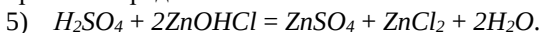
Розв'язок. Сульфатна кислота взаємодіє з лугом KOH , основним оксидом CaO , утворюючи солі:



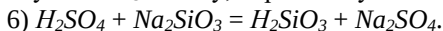
H_2SO_4 реагує з амфотерними гідроксидом $Zn(OH)_2$ і оксидом ZnO , утворюючи солі:



H_2SO_4 реагує з основною сіллю – гідроксохлоридом цинку, утворюючи середні солі:

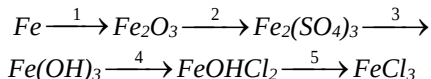


H_2SO_4 – сильна кислота; вона витісняє з розчину солі натрій силікату Na_2SiO_3 слабку, нерозчинну силікатну кислоту:



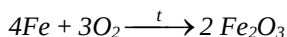
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 18

Приклад 3. Скласти рівняння ряду послідовних перетворень:

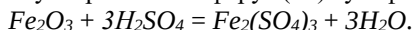


Розв'язок.

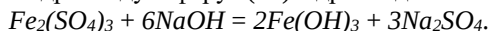
1. Проста речовина Fe реагує з киснем при нагріванні, утворюючи ферум(III) оксид (Fe_2O_3):



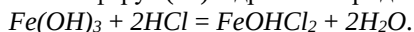
2. Ферум(III) оксид має слабкі амфотерні властивості; з сульфатною кислотою утворює сіль – ферум(III) сульфат:



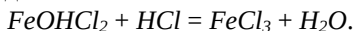
3. При дії на розчин $Fe_2(SO_4)_3$ лугу – (гідроксиду натрію) випадає осад амфотерного гідроксиду – ферум(III) гідроксид:



4. При неповній нейтралізації $Fe(OH)_3$ соляною кислотою утворюється основна сіль – ферум(III) гідроксохлорид:



5. При повній нейтралізації основної солі утворюється середня сіль – ферум(III) хлорид:



Приклад 4. Сірководень утворюється внаслідок гниття органічних решток, особливо багато його утворюється під час гниття яєчного білка. Встановіть формулу сірководню, коли відомо, що масові частки Гідрогену і Сульфуру відповідно становлять: 5,88 % та 94,12 %.

Розв'язок:

Дано:

$\omega(H) = 5,88 \%$

$\omega(S) = 94,12 \%$

$H_xS_y = ?$

$A - H_xS_y$

$x : y = \nu(H) : \nu(S)$

Нехай $(A) = 100г$, тоді $m(H) = 5,88г$, $m(S) = 94,12г$.

$$\nu = \frac{m}{Mr}$$

$Mr(H) = 1 г/моль$, $Mr(S) = 32 г/моль$.

$$\nu(H) = \frac{5,88}{1г / моль} = 5,88 моль \quad \nu(S) = \frac{94,12}{32г / моль} = 2,94 моль$$

$$x : y = 5,88 : 2,94 = 2 : 1$$

Відповідь: формула сірководню – H_2S .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 19

Приклад 5. Рідкий амоніак використовують у холодильних установках для створення штучного холоду. Встановіть його формулу, коли відомо, що масова частка Нітрогену дорівнює 82,35 %, а Гідрогену 17,65 %

Розв'язок:

Дано:

$\omega(N) = 82,35 \%$

$\omega(H) = 17,65 \%$

$N_xH_y - ?$

$A - N_xH_y$

$x : y = \nu(N) : \nu(H)$

Нехай $m(A) = 100\text{г}$, тоді

$m(N) = 82,35 \text{ г}$, $m(H) = 17,65 \text{ г}$.

$M_r(N) = 14 \text{ г/моль}$, $M_r(H) = 1 \text{ г/моль}$.

$\nu(N) = \frac{82,35}{14 \text{ г/моль}} = 5,88 \text{ моль}$, $\nu(H) = \frac{17,65}{1 \text{ г/моль}} = 17,65 \text{ моль}$;

$x : y = 5,88 : 17,65 = 1 : 3$

Відповідь: формула амоніаку – NH_3 .

Запитання для самоконтроля

1. Назвати нижче перераховані сполуки. До яких класів вони належать? P_2O_3 ; P_2O_5 ; PH_3 ; HPO_3 ; H_3PO_4 ; K_3PO_4 ; $H_4P_2O_7$; $Ca_3(PO_4)_2$; Na_2HPO_4 ; $Cr(H_2PO_4)_2$; $MgNH_4PO_4$.
2. Які оксиди можна добути нагріванням таких речовин: H_2SiO_3 , $Pb(NO_3)_2$, $Fe(OH)_3$, $CaCO_3$? Напишіть рівняння реакцій і назвіть хімічні сполуки.
3. З якими з перелічених нижче оксидів реагуватиме соляна кислота: SiO_2 , CuO , SO_2 , Fe_2O_3 , P_2O_5 , CO_2 , ZnO , K_2O ? Напишіть можливі рівняння реакцій і назвіть всі речовини.
4. Які з наведених нижче гідроксидів розчиняються в лугах: $Ca(OH)_2$, $Sn(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, $Fe(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$. Напишіть рівняння можливих реакцій і назвіть продукти реакцій.
5. Які кислоти можуть утворитися при безпосередній взаємодії з водою оксидів, назвіть їх: P_2O_5 , CO_2 , CrO_3 , SO_2 ?
6. Напишіть рівняння таких реакцій і назвіть продукти реакцій за міжнародною номенклатурою:
 - 1) $Ag_2O + HNO_3 = \dots$;
 - 2) $Cr_2O_3 + H_2SO_4 = \dots$;
 - 3) $Zn + AgNO_3 = \dots$;
 - 4) $Ca(OH)_2 + P_2O_5 = \dots$;
 - 5) $CaO + SiO_2 = \dots$;
 - 8) $NaOH + CH_3COOH = \dots$;
 - 9) $Al_2O_3 + H_2SO_4 = \dots$;
 - 10) $Mg(OH)_2 + P_2O_5 = \dots$;
 - 11) $NaOH + Al_2O_3 = \dots$;
 - 12) $Zn(OH)_2 + NaOH = \dots$;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 20

- 6) $Pb(NO_3)_2 + ZnSO_4 = \dots$; 13) $CaCl_2 + Na_2CO_3 = \dots$;
 7) $Al(SO_4)_3 + Na_3PO_4 = \dots$; 14) $Al(SO_4)_3 + Na_3PO_4 = \dots$.
7. За допомогою яких реакцій можна добути $CuCl_2$, виходячи із $Cu(NO_3)_2$? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
8. Виконайте перетворення, записавши рівняння реакцій та назвіть продукти за міжнародною номенклатурою:

- 1) $Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4$
 $\downarrow$
 $Ca(HCO_3)_2$
- 2) $FeS_2 \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 \rightarrow Na_2SO_4$
 3) $Zn \rightarrow ZnO \rightarrow Zn(NO)_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow Na_2ZnO_2 \rightarrow ZnCl_2$
 4) $N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3$
 5) $Cu \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow CuO \rightarrow CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2$
 6) $C \rightarrow CO \rightarrow CO_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO)_2$
 7) $Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3$
 8) $P_4 \rightarrow P_2O_5 \rightarrow HPO_3 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2$
 9) $Cl_2 \rightarrow HCl \rightarrow NaCl \rightarrow AgCl \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl$
 10) $S \rightarrow FeS \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow Na_2SO_3 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4$
 11) $S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3$
 $\downarrow \quad \uparrow \quad \downarrow$
 $PbS \quad Na_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4$
- 12) $S \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightleftharpoons K_2SO_3 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4$
 $\downarrow \quad \uparrow \quad \downarrow$
 $K_2S \rightarrow KHS \quad KHSO_3$
- 13) $N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3$
 $\uparrow \quad \downarrow$
 NH_4NO_3
- 14) $NO_2 \rightarrow HNO_3 \rightarrow Ba(NO_3)_2 \rightarrow KNO_3$
 15) $C \rightarrow CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 \rightarrow NaHCO_3 \rightarrow CO_2$
 $\downarrow \quad \downarrow$
 $Ca(HCO_3)_2 \leftarrow CaCO_3$
- 16) $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaO \rightarrow CaSO_4$
 $\downarrow$
 $Ca(NO_3)_2 \rightarrow CaO \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$
- 17) $C \rightarrow CO \rightarrow CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow K_2CO_3 \rightarrow KHCO_3 \rightarrow K_2CO_3 \rightarrow CO_2$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 21

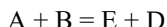
Лабораторна робота № 2.

Рівноважні та кінетичні процеси в біосфері

Короткі теоретичні відомості

Хімічна кінетика – розділ хімії, що вивчає швидкість і механізм хімічних реакцій.

Швидкість хімічної реакції – зміна концентрації однієї з реагуючих речовин або одного з продуктів реакції за одиницю часу при постійному об'ємі системи.



$$v = \frac{\Delta C}{\Delta t},$$

v – швидкість хімічної реакції, моль/л·с;

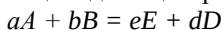
C_1, C_2 – концентрації (початкова і кінцева), моль/л;

t_1, t_2 – час (початковий і кінцевий), сек.

Швидкість реакції: в даний момент часу (перша похідна по часу)

Фактори, що впливають на швидкість реакції:

- природа реагуючих речовин;
 - концентрація;
 - температура;
 - каталізатор;
 - тиск (для газів);
 - ступінь подрібнення (для твердих речовин).
- Залежність швидкості реакції від концентрації.



$$v = k \cdot C_A^a \cdot C_B^b$$

C_A – концентрація компонента А;

C_B – концентрація компонента В;

a, b, e, d – стехіометричні коефіцієнти в рівнянні реакції;

v – швидкість хімічної реакції, моль/л·с;

k – константа хімічної реакції.

Швидкість хімічної реакції пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин в степенях, що відповідають стехіометричним коефіцієнтам в рівнянні реакції – кінетичне рівняння реакції, основний закон хімічної кінетики.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 22

Якщо одна з реагуючих речовин в твердому стані (гетерогенна система):

$$aA_{(тв.)} + bB = eE + dD$$

$$v = k \cdot C_B$$

Вплив температури на швидкість реакції.

Правило Вант-Гоффа: при підвищенні температури на кожні 10 градусів швидкість більшості реакцій збільшується в 2 – 4 рази.

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

v_{t_1} , v_{t_2} – швидкість реакції при температурі t_1 , t_2 ;

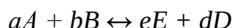
γ – температурний коефіцієнт швидкості реакції.

Хімічна рівновага

Хімічна рівновага відноситься до оборотних процесів.

Стан реагуючих речовин, при якому швидкість прямої реакції дорівнює швидкості зворотної, називається хімічною рівновагою.

Концентрації речовин в стані рівноваги називаються рівноважними.



$$v_1 = k_1 [A]^a [B]^b;$$

$$v_2 = k_2 [E]^e [D]^d;$$

$$v_1 = v_2$$

$$k_1 [A]^a [B]^b = k_2 [E]^e [D]^d;$$

Константа рівноваги реакції – це відношення добутку молярних рівноважних концентрацій продуктів реакції до добутку молярних концентрацій вихідних речовин в степенях, які дорівнюють коефіцієнтам в рівнянні реакції, при постійній температурі.

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[E]^e [D]^d}{[A]^a [B]^b} = K$$

Вплив зовнішніх факторів на стан рівноваги узагальнює принцип Ле-Шательє: якщо на систему, що перебуває в стані рівноваги, подіяти ззовні (C , t , p), то рівновага зміщується в бік реакції, що послаблює цю дію.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 23

- при збільшенні концентрації рівновага зміщується в сторону реакції, яка проходить із зменшенням кількості моль газів, при зменшенні концентрації – навпаки;
- підвищення або пониження тиску для газових реакцій рівноцінно підвищенню або пониженню концентрації;
- підвищення тиску при постійній температурі зміщує рівновагу в напрямі зменшення об'єму;
- підвищення температури зміщує рівновагу в напрямі ендотермічної реакції, а пониження – в напрямі екзотермічної.

Експериментальна частина

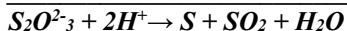
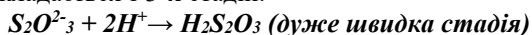
Дослід №1 Залежність швидкості реакції від концентрації реагуючих речовин

Прилади та реактиви: секундомір, бюретки на 25 мл, електроплитка, пробірки, термометри зі шкалою 0-50°C, стакани ємністю 0,5 л, калій хлорид кристалічний, розчини: $Na_2S_2O_3$ 0,1М, H_2SO_4 1М, $FeCl_3$ насичений, NH_4SCN насичений, I_2 0,1Н, крохмаль 0,5%.

Натрій тіосульфат розкладається в розчині сульфатної кислоти за рівнянням:



Реакція складається з 3-х стадій:



Швидкість сумарного процесу визначається швидкістю повільної другої стадії.

Порядок виконання роботи.

В п'ять пробірок налейте з бюреток 0,1М розчину $Na_2S_2O_3$ і воду в кількостях, вказаних в таблиці. В інші п'ять пробірок налейте з бюретки по 5 мл 1М H_2SO_4 . Злийте попарно приготовлені розчини $Na_2S_2O_3$ і H_2SO_4 (перший розчин приливати до другого). В момент змішування розчину увімкніть секундомір і визначте час появи легкого помутніння (опалесценція) розчину. Результати дослідів занесіть в

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 24

таблицю. Концентрацію розчину $Na_2S_2O_3$ в кожній пробірці знаходять за співвідношенням:

$$C_{Na_2S_2O_3} = \frac{0,1 \cdot a}{a + b + c}, \quad [моль / л]$$

В дослідах вимірюється не швидкість реакції, а проміжок часу τ між її початком і видимим результатом. Проте цей проміжок зворотно пропорційний швидкості реакції v , тому величину $1/\tau$ називають умовною швидкістю реакції $v_{ум}$.

Побудуйте графік залежності швидкості реакції розкладу $Na_2S_2O_3$ від концентрації.

Таблиця 1

№ пробірки	Об'єм, мл			$C_{Na_2S_2O_3}$, моль/л	Час появи помутніння τ , с	$v_{ум.} = 1/\tau$, $с^{-1}$ 0,0000
	$Na_2S_2O_3$ (а)	H_2O (б)	H_2SO_4 (в)			
1	1	4	5	0,01		-
2	2	3	5	0,02		-
3	3	2	5	0,03		-
4	4	1	5	0,04		-
5	5	0	5	0,05		-

Дослід №2 Залежність швидкості реакції від температури

В три пробірки налийте по 5 мл 0,1М $Na_2S_2O_3$, а в три інші – по 5 мл 1М H_2SO_4 . Поміщають всі пробірки в стакан з водою і через 5-7 хвилин, замірявши температуру води в стакані, зливають разом вміст однієї пари пробірок з $Na_2S_2O_3$ і H_2SO_4 . Поміщують цю пробірку знову в стакан і визначають за секундоміром час до появи легкого помутніння. Наливають в стакан гарячої води так, щоб температура води підвищилась приблизно на $10^\circ C$ і знову витримують розчин при цій температурі 5-7 хвилин. Зливають вміст другої пари пробірок з $Na_2S_2O_3$ і H_2SO_4 і визначають час до появи помутніння. Дослід з третьою парою пробірок проводять при температурі приблизно на $10^\circ C$ вище від попередньої. Результати дослідів записують в таблицю 2.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 25

Таблиця 2

№ п/п	t, °C	T, K	Час появи помутніння, τ, с	υ _{ум.} = 1/τ, с ⁻¹ ; 0,0000	X, 1/T, K ⁻¹ 0,0000	Y, lg υ _{ум.}
1					1/283	-
2					-	-
3					-	-

Побудуйте графік залежності логарифма швидкості реакції від зворотної величини абсолютної температури. З графіка визначте тангенс кута нахилу прямої і обчисліть енергію активації реакції: **$\alpha = 10^\circ$, $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$**

$$E_a = 2,3 \cdot R \cdot \text{тга}$$

Користуючись правилом Вант-Гоффа, визначте температурний коефіцієнт швидкості реакції.

Приклади розв'язання задач

Приклад 1. Для гомогенної реакції:



Константа рівноваги при деякій температурі дорівнює 0,25. Обчисліть рівноважні концентрації речовин, якщо початкова концентрація $[\text{HI}] = 2 \text{ моль/л}$.

Розв'язок. Стан реагуючих речовин, при якому швидкість прямої реакції дорівнює швидкості зворотної, називається *хімічною рівновагою*. Концентрації речовин в стані рівноваги називаються рівноважними.

Константа рівноваги реакції – це відношення добутку молярних рівноважних концентрацій продуктів реакції до добутку молярних концентрацій вихідних речовин у степенях, які дорівнюють коефіцієнтам в рівнянні реакції, при постійній температурі:

$$K = \frac{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2} = 0,25.$$

Згідно рівняння реакції, з 2 моль HI повинна утворюватись половинна кількість, по 1 моль H_2 і I_2 . Якщо на момент рівноваги прореагувало x моль HI , то утворилось $x/2$ моль I_2 , а залишилось $2 - x$ моль HI .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 26

	$\text{HI}_{(\text{r})}$	$\text{H}_{2(\text{r})}$	$\text{I}_{2(\text{r})}$
Початкові концентрації, моль/л	2	0	0
Рівноважні концентрації, моль/л	$2 - x$	$x/2$	$x/2$

Підставляємо рівноважні концентрації у вираз константи рівноваги:

$$0,25 = \frac{0,5x \cdot 0,5x}{(2-x)^2} = \frac{0,25x^2}{(2-x)^2}.$$

Добуваючи квадратний корінь з обох частин рівняння, одержимо:

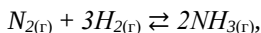
$$0,5 = \frac{0,5x}{2-x}; \quad x=1.$$

Рівноважні концентрації:

$$[\text{H}_2]_{\text{рівн.}} = [\text{I}_2]_{\text{рівн.}} = \frac{x}{2} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ моль/л.}$$

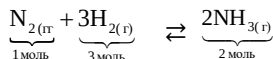
$$[\text{HI}]_{\text{рівн.}} = 2 - 1 = 1 \text{ моль/л.}$$

Приклад 2. В системі:



рівноважні концентрації речовин склали $[\text{N}_2]_{\text{рівн.}} = 4$ моль/л, $[\text{H}_2]_{\text{рівн.}} = 10$ моль/л, $[\text{NH}_3]_{\text{рівн.}} = 4$ моль/л. Обчисліть початкові концентрації водню і азоту.

Розв'язок. З рівняння реакції:



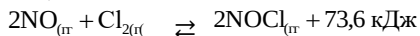
видно, що 2 моль NH_3 утворюються з 1 моль N_2 . Тоді 4 моль утворились з 2 моль N_2 . Початкова концентрація азоту дорівнює:

$$[\text{N}_2]_{\text{поч.}} = [\text{N}_2]_{\text{рівн.}} + 2 = 4 + 2 = 6 \text{ моль/л.}$$

З рівняння реакції слідує, що 2 моль NH_3 утворюються з 3 моль H_2 , тоді 4 моль NH_3 утворились з 6 моль H_2 . Початкова концентрація водню складає:

$$[\text{H}_2]_{\text{поч.}} = [\text{H}_2]_{\text{рівн.}} + 6 = 10 + 6 = 16 \text{ моль/л.}$$

Приклад 3. Для реакції:



вказати, як потрібно змінити концентрації, тиск і температуру реакції, щоб змінити рівновагу вправо, в сторону збільшення виходу NOCl .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 27

Розв'язок. Вплив зовнішніх факторів на стан рівноваги узагальнює принцип *Ле-Шательє*: якщо на рівноважну систему діють зовнішні фактори, то рівновага зміщується в сторону реакції, яка ослаблює дію зовнішніх факторів.

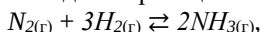
1. При збільшенні концентрацій рівновага зміщується в сторону реакції, яка проходить із зменшенням кількості моль газів, при зменшенні концентрацій – навпаки.

В реакцію вступають 3 моль газу ($2NO + Cl_2$), а утворюються 2 моль газу ($2NOCl$). При збільшенні концентрацій речовин рівновага зміщується в сторону прямої реакції, яка йде із збільшенням виходу $NOCl$.

2. Підвищення або пониження тиску для газових реакцій рівноцінно підвищенню або пониженню концентрацій.
3. При підвищенні температури рівновага зміщується в сторону ендотермічної реакції, а при пониженні – в сторону екзотермічної.

Пряма реакція – ендотермічна, тому при підвищенні температури вона відбувається з більшою швидкістю, збільшуючи вихід $NOCl$.

Приклад 4. Як зміниться швидкість реакції:



якщо концентрації всіх речовин збільшити в 2 рази? Швидкість якої реакції – прямої чи зворотної стане більшою?

Розв'язок. Реакція $N_{2(r)} + 3H_{2(r)} \rightleftharpoons 2NH_{3(r)}$ є гомогенною.

Гомогенні реакції – такі, які йдуть в однорідних системах (між газами, в розчинах). Швидкість гомогенної реакції вимірюється зміною молярних концентрацій реагуючих речовин за одиницю часу:

$$v = \pm \Delta C / \Delta t.$$

Закон діючих мас: при постійній температурі швидкість хімічної реакції пропорційна добутку молярних концентрацій реагуючих речовин у степенях, які дорівнюють коефіцієнтам у рівнянні реакції.

Реакція одержання NH_3 обернена, оскільки йде в двох протилежних напрямках. Початкова швидкість прямої реакції:

$$v_{\text{пр.}} = k_1[N_2][H_2]^3.$$

Початкова швидкість зворотної реакції:

$$v_{\text{зв.}} = k_2[NH_3]^2.$$

Після збільшення концентрації в 2 рази швидкість прямої концентрації складе:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 28

$$v_{\text{пр.}}^1 = k_1[2N_2][2H_2]^3 = 16 k_1[N_2][H_2]^3,$$

а швидкість зворотної реакції буде дорівнювати:

$$v_{\text{за.}}^1 = k_2[2NH_3]^2 = 4k_2[NH_3]^2.$$

Швидкість прямої реакції зростає в:

$$\frac{v_{\text{пр.}}^1}{v_{\text{пр.}}} = \frac{16 k_1[N_2][H_2]^3}{k_1[N_2][H_2]^3} = 16 \text{ разів.}$$

Швидкість зворотної реакції зростає в:

$$\frac{v_{\text{за.}}^1}{v_{\text{за.}}} = \frac{4k_2[NH_3]^2}{k_2[NH_3]^2} = 4 \text{ рази.}$$

Швидкість прямої реакції, у порівнянні із швидкістю зворотної реакції, зростає в $16/4 = 4$ рази.

Приклад 5. У скільки разів зростає швидкість реакції при збільшенні температури від 20 до 85 °С, якщо температурний коефіцієнт реакції $\gamma = 2,5$?

Розв'язок. За правилом Вант-Гоффа, швидкість реакції при підвищенні температури на 10 °С збільшується в 2-4 рази:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{\Delta t}{10}}.$$

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = 2,5^{\frac{85 - 20}{10}} = 2,5^{6,5} = 386.$$

Швидкість реакції v_{t_2} при підвищенні температури на 65 °С зростає в 386 разів.

Завдання для самоконтроля

- Вказати, якими змінами концентрацій реагуючих речовин можна змістити вправо рівновагу реакції $CO_{2(г.)} + C_{\text{(графіт)}} \rightleftharpoons 2CO_{(г.)}$.
- В якому напрямку зміститься рівновага реакції $A_{2(г.)} + B_{2(г.)} \rightleftharpoons 2AB_{(г.)}$, якщо тиск збільшити в 2 рази і одночасно підвищити температуру на 10 градусів? Температурні коефіцієнти швидкості прямої і зворотної реакцій дорівнюють відповідно 2 і 3. Який знак ΔH° в цій реакції?
- Чому дорівнює швидкість хімічної реакції, якщо концентрація однієї з реагуючих речовин на початку реакції дорівнювала 1,2 моль/л, а через 50 хв. стала дорівнювати 0,3 моль/л.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 29

4. Початкова концентрація етилоцтового естеру при реакції омилення дорівнювала 0,02 моль/л. Через 25 хв. вона стала дорівнювати 0,0054 моль/л. Обчисліть швидкість реакції.
5. Температурний коефіцієнт реакції дорівнює 2. Як зміниться її швидкість:
 - а) при підвищенні температури від 60 до 100 °С;
 - б) при охолодженні суміші, яка реагує, від 50 до 30 °С;
 - в) при підвищенні температури від 80 до 140 °С.
6. Для реакції $\text{FeO}_{(к)} + \text{CO}_{(г.)} \rightleftharpoons \text{Fe}_{(к)} + \text{CO}_{2(г.)}$ константа рівноваги при деякій температурі дорівнює 0,5. Початкові концентрації CO і CO₂ відповідно дорівнюють 0,05 і 0,01 моль/л. Знайдіть їх рівноважні концентрації.
7. Метанол одержують за реакцією $\text{CO}_{(г.)} + 2\text{H}_{2(г.)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}_{(р.)}$; $\Delta H^\circ_{298} = -127,8$ кДж. Куди буде зміщуватись рівновага при підвищенні: а) температури, б) тиску?
8. Як вплине на вихід хлору в системі $4\text{HCl}_{(г.)} + \text{O}_{2(г.)} \rightleftharpoons 2\text{Cl}_{2(г.)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(р.)}$; $\Delta H^\circ_{298} = -202,4$ кДж:
 - а) підвищення температури в реакційній суміші;
 - б) зменшення загального об'єму суміші;
 - в) зменшення концентрації кисню;
 - г) збільшення об'єму реактору;
 - д) введення каталізатора?
9. Константа рівноваги системи $\text{H}_{2(г.)} + \text{I}_{2(г.)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(г.)}$ при деякій температурі дорівнює 50. Яку кількість речовини H₂ потрібно взяти на 1 моль I₂, щоб 90 % залишку перевести в HI?
10. На скільки градусів необхідно підвищити температуру реакції, щоб її швидкість зросла у 20 разів, якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції становить 3.
11. Температурний коефіцієнт швидкості певної реакції дорівнює 3. В скільки разів збільшиться швидкість цієї реакції, якщо підвищити температуру на 30 градусів?
12. Через деякий час після початку реакції

$$3\text{A}_{(г.)} + \text{B}_{(г.)} \rightleftharpoons 2\text{C}_{(г.)} + \text{D}_{(г.)}$$
 концентрації речовин складають: [A] = 0,03 моль/л; [B] = 0,01 моль/л; [C] = 0,008 моль/л. Які початкові концентрації речовин А і В?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 30

Лабораторна робота № 3.

Розчини. Приготування розчинів.

Короткі теоретичні відомості

Розчини цілком однорідні суміші з двох (або кількох) речовин, в яких молекули (або іони) одної речовини рівномірно розподілені між молекулами іншої речовини. У розчинах протікає багато природних і промислових процесів. З ними пов'язане формування покладів ряду корисних копалин, їх видобування і переробка, розділення речовин, глибоке очищення тощо.

Розчин – гомогенна, термодинамічно стійка система змінного хімічного складу, яка складається з розчиненої речовини, подрібненої до розмірів окремих молекул або іонів та розчинника.

Розчинена речовина – це індивідуальна сполука, яка може бути виділена з розчину та існувати у вільному стані.

Розчинник – це компонент розчину, який не змінює агрегатного стану при розчиненні або концентрація якого суттєво більша концентрації інших компонентів.

Концентрація розчину кількісно характеризує його склад, вміст розчиненої речовини (в певних одиницях) в одиниці маси чи об'єму розчину. Використовують різні способи виразу концентрації розчинів як через безрозмірні величини (масова, мольна частки), так і через розмірні величини (молярна нормальна, молярна, масова концентрації, титр).

1. Масова частка розчиненої речовини ω – це відношення маси розчиненої речовини $m_{p.p.}$ до маси розчину $m_{p-ну}$.

$$\omega = \left(\frac{m_{p.p.}}{m_{p-ну}} \right).$$

2. Мольна частка розчиненої речовини $N_{p.p.}$ – це відношення кількості моль розчиненої речовини $n_{p.p.}$ до суми кількостей моль розчиненої речовини і розчинника $n_{p-ка}$

$$N_{p.p.} = \frac{n_{p.p.}}{n_{p.p.} + n_{p-ка}} = \frac{m_{p.p.} / M_{p.p.}}{m_{p.p.} / M_{p.p.} + m_{p-ка} / M_{p-ка}};$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 31

Де $m_{p,p}$ і $m_{p-ка}$ – маси відповідно розчиненої речовини і розчинника; $M_{p,p}$ і $M_{p-ка}$ – відповідно їх молярні маси.

3. Молярна концентрація C_M або полярність M виражається кількістю моль розчиненої речовини в 1 л розчину; має розмірність моль/л або моль/дм³, кмоль/м³

4. Молярна концентрація еквівалента $C_{ек}$ виражається кількістю еквівалентів розчиненої речовини в 1 л розчину; має розмірність моль/л. В хімічній практиці молярну концентрацію еквівалента називають також нормальність та позначають літерою N .

Якщо концентрації реагуючих речовин виражені через молярні концентрації еквівалентів, то такі розчини реагують без залишку в кількостях, пропорційних їх еквівалентам. Тоді:

Кількість еквівалентів однієї речовини $n_{ек1}$, які знаходились в розчині з об'ємом V_1 і молярною концентрацією еквівалента $C_{ек1}$, дорівнюватиме кількості еквівалентів другої речовини $n_{ек2}$ в розчині об'ємом V_2 і молярною концентрацією еквівалента $C_{ек2}$.

$$n_{ек1} = n_{ек2}; \quad V_1 \cdot C_{ек1} = V_2 \cdot C_{ек2}.$$

5. Молярна концентрація C_m або молярність m виражається кількістю моль розчиненої речовини в 1000г (1 кг) розчинника; має розмірність моль/кг.

Властивості розведених молекулярних розчинів, які не залежать від природи розчиненої речовини, а визначаються лише кількістю частинок в розчині, називаються колігативними властивостями. До колігативних властивостей належать осмотичний тиск, пониження тиску насиченої пари над розчинами, пониження температури замерзання та підвищення температури кипіння розчинів.

Осмотичний тиск розчину чисельно дорівнює тому тиску, який створювала б розчинена речовина, якби вона знаходилась при даній температурі в газоподібному стані і займала тойже об'єм, що і розчин. Осмотичний тиск обчислюється за законом Вант-Гоффа:

Осмотичний тиск розведеного молекулярного розчину π пропорційний його молярній концентрації C_M і температурі T

$$\pi = C_M \cdot R \cdot T$$

Пониження тиску насиченої пари над розчином в залежності від концентрації виражаються 1-им законом Рауля:

відносне пониження тиску насиченої пари над розчином прямо пропорційне мольній частці розчиненої речовини $N_{p,p}$:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 32

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = N_{p.p.} = \frac{n_{p.p.}}{n_{p.p.} + n_{p-ка}} = \frac{m_{p.p.} / M_{p.p.}}{m_{p.p.} / M_{p.p.} + m_{p-ка} / M_{p-ка}};$$

де P_0 , P – тиск пари відповідно над чистим розчинником і розчином;

$m_{p.p.}$, $m_{p-ка}$ – маси відповідно розчиненої речовини і розчинника;

$M_{p.p.}$, $M_{p-ка}$ – молярні маси відповідно розчиненої речовини і розчинника;

$P_0 - P$ – пониження тиску пари;

$P_0 - P/P_0$ – відносне пониження тиску пари.

Температури кипіння і замерзання (кристалізації) розчинів виражається 2-им законом Рауля:

Пониження температури замерзання $\Delta T_{зам.}$ або підвищення температури кипіння розчину $\Delta T_{кип.}$ прямо пропорційно моляльній концентрації розчиненої речовини C_m

$$\Delta T_{зам.} = K_T \cdot C_m \quad \Delta T_{кип.} = E_T \cdot C_m,$$

де K_T – криоскопічна стала, вона залежить лише від природи розчинника ($K_T(H_2O) - 1,86$);

E_T – ебуліоскопічна стала, вона також залежить лише від природи розчинника ($E_T(H_2O) - 0,52$).

Експериментальна частина

Прилади та реактиви: натрій хлорид, вода, набір аерометрів, терези, стакани, циліндри, скляні палички.

Дослід №1 Приготування 100 мл розчину натрій хлориду заданої концентрації методом наважки.

- Отримайте завдання на приготування розчину з масовою концентрацією $\omega_x = 3\%$.
- В табл. 1 знайдіть густину розчину заданої концентрації ρ_x , г/см³.

Таблиця 1

Густина водних розчинів натрій хлориду, г/см³

Концентрація, мас. %	1	2	3	4	5	6	7
Густина, г/см ³	1,0053	1,0125	1,0196	1,0268	1,0340	1,0413	1,0486
Концентрація, мас. %	8	9	10	11	12	13	14
Густина, г/см ³	1,0559	1,0636	1,0707	1,0782	1,0857	1,0933	1,1009

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 33

3. Визначте масу даного розчину:

$$m_{p-nu} = V \times \rho_x = 100 \times \rho, [g]$$

4. Визначте масу розчиненої речовини:

$$m_{NaCl} = m_{p-nu} \cdot \omega / 100, [g]$$

5. Визначте масу води для приготування заданого розчину:

$$m_g = m_{p-nu} - m_{NaCl}, [g]$$

6. Зважте на терезах розраховану масу натрій хлориду і перенесіть її в стакан. Циліндром відміряйте необхідний об'єм води (густина води приймаємо рівною 1 г/см³), перелийте її в стакан з сіллю і перемішайте до повного розчинення солі.

7. Заміряйте густину приготовленого розчину ρ_1 і, користуючись табл., визначте концентрацію приготовленого розчину ω_1 . Якщо виміряне значення густини ρ_1 в таблиці відсутнє, то концентрацію розчину ω_1 знаходять методом інтерполяції. Інтерполяція – це знаходження проміжного значення величини за двома її найближчими більшим і меншим значеннями.

Приймемо, що залежність густини розчину від концентрації носить лінійний характер (рис.). Тоді густина розчину ρ_1 знаходиться між найближчими меншим ρ_m і більшим ρ_b значеннями, а концентрація ω_1 – між відповідними значеннями ω_m і ω_b . Інтерполяцію можна виконати графічно, будуючи графік у відповідному масштабі, або аналітично, за формулою:

$$\omega_1 = \omega_m + (\omega_b - \omega_m) \times \left(\frac{\rho_1 - \rho_m}{\rho_b - \rho_m} \right).$$

Обчисліть відносну похибку δ при визначенні ω_1 розрахуйте молярну концентрацію C_M , молярну концентрацію еквіваленту $C_{ек}$ і титр Т приготовленого розчину:

$$C_M = \frac{m_{NaCl} \times 1000}{M_{NaCl}}, [моль / л];$$

$$C_{ек} = \frac{m_{NaCl} \times 1000}{M_{екNaCl}}, [моль-екв / л];$$

$$T = \frac{m_{NaCl}}{V_{p-nu}}, [g / мл];$$

$$\delta = \left| \frac{\omega_x - \omega_l}{\omega_x} \right| \times 100, [\%]$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 34

Де M_{NaCl} – молярна маса натрій хлориду; δ – відносна похибка визначення ω_1 . отримані результати запишіть в табл. 1

Результати визначення концентрації розчину $NaCl$

Задана концен-трація	Густина, г/см ³	Розрахункові маси, г		Густина отриманого розчину, г/см ³	Отримані концентрації				Відносна похибка
		NaCl	H ₂ O		ω_1 , %	C_M , моль/л	$C_{ек}$, моль-екв/л	T , г/см ³	
ω_x	ρ_x			ρ_1					δ , %

Дослід 2. Приготування 100 мл розчину натрій хлориду методом розбавлення.

Вихідний розчин – отриманий в попередньому досліді з концентрацією ω_1 .

- Отримайте завдання на приготування розчину з концентрацією $\omega_{x2}=1\%$.
- В табл. знайдіть густину заданого розчину ρ_{x2} , г/см³.
- Визначте масу розчину, який необхідно приготувати:

$$m_{p-ny2} = V \times \rho_{x2} \cdot [\varepsilon]$$

- Розрахуйте масу вихідного розчину m_{p-ny1} з концентрацією ω_1 , необхідну для приготування заданого розчину:

$$\frac{\omega_{x2}}{\omega_1 - \omega_{x2}} = \frac{m_{p-ny1}}{m_{p-ny2} - m_{p-ny1}}.$$

- Обчисліть масу води m_{e2} , необхідну для приготування заданого розчину:

$$m_{e2} = m_{p-ny2} - m_{p-ny1}.$$

- Обчисліть об'єми вихідного розчину з масою m_{p-ny1} і води з V_{e2} :

$$V_{p-ny1} = m_{p-ny1} / \rho_1, [cm^3]$$

$$V_{e2} = m_{e2} / 1, [cm^3]$$

- Налийте в циліндр розрахований об'єм вихідного розчину, перелийте його в стакан, долийте розрахований об'єм води і старанно перемішайте.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 35

8. Виміряйте аерометром густину одержаного розчину ρ_2 і визначте концентрацію ω_2 . обчисліть масу $NaCl$ в одержаному розчині:
Обчисліть молярну концентрацію, молярну концентрацію еквівалента і титр одержаного розчину. Результати запишіть в табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків визначення об'єму води для розбавлення розчину $NaCl$

Концентрація вихідного розчину ω_1 , %	Концентрація заданого розчину ω_2 , %	Концентрація заданого розчину, ρ_2 , г/см ³	Маса заданого розчину m_{p-nyl} , г	Об'єми		Концентрації				Відносна похибка
				Вихідного розчин V_{p-nyl}	Води V_{a2}	ω	C_M	$C_{ек}$	T	

Приклади розв'язання

Приклад 1. Обчисліть нормальну і молярну концентрацію 16 % розчину $NaOH$ з густиною $\rho = 1,18$ г/мл.

Розв'язок. Маса 1 л 16 % розчину $NaOH$:

$$m = V \cdot \rho = 1000 \cdot 1,18 = 1180 \text{ г.}$$

Маса $NaOH$ в 1 л розчину (1180 г):

$$\begin{array}{ll} \text{в } 100 \text{ г розчину} & 16 \text{ г } NaOH, \\ \text{в } 1180 \text{ г} & m(NaOH). \end{array}$$

$$m(NaOH) = \frac{1180 \cdot 16}{100} = 188,8 \text{ г.}$$

Молярна маса $Mr(NaOH) = 40$ г/моль, еквівалентна маса дорівнює:

$$M_{екв.} = \frac{Mr}{1} = 40 \text{ г/моль.}$$

Молярна концентрація розчину:

$$C_M = \frac{m}{Mr} = \frac{188,8}{40} = 4,72 \text{ М.}$$

Нормальна концентрація розчину:

$$C_H = \frac{m}{M_{екв.}} = \frac{188,8}{40} = 4,72 \text{ н.}$$

Приклад 2. Обчисліть масову відсоткову концентрацію 2 Н розчину H_2SO_4 густиною $\rho = 1,07$ г/мл.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 36

Розв'язок. Еквівалентна маса H_2SO_4 :

$$M_{\text{екв.}}(H_2SO_4) = \frac{M_r}{2} = \frac{98}{2} = 49 \text{ г/моль.}$$

1 л розчину містить $2 \cdot 49 = 98 \text{ г } H_2SO_4$.

Маса 1 л розчину:

$$m = 1000 \cdot 1,07 = 1070 \text{ г}$$

Масова відсоткова концентрація:

в 1070 г розчину – 98 г H_2SO_4

в 100 г розчину – $w(H_2SO_4)$

$$w(H_2SO_4) = \frac{98 \cdot 100}{1070} = 9,15 \%$$

Приклад 3. Обчисліть тиск пари над розчином, який містить 60 г глюкози $C_6H_{12}O_6$ в 450 г води. Тиск насиченої пари чистої води при 20°C дорівнює 17,5 мм.рт.ст.

Розв'язок. Згідно 1-го закону Рауля, пониження тиску пари над розчином пропорційне мольній частці розчиненої речовини:

$$P_0 - P = P_0 \cdot \frac{n_1}{n_1 + n_2},$$

де P_0 – тиск пари над чистим розчинником;

P – тиск пари над розчином;

n_1 – кількість моль розчиненої речовини;

n_2 – кількість моль розчинника.

Молярна маса глюкози: $M_r = 180 \text{ г/моль}$. Кількість моль глюкози:

$$n_1 = \frac{m}{M_r} = \frac{60}{180} = 0,3 \text{ моль.}$$

Молярна маса води: $M_r = 18 \text{ г/моль}$. Кількість моль води (розчинника):

$$n_2 = \frac{m}{M_r} = \frac{450}{18} = 25 \text{ моль.}$$

Пониження тиску пари над розчином:

$$17,5 - p = 17,5 \cdot \frac{0,3}{0,3 + 25} = 0,21 \text{ мм.рт.ст.}$$

$$p = 17,5 + 0,21 = 17,29 \text{ мм.рт.ст.}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 37

Приклад 4. Обчисліть пониження температури замерзання розчину, який містить 9 л води і 4 л етиленгліколю $C_2H_6O_2$. Густина етиленгліколю дорівнює $1,11 \text{ г/см}^3$.

Розв'язок. Згідно 2-го закону Рауля, пониження температури замерзання розчину пропорційно моляльній концентрації розчину C_m :

$$\Delta t_{\text{зам.}} = K \cdot C_m.$$

де K – криоскопічна стала розчинника; вона дорівнює пониженню температури замерзання одномоляльного розчину; для води $K = 1,86$.

Маса 9 л води ($\rho = 1,0 \text{ г/мл}$) дорівнює 9000 г. Маса 4 л $C_2H_6O_2$:

$$m = V \cdot \rho = 4000 \cdot 1,11 = 4440 \text{ г.}$$

Молярна маса етиленгліколю $M(C_2H_6O_2) = 62 \text{ г/моль}$; кількість речовини етиленгліколю:

$$n = \frac{4440}{62} = 71,6 \text{ моль.}$$

Знаходимо кількість моль етиленгліколю в 1000 г води (моляльну концентрацію розчину):

$$\text{в } 9000 \text{ г води} \quad - \quad 71,26 \text{ моль } C_2H_6O_2$$

$$\text{в } 1000 \text{ г води} \quad - \quad C_m$$

Моляльна концентрація розчину:

$$C_m = \frac{1000 \cdot 76,1}{9000} = 7,96 \text{ м.}$$

Пониження температури замерзання:

$$\Delta t_{\text{зам.}} = 1,86 \cdot 7,96 = 14,8 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Оскільки вода замерзає при $0 \text{ }^\circ\text{C}$, то розчин замерзне при $t = -14,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Завдання для самоконтроля

1. В якому об'ємі 1 М розчину і в якому об'ємі 1 Н розчину міститься 114 г $Al_2(SO_4)_3$?
2. Визначити масову частку $CuSO_4$ в розчині, отриманому при розчиненні 50 г мідного купоросу $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ в 450 г води.
3. Визначити масову частку речовини в розчині одержаному змішуванням 300 г 25 %-го і 400 г 40 %-го розчинів цієї речовини.
4. Для нейтралізації 30 мл 0,1 Н розчину лугу необхідно 12 мл розчину кислоти. Визначити нормальність кислоти.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 38

5. З 400 г 50 %-го розчину H_2SO_4 випаровуванням видалили 100 г води. Чому дорівнює масова частка H_2SO_4 в розчині, що лишився?
6. Змішали два розчини, для яких $\omega(\text{KOH})$ дорівнює відповідно 9 % і 12 %. Маса першого розчину 120 г, другого 380 г. Визначте масову частку KOH в отриманому розчині.
7. Знайти масову частку глюкози в розчині, який містить 280 г води і 40 г глюкози.
8. Знайти масу NaNO_3 , необхідну для приготування 300 мл 0,2 М розчину.
9. Знайти масу води необхідну для приготування розчину NaCl , що містить 1,5 моль NaCl на 1000 г H_2O , якщо взяли наважку 10 г NaCl .
10. Знайти молярність 36,2 %-го розчину HCl , густина якого 1,18 г/мл.
11. На нейтралізацію 40 мл розчину лугу витрачено 24 мл 0,5 Н розчину H_2SO_4 . Яка нормальність розчину лугу. Який об'єм 0,5 Н розчину HCl потрібно для такої ж реакції.
12. Обчисліть масову відсоткову концентрацію 3 Н розчину H_2SO_4 ($\rho = 1,07$ г/мл).
13. Обчисліть молярність розчину Na_2S , в 900 мл якого міститься 100 г Na_2S .
14. Обчисліть нормальність розчину NaBr , в 200 мл якого міститься 20,5 г NaBr .
15. При 25 °С розчинність NaCl дорівнює 36,0 г в 100 г води. Знайти масову частку NaCl в насиченому розчині.
16. Скільки грамів FeCl_2 потрібно для приготування 100 мл 2 М розчину?
17. Скільки грамів Na_2SO_3 необхідно для приготування 5 л 8%-го розчину ($\rho = 1,075$ г/мл)?
18. Скільки грамів Na_2CO_3 міститься в 500 мл 0,25Н розчину?
19. Скільки грамів NaOH необхідно для приготування 3 л 30 %-го розчину густиною 1,33 г/мл?
20. Скільки мілілітрів 0,5 М розчину H_2SO_4 можна приготування із 15 мл 2,5 М розчину.
21. Скільки мілілітрів 96 %-го розчину H_2SO_4 ($\rho = 1,84$ г/мл) потрібно взяти для приготування 1 л 0,25 Н розчину?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 39

22. Чому дорівнює маса безводного ферум(II) сульфату, який міститься в розчині об'ємом 800 мл ($\rho = 1,10$ г/мл), з масовою часткою розчиненої речовини 10 %.
23. Яка маса $K_3[Fe(CN)_6]$ потрібно для приготування 3 л 0,1 Н розчину?
24. Яка маса розчиненої речовини міститься в розчині масою 1,8 кг, з масовою часткою 20 %, і чому дорівнює масова частка розчиненої речовини, якщо вона масою 75 г міститься в розчині масою 250 г?
25. Обчисліть масову частку для розчину, який приготовлений з K_2SO_4 масою 10 г і води об'ємом 80 мл?
26. Який об'єм 2 М розчину Na_2CO_3 потрібно взяти для приготування 1 л 0,25 Н розчину?
27. В якому об'ємі 0,5 М розчину $MnSO_4$ міститься 25 г цієї солі?
28. В якому об'ємі 2 Н розчину $NaOH$ міститься 40 г цієї речовини?
29. При 25 °С тиск пари води дорівнює 31,68 гПа. Знайдіть масу глюкози, яку потрібно розчинити у воді масою 540 г, щоб знизити тиск пари на 8 гПа?
30. Тиск пари розчину, що містить розчинену речовину кількістю 0,05 моль і воду масою 90 г, дорівнює 52,67 гПа при температурі 34 °С. Чому дорівнює тиск пари чистої води при цій же температурі?
31. При якій температурі повинні замерзати розчини, приготовані розчиненням в воді об'ємом 200 мл: 1) сахарози масою 20,52 г; 2) глюкози масою 14,4 г; 3) сечовини масою 3 г?
32. Чому дорівнює осмотичний тиск 0,5 М розчину глюкози $C_6H_{12}O_6$ при 25 °С?
33. До 100 мл 0,5 М водного розчину сахарози $C_{12}H_{22}O_{11}$ додали 300 мл води. Чому дорівнює осмотичний тиск отриманого розчину при 25 °С?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 40

Лабораторна робота № 4. **Електролітична дисоціація.**
Розчини електролітів.

Короткі теоретичні відомості

Електроліти – речовини, які в розчинах чи розплавах проводять електричний струм.

Електролітична дисоціація – розпад молекул речовини в розчині чи розплаві на позитивно і негативно заряджені частки.

Теорія електролітичної дисоціації Арреніуса:

1. електроліти при розчиненні розпадаються (дисоціюють) на позитивно та негативно заряджені іони;
2. під дією електричного струму, позитивно заряджені іони (катіони) рухаються до катоду, а негативно заряджені (аніони) – до аноду;
3. дисоціація – зворотний процес.

Причина дисоціації – фізико-хімічна взаємодія розчиненої речовини і розчинника.

Ступінь дисоціації α – відношення числа молекул, (n) що розпався на іони в розчині чи розплаві, до загальної кількості молекул в розчині (N):

Фактори, що впливають на ступінь електролітичної дисоціації:

- Природа розчинника;
- Температура;
- Концентрація розчину (обернено пропорційна α);
- Присутність в розчині іонів домішок, однойменних з іонами електроліта.

Сильні і слабкі електроліти:

Сильні електроліти практично повністю дисоціюють на іони (всі розчинні солі, кислоти (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , HBr) гідроксиди лужних та лужноземельних металів)

Слабкі електроліти дисоціюють на іони лише частково (органічні кислоти, слабкі мінеральні кислоти (H_2CO_3 , H_2S , HNO_2 ,...); нерозчинні основи та NH_4OH).

Оскільки електролітична дисоціація є процесом оборотним, то як будь-який оборотний процес характеризується константою рівноваги, яка називається константою дисоціації K_a

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 41

Константа дисоціації – це відношення добутку молярних концентрацій іонів в степенях, що дорівнюють стехіометричним коефіцієнтам, до початкової молярної концентрації електроліту при постійній температурі:

$$K_m A_n \leftrightarrow m K^+ + n A^-$$

$$K_o = \frac{[K^+]^m \cdot [A^-]^n}{[KA]}$$

Для сильних електролітів константи дисоціації не існує, тому що вони дисоціюють практично повністю.

Електролітична дисоціація води і іонний добуток води.

Вода є амфотерним слабким електролітом.

Константа дисоціації води має вигляд:

$$K_o = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]}$$

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

Одержаний вираз називається іонним добутком води:

При 22°C добуток молярних концентрацій іонів $[H^+]$ і $[OH^-]$ є сталою величиною, яка складає 10^{-14} .

Водневий показник (pH) – десятковий логарифм молярної концентрації іонів Гідрогену у водному розчині, взятий з протилежним знаком. Виражає характер середовища розчину.

$$pH = -\lg [H^+]$$

$$pH + pOH = 14$$

$pH < 7$ – кисле середовище,

$pH = 7$ – нейтральне середовище,

$pH > 7$ – лужне середовище.

Індикатори – речовини, за допомогою яких якісно визначають середовище розчину, в залежності від зміни їх забарвлення.

Індикатор	Забарвлення в середовищі		
	кислому	нейтральному	лужному
Лакмус	Червоний	Синій	Синій
Метилловий оранжевий	Червоний	Оранжевий	Жовтий
Фенолфталеїн	Безбарвний	Безбарвний	Малиновий
Метилловий червоний	Червоний	Жовтий	Жовтий
Бромтимоловий голубий	Жовтий	Голубий	Голубий

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 42

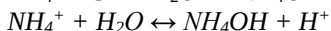
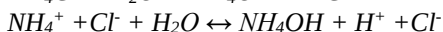
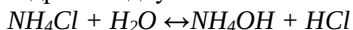
Гідроліз солей

Гідроліз солей – реакція обмінного розкладу солей водою, в результаті чого з іонів розчиненої солі і Гідрогену чи Гідроксиду води утворюють молекули слабких електролітів і змінюється водневий показник середовища розчину.

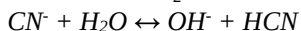
Солі утворені катіонами сильних кислот та аніонами сильних кислот не гідролізуються.

Гідролізуються солі:

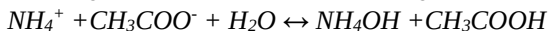
- 1) Солі утворені катіонами слабких основ і катіонами слабких кислот. Гідроліз відбувається по катіону, $pH < 7$, середовище кисле.



- 2) Солі утворені катіонами сильних основ та аніонами слабких кислот. Гідроліз відбувається по аніону, $pH > 7$, середовище лужне.



- 3) Солі, утворені катіонами слабких основ та аніонами слабких кислот. Розчин такої солі практично нейтральний, $pH \approx 7$.



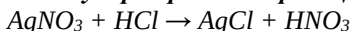
Іонообмінні реакції

Хімічні реакції в розчинах електролітів відбуваються між іонами називаються іонообмінними. Рівняння таких реакцій записують в молекулярній, іонно-молекулярній і короткій іонно-молекулярній формах. При складанні рівнянь реакцій в іонно-молекулярній формах формули малорозчинних сполук, газів, слабких електролітів і комплексних сполук пишуть без змін.

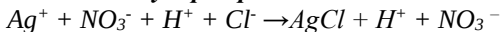
Іонообмінні реакції являються необоротними, ідуть зліва направо, до кінця, якщо внаслідок взаємодії між іонами:

- 1) Утворюється осад малорозчинної сполуки:

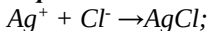
Молекулярне рівняння реакції:



Іонно-молекулярне рівняння:



Коротке іонно-молекулярне рівняння:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 43

- 2) Виділяється летка сполука:
 $Na_2S + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2S\uparrow$
 $2Na^+ + S^{2-} + 2H^+ + 2Cl^- \rightarrow 2Na^+ + 2Cl^- + H_2S\uparrow$
 $S^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2S\uparrow$;
- 3) Утворюється слабкий електроліт:
 $H_2SO_4 + 2KOH \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$
 $2H^+ + SO_4^{2-} + 2K^+ + 2OH^- \rightarrow 2K^+ + SO_4^{2-} + 2H_2O$
 $2H^+ + 2OH^- \rightarrow 2H_2O$
- 4) Утворюється комплексна сполука.
 $FeCl_3 + 3NH_4SCN + 3H_2O \rightarrow [Fe(SCN)_3(H_2O)_3] + 3NH_4Cl$
 $Fe^{3+} + 3Cl^- + 3NH_4^+ + 3SCN^- + 3H_2O \rightarrow [Fe(SCN)_3(H_2O)_3] + 3NH_4^+ + 3Cl^-$
 $Fe^{3+} + 3SCN^- + 3H_2O \rightarrow [Fe(SCN)_3(H_2O)_3] + 3Cl^-$

Експериментальна частина

Прилади та реактиви: рН-метр; електроплитка; пробірки; стакани; розчини 0,1М: **HCl**, **H₂SO₄**, **HNO₃**; розчини 0,1М: **NaOH**, **KOH**, **NH₄OH**; індикатори метилоранж, лакмус, фенолфталеїн, універсальний індикатор.

Дослід №1 Визначення середовища розчинів за допомогою індикаторів

В чотири пробірки помістіть по 2-3 краплі розчину **HCl** і в кожну з них додайте 1-2 краплі індикаторів: в першу – метилоранжу, в другу – лакмусу; в третю – фенолфталеїну і в четверту – універсальний індикатор. Повторіть дослід, замінивши розчин **HCl** на розчин **KOH**. Якого забарвлення набуває кожен із індикаторів в розчинах кислоти і лугу? Окремо визначте забарвлення індикаторів в нейтральному середовищі – дистильованій воді. Результати запишіть в таблицю 1.

Таблиця 1

Індикатор	Забарвлення індикатора в середовищі		
	кислому	нейтральному	лужному
Метилоранж			
Лакмус			
Фенолфталеїн			
Універсальний індикатор			
$\approx pH$			

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 44

Дослід №2 Визначення рН розчинів потенціалометричним методом

Для точного вимірювання **pH** розчинів широко використовують потенціалометричний метод з застосуванням спеціальних приладів – рН-метрів, дія яких базується на вимірюванні потенціала індикаторного електрода, який залежить від концентрації іонів **H⁺** в досліджуваному розчині.

Підготуйте рН-метр до роботи згідно інструкції по експлуатації. Стандартний і індикаторний електроди промийте дистильованою водою і осушіть фільтрувальним папером. В стакан налейте досліджуваний розчин **HCl** і опустіть в нього електроди. Виміряйте **pH** розчину.

Вийміть електроди з розчину, промийте їх водою і осушіть, в промитий дистильованою водою стакан налейте досліджуваний розчин **NaOH** і виміряйте **pH**. Обчисліть **pH** розчинів **HCl** і **NaOH** даної концентрації. Результати запишіть в таблицю 2

Таблиця 2

Розчин	Концентрація, моль/л	pH	
		виміряне	обчислене
HCl	0,001M		
NaOH	0,01M		

Дослід №3 Необоротні і оборотні іонообмінні реакції

В п'ять пробірок помістіть по 4-5 крапель розчинів:

BaCl₂ і **Na₂SO₄**;

Na₂CO₃ і **H₂SO₄**;

NaOH і **HNO₃**;

FeCl₃ і **NH₄SCN**;

NaNO₃ і **K₂SO₄**.

В третю пробірку до розчину **NaOH** додайте спершу краплю фенолфталеїну і після цього – розчину **HNO₃**. Що спостерігається в пробірках? Напишіть рівняння іонообмінних реакцій в молекулярній, повній і короткій іонно-молекулярних формах. За яких умов іонообмінні реакції являються необоротними, проходять до кінця?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 45

Дослід №4 Гідроліз солей

На листок білого паперу помістіть п'ять окремих смужок універсального індикаторного папірця і на кожну з них нанесіть краплю розчинів NaCl , K_2SO_4 , ZnSO_4 , Na_2CO_3 , $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$.

Порівняйте забарвлення індикаторних папірців із шкалою, запишіть pH розчинів солей, охарактеризуйте природу кожної солі.

Результати запишіть в таблицю 3

Таблиця 3

Речовина	Сіль утворена		pH	Число ступенів гідролізу
	кислотою сильн. слаб.	основою сильн. слаб.		
NaCl				
K_2SO_4				
ZnSO_4				
Na_2CO_3				
$\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$				

Напишіть рівняння гідролізу в молекулярному та іонному вигляді для однієї із зазначених солей на вибір.

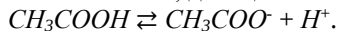
Приклади розв'язання

Приклад 1. Що таке константа дисоціації? Напишіть вираз константи дисоціації CH_3COOH і обчисліть ступінь дисоціації 0,2 М розчину CH_3COOH , якщо $K_a = 1,74 \cdot 10^{-5}$.

Розв'язок. Оскільки електролітична дисоціація – оборотний процес, то вона підлягає закону діючих мас.

Константа дисоціації K_a – це відношення добутку молярних концентрацій іонів в степенях, що рівні коефіцієнтам у рівнянні дисоціації, до вихідної молярної концентрації електроліту.

Оцтова кислота – слабка кислота, дисоціює оборотно:



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1,74 \cdot 10^{-5}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 46

Константа дисоціації K_d , ступінь дисоціації α і молярна концентрація C_M зв'язані співвідношенням, яке називається законом розведення Оствальда:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C_M}};$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1,74 \cdot 10^{-5}}{0,2}} = 9,34 \cdot 10^{-3} \text{ або } 0,93 \%$$

Приклад 2. Обчислити ступінь дисоціації оцтової кислоти у розчині з молярною концентрацією речовини CH_3COOH 0,1 моль/дм³.

Розв'язок. Для розв'язування задачі необхідно взяти з таблиці 13, додатку Б значення константи дисоціації оцтової кислоти:

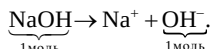
$$K_d(CH_3COOH) = 1,74 \cdot 10^{-5}.$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C_M}};$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1,74 \cdot 10^{-5}}{0,1}} \cong 1,33 \%$$

Приклад 3. Обчисліть молярну концентрацію іонів гідрогену і рН 0,01 М розчину $NaOH$.

Розв'язок. Гідроксид натрію – сильна основа, в розведеному розчині якої $\alpha = 1$:



При повній дисоціації з 1 моль $NaOH$ утворюються 1 моль іонів OH^- , а з 0,01 моль $NaOH$ – 0,01 моль OH^- .

Молярна концентрація $[OH^-] = 10^{-2}$ моль/л, концентрація іонів гідрогену обчислюють виходячи з іонного добутку води:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14},$$

звідси:

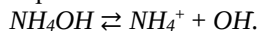
$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12} \text{ моль/л},$$

$$pH = -\lg(10^{-12}) = 12.$$

Приклад 4. Обчисліть рН 0,001 М розчину NH_4OH , константа дисоціації якого $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 47

Розв'язок. Розчин гідроксиду амонію – слабкий електроліт, який дисоціює в незначній мірі, оборотно:



Ступінь дисоціації слабого електроліту обчислюється згідно закону розведення Оствальда:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_o}{C_M}} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^{-5}}{10^{-3}}} = 0,134$$

З рівняння дисоціації слідує, що з 1 моль слабого електроліту NH_4OH утворюється α моль іонів NH_4^+ і α моль іонів OH^- ; тоді з C_M моль NH_4OH утвориться $C_M \cdot \alpha$ іонів NH_4^+ і $C_M \cdot \alpha$ іонів OH^- .

Молярна концентрація іонів OH^- складає:

$$[\text{OH}^-] = C_M \cdot \alpha = 0,001 \cdot 0,134 = 1,34 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Молярна концентрація іонів H^+ складає:

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{1,34 \cdot 10^{-4}} = 7,46 \cdot 10^{-11} \text{ моль/л.}$$

$$\text{pH} = -\lg(7,46 \cdot 10^{-11}) = 10,13.$$

Завдання для самоконтроля

1. Константа дисоціації масляної кислоти $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ дорівнює $1,5 \cdot 10^{-5}$. Обчислити ступінь її дисоціації в 0,005 М розчині.
2. Знайти ступінь дисоціації гіпохлоритної кислоти HClO в 0,2 Н розчині.
3. Ступінь дисоціації мурашиної кислоти HCOOH в 0,2 Н розчині дорівнює 0,03. Визначити константу дисоціації кислоти.
4. Ступінь дисоціації карбонатної кислоти H_2CO_3 за першим ступенем в 0,1 Н розчині дорівнює $2,11 \cdot 10^{-3}$. Обчислити константу дисоціації K_{a1} .
5. При якій концентрації розчину ступінь дисоціації нітритної кислоти HNO_2 буде дорівнювати 0,2?
6. В 0,1 Н розчині ступінь дисоціації оцтової кислоти дорівнює $1,32 \cdot 10^{-2}$. При якій концентрації нітритної кислоти HNO_2 її ступінь дисоціації буде така сама?
7. Скільки води потрібно додати до 300 мл 0,2 М розчину оцтової кислоти, щоб ступінь дисоціації кислоти подвоївся?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 48

8. Чому дорівнює концентрація іонів $[H^+]$ у водному розчині мурашиної кислоти $HCOOH$, якщо $\alpha = 0,03$?
9. Обчислити $[H^+]$ в 0,02 М розчині сульфитної кислоти. Дисоціацією кислоти за другим ступенем знехтувати.
10. Обчислити $[H^+]$, $[HSe^-]$ і $[Se^{2-}]$ в 0,05 М розчині H_2Se .
11. В 1 л 0,01 М розчину оцтової кислоти міститься $6,26 \cdot 10^{21}$ її молекул та іонів. Визначити ступінь дисоціації.
12. Знайти молярну концентрацію іонів H^+ в водних розчинах, в яких концентрація гідроксид-іонів (в моль/л) дорівнює: 1) 10^{-4} ; 2) $3,2 \cdot 10^{-6}$; 3) $7,4 \cdot 10^{-11}$.
13. Знайти молярну концентрацію іонів OH^- в водних розчинах, в яких концентрація іонів H^+ (в моль/л) дорівнює: 1) 10^{-3} ; 2) $6,5 \cdot 10^{-8}$; 3) $1,4 \cdot 10^{-6}$.
14. Обчислити рН розчинів, в яких концентрація іонів H^+ (в моль/л) дорівнює 1) $2 \cdot 10^{-7}$; 2) $8,1 \cdot 10^{-3}$; 3) $2,7 \cdot 10^{-10}$.
15. Обчислити рН розчинів, в яких концентрація іонів OH^- (в моль/л) дорівнює 1) $4,6 \cdot 10^{-4}$; 2) $5 \cdot 10^{-6}$; 3) $9,3 \cdot 10^{-9}$.
16. Обчислити рН 0,01 Н розчину оцтової кислоти, в якому ступінь дисоціації кислоти дорівнює 0,042.
17. Визначити $[H^+]$ і $[OH^-]$ в розчині, рН якого дорівнює 6,2.
18. Обчислити рН наступних слабких електролітів: 1) 0,02 М NH_4OH ; 2) 0,1 М HCN ; 3) 0,05 Н $HCOOH$; 4) 0,01 М CH_3COOH .
19. Чому дорівнює концентрація розчину оцтової кислоти, рН якого становить 5,2?
20. Обчислити масу осаду $AgCl$, який виділиться при змішуванні 100 мл $NaCl$ концентрацією 0,5 моль/л і 50 мл $AgNO_3$ концентрацією 0,1 моль/л.
21. Чи випаде в осад плумбум(II) сульфат ($PbSO_4$), якщо до 1 л розчину сульфатної кислоти з концентрацією 0,001 моль/л додати сполуку $Pb(NO_3)_2$ з концентрацією 0,0002 моль/л?
22. Чи утворюється осад, при змішуванні рівних об'ємів насиченого розчину $CaSO_4$ з розчином $(NH_4)_2C_2O_4$ з концентрацією 0,0248 г/л?
23. Серед наведених солей вказати ті, що не гідролізують, а для тих, що гідролізують, вказати тип гідролізу: K_2SO_4 , Na_2Se , BaS , $RbNO_3$, $LiCl$, NH_4NO_3 , $ZnCl_2$, K_2SO_3 , Na_3PO_4 , $KClO_3$, $HCOOK$, NH_4ClO_4 , $Fe(CH_3COO)_3$, $AlSO_4NO_3$? Написати рівняння гідролізу в іонно-молекулярній формі для однієї із солей.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 49

Лабораторна робота №5.

Окисно-відновні процеси в біосфері. Електрохімічні процеси

Короткі теоретичні відомості

Хімічні реакції, в ході яких змінюються ступені окиснення елементів у сполуках, називаються **окисно-відновними реакціями**.

Ступінь окиснення – умовний заряд атома елемента в сполуках, який обчислюють, допускаючи, що всі сполуки складаються з іонів.

Правила обчислення ступеня окиснення

1. Ступінь окиснення елемента в простих речовинах дорівнює нулю, наприклад, H_2^0 , O_2^0 , S^0 , Fe^0 .

2. Ступінь окиснення Гідрогену в сполуках +1, а Оксигену – 2, наприклад, $H_2^{+1}SO_4^{-2}$.

3. Вищий ступінь окиснення елемента, як правило, дорівнює номеру групи. Елементи – метали у сполуках мають лише позитивні ступені окиснення.

4. Елементи – неметали, крім позитивних, мають і негативні ступені окиснення. Мінімальний негативний ступінь окиснення елемента-неметала дорівнює (№ групи – 8).

5. Сума ступенів окиснення всіх атомів або іонів, що входять до складу сполуки, дорівнює нулю.

Сума ступенів окиснення всіх атомів в складі іона дорівнює заряду іона.

$$\begin{aligned} &K^{+1}Mn^xO_4^{-2} \\ &+1 + x - 2 \cdot 4 = 0 \\ &x = +7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &(S^xO_4^{-2})^{2-} \\ &x - 2 \cdot 4 = -2 \\ &x = +6 \end{aligned}$$

Реакція окиснення – процес віддачі електронів з підвищенням ступеня окиснення.

Окисник – елемент, який у процесі реакції приймає електрони, при цьому ступінь окиснення зменшується.

Реакція відновлення – процес приєднання електронів із зменшенням ступеня окиснення.

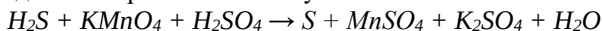
Відновник – елемент, який в процесі реакції віддає електрони, при цьому ступінь окиснення підвищується.

Рівняння окисно-відновних реакцій складають, користуючись правилом електронного балансу:

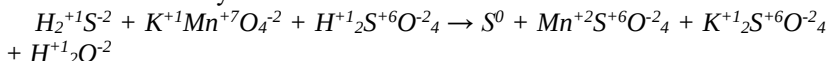
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 50

кількість електронів, які віддає атом (іон, молекула) відновника, повинна дорівнювати кількості електронів, які приєднують частинки окисника.

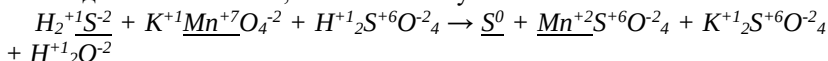
Визначення коефіцієнтів в рівняннях окисно-відновних реакцій методом електронного балансу.



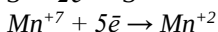
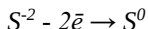
Визначаємо ступені окиснення елементів:



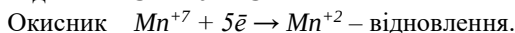
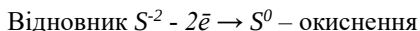
Виділяємо елементи, які змінили ступінь окиснення:



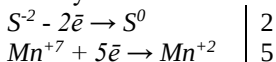
Складаємо електронні рівняння для елементів, які змінили ступінь окиснення:



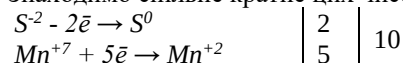
Визначаємо елементи: відновник, окисник, реакцію окиснення і відновлення:



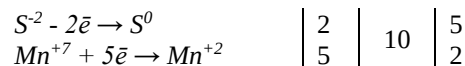
Записуємо кількість електронів в реакції окиснення і відновлення:



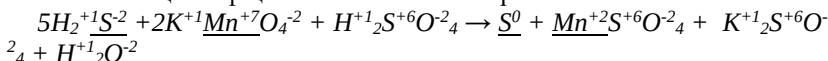
Знаходимо спільне кратне цих чисел:



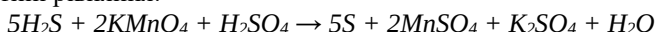
Ділимо спільне кратне на кількість електронів, при цьому одержуємо коефіцієнти при відновнику і окиснику



Ставимо ці коефіцієнти в лівій частині рівняння:

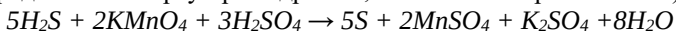


Зрівнюємо число атомів, які змінили ступені окиснення, в правій частині рівняння:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 51

Зрівнюємо число атомів, що не змінили ступені окиснення (передостанню чергу при Гідроґені, в останню – при Оксигені):



Електрохімічними процесами називають окисно-відновні реакції, які відбуваються в розчинах або розплавах електролітів на поверхні електродів і супроводжуються або появою в системі електричного струму, або відбуваються при підведенні струму від зовнішнього джерела.

Електрод – це пластинка з металу, графіту або іншого матеріалу, який має електричну провідність і опущена в розчин або розплав електроліта.

Різниця потенціалів на межі розділу метал-розчин електроліту називаються електродним потенціалом (φ). Електродному потенціалу прийнято приписувати той знак, який виникає на поверхні металу в подвійному електричному шарі.

Електродний потенціал металу залежить від наступних факторів:

- 1) природи металу, яка визначається величиною його стандартного електродного матеріалу $\varphi^0_{Me/Me^{n+}}$;
- 2) температури T ;
- 3) заряду іона металу n ;
- 4) від активності (молярної концентрації) іонів електроліта в розчині. Ця залежність виражається рівнянням Нернста:

$$\varphi_{Me/Me^{n+}} = \varphi^0_{Me/Me^{n+}} + \frac{RT}{nF} \ln a_{Me^{n+}}$$

Експериментальна частина

Прилади та реактиви: пробірки; розчини: $KMnO_4$ 0,5Н, H_2SO_4 2Н, $NaOH$ 2Н, K_2SO_3 кристалічний.

Дослід №1 Окисні властивості калій перманганату в залежності в залежності від рН середовища

В три пробірки помістіть по 2-3 краплі розчину $KMnO_4$ і додайте: в першу пробірку – 2 краплі розчину H_2SO_4 , в другу – стільки ж розчину $NaOH$, в третю – дистильованої води. В кожен пробірку внесіть на кінчику шпателя по крупинці K_2SO_3 і перемішайте. Як зміниться

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 52

забарвлення в кожній пробірці? Майте на увазі, що сполуки Мангану з різними ступенями окиснення мають характерне забарвлення: іон MnO_4^- – фіолетовий, Mn^{2+} – практично безбарвний, іон MnO_4^{2-} – зелений, діоксид MnO_2 – малорозчинна сполука бурого кольору. Складіть рівняння реакції за участю $KMnO_4$ і K_2SO_3 в кислому, лужному і нейтральному середовищах, визначте окисник і відновник. До яких ступенів окиснення відновлюється $KMnO_4$ при $pH < 7$? $pH = 7$? $pH > 7$?

Дослід №2 Гальванічні елементи Даніеля-Якобі

Прилади та реактиви: вольтметр; гальванометр; випрямляч; стакани на 100 мл; пластини з міді, цинку, заліза; мідна дротина; електролітичний ключ; гранули цинку; смужки оцинкованого і лудженого заліза 1×10 см; графітові електроди; розчини: $CuSO_4$, 1М; $FeSO_4$, 1М; $ZnSO_4$, 1М; $K_3[Fe(CN)_6]$, 0,5Н; KI , 0,5Н; Na_2SO_4 , 0,5Н; крохмаль, 0,5%; фенолфталеїн; універсальний індикаторний папір.

В стакан з 1М розчину $ZnSO_4$ опустіть зачищену наждачним папером і промиту дистильованою водою цинкову пластинку; в другий стакан з 1М розчином $FeSO_4$ опустіть аналогічно підготовлену залізну пластинку. З'єднайте стакани електрохімічним ключем, а електроди – провідниками з вольтметром. Спостерігайте відхилення стрілки приладу. Замініть цинковий електрод приготовленим мідним електродом. В яку сторону відхилилась стрілка вольтметра? Замініть послідовність з'єднання електродів з вольтметром.

Напишіть схеми цинк-залізного і залізо-мідного гальванічних елементів, вкажіть анод, катод. В якому напрямку переміщуються електрони в зовнішньому ланцюгу цих елементів? Напишіть рівняння реакції на електродах елементів, сумарні рівняння реакції. В знайдіть табличні значення стандартних електродних потенціалів металів і обчисліть стандартну напругу цих гальванічних елементів.

Дослід №3 Гальванічний елемент Вольтя (контактна електрохімічна корозія металів)

В пробірку наберіть 1 мл розчину H_2SO_4 , розведіть 1-1,5 мл води і помістіть гранулу цинку. Спостерігайте повільне виділення водню на

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 53

поверхні металу (корозія цинку). Опустіть в розчин кислоти зачищену мідну дротину. Чи витісняє мідь водень з розчину H_2SO_4 ? Доторкніться дротиною до гранули цинку. Що відбувається?

Складіть схему корозійного мікрогальванічного елемента, напишіть рівняння реакцій на електродах. Чому при контакті цинку і міді в розчині кислоти водень виділяється на поверхні міді, а швидкість корозії цинку зростає?

Дослід №4 Корозія оцинкованого і лудженого заліза

В дві пробірки по 0,5 мл розчину H_2SO_4 , додайте 5 мл води і 2-3 краплі розчину $K_3[Fe(CN)_6]$, який є чутливим реактивом на іони Fe^{2+} і Zn^{2+} . В першу пробірку помістіть смужку оцинкованого заліза, а в другу – лудженого. Спостерігайте появу жовтого забарвлення в першій пробірці внаслідок утворення комплексу $Zn_3[Fe(CN)_6]_2$ і синього в другій – за рахунок комплексу $Fe[Fe(CN)_6]_2$.

Напишіть схеми мікрокорозійного цинк-залізного і залізо-олов'яного гальванічного елементів в розчині H_2SO_4 і рівняння реакції при порушенні покриттів. Зробіть висновок про захисну здатність цинкового і лудженого покриттів на залізі.

Завдання для самоконтролю

1. Користуючись правилом електронного балансу урівняти рівняння окисно-відновних реакцій, визначити окисник і відновник, вказати процеси окиснення та відновлення й тип реакції:

- 1) $HClO_3 \rightarrow ClO_2 + HClO_4 + H_2O$;
- 2) $KClO_3 \rightarrow O_2 + KCl$;
- 3) $I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 + H_2O$;
- 4) $AgNO_3 \rightarrow Ag + NO_2 + O_2$;
- 5) $HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$;
- 6) $H_2S + HNO_3 \rightarrow S + NO_2 + H_2O$;
- 7) $As_2S_3 + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3AsO_4 + H_2SO_4 + NO$;
- 8) $Zn + KOH + H_2O \rightarrow K_2[Zn(OH)_4] + H_2$;
- 9) $H_2S + KMnO_4 + HCl \rightarrow S + MnCl_2 + KCl + H_2O$;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 54

- 10) $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$;
 11) $\text{H}_2\text{MnO}_4 \rightarrow \text{HMnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
 12) $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$;
 13) $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$;
 14) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOK} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KOH}$;
 15) $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{N}_2 + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$;
2. Напишіть рівняння реакцій, які протікають в наступних елементах:
- 1) $\text{Zn} \mid \text{ZnSO}_4 \parallel \text{CuSO}_4 \mid \text{Cu}$;
 2) $\text{Cu} \mid \text{CuCl}_2 \parallel \text{AlCl}_3 \mid \text{Al}$;
3. Як повинні бути складені елементи та напівелементи, щоб в них протікали реакції:
- 1) $\text{Cd} + \text{CuSO}_4 = \text{CdSO}_4 + \text{Cu}$;
 2) $2\text{Ag}^+ + \text{H}_2 = 2\text{Ag} + 2\text{H}^+$;
 3) $\text{Ag}^+ + \text{I}^- = \text{AgI}_{(\text{т})}$;
 4) $\text{Ag}_{(\text{т})} + \text{I}_{(\text{т})} = \text{AgI}_{(\text{р-н})}$;
 5) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$;
 6) $\text{Zn} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Fe}^{2+}$;
4. Розрахуйте ЕРС елемента:
- $$\text{Zn} \mid \text{Zn}^{2+} \parallel \text{Cd}^{2+} \mid \text{Cd}$$
- $$C_M = 5 \cdot 10^{-4} \text{ М} \quad C_M = 0,2 \text{ М}$$
5. Напишіть рівняння реакції для елемента:
- $$\text{Pb} \mid \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \parallel \text{AgNO}_3 \mid \text{Ag}$$
- $$C_M = 1 \text{ М} \quad C_M = 1 \text{ М}$$
- Обчисліть ЕРС.
6. Зобразіть схематично гальванічний елемент, запишіть напівреакції анодного та катодного процесів, обчисліть його ЕРС, якщо він складений:
- 1) з мідного та цинкового електродів, занурених в 1 М розчини їх сульфатів;
 2) зі срібного та залізного (III) електродів, занурених в 1 М розчини їх нітратів;
 3) з кадмієвого та мідного електродів, занурених в 1 М розчини їх хлоридів;
 4) із золотого та кадмієвого електродів, занурених в 1 М розчини їх нітратів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 55

**Лабораторна робота 6. Біогеохімічний колообіг фосфору.
Визначення сполук фосфору у водних розчинах**

Короткі теоретичні відомості

Фосфор належить до найбільш поширених у природі хімічних елементів. Він дуже активний, тому у вільному стані майже не зустрічається. Основна маса його зосереджена у літосфері – входить до складу більш як 200 мінералів. При руйнуванні гірських порід фосфати потрапляють у ґрунт і під дією ґрунтових кислот розчиняються і засвоюються рослинами. Концентрується Фосфор в основному в плодах і насінні. В організм тварин і людини він надходить з продуктами рослинництва. Надзвичайно важлива роль цього елементу в складі білків, нуклеїнових кислот, ферментів, вітамінів тощо. В тваринних організмах він знаходиться в кістках, м'язах, нервовій тканині. В організмі людини в середньому міститься близько 1,5 кг Фосфору. В результаті розпаду фосфоровмісних органічних сполук (нуклеопротейдів, фосфопротейдів, фосфатидів, аденозинтрифосфорної кислоти, фосфатних естерів тощо) утворюються різноманітні солі: однозаміщені і двозаміщені солі калію, натрію, амонію, кальцію і магнію – Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ тощо. Кількість солей фосфатної кислоти, яка виділяється з сечею в людському і тваринному організмі, відображає інтенсивність обміну фосфоровмісних сполук і в середньому складає 2,5–3,5г за добу при перерахунку на P_2O_5 . Співвідношення між однозаміщеними і двозаміщеними солями змінюється в залежності від характеру їжі. При споживанні м'яса виділяються в основному однозаміщені солі. При споживанні овочевих продуктів з сечею видаляються в основному двозаміщені солі фосфатної кислоти. В ґрунт фосфор повертається разом з органічними рештками та відходами. Специфічні фосфобактерії переводять фосфорорганічні сполуки знову у мінеральний стан.

У сучасних умовах ведення сільського господарства рівень врожайності ґрунтів в значній мірі залежить від вмісту в них засвоюваних фосфатів. Але майже 70% Фосфору втрачається із ґрунту внаслідок водної та вітрової ерозії, у великій кількості він виноситься з урожаєм, змивається дощем і снігом. Тому запаси Фосфору в ґрунті

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 56

необхідно постійно поповнювати. Щорічно у світі виробляють $20 \cdot 10^6$ т фосфорних добрив. Загальна властивість ґрунту поглинати фосфати дуже висока, але в перший рік після внесення добрив поглинається тільки 30% Фосфору, тому виникає постійна необхідність збільшувати норми, а це призводить до «фосфатизації суші». Фосфати вимиваються з ґрунту в водойми. Тут вони засвоюються фітопланктоном і по харчовому ланцюгу повертаються в кругообіг у вигляді фекалій (гуано) птахів. Друга частина фосфатів осідає у вигляді кулеподібних утворень, за складом близьких до апатитів, і випадає з кругообігу.

Надмірний вміст Фосфору в водоймах викликає бурхливе розмноження водоростей, яке називають «цвітінням води». Цей процес супроводжується значним зменшенням кількості розчиненого у воді кисню, що призводить до загибелі планктонних організмів, риби, птахів. Екосистема таким чином руйнується. Це явище називається евтрофікацією водоймищ.

Люди, концентруючись у містах, також стають причиною переміщення значної кількості фосфору через харчовий ланцюг та каналізацію у водне середовище. Використання фосфатів для виробництва синтетичних миючих засобів призвело до 2-3 кратного збільшення вмісту фосфору у побутових стічних водах та до 100 кратного – у промислових. Чисельні дослідження свідчать, що частка фосфору у міських побутових стічних водах, що припадають на душу населення, складає до 3 кг на рік. Небезпеку для екосистем та людини являють фосфоровмісні пестициди, антикорозійні засоби, сикативи, пігменти, техногенні викиди, відходи тваринницьких ферм тощо.

Порядок виконання роботи:

1. Приготування молібденових розчинів А і Б. У хімічному стакані нагрійте майже до кипіння 100 мл дистильованої води і додайте до неї 10 г молібдату амонію. Гарячий розчин відфільтруйте і охолодіть. Додайте до фільтрату 200 мл концентрованої хлоридної кислоти і 100 мл води. Отриманий розчин зберігайте у темній посудині у темному місці. Перед визначенням фосфору потрібну кількість реактиву А розведіть у 5 разів і отримайте реактив Б, яким і користуйтесь.

2. Колориметрування з використанням фотоелектроколориметра КФК-2:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 57

- виберіть світлофільтр. Для цього виміряйте оптичну густину забарвленого розчину з використанням всіх світлофільтрів. Виберіть такий, для якого оптична густина максимальна. Для розчину, забарвленого в синій колір, як правило, світлофільтр жовто-зелений або червоний;

- виберіть кювету. Для цього забарвлений розчин налейте в кювету і виміряйте оптичну густину. Використовують кювети, якщо оптична густина складатиме 0,3-0,5;

- перевірте, чи перемикач чутливості стоїть на 0;
- стрілку амперметра поставте на 0;
- при відкритому кюветному відділенні включіть колориметр в електромережу для прогрівання (15 хв);

- поставте необхідний світлофільтр;
- візьміть дві однакові кювети, в одну налейте дистильованої води, а в другу – приготовлений розчин, поставте їх в кюветну камеру;

- поставте необхідну довжину хвилі;
- закрийте кюветну камеру і по кюветі з водою встановіть стрілку мікроамперметра на нульову поділку шкали екстинкції (100% на шкалі коефіцієнта світлопропускання);

- ручкою зміни кювет поставте в світловий потік кювету з розчином, концентрація якого визначається. Зафіксуйте значення оптичної густини.

3. Приготування стандартних розчинів для побудови калібрувального графіку. На аналітичних терезах зважте 0,245 г K_2HPO_4 і розчиніть його в 1 л 0,1 н. розчину HCl . В 1 мл цього розчину міститься 0,1 мг P_2O_5 .

Візьміть 4 колбочки на 100 мл і послідовно відміряйте в кожен таку кількість калій гідрофосфату: в першу – 1 мл, в другу – 2 мл, в третю – 3 мл, в четверту – 5 мл. Колби долийте 0,1 н розчином HCl до риски і старанно перемішайте. З кожної колби візьміть в окрему пробірку по 5 мл рідини, додайте по 5 мл реактиву Б і 2-3 краплі хлористого олова або аскорбінової кислоти і через декілька хвилин, коли перестане зростати інтенсивність блакитного забарвлення, на фотоелектроколориметрі визначіть оптичну густину для кожної пробірки. Побудуйте градуйовану криву для визначення фосфору. Для цього по горизонтальній осі (вісь абсцис) відкладіть концентрації P_2O_5 в мг на 100 мл розчину, які будуть дорівнювати відповідно: 1 – 0,1 мг;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 58

2 – 0,2 мг; 3 – 0,3 мг; 4 – 0,5 мг, а по вертикальній осі (вісь ординат) – оптичну густину, яка відповідає кожній пробірці. Проведіть через отримані точки лінію, яка і буде градуйованою кривою.

4. Визначення вмісту фосфору у воді. В пробірку налийте 5 мл води, що аналізується, додайте 5 мл розчину Б і 2-3 краплі розчину станум(II)хлориду або аскорбінової кислоти, перемішайте розчин і через декілька хвилин, якщо з'явилося блакитне забарвлення і інтенсивність його не збільшується, визначіть оптичну густину розчину. По калібрувальному графіку знайдіть концентрацію P_2O_5 в мг у досліджуваному розчині.

Запитання для самоконтроля

1. В результаті яких процесів фосфати потрапляють в ґрунт?
2. Опишіть біогеохімічний колообіг фосфору в природі.
3. На чому заснований принцип роботи фотоелектроколориметра?
4. Порядок підготовки приладу КФК – 2 до роботи.
5. Що таке калібрувальний графік? Принципи його побудови

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 59

ДОДАТКИ

Таблиця 1. Фізико – хімічні константи

Назва	Значення		
Гравітаційна стала,	G	$= 6,6720 \cdot 10^{-11}$	Н·м/кг ²
Швидкість поширення електромагнітних хвиль в вакуумі,	c	$= 2,99792458 \cdot 10^8$	м/с
Магнітна проникливість вакууму,	μ_0	$= 1,256637061 \cdot 10^{-6}$	Гн/м
Електрична проникливість вакууму,	ϵ_0	$= 8,85418782 \cdot 10^{-12}$	Ф/м
Стала Планка,	h	$= 6,626176 \cdot 10^{-34}$	Дж/Гц
Атомна одиниця маси,	а.о. м.	$= 1,6605655 \cdot 10^{-27}$	кг
Маса електрона,	m_e	$= 9,109584 \cdot 10^{-31}$	кг
Маса протону,	m_p	$= 1,6726485 \cdot 10^{-27}$	кг
Маса нейтрона,	m_n	$= 1,6749543 \cdot 10^{-27}$	кг
Елементарний електричний заряд,	e	$= 1,6021892 \cdot 10^{-19}$	Кл
Класичний радіус електрона,	r_e	$= 2,817938 \cdot 10^{-15}$	м
Стала Авогадро,	N_A	$= 6,022045 \cdot 10^{23}$	моль ⁻¹
Стала Фарадея,	F	$= 9,648456 \cdot 10^4$	Кл/моль
Стала Лошмідта,	N_L	$= 2,686754 \cdot 10^{25}$	м ⁻³
Універсальна газова стала,	R	$= 8,31441$	Дж/(К·моль)
Нормальні умови: –тиск, –температура,	p T	$= 1,01325 \cdot 10^5$ $= 273,15$	Па °К
Молярний об'єм газу,	V_M	$= 2,241383 \cdot 10^{-2}$	м ³ /моль
Стала Больцмана,	k	$= 1,380662 \cdot 10^{-23}$	Дж/К
Магнітний момент електрона	μ_e	$= 9,284832 \cdot 10^{-24}$	А·м ²

Таблиця 2. Приставки для утворення кратних і ділених одиниць

Приставка	Множник	Приставка	Множник
Тера, Т	10^{12}	Деци, д	10^{-1}
Гіга, Г	10^9	Санті, с	10^{-2}
Мега, М	10^6	Мілі, м	10^{-3}
Кіло, к	10^3	Мікро, мк	10^{-6}
Гекто, г	10^2	Нано, н	10^{-9}
Дека, да	10^1	Піко, п	10^{-12}

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Н4.00.1/Б/ОК13 -1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 60

Таблиця 3
Константи дисоціації деяких слабких електролітів

Електроліт	Рівняння дисоціації	K
Нітритна кислота	$\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$	$4,0 \cdot 10^{-4}$
Амонія гідроксиду	$\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	$1,79 \cdot 10^{-5}$
Боратна кислота (I ступінь)	$\text{H}_3\text{BO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{BO}_3^-$	$6,0 \cdot 10^{-10}$
Вода	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$	$1,8 \cdot 10^{-16}$
Силікатна кислота	$\text{H}_2\text{SiO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SiO}_3^-$	$3,2 \cdot 10^{-10}$
	$\text{HSiO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SiO}_3^{2-}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$
Форміатна кислота	$\text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Сульфітна кислота	$\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$	$1,3 \cdot 10^{-2}$
	$\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$	$6 \cdot 10^{-8}$
Сульфідна кислота	$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$	$8,9 \cdot 10^{-8}$
	$\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$	$1,3 \cdot 10^{-13}$
Карбонатна кислота	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	$4,31 \cdot 10^{-7}$
	$\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$	
Фторидна кислота	$\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$	$7,4 \cdot 10^{-4}$
Ацетатна кислота	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$	$1,86 \cdot 10^{-5}$
Фосфатна кислота	$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$	$7,5 \cdot 10^{-3}$
	$\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$
	$\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$	$2,2 \cdot 10^{-13}$
Ціанідна кислота	$\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$	$7,2 \cdot 10^{-10}$
Оксалатна кислота	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HC}_2\text{O}_4^-$	$5,9 \cdot 10^{-2}$
	$\text{HC}_2\text{O}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/E2.00.1/Б/ОК13 -_1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 61

Таблиця 4

Добуток розчинності малорозчинних речовин у воді

Формула	t, °C	ДР	Формула	t, °C	ДР
Гідроксиди			Хромати		
Al(OH) ₃	25	$1,9 \cdot 10^{-33}$	Ag ₂ CrO ₄	25	$9,0 \cdot 10^{-12}$
Cr(OH) ₃	17	$5,4 \cdot 10^{-31}$	BaCrO ₄	25	$2,4 \cdot 10^{-10}$
Fe(OH) ₃	18	$3,8 \cdot 10^{-33}$	CaCrO ₄	18	$2,3 \cdot 10^{-2}$
Fe(OH) ₃	18	$4,8 \cdot 10^{-16}$	PbCrO ₄	25	$1,8 \cdot 10^{-11}$
Mg(OH) ₃	25	$5,0 \cdot 10^{-12}$	SrCrO ₄	25	$3,5 \cdot 10^{-5}$
Mn(OH) ₂	18	$4,0 \cdot 10^{-14}$	Сульфати		
Zn(OH) ₂	20	$1,0 \cdot 10^{-17}$			
Галогеніди			Ag ₂ SO ₄	25	$7,7 \cdot 10^{-5}$
			BaSO ₄	25	$1,1 \cdot 10^{-10}$
AgCl	25	$1,6 \cdot 10^{-10}$	CaSO ₄	25	$6,3 \cdot 10^{-5}$
AgBr	25	$7,7 \cdot 10^{-13}$	PbSO ₄	25	$2,2 \cdot 10^{-3}$
AgI	25	$1,5 \cdot 10^{-16}$	SrSO ₄	25	$2,8 \cdot 10^{-2}$
PbCl ₂	25	$2,4 \cdot 10^{-4}$	Карбонати		
PbI ₂	25	$8,7 \cdot 10^{-9}$			
Сульфіди			Ag ₂ CO ₃	25	$6,2 \cdot 10^{-12}$
			BaCO ₃	25	$8,1 \cdot 10^{-9}$
Ag ₂ S	25	$1,6 \cdot 10^{-49}$	CaCO ₃	25	$4,8 \cdot 10^{-9}$
As ₂ S ₃	18	$4,0 \cdot 10^{-29}$	MgCO ₃	25	$1,0 \cdot 10^{-5}$
CdS	18	$3,6 \cdot 10^{-29}$	SrCO ₃	25	$1,6 \cdot 10^{-9}$
CuS	25	$8,5 \cdot 10^{-45}$	Фосфати		
FeS	25	$3,7 \cdot 10^{-39}$			
HgS	18	$4,0 \cdot 10^{-53}$	Ag ₃ PO ₄	20	$1,8 \cdot 10^{-18}$
MnS	18	$1,4 \cdot 10^{-15}$	Ca ₃ (PO ₄) ₃	25	$3,5 \cdot 10^{-33}$
PbS	18	$1,1 \cdot 10^{-29}$	CaHPO ₄	25	$\sim 5 \cdot 10^{-6}$
ZnS	25	$1,2 \cdot 10^{-23}$	MgNH ₄ PO ₄	25	$2,5 \cdot 10^{-13}$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Е2.00.1/Б/ОК13 -_1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 62

Таблиця 5

Стандартні електродні потенціали металів

Електрод	Електродна реакція	E^0 , В
Li ⁺ /Li	$\text{Li}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,045
K ⁺ /K	$\text{K}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2,925
Rb ⁺ /Rb	$\text{Rb}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Rb}$	-2,925
Cs ⁺ /Cs	$\text{Cs}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Cs}$	-2,923
Ca ²⁺ /Ca	$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,866
Na ⁺ /Na	$\text{Na}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,714
Mg ²⁺ /Mg	$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,363
Al ³⁺ /Al	$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,662
Mn ²⁺ /Mn	$\text{Mn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,179
Zn ²⁺ /Zn	$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,763
Cr ³⁺ /Cr	$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,744
Fe ²⁺ /Fe	$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,440
Cd ²⁺ /Cd	$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,403
Co ²⁺ /Co	$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Co}$	-0,277
Ni ²⁺ /Ni	$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,250
Sn ²⁺ /Sn	$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,136
Pb ²⁺ /Pb	$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,126
H ⁺ /1/2H ₂	$\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons 1/2\text{H}_2$	±0,000
Cu ²⁺ /Cu	$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,337
Hg ₂ ²⁺ /2Hg	$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}$	+0,788
Ag ⁺ /Ag	$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,799
Au ³⁺ /Au	$\text{Au}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,498

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-23.10- 05.02/2/Е2.00.1/Б/ОК13 -_1_2025
	Екземпляр № 1	Арк 65 / 63

Таблиця 6

Стандартні електродні потенціали окисно-відновних систем (25 °С)

Окислена форма	Відновлена форма	Електродна реакція	E^0 , В
2H^+	H_2	$2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,00
S	S^{2-}	$\text{S} + 2e^- \rightleftharpoons \text{S}^{2-}$	-0,51
PbSO_4	$\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	$\text{PbSO}_4 + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,356
Sn^{4+}	Sn^{2+}	$\text{Sn}^{4+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	+0,15
Cu^{2+}	Cu^+	$\text{Cu}^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+$	+0,153
$\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	+0,22
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + e^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	+0,36
$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2OH^-	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^-$	+0,401
$\frac{1}{2}\text{I}_2$	I^-	$\frac{1}{2}\text{I}_2 + e^- \rightleftharpoons \text{I}^-$	+0,536
MnO_4^-	MnO_4^{2-}	$\text{MnO}_4^- + e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_4^{2-}$	+0,564
$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{MnO}_2(\text{т}) + 4\text{OH}^-$	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2(\text{т}) + 4\text{OH}^-$	+0,57
Fe^{3+}	Fe^{2+}	$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,771
2Hg^{2+}	Hg_2^{2+}	$2\text{Hg}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$	+0,910
$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+$	$\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,94
$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+$	$\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,96
$\text{HNO}_2 + \text{H}^+$	$\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	+1,00
$\frac{1}{2}\text{Br}_2(\text{ж})$	Br^-	$\frac{1}{2}\text{Br}_2 + e^- \rightleftharpoons \text{Br}^-$	+1,065
$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+$	$\frac{1}{2}\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,195
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+$	$2\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1,229
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+$	$2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1,36
$\frac{1}{2}\text{Cl}_2$	Cl^-	$\frac{1}{2}\text{Cl}_2 + e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^-$	+1,36
$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+$	$\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,44
$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+$	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,455
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+$	$\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,51
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+$	$2\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1,77
Co^{3+}	Co^{2+}	$\text{Co}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	+1,82
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	2SO_4^{2-}	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}$	+2,01
$\frac{1}{2}\text{F}_2$	F^-	$\frac{1}{2}\text{F}_2 + e^- \rightleftharpoons \text{F}^-$	+2,87

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																Высшие оксиды	Летучие водородные соединения		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII												
1	1 H водород 1,008																			
2	2 Li бериллий 6,941	3 Be бор 9,0122		4 B углерод 12,011	5 C азот 14,007	6 N кислород 15,999	7 O фтор 18,998	8 F неон 20,179												
3	3 Na натрий 22,99	4 Mg магний 24,312	5 Al алюминий 26,982	6 Si кремний 28,086	7 P фосфор 30,974	8 S сера 32,064	9 Cl хлор 35,453	10 Ar аргон 39,948												
4	4 K калий 39,102	5 Ca кальций 40,08	6 Sc скандий 44,956	7 Ti титан 47,88	8 V ванадий 50,942	9 Cr хром 51,996	10 Mn марганец 54,938	11 Fe железо 55,848	12 Co кобальт 58,933	13 Ni никель 58,7										
5	5 Rb рубидий 85,468	6 Sr стронций 87,62	7 Y иттрий 88,906	8 Zr цирконий 91,224	9 Nb ниобий 92,906	10 Mo молибден 95,94	11 Tc технеций [98]	12 Ru рутений 101,07	13 Rh родий 102,906	14 Pd палладий 106,4										
6	6 Cs цезий 132,905	7 Ba барий 137,33	8 La лантаноиды 138,905	9 Ce церий 140,12	10 Pr примений 140,908	11 Nd неодимий 144,24	12 Pm прометий [145]	13 Sm самарий 150,36	14 Eu европий 151,964	15 Gd гадолиний 157,25	16 Tb тербий 158,925	17 Dy диurioний 162,50	18 Ho holmий 164,930	19 Er ербий 167,26	20 Tm тмлюний 168,934	21 Yb ytterбий 173,04	22 Lu лютеций 174,967			
7	7 Fr франций [223]	8 Ra радий [226]	9 Ac актиноиды [227]	10 Th торий 232,038	11 Pa протактиний 231,036	12 U уран 238,029	13 Np нептуний [237]	14 Pu плутоний [244]	15 Am амерций [243]	16 Cm курий [247]	17 Bk беркелий [247]	18 Cf калорний [251]	19 Es эйзенштейний [252]	20 Fm фермий [257]	21 Md менделеев [258]	22 No нобелий [259]	23 Lr лоуренсий [260]			
Высшие оксиды		R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄											
Летучие водородные соединения				RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR													



Д.И. Менделеев
1834–1907

ПОРЯДОКОВЫЙ
НОМЕР

СИМВОЛ
ЭЛЕМЕНТА

Rb

РУБИДИЙ

85,468

НАЗВАНИЕ
ЭЛЕМЕНТА

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ
АТОМНАЯ МАССА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ЭЛЕМЕНТА
ПО СЛОЯМ

S-элементы

P-элементы

d-элементы

f-элементы

Л А Н Т А Н О И Д Ы

А К Т И Н О И Д Ы

poiskN1.RU