

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»

протокол від 30 березня 2023 р.
№7

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для виконання та оформлення лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Хімічні процеси у машинобудуванні»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
освітньо-професійна програма «Комп'ютерний інжиніринг в машинобудуванні»
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
(назва факультету)
кафедра наук про Землю
(назва кафедри)

Рекомендовано на засіданні
кафедри наук про Землю
(назва кафедри)

24 січня 2023 р., протокол № 1

Розробник: к. т. н., доцент, СКИБА Галина
(науковий ступінь, посада, ПРІЗВИЩЕ, власне ім'я)

Житомир
2023

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 85 / 2</i>

Методичні рекомендації для виконання і оформлення лабораторних занять з дисципліни «Хімічні процеси у машинобудуванні» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2023. – 85 с.

Наведено теоретичні основи та експериментальні частини лабораторних робіт, що відповідають освітнім програмам підготовки фахівців інженерного спрямування, загальні вказівки до виконання та оформлення лабораторних робіт з дисципліни «Хімічні процеси у машинобудуванні» а також завдання для самостійної роботи.

Рецензенти: к. п. н., доцент ГЕРАСИМЧУК Олена.;
к. т. н., доцент ДАВИДОВА Ірина

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 3

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
Лабораторна робота №1. Визначення молярної маси еквівалента металу.....	6
Лабораторна робота №2. Основні класи неорганічних сполук.....	9
Лабораторна робота №3. Будова атомів та періодичний закон елементів Д.І. Менделєєва.....	19
Лабораторна робота №4. Хімічний зв'язок і будова речовин.....	24
Лабораторна робота №5. Енергетика хімічних реакцій.....	27
Лабораторна робота №6. Хімічна кінетика і рівновага.....	32
Лабораторна робота №7. Розчини. Приготування розчинів.....	39
Лабораторна робота №8. Розчини електролітів.....	47
Лабораторна робота №9. Окисно-відновні реакції.....	55
Лабораторна робота № 10. Електрохімічні процеси.....	60
Лабораторна робота №11. Загальні властивості металів. Метали сімейства заліза: Ферум, Кобальт, Нікол.....	66
Лабораторна робота №12. Визначення молекулярної маси високомолекулярних речовин візкозиметричним методом.....	70
ДОДАТКИ	74

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 4

ПЕРЕДМОВА

Хімія є однією з фундаментальних природничих дисциплін, вивчення якої передбачено учбовими планами для студентів інженерно-технічних (нехімічних) спеціальностей, зокрема для спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Однією з умов приєднання України до Болонського процесу є використання в національній системі освіти передових технологій та підходів визнаних у світі. Чільне місце серед них займають компетентнісний, особистісно-орієнтований та діяльнісний підходи до навчання. Впровадження їх у навчальний процес неможливе без відповідних методичних рекомендацій та дидактичних матеріалів.

Дані методичні рекомендації є спробою втілення компетентнісного підходу до проведення лабораторних занять і самостійної роботи студентів у процесі вивчення ними дисципліни «Хімічні процеси у машинобудуванні». Вони роз'яснюють сутність компетентнісного підходу до навчання та умови його впровадження у навчальний процес.

Навчальна дисципліна «Хімічні процеси у машинобудуванні» поряд з іншими природничими дисциплінами посідає чільне місце в системі вищої освіти. Це фундаментальний природознавчий курс, який забезпечує вивчення властивості хімічних елементів та утворених ними речовин дозволяє встановити характер та рівень небезпечності шкідливого впливу виробничих процесів на стан здоров'я населення та навколишнє середовище. В результаті студенти отримують знання уміння та навички, які дозволяють їм виявити можливі техногенні забруднення та небезпечні впливи на людину та довкілля, дати попередню оцінку можливого екологічного збитку від виробничих процесів, розробити способи його запобігання, а отже в подальшій професійній діяльності звести його до мінімуму.

Навчальна дисципліна допоможе сформуванню у студентів комплекс хімічних знань про речовину, її будову, перетворення, можливі галузі застосування, про закономірності протікання хімічних процесів, освоєння на цій основі знань та системи хімічних понять, розвиток хімічного мислення. В результаті вивчення дисципліни студенти навчатимуться спостерігати та кількісно описувати хімічні процеси, які пов'язані з виробництвом та науковими дослідженнями.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 5

Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета. Хімія одна з природничих фундаментальних наук, знання основ якої необхідне для плідної діяльності сучасного інженера, пов'язаної з одержанням, переробкою та застосуванням речовин і виробів з них.

Сучасна хімічна наука ґрунтується на досягненнях, набутих зусиллями багатьох поколінь і має суттєві здобутки в теоретичній та практичній галузях. Це дає змогу використати ці здобутки для вирішення різноманітних технологічних задач. Даний курс є комплексним і включає основи загальної, неорганічної, кристаллохімії та фізхімії. Все це направлено на цільову фундаментальну підготовку з хімії майбутніх фахівців із спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Студенти набудуть навички самостійного виконання експериментів та узагальнення спостережень у майбутній діяльності при використанні нових конструкційних матеріалів, експлуатації сучасного обладнання, а також розробці методів підвищення його надійності і довговічності. Тому вивчення хімії займає важливе місце в системі підготовки спеціалістів інженерних спеціальностей.

Завданням курсу є навчити спостерігати та кількісно описувати хімічні процеси, які пов'язані з виробництвом та науковими дослідженнями. Дати студентам сучасне уявлення щодо загальних принципів перебігу хімічних реакцій, розчинів, електрохімічних явищ і процесів. Забезпечити необхідний мінімум знань, основ хімії, що сприяв би засвоєнню профілюючих дисциплін, а в практичній роботі забезпечив розуміння хімічних процесів, що проходять. Розвинути навички та уміння використовувати досягнення сучасної хімії в технологічних процесах і виробництвах.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»:

ФК 2. Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем галузевого машинобудування.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

РН 1. Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 6

Лабораторна робота № 1 Визначення молярної маси еквівалента металу

Короткі теоретичні відомості

В хімічних реакціях і прості, і складні речовини реагують в певних вагових співвідношеннях без залишку, інакше кажучи, реагують в еквівалентних кількостях.

Еквівалентом елемента (прості речовини) називають таку його кількість, яка реагує без залишку з 8 ваговими частинами кисню або 1 ваговою частиною водню. Звідси еквівалент водню дорівнює 1 ваг. част., еквівалент кисню – 8 ваг. част. Еквівалент елемента виражений в грамах називають молярною масою еквівалента або грам-еквівалентом і записують, відповідно: $M_{\text{екв}}(\text{H}) = 1$ г/моль, $M_{\text{екв}} = 8$ г/моль.

Еквівалентом складної речовини називають таку її кількість, яка реагує з одним еквівалентом кисню, або з одним еквівалентом водню, або з одним еквівалентом будь якої іншої речовини.

Закон еквівалентів. Речовини реагують між собою в кількостях прямо пропорційно їх еквівалентам. Математично цей закон можна записати таким чином:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_{\text{екв}1}}{M_{\text{екв}2}}$$

де m_1, m_2 – маси речовин (г); $M_{\text{екв}1}, M_{\text{екв}2}$ – відповідно їх молярні маси еквівалентів (г/моль).

Обчислення молярних мас еквівалентів простих і складних речовин.

1. Молярну масу еквівалента елемента можна обчислити за відношенням:

$$M_{\text{екв}} = \frac{M}{B},$$

де $M_{\text{екв}}$ – молярна маса еквівалента елемента (г/моль); M – молярна маса атома елемента (г/моль); B – валентність цього елемента.

Еквівалент елемента не є постійною величиною, а залежить від валентності елемента в його сполуках. Молярну масу еквівалента елемента можна обчислити за законом еквівалентів, якщо відомий склад сполуки у відсотках цього елемента з іншим елементом, еквівалент якого вже відомий; якщо відома маса хімічної сполуки даної кількості елемента з іншим елементом, еквівалент якого відомий, а також молярну масу еквівалента елемента можна знайти дослідним шляхом.

2. Молярна маса еквівалента оксиду дорівнює сумі молярних мас еквівалентів елементів, які входять до його складу або обчислюється за формулою:

$$M_{\text{екв.окс.}} = \frac{M_{\text{окс.}}}{B \cdot n},$$

де $M_{\text{екв.окс.}}$ – молярна маса еквівалента оксиду; $M_{\text{окс.}}$ – молярна маса оксиду; B – валентність елемента; n – кількість атомів елемента в оксиді.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 7

3. Молярна маса еквівалента кислоти дорівнює її молярній масі, що ділиться на основність, тобто кількість атомів гідрогену в молекулі, що здатні заміщуватись на метал:

$$M_{\text{екв.кисл.}} = \frac{M_{\text{кисл.}}}{n},$$

де $M_{\text{екв.кисл.}}$ – молярна маса еквівалента кислоти; $M_{\text{кисл.}}$ – молярна маса кислоти; n – основність кислоти (кількість атомів гідрогену в кислоті, що здатні заміщуватись на метал).

4. Молярна маса еквівалента основи дорівнює її молярній масі, що ділиться на кислотність, тобто кількість гідроксильних груп:

$$M_{\text{екв.основ.}} = \frac{M_{\text{основ.}}}{n},$$

де $M_{\text{екв.основ.}}$ – молярна маса еквівалента основи; $M_{\text{основ.}}$ – молярна маса основи; n – число гідроксильних груп.

5. Молярна маса еквівалента середньої солі дорівнює її молярній масі, що ділиться на кількість атомів металу та на його валентність:

$$M_{\text{екв.с.солі}} = \frac{M_{\text{с.солі}}}{n \cdot B},$$

де $M_{\text{екв.с.солі}}$ – молярна маса еквівалента середньої солі; $M_{\text{с.солі}}$ – молярна маса середньої солі; n – кількість атомів металу в солі; B – валентність цього металу в солі.

6. Молярна маса еквівалента складної речовини в загальному випадку не є постійною величиною і залежить від реакції за участю цієї речовини. Для знаходження молярної маси еквівалента складної речовини необхідно скласти рівняння реакції і обчислити еквівалент цієї речовини шляхом ділення молярної маси цієї речовини на кількість еквівалентів іншої речовини, з якою дана речовина реагує.

7. Еквівалентний об'єм газу чи пари. Об'єм, що займає еквівалент газу чи пари при нормальних умовах називається еквівалентним об'ємом і позначається $V_{\text{екв.}} \cdot V_{\text{екв.}}(\text{H}) = 11,2 \text{ л/моль}$; $V_{\text{екв.}}(\text{O}) = 5,6 \text{ л/моль}$.

Експериментальна частина

Обладнання та реактиви: барометр, термометр, бюретки, пробірки, корки з газовідвідними трубками, гумові трубки, терези, цинк, хлоридна кислота.

Хід роботи

Зберіть установку для визначення молярної маси еквіваленту металу (рис. 1). Закріпіть в штативі бюретку, кінець якої гумовою трубкою з'єднайте з нижнім кінцем іншої бюретки (зрівняльної), щоб утворити сполучені судини. В закріплену бюретку вставте корок з скляною трубкою, яку гумовою трубкою з'єднайте з газовідвідною трубкою пробірки з 5 мл кислоти (1:1). Через горловину зрівняльної бюретки налейте води таким об'ємом, щоб її рівень в закріпленій бюретці був на нульовій позначці, а в зрівняльній — на самій нижній позначці. Закріпіть зрівняльну бюретку. Зважте **0.096** г цинку. Наважку цинку киньте в

пробірку з кислотою і негайно закрийте пробірку корком з газовідвідною трубкою, що з'єднана з бюреткою. Газ, що виділяється, витисне воду з бюретки.

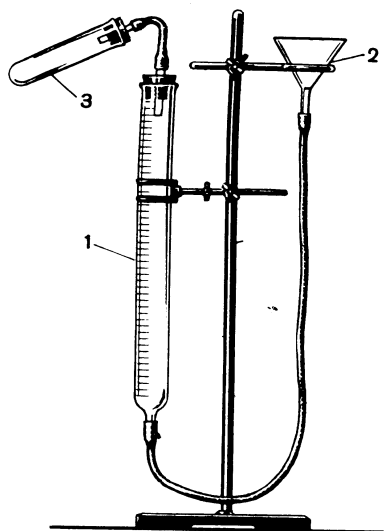


Рис.1. Установка для визначення молярної маси еквівалента металу.

Коли реакція закінчиться (припиниться виділення бульбашок в реакційній пробірці) залишіть пристрій для охолодження до кімнатної температури. Приведіть рівень води в обох бюретках до одного рівня опускаючи зрівняльну бюретку. Запишіть об'єм газу в бюретці, температуру в приміщенні і показання барометра. Приведіть об'єм водню, що виділився, до нормальних умов, користуючись рівнянням газового стану:

$$\frac{V_0 \cdot P_0}{T_0} = \frac{V \cdot P}{T},$$

де V_0 , P_0 , T_0 – відповідно об'єм газу, тиск газу і температура газу при нормальних умовах ($P_0 = 1$ атм або $P_0 = 760$ мм рт. ст.; $T_0 = 273$ К); V , P , T – відповідно об'єм газу, тиск газу і температура газу в умовах проведення досліду (V – об'єм води, що витіснив газ із бюретки). Звідси,

$$V_0 = \frac{V \cdot P \cdot T_0}{P_0 \cdot T},$$

де $P = P_1 - P_{H_2O}$ (P_1 — показання барометру, мм рт. ст., P_{H_2O} — парціальний тиск водяних парів в бюретці при температурі в приміщенні, мм рт. ст.); $T = t^{\circ}\text{C} + 273$ (див. табл.).

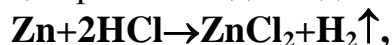
Довідкова таблиця

Тиск насиченої пари води при різних температурах

t, °C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P, мм рт. ст.	12,79	13,63	14,53	15,48	16,48	17,53	18,65	19,83	21,09	22,38

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 9

Хімічна реакція, що протікає під час досліду:



звідси молярна маса еквіваленту цинку:

$$M_{\text{екв}}(\text{Zn})_0 = \frac{m_{\text{Zn}} \cdot 11,2}{V_0},$$

де $M_{\text{екв}}(\text{Zn})_0$ – молярна маса еквіваленту цинку обчислена дослідним шляхом, г/моль; m_{Zn} – маса металічного цинку взята для досліду, г; 11,2 л/моль – еквівалентний об'єм водню; V_0 – об'єм водню, що виділився приведений до нормальних умов, л.

Порівняйте експериментальне значення $M_{\text{екв}}(\text{Zn})_0$ з теоретичним ($M_{\text{екв}}(\text{Zn})_T = M_r(\text{Zn})/B$), обчисліть похибку досліду за формулою:

$$\delta = \frac{|M_{\text{екв}}(\text{Zn})_m - M_{\text{екв}}(\text{Zn})_0|}{M_{\text{екв}}(\text{Zn})_m} \cdot 100\%.$$

Результати занесіть до таблиці:

Метал	На- важка	Об'єм водню досл. V, л	Температура T, К	Тиск атмосфер. P, мм рт. ст	Тиск насиченої пари $P_{\text{H}_2\text{O}}$, мм рт. ст	Об'єм водню н.у. V ₀ , л	Молярна маса еквіваленту металу		Відносна похибка δ, %
							$M_{\text{екв}}(\text{Zn})_0$	$M_{\text{екв}}(\text{Zn})_T$	
Форму ла	m, г								

Завдання для самоконтроля

1. Що називають еквівалентом простої і складної речовини? Що називають молярною масою еквівалента речовини (грам-еквівалентом)?
2. Як обчислюється молярна маса еквівалента елемента? Приведіть формулу.
3. Обчисліть молярну масу еквівалента феруму в сполуках FeO, Fe₂O₃.
4. Обчисліть молярну масу еквівалента феруму (III) оксиду двома способами.
5. Обчисліть молярні маси еквівалентів наступних речовин:
6. H₃AsO₄, Ba(OH)₂, Al₂(SO₄)₃, Na₂SO₄.
7. Обчислити молярну масу еквівалента металу, якщо при згоранні 5 г його утворюється 9,44 г оксиду.
8. Одна й та ж сама кількість металу сполучається з 0,2 г кисню та 3,173 г галогену. Визначити молярну масу еквівалента галогену. Який це галоген, якщо в сполучі він одновалентний.
9. Масова частка невідомого елемента в його сполучі з Оксигеном становить 50%. Визначте молярну масу еквівалента елемента.
10. Обчислити атомну масу двохвалентного металу та визначити, який це за метал, якщо 8,34 г металу окислюються 0,680 л кисню (н. у.).
11. На відновлення 1,8 г оксиду металу використали 883 мл водню (н.у.). Обчислити молярні маси еквівалентів оксиду та металу.
12. 1г деякого металу сполучається з 8,89 г бромом та 1,78 г сірки. Обчислити молярні маси еквівалентів бромом та металу знаючи, що молярна маса еквіваленту сірки 16 г/моль.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 10

Лабораторна робота № 2 Основні класи неорганічних сполук

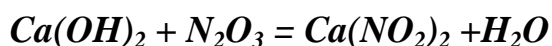
Короткі теоретичні відомості

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 OF₂. 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.

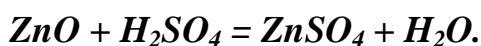
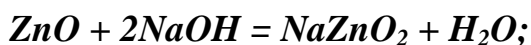
Основними оксидами називаються оксиди, гідрати яких є основними. До основних оксидів належать оксиди металів (не всі): Li₂O, Na₂O, K₂O, MnO, CrO, BaO, CaO та інші. Основні оксиди здатні реагувати з ангідридами кислот та кислотами і не реагують з основними оксидами та основами.

Кислотними оксидами називаються оксиди, які з водою утворюють кислоти. Тому кислотні оксиди часто називають ангідридами кислот. До кислотних оксидів належать V₂O₅, CrO₃, MnO₃, SO₃, CO₂ 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:

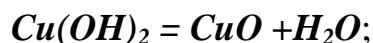
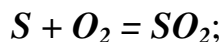


До амфотерних оксидів належать: Al₂O₃, ZnO, Cr₂O₃, BeO, SnO, SnO₂ тощо. Амфотерні оксиди у воді не розчиняються.

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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 11

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, Fe₂O₃ - ферум (III) оксид, CuO - купрум (II) оксид, Cu₂O - купрум (I) оксид.

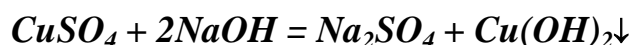
Основами називаються сполуки, до складу яких входять атом металу і гідроксильні групи – OH.

Число гідроксильних груп у молекулі основи відповідає валентності металу і визначає кислотність основи. Наприклад, NaOH – однокислотна основа; Ca(OH)₂ – двокислотна основа.

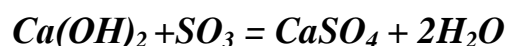
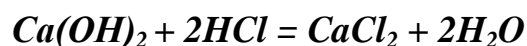
Добувають основи декількома способами. Розчинні основи (луги) у виробництві добувають електролізом водних розчинів їх солей (NaCl, KCl тощо), а також дією на розчини їх карбонатів гашеним вапном: $NaCO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3 \downarrow$

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:



За номенклатурними правилами ІЮПАК речовини, які містять OH-групи називаються гідроксидами. Якщо елемент утворює декілька гідроксидів, то в його назві позначають ступінь окиснення металу римською цифрою в дужках після назви гідроксиду: Cu(OH)₂ - купрум (II) гідроксид, Fe(OH)₂ - ферум (II) гідроксид, Fe(OH)₃ - ферум (III) гідроксид. Існують також інші назви гідроксидів: Fe(OH)₂ - ферум дигідроксид тощо.

Кислотами називаються сполуки, що містять у молекулах атоми Гідрогену, здатні заміщуватись на атоми металу з утворенням солей. За кількістю таких

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 12

атомів Гідрогену у кислоті визначається основність кислоти: HCl - одноосновна кислота, H₂SO₄ - двоосновна кислота, H₃PO₄ - 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, H₂S – дигідроген сульфід.

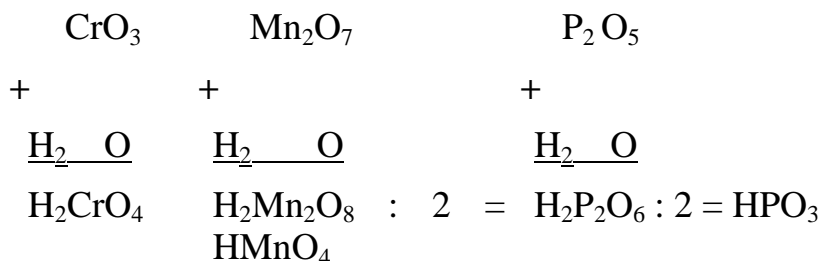
За міжнародною номенклатурою назва оксигеновмісних кислот складається за наступною схемою: при утворенні назви кислоти до кореня латинського найменування елемента додають:

- 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:

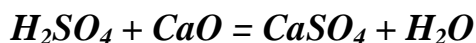
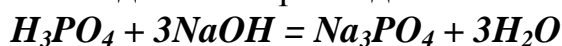
HNO₂ – нітритна кислота; HNO₃ – нітратна кислота;
H₂SO₄ – сульфатна кислота; H₂SO₃ – сульфітна кислота;
H₂CrO₄ – хроматна кислота; H₂CO₃ – карбонатна кислота;

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

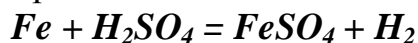


Хімічні властивості кислот.

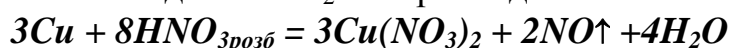
1. Кислоти реагують з основами, вступаючи в реакцію нейтралізації, і з основними оксидами. Наприклад:



2. Водні розчини розбавлених кислот (крім нітратної) реагують з металами, які стоять в ряду активностей лівіше гідрогену, з витісненням H₂ та з утворенням солей. Наприклад:



3. З концентрованою H₂SO₄ та HNO₃ (розбавленою та концентрованою) метали взаємодіють без виділення H₂. Наприклад:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 13



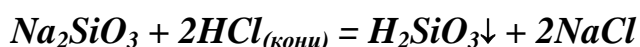
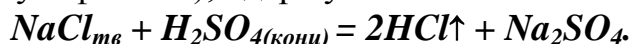
4. Розчини кислот кислі на смак, замінюють колір індикаторів: синього лакмусу – на червоний, метилоранжевого – на червоний.

Способи одержання кислот.

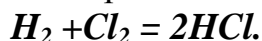
1. Взаємодія ангідридів кислот з водою. Наприклад:



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 (катиони) 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.

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; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ – 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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 14

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

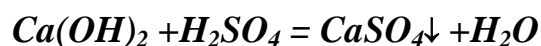
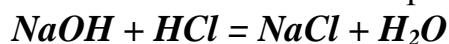
Приклади основних солей та їх назв: $Fe(OH)_2Cl$ – ферум дигідроксохлорид, $FeOHCl_2$ – ферум гідроксохлорид, $(MgOH)_2SO_4$ – димагній дигідроксосульфат і т. д.

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 $KAl(SO_4)_2$.

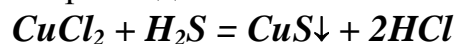
Змішані солі містять два аніони різних кислот та катіон одного металу. Наприклад: $CaCl_2 \cdot CaOCl_2$ або $CaOCl_2$.

Способи одержання солей.

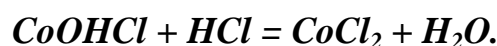
1. Взаємодія кислот з основами. Наприклад:



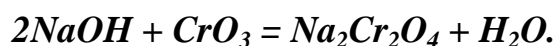
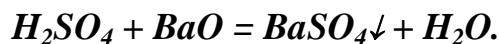
2. Взаємодія кислот з солями. Для здійснення цієї реакції необхідно, щоб сіль, яка утворюється випадала в осад, або щоб нова кислота була більше летючою, ніж вихідна. Наприклад:



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

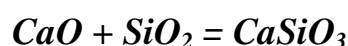


3. Взаємодією кислот з основними оксидами та лугами – з кислотними оксидами. Неприклад:

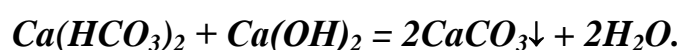
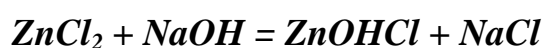
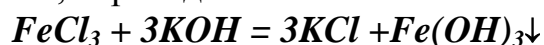


4. Взаємодією основних оксидів з кислотними. Наприклад:

t°

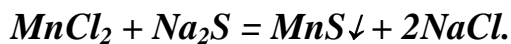
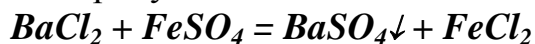


5. Взаємодія основ з солями. Цим методом одержують середні солі, інші основи, основні солі, переводять кислі солі в основні. Наприклад:

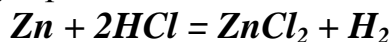


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 15

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, фільтрувальний папір, апарат Кіппа, технохімічні 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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 16

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

Дослід №4 **Добування солей та основ.**

Порядок виконання роботи:

До купрум (II) оксиду (добутого в попередньому досліді, додайте трохи H_2SO_4 (1:5) і нагрійте до повного розчинення. (Яка сполука утвориться?). Зверніть увагу на колір добутого розчину. Розлийте цей розчин у дві пробірки. У першу насипте трохи залізних ошурок та збовтайте. Спостерігайте, як змінюватиметься колір розчину та ошурок. У другу налейте розчину луку (NaOH). Спостерігайте колір утвореного осаду.

Запис даних досліджу. Напишіть послідовно всі рівняння реакцій і дайте належне пояснення всім змінам, які спостерігали.

Дослід №5 **Добування солі за допомогою обмінної реакції.**

Порядок виконання роботи:

Потрібно добути 5г $BaSO_4$, виходячи з $Ba(NO_3)_2$ та K_2SO_4 . За рівнянням реакції розрахуйте потрібну кількість обох солей. Проведіть дослід. Спостерігайте, як випадатиме осад.

Запис даних досліджу. Напишіть рівняння реакції, яку спостерігали, поясніть зміни.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 17

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 дослідю.

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

Завдання для самоконтроля

1. 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.
2. З якими з перелічених нижче оксидів реагуватиме соляна кислота: SiO_2 , CuO , SO_2 , F_2O_3 , P_2O_5 , CO_2 , ZnO , K_2O ? Напишіть можливі рівняння реакцій і назвіть всі речовини.
3. Чи можуть одночасно бути в розчині $NaOH$; KOH ; $NaOH$; CO_2 ; $Ca(OH)_2$; $Ba(OH)_2$; KOH ; P_2O_5 ; $Ca(OH)_2$; CO_2 ; KOH ; $Al(OH)_3$? Поясніть свої висновки.
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) $Ag_2O + HNO_3 = \dots$;	8) $NaOH + CH_3COOH = \dots$;
2) $Cr_2O_3 + H_2SO_4 = \dots$;	9) $Al_2O_3 + H_2SO_4 = \dots$;
3) $Zn + AgNO_3 = \dots$;	10) $Mg(OH)_2 + P_2O_5 = \dots$;
4) $Ca(OH)_2 + P_2O_5 = \dots$;	11) $NaOH + Al_2O_3 = \dots$;
5) $CaO + SiO_2 = \dots$;	12) $Zn(OH)_2 + NaOH = \dots$;
6) $Pb(NO_3)_2 + ZnSO_4 = \dots$;	13) $CaCl_2 + Na_2CO_3 = \dots$;
7) $Al_2(SO_4)_3 + Na_3PO_4 = \dots$;	14) $Al_2(SO_4)_3 + NaOH = \dots$.
7. За допомогою яких реакцій можна добути $CuCl_2$, виходячи із $Cu(NO_3)_2$? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
8. Напишіть формули сполук: алюміній дигідроксонітрат; калій карбонат; натрій гідрогенсульфід; барій нітрит; купрум (I) сульфат; амоній сульфід; цинк гідроксохлорид; ферум (III) бромід; магній нітрат; аргентум йодид; сульфур

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 18

(VI) оксид; аргентум нітрат; сульфатна кислота; калій гідроксид; ферум (III) оксид; манган (II) гідроксид; калій гідрогенкарбонат; плюмбум сульфід; барій хлорид; калій оксид; кальцій фосфат, амоній нітрит; карбонатна кислота; алюміній гідроксид; хром (III) оксид; барій гідрогенфосфат; кальцій гідроксохлорид; амоній карбонат; станум (II) сульфід; амоній бромід; ферум (II) гідрогенфосфат; натрій карбонат; магній сульфід; цинк гідроксонітрат; алюміній гідроксонітрат; калій карбонат; натрій гідрогенсульфіт; барій нітрит; купрум (I) сульфід.

9. Здійсніть перетворення, назвіть продукти реакції:

- 1) $Zn \rightarrow ZnO \rightarrow Zn(NO_3)_2 \rightarrow Zn(OH)_2$
- 2) $CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO \rightarrow Cu(NO_3)_2$
- 3) $Na \rightarrow NaOH \rightarrow Na_2S \rightarrow H_2S \rightarrow K_2S$
- 4) $Mg \rightarrow MgO \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow MgCl_2 \rightarrow MgSO_4$
- 5) $Al \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow NaAlO_2$
- 6) $S \rightarrow SO_2 \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow NaHSO_3 \rightarrow Na_2SO_3$
- 7) $N_2 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2$
- 8) $Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow CaSO_4$

10. Назвіть сполуки: $Ca(OH)_2$, SO_2 , Na_2HPO_4 , HCl ; $AgNO_3$, KI ; $BaOH(NO_3)$; NaH_2PO_4 ; $SnSO_4$; NH_4NO_3 , $Ba(NO_3)_2$; SnS_2 ; $CaCO_3$; $KHSO_3$; $MgOHBr$, $SnSO_4$; Cu_2SO_3 ; $Mg(OH)_2$; $Fe_3(PO_4)_2$; PbS ; $MgOHl$; $FePO_4$; H_2SO_4 ; $Pb(NO_3)_2$; Cr_2O_3 ; $CaOHCl$, SO_3 , Na_3PO_4 , $HClO_4$; $Ca(NO_3)_2$; $Ni(NO_3)_2$; $Co(NO_3)_2$; $KHCO_3$; Na_2SO_3 ; $KHSO_4$; Ag_2S ; $CrCl_3$; $Al(NO_3)_3$; $ZnSO_3$; $BaOHl$.

11. Напишіть кислотні залишки перерахованих солей і вкажіть їх заряд: $Al_2(CrO_4)_3$; $Sr(H_2PO_4)_3$; $NaNMoO_4$; $TiOHNO_2$; $(ZnOH)_2SiO_3$.

12. Написати формули оксидів, які відповідають перерахованим сполукам: $Cu(OH)_2$; H_2SiO_3 ; H_3AsO_4 ; H_2WO_4 ; $Fe(OH)_3$.

13. Які із перерахованих газів вступають в хімічну взаємодію з розчином луку: HCl ; H_2S ; NO_2 ; N_2 ; Cl_2 ; CH_4 ; SO_2 ; NH_3 ? Написати рівняння відповідних реакцій.

14. Скласти рівняння реакцій між відповідними кислотами і основами, що призводять до утворення таких солей: K_2S ; $NaNO_3$; Na_2HPO_4 ; $NaHSO_4$; $Fe_2(SO_4)_3$.

15. Написати рівняння реакцій утворення $Mg_2P_2O_7$; $Ca_3(PO_4)_2$; $Mg(ClO_4)_2$; $Ba(NO_3)_2$ в результаті взаємодії:

- а) основаного і кислотного оксидів;
- б) основи і кислотного оксиду;
- в) основного оксиду і кислоти;
- г) основи і кислоти.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 19

Лабораторна робота № 3
(семінарське заняття)

Будова атомів та періодичний закон елементів Д.І. Менделєєва

1. Структура періодичної системи в світлі теорії будови атома.

Кожний період, крім першого, починається з лужного металу. Ці елементи легко віддають один електрон, набуваючи заряду + 1. Можна припустити, що у лужних металів починається забудова нового енергетичного рівня, на якому з'являється один електрон. Отже, період починається заповненням нового енергетичного рівня, а елементи одного й того самого періоду мають однакове число енергетичних рівнів. Таким чином, номер періоду відповідає числу енергетичних рівнів або значенню головного квантового числа для електронів зовнішнього енергетичного рівня.

Була наведена послідовність заповнення підрівнів електронами, яка визначається сумою квантових чисел $p + l$. Оскільки забудова енергетичного рівня починається з відповідного s - підрівня, то першим у кожному періоді є елемент, у якого починає заповнюватися ns - підрівень (n - номер періоду). Відповідно до цього з послідовності, можна виділити підрівні, що є валентними для елементів кожного періоду. Кожний період починається заповненням ns - підрівня й закінчується заповненням pr - підрівня (крім першого, оскільки $1p$ -підрівень не існує).

Підрівні, що містяться між ns - і pr -, визначаються за правилом Клечковського. Наприклад, треба визначити, які підрівні заповнюються у елементів шостого періоду. Цей період починається з заповнення $6s$ -, а закінчується заповненням $6p$ - підрівня. Для $6p$ - підрівня $n = 6$, $l = 1$. Сумі $n + l$, яка дорівнює 7, відповідають ще три комбінації ($n + l$): $n = 4$, $l = 3$ ($4f$ - підрівень); $n = 5$, $l = 2$ ($5f$ - підрівень); $n = 7$, $l = 0$ ($7s$ - підрівень). Підрівні $4f$ та $5d$ відповідно до правила Клечковського за енергією розміщені між підрівнями $6s$ та $6p$, отже у атомів елементів шостого періоду електронами заповнюються підрівні $6s$ $4f$ $5d$ $6p$.

Число елементів у періоді відповідне числу електронів, які можуть розміститися на підрівнях, що заповнюються в даному періоді. Наприклад, в першому періоді будується електронами $1s$ - підрівень, тому тут можуть бути тільки два елементи: у одного з яких – один електрон ($1s^1$), у другого – два електрони ($1s^2$). Аналогічно визначається число елементів і в інших періодах. Залежно від того, який підрівень у атома будується електронами, розрізняють s -, p -, d - і f - елементи. На початку кожного періоду містяться два s - елементи, в кінці шість p - елементів. Між ними у великих періодах розташовуються d - і f -елементи.

Схожість хімічних властивостей елементів пов'язана з періодичним повторенням будови валентних підрівнів (на останньому та передостанньому рівнях). У типових елементів (елементи другого і третього періодів)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 20

заповнюються електронами s - і p - підрівні зовнішнього енергетичного рівня. Таку ж електронну будову, а отже і властивості, мають ті елементи великих періодів, у яких також заповнюються ns - і np - підрівні. Усі ці елементи s - і p - належать до головних підгруп. Побічні підгрупи складають d- і f- елементи. Вони не мають аналогів серед типових, оскільки у них іде забудова d - або f - підрівня.

Номер групи у світлі вчення про будову атома, як правило, відповідає числу електронів на валентних підрівнях. У елементів головних підгруп – це сума електронів на s - і p - підрівнях зовнішнього енергетичного рівня. Так, атоми, в яких будова зовнішнього рівня виражається формулами ns^1pr^0 , ns^2pr^0 , ns^2pr^1 , ..., ns^2pr^6 , належать відповідно до I, II, III, ... , VIII груп.

У елементів побічних підгруп валентними є d - підрівень передостаннього рівня і s - підрівень зовнішнього енергетичного рівня, тобто (n-1)- d і ns - підрівні. У першого d - елемента (скандію) на валентних підрівнях ($3d^14s^2$) перебувають три електрони і він належить до III групи. Титан ($3d^24s^2$) і Ванадій ($3d^34s^2$) належать відповідно до IV і V груп. Розміщеному далі Хрому повинна відповідати електронна конфігурація ($3d^44s^2$) але один електрон з енергетично вигіднішого 4s - підрівня ($p + 1 = 4 + 0$) переходить на 3d - підрівень ($p + 1 = 3 + 2$). Такий перехід електрона називають "провалом" або "проскоком". В результаті виникає електронна конфігурація $3d^54s^1$. Провал електрона для Хрому пояснюється тим, що наполовину заповнені підрівні енергетично більш стійкі. Оскільки провал електрона не змінює загального числа валентних електронів, хром належить до VI групи. За Хромом ідуть Манган ($3d^54s^2$), і Ферум ($3d^64s^2$), які відповідно до числа валентних електронів перебувають у VII і VIII групах. У Кобальту ($3d^7 4s^2$) та Ніколю ($3d^8 4s^2$), число валентних електронів сягає дев'яти і десяти. Але ці елементи за властивостями досить близькі до Феруму, тому їх недоцільно відносити до IX і X груп, Co і Ni умовно розміщені у восьмій групі. У наступного елемента – Купруму – внаслідок провалу електрона виникає електронна конфігурація ($3d^{10}4s^1$). Тут провал пояснюється тим, що повністю заповнений підрівень (в даному разі $3d^{10}$) має підвищену стійкість. Купрум відносять до I групи, оскільки електрони завершеного d - підрівня при визначенні номера групи не враховують. Останній d - елемент четвертого періоду – Цинк ($3d^{10} 4s^2$) – належить до II групи.

Аналогічно визначається номер групи у d - елементів п'ятого і шостого періодів. Отже, валентні підрівні d - елементів можна виразити загальною формулою $(p - 1)d^b ns^a$, де a – найчастіше дорівнює 2 (рідше 1 або 0). Якщо $(a + b) < 8$, сума $a + b$ відповідає номеру групи. Коли $(a + b)$ дорівнює 9 або 10, елементи умовно відносяться до восьмої групи. Це Co, Rh, Ir, Ni, Pd, Pt. Якщо $b = 10$, елементи відносять до першої $[(n - 1)d^{10} ns^1]$ або другої $[(n - 1)d^{10} ns^2]$ групи підгрупи міді і цинку). Усі d - елементи містяться в побічних підгрупах.

Особливе місце в періодичній системі належить f - елементам. Вони з'являються в шостому (4f - елементи) і сьомому (5f - елементи) періодах. Коли заповнюється 4f-підрівень, добудовується електронами четвертий енергетичний рівень, який ззовні є третім. Зовнішній рівень, на якому містяться два 5s-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 21

електрони, і передостанній, що має вісім ($5s^15p^65d^1$) електронів, залишаються незмінними. Внаслідок цього хімічні властивості 4f - елементів дуже близькі між собою. У елементів Ce, Gd, Lu на 5d-підрівні з'являється один електрон, і на передостанньому енергетичному рівні знаходиться дев'ять електронів ($5s^25p^65d^1$), але за хімічними властивостями вони мало чим відрізняються від інших 4f - елементів. Тому всі ці елементи об'єднують у сімейство лантаноїдів (оїд – з латинської перекладається як брат). У коротко періодному варіанті періодичної системи вони займають одну клітинку з Лантаном, на який вони всі схожі за властивостями (тобто період VI, група III, підгрупа побічна). Ці елементи винесені з періодичної системи і розміщені в горизонтальний ряд під нею. 5f - елементи об'єднані в сімейство актиноїдів (брати Актинію) і займають одне місце з актинієм: період VII, група III, підгрупа побічна. Як і лантаноїди, вони винесені з періодичної системи і розміщені в горизонтальний ряд під лантаноїдами.

2. Ступінь окиснення. Заряди, що виникли б на атомах за умови утворення 100%-го іонного зв'язку (*тобто повного зміщення спільних електронних пар до атомів з більшою електронегативністю*), називаються ступенем окиснення.

Це поняття є умовним, але ним широко користуються в хімії при складанні формул речовин та рівнянь окисно-відновних реакцій, систематизації сполук елементів тощо. Ступінь окиснення обчислюють математично. Тому важливо знати правила визначення ступенів окиснення елементів за формулами, а також вміти передбачити їх значення за положенням елемента у періодичній системі.

Якщо відомий склад (формула) речовини, то ступінь окиснення можна визначити, користуючись певними правилами:

1. Для простих речовин (наприклад, O_2 , O_3 , S_8 , Na, Fe і т.д.) ступені окиснення всіх атомів можна вважати рівними нулю.

2. В складних речовинах ступінь окиснення даного елемента можна визначити, якщо відомі ступені окиснення інших елементів, виходячи з того, що алгебраїчна сума зарядів усіх атомів у сполуці дорівнює нулю, а у складному іоні – його заряду. Наприклад, при визначенні ступеня окиснення Сульфуру в сполуці K_2SO_4 можна вважати, що ступінь окиснення атома Калію, як і всіх лужних металів, дорівнює +1, атома Оксигену – -2 (це -найстійкіший ступінь окиснення Оксигену). Тоді, позначивши ступінь окиснення S за x, складемо рівняння: $(+1) \cdot 2 + x + (-2) \cdot 4 = 0$, звідки $x = +6$.

3. Для речовин, які мають складну молекулярну будову, треба записати структурну формулу і, користуючись значеннями відносних електронегативностей атомів, визначити кількість та напрямок зміщення спільних електронних пар. Так, розглядаючи структурну формулу оцтової кислоти можна помітити, що до атома Карбону в групі CN_3 зміщуються три електронні пари від трьох атомів Гідрогену, зв'язок C – C можна вважати неполярним: тоді ступінь окиснення цього атома Карбону дорівнює -3 (атомів Гідрогену + 1). В групі $COOH$ три електронні пари, навпаки, зміщені від атома Карбону до атомів

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 22

Оксигену, і тому для цього атома Карбону ступінь окиснення +3 (у атомів Оксигену -2).

Ступені окиснення атомів у сполуках можна передбачити, виходячи з положення елемента в періодичній системі та його електронної будови в нормальному та збудженому станах.

Так, у атомів s - елементів на валентних підрівнях міститься, відповідно, один або два електрони, які вони досить легко віддають атомам більш електронегативних елементів. Тому для цих елементів у сполуках характерні позитивні ступені окиснення, які відповідають номеру групи. Винятки – атоми Гідрогену та Гелію. Атом Гідрогену може мати також негативний ступінь окиснення -1, тому що після того, як цей атом приймає один додатковий електрон, його перший енергетичний рівень стає завершеним. Гелій – інертний елемент, його ступінь окиснення завжди дорівнює 0.

Для p - елементів характерними є такі позитивні ступені окиснення, які відповідають кількості неспарених електронів у нормальному та збудженому станах. Так, для Хлору можливі позитивні ступені окиснення +1, +3, +5 та +7. З елементами, які мають меншу електронегативність (металами, Гідрогеном), p - елементи утворюють сполуки, в яких вони мають негативні ступені окиснення. Відомо, що атоми p - елементів містять на зовнішньому рівні таку кількість електронів, яка відповідає номеру групи. Приймаючи додаткові електрони, вони найчастіше добудовують зовнішній енергетичний рівень до конфігурації найближчого інертного газу (ns^2np^6). Тому максимальне значення негативного ступеня окиснення відповідає числу цих додаткових електронів.

Питання та задачі для семінару і самоконтроля

1. Що таке електронна хмара, орбіталь? Привести характеристику та можливі значення квантових чисел.
2. Сформулюйте правила квантування електронів: принцип Паулі, правила Хунда, I-ше та II-ге правила Клечковського. Який порядок заповнення електронами рівнів та підрівнів в атомах?
3. Який підрівень заповнюється в атомах після заповнення підрівня $5p$? Після заповнення підрівня $5d$?
4. Що таке період? Група?, головна та побічна підгрупа? S-, p-, d-, f- елементи?
5. Представити формулою та схемою будову електронних оболонок атомів E_7 , E_{16} , E_{25} .
6. Зовнішній електронний рівень атому елемента має будову ... $3S^2 3p^1$. Визначити групу, підгрупу, період, порядковий номер та назву елемента. Привести електронну формулу та графічну схему атому даного елемента в нормальному та збудженому стані.
7. Електронна будова атома елемента $1S^2 2S^2 2p^6$. Якій із приведених частинок вона відповідає: Al^{3+} , F^0 , Na^+ , Mg^0 ? Які частинки називають ізоелектронними? Привести електронні формули та графічні схеми ізоелектронних частинок.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 23

8. Чому Оксиген та Сульфур, будучи повними електронними аналогами, знаходячись в одній і тій же групі та підгрупі періодичної системи проявляють різну валентність: у Сульфурі 2, 4, 6 у Оксигену -2. Відповідь обґрунтуйте, виходячи із будови атомів цих елементів.
9. Значення перших потенціалів іонізації елементів I групи періодичної системи елементів відповідно дорівнюють(в В): $Li -5,39; Cs -3,9; Cu -7,7; Ag -9,2$. Вказати: а) у елементів якої підгрупи першої групи металічні властивості більше виражені; б) чим пояснити різницю в зміні значень потенціалів іонізації в підгрупах.
10. Що спільного і яка різниця в електронній будові атомів S і Cr ? Відповідь обґрунтувати, виходячи з електронної будови атомів елементів
11. Що таке енергія іонізації атому? В яких одиницях вона вимірюється? Як змінюються металічні (відновні) властивості s - та p -елементів в групах періодичної системи із збільшенням порядкового номеру? Виходячи із величини енергії іонізації, вказати який із приведених елементів: Be, Mg, Ca, Sr, Ba проявляють найбільш виражені металічні властивості?
12. Що таке спорідненість до електрону? В яких одиницях вона виражається? Як змінюється неметалічна активність в рядах елементів: а) C, N, OF ; б) F, Cl, Br, I . Із збільшенням порядкового номеру? Відповідь обґрунтуйте будовою атомів відповідних елементів.
13. Що таке електронегативність? Як змінюється електронегативність елементів в періодах та групах періодичної системи. Вказати як в рядах елементів: а) B, C, N, OF , та б) O, S, Se, Tl - змінюються їх неметалічні властивості (див. табл.).

Таблиця 1

Елемент	I, В	E, eV	EH	Елемент	I, В	E, eV	EH
H	13,6	0,75	2,1	Mg	7,64	-0,32	1,2
He	24,58	-0,22	-	Ca	6,11	-0,6	1,04
Li	5,39	0,59	0,98	Sr	5,69	0,21	0,99
Be	9,32	-0,19	1,5	Ba	5,21	-	-
B	8,31	0,33	2,0	S	10,36	2,15	2,6
C	11,26	1,24	2,5	Sc	9,75	-	2,5
N	14,53	-0,21	3,07	Tl	9,01	-	2,1
O	13,61	1,47	3,50	Cl	13,01	3,7	3,0
F	17,42	3,52	4,0	Br	11,84	3,51	2,8
Ne	21,56	-0,57	-	I	10,45	3,24	2,6
Na	5,14	0,34	0,93	K	4,34	0,52	0,91

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 24

Лабораторна робота №4
(семінарське заняття)

Хімічний зв'язок і будова речовин

Короткі теоретичні відомості

Завдання заняття:

- 1) повторити основні види хімічного зв'язку, властивості і механізм їх утворення;
- 2) розвивати в слухачів уміння і навички в складанні схем утворення різних видів хімічного зв'язку;
- 3) виховувати організованість, самостійність, комунікативні якості, вміння узагальнювати.



Приклади розв'язання задач

Приклад 1. Охарактеризувати механізм утворення іонного зв'язку.

Рішення. Зв'язок такого типу здійснюється внаслідок взаємного електростатичного притягання протилежно заряджених іонів. Йони можуть бути простими, тобто складатися з атому певного хімічного елемента (наприклад, катіони Na^+ , K^+ , аніони F^- , Cl^-) чи складними, тобто складатися з атомів двох чи більше хімічних елементів (наприклад, катіон NH_4^+ аніони OH^- , NO_3^- , SO_4^{2-}).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 25

На відміну від ковалентного зв'язку іонному зв'язку не властива напрямленість. Це пояснюється тим, що електричне поле його має сферичну симетрію, тобто зменшується з відстанню за одним і тим же законом у будь-якому напрямку. Тому взаємодія між іонами здійснюється однаково незалежно від напрямку.

Два різноіменних іони, що притягуються один до одного, зберігають здатність електростатично взаємодіяти з іншими іонами. У цьому полягає ще одна різниця між іонним та ковалентним типами зв'язку: іонному зв'язку не властива насиченість. Відсутність у іонного зв'язку напрямленості та насиченості зумовлює схильність іонних молекул до асоціації, тобто до їх сполучення.

Приклад 2. Описати схему утворення зв'язку в молекулі етилену C_2H_4 .

Рішення. В цій молекулі атом Карбону знаходиться також в збудженому стані.

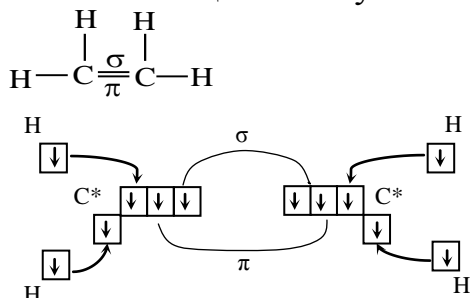


Рис. 1. Схема утворення зв'язку в молекулі етилену

В атомі Карбону гібридизують три орбіталі одна s - орбіталь і дві з трьох p - орбіталі, а одна p - орбіталь в гібридизації участі не бере, в результаті їх перекривання утворюється π - зв'язок. Таким чином, утворюються три гібридні орбіталі, які розміщуються в площині під кутом 120° і π - зв'язок реалізує четверта орбіталь, яка утворює дві області перекривання над і під площиною (рис. 2).

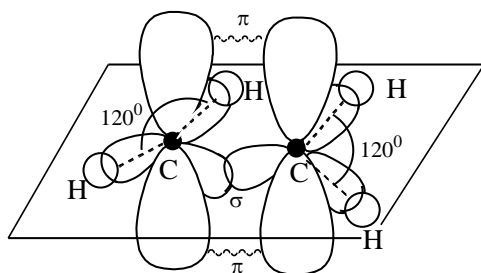


Рис. 2. Геометрична будова молекули етилену

Завдання для самоконтроля.

1. Вкажіть тип хімічного зв'язку в молекулі речовини, формула якої: А) ZnO ; Б) H_2S . Поясніть, чому?

2. Вкажіть формулу сполуки в якій: А) Сульфур проявляє ступінь окислення -2: а) S; б) SO_2 ; в) H_2S ; Б) Карбон проявляє ступінь +2: а) C; б) CO; в) CO_2 .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 26

3. Яку кристалічну ґратку має: А) натрій хлорид; Б) хлор? Опишіть ці ґратки та властивості речовин.
4. Серед зазначених формул речовин знайти сполуки з йонним зв'язком: а) KBr ; б) Br_2 ; в) SO_3 . Пояснити, чому?
5. Серед зазначених формул речовин знайти сполуки з ковалентним полярним зв'язком: а) HCl ; б) $NaCl$; в) Cl_2 . Пояснити, чому?
6. Що таке ступінь окиснення? В якій сполуці ступінь окиснення Карбону найвищий: а) CO ; б) CO_2 ; в) K_2CO_3 ? Привести розрахунки.
7. Правила обчислення ступеней окиснення. В якій сполуці ступінь окиснення Хлору найнижчий: а) KCl ; б) $KClO_3$; в) Cl_2 ?
8. Зазначити ступінь окиснення елементів у сполуках формули яких: а) HF , Mn_2O_7 , CH_4 , CaH_2 , $HClO_3$, CO , O_2 ; б) Fe_2O_3 , CS_2 , K_2SO_4 , N_2O_5 , N_2 , CF_4 , SO_3 .
9. Визначити тип хімічного зв'язку у сполуках формули яких: а) NH_3 , KBr , Cl_2 . Для KBr вказати механізм утворення зв'язку.
10. Визначити тип хімічного зв'язку у сполуках формули яких: BaO , PH_3 , N_2 . Для PH_3 вказати механізм утворення зв'язку.
11. Визначити тип хімічного зв'язку у сполуках утворених у результаті: а) горіння сірки; б) взаємодії магнію з сульфатною кислотою. Показати механізм утворення зв'язку в продуктах реакції.
12. Визначити тип хімічного зв'язку у сполуках утворених у результаті: а) горіння фосфору; б) взаємодії цинку з хлоридною кислотою. Показати механізм утворення зв'язку в продуктах реакції.
13. Визначте тип хімічного зв'язку в сполуках, хімічні формули яких: K_2S , N_2 , $NaCl$, SiO_2 , NH_3 , H_2 , CaO , Cl_2 . Поясніть, чому?
14. Визначте тип хімічного зв'язку в сполуках, хімічні формули яких: H_2O , SO_2 , O_2 , KCl , SO_3 , $MgCl_2$, P_2O_5 , Na_2O . Поясніть, чому?
15. Визначте тип хімічного зв'язку в сполуках, хімічні формули яких: Br_2 , I_2 , KBr , CO , F_2 , KF , NO , BaO , NO_2 . Поясніть, чому?
16. Охарактеризуйте хімічний зв'язок у молекулі CO_2 . Складіть схему утворення зв'язку в цій молекулі та структурну формулу.
17. Кути між зв'язками в молекулах CCl_4 та BF_3 складають відповідно $109^\circ 28'$ та 120° . Що можна сказати про геометрію (розміщення в просторі) таких молекул?
18. Привести приклади молекул, в яких зв'язок між атомами утворюється однією, двома, трьома парами електронів. Для однієї з них написати схему утворення зв'язку та вказати геометричну будову.
19. Скільки спільних електронних пар утворюють зв'язки в таких сполуках: а) алюміній нітрид; б) ксенон тетрафторид; в) кальцій фосфід; г) залізна окалина.
20. Напишіть графічну формулу кальцій гідрогенкарбонату та вкажіть сумарне число електронів, що утворюють зв'язки в цій речовині.
21. Напишіть графічну формулу фосфор (V) оксиду та вкажіть кількість зв'язків між атомами Фосфору та Оксигену.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 27

Лабораторна робота № 5

Енергетика хімічних реакцій

Короткі теоретичні відомості

Хімічні реакції, процеси розчинення, зміни агрегатного стану речовин супроводжуються виділенням чи поглинанням тепла.

Тепловий ефект розчинення кристалічної речовини у воді або в іншому розчиннику складається з ендотермічного ефекту руйнування кристалічної ґратки та екзотермічного ефекту гідратації (в загальному випадку – сольватації) іонів. Тому, якщо речовина легко гідратується, то її розчинення проходить з виділенням теплоти (наприклад: $CuSO_4$, $BaCl_2$), а якщо гідратація незначна, то з поглинанням теплоти (наприклад: KCl , K_2SO_4). Розчинення кристалогідратів також супроводжується поглинанням теплоти.

Інтегральною теплотою розчинення називається кількість теплоти, яка виділяється або поглинається при розчиненні одного моля речовини в такій кількості розчинника, при якій утворюється розчин певної концентрації. Інтегральна теплота розчинення залежить від концентрації одержаного розчину та температури розчинення.

Теплові ефекти визначають за допомогою калориметрів. Найпростіший калориметр – це склянка, яка повністю або частково теплоізолювана від навколишнього середовища. В склянку поміщається термометр та скляна паличка-мішалка.

Тепловий ефект процесу, який проходить в калориметрі, можна розрахувати за допомогою рівняння:

$$\Delta H = -C_k \cdot \Delta t, \quad (5.1)$$

де C_k – теплоємність калориметра;

Δt – зміна температури, що сталася в результаті розчинення.

Теплоємність калориметра розраховується як сума теплоємностей його окремих частин, тобто склянки, мішалки, термометра та розчину.

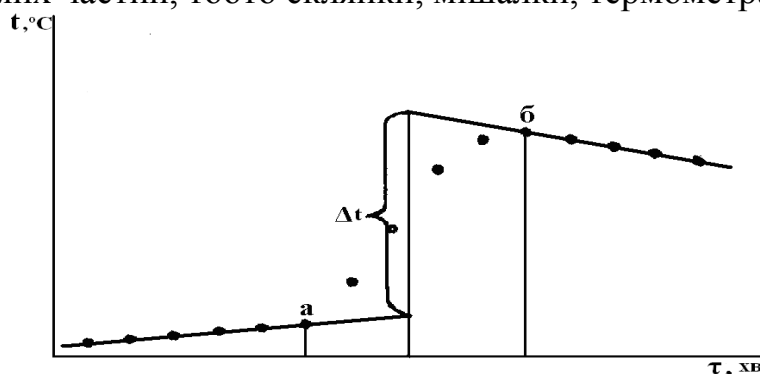


Рис. 6. Графічне визначення Δt

Зміна температури в результаті процесу визначається за графіком температура – час (рис. 6), який враховує можливий теплообмін калориметра з

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 28

навколишнім середовищем. При перемішуванні води в склянці роблять декілька вимірювань температури через рівні проміжки часу (0,5 чи 1 хв.) протягом 5 – 7 хвилин. Ця частина експерименту називається попереднім періодом. Після цього у воду всипають сіль і енергійно перемішують розчин до повного розчинення солі, продовжуючи виміри температури (головний період), і вимірюють температуру протягом 5 – 6 хвилин (заклучний період).

Тривалість головного періоду визначається крайніми точками *a* і *b*; зміна температури Δt – екстраполяцією на вертикаль, проведenu через середину головного періоду.

Експериментальна частина

Дослід 1. Визначення теплового ефекту розчинення солі калій хлориду.

Порядок виконання роботи. На технічних терезах зважують склянку, паличку (це необхідно для розрахунків їх теплоємності) і 10 г розтертої в ступці солі калій хлориду. Наливають в склянку калориметра 100 мл води. Підвішують термометр, відмічають глибину його занурення у воду і за допомогою мензурки визначають об'єм витісненої ним води, який дорівнює об'єму зануреної частини термометра. Розраховують теплоємність калориметра, перемножуючи масу його частин в грамах і теплоємність матеріалів в Дж/(г·К) (об'єм зануреної частини термометра множать на середню об'ємну теплоємність скла та ртуті), а потім підсумовують теплоємність складових частин калориметра.

Питомі теплоємності:

- скла – 0,79 Дж/(г·К);
- поліетилену – 2,3 Дж/(г·К);
- води – 4,18 Дж/(г·К).

Об'ємна теплоємність скла та ртуті (середня) – 1,9 Дж/(см³·К).

Проводять виміри температури, як було сказано вище; будують графік і визначають за ним Δt (рис б).

Розраховують теплоту розчинення солі калій хлориду за рівнянням, Дж/моль:

$$\Delta H = -\frac{Mr}{g} C_k \Delta t, \quad (5.2)$$

де *Mr* – молярна маса солі, г/моль;

g – маса наважки солі, г;

C_k – теплоємність калориметра, Дж/К.

Отримане значення ΔH солі порівнюють із табличною величиною питомої теплоти розчинення при середній температурі дослідів й знаходять по формулі відносну помилку визначення питомої теплоти розчинення δ (ΔH):

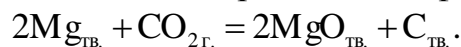
$$\delta(\Delta H) = 100 \cdot \frac{|\Delta H_{\text{експ}} - \Delta H_{\text{теор}}|}{\Delta H_{\text{теор}}}, \% \quad (5.3)$$

де $\Delta H_{\text{експ}}$ й $\Delta H_{\text{теор}}$ – експериментально знайдена й таблична величини питомої теплоти розчинення солі відповідно.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 29

Приклади розв'язання задач

Приклад 1. Обчисліть, чи може магній горіти в атмосфері вуглекислого газу:



а) при $T = 298 \text{ K}$; б) при $T = 800 \text{ K}$. Стандартні енергії Гіббса утворення речовин, $\Delta_f G^0_{298}$, кДж/моль: $CO_2 = -394,4$; $MgO = -596,6$; $C_{\text{тв.}} = 0$. Зміна стандартної ентальпії реакції: $\Delta H^0_{298} = -810,1$ кДж/моль. Зміна стандартної ентропії реакції:

$$\Delta S^0_{298} = -159,9 \text{ Дж/моль} \cdot \Delta_r S^0(298 \text{ K}) = -159,9 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

Розв'язок. Зміна енергії Гіббса ΔG дозволяє зробити висновок про принципову можливість хімічної реакції: якщо $\Delta G < 0$, то реакція принципово можлива, $\Delta G > 0$, то реакція принципово неможлива; $\Delta G = 0$, то система знаходиться в стані рівноваги.

Енергія Гіббса утворення складних речовин при $P = 1 \text{ атм.}$ і $T = 298 \text{ K}$ називається стандартною енергією Гіббса утворення, позначається $\Delta_f G^0(298 \text{ K})$, її розмірність – [кДж/моль].

а) При $T = 298 \text{ K}$ зміна стандартної енергії Гіббса реакції дорівнює сумі стандартних енергій Гіббса утворення кінцевих речовин мінус сума стандартних енергій Гіббса утворення вихідних речовин:

$$\Delta G^0_{298} = \sum \Delta_f G^0_{298\text{кін}} - \sum \Delta_f G^0_{298\text{вих}} ;$$

При $T = 298 \text{ K}$ зміна стандартної енергії Гіббса реакції горіння магнію дорівнює:

$$\Delta G^0_{298} = 2\Delta_f G^0_{298}(MgO) - \sum \Delta_f G^0_{298}(CO_2) = -2 \cdot 569,6 - (-394,4) = -744,8 \text{ кДж/моль}$$

$\Delta G < 0$, реакція принципово можлива.

б) При $T \neq 298 \text{ K}$ зміну стандартної енергії Гіббса реакції можна обчислити за рівнянням Гіббса-Гельмгольца:

$$\Delta G^0_T = \Delta_r H^0_{298} - T \cdot \Delta_r S^0_{298};$$

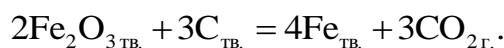
де $\Delta_r H^0_{298}$ – зміна стандартної ентальпії реакції, а $\Delta_r S^0_{298}$ – зміна стандартної ентропії реакції.

При $T = 800 \text{ K}$:

$$\Delta G^0_T = \Delta_r H^0_{298} - T \cdot \Delta_r S^0_{298} = -810,1 - 800 \cdot (-159,9/1000) = -682,2 \text{ кДж}$$

$\Delta G < 0$, реакція принципово можлива.

Приклад 2. Обчисліть, при якій температурі почнеться відновлення ферум (III) оксиду коксом згідно рівняння:



Зміна стандартної ентальпії реакції: $\Delta H^0_{298} = +463,9$ кДж/моль

Зміна стандартної ентропії реакції: $\Delta S^0_{298} = 564,1$ Дж/моль · К

Розв'язок. На момент початку реакції $\Delta G = 0$, тоді температура початку реакції дорівнює:

$$\frac{\Delta_r H^0_{298}}{\Delta_r S^0_{298}} = \frac{463900}{564,1} = 822,4 \text{ K}$$

Відновлення ферум(III) оксиду коксом почнеться при температурі 822,4 К.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 30

Задачі для самоконтроля

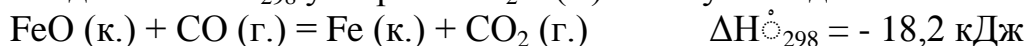
1. Обчисліть стандартну ентальпію згорання речовини А, якщо відома стандартна ентальпія утворення речовини А при температурі 298 К і стандартному тиску. Згорання відбувається до утворення $\text{CO}_2(\text{г})$ і $\text{H}_2\text{O}(\text{р})$.

Наприклад: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, стандартні ентальпії утворення 1 моля CO_2 – -393,51 кДж/моль, 1 моля $\text{H}_2\text{O}(\text{р})$ – -241,81 кДж/моль

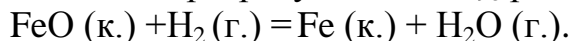
№ варіанта	Речовина А	Формула	Стан	$\Delta H_{\text{f}298}^{\circ}$, кДж/моль
1	Оцтова кислота	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	р	-484,09
2	Тетрахлорметан	CCl_4	р	-132,84
3	Трихлорметан (хлороформ)	CHCl_3	г	-101,25
4	Етиленгліколь	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	р	-4547,90
5	Діазометан	CH_2N_2	г	192,46
6	Ацетон	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	р	-248,11
7	Пропіламін	$\text{C}_3\text{H}_5\text{N}$	р	-18,83
8	Ізопропіловий спирт	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	р	-318,70
9	Пропіловий спирт	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	р	-304,55
10	Гліцерин	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	р	-668,60
11	Метилгідрозін	CH_6N_2	р	53,14
12	Бутиловий спирт	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	р	-325,56
13	Трет-Бутиловий спирт	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	р	-400,80
14	Диетиловий етер	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	р	-279,49
15	Піридин	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	р	99,96
16	Аміловий спирт	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	р	-357,94
17	Дихлорбензол	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$	р	10,79
18	Нітробензол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$	р	15,90
19	Фенол	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$	тв	-164,85
20	Гідрохінон	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$	тв	-362,96

Примітка. Кожний студент вибирає свій варіант задачі, згідно списку. Записує умову у короткому вигляді, повний розв'язок, з приведенням закону Гесса в загальному вигляді, і насамкінець математичне обчислення.

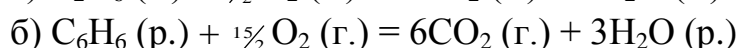
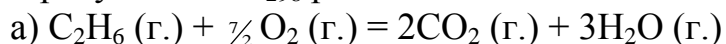
2. Виходячи із $\Delta H_{\text{f}298}^{\circ}$ утворення $\text{H}_2\text{O}(\text{г.})$ і наступних даних:



Необхідно розрахувати $\Delta H_{\text{f}298}^{\circ}$ реакції:



3. Розрахувати $\Delta H_{\text{f}298}^{\circ}$ реакції:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 31

4. Обчислити тепловий ефект реакції А при 298 К: а) при $P = \text{const}$; б) при $V = \text{const}$. Теплові ефекти утворення речовин при стандартних умовах візьміть з додатку.

№	Реакція А	№	Реакція А
1	$2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}(\text{p})$	14	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$
2	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}(\text{p}) + 2\text{Cl}_2$	15	$\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{p})$
3	$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{тв}) = \text{NH}_3 + \text{HCl}$	16	$2\text{CO} + \text{SO}_2 = \text{S}(\text{ромб}) + 2\text{CO}_2$
4	$2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}(\text{p}) = 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$	17	$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2(\text{г})$
5	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}(\text{p}) = 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$	18	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}(\text{p})$
6	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$	19	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{p})$
7	$\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$	20	$2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$
8	$\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{т}) = \text{MgO}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$	21	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$
9	$\text{CaCO}_3(\text{тв}) = \text{CaO}(\text{тв}) + \text{CO}_2$	22	$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$
10	$\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{тв}) = \text{CaO}(\text{тв}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$	23	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{п}) = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{п})$
11	$\text{S}(\text{ромб}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{п}) = \text{SO}_2 + 2\text{H}_2$	24	$\text{CH}_3\text{CHO}(\text{г}) + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{п})$
12	$\text{S}(\text{ромб}) + 2\text{CO}_2(\text{г}) = \text{SO}_2 + 2\text{CO}$	25	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{п}) + 3\text{H}_2 = \text{C}_6\text{H}_{12}$
13	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$		

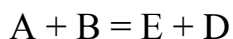
5. Визначити стандарту ентальпію (ΔH_{298}) утворення PH_3 виходячи з рівняння:
 $2\text{PH}_3(\text{г.}) + 4\text{O}_2(\text{г.}) = \text{P}_2\text{O}_5(\text{к.}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{п.}) \quad \Delta H^\circ = -2360 \text{ кДж.}$
6. Розрахувати значення ΔH_{298}° для протікаючих в організмі реакцій перетворення глюкози:
а) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{к.}) = 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{п.}) + 2\text{CO}_2(\text{г.})$
б) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{к.}) + 6\text{O}_2(\text{г.}) = 6\text{CO}_2(\text{г.}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{п.})$
Яка з цих реакцій постачає організму більше енергії?
7. Не здійснюючи розрахунків, установіть знак ΔS_{298}° наступних процесів:
а) $2\text{NH}_3(\text{г.}) = \text{N}_2(\text{г.}) + 3\text{H}_2(\text{г.})$
б) $\text{CO}_2(\text{к.}) = \text{CO}_2(\text{г.})$
в) $2\text{NO}(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) = 2\text{NO}_2(\text{г.})$
г) $2\text{H}_2\text{S}(\text{г.}) + 3\text{O}_2(\text{г.}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{п.}) + 2\text{SO}_2(\text{г.})$
д) $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{г.}) + 3\text{O}_2(\text{г.}) = 4\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) + 2\text{CO}_2(\text{г.})$
8. Визначте зміну ентропії в реакціях
а) $2\text{ZnS}(\text{к.}) + 3\text{O}_2(\text{г.}) = 2\text{ZnO}(\text{к.}) + \text{SO}_2(\text{г.})$
б) $4\text{HCl}(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) = 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г.})$
9. Розрахувати значення ΔG_{298}° наступних реакцій і визначить, в якому напрямку вони можуть протікати самочинно в стандартних умовах при 25°C :
а) $\text{NiO}(\text{к.}) + \text{Pb}(\text{к.}) = \text{Ni}(\text{к.}) + \text{PbO}(\text{к.})$
б) $\text{Pb}(\text{к.}) + \text{CuO}(\text{к.}) = \text{PbO}(\text{к.}) + \text{Cu}(\text{к.})$
в) $8\text{Al}(\text{к.}) + 3\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{к.}) = 9\text{Fe}(\text{к.}) + 4\text{Al}_2\text{O}_3(\text{к.})$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 32

Лабораторна робота № 6. Хімічна кінетика і рівновага.

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;

ΔC – зміна концентрації (початкова і кінцева), моль/л;

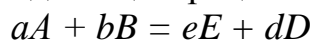
Δt – зміна часу (початковий і кінцевий), с.

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;

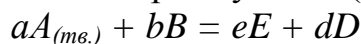
a, b, e, d – стехіометричні коефіцієнти в рівнянні реакції;

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.

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



$$v = k \cdot C_B$$

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.

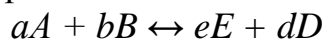
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 33

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.

- 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

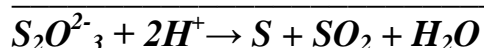
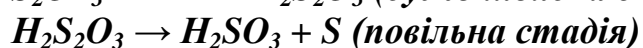
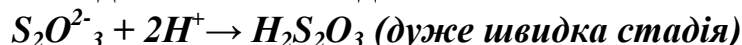
Дослід №1 Залежність швидкості реакції від концентрації реагуючих речовин

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:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 34

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

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

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

Запис даних досліду.

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

Таблиця 1

№ пробірки	Об'єм, мл			X, $C_{Na_2S_2O_3}$, моль/л	Час появи помутніння τ , с	Y, $\nu_{ум} = 1/\tau$, $с^{-1}$ 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

Порядок виконання роботи.

В три пробірки налейте 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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 35

Запис даних досліду. Результати досліду записують в таблицю 2.

Таблиця 2

№ п\п	T, К	Час появи помутніння, τ, с	$v_{ум.} = 1/\tau, c^{-1};$ 0,0000	X, 1/T, K ⁻¹ 0,0000	Y, lg v _{ум}
1	-			-	-
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: $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$

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

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 $[HI] = 2$ 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:

$$K = \frac{[H_2] \cdot [I_2]}{[HI]^2} = 0,25.$$

Згідно рівняння реакції, з 2 моль HI повинна утворюватись половинна кількість, по 1 моль H₂ і I₂. Якщо на момент рівноваги прореагувало x моль HI, то утворилось x/2 моль I₂, а залишилось 2 – x моль HI.

	HI _(г)	H _{2(г)}	I _{2(г)}
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:

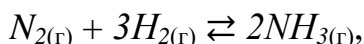
$$0,5 = \frac{0,5x}{2-x}; \quad x = 1.$$

Рівноважні концентрації:

$$[H_2]_{\text{рівн.}} = [I_2]_{\text{рівн.}} = \frac{x}{2} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ моль/л. } [HI]_{\text{рівн.}} = 2 - 1 = 1 \text{ моль/л.}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 36

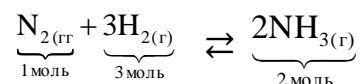
Приклад 2. В системі:



рівноважні концентрації речовин склали $[N_2]_{\text{рівн.}} = 4$ моль/л, $[H_2]_{\text{рівн.}} = 10$ моль/л, $[NH_3]_{\text{рівн.}} = 4$ 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 .



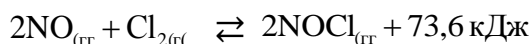
Тоді 4 моль утворились з 2 моль N_2 . Початкова концентрація азоту дорівнює:

$$[N_2]_{\text{поч.}} = [N_2]_{\text{рівн.}} + 2 = 4 + 2 = 6 \text{ моль/л.}$$

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:

$$[H_2]_{\text{поч.}} = [H_2]_{\text{рівн.}} + 6 = 10 + 6 = 16 \text{ моль/л.}$$

Приклад 3. Для реакції:



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

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.

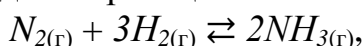
1. При збільшенні концентрацій рівновага зміщується в сторону реакції, яка проходить із зменшенням кількості моль газів, при зменшенні концентрацій – навпаки.

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 $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ 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:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 37

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

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:

$$v_{\text{пр.}} = k_1[\text{N}_2][\text{H}_2]^3.$$

Початкова швидкість зворотної реакції:

$$v_{\text{зв.}} = k_2[\text{NH}_3]^2.$$

Після збільшення концентрації в 2 рази швидкість прямої концентрації складе:

$$v_{\text{пр.}}^1 = k_1[2\text{N}_2][2\text{H}_2]^3 = 16k_1[\text{N}_2][\text{H}_2]^3,$$

а швидкість зворотної реакції буде дорівнювати:

$$v_{\text{зв.}}^1 = k_2[2\text{NH}_3]^2 = 4k_2[\text{NH}_3]^2.$$

Швидкість прямої реакції зростає в:

$$\frac{v_{\text{пр.}}^1}{v_{\text{пр.}}} = \frac{16k_1[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}{k_1[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = 16 \text{ разів.}$$

Швидкість зворотної реакції зростає в:

$$\frac{v_{\text{зв.}}^1}{v_{\text{зв.}}} = \frac{4k_2[\text{NH}_3]^2}{k_2[\text{NH}_3]^2} = 4 \text{ рази.}$$

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.

Задачі для самоконтроля

1. Знайти константу рівноваги реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, якщо початкова концентрація N_2O_4 дорівнює $0,08$ моль/л, а на момент настання рівноваги дисоціювало 50% N_2O_4 .
2. Вказати, якими змінами концентрацій реагуючих речовин можна змістити вправо рівновагу реакції $\text{CO}_{2(\text{г.})} + \text{C}_{(\text{графіт})} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(\text{г.})}$.
3. В якому напрямку зміститься рівновага реакції $\text{A}_{2(\text{г.})} + \text{B}_{2(\text{г.})} \rightleftharpoons 2\text{AB}_{(\text{г.})}$, якщо тиск збільшити в 2 рази і одночасно підвищити температуру на 10 градусів?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 38

- 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.
 - Температурний коефіцієнт реакції дорівнює 2. Як зміниться її швидкість:
 - при підвищенні температури від 60 до 100 °С;
 - при охолодженні суміші, яка реагує, від 50 до 30 °С;
 - при підвищенні температури від 80 до 140 °С.
 - 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.
 - 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:
 - температури, б) тиску?
 - 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:
 - підвищення температури в реакційній суміші;
 - зменшення загального об'єму суміші;
 - зменшення концентрації кисню;
 - збільшення об'єму реактору;
 - введення каталізатора?
 - 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?
 - Знайдіть початкову швидкість реакції $\text{H}_2\text{O}_{2(р.)} + 2\text{HI}_{(р.)} = 2\text{H}_2\text{O}_{(р.)} + \text{I}_{2(р.)}$, якщо змішали рівні об'єми 0,02 М розчину H₂O₂ і 0,05 М розчину HI. Константа швидкості реакції 0,06 л/моль·с.
 - Обчисліть температурний коефіцієнт швидкості реакції розкладу мурашиної кислоти на CO₂ і H₂ у присутності каталізатора, якщо константа швидкості цієї реакції при 413 К становить $5,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, а при 458 К – $9,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.
 - Розклад лікарської речовини (реакція першого порядку) при 333 К пройшов за 10 год. на 5 %. Обчисліть константу швидкості реакції.
 - На скільки градусів необхідно підвищити температуру реакції, щоб її швидкість зросла у 20 разів, якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції становить 3.
 - Температурний коефіцієнт швидкості певної реакції дорівнює 3. В скільки разів збільшиться швидкість цієї реакції, якщо підвищити температуру на 30 градусів?
 - В рівноважній системі: $\text{H}_{2(г.)} + \text{Br}_{2(г.)} \rightleftharpoons 2\text{HBr}_{(г.)}$, при деякій температурі константа рівноваги $K = 1$, а початкові концентрації $[\text{H}_2] = 3$ моль/л, $[\text{Br}_2] = 1,5$ моль/л. Обчисліть відсотковий об'ємний склад рівноважної суміші.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 39

Лабораторна робота № 7. 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 молекула бо 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 $n_{p-ка}$

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

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 молярність 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:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 40

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. Моляльна концентрація C_m або моляльність 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 той же 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 $N_{p.p.}$:

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

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 залежить від тиску пари над розчинами та виражається 2-им законом Рауля:

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

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

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 ($E_T(H_2O) - 0,52$).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 41

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 ω_x , %.
- 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

- Визначте масу даного розчину:

$$m_{p-xy} = V \cdot \rho_x = 100 \cdot \rho, [z].$$

- Визначте масу розчиненої речовини:

$$m_{NaCl} = m_{p-xy} \cdot \omega / 100, [z].$$

- Визначте масу води для приготування заданого розчину:

$$m_{\text{в}} = m_{p-xy} - m_{NaCl}, [z].$$

- 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 перемішуйте до повного розчинення солі.

- Заміряйте густину приготовленого розчину ρ_1 і, користуючись табл. 1, 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. 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:

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 42

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

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

$$T = \frac{m_{NaCl}}{V_{p-ny}}, [\text{г/мл}]; \quad \delta = \left| \frac{\omega_x - \omega_1}{\omega_x} \right| \cdot 100, [\%].$$

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	NaCl	H ₂ O	ρ_1	ω_1 , %	C_M , моль/л	$C_{ек}$, моль-екв/л	T , г/см ³	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 ω_{x2}
- В табл. знайдіть густину заданого розчину ρ_{x2} , г/см³.
- Визначте масу розчину, який необхідно приготувати:

$$m_{p-ny2} = V \cdot \rho_{x2}, [\text{г}].$$

- 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 $m_{в2}$, необхідну для приготування заданого розчину:

$$m_{в2} = m_{p-ny2} - m_{p-ny1}.$$

- Обчисліть об'єми вихідного розчину з масою m_{p-ny1} і води з $V_{в2}$:

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

$$V_{в2} = m_{в2} / \rho_1, [\text{см}^3].$$

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 43

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 $m_{р-ну1}$, г	Об'єми		Концентрації				Відносна похибка δ , %
				Вихідного розчину $V_{р-ну1}$	Води $V_{в2}$	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 $M_r(NaOH) = 40$ г/моль, еквівалентна маса дорівнює:

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

Молярна концентрація розчину:

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

Нормальна концентрація розчину:

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

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

Розв'язок. Еквівалентна маса H_2SO_4 :

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

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

Маса 1 л розчину:

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

Масова відсоткова концентрація:

$$\begin{array}{ll} \text{в } 1070 \text{ г розчину} & - 98 \text{ г } H_2SO_4 \\ \text{в } 100 \text{ г розчину} & - w(H_2SO_4) \end{array}$$

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 44

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 °С 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: $M_r = 180$ г/моль. Кількість моль глюкози:

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

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

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

Пониження тиску пари над розчином:

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

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

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 г/см³.

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 ($\rho = 1,0$ 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 $M_r(C_2H_6O_2) = 62$ г/моль; кількість речовини етиленгліколю:

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

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

в 9000 г води – 71,26 моль $C_2H_6O_2$

в 1000 г води – 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 °С, то розчин замерзне при $t = -14,8$ °С.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 45

Завдання для самоконтроля

- В якому об'ємі 1 М розчину і в якому об'ємі 1 Н розчину міститься 114 г $Al_2(SO_4)_3$?
- Визначити масову частку $CuSO_4$ в розчині, отриманому при розчиненні 50 г мідного купоросу $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ в 450 г води.
- Визначити масову частку речовини в розчині одержаному змішуванням 300 г 25 %-го і 400 г 40 %-го розчинів цієї речовини.
- Для нейтралізації 30 мл 0,1 Н розчину лугу необхідно 12 мл розчину кислоти. Визначити нормальність кислоти.
- 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?
- Змішали два розчини, для яких $\omega(KOH)$ дорівнює відповідно 9 % і 12 %. Маса першого розчину 120 г, другого 380 г. Визначте масову частку KOH в отриманому розчині.
- Знайти масову частку глюкози в розчині, який містить 280 г води і 40 г глюкози.
- Знайти масу $NaNO_3$, необхідну для приготування 300 мл 0,2 М розчину.
- Знайти масу води необхідну для приготування розчину $NaCl$, що містить 1,5 моль $NaCl$ на 1000 г H_2O , якщо взяли наважку 10 г $NaCl$.
- Знайти молярність 36,2 %-го розчину HCl , густина якого 1,18 г/мл.
- 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.
- Обчисліть масову відсоткову концентрацію 3 Н розчину H_2SO_4 ($\rho = 1,07$ г/мл).
- Обчисліть молярність розчину Na_2S , в 900 мл якого міститься 100 г Na_2S .
- Обчисліть нормальність розчину $NaBr$, в 200 мл якого міститься 20,5 г $NaBr$.
- При 25 °С розчинність $NaCl$ дорівнює 36,0 г в 100 г води. Знайти масову частку $NaCl$ в насиченому розчині.
- Скільки грамів $FeCl_2$ потрібно для приготування 100 мл 2 М розчину?
- Скільки грамів Na_2SO_3 необхідно для приготування 5 л 8%-го розчину ($\rho = 1,075$ г/мл)?
- Скільки грамів Na_2CO_3 міститься в 500 мл 0,25Н розчину?
- Скільки грамів $NaOH$ необхідно для приготування 3 л 30 %-го розчину густиною 1,33 г/мл?
- Скільки мілілітрів 0,5 М розчину H_2SO_4 можна приготування із 15 мл 2,5 М розчину.
- 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 %.
- Яка маса $K_3[Fe(CN)_6]$ потрібно для приготування 3 л 0,1 Н розчину?
- 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?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 46

24. Обчисліть масову частку для розчину, який приготовлений з K_2SO_4 масою 10 г і води об'ємом 80 мл?
25. Який об'єм 2 М розчину Na_2CO_3 потрібно взяти для приготування 1 л 0,25 Н розчину?
26. В якому об'ємі 0,5 М розчину $MnSO_4$ міститься 25 г цієї солі?
27. В якому об'ємі 2 Н розчину $NaOH$ міститься 40 г цієї речовини?
28. 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?
29. 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?
30. 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?
31. Чому дорівнює осмотичний тиск 0,5 М розчину глюкози $C_6H_{12}O_6$ при 25 °С?
32. 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?
33. Скільки грам сахарози потрібно розчинити в 100 г води, щоб температура кипіння розчину підвищилась на 1°С.
34. Визначити осмотичний тиск розчину що містить 180 г глюкози $C_6H_{12}O_6$ в 4л розчину при температурі 0°С.
35. Обчисліть молекулярну масу речовини, якщо при 27°С розчин 6 г цієї солі в 1л води має осмотичний тиск 0, 82 атм.
36. Чи однаковий тиск пари над розчинами, один з яких містить 92 г гліцирину в 1000 г води ($M_{\text{гліцирину}}=92$ г/моль), а інший 171 г цукру в тій самій масі води ($M_{\text{цукру}} = 342$ г/моль).
37. Розчин містить 27 г розчиненої речовини в 1000 г води і кипить при температурі 100,078°С. Обчислити молекулярну масу розчиненої речовини.
38. Осмотичний тиск розчину пірогаллолу при 15°С складає 0,59 атм. Яка молярна концентрація цього розчину?
39. Водні розчини деяких кількостей глюкози $C_6H_{12}O_6$ та формаліну $HCHO$ в однакових кількостях води мають однаковий осмотичний тиск. Чому дорівнює відношення мас глюкози та формаліну ($m_{\text{глюкози}}/m_{\text{формаліну}}$), які містяться в цих розчинах?
40. Чи при однаковій температурі кипітимуть розчини, один із яких містить в 100 г 8,2 г гліцирину ($M_{\text{гліцирину}} = 98$ г/моль) а інший в тій самій кількості води 18 г глюкози ($M_{\text{глюкози}} = 180$ г/ моль)? Відповідь обґрунтуйте.
41. Розчин в 100 мл якого міститься 2,30 г речовини, має при 298 К осмотичний тиск, що дорівнює 618,5 кПа. Визначити молекулярну масу речовини.
42. 10,2 кг водного розчину містить 6,2 кг антифризу – етиленгліколю ($M_{\text{етиленгліколю}} = 62$ г/моль) залили в радіатор автомобіля. При якій температурі замерзне розчин?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 47

Лабораторна робота № 8. 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_d

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

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

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

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:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 48

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

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

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.

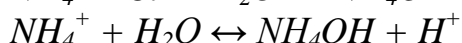
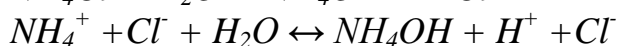
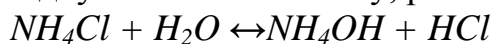
Індикатори – речовини, за допомогою яких якісно визначають середовище розчину, в залежності від зміни їх забарвлення.

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 блакитний	Жовтий	Блакитний	Блакитний

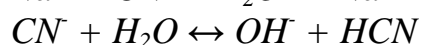
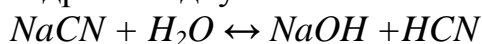
Гідроліз солей – реакція обмінного розкладу солей водою, в результаті чого з іонів розчиненої солі і Гідрогену чи гідроксиду води утворюють молекули слабких електролітів і змінюється водневий показник середовища розчину. Солі утворені катіонами сильних кислот та аніонами сильних кислот *не гідролізуються*.

Гідролізуються солі:

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

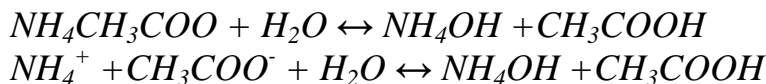


2) Солі утворені катіонами сильних основ та аніонами слабких кислот. Гідроліз відбувається по аніону, $pH > 7$, середовище лужне.



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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 49



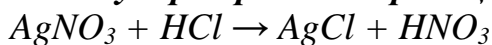
Іонообмінні реакції

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.

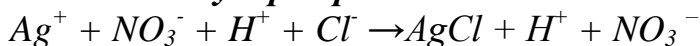
Іонообмінні реакції являються необоротними, ідуть зліва направо, до кінця, якщо внаслідок взаємодії між іонами:

- 1) Утворюється **осад** малорозчинної сполуки:

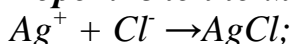
Молекулярне рівняння реакції:



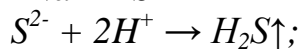
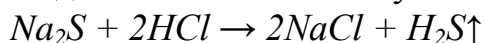
Іонно-молекулярне рівняння:



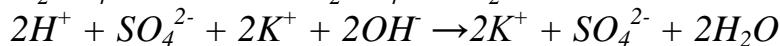
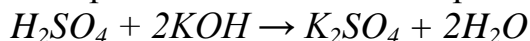
Коротке іонно-молекулярне рівняння:



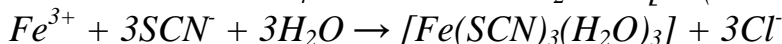
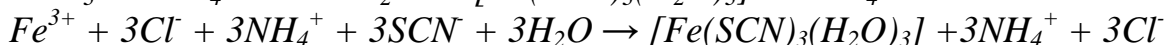
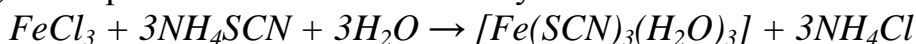
- 2) Виділяється **летка** сполука:



- 3) Утворюється слабкий електроліт:



- 4) Утворюється комплексна сполука.



Експериментальна частина

Прилади та реактиви: рН-метр; електроплитка; пробірки; стакани; розчини 0,1М: **HCl, H₂SO₄, HNO₃**; розчини 0,1М: **NaOH, KOH, NH₄OH**; розчини 0,1М: **NaCl, BaCl₂, K₂SO₄, ZnSO₄, Al₂(SO₄)₃, Na₂SO₄, NaNO₃, Na₂CO₃, FeSO₄, FeCl₃, CH₃COONa, CH₃COONH₄**; кристалічні: **NH₄Cl, CH₃COONa**; індикатори метилоранж, лакмус, фенолфталеїн, універсальний індикатор.

Дослід №1 Визначення середовища розчинів за допомогою індикаторів

Порядок виконання роботи.

В чотири пробірки помістіть по 2-3 краплі розчину **HCl** і в кожену 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			
$\approx pH$			

Дослід №2

Визначення pH розчинів потенціалометричним методом

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

Порядок виконання роботи.

Підготуйте pH-метр до роботи згідно інструкції по експлуатації. Стандартний і індикаторний електроди промийте дистильованою водою і осушіть фільтрувальним папером. В стакан налийте 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 налийте 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

Порядок виконання роботи.

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

BaCl₂ і **Na₂SO₄**;

Na₂CO₃ і **H₂SO₄**;

NaOH і **HNO₃**;

FeCl₃ і **NH₄SCN**;

Na₂SiO₃ і **H₂SO₄**.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 51

В третю пробірку до розчину NaOH додайте спершу краплю фенолфталеїну і після цього – розчину HNO_3 . Що спостерігається в пробірках?

Запис даних досліду. Напишіть рівняння іонообмінних реакцій в молекулярній, повній і короткій іонно-молекулярних формах. За яких умов іонообмінні реакції являються необоротними, проходять до кінця?

Дослід №4 Гідроліз солей

Порядок виконання роботи.

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 , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$. 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				
$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				

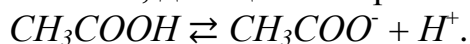
Приклади розв'язання

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

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

Константа дисоціації K_α – 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:



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

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

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 52

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

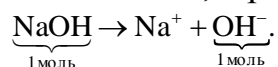
Розв'язок. Для розв'язування задачі необхідно взяти з таблиці 13, додатку Б значення константи дисоціації оцтової кислоти:

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

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

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 $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

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



Ступінь дисоціації слабого електроліту обчислюється згідно закону розведення Оствальда:

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

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:

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

Молярна концентрація іонів H^+ складає:

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

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 53

Завдання для самоконтроля

- Які реакції називають іонообмінними. Складіть молекулярне, повне та коротке іонне рівняння:
 - $BaCl_2 + MgSO_4 \rightarrow$
 - $ZnCl_2 + NaOH \rightarrow$
 - $AgNO_3 + MgCl_2 \rightarrow$
 - $K_2CO_3 + HNO_3 \rightarrow$
 - $Na_2CO_3 + HCl \rightarrow$
- В яких випадках іонообмінні реакції необоротні. Складіть молекулярне, повне та коротке іонне рівняння: $Al_2(SO_4)_3 + NaOH \rightarrow$
- Складіть молекулярне, повне та коротке іонне рівняння:
 - $K_2SO_3 + HNO_3 \rightarrow$
 - $Ca(NO_3)_2 + K_2SO_4 \rightarrow$
 - $Na_2S + HNO_3 \rightarrow$
 - $K_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
- Константа дисоціації масляної кислоти C_3H_7COOH дорівнює $1,5 \cdot 10^{-5}$. Обчислити ступінь її дисоціації в 0,005 М розчині.
- Знайти ступінь дисоціації гіпохлоритної кислоти $HClO$ в 0,2 Н розчині.
- Ступінь дисоціації мурашиної кислоти $HCOOH$ в 0,2 Н розчині дорівнює 0,03. Визначити константу дисоціації кислоти.
- 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} .
- При якій концентрації розчину ступінь дисоціації нітритної кислоти HNO_2 буде дорівнювати 0,2?
- 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?
- Скільки води потрібно додати до 300 мл 0,2 М розчину оцтової кислоти, щоб ступінь дисоціації кислоти подвоївся?
- Чому дорівнює концентрація іонів $[H^+]$ у водному розчині мурашиної кислоти $HCOOH$, якщо $\alpha = 0,03$?
- Обчислити $[H^+]$ в 0,02 М розчині сульфїтної кислоти. Дисоціацією кислоти за другим ступенем знехтувати.
- Обчислити $[H^+]$, $[HSe^-]$ і $[Se^{2-}]$ в 0,05 М розчині H_2Se .
- В 1 л 0,01 М розчину оцтової кислоти міститься $6,26 \cdot 10^{21}$ її молекул та іонів. Визначити ступінь дисоціації.
- 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) $7,4 \cdot 10^{-11}$.
- 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) $1,4 \cdot 10^{-6}$.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 54

17. Обчислити рН розчинів, в яких концентрація іонів H^+ (в моль/л) дорівнює 1) $2 \cdot 10^{-7}$; 2) $8,1 \cdot 10^{-3}$; 3) $2,7 \cdot 10^{-10}$.
18. Обчислити рН розчинів, в яких концентрація іонів OH^- (в моль/л) дорівнює 1) $4,6 \cdot 10^{-4}$; 2) $5 \cdot 10^{-6}$; 3) $9,3 \cdot 10^{-9}$.
19. Обчислити рН 0,01 Н розчину оцтової кислоти, в якому ступінь дисоціації кислоти дорівнює 0,042.
20. Визначити рН розчину, в 1 л якого міститься 0,1 г NaOH. Дисоціацію лугу вважати повною.
21. Визначити $[H^+]$ і $[OH^-]$ в розчині, рН якого дорівнює 6,2.
22. 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 .
23. Чому дорівнює концентрація розчину оцтової кислоти, рН якого становить 5,2?
24. 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.
25. Чи випаде в осад барій сульфат при додаванні розчину сульфатної кислоти об'ємом 100 мл з концентрацією 0,2 моль/л до розчину барій хлориду такого ж об'єму, з нормальною концентрацією розчину 0,02 моль/л? Додана кількість сульфатної кислоти є еквівалентною чи надлишковою?
26. Чи випаде в осад плюмбум(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?
27. 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?
28. 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 , $NaClO_4$, $KBrO$, $Ca(ClO)_2$, $CuSO_4$, $KAl(SO_4)_2$, $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$, $CaCl(ClO)$, $CrCl_2NO_3$, $Sr(CH_3COO)_2$, $Bi(NO_3)_3$, $(NH_4)_2SO_4$, $Fe(CH_3COO)_3$, $AlSO_4NO_3$? Написати рівняння гідролізу в іонно-молекулярній формі для однієї із солей.
29. Напишіть рівняння гідролізу в молекулярній та іонно-молекулярній формі по кожному степеню для солей: 1) $CuSO_4$, 2) $FeCl_3$, 3) Na_3PO_4 .
30. Які із перерахованих нижче солей піддаються гідролізу: $NaCN$, KNO_3 , $KOCl$, $NaNO_2$, CH_3COONH_4 , $CaCl_2$, $NaClO_4$, $HCOOK$, KBr ? Для кожної із солей, що гідролізує, написати рівняння реакцій гідролізу в іонно-молекулярній формі та вказати рН її водного розчину.
31. 16. Складіть молекулярне, повне та коротке іонне рівняння гідролізу $ZnCl_2$, NH_4NO_3 , NH_4Br , Na_2S , $BaCO_3$, $Al(NO_3)_3$, K_2CO_3
32. Які фактори впливають на протікання гідролізу? Складіть молекулярне, повне та коротке іонне рівняння гідролізу $NaNO_2$.
33. Вкажіть фактори, що посилюють гідроліз солей. Складіть молекулярне, повне та коротке іонне рівняння гідролізу $AlBr_3$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 55

Лабораторна робота №9.

Окисно-відновні реакції

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.

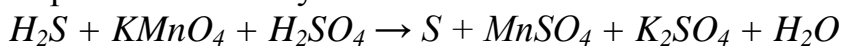
Реакція відновлення – процес приєднання електронів із зменшенням ступеня окиснення.

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

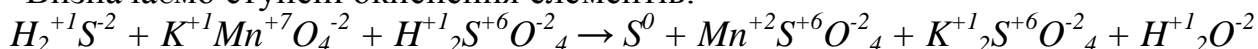
Рівняння окисно-відновних реакцій складають, користуючись *правилом електронного балансу*:

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.

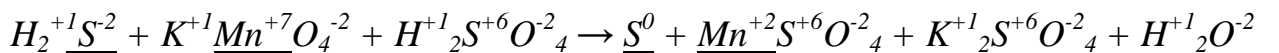


Визначаємо ступені окиснення елементів:

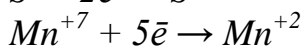
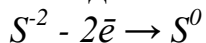


Виділяємо елементи, які змінили ступінь окиснення:

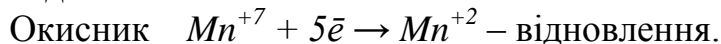
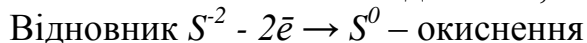
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 56



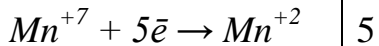
Складаємо електронні рівняння для елементів, які змінили ступінь окиснення:



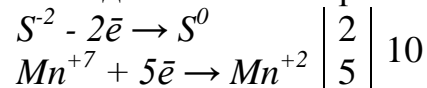
Визначаємо елементи: відновник, окисник, реакцію окиснення і відновлення:



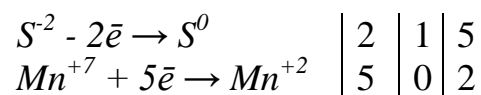
Записуємо кількість електронів в реакції окиснення і відновлення:



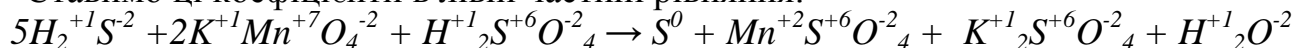
Знаходимо спільне кратне цих чисел:



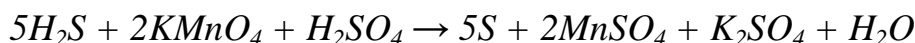
Ділимо спільне кратне на кількість електронів, при цьому одержуємо коефіцієнти при відновнику і окиснику



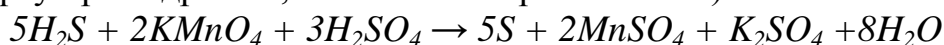
Ставимо ці коефіцієнти в лівій частині рівняння:



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



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



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

Порядок виконання роботи.

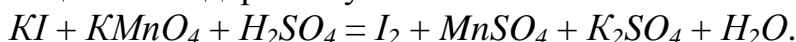
В три пробірки помістіть по 2-3 краплі розчину $KMnO_4$ і додайте: в першу пробірку – 2 краплі розчину H_2SO_4 , в другу – стільки ж розчину $NaOH$, в третю – дистильованої води. В кожну пробірку внесіть на кінчику шпателя по крупинці K_2SO_3 і перемішайте. Як зміниться забарвлення в кожній пробірці?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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 57

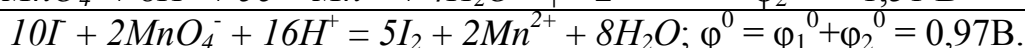
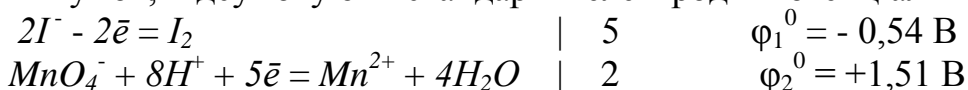
Запис даних досліджу. Складіть рівняння реакції за участю $KMnO_4$ і K_2SO_3 в кислому, лужному і нейтральному середовищах, визначте окисник і відновник. До яких ступенів окиснення відновлюється $KMnO_4$ при $pH < 7$? $pH = 7$? $pH > 7$?

Приклади розв'язання

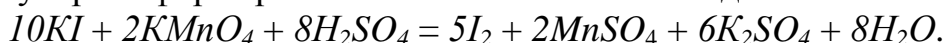
Приклад 1. Методом напівреакції розтавте коефіцієнти та визначте можливість перебігу такої реакції за стандартних умов:



Розв'язок. Складаємо іонні схеми процесів окиснення та відновлення, урівнюємо реакцію. Для визначення напрямку перебігу окисно-відновної реакції у додатку знаходимо стандартні електродні потенціали та обчислюємо ЕРС реакції за стандартних умов, підсумовуючи стандартні електродні потенціали напівреакцій.

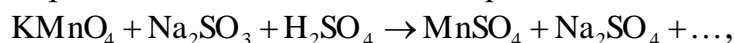


У молекулярній формі рівняння матиме такий вигляд:



Константа рівноваги цієї реакції за стандартних умов, $K = 10^{nE^0/0,059}$ буде значно більшою від одиниці. Отже, рівновага зміщена в бік утворення продуктів реакції.

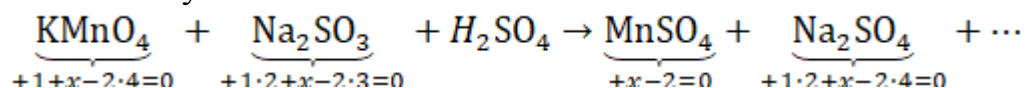
Приклад 2. Складіть рівняння окисно-відновної реакції:



і урівняйте методом електронного балансу.

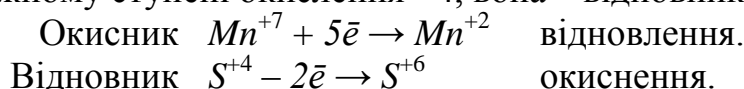
Розв'язок.

1. Визначаємо ступені окиснення елементів:

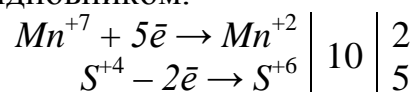


2. Визначаємо окисник, відновник, складаємо електронні рівняння процесів окиснення і відновлення.

Mn^{+7} знаходиться в вищому ступені окислення +7, він – окисник; S^{+4} знаходиться в проміжному ступені окислення +4, вона – відновник.



3. За методом електронного балансу підбираємо коефіцієнти перед окисником і відновником: число електронів, прийнятих окисником, повинно дорівнювати числу електронів, відданих відновником.

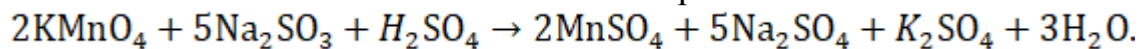


4. Записуємо коефіцієнт 2 перед сполуками, що містять Mn^{+7} і Mn^{+2} , коефіцієнт 5 перед сполуками, що містять S^{+4} і S^{+6} в обох частинах рівняння:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 58

5. Допишуємо в правій частині формули речовин, яких не вистачає. Якщо в правій частині не вистачає атомів Н або О, то пишуть формулу води. Балансуємо кількість атомів всіх елементів в обох частинах рівняння:



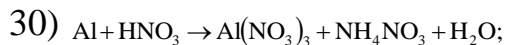
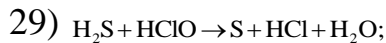
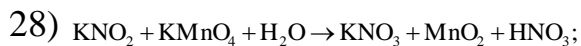
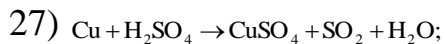
Ця реакція належить до міжмолекулярних окисно-відновних реакцій, тому що окисник і відновник – різні речовини.

Завдання для самоконтроля

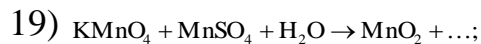
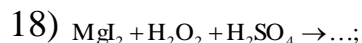
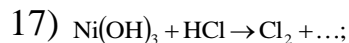
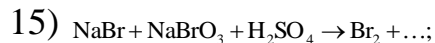
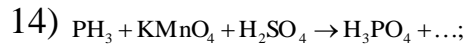
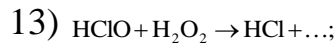
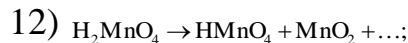
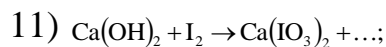
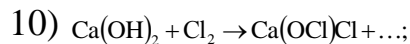
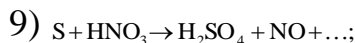
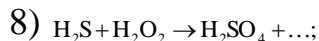
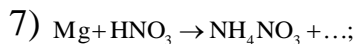
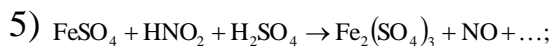
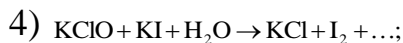
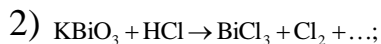
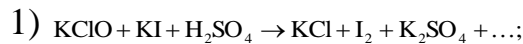
1. Користуючись правилом електронного балансу урівняти рівняння окисно-відновних реакцій, визначити окисник і відновник, вказати процеси окиснення та відновлення й тип реакції:

- 1) $\text{HClO}_3 \rightarrow \text{ClO}_2 + \text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
- 2) $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{KCl}$;
- 3) $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
- 4) $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$;
- 5) $\text{HCl} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- 6) $\text{H}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{S} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- 7) $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}$;
- 8) $\text{Zn} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$;
- 9) $\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{S} + \text{MnCl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$;
- 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) $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{N}_2 + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- 16) $\text{MgI}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
- 17) $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- 18) $\text{SO}_2 + \text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$;
- 19) $\text{NaNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.
- 20) $\text{NaBr} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- 21) $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$;
- 22) $\text{KNO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NO} + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
- 23) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
- 24) $\text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{I}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- 25) $\text{NO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{MnO}_2 + \text{HNO}_3$;
- 26) $\text{MnSO}_4 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HMnO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;

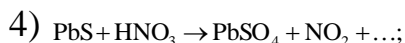
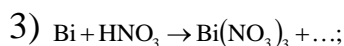
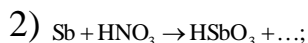
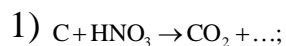
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 59



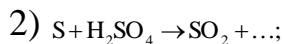
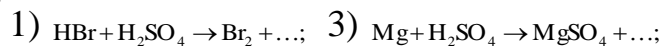
2. Допишіть рівняння окисно-відновних реакцій, визначте окисник і відновник, вкажіть процеси окиснення та відновлення й тип реакції; урівняйте рівняння методом електронного балансу:



3. Допишіть та урівняйте ті рівняння, в яких окисником є концентрована нітратна кислота:



4. Допишіть та урівняйте ті рівняння, в яких окисником є концентрована сульфатна кислота:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 60

Лабораторна робота № 10. Електрохімічні процеси

Короткі теоретичні відомості

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 $\phi^0_{Me/Me^{n+}}$;
- 2) температури T ;
- 3) заряду іона металу n ;
- 4) від активності (молярної концентрації) іонів електроліта в розчині. Ця залежність виражається рівнянням Нернста:

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

Експериментальна частина

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.

Дослід №1 Гальванічні елементи Даніеля-Якобі

Порядок виконання роботи.

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 приготвленим мідним електродом. В яку сторону відхилилась стрілка вольтметра? Замініть послідовність з'єднання електродів з вольтметром.

Запис даних дослід. 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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 61

електродах елементів, сумарні рівняння реакції. В знайдіть табличні значення стандартних електродних потенціалів металів і обчисліть стандартну напругу цих гальванічних елементів.

Дослід №2 Гальванічний елемент Вольта (контактна електрохімічна корозія металів)

Порядок виконання роботи.

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

Запис даних дослід. 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 №2 Корозія оцинкованого і лудженого заліза

Порядок виконання роботи.

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 $Fe[Fe(CN)_6]_2$.

Запис даних дослід. 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.

Дослід №3 Електроліз водного розчину KI з інертними електродами

Порядок виконання роботи.

В U-подібну трубку налийте на $\frac{3}{4}$ її висоти розчину KI і помістіть в обидва коліна графітові електроди, вставлені в гумові пробки. З'єднайте провідниками електрод-катод з клемою (-) випрямляча, а анод – з клемою (+). В прикатодний розчин додайте 5-6 крапель фенолфталеїну, а в прианодний – стільки ж розчину крохмалю. Включіть випрямляч, подаючи на електроди різницю потенціалів ~2В. Спостерігайте виділення бульбашок газу (якого?) на поверхні катода і зміну забарвлення розчинів біля електродів (чому?).

Запис даних дослід. Напишіть рівняння реакцій на електродах, складіть сумарне рівняння електролізу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 62

Приклади розв'язання

Приклад 1. За даними стандартних електродних потенціалів купруму і цинку розрахуйте ЕРС елемента, складеного з напівелементів:



Розв'язок: Розрахуємо ЕРС за рівнянням:

$$\phi_i = \phi_i^0 + \frac{RT}{nF} \lg(a_{ox}/a_{red}), \quad \frac{\Delta\phi}{F} = \frac{2,3 \cdot 8,314 \cdot 298}{96487} = 0,059 \text{ В.}$$

Значення стандартних електродних потенціалів знаходимо в довіднику: $\phi_{\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}}^0 = +0,337 \text{ В}$; $\phi_{\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}}^0 = -0,763 \text{ В}$. Так як мідний півелемент більш електропозитивний в елементі катод, то:

$$\Delta\phi = \phi_{\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}}^0 - \phi_{\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{C_{\text{Cu}^{2+}}}{C_{\text{Zn}^{2+}}};$$

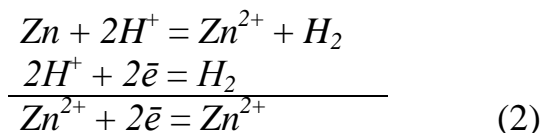
$$\Delta\phi = 0,337 - 0,763 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{0,3}{0,02}; \phi = 1,135 \text{ В.}$$

Приклад 2. Для реакції $\text{Zn} + 2\text{HCl}_{(p-n)} = \text{H}_2 + \text{ZnCl}_2_{(p-n)}$ встановить напрямлення реакції в стандартних умовах за даними про стандартні електродні потенціали і дайте схему відповідного електрохімічного елемента.

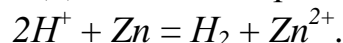
Розв'язок: Записуємо рівняння однієї з можливих електродних реакцій:



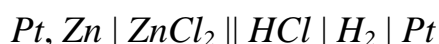
і віднімаємо його від загального рівняння, записаного в іонній формі:



Стандартні електродні потенціали електродних реакцій (1) і (2) знаходимо в довіднику $\phi_1 = 0$; $\phi_2 = -0,763 \text{ В}$. Так як $\phi_1^0 > \phi_2^0$ то від рівняння реакції (1) віднімаємо рівняння реакції (2) і отримуємо:



Записуємо схему елемента відповідно до значень електродних потенціалів:



Приклад 3. Обчисліть товщину хромового покриття на сталі, якщо після хромування маса сталюї пластинки площею 100 см^2 зросла на $3,5 \text{ г}$. Густина хрому $\rho = 7,19 \text{ г/см}^3$.

Розв'язок. Маса покриття m зв'язана з площею S , товщиною і густиною хрому співвідношенням:

$$m = S \cdot h \cdot \rho,$$

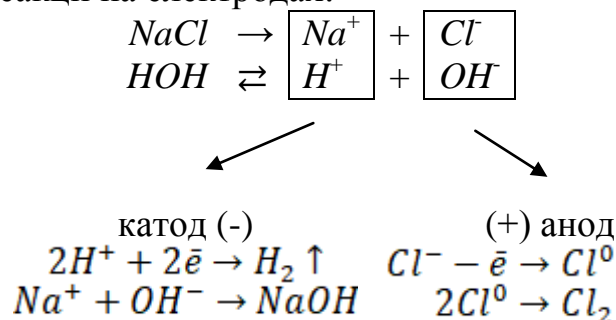
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 63

Звідки товщина покриття дорівнює:

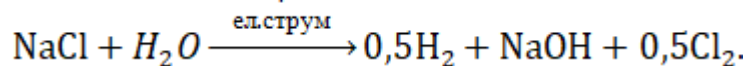
$$h = \frac{m}{S \cdot \rho} = \frac{3,5}{100 \cdot 7,19} = 0,0049 \text{ см.}$$

Приклад 4. Скільки часу потрібно, щоб повністю виділити електролізом хлор, який міститься в 1 л 1 М розчину NaCl, при силі струму 10 А?

Розв'язок. Рівняння реакції на електродах:



Сумарне рівняння електролізу:



В одному літрі одномолярного розчину NaCl міститься 1 моль солі масою $M_r(\text{NaCl}) = 58,4$ г.

Еквівалентна маса хлору $M_{r_{\text{екв.}}}(\text{Cl}) = 35,5$ г/моль.

1 моль NaCl містить 1 моль Cl⁻.

Згідно II-го закону Фарадея, для виділення еквівалента хлору потрібно $Q = 96500$ Кл електрики.

Кількість електрики:

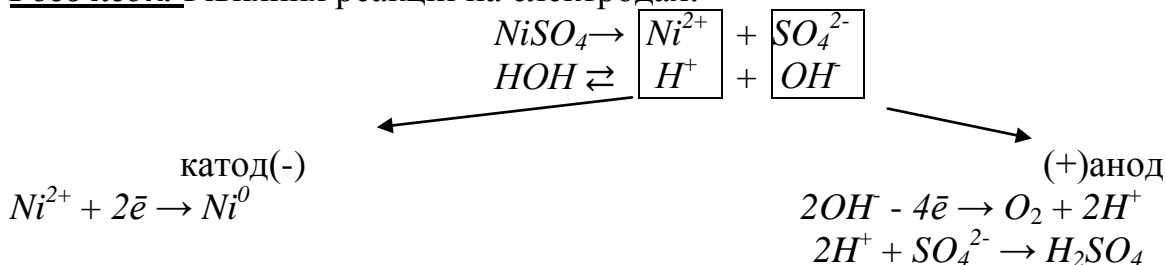
$$Q = I \cdot \tau,$$

звідки час, необхідний для виділення хлору, дорівнює:

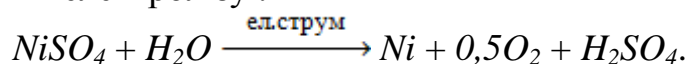
$$\tau = \frac{Q}{I} = \frac{96500}{10} = 9650 \text{ с.}$$

Приклад 5. Обчисліть масу речовин, які виділяються на електродах при електролізі водного розчину NiSO₄ силою струму 10 А протягом 2,5 год. і при виході по струму 98%.

Розв'язок. Рівняння реакцій на електродах:



Сумарне рівняння електролізу :



Згідно 1-го закону Фарадея, маса речовини m, яка виділяється на електроді, пропорційна кількості електрики:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 64

$$m = K \cdot Q = K \cdot I \cdot \tau = \frac{M_{\text{г.екв.}} \cdot I \cdot \tau}{F};$$

де I – сила струму, А;

τ – час, сек;

$M_{\text{г.екв.}}$ – молярна еквівалентна маса речовини, яка виділяється на електроді;

F – число Фарадея, $F = 96500$ Кл;

K – електрохімічний еквівалент:

$$K = \frac{M_{\text{г.екв.}}}{F}, [\text{г/Кл}]$$

Молярна маса еквівалентна Нікелю:

$$M(\text{Ni}) = \frac{M_{\text{г}}(\text{Ni})}{2} = \frac{58,7}{2} = 29,35 \text{ г/моль.}$$

Молярна маса еквівалента Оксигену:

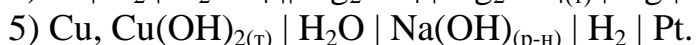
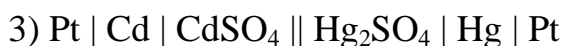
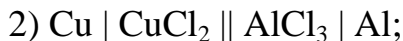
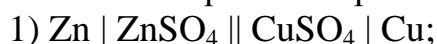
$$M_{\text{г.екв.}}(\text{O}_2) = 8 \text{ г/моль.}$$

Маси речовин, які можна теоретично одержати на електродах:

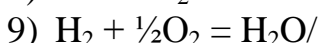
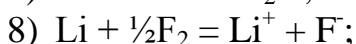
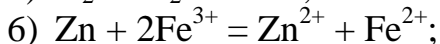
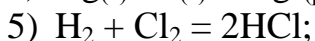
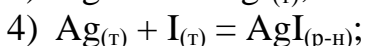
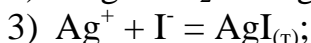
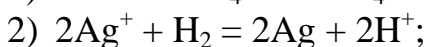
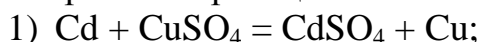
$$m(\text{Ni}) = \frac{M_{\text{г.екв.}} \cdot I \cdot \tau}{F} = \frac{29,35 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 3600}{96500} = 27,4 \text{ г,}$$

Завдання для самоконтроля

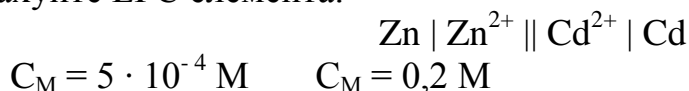
1. Напишіть рівняння реакцій, які протікають в наступних елементах:



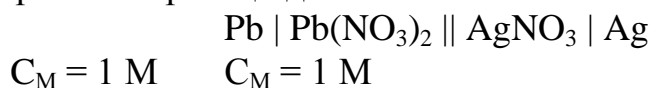
2. Як повинні бути складені елементи та напівелементи, щоб в них протікали реакції:



3. Розрахуйте ЕРС елемента:



4. Напишіть рівняння реакції для елемента:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 65

Обчисліть ЕРС.

5. 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;
 - 5) з магнієвого та цинкового електродів, занурених в 1 М розчини їх сульфатів;
 - 6) з алюмінієвого та олов'яного електродів, занурених в 1 М розчини їх хлоридів.
6. При електролізі розчину CuCl_2 на аноді виділилось 560 мл газу. Знайти масу міді, що виділилась на катоді.
7. Обчислити масу срібла, що виділилось на катоді при пропусканні струму силою 6 А через розчин аргентум нітрату за 30 хв.
8. Скільки часу потрібно для повного розкладу 2 молей води силою струму 2 А?
9. Як електролітично отримати літій гідроксид (LiOH) із солі літію? Яка кількість струму необхідна для отримання 1 т LiOH ? Складіть схеми електродних процесів.
10. Знайти об'єм кисню (н.у.), який виділиться при пропусканні струму силою 6 А протягом 30 хв. через водний розчин KOH .
11. Знайти об'єм водню (н.у.), який виділиться при пропусканні струму силою в 3 А протягом 1 год. через водний розчин H_2SO_4 .
12. Яка кількість струму необхідна для виділення із розчину:
 - 1) 2 г водню;
 - 2) 2 г кисню?
13. При електролізі водного розчину $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ струмом силою в 2 А маса катоду збільшилась на 8 г. Скільки часу проводився електроліз?
14. При електролізі водного розчину SnCl_2 на аноді виділилось 4,48 л хлору (н.у.). Знайти масу виділеного на катоді олова.
15. За 10 хв. із розчину платинової солі струм силою 5 А виділив 1,517 г Pt. Визначити молярну масу еквівалента платини.
16. Чому дорівнює молярна маса еквівалента кадмію, якщо для виділення 1 г кадмію з розчину його солі потрібно пропустити через розчин 1717 Кл електрики?
17. При проходженні через розчин солі трехвалентного металу струму силою 1,5 А протягом 30 хв. на катоді виділилось 1,071 г металу. Обчислити атомну масу металу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 66

Лабораторна робота № 11 Загальні властивості металів. Метали сімейства заліза: Ферум, Кобальт, Нікол

Короткі теоретичні відомості

В головних підгрупах періодичної системи знаходяться елементи, у яких заповнюються електронами *s*, або *p*-підрівні зовнішніх електронних рівнів. Передостанні підрівні заповнені 8, або 18 електронами, а тому є стійкими. Валентні електрони знаходяться тільки на зовнішньому рівні. Їх кількість визначається номером групи періодичної системи.

Якщо атоми мають незначне число (1-4) валентних електронів, то для них є характерною тенденція до їх віддачі і вони проявляють відновні (металічні) властивості.

В періодах із збільшенням зарядів ядра і числа валентних електронів, а також із зменшенням радіусу атомів металічні властивості слабшають.

В групах зверху вниз металічні властивості збільшуються, оскільки збільшується число рівнів і зростає об'єм атому елемента.

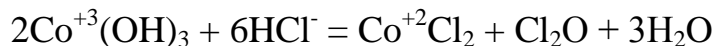
Ферум (Fe), Кобальт (Co) і Нікол (Ni) відносяться до перехідних металів VIII групи 4 періоду. Атоми на зовнішніх електронних рівнях мають по два *s*-електрони ($4s^2$) та на $3d$ -підрівнях передостаннього рівня – відповідно 6, 7, 8 електронів.

При переході від Феруму до Кобальту і Ніколя добавляється лише по одному електрону на $3d$ – підрівнях. Тому всі три метали за властивостями схожі один з одним. Це досить тверді, тугоплавкі речовини. В ряді активності вони стоять лівіше за Гідроген і реагують з кислотами із виділенням водню. На повітрі Кобальт і Нікол стійкі в наслідок покриття поверхні щільними оксидами, а залізо ржавіє, оскільки його оксиди рихлі.

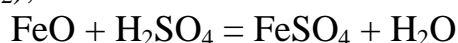
В хімічних сполуках Ферум проявляє ступені окиснення +2, +3, +6. Кобальт і Нікол – +2 і +3.

Найбільш характерною для Феруму є ступінь +3, тому сполуки Fe^{+2} є відновниками, а Fe^{+6} – дуже сильними окисниками.

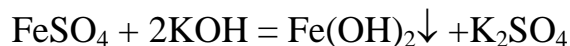
У Кобальту і Ніколя характерною є ступінь +2. Тому сполуки Co^{+3} і Ni^{+3} є сильними окисниками:



Ферум, Кобальт і Нікол утворюють оксиди (FeO, CoO, NiO) і гідроксиди ($Fe(OH)_2$, $Co(OH)_2$, $Ni(OH)_2$), які мають слабкі основні властивості:



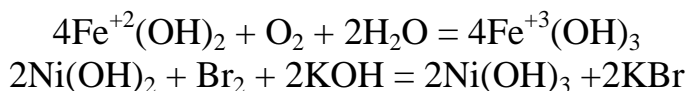
Майже всі солі сильних кислот і гідроксидів даних елементів зі ступенем +2 розчинні у воді і забарвлені в зеленуватий (Fe^{2+}), рожевий (Co^{2+}) і зелений (Ni^{2+}) кольори. Гідроксиди нерозчинні у воді і утворюються при взаємодії розчинів лугів з розчинами солей:



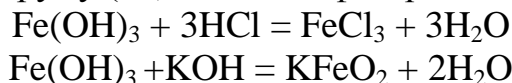
Кисень повітря, а також інші окисники гідроксиди (II) перетворюють в

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 67

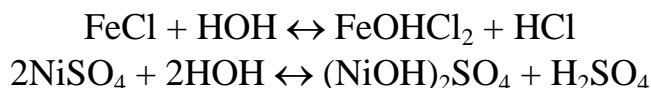
гідроксиди (III):



Оксиди і гідроксиди Феруму (III) мають амфотерні властивості:

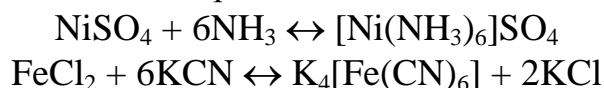


Солі Феруму, Кобальту, Ніколю в водних розчинах гідролізують і змінюють рН середовища:

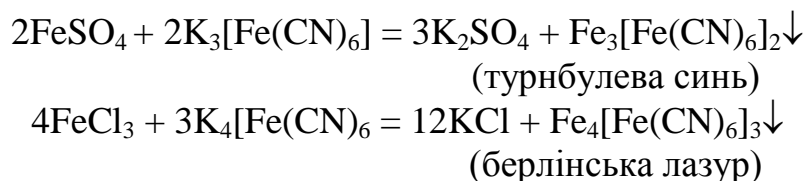


Солі, особливо з аніонами слабких кислот, можуть піддаватися повному гідролізу.

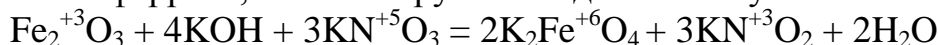
Катіони Fe, Co, Ni, як іони перехідних металів – комплексоутворювачі. Координаційні числа в комплексах рівні 6:



Комплексні сполуки мають забарвлення, тому їх використовують для відкриття катіонів:



При взаємодії оксиду феруму (III) з лугами в присутності окисників утворюються солі феррати, в яких Ферум знаходиться в ступені окиснення +6:



Проте фератна кислота (H_2FeO_4) і фератний ангідрид (FeO_3) невідомі.

Ферум – це четвертий елемент за поширеністю на Землі. В природі знаходиться у зв'язаному вигляді: входить до складу гірських порід, а також міститься в живих організмах. До складу мінеральних джерел входять сульфат FeSO_4 і гідрогенкарбонат ферум (II) $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$.

Мінерали:

оксиди

- магнетит (магнітний залізняк) $(\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}_2^{\text{III}})\text{O}_4$,
- гематит (червоний залізняк) Fe_2O_3 ,
- лимоніт (бурий залізняк) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$;

карбонати

- сидерит (залізний шпат) FeCO_3 ;

сульфіди

- пірит (залізний колчедан, сірчаний колчедан) FeS_2 ,
- піротин (магнітний колчедан) $\text{Fe}_{0,877}\text{S}$;

силікати

- оливін $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 68

Кобальт зустрічається лише у зв'язаному вигляді разом із Ніколем.

Мінерали:

- смалтин CoAs_2 ,
- кобальтин (кобальтовий блиск) CoAsS ,
- лінеїт (кобальто-ніколевий колчедан) $(\text{Co}, \text{Ni})_3\text{S}_4$.

Нікель в земній корі зустрічається тільки в зв'язаному вигляді (його супутники: Co , As , Sb).

Мінерали:

- нікелін (червоний ніколевий колчедан, купфернікель) NiAs ;
- хлоантит (білий ніколевий колчедан) $(\text{Ni}, \text{Co}, \text{Fe})\text{As}_2$;
- гарнієрит $(\text{Mg}, \text{Ni})_6(\text{Si}_4\text{O}_{11})(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$;
- магнітний колчедан $(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Cu})\text{S}$.

Експериментальна частина

Прилади та реактиви: пробірки циліндричні, фільтрувальний папір, лакмусовий папір.

Розчини: NaOH (2Н), кислота (2Н), FeSO_4 , FeCl_3 , NiCl_2 , CoCl_2 , KJ , NH_4Cl , NH_4OH , Br_2 , $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Дослід №1. Отримання і гідроксидів феруму (II) і ніколю (II).

Порядок виконання роботи.

В дві пробірки помістити по дві краплі розчинів солей феруму (II) і ніколю (II). Додати надлишок (4 краплі) розчину лугу. Чи спостерігається розчинення осадів в надлишку лугу? Зробити висновок про окиснювально-відновні властивості гідроксидів феруму і ніколю.

До отриманих осадів додати по стінках пробірок по 2 краплі бромної води. Спостерігати за зміною кольору осаду в результаті окиснення.

Запис даних дослід. Написати рівняння реакції отримання і окиснення гідроксидів. Зробити висновок про окиснювально-відновні властивості гідроксидів (II).

Дослід №2. Окиснювальні властивості Fe^{3+} .

Порядок виконання роботи.

До двох крапель хлорида феруму (III) додати 2 краплі розчину йодиду калію.

Запис даних дослід. Пояснити зміну кольору написанням рівняння реакції. Зробити висновки про окиснювально-відновні властивості феруму (III).

Дослід №3. Гідроліз солей.

Порядок виконання роботи.

За допомогою універсального індикаторного паперу визначити рН середовища розчинів солей феруму (II і III).

Запис даних дослід. Зробити висновки про вплив заряду катіону на ступінь

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 69

гідролізу солі. Написати рівняння реакції гідролізу.

Дослід №4. Отримання комплексної сполуки кобальту.

Порядок виконання роботи.

До 2 крапель розчину кобальту (II) додати стільки ж розчину хлориду амонію і надлишок (4 краплі) розчину аміаку. Спостерігати утворення комплексу фіолетового кольору.

Запис даних дослідів. Написати рівняння реакції.

Дослід №5. Відкриття катіонів Fe^{2+} і Fe^{3+} .

Порядок виконання роботи.

В дві пробірки взяти по дві краплі розчинів солей феруму (II і III). В розчин з сіллю Fe^{2+} додати краплю розчину червоної кров'яної солі $K_3[Fe(CN)_6]$ до Fe^{3+} - краплю жовтої кров'яної солі – $K_4[Fe(CN)_6]$.

Запис даних дослідів. Написати рівняння реакції утворення осадів. Вказати як вони називаються.

Дослід №6. Зміна забарвлення солей кобальту.

Порядок виконання роботи.

На білому листку паперу написати декілька знаків розчином солі кобальту. Папір обережно нагріти над полум'ям спиртівки (просушити).

Запис даних дослідів. Пояснити явище, що спостерігали.

Завдання для самоконтролю

1. Написати електронні формули катіонів Fe^{2+} , Fe^{3+} .
2. Написати рівняння реакцій розчинення феруму в соляній, розбавленій і концентрованій сульфатній кислотах, розбавленій нітратній кислоті.
3. Написати рівняння реакцій взаємодії гідроксидів $Fe(III)$, $Co(III)$, $Ni(III)$ з соляною кислотою із врахуванням окиснювальних властивостей катіонів металів (III).
4. Написати формули кінцевих продуктів і розставити коефіцієнти в наступних рівняннях на основі електронного балансу:
 $FeSO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 =$
 $Fe_2(SO_4)_3 + KNO_2 + H_2SO_4 =$
5. Написати рівняння гідролізу солі $Fe_2(SO_4)_3$ в молекулярній та іонній формах, вказати рН середовища.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 70

Лабораторна робота № 12 Визначення молекулярної маси високомолекулярних речовин віскозиметричним методом

Короткі теоретичні відомості

Молекулярна маса високомолекулярних речовин (ВМР) є однією з найважливіших характеристик полімеру, що визначає його хімічні, фізичні та технологічні властивості. Оскільки ВМР складається з макромолекул різної молекулярної маси (різного ступеня полімеризації), то говорять про середнє значення її молекулярної маси (\overline{Mr}). Значення \overline{Mr} складається з маси всіх молекул, яка усереднюється або за їх числом (середньочисельна молекулярна маса \overline{M}_n), або за масою окремих фракцій (середньомасова молекулярна маса \overline{M}_{rw}). Величина цього середнього значення \overline{Mr} залежить від методу, що використовується для його визначення. Для визначення \overline{M}_{rw} використовують методи, ґрунтовані на визначенні числа молекул у розведених розчинах полімерів: кріоскопію, ебуліоскопію, осмометрію, методи визначення кінцевих груп у макромолекулах.

Для визначення \overline{M}_{rw} використовують методи, в основу яких покладено залежність властивостей розчинів від маси окремих макромолекул (дифузію, світлорозсіювання, седиментацію та ін.). Серед різних методів визначення молекулярних мас полімерів широко використовується віскозиметричний метод. Отримана за цим методом середньовіскозиметрична молекулярна маса наближається до середньомасової молекулярної маси полімеру. Для визначення молекулярної маси використовують емпіричну залежність між граничним значенням в'язкості розчинів ВМР (характеристичною в'язкістю) $[\eta]$ і його молекулярною масою (узагальнене рівняння Штаудінгера):

$$[\eta] = K \cdot M^\alpha, \quad (12.1)$$

де: K – константа, що залежить від природи розчинника і полімеру;

α – константа, яка характеризує форму макромолекули, вона може набирати значення від 0 (для глобул) до 2 (для абсолютно жорстких макромолекул).

Визначення в'язкості розчинів ВМР ґрунтоване на вимірюванні часу витікання рідини з капіляра віскозиметра. Для неньютонівських рідин, якими є розведені розчини полімерів, при стаціонарній ламінарній течії для розрахунку в'язкості використовують рівняння Пуазейля:

$$V = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta p \cdot \tau}{8 \cdot l \cdot \eta}, \quad (12.2)$$

де: V – об'єм рідини, що витікає за час τ , см³;

r – радіус капіляра, см;

Δp – різниця тисків на кінцях капіляра, Па;

l – довжина капіляра, см;

η – абсолютна в'язкість рідини.

Якщо рідина протікає через капіляр під дією власної ваги, то

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 71

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h, \quad (12.3)$$

де ρ – густина рідини;

g – прискорення сили тяжіння;

h – висота стовпа рідини, що створює гідростатичний тиск.

Після підстановки значення Δp (12.3) у рівняння Пуазейля (12.2) і розв'язання його відносно η отримуємо:

$$\eta = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \tau}{8 \cdot l \cdot V},$$

$$\eta = K \cdot \rho \cdot \tau, \quad (12.4)$$

де $K = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot g \cdot h}{8 \cdot l \cdot V}$ (стала віскозиметра).

Отже, знаючи сталу віскозиметра і визначивши час витікання рідини з капіляра, можна обчислити абсолютну в'язкість рідини. Однак звичайно при вимірюванні в'язкості розчинів достатньо визначити відносну в'язкість розчину $\eta_{\text{відн}}$ – відношення в'язкості розчину η до в'язкості розчинника η_0 :

$$\eta_{\text{відн}} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{\rho \cdot \tau}{\rho_0 \cdot \tau_0}, \quad (12.5)$$

де ρ_0 – густина розчинника, кг/см³;

τ_0 – час витікання розчинника, с.

Для розведених розчинів можна припустити, що густина розчину мало відрізняється від густини розчинника ($\rho \approx \rho_0$) і тоді рівняння (12.5) набуває вигляду:

$$\eta_{\text{відн}} = \frac{\tau}{\tau_0}. \quad (12.6)$$

Знаючи відносну в'язкість, розраховують питому в'язкість:

$$\eta_{\text{пит}} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \frac{\eta}{\eta_0} - 1 = \eta_{\text{відн}} - 1. \quad (12.7)$$

Потім визначають приведену в'язкість:

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{\eta_{\text{пит}}}{C} \quad (12.8)$$

де: C – концентрація ВМР, моль/см³;

і будують графік залежності $\frac{\eta_{\text{пит}}}{C} = f(C)$ (рис. 12.1). Ця залежність лінійна:

$$\frac{\eta_{\text{пит}}}{C} = a + \epsilon C, \quad (12.9)$$

екстраполяція її на нульову концентрацію дає значення $a = [\eta]$.

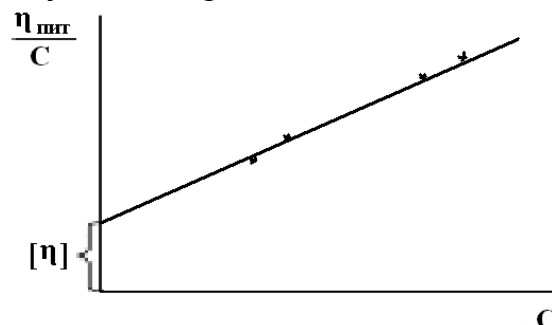


Рис. 12.1. Залежність приведеної в'язкості від концентрації розчину ВМР

Експериментальна частина

Порядок виконання роботи.

Роботу виконують на віскозиметрі Оствальда (рис. 12.2). Віскозиметр має сполучені скляні трубки (1) і (2). Трубка (1) має розширення (3), що переходить у капіляр (4). Досліджувана рідина під дією власної ваги протікає через трубку (1) і капіляр (4) у трубку (2). Вище і нижче розширення (3) на трубці (1) є мітки (5) і (6). Об'єм розширеної частини трубки дорівнює 3 – 4 мл. При витіканні розчину у віскозиметрі Оствальда відбувається поступове зменшення висоти стовпа рідини Δh , що приводить до утворення змінного гідростатичного тиску. Тому у віскозиметр Оствальда наливають однакові об'єми розчинів.

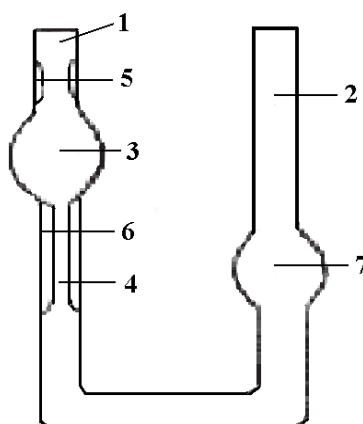


Рис. 12.2. Капілярний віскозиметр Оствальда:

1, 2 – скляні трубки; 3, 7 – розширення; 4 – капіляр; 5, 6 – мітки

Вивчають залежність в'язкості водних розчинів ВМР від їх концентрації при кімнатній температурі (при інших температурах і для більш точних вимірювань використовують термостат).

У віскозиметр, встановлений вертикально, наливають такий об'єм води (надалі – такий же об'єм розчину), щоб повністю заповнити розширення (7) (до мітки). Далі засмоктують воду в розширення (3) вище верхньої мітки і визначають час витікання води від верхньої мітки до нижньої. Проводять не менше п'яти вимірювань, з яких розраховують середнє значення. Аналогічно визначають час витікання кожного розчину, починаючи із найбільш розведеного. Наприкінці роботи віскозиметр промивають водою (особливо ретельно – капіляр) і знову вимірюють час витікання води. Дані експерименту та розрахунків заносять у таблицю:

Температура досліду, °С ... ВМР ... Розчинник ...

Концентрація С, %	Час витікання τ , с						$\eta_{\text{відн}}$	$\eta_{\text{пит}}$	$\eta_{\text{пр}}$	[η]
	1	2	3	4	5	середній				

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 73

Обробка експериментальних даних

Розраховують $\eta_{\text{від}}$, $\eta_{\text{пит}}$, $\eta_{\text{пр}}$ за рівнянням (12.6) – (12.8) для кожного розчину. Будують графік залежності $\frac{\eta_{\text{пит}}}{c} = f(c)$ і визначають характеристичну в'язкість $[\eta]$. Розраховують молекулярну масу ВМР за рівнянням (12.1). Коефіцієнти K і α зазначені в додатку (таблиця 10).

Запитання для контролю

1. Що визначає властивості ВМР?
2. Суть середнього значення молекулярної маси.
3. Від чого залежить середнє значення ВМР?
4. Які методи використовують для визначення середньо чисельної молекулярної маси?
5. Які методи використовують для визначення середньомасової молекулярної маси?
6. Якій метод найчастіше використовується для визначення молекулярної маси полімерів?
7. Охарактеризувати рівняння Штаудінгера.
8. Від чого залежить в'язкість водних розчинів ВМР?
9. Пояснити яким чином визначають в'язкості розчинів ВМР.
10. Пояснити принцип роботи віскозиметра.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 74

ДОДАТКИ

Таблиця 1

Фізико – хімічні сталі

Назва	Значення		
	Символ	Значення	Одиниця
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	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 75

Таблиця 3

Фізико-хімічні величини і одиниці Міжнародної системи (СІ)

Величина	Одиниці СІ
Внутрішня енергія, U	джоуль, Дж
Час, t	секунда, с
Тиск, p	паскаль, Па
Дипольний момент, μ	кулон-метр, Кл· м
Довжина, l	метр, м
Кількість речовини, ν	моль, моль
Кількість тепла, Q	джоуль, Дж
Кількість електрики, g	кулон, Кл
Маса, m	кілограм, кг
Молярна маса, M	кілограм на моль, кг/моль
Молярний об'єм, V_M	куб. метр на моль, м ³ /моль
Молярна концентрація, C_m	моль на кілограм, моль/кг
Молярна концентрація, C_M	моль на куб. метр, моль/м ³
Потужність, P	ват, Вт
Об'єм, V	кубічний метр, м ³
Густина, ρ	кілограм на куб. метр, кг/м ³
Площа, S	квадратний метр, м ²
Поверхневий натяг, σ	джоуль на квадр. метр, Дж/м ³
Робота, W	джоуль, Дж
Різниця потенціалів, ΔU	вольт, В
Сила, F	ньютон, Н
Сила струму, I	ампер, А
Швидкість реакції, ν	моль в секунду, моль/с
Температура термодинамічна, T	кельвін, К
Температура Цельсія, °С	градус Цельсія, °С
Теплоємність, C	джоуль на кельвін, Дж/К
Енергія, E	джоуль, Дж
Енергія Гіббса, ΔG	джоуль на моль, Дж/моль
Ентальпія, ΔH	джоуль на моль, Дж/моль
Ентропія, S	джоуль на кельвін-моль, Дж/(К· моль)

Таблиця 4

Відносні атомні маси хімічних елементів

Елемент	A_r	Елемент	A_r	Елемент	A_r
$_{89}^*Ac$	227,0278	$_{87}^*Fr$	223,0197	$_8O$	15,9994±3
$_{47}Ag$	107,8682±3	$_{31}Ga$	69,723±4	$_{76}Os$	190,2±1
$_{13}Al$	26,98154±1	$_{64}Gd$	157,25±3	$_{15}P$	30,97376±1
$_{95}^*Am$	243,0614	$_{32}Ge$	72,59±3	$_{91}^*Pa$	231,0359
$_{18}Ar$	39,948±1	$_1H$	1,00794±7	$_{82}Pb$	207,2±1
$_{33}As$	74,9216±1	$_2He$	4,002602±2	$_{46}Pd$	106,42±1
$_{85}^*At$	209,9871	$_{72}Hf$	178,49±3	$_{61}^*Pm$	144,9128
$_{79}Au$	196,9665±1	$_{80}Hg$	200,59±3	$_{84}^*Po$	208,9824
$_5B$	10,811±5	$_{67}Ho$	164,9304±1	$_{59}Pr$	140,9077±1
$_{56}Ba$	137,33±1	$_{53}I$	126,9045±1	$_{78}Pt$	195,08±3
$_4Be$	9,01218±1	$_{49}In$	114,82±1	$_{94}^*Pu$	244,0642
$_{83}Bi$	208,9804±1	$_{77}Ir$	192,22±3	$_{88}^*Ra$	226,0254
$_{97}^*Bk$	247,0703	$_{19}K$	39,0983±1	$_{37}Rb$	85,4678±3
$_{35}Br$	79,904±1	$_{36}Kr$	83,80±1	$_{75}Re$	186,207±1
$_6C$	12,011±1	$_{104}^*Ku$	[261]	$_{45}Rh$	102,9055±1
$_{20}Ca$	40,078±4	$_{57}La$	138,9055±3	$_{86}^*Rn$	222,0176
$_{48}Cd$	112,41±1	$_3Li$	6,941±2	$_{44}Ru$	101,07±2
$_{58}Ce$	140,12±1	$_{103}^*(Lr)$	260,1054	$_{16}S$	32,066±6
$_{98}^*Cf$	251,0796	$_{71}Lu$	174,967±1	$_{51}Sb$	121,75±3
$_{17}Cl$	35,453±1	$_{101}^*Md$	258,0986	$_{21}Sc$	44,95591±1
$_{96}^*Cm$	247,0703	$_{12}Mg$	24,305±1	$_{34}Se$	78,96±3
$_{27}Co$	58,9332±1	$_{25}Mn$	54,9380±1	$_{14}Si$	28,0855±3
$_{24}Cr$	51,9961±6	$_{42}Mo$	95,94±1	$_{62}Sm$	150,36±3
$_{55}Cs$	132,9054±1	$_{7}N$	14,0067±1	$_{50}Sn$	118,710±7
$_{29}Cu$	63,546±3	$_{11}Na$	22,98977±1	$_{38}Sr$	87,62±1
$_{66}Dy$	162,50±3	$_{41}Nb$	92,9064±1	$_{73}Ta$	180,9479±1
$_{68}Er$	167,26±3	$_{60}Nd$	144,24±3	$_{65}Tb$	158,9254±1
$_{99}^*Es$	252,0828	$_{10}Ne$	20,179±1	$_{43}^*Tc$	97,9072
$_{63}Eu$	151,96±1	$_{28}Ni$	58,69±1	$_{52}Te$	127,60±3
$_9F$	18,998403±1	$_{102}^*(No)$	259,1009	$_{90}^{Th}$	232,0381
$_{26}Fe$	55,847±3	$_{93}^*Np$	237,0482	$_{22}Ti$	47,88±3
$_{100}^*Fm$	257,0951	$_{105}^*Ns$	[262]	$_{81}Tl$	204,383±1
$_{69}Tm$	168,9342±1	$_{54}Xe$	131,29±3	$_{40}Zr$	91,224±2
$_{92}U$	238,0289	$_{39}Y$	88,9059±1	$^*_{106}$	[263]
$_{23}V$	50,9415±1	$_{70}Yb$	173,04±3	$^*_{107}$	[262]
$_{74}W$	183,85±3	$_{30}Zn$	65,39±2		

Таблиця 5

Стандартна ентальпія утворення $\Delta H^\circ(298)$, ентропія $S^\circ(298)$ і енергія Гіббса утворення $\Delta G^\circ(298)$ деяких речовин

Речовина	ΔH°_{298} , кДж/моль	S°_{298} , Дж/моль·К	ΔG°_{298} , кДж/моль
1	2	3	4
Прості речовини			
Ag _(г)	0	42,55	0
Al _(г)	0	28,33	0
Fe _(г)	0	27,15	0
H _{2(г)}	0	130,52	0
Hg _(р)	0	75,90	0
Mg _(г)	0	32,68	0
N _{2(г)}	0	191,50	0
O _{2(г)}	0	205,04	0
S _(г ромб.)	0	32,9	0
Хімічні сполуки			
Ag ₂ O _(г)	-31,1	121,0	-11,3
AgNO _{3(г)}	-124,5	140,9	-33,6
Al ₂ O _{3(г)}	-1676	49,9	-1582
Al ₂ (SO ₄) _{3(г)}	-3442	239,2	-3101
B ₂ H _{6(г)}	38,5	232,0	+89,6
BaCO _{3(г)}	-1202	112,1	-1164,8
BaO _(г)	-553,54	70,29	-525,84
Ba(OH) _{2(р)}	-943,49	100,83	-855,42
CO _(г)	-110,53	197,55	-137,15
CO _{2(г)}	-393,51	213,66	-394,37
CaO _(г)	-635,09	38,07	-603,46
CaCO _{3(г)}	-1206,83	91,71	-1128,35
Ca(OH) _{2(г)}	-985,12	83,39	-897,52
CS ₂	+88,7	151,0	+64,4
CH _{4(г)}	-74,9	186,2	-50,8
C ₂ H _{2(г)}	+226,75	200,82	+209,20
C ₂ H _{4(г)}	52,3	219,4	68,1
CrCl _{3(г)}	-556,47	123,01	-486,37
FeO _(г)	-264,8	60,75	-244,3
Fe ₂ O _{3(г)}	-822,16	87,45	-740,34
Fe ₃ O _{4(г)}	-1117,1	146,2	-1014,2
Fe(OH) _{2(г)}	-561,7	88,0	-479,7
Fe(OH) _{3(г)}	-826,6	105,0	-699,6

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 78

Продовження таблиці 5

1	2	3	4
HCl _(т)	-92,31	186,79	-95,30
H ₂ O _(т)	-291,85	(39,33)	-
H ₂ O _(р)	-285,83	69,95	-237,23
H ₂ O _(т)	-241,81	188,72	-228,61
H ₂ O _{2(р)}	-187,8	109,5	-120,4
HCN _(т)	135,0	113,1	125,5
H ₂ SO _{4(р)}	-813,99	156,9	-690,14
HNO _{3(р)}	-173,00	156,16	-79,90
HgCl _{2(т)}	-229,00	242,3	-197,4
HgO _(т)	-90,9	70,29	-58,6
HgS _(т)	-59,0	82,4	-51,4
KCl _(т)	-436,68	82,55	-408,93
K ₂ Cr ₂ O _{7(т)}	-2067,27	291,21	-1887,85
KMnO _{4(т)}	-828,89	+171,54	-729,14
KNO _{3(т)}	-493,2	132,93	-393,1
K ₂ SO _{4(т)}	-1433,69	175,56	-1316,04
MnO _{2(т)}	-521,49	53,14	-466,68
MgC _(т)	-601,49	27,07	-569,27
MgSO _{4(т)}	-3089,50	348,1	-2635,1
NH _{3(т)}	-46,2	192,5	-16,1
NH ₄ Cl _(т)	-314,2	94,5	-203,2
N ₂ H _{4(т)}	-50,50	12,1	149,2
NaBr _(т)	-151,86	62,1	-
NO _(т)	91,26	210,64	87,58
NO _{2(т)}	33	240,2	51,5
NaOH _(р)	-426,35	64,43	-380,29
Na ₂ SO _{3(т)}	-1089,43	146,02	-1001,21
Na ₂ SO _{4(т)}	-4324,75	591,87	-3644,09
Pb ₃ O _{4(т)}	-723,41	211,29	-606,17
PbCl _{2(т)}	-359,82	135,98	-314,56
PbO _{2(т)}	-276,56	71,92	-217,55
Pb(NO ₃) _{2(т)}	-451,7	217,9	-256,9
SO _{2(т)}	-296,90	249,1	-300,21
SO _{3(р)}	-439,0	122	-368,4
TiO _{2(т)}	-938,6	49,92	883,3
ZnO _(т)	-350,6	43,64	-320,7
Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O _(т)	-2306,8	426,3	-1174,9
Zn(NO ₃) _{2(т)}	-483,7	-	-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.10- 05.02/2/133.00.1/Б/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 85 / 79

Таблиця 6

Константи дисоціації деяких слабких електролітів

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

Таблиця 7

Добуток розчинності малорозчинних речовин у воді

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

Таблиця 8

Стандартні електродні потенціали металів

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

Таблиця 9

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

Окислена форма	Відновлена форма	Електродна реакція	E^0 , В
$2H^+$	H_2	$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	0,00
S	S^{2-}	$S + 2e^- \rightleftharpoons S^{2-}$	-0,51
$PbSO_4$	$Pb + SO_4^{2-}$	$PbSO_4 + 2e^- \rightleftharpoons Pb + SO_4^{2-}$	-0,356
Sn^{4+}	Sn^{2+}	$Sn^{4+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn^{2+}$	+0,15
Cu^{2+}	Cu^+	$Cu^{2+} + e^- \rightleftharpoons Cu^+$	+0,153
$SO_4^{2-} + 2H^+$	$SO_3^{2-} + H_2O$	$SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons SO_3^{2-} + H_2O$	+0,22
$[Fe(CN)_6]^{3-}$	$[Fe(CN)_6]^{4-}$	$[Fe(CN)_6]^{3-} + e^- \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{4-}$	+0,36
$1/2 O_2 + H_2O$	$2OH^-$	$1/2 O_2 + H_2O + 2e^- \rightleftharpoons 2OH^-$	+0,401
$1/2 I_2$	I^-	$1/2 I_2 + e^- \rightleftharpoons I^-$	+0,536
MnO_4^-	MnO_4^{2-}	$MnO_4^- + e^- \rightleftharpoons MnO_4^{2-}$	+0,564
$MnO_4^- + 2H_2O$	$MnO_2(т) + 4OH^-$	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightleftharpoons MnO_2(т) + 4OH^-$	+0,57
Fe^{3+}	Fe^{2+}	$Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$	+0,771
$2Hg^{2+}$	Hg_2^{2+}	$2Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg_2^{2+}$	+0,910
$NO_3^- + 3H^+$	$HNO_2 + H_2O$	$NO_3^- + 3H^+ + 2e^- \rightleftharpoons HNO_2 + H_2O$	+0,94
$NO_3^- + 4H^+$	$NO + 2H_2O$	$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightleftharpoons NO + 2H_2O$	+0,96
$HNO_2 + H^+$	$NO + H_2O$	$HNO_2 + H^+ + e^- \rightleftharpoons NO + H_2O$	+1,00
$1/2 Br_2(ж)$	Br^-	$1/2 Br_2 + e^- \rightleftharpoons Br^-$	+1,065
$IO_3^- + 6H^+$	$1/2 I_2 + 3H_2O$	$IO_3^- + 6H^+ + 5e^- \rightleftharpoons 1/2 I_2 + 3H_2O$	+1,195
$O_2 + 4H^+$	$2H_2O$	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	+1,229
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+$	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1,36
$1/2 Cl_2$	Cl^-	$1/2 Cl_2 + e^- \rightleftharpoons Cl^-$	+1,36
$ClO_3^- + 6H^+$	$Cl^- + 3H_2O$	$ClO_3^- + 6H^+ + e^- \rightleftharpoons Cl^- + 3H_2O$	+1,44
$PbO_2 + 4H^+$	$Pb^{2+} + 2H_2O$	$PbO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2H_2O$	+1,455
$MnO_4^- + 8H^+$	$Mn^{2+} + 4H_2O$	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$	+1,51
$H_2O_2 + 2H^+$	$2H_2O$	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	+1,77
Co^{3+}	Co^{2+}	$Co^{3+} + e^- \rightleftharpoons Co^{2+}$	+1,82
$S_2O_8^{2-}$	$2SO_4^{2-}$	$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$	+2,01
$1/2 F_2$	F^-	$1/2 F_2 + e^- \rightleftharpoons F^-$	+2,87

Таблиця 10

Варіанти завдань для вивчення залежності в'язкості водних розчинів ВМР від їх концентрації

Варіант	Полімер	Розчинник	К	α
1	Метилцелюлоза, карбоксиметилцелюлоза	Вода	$2,80 \cdot 10^{-4}$	0,67
2	Полівініловий спирт	Вода	$3,00 \cdot 10^{-4}$	0,50
3	Желатин	Вода	$1,30 \cdot 10^{-3}$	0,52
4	Полівінілацетат	Ацетон	$1,02 \cdot 10^{-4}$	0,72
5	Поліакриламід	Вода	$0,63 \cdot 10^{-4}$	0,80

Таблиця 11

Стійкість деяких комплексних іонів у водних розчинах при 25 °С

Комплексо- утворювач	Рівняння дисоціації комплексних іонів	K_H	$K_{СТ}$
Ag^+	$[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftharpoons Ag^+ + 2NH_3$	$6,8 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^7$
	$[Ag(CN)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2CN^-$	$1,0 \cdot 10^{-21}$	$1,0 \cdot 10^{21}$
Al^{3+}	$[AlF_6]^{3-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 6F^-$	$2,0 \cdot 10^{-28}$	$5,0 \cdot 10^{27}$
Co^{3+}	$[Co(NH_3)_6]^{3+} \rightleftharpoons Co^{3+} + 6NH_3$	$8,0 \cdot 10^{-36}$	$1,3 \cdot 10^{35}$
Cu^{2+}	$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4NH_3$	$4,6 \cdot 10^{-14}$	$2,1 \cdot 10^{13}$
	$[CuCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4Cl^-$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^3$
Fe^{2+}	$[Fe(CN)_6]^{4-} \rightleftharpoons Fe^{2+} + 6CN^-$	$1,0 \cdot 10^{-37}$	$1,0 \cdot 10^{37}$
Fe^{3+}	$[Fe(CN)_6]^{3-} \rightleftharpoons Fe^{2+} + 6CN^-$	$1,0 \cdot 10^{-44}$	$1,0 \cdot 10^{44}$
Pt^{2+}	$[PtCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Pt^{2+} + 4Cl^-$	$1,0 \cdot 10^{-16}$	$1,0 \cdot 10^{16}$
Zn^{2+}	$[Zn(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4NH_3$	$4,0 \cdot 10^{-10}$	$2,5 \cdot 10^9$
	$[Zn(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4CN^-$	$6,3 \cdot 10^{-18}$	$1,6 \cdot 10^{17}$
N^{3-}	$[NH_4]^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$	$6,0 \cdot 10^{-10}$	$1,5 \cdot 10^9$

Таблиця 12

Молярна маса та густина деяких поверхнево-активних речовин

ПАР	М	10^{-13} , кг/м ³
Пропіловий спирт	60,09	0,804
Ізоаміловий спирт	60,09	0,789
Бутиловий спирт	74,04	0,804
Ізобутиловий спирт	74,04	0,800
Аліловий спирт	88,10	0,815
Ізоаміловий спирт	88,10	0,810
Етиленгліколь	62,00	1,113
Оцтова кислота	60,03	1,049
Пропіонова кислота	74,05	0,992
Масляна кислота	88,06	0,964
Валеріанова кислота	102,08	0,932
Ізовалеріанова кислота	102,08	0,931
Капронова кислота	116,10	0,929
Молочна кислота	90,05	1,240

РОЗЧИННІСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВ І СОЛЕЙ У ВОДІ

Аніони	Катіони																		
	H ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ni ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	-	Н	Н	Н
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	М	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	Р	Н	Н	-	Н	М
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	-	-	Н	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	-	-	Н	-	Н	Н	Н	Н	-	-	Н	-
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Н	Р
PO ₄ ³⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	Н	Н	Н
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	-	-	Н	-	-	Н	Н	Н	-	Н	Н	-
SiO ₃ ²⁻	Н	Р	Р	-	Н	Н	Н	Н	-	Н	Н	-	Н	Н	-	-	Н	Н	-
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	-	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р

Примітка: Р – розчиняється; М – мало розчиняється; Н – практично не розчиняється;
риска – сполука розкладається водою або не існує.

