

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	<i>Випуск _1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 79/1</i>

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
Протокол 6 від 21.10.2025

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для виконання та оформлення лабораторних робіт
з навчальної дисципліни

«ХІМІЯ»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності G16 «Гірництво та нафтогазові технології»
освітньо-професійна програма «Гірництво»
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
кафедра розробки родовищ корисних копалин ім проф. Бакка М.Т.

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

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

Житомир
2025

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	<i>Випуск _1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 83/2</i>

Методичні рекомендації для виконання та оформлення лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Хімія» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності G16 «Гірництво та нафтогазові технології». Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2025. 83 с.

Наведено теоретичні основи та експериментальні частини лабораторних робіт, що відповідають освітній програмі підготовки фахівців інженерного спрямування, загальні вказівки до виконання та оформлення лабораторних робіт з дисциплін «Хімія» а також завдання для самостійної роботи.

Рецензенти:

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

к. т. н., завідувач кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка», БАШИНСЬКИЙ Сергій

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 3

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Мета та завдання навчальної дисципліни	5
Загальні правила безпеки, застережні заходи під час роботи в хімічній лабораторії	6
• <i>Лабораторна робота №1 Основні класи неорганічних сполук</i>	8
• <i>Лабораторна робота №2. Будова атомів та періодичний закон елементів Д.І. Менделєєва</i>	16
• <i>Лабораторна робота №3. Хімічний зв'язок і будова речовин</i>	18
• <i>Лабораторна робота №4. Енергетика хімічних реакцій</i>	22
• <i>Лабораторна робота №5 Хімічна кінетика і рівновага</i>	27
• <i>Лабораторна робота №6 Розчини. Приготування розчинів</i>	37
• <i>Лабораторна робота №7 Розчини електролітів. Електролітична дисоціація</i>	46
• <i>Лабораторна робота №8 Окисно-відновні реакції. Електрохімічні процеси</i>	55
• <i>Лабораторна робота №9 Елементи VI групи головної підгрупи. Оксиген та Сульфур</i>	61
• <i>Лабораторна робота №10 Елементи IV групи головної підгрупи. Карбон та Силіцій</i>	66
ДОДАТКИ	72

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	<i>Випуск _1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 83/4</i>

ВСТУП

Хімія є однією з фундаментальних природничих дисциплін, вивчення якої передбачено учбовими планами для студентів інженерно-технічних спеціальностей, зокрема для галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво».

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 дисциплін «Хімія». Вони роз'яснюють сутність компетентнісного підходу до навчання та умови його впровадження у навчальний процес.

Навчальні дисципліни «Хімія» 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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/5

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 геохімії. Все це направлено на цільову фундаментальну підготовку з хімії майбутніх фахівців з напрямку «Гірництво».

Завданням курсу є вивчення будови і властивостей неорганічних речовин, мінералів, гірських порід, вивчення геохімічних процесів, що протікають в земній корі під дією навколишнього середовища, будова Землі. Ці знання необхідні для осмислення тих геохімічних процесів, які протікають при обробці природного каменю.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- сучасне представлення про будову речовини;
- основні термодинамічні і кінетичні закономірності хімічних процесів;
- властивості хімічних елементів, сполук і їх взаємоперетворення;
- геохімічні властивості основних хімічних елементів.

вміти: - виконувати підготовчі і основні операції при проведенні хімічного експерименту;

- користуватися сучасним хімічним обладнанням для досліджень якісного і кількісного складу гірських порід та мінералів;
- встановлювати взаємозв'язок складу, будови, властивостей і застосування неорганічних сполук;
- вміти проводити генетичний зв'язок між неорганічними речовинами;
- проводити розрахунки, статистичну і графічну обробку результатів досліджень.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/6

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

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

Вхід стороннім особам під час проведення лабораторних занять забороняється.

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

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

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

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

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/7

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

– насипати або наливати реактиви слід на столі;

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

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

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

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

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

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

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

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

3) після закінчення роботи:

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

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

– ретельно вимити руки з милом.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 8

Лабораторна робота № 1

Основні класи неорганічних сполук

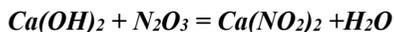
Короткі теоретичні відомості

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.

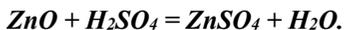
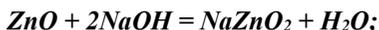
Кислотними оксидами називаються оксиди, які з водою утворюють кислоти. Тому кислотні оксиди часто називають ангідридами кислот. До кислотних оксидів належать V₂O₅, CrO₃, MnO₃, SO₃, CO₂ тощо. Кислотні оксиди не взаємодіють між собою і з кислотами, вступають у реакції з основними оксидами та основами. 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:

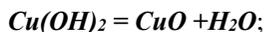
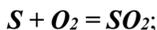
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/9



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

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

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

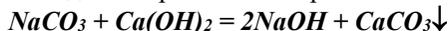


Існує декілька номенклатурних правил оксидів. Якщо елемент утворює кілька оксидів, то в їх назвах, згідно з номенклатурними правилами ІЮПАК, зазначають ступінь окиснення електропозитивного елемента римською цифрою в дужках після назви сполуки. Наприклад: FeO - ферум (II) оксид, Fe_2O_3 - ферум (III)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

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

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

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



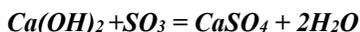
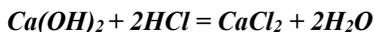
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 10

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 ОН-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 замішуватись на атоми металу з утворенням солей. За кількістю таких атомів Гідрогену у кислоті визначається основність кислоти: HCl - одноосновна кислота, H_2SO_4 - двохосновна кислота, H_3PO_4 - трьохосновна тощо.

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

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

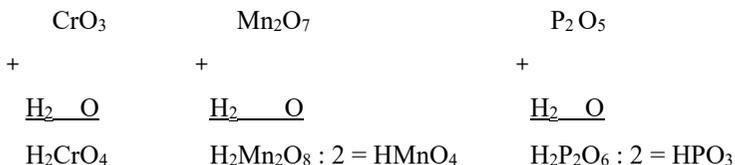
- при найменшому ступені окиснення додається префікс гіпо- та суфікс –іт або -ит;
- при дещо більшому ступені окиснення –ит або -іт;
- при вищому ступені окиснення – суфікс -ат.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 11

Наприклад:

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

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

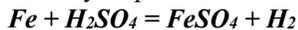


Хімічні властивості кислот.

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



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



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



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

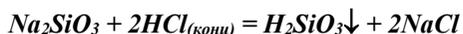
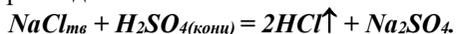
Способи одержання кислот.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 12

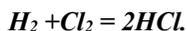
1. Взаємодія ангідридів кислот з водою. Наприклад:



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



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



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

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

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

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

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

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 13

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

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

Приклади основних солей та їх назв: **Fe(OH)₂Cl** – ферум дигідроксохлорид, **FeOHCl₂** – ферум гідроксохлорид, **(MgOH)₂SO₄** – 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: **K₂SO₄·Al₂(SO₄)₃** або, разом **KAl(SO₄)₂**.

Змішані солі містять два аніони різних кислот та катіон одного металу. Наприклад: Cl – Ca – OCl або CaOCl₂.

Експериментальна частина

Прилади та реактиви: сірка, магнієві ошурки, металічний цинк, розчин лакмусу H₂SO₄ (ρ = 1,84), розчини: CuSO₄, Cu(OH)₂, NaOH, H₂SO₄ (1:5), Ba(NO₃)₂, K₂SO₄; 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 SO₂, 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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 14

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

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

Порядок виконання роботи:

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

Запис даних 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 солі за допомогою обмінної реакції.**

Порядок виконання роботи:

Потрібно добути 5г BaSO₄, виходячи з Ba(NO₃)₂ та K₂SO₄. За рівнянням реакції розрахуйте потрібну кількість обох солей. Проведіть дослід. Спостерігайте, як випадатиме осад.

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

Дослід №5 **Одержання малорозчинної основи алюміній гідроксиду та вивчення його хімічного характеру.**

Порядок виконання роботи:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019		Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1

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 досліджу.

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) $Al(SO_4)_3 + Na_3PO_4 = \dots$;	14) $Al(SO_4)_3 + Na_3PO_4 = \dots$.
7. За допомогою яких реакцій можна добути $CuCl_2$, виходячи із $Cu(NO_3)_2$? Напишіть відповідні рівняння реакцій.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 16

Лабораторна робота № 2
(семінарське заняття)

Будова атомів та періодичний закон елементів Д.І. Менделєєва

Питання та задачі для семінару і самоконтроля

1. Коротко викласти раціональну суть теорій будови атомів Резерфорда та Бора, їх недоліки.
2. Перерахувати та пояснити основні принципи квантової механіки.
3. Що таке електронна хмара, орбіталь? Привести характеристику та можливі значення квантових чисел.
4. Сформулюйте правила квантування електронів: принцип Паулі, правила Хунда, І-ше та ІІ-ге правила Клечковського. Який порядок заповнення електронами рівнів та підрівнів в атомах?
5. Який підрівень заповнюється в атомах після заповнення підрівня $5p$? Після заповнення підрівня $5d$?
6. Що таке період? Група?, головна та побічна підгрупа? S-, p-, d-, f- елементи?
7. Представити формулою та схемою будову електронних оболонок атомів E_7 , E_{16} , E_{25} .
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Значення перших потенціалів іонізації елементів І 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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 17

12. Що спільного і яка різниця в електронній будові атомів *S* і *Cr*?
Відповідь обґрунтувати, виходячи з електронної будови атомів елементів
13. 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?
14. 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?
15. 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, TI* - змінюються їх неметалічні властивості (див. табл.).

Таблиця 1

Елемент	I, В	E, eВ	EH	Елемент	I, В	E, eВ	EH
<i>H</i>	13,6	0,75	2,1	<i>Mg</i>	7,64	-0,32	1,2
<i>He</i>	24,58	-0,22	-	<i>Ca</i>	6,11	-0,6	1,04
<i>Li</i>	5,39	0,59	0,98	<i>Sr</i>	5,69	0,21	0,99
<i>Be</i>	9,32	-0,19	1,5	<i>Ba</i>	5,21	-	-
<i>B</i>	8,31	0,33	2,0	<i>S</i>	10,36	2,15	2,6
<i>C</i>	11,26	1,24	2,5	<i>Sc</i>	9,75	-	2,5
<i>N</i>	14,53	-0,21	3,07	<i>TI</i>	9,01	-	2,1
<i>O</i>	13,61	1,47	3,50	<i>Cl</i>	13,01	3,7	3,0
<i>F</i>	17,42	3,52	4,0	<i>Br</i>	11,84	3,51	2,8
<i>Ne</i>	21,56	-0,57	-	<i>I</i>	10,45	3,24	2,6
<i>Na</i>	5,14	0,34	0,93	<i>K</i>	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 та ДСТУ ISO 21001:2019		Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1

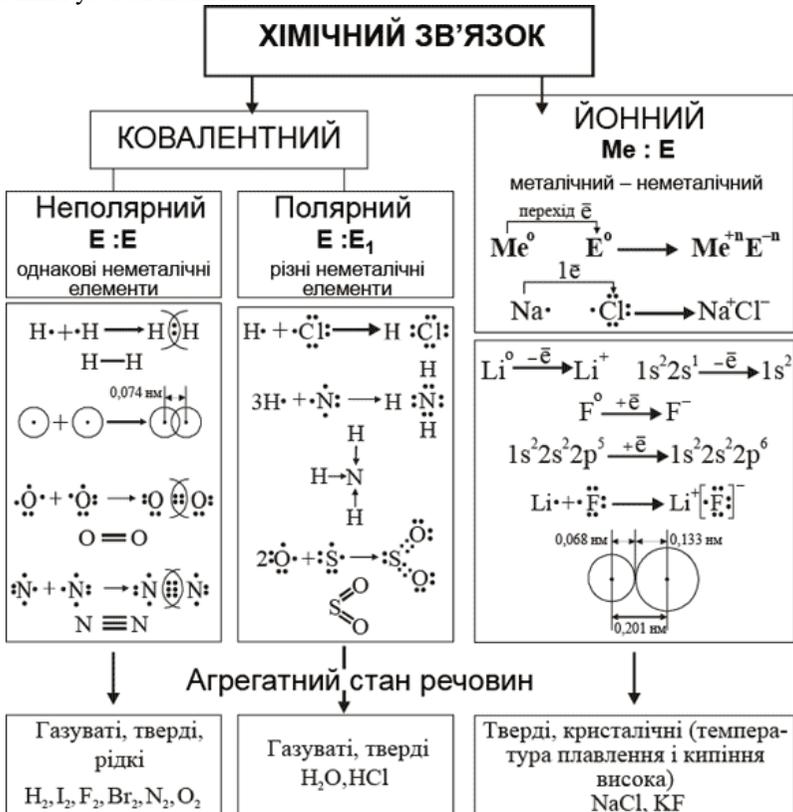
Лабораторна робота №3

Хімічний зв'язок і будова речовин

Короткі теоретичні відомості

Завдання заняття:

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



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 19

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-}).

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 різноманітних 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.

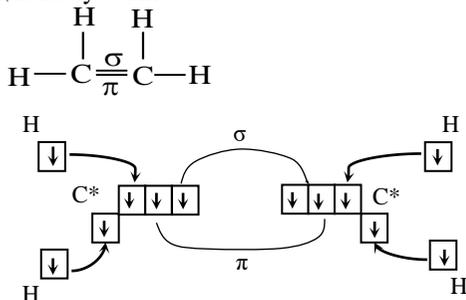


Рис. 1. Схема утворення зв'язку в молекулі етилену

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 20

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).

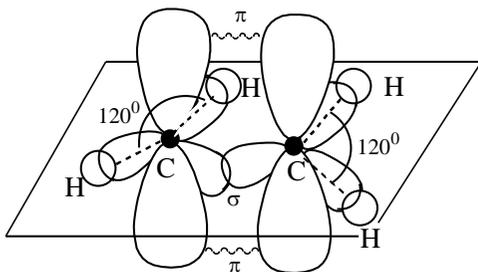


Рис. 2. Геометрична будова молекули етилену

Питання для семінару

1. Що таке електронегативність?
2. Які типи хімічного зв'язку вам відомі? Наведіть приклади сполук, що утворені кожним типом хімічного зв'язку.
3. Які механізми утворення ковалентного неполярного, ковалентного полярного та йонного зв'язків?
4. Які типи кристалічних ґраток вам відомі? Чим вони відрізняються одна від одної? Як властивості речовини залежать від її будови?
5. Що таке ступінь окиснення? Як за хімічною формулою сполуки визначити ступені окиснення атомів елементів? Як за ступенями окиснення атомів елементів скласти хімічну формулу сполуки?
6. Електрони якого електронного рівня приймають участь в утворенні хімічного зв'язку?
7. Охарактеризувати утворення та властивості водневого зв'язку.
8. Охарактеризувати донорно-акцепторний механізм утворення ковалентного зв'язку.
9. Охарактеризувати властивості ковалентного зв'язку.
10. Дати характеристику металевому зв'язку.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/21

Завдання для самоконтроля.

1. Вкажіть тип хімічного зв'язку в молекулі речовини, формула якої: А) ZnO; Б) H₂S. Поясніть, чому?

2. Вкажіть формулу сполуки в якій: А) Сульфур проявляє ступінь окиснення -2: а) S; б) SO₂; в) H₂S; Б) Карбон проявляє ступінь +2: а) C; б) CO; в) CO₂.

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) Br₂; в) SO₃. Пояснити, чому?

5. Серед зазначених формул речовин знайти сполуки з ковалентним полярним зв'язком: а) HCl; б) NaCl; в) Cl₂. Пояснити, чому?

6. Що таке ступінь окиснення? В якій сполуці ступінь окиснення Карбону найвищий: а) CO; б) CO₂; в) K₂CO₃? Привести розрахунки.

7. Правила обчислення ступеней окиснення. В якій сполуці ступінь окиснення Хлору найнижчий: а) KCl; б) KClO₃; в) Cl₂?

8. Зазначити ступінь окиснення елементів у сполуках формули яких: а) HF, Mn₂O₇, CH₄, CaH₂, HClO₃, CO, O₂; б) Fe₂O₃, CS₂, K₂SO₄, N₂O₅, N₂, CF₄, SO₃.

9. Визначити тип хімічного зв'язку у сполуках формули яких: а) NH₃, KBr, Cl₂. Для KBr вказати механізм утворення зв'язку.

10. Визначити тип хімічного зв'язку у сполуках формули яких: BaO, PH₃, N₂. Для PH₃ вказати механізм утворення зв'язку.

11. 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.

12. Визначте тип хімічного зв'язку в сполуках, хімічні формули яких: K₂S, N₂, NaCl, SiO₂, NH₃, H₂, CaO, Cl₂. Поясніть, чому?

13. Визначте тип хімічного зв'язку в сполуках, хімічні формули яких: H₂O, SO₂, O₂, KCl, SO₃, MgCl₂, P₂O₅, Na₂O. Поясніть, чому?

14. Охарактеризуйте хімічний зв'язок у молекулі CO₂. Складіть схему утворення зв'язку в цій молекулі та структурну формулу.

15. Кути між зв'язками в молекулах CCl₄ та BF₃ складають відповідно 109°28' та 120°. Що можна сказати про геометрію (розміщення в просторі) таких молекул?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 22

Лабораторна робота № 4

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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 23

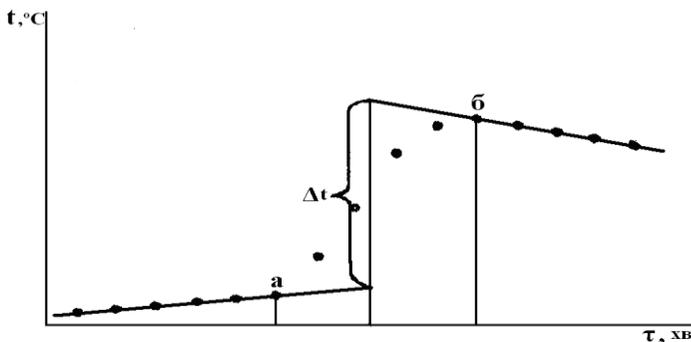


Рис. 6. Графічне визначення Δt

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

Експериментальна частина

Дослід 1. Визначення теплового ефекту розчинення солі калій хлориду.

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 24

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 6).

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.

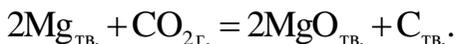
Отримане значення ΔH солі порівнюють із табличною величиною питомої теплоти розчинення при середній температурі дослідів й знаходять по формулі відносну помилку визначення питомої теплоти розчинення $\delta(\Delta H)$:

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

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

Приклади розв'язання задач

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



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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 25

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

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 $T = 298 \text{ К}$ називається стандартною енергією Гіббса утворення, позначається $\Delta_f G^{\circ}(298 \text{ К})$, її розмірність – [кДж/моль].

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

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

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

$$\Delta G^{\circ}_{298} = 2\Delta_f G^{\circ}_{298}(\text{MgO}) - \sum \Delta_f G^{\circ}_{298}(\text{CO}_2) = -2 \cdot 569,6 - (-394,4) = -744,8 \text{ кДж/моль}$$

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

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

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

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

При $T = 800 \text{ К}$:

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

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

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 - $-393,51 \text{ кДж/моль}$, 1 моля $\text{H}_2\text{O}(\text{р})$ - $-241,81 \text{ кДж/моль}$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 26

№ варіанта	Речовина А	Формула	Стан	ΔH_{f298}^0 , кДж/моль
1	Оцтова кислота	$C_2H_4O_2$	р	-484,09
2	Тетрахлорметан	CCl_4	р	-132,84
3	Трихлорметан (хлороформ)	$CHCl_3$	г	-101,25
4	Етиленгліколь	$C_2H_4O_2$	р	-4547,90
5	Діазометан	CH_2N_2	г	192,46
6	Ацетон	C_3H_6O	р	-248,11
7	Пропіламін	C_3H_5N	р	-18,83
8	Ізопропіловий спирт	C_3H_8O	р	-318,70
9	Пропіловий спирт	C_3H_8O	р	-304,55
10	Гліцерин	C_3H_8O	р	-668,60
11	Метилгідрозин	CH_6N_2	р	53,14
12	Бутиловий спирт	$C_4H_{10}O$	р	-325,56
13	Трет-Бутиловий спирт	$C_4H_8O_2$	р	-400,80
14	Диетиловий етер	$C_4H_{10}O$	р	-279,49
15	Піридин	C_5H_5N	р	99,96
16	Аміловий спирт	$C_5H_{12}O$	р	-357,94
17	Дихлорбензол	$C_6H_4Cl_2$	р	10,79
18	Нітробензол	$C_6H_5O_2N$	р	15,90
19	Фенол	C_6H_6O	тв	-164,85
20	Гідрохінон	$C_6H_6O_2$	тв	-362,96

Завдання. 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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 27

Лабораторна робота № 5. 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.

$$A + B = E + D$$

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

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

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

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

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

Фактори, що впливають на швидкість реакції:

- природа реагуючих речовин;
- концентрація;
- температура;
- каталізатор;
- тиск (для газів);
- ступінь подрібнення (для твердих речовин).

Залежність швидкості реакції від концентрації.

$$aA + bB = eE + dD$$

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

C_A – концентрація компонента А;

C_B – концентрація компонента В;

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

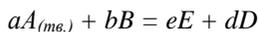
v – швидкість хімічної реакції, моль/л·с;

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):

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 28



$$v = k \cdot C_B$$

Вплив температури на швидкість реакції.

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

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

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

γ – температурний коефіцієнт швидкості реакції.

Хімічна рівновага

Хімічна рівновага відноситься до оборотних процесів.

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

Концентрації речовин в стані рівноваги називаються рівноважними.



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

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

$$v_1 = v_2$$

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

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

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

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

- при збільшенні концентрації рівновага зміщується в сторону реакції, яка проходить із зменшенням кількості моль газів, при зменшенні концентрації – навпаки;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 29

- 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

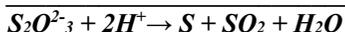
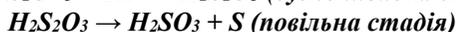
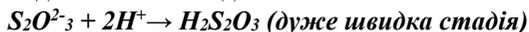
Прилади та реактиви: секундомір, бюретки на 25 мл, електроплитка, пробірки, термометри зі шкалою 0-50°C, стакани ємністю 0,5 л, калій хлорид кристалічний, розчини: $Na_2S_2O_3$ 0,1М, H_2SO_4 1М, $FeCl_3$ насичений, NH_4SCN насичений, I_2 0,1Н, крохмаль 0,5%.

Дослід №1 Залежність швидкості реакції від концентрації реагуючих речовин

Натрій тіосульфат розкладається в розчині сульфатної кислоти за рівнянням:



Реакція складається з 3-х стадій:



Швидкість сумарного процесу визначається швидкістю повільної другої стадії.

Порядок виконання роботи.

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 30

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

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

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

Таблиця 1

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

Дослід №2 Залежність швидкості реакції від температури

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

Таблиця 2

№ п\п	t , °C	Час появи помутніння, τ , с	$v_{ум.}=1/\tau$, с ⁻¹	$1/T$, К ⁻¹	$lg v_{ум}$
1					
2					
3					

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 31

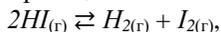
Побудуйте графік залежності логарифма швидкості реакції від зворотної величини абсолютної температури. З графіка визначте тангенс кута нахилу прямої і обчисліть енергію активації реакції:

$$E_a = 2,3 \cdot R \cdot tga$$

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

	$HI_{(г)}$	$H_{2(г)}$	$I_{2(г)}$
Початкові концентрації, моль/л	2	0	0
Рівноважні концентрації, моль/л	$2 - x$	$x/2$	$x/2$

Підставляємо рівноважні концентрації у вираз константи рівноваги:

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019		Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1
			Арк 83/ 32

Добуваючи квадратний корінь з обох частин рівняння, одержимо:

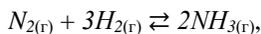
$$0,5 = \frac{0,5x}{2-x}; \quad x=1.$$

Рівноважні концентрації:

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

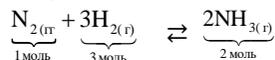
$$[HI]_{\text{рівн.}} = 2 - 1 = 1 \text{ моль/л.}$$

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:



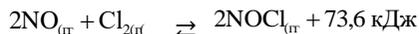
видно, що 2 моль NH_3 утворюються з 1 моль N_2 . Тоді 4 моль утворились з 2 моль N_2 . Початкова концентрація азоту дорівнює:

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

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.

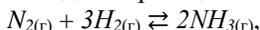
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 33

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:

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

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:

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

Початкова швидкість зворотної реакції:

$$v_{\text{зв.}} = k_2 [NH_3]^2.$$

Після збільшення концентрації в 2 рази швидкість прямої концентрації складе:

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

а швидкість зворотної реакції буде дорівнювати:

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

Швидкість прямої реакції зростає в:

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 34

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? Температурні коефіцієнти швидкості прямої і зворотної реакцій дорівнюють відповідно 2 і 3. Який знак ΔH° в цій реакції?
4. Чому дорівнює швидкість хімічної реакції, якщо концентрація однієї з реагуючих речовин на початку реакції дорівнювала 1,2 моль/л, а через 50 хв. стала дорівнювати 0,3 моль/л.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019		Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1
			Арк 83/ 35

5. Початкова концентрація етилоцтового естеру при реакції омилення дорівнювала 0,02 моль/л. Через 25 хв. вона стала дорівнювати 0,0054 моль/л. Обчисліть швидкість реакції.
6. Температурний коефіцієнт реакції дорівнює 2. Як зміниться її швидкість:
 - а) при підвищенні температури від 60 до 100 °С;
 - б) при охолодженні суміші, яка реагує, від 50 до 30 °С;
 - в) при підвищенні температури від 80 до 140 °С.
7. 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.
8. Метанол одержують за реакцією $\text{CO}_{(г.)} + 2\text{H}_{2(г.)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}_{(р.)}$; $\Delta H^\circ_{298} = -127,8$ кДж. Куди буде зміщуватись рівновага при підвищенні: а) температури, б) тиску?
9. Як вплине на вихід хлору в системі $4\text{HCl}_{(г.)} + \text{O}_{2(г.)} \rightleftharpoons 2\text{Cl}_{2(г.)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(р.)}$; $\Delta H^\circ_{298} = -202,4$ кДж:
 - а) підвищення температури в реакційній суміші;
 - б) зменшення загального об'єму суміші;
 - в) зменшення концентрації кисню;
 - г) збільшення об'єму реактору;
 - д) введення каталізатора?
10. 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?
11. 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.
12. 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 – $9,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.
13. Розклад лікарської речовини (реакція першого порядку) при 333 К пройшов за 10 год. на 5 %. Обчисліть константу швидкості реакції.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 36

14. На скільки градусів необхідно підвищити температуру реакції, щоб її швидкість зросла у 20 разів, якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції становить 3.
15. В системі $\text{CO}_{(г.)} + \text{Cl}_{2(г.)} \rightleftharpoons \text{COCl}_{2(г.)}$ концентрацію CO збільшили від 0,03 до 0,12 моль/л, а концентрацію хлору – від 0,02 до 0,06 моль/л. В скільки разів зросла швидкість прямої реакції?
16. Температурний коефіцієнт швидкості певної реакції дорівнює 3. В скільки разів збільшиться швидкість цієї реакції, якщо підвищити температуру на 30 градусів?
17. Через деякий час після початку реакції

$$3\text{A}_{(г.)} + \text{B}_{(г.)} \rightleftharpoons 2\text{C}_{(г.)} + \text{D}_{(г.)}$$
 концентрації речовин складають: $[\text{A}] = 0,03$ моль/л; $[\text{B}] = 0,01$ моль/л; $[\text{C}] = 0,008$ моль/л. Які початкові концентрації речовин А і В?
18. 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 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 37

Лабораторна робота № 6. Розчини. Приготування розчинів.

Короткі теоретичні відомості

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 38

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 39

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

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 $\Delta T_{кип.}$ прямо пропорційно молярній концентрації розчиненої речовини C_m

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

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

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

Експериментальна частина

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

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

1. Отримайте завдання на приготування розчину з масовою концентрацією $\omega_x = 5-15\%$.
2. В табл. 1 знайдіть густину розчину заданої концентрації $\rho_x, \text{г/см}^3$.

Таблиця 1

Густина водних розчинів натрій хлориду, г/см^3

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025	
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1		Арк 83/40

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

3. Визначте масу даного розчину:

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

4. Визначте масу розчиненої речовини:

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

5. визначте масу води для приготування заданого розчину:

$$m_e = m_{p-ny} - m_{NaCl}, [g]$$

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

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

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

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

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019		Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1
			Арк 83/41

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

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

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

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

Вихідний розчин – отриманий в попередньому досліді з концентрацією ω_1 .

1. Отримайте завдання на приготування розчину з концентрацією ω_{x2} .
2. В табл. знайдіть густину заданого розчину ρ_{x2} , г/см³.
3. Визначте масу розчину, який необхідно приготувати:

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

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

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

5. Обчисліть масу води $m_{в2}$, необхідну для приготування заданого розчину:

$$m_{в2} = m_{p-ny2} - m_{p-ny1}.$$

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

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

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

7. Налийте в циліндр розрахований об'єм вихідного розчину, перелийте його в стакан, долийте розрахований об'єм води і старанно перемішайте.
8. Виміряйте аерометром густину одержаного розчину ρ_2 і визначте концентрацію ω_2 . обчисліть масу $NaCl$ в одержаному розчині:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 43

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 $20^\circ C$ дорівнює 17,5 мм.рт.ст.

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

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

де P_0 – тиск пари над чистим розчинником;

P – тиск пари над розчином;

n_1 – кількість моль розчиненої речовини;

n_2 – кількість моль розчинника.

Молярна маса глюкози: $M_r = 180$ 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:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 44

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

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

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

$$\text{в } 9000 \text{ г води} \quad - \quad C_m$$

Молярна концентрація розчину:

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

Пониження температури замерзання:

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

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

Завдання для самоконтроля

1. В якому об'ємі 1 М розчину і в якому об'ємі 1 Н розчину міститься 114 г $Al_2(SO_4)_3$?
2. Визначити масову частку речовини в розчині одержаному змішуванням 300 г 25 %-го і 400 г 40 %-го розчинів цієї речовини.
3. Для нейтралізації 30 мл 0,1 Н розчину лугу необхідно 12 мл розчину кислоти. Визначити нормальність кислоти.
4. 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?
5. Знайти масову частку глюкози в розчині, який містить 280 г води і 40 г глюкози.
6. Знайти масу $NaNO_3$, необхідну для приготування 300 мл 0,2 М розчину.
7. Знайти молярність 36,2 %-го розчину HCl , густина якого 1,18 г/мл.
8. 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.
9. Обчисліть масову відсоткову концентрацію 3 Н розчину H_2SO_4 ($\rho = 1,07$ г/мл).
10. Обчисліть молярність розчину Na_2S , в 900 мл якого міститься 100 г Na_2S .
11. Обчисліть нормальність розчину $NaBr$, в 200 мл якого міститься 20,5 г $NaBr$.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 45

12. Скільки грамів FeCl_2 потрібно для приготування 100 мл 2 М розчину?
13. Скільки грамів Na_2SO_3 необхідно для приготування 5 л 8%-го розчину ($\rho = 1,075$ г/мл)?
14. Скільки грамів Na_2CO_3 міститься в 500 мл 0,25Н розчину?
15. Скільки грамів NaOH необхідно для приготування 3 л 30 %-го розчину густиною 1,33 г/мл?
16. Скільки мілілітрів 0,5 М розчину H_2SO_4 можна приготування із 15 мл 2,5 М розчину.
17. 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 %.
18. Яка маса $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ потрібно для приготування 3 л 0,1 Н розчину?
19. 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?
20. Який об'єм 2 М розчину Na_2CO_3 потрібно взяти для приготування 1 л 0,25 Н розчину?
21. В якому об'ємі 0,5 М розчину MnSO_4 міститься 25 г цієї солі?
22. В якому об'ємі 2 Н розчину NaOH міститься 40 г цієї речовини?
23. 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?
24. 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?
25. 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?
26. Чому дорівнює осмотичний тиск 0,5 М розчину глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ при 25 °С?
27. До 100 мл 0,5 М водного розчину сахарози $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ додали 300 мл води. Чому дорівнює осмотичний тиск отриманого розчину при 25 °С?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/46

Лабораторна робота № 7. 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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 47

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

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

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

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

Електролітична дисоціація води і іонний добуток води.

Вода є амфотерним слабким електролітом.

Константа дисоціації води має вигляд:

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

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

Одержаний вираз називається іонним добутком води:

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

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

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

$$pH + pOH = 14$$

pH < 7 – кисле середовище,

pH = 7 – нейтральне середовище,

pH > 7 – лужне середовище.

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

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 48

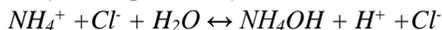
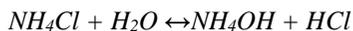
Гідроліз солей

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

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

Гідролізуються солі:

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



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



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



Іонообмінні реакції

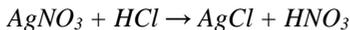
Хімічні реакції в розчинах електролітів відбуваються між іонами називаються іонообмінними. Рівняння таких реакцій записують в молекулярній, іонно-молекулярній і короткій іонно-молекулярній формах. При складанні рівнянь реакцій в іонно-молекулярній формах формули малорозчинних сполук, газів, слабких електролітів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

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

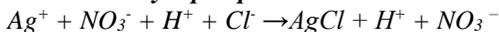
- 1) Утворюється осад малорозчинної сполуки:

Молекулярне рівняння реакції:

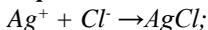
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 49



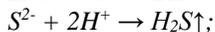
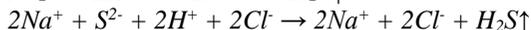
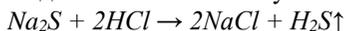
Іонно-молекулярне рівняння:



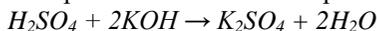
Коротке іонно-молекулярне рівняння:



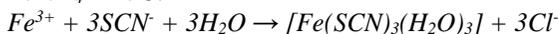
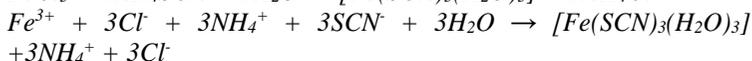
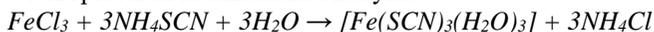
- 2) Виділяється летка сполука:



- 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

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 50

лугу? Окремо визначте забарвлення індикаторів в нейтральному середовищі – дистильованій воді. Результати запишіть в таблиці 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.

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

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

Таблиця 2

Розчин	Концентрація, моль/л	pH	
		виміряне	обчислене
HCl			
$NaOH$			

Дослід №3

Необоротні і оборотні іонообмінні реакції

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 51

BaCl₂ і *Na₂SO₄*;
Na₂CO₃ і *H₂SO₄*;
NaOH і *HNO₃*;
FeCl₃ і *NH₄SCN*;
NaNO₃ і *K₂SO₄*.

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

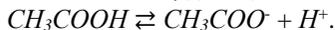
Приклади розв'язання

Приклад 1. Що таке константа дисоціації? Напишіть вираз константи дисоціації *CH₃COOH* і обчисліть ступінь дисоціації 0,2 М розчину *CH₃COOH*, якщо $K_0 = 1,74 \cdot 10^{-5}$.

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

Константа дисоціації K_0 – 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:



$$K_0 = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = 1,74 \cdot 10^{-5}$$

Константа дисоціації K_0 , ступінь дисоціації α і молярна концентрація C_M зв'язані співвідношенням, яке називається законом розведення Оствальда:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_0}{C_M}}$$

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

Приклад 2. Обчислити ступінь дисоціації оцтової кислоти у розчині з молярною концентрацією речовини *CH₃COOH* 0,1 моль/дм³.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 52

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

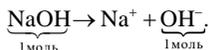
$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,74 \cdot 10^{-5}.$$

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

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

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

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

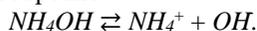
звідси:

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

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

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

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



Ступінь дисоціації слабого електроліту обчислюється згідно закону розведення Оствальда:

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

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:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 53

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

Молярна концентрація іонів H^+ складає:

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

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

Завдання для самоконтроля

1. Константа дисоціації масляної кислоти C_3H_7COOH дорівнює $1,5 \cdot 10^{-5}$. Обчислити ступінь її дисоціації в 0,005 М розчині.
2. Знайти ступінь дисоціації гіпохлоритної кислоти $HClO$ в 0,2 Н розчині.
3. Ступінь дисоціації мурашиної кислоти $HCOOH$ в 0,2 Н розчині дорівнює 0,03. Визначити константу дисоціації кислоти.
4. Ступінь дисоціації карбонатної кислоти H_2CO_3 за першим ступенем в 0,1 Н розчині дорівнює $2,11 \cdot 10^{-3}$. Обчислити константу дисоціації K_{a1} .
5. При якій концентрації розчину ступінь дисоціації нітритної кислоти HNO_2 буде дорівнювати 0,2?
6. Скільки води потрібно додати до 300 мл 0,2 М розчину оцтової кислоти, щоб ступінь дисоціації кислоти подвоївся?
7. Чому дорівнює концентрація іонів $[H^+]$ у водному розчині мурашиної кислоти $HCOOH$, якщо $\alpha = 0,03$?
8. Обчислити $[H^+]$ в 0,02 М розчині сульфитної кислоти. Дисоціацією кислоти за другим ступенем знехтувати.
9. Обчислити $[H^+]$, $[HSe^-]$ і $[Se^{2-}]$ в 0,05 М розчині H_2Se .
10. 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) $7,4 \cdot 10^{-11}$.
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) $1,4 \cdot 10^{-6}$.
12. Обчислити рН розчинів, в яких концентрація іонів H^+ (в моль/л) дорівнює 1) $2 \cdot 10^{-7}$; 2) $8,1 \cdot 10^{-3}$; 3) $2,7 \cdot 10^{-10}$.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 54

13. Обчислити рН розчинів, в яких концентрація іонів OH^- (в моль/л) дорівнює 1) $4,6 \cdot 10^{-4}$; 2) $5 \cdot 10^{-6}$; 3) $9,3 \cdot 10^{-9}$.
14. Обчислити рН 0,01 Н розчину оцтової кислоти, в якому ступінь дисоціації кислоти дорівнює 0,042.
15. Визначити рН розчину, в 1 л якого міститься 0,1 г NaOH. Дисоціацію луку вважати повною.
16. Визначити $[\text{H}^+]$ і $[\text{OH}^-]$ в розчині, рН якого дорівнює 6,2.
17. 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 .
18. Чому дорівнює концентрація розчину оцтової кислоти, рН якого становить 5,2?
19. 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.
20. 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?
21. Чи випаде в осад плумбум(II) сульфат (PbSO_4), якщо до 1 л розчину сульфатної кислоти з концентрацією 0,001 моль/л додати сполуку $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, з концентрацією 0,0002 моль/л?
22. Чи утворюється осад, при змішуванні рівних об'ємів насиченого розчину CaSO_4 з розчином $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ з концентрацією 0,0248 г/л?
23. Серед наведених солей вказати ті, що не гідролізують, а для тих, що гідролізують, вказати тип гідролізу: K_2SO_4 , Na_2Se , BaS , RbNO_3 , LiCl , NH_4NO_3 , ZnCl_2 , K_2SO_3 , Na_3PO_4 , KClO_3 , HCOOK , NH_4ClO_4 , NaClO_4 , KBrO , $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, CuSO_4 , $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$? Написати рівняння гідролізу в іонно-молекулярній формі для однієї із солей.
24. Напишіть рівняння гідролізу в молекулярній та іонно-молекулярній формі по кожному степеню для солей: 1) CuSO_4 , 2) FeCl_3 , 3) Na_3PO_4 .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 55

Лабораторна робота №8.

Окисно-відновні реакції. Електрохімічні процеси

Короткі теоретичні відомості

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

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

Правила обчислення ступеня окиснення

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

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{ll}
 K^{+1}Mn^xO_4^{-2} & (S^xO_4^{-2})^{2-} \\
 +1 + x - 2 \cdot 4 = 0 & x - 2 \cdot 4 = -2 \\
 x = +7 & x = +6
 \end{array}$$

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.

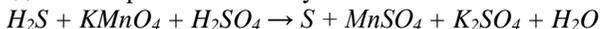
Відновник – елемент, який в процесі реакції віддає електрони, при цьому ступінь окиснення підвищується.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 56

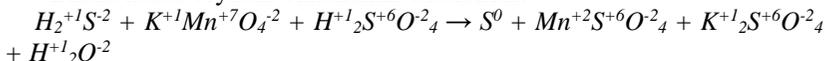
Рівняння окисно-відновних реакцій складають, користуючись правилом електронного балансу:

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

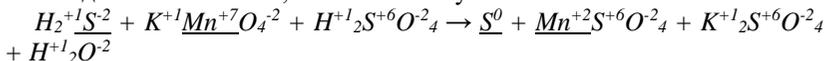
Визначення коефіцієнтів в рівняннях окисно-відновних реакцій методом електронного балансу.



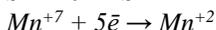
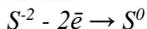
Визначаємо ступені окиснення елементів:



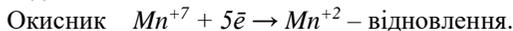
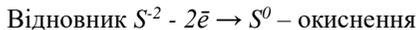
Виділяємо елементи, які змінили ступінь окиснення:



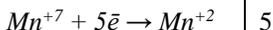
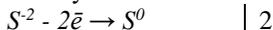
Складаємо електронні рівняння для елементів, які змінили ступінь окиснення:



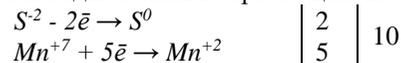
Визначаємо елементи: відновник, окисник, реакцію окиснення і відновлення:



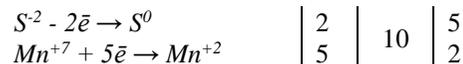
Записуємо кількість електронів в реакції окиснення і відновлення:



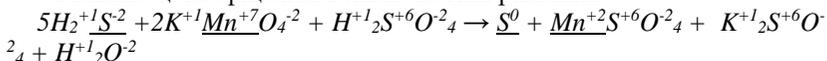
Знаходимо спільне кратне цих чисел:



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

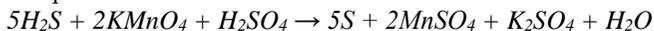


Стаavimo ці коефіцієнти в лівій частині рівняння:

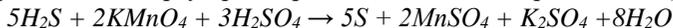


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 57

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):



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

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

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

Електродний потенціал металу залежить від наступних факторів:

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

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

Експериментальна частина

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

Дослід №1

Окисні властивості калій перманганату в залежності 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 ,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 58

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.

Запис даних дослід. 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 $\text{pH} < 7$? $\text{pH} = 7$? $\text{pH} > 7$?

Дослід №2 Гальванічні елементи Даніеля-Якобі

Прилади та реактиви: вольтметр; гальванометр; випрямляч; стакани на 100 мл; пластини з міді, цинку, заліза; мідна дротина; електролітичний ключ; гранули цинку; смужки оцинкованого і лудженого заліза 1×10 см; графітові електроди; розчини: CuSO_4 , 1М; FeSO_4 , 1М; ZnSO_4 , 1М; $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 0,5Н; KI , 0,5Н; Na_2SO_4 , 0,5Н; крохмаль, 0,5%; фенолфталеїн; універсальний індикаторний папір.

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 59

Дослід №3

Гальванічний елемент Вольта (контактна електрохімічна корозія металів)

В пробірку наберіть 1 мл розчину H_2SO_4 , розведіть 1-1,5 мл води і помістіть гранулу цинку. Спостерігайте повільне виділення водню на поверхні металу (корозія цинку). Опустіть в розчин кислоти захищену мідну дротину. Чи витісняє мідь водень з розчину H_2SO_4 ? Доторкніться дотиною до гранули цинку. Що відбувається?

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

Дослід №4

Корозія оцинкованого і лудженого заліза

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

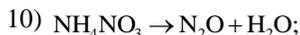
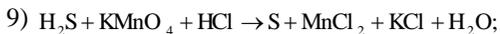
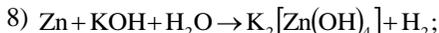
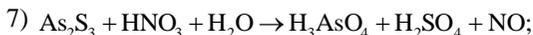
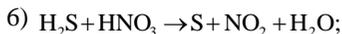
Напишіть схеми мікрокорозійного цинк-залізного і залізо-олов'яного гальванічного елементів в розчині H_2SO_4 і рівняння реакції при порушенні покриттів. Зробіть висновок про захисну здатність цинкового і лудженого покриттів на залізі.

Завдання для самоконтроля

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

- 1) $HClO_3 \rightarrow ClO_2 + HClO_4 + H_2O$;
- 2) $KClO_3 \rightarrow O_2 + KCl$;
- 3) $I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 + H_2O$;
- 4) $AgNO_3 \rightarrow Ag + NO_2 + O_2$;
- 5) $HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$;

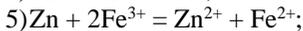
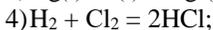
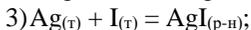
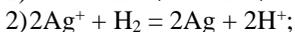
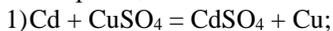
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019		Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1
			Арк 83/ 60



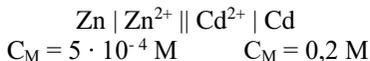
1. Напишіть рівняння реакцій, які протікають в наступних елементах:



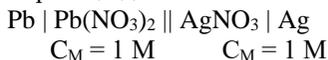
2. Як повинні бути складені елементи та напівелементи, щоб в них протікали реакції:



3. Розрахуйте ЕРС елемента:



4. Напишіть рівняння реакції для елемента та 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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 61

Лабораторна робота № 9.

Елементи VI групи головної підгрупи. Оксиген та Сульфур

Теоретична частина

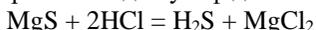
Сульфур належить до елементів VI групи головної підгрупи періодичної системи елементів.

Атоми елементів головної підгрупи у зовнішньому електронному шарі містять s^2p^4 -електрони. У Сульфуру валентними можуть бути не лише $3s$ і $3p$, а й $3d$ -орбіталі. Тому в разі збудження атомів Сульфуру вони можуть містити до шести неспарених електронів.

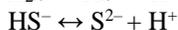
Для Сульфуру характерні такі ступені окиснення: -2 (сульфідна кислота, сульфідні); $+4$ (окис сульфуру (IV), сульфитна кислота, сульфіти); $+6$ (сульфатна кислота, сульфати).

Вміст Сульфуру в земній корі становить $5 \cdot 10^{-2}$. Сульфур в природі трапляється у вільному стані (самородна сірка). До найважливіших природних сполук Сульфуру належать сульфати: глауберова сіль – $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; гіпс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; сульфідні і полісульфідні – цинкова обманка ZnS ; мідний блиск – Cu_2S ; кіновар – HgS ; свинцевий блиск або галеніт – PbS , залізний колчедан або пірит – FeS_2 . Великі кількості сульфатів перебувають у розчиненому стані в природних водах. Сульфур входить до складу білкових речовин.

Газ H_2S одержують при взаємодії сульфідів металів з кислотами:



Пропускаючи газ сірководень через воду одержують сульфідну кислоту. Сульфідна кислота – слабка кислота, у водних розчинах дисоціює за двома ступенями:



Сульфідні металів I та II груп розчинні у воді і гідролізують з утворенням лужного середовища:



В хімічних рівняннях реакцій сульфідні проявляють тільки відновні властивості.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр №1	Арк 83/ 62

Експериментальна частина

Прилади та реактиви. Пробірки циліндричні. Тигель фарфоровий. Чашка фарфорова. Прилад для одержання H_2S . Прилад для одержання SO_2 газу. Азбестова сітка. Пінцет. Мікро-стаканчик. Фільтрувальний папір. Сірка. Мідь. Сульфід натрію. Цинк. Залізо. Лакмусовий папір. Бензол. Спирт етиловий.

Розчини: Br_2 , I_2 , H_2S , Na_2S , $KI(0,1M)$, $Na_2SO_4(0,5M)$, $HgNO_3(0,5M)$, $HNO_3(2M)$, $HNO_3(2M)$, $HCl(2M)$, $H_2SO_4(2M)$, $(NH_4)_2SO_4(0,5M)$, $BaCl_2(0,5M)$, $FeCl_3(0,5M)$, $KMnO_4(0,5M)$, $K_2Cr_2O_7(0,5M)$, $MnSO_4(0,5M)$, $Pb(NO_3)_2(0,5M)$, $AgNO_3(0,1M)$, $Na_2SO_3(0,5M)$, $Na_2SO_3(0,5M)$.

Дослід №1 Відновні властивості сульфідів.

Виконання роботи. В дві пробірки помістити наступні розчини: в першу – 5 крапель $KMnO_4$ та 2 краплі 2М розчину H_2SO_4 , у другу – стільки ж $K_2Cr_2O_7$ та H_2SO_4 . В кожен із пробірок по краплях додати розчину сульфиду калію до зміни кольору кожного розчину та його помутніння внаслідок виділення сірки.

Запис даних дослід. Написати рівняння відповідних реакцій, враховуючи, що MnO_4^- переходить в іон Mn^{2+} , $Cr_2O_7^{2-}$ в $2Cr^{3+}$ – іон.

Дослід №2 Одержання сульфур (IV) оксиду та його розчинення у воді.

Виконання роботи: Приготувати дві пробірки: одну з розчином нейтрального лакмусу, другу – з дистильованою водою. Пробірку наповнити на 1/3 її об'єму кристалами K_2SO_3 , додати 6-8 крапель 4н розчину H_2SO_4 та швидко закрити корком з газовідвідною трубкою. Газ, який виділяється пропустити в пробірку з нейтральним лакмусом та дистильованою водою на протязі 2 – 3 хвилин. Якщо виділення газу протікає не досить енергійно, пробірку обережно підігріти. Як змінився колір лакмусу, на які властивості водного розчину SO_2 це вказує?

Запис даних дослід. Написати рівняння реакції одержання SO_2 , його взаємодії з водою та схему рівноваги в одержаному розчині. Як зміститься ця рівновага при додаванні луку?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 63

Дослід №3 Окиснювальні та відновні властивості сполук Сульфуру (IV)

Виконання роботи. В дві пробірки, із яких одна із розчином сульфиду калію, а друга з йодною водою (3 – 5 крапель у дистильованій воді), додати по декілька крапель розчину сульфур (IV) оксиду у воді, одержаного в попередньому досліді. Відмітити, які зміни відбулися в розчинах.

Запис даних досліді. Написати рівняння відповідних реакцій та вказати , які властивості проявляє сульфур (IV) оксид в обох випадках.

Дослід №4 Дегідратні властивості сульфатної кислоти.

Виконання роботи. На листочку фільтрувального паперу за допомогою скляної палички зробити напис 2н розчином сульфатної кислоти. Папір просушити.

Запис даних досліді. Відмітити та пояснити зміни, які стались на папері. Яку властивість проявляє сульфатна кислота в цьому досліді?

Дослід №5 Взаємодія сульфатної кислоти з металами.

А) Взаємодія розбавленої H_2SO_4 з металами.

Виконання роботи. В три пробірки внести по 5 – 8 крапель 2н розчину H_2SO_4 та по кусочку металів: в першу - Zn, в другу - Fe, в третю – Cu. Якщо реакція протікає повільно, трохи підігріти пробірки над невеликим полум'ям.

Запис даних досліді. В якому випадку реакція не протікає? Чому? Написати рівняння реакцій, що відбулись. Який елемент в цих реакціях є окисником?

Б) Взаємодія концентрованої H_2SO_4 з металами.

Виконання роботи. В пробірку помістити 5–10 крапель концентрованої сульфатної кислоти і занурити мідну дротинку. Якщо реакція протікає повільно, трохи підігріти пробірку над невеликим полум'ям.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 64

Якщо в результаті реакції виділяється газ, піднести вологий лакмусовий папірець, відмітити зміну його кольору. По запаху (обережно) визначити, який газ виділяється.

Запис даних дослід. Описати явища, які спостерігаються, пояснити ці зміни. Написати рівняння реакцій та вказати, який елемент в молекулі H_2SO_4 є окисником.

Дослід №6 **Вивчення розчинності сульфіту та сульфату барію у кислоті.**

Виконання роботи. В двох пробірках одержати обмінною реакцією сульфит та сульфат Ва, для цього взяти по 3 – 4 краплі розчинів відповідних солей. Спостерігати утворення осадів в обох пробірках. Порівняти розчинність сульфіту та сульфату барію у кислоті, додавши в обидві пробірки по 1–2 краплі 2н HNO_3 . Що спостерігається? Чи можна цією реакцією розпізнати іони SO_3^{2-} та SO_4^{2-} ?

Запис даних дослід. Написати рівняння реакцій одержання сульфату і сульфіту барію та розчинення останнього у кислоті.

Дослід №7 **Тіосульфат натрію та його властивості. Нестійкість тіосульфату в кислому середовищі.**

Виконання роботи. Внести в пробірку 5 – 6 крапель розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та 3 – 4 краплі H_2SO_4 .

Запис даних дослід. Відмітити випадання сірки. По запаху визначити, який газ виділяється. Привести графічну формулу $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Написати рівняння реакції взаємодії тіосульфату натрію із сульфатною кислотою. Вказати окисник та відновник.

Дослід №8 **Контрольний.**

Одержати у викладача суху сіль, розчинити її в дистильованій воді та розмішати скляною паличкою. Встановити відомими вам реакціями, чим є дана сіль: сульфатом, сульфідом, тіосульфатом чи сульфідом. Описати методику роботи та явища які спостерігали. На основі спостережень зробити висновок про присутність чи відсутність кожного йона. Записати рівняння реакцій.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 65

Завдання для самоконтроля.

1. Написати електронні формули сульфїду селену та телуру в нормальному та збудженому стані.
2. В якому ступені окиснення Сульфур може бути: а) лише відновником; б) лише окисником. Привести приклади реакцій та урівняти їх.
3. В якому ступені окиснення Сульфур може бути і окисником і відновником? Привести приклади відповідних реакцій.
4. Написати рівняння гідролізу сульфїдів: Na_2S , CuS в молекулярному та іонному вигляді.
5. Написати рівняння гідролізу сульфїту Na_2SO_3 в молекулярному та іонному вигляді.
6. Написати графічну формулу тіосульфату натрію, вказати ступінь окиснення Сульфуру в цій сполуці. Пояснити його нестійкість в кислому середовищі.
7. Написати в іонному і молекулярному вигляді рівняння реакцій:
 $(\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{FeCl}_3 = \dots$
 $\text{H}_2\text{S} + \text{FeCl}_3 = \dots$
 $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{ZnCl}_2 = \dots$
8. Дописати рівняння реакції та поставити коефіцієнти:
 $\text{Na}_2\text{S} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} = \dots$
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \dots$
 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Zn} + \text{HCl}_{(\text{розб.})} = \dots$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 66

Лабораторна робота № 10.

Елементи IV групи головної підгрупи. Карбон та Силіцій

Теоретична частина

Карбон і Силіцій належать до IV групи головної підгрупи періодичної системи елементів Д.І.Менделєєва. На зовнішньому енергетичному рівні атомів знаходиться по 4 електрони. Для них характерний ступінь окиснення +2; +4. Карбон і Силіцій – типові неметали, їх гідроксиди проявляють лише кислотні властивості (H_2CO_3 – карбонатна кислота і H_2SiO_3 – силікатна кислота). Елементи утворюють газоподібні водневі сполуки CH_4 – метан, SiH_4 – сілан, з киснем утворюють оксиди – CO – чадний газ (оксид карбону (II)), CO_2 – вуглекислий газ (оксид карбону IV), SiO_2 .

Сполуки Карбону з металами називаються карбідами CaC_2 – карбід кальцію, а Силіцію – силіцидами Mg_2Si – силіцид магнію. Оксиди CO і SiO – несолеутворні. Діоксиди CO_2 і SiO_2 – це ангідриди відповідних кислот – H_2CO_3 , H_2SiO_3 . Обидві кислоти дуже слабкі і термічно нестійкі. Велике значення мають солі цих кислот – карбонати (Na_2CO_3 , K_2CO_3 , $CaCO_3$) і силікати (Na_2SiO_3 , K_2SiO_3 , $CaSiO_3$), гідрокарбонати ($NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$). Більшість карбонатів і силікатів погано розчиняються у воді. Водні розчини карбонатів і силікатів мають лужну реакцію.

Експериментальна частина

Прилади і реактиви. Капельна пипетка, прилади для одержання оксидів карбону(II) і (IV), фільтрувальний папір, активоване вугілля, фуксин, оксид купруму, мармур, крейда, вапняна вода, бром, лакмус нейтральний розчин; розчини: $Pb(NO_3)_2$, KI, $KMnO_4$, $AgNO_3$, Na_2CO_3 , K_2CO_3 , H_2SO_4 , HCl, $CaCl_2$, Na_2SiO_3 , NaOH, $CuSO_4$, NH_4Cl , NH_4OH ; порошок силікагелю прокалений, кварцевий пісок.

Приготування силікагелю: змішати в фарфоровій чашці рівні об'єми (по 50 мл) рідкого скла та HCl (37 %-ної концентрації) ($\rho = 1,79\text{г/см}^3$). Суміш лишити відстоюватись на добу. Утворений гель розрізати на куски і промити в стакані декантацією до повного видалення іонів хлору (проба на $AgNO_3$). Злити воду і промитий гель сушити при

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 67

температурі 40 – 50⁰С на протязі 24 годин, потім при 50⁰ – 100⁰С протягом 10-12 годин.

Дослід №1

Адсорбційні властивості вугілля

А) Адсорбція кольорових речовин із розчину.

Виконання роботи. В пробірку до половини її об'єму налити світло-рожевого фуксину. Внести в розчин активоване вугілля. Щільно закрити пробірку та енергійно потрясти її 2 – 3 хвилини. Дати розчину постояти, спостерігайте зміни.

Запис даних дослід. Пояснити зміни, що спостерігались.

Б) Адсорбція іонів із розчину .

Виконання роботи. В пробірку внести 2 – 3 краплини 0,01н розчину Pb(NO₃)₂. Додати до нього одну краплю 0,1н розчину KI. Що спостерігаєте? В іншу пробірку до того ж розчину Pb(NO₃)₂ внести невелику кількість активованого вугілля (аналогічно першому дослід), потрясти пробірку. Потім додати одну краплю 0,1н розчину KI. Порівняти кількості одержаних осадів у першому та другому випадках. Чим пояснити відмінності?

Запис даних дослід. Описати, що спостерігається. Скласти рівняння реакції, зробити висновки.

Дослід №2

Відновні властивості Карбону. Відновлення вугіллям купрум(II) оксиду.

Виконання роботи. На листку фільтрованого паперу змішати один об'єм порошку купруму(II) оксиду з двома об'ємами порошку вугілля. Приготовлену суміш помістити циліндричну пробірку, яку закріпити в штативі горизонтально. Нагрівати суміш протягом 10 – 12 хвилин на сильному полум'ї. Після охолодження пробірки, висипати її вміст на лист білого паперу. Спостерігайте колір одержаного продукту. Зверніть увагу на колір нальоту на стінках пробірки.

Запис даних дослід. Пояснить спостереження. Напишіть рівняння реакції.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 68

Дослід №3 Одержання карбон(IV) оксиду та його розчинення у воді.

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

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

Дослід №4 Гідроліз натрій карбонату та гідрокарбонату.

Виконання роботи. В дві пробірки внести по 3 – 4 краплі нейтрального розчину лакмусу. В одну із пробірок додати 1 – 2 краплі розчину натрій карбонату, а в іншу – таку ж кількість натрій гідрокарбонату. Відмітити відмінність в кольорі лакмусу.

Запис даних дослід. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння реакції гідролізу першої та другої солі. В якому випадку гідроліз протікає слабше? Чому?

Дослід №5 Вплив іону CO_3^{2-} на гідроліз деяких солей.

Виконання роботи. До розчинів солей ферум(III) хлориду та хлориду станум(IV) хлориду (3 – 4 краплі) додати по 3 – 5 крапель розчину Na_2CO_3 .

Запис даних дослід. Відмітити виділення газу та утворення осадів при гідролізу солей Феруму та Стануму. Написати рівняння реакції гідролізу вказаних солей в молекулярному та іонному вигляді при додаванні до них Na_2CO_3 . Чому в присутності йонів CO_3^{2-} гідроліз практично протікає до кінця?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 69

Дослід №6 Термічний розклад карбонатів.

Виконання роботи. В дві пробірки внести окремо невеликі кількості сухих солей (1/8 пробірки) $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, CaCO_3 . Пробірку з $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ закріпити в штативи під кутом, закрити її пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої опустити у вапняну воду. Пробірку обережно нагріти невеличким полум'ям. Що відбувається з вапняною водою. Аналогічний дослід повторити з CaCO_3 . Прокалювання CaCO_3 вести більш енергійно.

Запис даних дослід. Описати і пояснити спостереження, відмітити відмінність в термічній стійкості солей. Написати рівняння реакцій.

Дослід №7 Одержання геля та золя силікатної кислоти.

Виконання роботи. В дві пробірки внести по 4-5 крапель в одну - натрій силікату, в другу – концентрованої соляної кислоти ($\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$). Додати в першу пробірку 6–7 крапель 2н розчину HCl , а в другу – 1–2 краплі насиченого розчину Na_2SiO_3 . Закрити пробірку та потрусити. Спостерігати утворення геля силікатної кислоти в першій пробірці і золя - в другій. Одержаний золь H_2SiO_3 нагріти невеликим полум'ям до переходу в гель. Як називається процес переходу золя в гель? Яке значення має нагрівання?

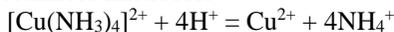
Запис даних дослід. Описати пророблену роботу. Написати рівняння реакції одержання Na_2SiO_3 (дана формула умовна, в дійсності склад кремнієвої кислоти більш складний і може бути виражений загальною формулою $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Дослід №8 Адсорбційні властивості силікагелю.

Виконання роботи. Помістити в пробірку 5-7 крапель розчину тетраамінокупрум(II) сульфату. В розчин всипати дрібний силікагель. Закрити пробірку пальцем і енергійно потрясти, перемішати розчин. Спостерігати забарвлення силікагелю та послаблення кольору розчину внаслідок адсорбції силікагелем іонів $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. Дати розчину постояти, злити його із силікагелю. Силікагель промити 2-3 рази дистильованою водою. Додати 5-10 крапель соляної кислоти.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 70

Спостерігати забарвлення силікагелю внаслідок руйнування забарвлених іонів соляною кислотою.



Запис даних дослід. Описати пророблену роботу і зробити висновки.

Дослід №9

Одержання солей силікатної кислоти

Виконання роботи. Поставити тигель на фарфоровий трикутник, покласти в нього пінцетом кусочок NaOH величиною в горошину. Нагріти тигель до повного розплавлення лугу. В розплавлену масу внести один мікрошпатель проплавленого силікагелю і знову нагріти масу доповного розплавлення. Щоб впевнитись в утворенні солі силікатної кислоти, провести наступний дослід. Тигель охолодити і додати 5-8 крапель дистильованої води і добре вимішати скляною паличкою. Декілька крапель розчину перенести пипеткою в пробірку. До розчину додати рівний об'єм 2н HCl і нагріти на полум'ї.

Запис даних дослід. Описати пророблену роботу. Відмітити утворення гелю H_2SiO_3 . Написати рівняння реакції одержання H_2SiO_3 (силікатної) кислоти.

Дослід №10

Гідроліз солей силікатної кислоти.

Виконання роботи. В дві пробірки внести по 5-6 крапель розчину натрій силікату, в одну з них додати краплю фенолфталеїну. Відмітити появу червоного кольору. На надлишок якого іону це вказує? В другу пробірку додати 4-5 крапель NH_4Cl розчину.

Запис даних дослід. Відмітити явища, які спостерігали і пояснити відмінності в ступені гідролізу Na_2SiO_3 в чистій воді і в присутності хлориду амонію. Написати молекулярні та іонні рівняння обох випадків гідролізу. Присутність якого йону збільшує ступінь гідролізу у другому випадку? Як сповільнити гідроліз силікату натрію?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 71

Завдання для самоконтроля

- Написати рівняння реакцій одержання карбону(IV) оксиду трьома різними способами.
- Пояснити утворення зв'язків в молекулі CO методом ВЗ. Яка кратність зв'язку в молекулі CO?
- Який тип гібридизації атомних орбіталей атома Карбону має місце при утворенні молекули CO₂? Яку геометричну форму має ця молекула? Привести відповідну схему.
- Більше, чи менше семи значення рН в розчині карбонатів лужних металів? Відповідь обґрунтуйте, написавши відповідні рівняння.
- Закінчити рівняння реакцій:

$$\text{Si} + \text{HF} + \text{HNO}_3 = \text{NO} + \text{H}_2\text{SiF}_6 +$$

$$\text{Si} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} =$$

$$\text{Mg}_2\text{Si} + \text{NH}_4\text{Cl} = \text{SiH}_4 + \text{NH}_3 +$$

$$\text{SiO}_2 + \text{HF} =$$

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} =$$
- Як одержати із кварцевого піску: а) кремній; б) SiF₄; в) Na₂SiO₃. Написати рівняння відповідних реакцій.
- Хімічний склад ортоклазу виражається формулою – K₂O·Al₂O₃·6SiO₂. Написати рівняння процесу вивітрювання ортоклазу під впливом CO₂ та H₂O.
- Після пропускання 1м³ повітря через розчин Ва(ОН)₂ утворилося 2,64 г. карбонату барію. Обчислити % вміст CO₂ в повітрі.
- Описати хімічний склад звичайного, кварцевого та рідкого скла?
- Скільки потрібно взяти магнію, щоб добути у вільному стані кремній з 0,3г чистого кварцу?
- Склад звичайного скла можна подати формулою Na₂O·CaO·6SiO₂. Обчислити теоретичну витрату сировини (сода, вапняку, кремнезему) на виготовлення однієї тонни скла.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 72

ДОДАТКИ

Таблиця 1

Фізико – хімічні сталі

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

Таблиця 2

Приставки для утворення кратних і ділених одиниць

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 79/ 73

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 ²
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, $^{\circ}C$	градус Цельсія, $^{\circ}C$
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)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 79/ 74

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
47Ag	107,8682±3	31Ga	69,723±4	76Os	190,2±1
13Al	26,98154±1	64Gd	157,25±3	15P	30,97376±1
95*Am	243,0614	32Ge	72,59±3	91*Pa	231,0359
18Ar	39,948±1	1H	1,00794±7	82Pb	207,2±1
33AS	74,9216±1	2He	4,002602±2	46Pd	106,42±1
85*At	209,9871	72Hf	178,49±3	61*Pm	144,9128
79AU	196,9665±1	80Hg	200,59±3	84*Po	208,9824
5B	10,811±5	67Ho	164,9304±1	59Pr	140,9077±1
56Ba	137,33±1	53I	126,9045±1	78Pt	195,08±3
4Be	9,01218±1	49In	114,82±1	94*Pu	244,0642
83Bi	208,9804±1	77Ir	192,22±3	88*Ra	226,0254
97*Bk	247,0703	19K	39,0983±1	37Rb	85,4678±3
35Br	79,904±1	36Kr	83,80±1	75Re	186,207±1
6C	12,011±1	104*Ku	[261]	45Rh	102,9055±1
20Ca	40,078±4	57 La	138,9055±3	86*Rn	222,0176
48Cd	112,41±1	3Li	6,941±2	44Ru	101,07±2
58Ce	140,12±1	103*(Lr)	260,1054	16S	32,066±6
98*Cf	251,0796	71Lu	174,967±1	51Sb	121,75±3
17Cl	35,453±1	101*Md	258,0986	21Sc	44,95591±1
96*Cm	247,0703	12Mg	24,305±1	34Se	78.96±3
27Co	58,9332±1	25Mn	54,9380±1	14Si	28,0855±3
24Cr	51,9961±6	42Mo	95,94±1	62Sm	150,36±3
55Cs	132,9054±1	7N	14,0067±1	50Sn	118,710±7
29Cu	63,546±3	11Na	22,98977±1	38Sr	87,62±1
66Dy	162,50±3	41Nb	92,9064±1	73Ta	180,9479±1
68Er	167,26±3	60Nd	144,24±3	65Tb	158,9254±1
99*Es	252,0828	10Ne	20,179±1	43*Tc	97,9072
63Eu	151,96±1	28Ni	58,69±1	52Te	127,60±3
9F	18,998403±1	102*(No)	259,1009	90*Th	232,0381
26Fe	55,847±3	93*Np	237,0482	22Ti	47,88±3
100*Fm	257,0951	105*Ns	[262]	81Tl	204,383±1
69Tm	168,9342±1	54Xe	131,29±3	40Zr	91,224±2
92U	238,0289	39Y	88,9059±1	*106	[263]
23V	50,9415±1	70Yb	173,04±3	*107	[262]
74W	183,85±3	30Zn	65,39±2		

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 75

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 _(т)	0	42,55	0
Al _(т)	0	28,33	0
Fe _(т)	0	27,15	0
H _{2(г)}	0	130,52	0
Hg _(р)	0	75,90	0
Mg _(т)	0	32,68	0
N _{2(г)}	0	191,50	0
O _{2(г)}	0	205,04	0
S _(т ромб.)	0	32,9	0
Хімічні сполуки			
Ag ₂ O _(т)	-31,1	121,0	-11,3
AgNO _{3(т)}	-124,5	140,9	-33,6
Al ₂ O _{3(т)}	-1676	49,9	-1582
Al ₂ (SO ₄) _{3(т)}	-3442	239,2	-3101
B ₂ H _{6(г)}	38,5	232,0	+89,6
BaCO _{3(т)}	-1202	112,1	-1164,8
BaO _(т)	-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 _(т)	-635,09	38,07	-603,46
CaCO _{3(т)}	-1206,83	91,71	-1128,35
Ca(OH) _{2(т)}	-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(т)}	-556,47	123,01	-486,37
FeO _(т)	-264,8	60,75	-244,3
Fe ₂ O _{3(т)}	-822,16	87,45	-740,34
Fe ₃ O _{4(т)}	-1117,1	146,2	-1014,2
Fe(OH) _{2(т)}	-561,7	88,0	-479,7
Fe(OH) _{3(т)}	-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 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 76

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) _{2·6H₂O(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 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 77

Таблиця 6
Константи дисоціації деяких слабких електролітів

Електроліт	Рівняння дисоціації	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	$\text{H}_2\text{SiO}_3 \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{SiO}_3^-$ $\text{HSiO}_3^- \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{SiO}_3^{2-}$	$3,2 \cdot 10^{-10}$ $1,6 \cdot 10^{-12}$
Форміатна кислота	$\text{HCOOH} \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Сульфітна кислота	$\text{H}_2\text{SO}_3 \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$ $\text{HSO}_3^- \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$ $6 \cdot 10^{-8}$
Сульфідна кислота	$\text{H}_2\text{S} \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HS}^-$ $\text{HS}^- \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$	$8,9 \cdot 10^{-8}$ $1,3 \cdot 10^{-13}$
Карбонатна кислота	$\text{H}_2\text{CO}_3 \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ $\text{HCO}_3^- \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$	$4,31 \cdot 10^{-7}$
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	$\text{H}_3\text{PO}_4 \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ $\text{H}_2\text{PO}_4^- \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$ $\text{HPO}_4^{2-} \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$ $6,2 \cdot 10^{-8}$ $2,2 \cdot 10^{-13}$
Ціанідна кислота	$\text{HCN} \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{CN}^-$	$7,2 \cdot 10^{-10}$
Оксалатна кислота	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HC}_2\text{O}_4^-$ $\text{HC}_2\text{O}_4^- \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$5,9 \cdot 10^{-2}$ $6,4 \cdot 10^{-5}$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/78

Таблиця 7
Добуток розчинності малорозчинних речовин у воді

Формула	$t, ^\circ\text{C}$	ДР	Формула	$t, ^\circ\text{C}$	ДР
Гідроксиди			Хромати		
$\text{Al}(\text{OH})_3$	25	$1,9 \cdot 10^{-33}$	Ag_2CrO_4	25	$9,0 \cdot 10^{-12}$
$\text{Cr}(\text{OH})_3$	17	$5,4 \cdot 10^{-31}$	BaCrO_4	25	$2,4 \cdot 10^{-10}$
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	18	$3,8 \cdot 10^{-33}$	CaCrO_4	18	$2,3 \cdot 10^{-2}$
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	18	$4,8 \cdot 10^{-16}$	PbCrO_4	25	$1,8 \cdot 10^{-11}$
$\text{Mg}(\text{OH})_3$	25	$5,0 \cdot 10^{-12}$	SrCrO_4	25	$3,5 \cdot 10^{-5}$
$\text{Mn}(\text{OH})_2$	18	$4,0 \cdot 10^{-14}$	Сульфати		
$\text{Zn}(\text{OH})_2$	20	$1,0 \cdot 10^{-17}$	Ag_2SO_4	25	$7,7 \cdot 10^{-5}$
Галогеніди			BaSO_4	25	$1,1 \cdot 10^{-10}$
AgCl	25	$1,6 \cdot 10^{-10}$	CaSO_4	25	$6,3 \cdot 10^{-5}$
AgBr	25	$7,7 \cdot 10^{-13}$	PbSO_4	25	$2,2 \cdot 10^{-3}$
AgI	25	$1,5 \cdot 10^{-16}$	SrSO_4	25	$2,8 \cdot 10^{-2}$
PbCl_2	25	$2,4 \cdot 10^{-4}$	Карбонати		
PbI_2	25	$8,7 \cdot 10^{-9}$	Ag_2CO_3	25	$6,2 \cdot 10^{-12}$
Сульфіди			BaCO_3	25	$8,1 \cdot 10^{-9}$
Ag_2S	25	$1,6 \cdot 10^{-49}$	CaCO_3	25	$4,8 \cdot 10^{-9}$
As_2S_3	18	$4,0 \cdot 10^{-29}$	MgCO_3	25	$1,0 \cdot 10^{-5}$
CdS	18	$3,6 \cdot 10^{-29}$	SrCO_3	25	$1,6 \cdot 10^{-9}$
CuS	25	$8,5 \cdot 10^{-45}$	Фосфати		
FeS	25	$3,7 \cdot 10^{-39}$	Ag_3PO_4	20	$1,8 \cdot 10^{-18}$
HgS	18	$4,0 \cdot 10^{-53}$	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3$	25	$3,5 \cdot 10^{-33}$
MnS	18	$1,4 \cdot 10^{-15}$	CaHPO_4	25	$\sim 5 \cdot 10^{-6}$
PbS	18	$1,1 \cdot 10^{-29}$	MgNH_4PO_4	25	$2,5 \cdot 10^{-13}$
ZnS	25	$1,2 \cdot 10^{-23}$			

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 79

Таблиця 8
Стандартні електродні потенціали металів

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 80

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
$\frac{1}{2}O_2 + H_2O$	$2OH^-$	$\frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e^- \rightleftharpoons 2OH^-$	+0,401
$\frac{1}{2}I_2$	I^-	$\frac{1}{2}I_2 + e^- \rightleftharpoons I^-$	+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
$\frac{1}{2}Br_2(ж)$	Br^-	$\frac{1}{2}Br_2 + e^- \rightleftharpoons Br^-$	+1,065
$IO_3^- + 6H^+$	$\frac{1}{2}I_2 + 3H_2O$	$IO_3^- + 6H^+ + 5e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}I_2 + 3H_2O$	+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
$\frac{1}{2}Cl_2$	Cl^-	$\frac{1}{2}Cl_2 + e^- \rightleftharpoons Cl^-$	+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
$\frac{1}{2}F_2$	F^-	$\frac{1}{2}F_2 + e^- \rightleftharpoons F^-$	+2,87

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-23.10- 05.01/G16.00.1/Б/ОК9 _01_2025
	Випуск _1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 83/ 81

Таблиця 10

Стойкість деяких комплексних іонів у водних розчинах при 25 °С

Комплексо- утворювач	Рівняння дисоціації комплексних іонів	K_{H}	K_{CT}
Ag ⁺	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3$	$6,8 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^7$
	$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-21}$	$1,0 \cdot 10^{21}$
Al ³⁺	$[\text{AlF}_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 6\text{F}^-$	$2,0 \cdot 10^{-28}$	$5,0 \cdot 10^{27}$
Co ³⁺	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} \rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 6\text{NH}_3$	$8,0 \cdot 10^{-36}$	$1,3 \cdot 10^{35}$
Cu ²⁺	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$4,6 \cdot 10^{-14}$	$2,1 \cdot 10^{13}$
	$[\text{CuCl}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{Cl}^-$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^3$
Fe ²⁺	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-37}$	$1,0 \cdot 10^{37}$
Fe ³⁺	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-44}$	$1,0 \cdot 10^{44}$
Pt ²⁺	$[\text{PtCl}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Pt}^{2+} + 4\text{Cl}^-$	$1,0 \cdot 10^{-16}$	$1,0 \cdot 10^{16}$
Zn ²⁺	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$4,0 \cdot 10^{-10}$	$2,5 \cdot 10^9$
	$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$6,3 \cdot 10^{-18}$	$1,6 \cdot 10^{17}$
N ³⁻	$[\text{NH}_4]^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}^+$	$6,0 \cdot 10^{-10}$	$1,5 \cdot 10^9$

Таблиця 11

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

		Катіони																			
Аніони		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	Н
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	Р	Р	Н	-	Р	Р	М
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	-	Н	-	-	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	-	-	Н	Н	-
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Н	Н	Р
PO ₄ ³⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	Н	Н	Н	Н
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	-	Н	-	-	-	Н	Н	Н	-	Н	Н	Н	-
SiO ₃ ²⁻	Н	Р	Р	Р	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	Н	Н	-	-	Н	Н	Н	-
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р

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

