

Житомирський державний університет
імені Івана Франка
Природничий факультет
Кафедра хімії

ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

з обов'язкової освітньої компоненти

«ОСНОВИ ХІМІЇ У ВИДАВНИЧО-ПОЛІГРАФІЧНИХ ПРОЦЕСАХ»

для підготовки здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G20 Видавництво та поліграфія</i>
Предметна спеціальність	-
Спеціалізація	-
Освітня програма	<i>Видавництво та поліграфія</i>
ННІ	<i>Філології та журналістики</i>

Автор:
доктор філософії галузі знань Хімічна та
біоінженерія, доцент **Кучерук Сніжана**

Розглянуто та схвалено
на засіданні кафедри хімії
Протокол від «04» червня 2026 р. № 27
Завідувач кафедри _____ Олена АНІЧКІНА

Житомир 2026

УДК 547 (076.5)

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного
університету імені Івана Франка
(протокол № 12 від «26» червня 2026р.)*

Рецензенти:

Козакевич Роман – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, старший дослідник Інституту хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України.

Маланич Галина – кандидат хімічних наук, старший дослідник, Завідувач відділу хімії та технології напівпровідників Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України.

Денисюк Роман – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Кучерук С.В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять із обов'язкової освітньої компоненти «Основи хімії у видавничо-поліграфічних процесах»: навчально-методичний посібник для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2026. – 57 с.

© Кучерук С. В., 2026

© Житомирський державний університет імені
Івана Франка, 2026

ЗМІСТ:

ВСТУП		4
Лабораторне заняття № 1	Тема: Основні поняття та закони хімії	7
Лабораторне заняття № 2	Тема: Будова атома	10
Лабораторне заняття № 3	Тема: Періодичний закон та періодична система елементів	14
Лабораторне заняття № 4	Тема: Хімічний зв'язок та будова молекул	18
Лабораторне заняття № 5	Тема: Хімічні реакції та їх закономірності	22
Лабораторне заняття № 6	Тема: Розчини	26
Лабораторне заняття № 7	Тема: Окисно-відновні процеси	30
Лабораторне заняття № 8	Тема: Основні класи неорганічних сполук. Зв'язок між класами неорганічних сполук	34
Лабораторне заняття № 9	Тема: Хімічні елементи-метали	38
Лабораторне заняття № 10	Тема: Хімічні елементи-неметали	42
Лабораторне заняття № 11	Тема: Вуглеводні	45
Лабораторне заняття № 12	Тема: Карбонові кислоти. Естери. Жири.	50
Лабораторне заняття № 13	Тема: Вуглеводи	54
Лабораторне заняття № 14	Тема: Амінокислоти. Білки	55
Лабораторне заняття № 15	Тема: Підсумкова модульна контрольна робота	56

ВСТУП

Лабораторний практикум є невід'ємною частиною обов'язкового освітнього компонента «Основи хімії у видавничо-поліграфічних процесах» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня. Його головна мета – поглиблення теоретичних знань, здобутих під час лекційних занять, а також формування практичних навичок експериментальної роботи, критичного інженерного мислення, вміння аналізувати, узагальнювати та робити науково обґрунтовані висновки щодо властивостей і поведінки хімічних речовин у друкарських процесах.

Програма лабораторного практикуму передбачає виконання 15 лабораторних занять, що охоплюють основні розділи органічної хімії в контексті сучасного матеріалознавства поліграфії. Навчальний матеріал структуровано за логічною послідовністю тем, що забезпечує цілісність курсу та його узгодженість з іншими фаховими дисциплінами видавничо-поліграфічного профілю.

Практикум розпочинається з вивчення класифікації, номенклатури та електронної будови органічних сполук, що закладає фундамент для розуміння хімічної природи друкарських носіїв, фарб і лаків. Наступні заняття присвячено основним класам вуглеводнів, які є фізико-хімічною основою поліграфічних мастил та рідких вуглеводневих фракцій фарбових систем. Особливу увагу приділено вивченню кисневмісних та нітрогеновмісних органічних сполук (спиртам, фенолам, карбоновим кислотам та естерам), що є ключовим для розуміння природи системних летких розчинників у друці, а також процесів окисної полімеризації рослинних олій під час висихання тріадних фарб на відбитку. Подальша частина практикуму зосереджена на закономірностях хімічних трансформацій природних і синтетичних біополімерів – вуглеводів та білків. Головний акцент тут зміщено на вивчення хімічних властивостей целюлози як структурної основи друкарського паперу й картону, аналіз деградації палітурних клеїв під дією вологи чи температури, а також на питання екологічного моніторингу, нейтралізації солей важких металів та утилізації хімічних відходів у цехах гальванопластики й формних процесах.

Після опрацювання матеріалу здобувачі виконують підсумкову контрольну роботу. Вона дозволяє узагальнити засвоєні знання через розв'язання професійно-орієнтованих інженерно-технологічних кейсів, формує вміння аргументовано викладати власну точку зору, самостійно знаходити й виправляти помилки під час хімічного аналізу виробничого браку.

Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять укладено відповідно до навчальної програми дисципліни. Вони містять:

- мету і завдання кожної лабораторної роботи;
- перелік обладнання та хімічних реактивів поліграфічного призначення;
- чіткий порядок виконання експерименту;
- контрольні запитання для перевірки засвоєння матеріалу;

- лабораторні таблиці, місце для запису результатів дослідження, хімічних рівнянь, розрахунків виходу продуктів та висновків.

Такий підхід сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти стійких практичних навичок, підвищенню рівня їхньої академічної відповідальності, розвитку вмінь вести технологічну й наукову документацію, працювати самостійно та в команді. У процесі виконання лабораторних завдань студенти оволодівають основами безпечної роботи з хімічними речовинами у друкарні, знайомляться з методами вхідного контролю якості сировини, вчаться інтерпретувати результати спостережень, оцінювати похибки вимірювань та застосовувати математичну обробку експериментальних даних матеріального балансу.

Окрему увагу в цих інструктивно-методичних матеріалах приділено академічній доброчесності: усі експериментальні роботи мають виконуватися самостійно, з дотриманням вимог точності, послідовності та об'єктивності фіксації хімічних ефектів.

Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять призначені для використання на лабораторних заняттях, а також для самостійної підготовки здобувачів до занять і поточного контролю знань. Їхній зміст узгоджено з сучасними вимогами до підготовки фахівців галузі «Видавництво та поліграфія», що безпосередньо сприяє формуванню ключових і професійних компетентностей майбутніх спеціалістів.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗАНЯТЬ

Оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти з обов'язкової освітньої компоненти «Основи хімії у видавничо-поліграфічних процесах» проводиться відповідно до вимог «Положення про критерії та порядок оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти Житомирського державного університету імені Івана Франка згідно з Європейською кредитною трансферно-накопичувальною системою», яке доступне для ознайомлення за посиланням: https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya_zvo.pdf

Процес оцінювання навчальних досягнень передбачає поетапний контроль, що охоплює поточне оцінювання, модульний контроль та підсумкову атестацію. Такий підхід забезпечує системну перевірку рівня засвоєння матеріалу, формування практичних навичок та здатності до самостійної роботи.

Поточний контроль

Поточне оцінювання здійснюється на кожному лабораторному занятті та є основним засобом регулярного моніторингу засвоєння знань і сформованості практичних умінь. До компонентів поточного контролю входить:

- підготовка до заняття (відповіді на контрольні запитання, знання теоретичних основ теми);
- якість виконання лабораторної роботи відповідно до інструктивно-методичних матеріалів;
- точність оформлення результатів експерименту;
- правильність розрахунків та логічність висновків;
- активність та самостійність під час виконання завдання.

У структурі дисципліни передбачено дві підсумкові модульні контрольні роботи, які охоплюють теми відповідних модулів. Вони включають як теоретичні, так і практичні завдання: тести, розрахункові задачі, аналіз хімічних процесів, оформлення висновків на основі експериментальних даних.

Модульний контроль дозволяє комплексно оцінити знання здобувача, його аналітичні здібності, рівень сформованості компетентностей. Результати модульного контролю мають вагомий вплив на підсумкову оцінку.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Тема: Основні поняття та закони хімії.

Мета заняття

Закріпити знання про базові поняття хімії; експериментально підтвердити Закон збереження маси речовини; навчитися проводити стехіометричні розрахунки матеріального балансу для поліграфічних процесів (виготовлення фарб, розчинів для травлення, зволожувальних розчинів).

Контрольні запитання

1. Що вивчає хімія як наука та яке її значення у сучасному поліграфічному виробництві (контроль якості паперу, закріплення фарб)?
2. Дайте визначення поняттям «атом», «молекула», «хімічний елемент».
3. У чому полягає суть закону збереження маси речовин та як він використовується для розрахунку матеріального балансу в друкарському цеху?
4. Сформулюйте закон сталості складу речовини та наведіть приклад.
5. Який зміст має періодичний закон Дмитро Менделєєв?
6. Що таке відносна атомна та відносна молекулярна маса?
7. Поясніть поняття «кількість речовини» та «моль».
8. Що показує число Амедео Авогадро та яке його значення?
9. У чому полягає закон Авогадро та де його застосовують?
10. Які основні типи хімічних реакцій ви знаєте? Наведіть приклади.

Інструктивно-методичні матеріали

Сучасне видавничо-поліграфічне виробництво – це високотехнологічний хіміко-фізичний процес. Якість відбитка, стійкість фарби до стирання, точність відтворення кольору та тривалість тиражостійкості друкарської форми базуються на трьох китах класичної хімії:

Закон збереження маси речовини (М. Ломоносов, А. Лавуазьє): *Маса речовин, що вступають у хімічну реакцію, дорівнює масі речовин, що утворюються в результаті неї.* У поліграфії цей закон є основою розрахунку рецептур фарб, лаків та матеріального балансу технологічних процесів (наприклад, скільки розчинника випарувалося під час сушіння відбитків, скільки шламу утворилося при регенерації розчинників).

Закон сталості складу (Ж. Пруст): *Кожна чиста хімічна сполука молекулярної будови має сталий якісний і кількісний склад, незалежно від способу її отримання.* Будь-який поліграфічний пігмент (наприклад, титан(IV) оксид для білих або залізо(III) гексаціаноферат для синьої фарби) у будь-якій точці світу містить однакову масову частку елементів, що дозволяє стандартизувати колористичні показники в системі Pantone.

Закон еквівалентів (Дж. Дальтон): *Речовини взаємодіють між собою у кількостях, пропорційних їхнім хімічним еквівалентам.* Використовується для точного розрахунку концентрації травильних розчинів, корекції рН зволожувальних розчинів в офсетному друці та нейтралізації токсичних стічних вод.

Експериментальна частина

Завдання 1. Експериментальна перевірка закону збереження маси на прикладі реакції осадження.

Посуд та реактиви: Двогорла колба (або пробірка Ландольта), аналітичні чи технохімічні ваги, 10% розчин барій хлориду (BaCl_2), 10% розчин натрій сульфату (Na_2SO_4).

Хід роботи:

1. В одне коліно пробірки Ландольта налейте 2-3 мл розчину BaCl_2 , в інше – стільки ж розчину Na_2SO_4 , уникаючи їх змішування.

2. Щільно закрийте пробірку пробкою та зважте її на вагах. Запишіть масу системи до реакції (m_1).

3. Обережно нахиліть пробірку, змішуючи розчини. Спостерігайте утворення білого осаду.

4. Зважте пробірку знову. Запишіть масу після реакції (m_2).

Маса системи до реакції (m_1), г: _____

Маса системи після реакції (m_2), г: _____

Висновок: Порівняйте m_1 та m_2 . Поясніть, чому поява осаду (ознака хімічної реакції) не змінила загальну масу пробірки. Запишіть рівняння реакції.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Закон збереження маси та матеріальний баланс у процесі висушування друкарських фарб»

Ситуація: Під час випуску тиражу журналів методом глибокого друку використовується фарба на основі органічного розчинника (толуолу). За технологічним регламентом, фарба містить 35% твердого залишку (пігмент + сполучна речовина) та 65% леткого розчинника. Після нанесення фарби на папір, відбитки проходять через сушильну камеру, де розчинник повністю випаровується. Технолог цеху завантажив у друкарську машину 200 кг такої фарби. Після завершення друку та сушіння маса готових відбитків (паперу разом із сухою фарбою) збільшилася на 66 кг порівняно з масою чистого паперу. Система рекуперації (вловлювання парів) збрала 124 кг рідкого толуолу для повторного використання.

Завдання:

1. Обчисліть теоретичну масу твердого залишку та масу розчинника, що містилися у 200 кг вихідної фарби.

2. Користуючись законом збереження маси (матеріальним балансом), визначте реальні втрати розчинника (масу парів, які не вловила система рекуперації й які потрапили в атмосферу). Чи перевищують ці втрати технологічну норму, яка становить 5% від початкової маси розчинника? Зробіть висновок про ефективність роботи сушильної та рекупераційної систем.

Кейс №2: «Закон еквівалентів при регенерації травильних розчинів»

Ситуація: На ділянці виготовлення флексографських або глибоких форм для видалення залишків міді використовують розчин ферум(III) хлориду. Внаслідок реакції обміну утворюється відпрацьований розчин. Технологу потрібно нейтралізувати надлишок кислотності розчину за допомогою натрій карбонату.

Завдання:

1. Обчисліть молярну масу еквівалента HCl та Na_2CO_3 .
2. За законом еквівалентів розрахуйте, яку масу соди необхідно додати на 1 літр відпрацьованого розчину, якщо титрування показало надлишок кислоти в кількості 0,05 моль/л.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Тема: Будова атома.

Мета заняття

Закріпити знання про сучасну модель атома, структуру атомних ядер, ізотопи та електронні конфігурації елементів (зокрема d-елементів хромофорів та токсичних важких металів, що використовуються у фарбах); експериментально освоїти метод якісного аналізу елементного складу за спектрами випромінювання (забарвленням полум'я) для ідентифікації компонентів поліграфічних матеріалів; навчитися прогнозувати хімічні, оптичні та токсикологічні властивості елементів на основі їхнього положення у Періодичній системі.

Контрольні запитання

1. З яких суб'ядерних частинок складається атом? Дайте характеристику протону, нейтрону та електрону (заряд, маса).
2. Що таке ізотопи? Чому відносна атомна маса елементів у Періодичній системі найчастіше є дробовим числом?
3. Поясніть фізичний зміст порядкового номера елемента, номера періоду та номера групи.
4. Які квантові числа описують стан електрона в атомі та який їхній фізичний зміст?
5. Сформулюйте принцип Паулі, правило Хунда та принцип найменшої енергії (Клечковського).
6. Що таке валентні електрони та як за електронною формулою атома визначити його вищу валентність?
7. Як змінюються радіуси атомів, енергія іонізації та електронегативність елементів у періодах і групах?
8. Що таке радіоактивність? Назвіть основні види радіоактивного випромінювання (α -, β -, γ -) та їхню проникну здатність.
9. Які радіонукліди становлять найбільшу небезпеку для тваринництва і чому вони накопичуються в кістках та м'язах?
10. На чому базується метод емісійного спектрального аналізу (визначення елементів за забарвленням полум'я)?

Інструктивно-методичні матеріали

Поліграфічні матеріали (папір, картон, фарби, лаки, формні пластини) є складними фізико-хімічними системами, властивості яких повністю зумовлені будовою атомів елементів, що до них входять. Усі процеси у додрукарській підготовці, друці та післядрукарській обробці підпорядковані законам мікросвіту:

Конфігурація електронних оболонок d-елементів визначає оптичні властивості пігментів. Елементи з незавершеним d-підрівнем (Fe, Cu, Cr) здатні поглинати світлові кванти видимого діапазону за рахунок d-d переходів електронів. Саме тому сполуки Купруму дають синьо-зелені відтінки (наприклад, фталоціанінові пігменти), Хрому – зелені та жовті, а Феруму – коричневі та жовті охри.

Електронна будова та токсичність: Деякі елементи через схожість електронної будови зовнішнього шару, але більший радіус атома, є небезпечними екотоксикантами (Cd, Pb, Hg). Вони тривалий час використовувалися у жовтих та червоних пігментах (кадмієві та свинцеві крони). Знання їхньої електронної структури дозволяє зрозуміти обмеження на їх використання в пакуванні для харчових продуктів.

Емісія фотонів (основа колориметрії та захисного друку): При нагріванні або УФ-опроміненні атомів металів їхні зовнішні електрони переходять на вищі енергетичні рівні (збуджений стан). Повертаючись у основний (стаціонарний) стан, вони випромінюють кванти світла строго визначеної довжини хвилі λ . Це явище лежить в основі спектрального аналізу фарб та дії люмінесцентних (невидимих) захисних фарб для банкнот і цінних паперів.

Експериментальна частина

Завдання 1. Якісне визначення біогенних елементів у сировині за спектрами випромінювання (тест на забарвлення полум'я).

Посуд та реактиви: Спиртівка (або газовий пальник), ніхромовая петля (закріплена в тримачі), хлоридна кислота (HCl) для очищення петлі, сухі солі або концентровані розчини: натрій хлорид (NaCl), калій хлорид (KCl), кальцій хлорид (CaCl₂), барій хлорид (BaCl₂), купрум(II) сульфат (CuSO₄).

Хід роботи:

1. Прожарте ніхромову петлю у полум'ї пальника. Якщо полум'я забарвлюється, занурте петлю в стаканчик з HCl і знову прожарте, поки полум'я не стане безбарвним.

2. Занурте очищену петлю у досліджуваний розчин (або доторкніться до мікрочастин солі) і внесіть у верхню (найгарячішу) зону полум'я пальника.

3. Зафіксуйте візуальне забарвлення полум'я для кожного катіона. Очищуйте петлю кислотою після кожного дослідження.

Катіон елемента	Електронна конфігурація зовнішнього шару	Спостережуване забарвлення полум'я	Біологічна роль елемента
Na ⁺			
K ⁺			
Ca ²⁺			
Ba ²⁺			
Cu ²⁺			

Висновок: Поясніть фізичну природу виникнення забарвлення полум'я з погляду квантових переходів електронів. Чому цей метод є специфічним (індивідуальним) для кожного елемента?

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Радіоекологічний контроль та закон ізотопного заміщення в молочному скотарстві»

Ситуація: Поліграфічне підприємство готує до друку тираж пакування для дитячого харчування. Згідно з міжнародними стандартами (наприклад, EN 71-3), вміст важких металів у фарбовому шарі жорстко лімітується. У застарілих рецептурах жовтого пігменту використовувався кадмій сульфат (CdS), який технолог пропонує замінити на безпечніший цинк сульфат (ZnS) або органічні аналоги.

Завдання:

1. Напишіть повні електронні конфігурації для стабільних атомів Zn ($Z = 30$) та Cd ($Z = 48$). Поясніть їхнє положення у Періодичній системі (група, підгрупа).

2. Визначте кількість протонів і нейтронів в ядрах стабільних ізотопів ^{65}Zn та ^{112}Cd .

3. Обґрунтуйте з хімічного погляду (використовуючи поняття радіуса атома та будови зовнішнього d-підрівня), чому Кадмій має схожі фізико-хімічні властивості з Цинком, але є значно токсичнішим для організму людини.

Кейс №2: «Електронна будова d-елементів як ключ до фотохімічних процесів у формному виробництві»

Ситуація: При виготовленні офсетних друкарських форм використовуються копіювальні розчини на основі солей Хрому (біхроматний желатин) або процеси анодування алюмінієвих пластин з використанням сполук Феруму як модифікаторів структури. Перехід елементів з одного ступеня окиснення в інший під дією світла є основою формування пробілів та друкарських елементів.

Завдання:

1. Напишіть електронні формули атомів Cr та Fe у звичайному стані. Зверніть увагу на явище «провалу» (проскоку) електрона у атома Хрому.

2. Складіть електронні конфігурації для іонів, що беруть участь у фотопроцесах: Cr^{3+} , Cr^{6+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} . Вкажіть кількість неспарених електронів на d-підрівнях цих іонів.

3. Поясніть, чому саме елементи з незавершеним d-підрівнем мають змінний ступінь окиснення і як це впливає на їхню здатність поглинати світло (колір) та брати участь у окисно-відновних фотохімічних реакціях.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Тема: Періодичний закон та періодична система елементів

Мета заняття

Закріпити й поглибити знання про Періодичний закон та структуру Періодичної системи; навчитися встановлювати взаємозв'язок між положенням елемента в таблиці, його електронною будовою та хімічними і оптичними властивостями сполук. Експериментально дослідити закономірності зміни властивостей елементів та їхніх сполук у періодах і групах; навчитися використовувати періодичні закономірності для прогнозування поведінки металів та неметалів у технологічних процесах виготовлення форм, синтезу пігментів, колориметрії.

Контрольні запитання

1. Сформулюйте Періодичний закон у класичній та сучасній інтерпретації. Що є головною характеристикою елемента?
2. Яка структура Періодичної системи? Дайте визначення поняттям «період», «група», «підгрупа» з погляду теорії будови атома.
3. Чому s-, p-, d- та f-елементи займають чітко визначені блоки в Періодичній системі?
4. Як і чому змінюється радіус атомів елементів у періодах та головних групах?
5. Що таке енергія іонізації та спорідненість до електрона? Як ці величини корелюють із металічними властивостями?
6. Дайте визначення електронегативності (ЕН). Як змінюється ЕН елементів у періодичній системі?
7. Як змінюється характер оксидів та гідроксидів елементів (на прикладі 3-го періоду) зі збільшенням заряду ядра?
8. Поясніть концепцію «діагональної подібності» на прикладі Берилію та Алюмінію. Яке це має значення для біосистем?
9. Які елементи Періодичної системи відносять до «елементів життя» (біогенних макро- та мікроелементів)?
10. Яким чином Періодичний закон дозволяє прогнозувати токсичність важких металів та їхніх сполук?

Інструктивно-методичні матеріали

Періодичний закон – це не просто класифікація хімічних елементів, а фундаментальний інструмент для фахівця поліграфічного виробництва. Будь-яка періодична зміна властивостей атомів (радіус, електронегативність, ступінь окиснення) безпосередньо впливає на практику друкарських та формних процесів.

Зміна металічних та неметалічних властивостей. У періодах зліва направо металічні властивості послаблюються, а неметалічні посилюються. Це визначає, чому елементи початку періодів (наприклад, Na, Mg) існують у біологічних середовищах у вигляді рухливих катіонів, а елементи кінця періодів (C, P, S, O) формують довгі полімерні ланцюги синтетичних смол, лаків та целюлози паперу.

Кислотно-основна еволюція сполук. Знання того, як змінюються властивості гідроксидів елементів у групах (зверху вниз посилюються основні властивості), дозволяє правильно підбирати реагенти для травлення форм та регенерації розчинів. Наприклад, для нейтралізації кислих відходів формних цехів використовують дешеві та м'які за дією гідроксиди елементів II групи ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), тоді як для лужного знежирення металевих пластин потрібні високорозчинні сильні луги елементів I групи (NaOH , KOH).

Прогноз фізико-хімічної та оптичної активності. Елементи однієї групи мають подібні властивості завдяки однаковій конфігурації зовнішнього шару. У поліграфії це дозволяє здійснювати спрямовану заміну дефіцитних або токсичних компонентів фарб. Проте зі збільшенням радіуса атома у групі зверху вниз змінюється енергія зв'язків, що впливає на світлостійкість пігментів та тривалість служби друкарських елементів.

Експериментальна частина

Завдання 1. Порівняння хімічної активності елементів II головної групи (лужноземельних металів) та характеру їхніх гідроксидів.

Посуд та реактиви: Штатив із пробірками, хімічні стакани, розчини солей: магній хлорид (MgCl_2), кальцій хлорид (CaCl_2), барій хлорид (BaCl_2); 10% розчин натрій гідроксиду (NaOH), 10% розчин сульфатної кислоти (H_2SO_4), дистильована вода, індикатор фенолфталеїн, металевий магній (стружка).

Хід роботи:

1. Дослідження інтенсивності взаємодії з водою: У дві пробірки налийте по 3–4 мл дистильованої води та додайте по 1-2 краплі фенолфталеїну. У першу пробірку внесіть кілька ошурок металевого магнію, у другу – шматочок кальцію. Помістіть пробірку з магнієм у теплу водяну баню. Спостерігайте появу забарвлення. Де реакція йде інтенсивніше? Напишіть відповідні рівняння реакції.

2. Отримання та порівняння розчинності гідроксидів: У три пробірки налийте по 2 мл розчинів солей: у першу – MgCl_2 , у другу – CaCl_2 , у третю – BaCl_2 . У кожну пробірку додайте по 1 мл розчину NaOH . Зафіксуйте об'єм та характер утворених осадів гідроксидів $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Напишіть відповідні рівняння реакції.

Висновок: Сформулюйте закономірність, як змінюється металічна активність елементів та розчинність їхніх гідроксидів у головній підгрупі II групи зі збільшенням заряду ядра. Поясніть це через зміну радіуса атома.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Закон періодичності в екологічній безпеці пакування та токсикології фарб»

Ситуація: При проведенні сертифікації глибокого друку на гнучкому пакуванні для кондитерських виробів було виявлено брак тиражу через міграцію шкідливих речовин. Хімічний аналіз показав наявність сполук Арсену, які потрапили у готову продукцію через використання дешевого несертифікованого пігменту. Інженер-еколог підприємства зазначив, що Арсен є небезпечним кумулятивним токсикантом, оскільки його атоми через положення в Періодичній системі імітують біогенний Фосфор, що міститься в організмі людини, і легко проникають крізь біологічні бар'єри.

Завдання:

1. Знайдіть у Періодичній системі P ($Z=15$) та As ($Z=33$). Запишіть електронні конфігурації їхніх зовнішніх енергетичних рівнів. Поясніть причину їхньої хімічної схожості.

2. Користуючись концепцією періодичності, обґрунтуйте, чому Арсен здатний легко заміщувати Фосфор у хімічних процесах і чому використання таких фарб суворо заборонено для харчового пакування.

3. Як змінюється радіус атома та електронегативність при переході від Фосфору до Арсену? Як це впливає на хімічну стабільність сполук арсену під дією сонячного світла (світлостійкість)?

Кейс №2: «Контроль формних процесів: Травлення металів у глибокому та офсетному друці»

Ситуація: На формній дільниці поліграфічного комбінату для виготовлення циліндрів глибокого друку виконується хімічне травлення мідного шару. Традиційно для цього використовують розчин ферум(III) хлориду, який діє як м'який окисник. Через перебої з постачанням на склад привезли розчин солі іншого металу тієї ж групи – алюміній хлорид. Технолог категорично заборонив заміну, стверджуючи, що використання солі Алюмінію замість Феруму повністю зупинить процес травлення форм через відмінності в електронній будові та положенні елементів у Періодичній системі.

Завдання:

1. Порівняйте положення Fe та Al у Періодичній системі. До яких електронних родин (s-, p-, d-) вони належать?

2. Поясніть, чому розчин $AlCl_3$ не буде взаємодіяти з міддю. Зробіть висновок про правильність рішення технолога та роль Періодичного закону у прогнозуванні окисно-відновних процесів у поліграфії.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Заміна токсичних сикативів (осушувачів фарб). Для прискорення закріплення олійних друкарських фарб тривалий час використовували сикативи на основі Плюмбуму. Сьогодні через токсичність Свинець замінюють Манганом або Кобальтом. Визначте за Періодичною системою

електронні родини для Pb, Mn та Co. Запишіть електронну формулу Плюмбуму для ступенів окиснення +2 та +4. Спрогнозуйте, який ступінь окиснення буде більш стабільним для Pb, і як це пов'язано з його здатністю довго зберігатися у відходах друкарні.

2. Світлостійкість тріадних фарб. Селен та Сульфур входять до складу багатьох напівпровідникових та фоточутливих пігментів (наприклад, кадмій сульфоселеніди для червоних і помаранчевих фарб). Під дією ультрафіолетового випромінювання у зовнішній рекламі відбувається фотоокиснення пігменту, що призводить до вицвітання. Порівняйте положення S та Se у VI головній групі Періодичної системи. Поясніть, як змінюється радіус атома та відновна здатність їхніх сполук зверху вниз у групі, та прогнозуйте, які пігменти (сульфідні чи селенідні) будуть стійкішими до сонячного світла.

3. Оптимізація змивальних розчинів та жорсткість технологічної води: Для очищення друкарських валів від залишків фарб використовують лужні змивки на основі каустичної соди (NaOH). Якщо вода в друкарні має високу твердість (надлишок іонів Ca^{2+} та Mg^{2+}), луг взаємодіє з ними, утворюючи твердий осад, який забиває форсунки автоматичних систем змивання. Спираючись на періодичні зміни радіусів катіонів елементів I та II груп, поясніть: чому гідроксиди елементів I групи (NaOH, KOH) повністю розчинні, а гідроксид Магнію ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) утворює щільний осад. Які заходи з пом'якшення води слід рекомендувати друкарні?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Тема: Хімічний зв'язок та будова молекул.

Мета заняття

Закріпити знання про основні типи хімічного зв'язку (ковалентний, іонний, металічний, водневий) та механізми їх утворення; вивчити поняття гібридизації атомних орбіталей та просторової геометрії молекул і полімерних кристалів. Експериментально дослідити вплив типу хімічного зв'язку на фізико-хімічні властивості речовин (розчинність, плавлення, електропровідність); навчитися прогнозувати поведінку компонентів фарб, розчинників для змивання, зволожувальних розчинів та полімерних субстратів, що використовуються в технологічних процесах поліграфії.

Контрольні запитання

1. Які основні типи хімічного зв'язку ви знаєте? Чим вони відрізняються за механізмом утворення?
2. Поясніть різницю між полярним і неполярним ковалентним зв'язком. Що таке диполь?
3. Які механізми формування ковалентного зв'язку існують (обмінний та донорно-акцепторний)? Наведіть неорганічні приклади (наприклад, іон амонію).
4. Що таке електронегативність і як різниця електронегативностей (ЕН) визначає ступінь іонності зв'язку?
5. Поясніть явище гібридизації атомних орбіталей. Яку геометрію мають молекули з типами гібридизації sp , sp^2 , sp^3 ?
6. Чому молекула Карбон(IV) оксиду (CO_2) є неполярною, хоча зв'язки $C=O$ в ній є полярними?
7. Яка природа водневого зв'язку? Яке його значення для аномальних фізичних властивостей води як основи зволожувальних розчинів в офсетному друці та структури целюлози паперу?
8. Що таке металічний зв'язок? Які специфічні властивості металів (провідність, пластичність) він зумовлює?
9. Як тип хімічного зв'язку в кристалічній ґратці речовини впливає на її температуру плавлення та розчинність?
10. Сформулюйте правило «подібне розчиняється в подібному» на прикладі полярних та неполярних неорганічних розчинників.

Інструктивно-методичні матеріали

У видавничо-поліграфічних процесах (виготовлення форм, адгезія фарби до пакування, лакування, підготовка паперу) тип хімічного зв'язку повністю визначає поведінку всієї системи.

Водневий зв'язок і друкарські процеси. Вода є основою зволожувальних розчинів у класичному офсетному друці. Завдяки утворенню водневих зв'язків між молекулами H_2O , вода має високий поверхневий натяг. Це дозволяє їй ефективно змочувати лише пробільні (гідрофільні) елементи форми, не змішуючись із жирною фарбою на друкарських елементах. Крім

того, водневі зв'язки між гідроксильними групами целюлози забезпечують механічну міцність паперового листа.

Полярність зв'язків та адгезія фарби (правило «подібне розчиняється в подібному»). При друці на пластикових пакуваннях (поліетилен, поліпропілен) виникає проблема: ці полімери складаються з неполярних ковалентних зв'язків С–С та С–Н, тому полярні рідкі фарби від них відшаровуються. Для забезпечення адгезії плівки піддають коронуванню (обробці розрядом), внаслідок чого на поверхні утворюються полярні кисневмісні групи, які міцно утримують фарбовий шар.

Донорно-акцепторний зв'язок у формному виробництві. Для захисту алюмінієвих офсетних пластин від передчасного окиснення та зношування їх піддають анодуванню та обробці комплексонами. Комплексні сполуки утворюють міцні донорно-акцепторні зв'язки з металом, формуючи захисний наночар, який регулює баланс між гідрофільністю та гідрофобністю форми.

Експериментальна частина

Завдання 1. Вплив типу хімічного зв'язку та кристалічної ґратки на розчинність, плавлення та електропровідність неорганічних речовин.

Посуд та реактиви: Прилад для перевірки електропровідності розчинів, лабораторні стакани (50 мл), спиртівка, тигельні щипці, порцелянові чашки; дистильована вода, сухі речовини: натрій хлорид (NaCl), калій нітрат (KNO₃), сірка (S), силіцій(IV) оксид (SiO₂).

Хід роботи:

1. **Дослідження розчинності:** У чотири пробірки налейте по 3 мл дистильованої води (полярний розчинник). Внесіть у кожну відповідну речовину: у першу – NaCl, у другу – KNO₃, у третю – порошок сірки, у четверту – пісок SiO₂. Струсіть і зафіксуйте розчинність.

2. **Дослідження відношення до нагрівання:** У порцелянову чашку помістіть на відстані один від одного кілька кристалів NaCl та порошок сірки. Обережно нагрійте над полум'ям спиртівки. Зафіксуйте, яка речовина плавиться миттєво, а яка залишається незмінною за даних умов.

3. **Дослідження електропровідності:** Опускайте електроди приладу по черзі в:

- а) сухий NaCl;
- б) дистильовану воду;
- в) водний розчин NaCl;
- г) водний розчин KNO₃;
- д) склянку з водною суспензією піску.

Щоразу промивайте електроди водою. Результати досліджень внесіть в таблицю.

Речовина	Тип хімічного зв'язку в речовині	Розчинність у воді	Здатність до плавлення при помірному нагріванні	Електропровідність (проводить / ні)	Тип кристалічної ґратки
NaCl					
KNO ₃					
S					
SiO ₂					

Висновок: Поясніть, чому речовини з іонною та атомною ґратками мають високі температури плавлення, а молекулярна сірка – низьку. Чому розчини солей проводять струм, а сухі солі – ні?

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Підготовка зволожувальних розчинів та термодинаміка розчинення іонних компонентів»

Ситуація: Для стабілізації кислотності (рН) зволожувального розчину в офсетній машині лаборант готує концентрований буферний розчин. При розчиненні безводної солі кальцій хлориду, що вводиться для регулювання твердості води, лаборант помітив, що стакан сильно нагрівся. Проте при приготуванні розчину калій нітрату, який використовується як інгібітор корозії формних пластин, спостерігалось навпаки, різке охолодження системи. Головний технолог пояснив це енергетичним балансом руйнування та утворення хімічних зв'язків.

Завдання:

1. Опишіть тип хімічного зв'язку в кристалах CaCl₂ та KNO₃. Які сили утримують частинки у кристалічній ґратці?

2. Розпишіть два етапи процесу розчинення з погляду хімічного зв'язку: 1) руйнування кристалічної ґратки солі; 2) гідратація іонів (взаємодія іонів з диполями води). Який із цих процесів є ендотермічним (йде з поглинанням тепла), а який – екзотермічним (з виділенням)?

3. Зробіть висновок: у якому випадку (CaCl₂ чи KNO₃) енергія утворення зв'язків між іонами та молекулами води (енергія гідратації) значно перевищує енергією руйнування самої кристалічної ґратки?

Кейс №2: «Вибір змивальних засобів та очисників на основі полярності молекул»

Ситуація: Для очищення валиків друкарського апарату після друку тиражу фарбами на основі неполярних рослинних олій та вуглеводневих смол (традиційний офсетний друк) друкар порівнює ефективність двох очисників: гасу (суміш рідких неполярних вуглеводнів) та ізопропілового спирту, молекули якого містять сильнополярну групу -ОН. Практика

показала, що гас миттєво змиває залишки олійної фарби, тоді як спирт працює незадовільно, але спирт ідеально очищує валики від водних флексографічних фарб.

Завдання:

1. Визначте тип хімічного зв'язку та ступінь полярності в молекулах довгих ланцюгів вуглеводнів (основа олійної фарби та гасу).

2. Опишіть характер зв'язків у молекулі ізопропілового спирту. Наявність якого зв'язку робить його полярним розчинником?

3. Спираючись на правило полярності хімічних зв'язків («подібне розчиняється в подібному»), обґрунтуйте вибір розчинника для видалення неполярних та полярних поліграфічних фарб.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Тема: Хімічні реакції та їх закономірності.

Мета заняття

Закріпити знання про класифікацію хімічних реакцій (сполучення, розкладу, заміщення, обміну) та їхні енергетичні ефекти (екзо- та ендотермічні процеси); вивчити закономірності хімічної кінетики (вплив концентрації, температури та каталізаторів на швидкість реакції) та принципи зсуву хімічної рівноваги. Експериментально дослідити теплові ефекти неорганічних реакцій та фактори, що керують швидкістю процесів; навчитися застосовувати принцип Ле Шательє для прогнозування та оптимізації хіміко-технологічних процесів у поліграфії (травлення форм, нейтралізація відходів, газоочищення).

Контрольні запитання

1. За якими ознаками класифікують хімічні реакції в неорганічній хімії?
2. Що таке тепловий ефект реакції? Чим відрізняються екзотермічні реакції від ендотермічних з погляду зміни ентальпії?
3. Сформулюйте закон Гесса та поясніть його практичне значення для термохімічних розрахунків.
4. Що вивчає хімічна кінетика? Дайте визначення швидкості хімічної реакції для гомогенних та гетерогенних систем.
5. Як чинить вплив концентрація реагуючих речовин на швидкість реакції? Сформулюйте закон діючих мас.
6. Поясніть правило Вант-Гоффа. Що таке температурний коефіцієнт швидкості реакції?
7. Яка роль каталізаторів у хімічних процесах? Чим відрізняється гомогенний каталіз від гетерогенного?
8. Що таке енергія активації та як вона впливає на швидкість взаємодії неорганічних сполук?
9. Дайте визначення явища хімічної рівноваги. Чому її називають динамічною? Що таке константа рівноваги?
10. Сформулюйте принцип Ле Шательє. Як впливають зміна тиску, температури та концентрації на стан рівноваги?

Інструктивно-методичні матеріали

Управління хімічними реакціями у видавничо-поліграфічному комплексі, формних цехах або в системах рекуперації розчинників базується на законах термодинаміки та кінетики.

Матеріальний та тепловий баланс (Термохімія). Промислове приготування концентрованих травильних розчинів, електролітів для гальванопластики або нейтралізація відпрацьованих кислих розчинів завжди супроводжується тепловими ефектами. Знання термохімії дозволяє інженеру розрахувати виділення тепла (наприклад, при розчиненні лугів чи кислот для знежирення металевих пластин), щоб уникнути закипання суміші, термічного деформування форм чи руйнування футерування ванн.

Керування швидкістю процесу (Кінетика). Швидкість хімічних перетворень у гетерогенних системах (наприклад, процеси хімічного травлення мідних циліндрів глибокого друку, цинкових або магнієвих кліше) безпосередньо залежить від площі контакту фаз, концентрації активного реагенту, температури та інтенсивності перемішування. Оптимізація цих параметрів забезпечує рівномірне травлення без дефектів друкарських елементів.

Зсув рівноваги (Принцип Ле Шательє). Сучасні екологічні вимоги до друкарень зобов'язують очищувати вентиляційні викиди від оксидів азоту, сірки та парів розчинників. Багато реакцій газоочищення є оборотними. Зміна зовнішніх параметрів (тиску, температури) дозволяє штучно зміщувати рівновагу в бік утворення безпечних нейтральних сполук.

Експериментальна частина

Завдання 1. Дослідження впливу концентрації реагентів та температури на швидкість неорганічної реакції.

Посуд та реактиви: Штатив із пробірками, секундомір, лабораторні стакани, термометр, водяна баня; розчини: натрій тіосульфату ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 0,1 моль/л), сульфатної кислоти (H_2SO_4 , 0,1 моль/л), дистильована вода.

Хід роботи:

1. Вплив концентрації: У три пробірки налейте розчин натрій тіосульфату та дистильовану воду в таких співвідношеннях:

Пробірка № 1: 4 мл розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

Пробірка № 2: 2 мл розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та 2 мл води;

Пробірка № 3: 1 мл розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та 3 мл води.

У першу пробірку додайте 1 мл розчину H_2SO_4 , миттєво увімкніть секундомір і збовтайте. Зафіксуйте час (τ , с) до помутніння розчину через виділення дрібнодисперсної сірки. Повторіть дослід для пробірок № 2 та № 3.

2. Вплив температури: В одну пробірку налейте 2 мл розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, в іншу – 2 мл розчину H_2SO_4 . Підігрійте обидві пробірки на водяній бані до визначеної температури (температура має бути вища за кімнатну на 10°C). Злийте розчини разом і зафіксуйте час появи помутніння.

Номер досліджу	Об'єм $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, мл	Об'єм H_2O , мл	Відносна концентрація	Температура, $^\circ\text{C}$	Час появи осаду (τ), с	Відносна швидкість ($1/\tau$)
1						
2						
3						
4						

Висновок: Складіть молекулярне рівняння реакції між натрій тіосульфатом та сульфатною кислотою. Побудуйте графічну залежність швидкості реакції від концентрації та температури. Зробіть висновок щодо відповідності результатів закону діючих мас та правилу Вант-Гоффа.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Термохімічні розрахунки при підготовці лужних розчинів для знежирення формних пластин»

Ситуація: На дільниці підготовки офсетних формних пластин виконується хімічне знежирення поверхні алюмінію перед анодуванням. Для цього лаборант готує розчин натрій гідроксиду, розчиняючи сухі гранули у воді. Технологічна інструкція вимагає суворо контролювати температуру, оскільки при одноразовому завантаженні великої кількості лугу у пластикову ємність відбувається бурхливе саморозігрівання розчину, що може призвести до її розплавлення або деформації металевої фурнітури. Інженер-технолог має розрахувати тепловий ефект процесу.

Завдання:

1. Запишіть термохімічне рівняння процесу гідратації/розчинення натрій гідроксиду у воді.

2. Користуючись довідковими даними стандартних ентальпій утворення речовин ($\Delta H_{\text{утв}}^0(\text{NaOH}_{(\text{ТВ})}) = -425,6$ кДж/моль, $\Delta H_{\text{утв}}^0(\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}) = -285,8$ кДж/моль, $\Delta H_{\text{утв}}^0(\text{NaOH}_{(\text{р})}) = -469,1$ кДж/моль обчисліть тепловий ефект цього процесу за законом Гесса.

3. Визначте, яка кількість тепла (у кДж) виділиться в технологічний бак, якщо для приготування партії розчину буде використано 8 кг сухого натрій гідроксиду. Зробіть інженерний висновок про характер процесу (екзо- чи ендотермічний) та заходи безпеки.

Кейс №2: «Екологічна оптимізація газоочищення друкарських цехів за принципом Ле Шательє»

Ситуація: Внаслідок роботи газових сушильних пристроїв ротаційних друкарських машин утворюються відхідні гази, що містять шкідливий сульфур(IV) оксид. Для захисту довкілля на підприємстві встановлено каталітичний конвертер, де відбувається оборотна реакція окиснення сірчистого ангідриду з метою його подальшого вловлювання:



З плином часу через порушення технологічного режиму вихід цільового газу SO_3 знизився, що загрожує екологічними штрафами. Інженер-технолог має запропонувати параметри для зміщення рівноваги вправо.

Завдання:

1. Запишіть математичний вираз для константи хімічної рівноваги (K_p) цього процесу.

2. Прогнозуйте, як вплинуть на стан рівноваги та напрямок зміщення процесу (вправо чи вліво) такі фактори:

- підвищення загального тиску в системі;
- зниження температури реакційної суміші;
- введення надлишку кисню (O_2) у систему.

3. Поясніть, чи вплине застосування гетерогенного каталізатора (наприклад, V_2O_5) на чисельне значення константи рівноваги та на кінцевий вихід SO_3 . Яка роль каталізатора в оборотних системах?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

Тема: Розчини.

Мета заняття

Закріпити знання про фізико-хімічну природу розчинів, фактори, що впливають на розчинність неорганічних речовин, та теорію електролітичної дисоціації; навчитися проводити розрахунки для приготування розчинів із заданою масовою часткою та молярною концентрацією речовини. Експериментально освоїти техніку приготування розчинів із сухих солей, проведення точного розведення та дослідження властивостей електролітів для друкарських процесів.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення розчину. Чому розчинення є фізико-хімічним, а не суто фізичним процесом?
2. Що таке розчинність і від яких чинників (температура, тиск, природа речовини) вона залежить для твердих солей та газів?
3. Які розчини називають насиченими, ненасиченими та пересиченими?
4. Сформулюйте визначення масової частки розчиненої речовини (W). У яких одиницях вона вимірюється?
5. Що таке молярна концентрація (C_M) і яка її розмірність?
6. Поясніть суть процесу електролітичної дисоціації. Які неорганічні сполуки відносять до електролітів?
7. Чим відрізняються сильні електроліти від слабких? Наведіть приклади сильних і слабких кислот та лугів.
8. Що таке ступінь дисоціації (α) та які фактори впливають на його чисельне значення?
9. Запишіть у молекулярному та іонному вигляду класичні реакції обміну в розчинах неорганічних солей. За яких умов вони йдуть до кінця?
10. Яку роль відіграє рН розчину в хіміко-технологічних процесах? Яке середовище називають кислим, нейтральним та лужним?

Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій поліграфічній практиці, формних цехах та колориметричних лабораторіях якість і точність приготування розчинів є критично важливими для забезпечення якості відбитка.

Стандартизація концентрацій. Будь-яка технологічна операція – від приготування концентрату зволоження для офсетних машин до приготування травільних розчинів для глибокого друку – вимагає суворого дотримання концентрації. Помилка у розрахунках масової частки або молярності може призвести до неефективності процесу (наприклад, «тінення» форми, коли фарба лягає на пробільні елементи) або до хімічного пошкодження нікелевих чи мідних шарів друкарських циліндрів.

Гідратація та дисоціація іонів. При розчиненні у воді солі, кислоти та луги дисоціюють на катіони та аніони, які оточуються диполями води (гідратуються). Саме вільні іони забезпечують здатність розчинів проводити електричний струм (електропровідність), що використовується в

автоматичних приладах друкарських машин – кондуктометрах – для безперервного контролю стабільності складу зволоження.

Контроль рН середовища. Електролітична дисоціація води та розчинених у ній сполук визначає рівень рН розчину (концентрацію іонів Гідрогену). Для класичного офсетного друку оптимальним є слабокисле середовище (рН = 4.8...5.5). Відхилення в лужний бік руйнує гідрофільний шар на формі, а надмірна кислотність уповільнює закріплення фарби та викликає корозію металу друкарської машини.

Експериментальна частина

Завдання 1. Розрахунок та практичне приготування водного розчину неорганічної солі з заданою масовою часткою та переведення її у молярну концентрацію.

Посуд та реактиви: Технохімічні або аналітичні ваги, мірний циліндр (на 100 мл), мірна колба, хімічний стакан, скляна паличка, ареометр (або денсиметр для вимірювання густини); суха сіль – натрій хлорид (NaCl) або мідний купорос (безводний CuSO₄).

Хід роботи:

1. **Розрахунковий етап:** Розрахуйте масу солі ($m_{\text{реч}}$, г) та об'єм води ($V_{\text{води}}$, мл), необхідні для приготування 100 г розчину з масовою часткою солі $W = 5\%$.

2. **Експериментальний етап:** На вагах зважте розраховану масу сухої солі в хімічному стакані. Мірним циліндром відміряйте необхідний об'єм дистильованої води і перелийте її до солі.

3. Ретельно перемішайте розчин скляною паличкою до повного розчинення кристалів. Повністю перелийте отриманий розчин у циліндр і за допомогою ареометра визначте його густину (ρ , г/см³).

4. **Перерахунок у молярність:** Користуючись виміряною густиною розчину та молярною масою солі, обчисліть молярну концентрацію (C_M , моль/л) приготованого розчину за формулою:

$$C_M = \frac{W \cdot \rho \cdot 1000}{M_{\text{солі}}}$$

Параметр розрахунку	Значення
Розрахована маса солі, г	
Розрахований об'єм води, мл	
Експериментальна густина розчину (ρ), г/см ³	
Обчислена молярна концентрація (C_M), моль/л	

Висновок: Опишіть послідовність дій при приготуванні розчину солі. Поясніть, чому молярна концентрація розчину змінюється, якщо змінюється температура системи.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Приготування дезінфікуючих розчинів лугів та розрахунок розведення концентратів»

Ситуація: Для підготовки алюмінієвих пластин до анодування у формному цеху друкарні хімічна лабораторія має підготувати 50 л робочого розчину натрій гідроксиду (NaOH) з масовою часткою $W = 2\%$ ($\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$). У наявності на складі є концентрований базовий розчин NaOH з масовою часткою 40% ($\rho = 1,43 \text{ г/см}^3$). Лаборанту необхідно точно визначити об'єми концентрованого лугу та води для змішування, щоб забезпечити якісне знежирення металу та запобігти його надмірному роз'їданню через брак або надлишок реагенту.

Завдання:

1. Обчисліть загальну масу 50 л робочого 2% розчину NaOH та чисту масу сухого лугу, що має в ньому міститися.
2. Користуючись правилом змішування (або формулою розведення), визначте масу та об'єм (у літрах) базового 40% розчину NaOH, який необхідно відміряти.
3. Обчисліть об'єм води, який треба додати до базового розчину для отримання точної концентрації. Запишіть рівняння дисоціації NaOH у водному розчині.

Кейс №2: «Хімічне пом'якшення технологічної води для парових сушарок та котелень друкарні»

Ситуація: Технологічна вода, що надходить на котельну установку та зволожувальні блоки сушильних печей друкарського комбінату, має високу мінеральну жорсткість через надлишок розчиненого кальцій хлориду (CaCl_2). При нагріванні це призводить до утворення стійкого накипу. Для хімічного пом'якшення води лаборант додає до неї розчин неорганічного натрій карбонату (Na_2CO_3). У результаті реакції катіони Кальцію повністю зв'язуються в осад, і вода стає придатною для експлуатації.

Завдання:

1. Запишіть рівняння електролітичної дисоціації солей CaCl_2 та Na_2CO_3 у водному розчині.
2. Складіть молекулярне, повне іонне та скорочене іонне рівняння реакції взаємодії між цими двома сильними електролітами.
3. Поясніть на основі теорії Арреніуса, завдяки утворенню якої саме малорозчинної неорганічної сполуки дана реакція обміну в розчині перебігає необоротно (до кінця).

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

Тема: Окисно-відновні процеси.

Мета заняття

Закріпити знання про природу окисно-відновних реакцій (ОВР), поняття «ступінь окиснення», «окисник», «відновник», «процес окиснення» та «процес відновлення»; освоїти метод електронного балансу для розставлення коефіцієнтів у неорганічних рівняннях. Експериментально дослідити залежність окисних властивостей мінеральних солей від рН середовища та навчитися прогнозувати продукти ОВР для контролю технологічних процесів хімічного гравірування, пасивації металів та очищення стічних вод.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення окисно-відновним реакціям. Чим вони відрізняються від реакцій обміну?
2. Що таке ступінь окиснення? Сформулюйте правила його визначення в неорганічних сполуках.
3. Які процеси називають окисненням, а які – відновленням? Як при цьому змінюється ступінь окиснення елементів?
4. Хто такий окисник, а хто – відновник?
5. Які неорганічні речовини виявляють функцію тільки окисника, тільки відновника, або мають окисно-відновну двоїстість? Наведіть приклади.
6. У чому полягає суть методу електронного балансу? Що таке закон збереження заряду?
7. Назвіть найважливіші лабораторні та промислові окисники.
8. Як характер середовища (кисле, нейтральне, лужне) впливає на глибину відновлення перманганат-аніону (MnO_4^-)?
9. Які існують типи ОВР (міжмолекулярні, внутрішньомолекулярні, диспропорціонування)? Наведіть приклади.
10. Яке значення мають окисно-відновні процеси у водоочищенні та знезараженні стічних вод поліграфічних підприємств від залишків барвників та токсичних відновників?

Інструктивно-методичні матеріали

Окисно-відновні реакції є основою багатьох формних, захисних та аналітичних процесів у видавничо-поліграфічному комплексі.

Хімічне травлення та формні процеси. Створення друкарських елементів на мідних циліндрах ротаційного глибокого друку або виготовлення магнієвих кліше для тиснення базується на ОВР. Розчин окисника (наприклад, ферум(III) хлорид) відбирає електрони у поверхневих атомів металу, переводячи їх у розчинну форму солей, завдяки чому формується точний мікрорельєф форми.

Вплив рН на хімічні трансформації. Один і той самий окисник поводиться абсолютно по-різному залежно від кислотності розчину. Наприклад, калій перманганат у кислому середовищі приймає 5 електронів (знебарвлюється), у нейтральному – 3 електрони (випадає бурий осад MnO_2), а в сильно лужному – лише 1 електрон (утворюється зелений манганат

K_2MnO_4). Це дозволяє технологу регулювати глибину окиснення при рекуперації та знешкодженні промислових шламів формних цехів.

Корозія та пасивація металів друкарських машин. Руйнування металевих конструкцій, рам машин, фарбових валів під дією вологи й кисню є небажаним ОВР-процесом, де метал виступає відновником. Навпаки, обробка поверхонь сильними окисниками (нітратною кислотою чи хроматами) дозволяє штучно створити надтонку, щільну оксидну плівку – провести пасивацію, яка зупиняє подальше окиснення металу.

Експериментальна частина

Завдання 1. Дослідження залежності окисних властивостей калій перманганату ($KMnO_4$) від характеру середовища розчину.

Посуд та реактиви: Штатив із пробірками, піпетки; розчини: калій перманганату ($KMnO_4$, 0,05 М), натрій сульфіту (Na_2SO_3 , 0,1 М), сульфатної кислоти (H_2SO_4 , 10%), натрій гідроксиду ($NaOH$, 10%), дистильована вода.

Хід роботи:

1. У три пробірки налейте по 2 мл розчину калій перманганату.

2. Створіть різне середовище у пробірках:

У пробірку № 1 додайте 1 мл розчину сульфатної кислоти (кисле середовище).

У пробірку № 2 додайте 1 мл дистильованої води (нейтральне середовище).

У пробірку № 3 додайте 1 мл розчину луку (лужне середовище).

3. У кожен пробірку краплями додавайте розчин відновника – натрій сульфіту, струшуючи пробірки.

4. Зафіксуйте зміни, що відбуваються в кожній з пробірок.

Номер пробірки	Середовище розчину	Візуальні спостереження	Продукт відновлення Мангану	Ступінь окиснення Мангану після реакції
1				
2				
3				

Висновок: Сформулюйте закономірність відновлення калій перманганату в різних середовищах. Складіть схеми електронного балансу для всіх трьох реакцій.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Нейтралізація токсичного сірководню у промислових викидах друкарень методом рідкофазного окиснення»

Ситуація: У стічних резервуарах та системах рециркуляції води флексографських підприємств внаслідок деградації органічних компонентів (желатинових та крохмальних зв'язуючих паперу) накопичується токсичний газ із різким запахом – сірководень (H_2S). Для його нейтралізації хімічна служба екологічного контролю використовує обробку стоків хлорною водою (Cl_2). У результаті цієї ОВР сульфур повністю окиснюється до вищої нетоксичної сульфатної кислоти, а молекулярний хлор відновлюється до хлорид-іонів.

Завдання:

1. Напишіть молекулярне рівняння ОВР між сірководнем, хлором та водою
2. Визначте ступені окиснення всіх елементів до і після реакції. Вкажіть, який елемент є окисником, а який – відновником.
3. Складіть схему електронного балансу та розставте коефіцієнти в рівнянні реакції. Поясніть процес окиснення Сульфур з погляду кількості відданих електронів.

Кейс №2: «Запобігання аварійному окисному руйнуванню формного та друкарського устаткування»

Ситуація: Під час планового технічного обслуговування формного цеху помічник друкаря вирішив очистити залізні станини та резервуари від стійкого мінерального накипу і технологічного нагару залишками концентрованої нітратної кислоти (HNO_3). Головний технолог негайно зупинив процес, пояснивши, що концентрована нітратна кислота є потужним окисником за рахунок Нітрогену в ступені окиснення +5. Замість безпечного очищення відбудеться інтенсивне окисно-відновне руйнування (корозія) самих залізних деталей із виділенням «лисячого хвоста» – бурого токсичного газу нітроген(IV) оксиду.

Завдання:

1. Напишіть молекулярне рівняння ОВР взаємодії заліза з концентрованою нітратною кислотою при нагріванні.
2. Складіть схему електронного балансу, визначте коефіцієнти. Вкажіть речовину-окисник та речовину-відновник.
3. Обґрунтуйте, чому нітратна кислота ніколи не виділяє водень при взаємодії з металами, на відміну від звичайної хлоридної кислоти.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

Тема: Основні класи неорганічних сполук. Зв'язок між класами неорганічних сполук.

Мета заняття

Закріпити й систематизувати знання про класифікацію неорганічних речовин, їхню номенклатуру та хімічні властивості; навчитися розрізняти солетворні (кислотні, основні, амфотерні) та несолетворні оксиди, середні та кислі солі, луги та нерозчинні основи. Експериментально дослідити хімічні властивості та способи взаємного перетворення неорганічних сполук; навчитися складати рівняння реакцій, що відображають генетичний зв'язок між різними класифікаційними групами металів і матеріалів, які застосовуються у видавничо-поліграфічному комплексі.

Контрольні запитання

1. На які основні класи поділяють неорганічні сполуки? Дайте визначення кожному класу.
2. Як класифікують оксиди? Чим принципово відрізняються за хімічними властивостями кислотні, основні та амфотерні оксиди? Наведіть приклади.
3. Які оксиди відносять до несолетвірних?
4. Як класифікують основи за розчинністю у воді? Які специфічні властивості мають луги порівняно з нерозчинними у воді гідроксидами?
5. Охарактеризуйте хімічну природу та властивості амфотерних гідроксидів на прикладі цинк гідроксиду або алюміній гідроксиду.
6. Як класифікують мінеральні кислоти за складністю аніона та кількістю атомів Гідрогену (основністю)?
7. Дайте визначення солям. Чим відрізняються за складом і номенклатурою середні, кислі та основні солі?
8. Що таке «генетичний зв'язок» у неорганічній хімії? Сформулюйте принципи переходу від простої речовини (металу чи неметалу) до відповідної солі.
9. За яких умов солі можуть взаємодіяти з іншими солями або металами у водних розчинах? Скористайтеся рядом активності металів.
10. Яке практичне значення має реакція нейтралізації для очищення промислових стічних вод друкарень та утилізації залишків кислот і лугів після регенерації офсетних форм?

Інструктивно-методичні матеріали

У видавничо-поліграфічному виробництві, формних цехах та аналітичному контролі матеріалів знання властивостей неорганічних класів речовин є базовим інструментом для керування хімічними процесами.

Класифікаційний підхід у нейтралізації відходів цехів: Розуміння хімічного характеру сполук дозволяє правильно підбирати реагенти для екологічного очищення стоків. Наприклад, кислі стоки формних дільниць, що містять надлишок мінеральних кислот (після травлення міді чи цинку) або кислотних оксидів (SO_2), нейтралізують за допомогою дешевшого

основного оксиду (вапна CaO) або лугу (NaOH). Для нейтралізації надлишку лужних розчинів (після проявлення офсетних пластин) використовують слабкі мінеральні чи органічні кислоти.

Амфотерність у водоочищенні та коагуляції: Деякі неорганічні сполуки мають подвійну природу — здатні взаємодіяти і з кислотами, і з лугами. Цю властивість амфотерних гідроксидів, наприклад алюміній гідроксиду $\text{Al}(\text{OH})_3$, активно використовують у процесах очищення промислових вод друкарень від залишків пігментів: залежно від рН середовища, цей гідроксид може змінювати свій заряд та форму, ефективно захоплюючи часточки барвника й випадаючи в осад у вигляді великих пластівців.

Генетичні ланцюги як основа промислових технологій. Отримання будь-якого цільового мінерального продукту або регенерація металів (наприклад, виділення чистої міді чи срібла з відпрацьованих розчинів) базується на послідовних хімічних перетвореннях за схемою: Метал (або Неметал) \rightarrow Оксид \rightarrow Гідроксид (або Кислота) \rightarrow Сіль. Розуміння цих зв'язків дозволяє інженеру-технологу контролювати процеси хімічного гравірування та мінімізувати кількість побічних неорганічних шламів.

Експериментальна частина

Завдання 1. Експериментальне моделювання генетичного зв'язку між класами неорганічних сполук.

Посуд та реактиви: Штатив із пробірками, тримач для пробірок, спиртівка; розчини: купрум(II) сульфату (CuSO_4), натрій гідроксиду (NaOH), хлоридної кислоти (HCl), залізний зачищений дріт або порошок заліза (Fe).

Хід роботи:

1. Отримання нерозчинної основи (гідроксиду): У пробірку налейте 2 мл розчину купрум(II) сульфату і додайте 1 мл розчину лугу. Зафіксуйте появу осаду та його колір.

2. Термічний розклад гідроксиду до оксиду: Обережно затисніть пробірку з отриманим осадом у тримачі та нагрійте у полум'ї пальника. Спостерігайте за зміною кольору осаду.

3. Розчинення оксиду в кислоті (отримання солі): До утвореного чорного осаду додайте 2 мл розчину хлоридної кислоти і злегка підігрійте. Зафіксуйте зникнення осаду та зміну забарвлення розчину.

4. Реакція заміщення (генетичний перехід до іншого металу): У розчин отриманої солі опустіть зачищений залізний дріт (або додайте порошок заліза). Через 2–3 хвилини вийміть дріт і зафіксуйте зміни.

Етап процесу	Візуальні спостереження (колір, вигляд осаду/розчину)	Тип реакції за класифікацією	Молекулярне рівняння хімічної реакції
Етап 1			
Етап 2			
Етап 3			
Етап 4			

Висновок: На основі проведених дослідів запишіть повний генетичний ланцюжок перетворення речовин міді. Поясніть, як тип неорганічного класу сполук визначає його здатність реагувати з кислотами чи лугами.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Вибір неорганічних реагентів для нейтралізації кислих відпрацьованих травильних розчинів формних цехів»

Ситуація: На промисловому майданчику друкарні внаслідок промивання формних пластин утворилися стічні води з високою кислотністю ($\text{pH} = 2,5$), що зумовлено наявністю вільної сульфатної кислоти та розчиненого ферум(III) сульфату. Перед скиданням у загальну каналізацію воду необхідно нейтралізувати до безпечного нейтрального значення pH та повністю осадити токсичні іони заліза. На складі підприємства є три неорганічні речовини: кальцій оксид (CaO), силіцій(IV) оксид (SiO_2) та натрій хлорид (NaCl). Хімік-технолог має вибрати правильний реагент.

Завдання:

1. Розподіліть запропоновані три речовини (CaO , SiO_2 , NaCl) за класами неорганічних сполук. Вкажіть їхній хімічний характер.

2. Обґрунтуйте з хімічного погляду, чому кварцовий пісок SiO_2 та кухонна сіль NaCl є абсолютно непридатними для нейтралізації сульфатної кислоти та осадження заліза.

3. Запишіть рівняння реакцій нейтралізації сульфатної кислоти та осадження іонів Феруму(III) у вигляді гідроксиду за допомогою вибраного реагенту (CaO), враховуючи його попередню взаємодію з водою (утворення вапняного молока).

Кейс №2: «Технологічні ризики та хімічна руйнація деталей друкарських машин при використанні амфотерних металів»

Ситуація: На переробно-поліграфічному підприємстві для модернізації ліній автоматичного миття та подачі розчинників технічний відділ закупив партію сполучних вузлів та трубок з алюмінієвим покриттям. Проте під час першого ж циклу санітарної обробки обладнання з використанням гарячого розчину сильного неорганічного лугу – натрій гідроксиду – спостерігалася бурхливе виділення газу, руйнування стінок деталей та розгерметизація системи. Головний лаборант пояснив це амфотерною природою Алюмінію.

Завдання:

1. Дайте визначення поняттю «амфотерність». До якого класу сполук належатиме речовини, що утворюється на поверхні алюмінію при взаємодії з вологою?

2. Запишіть рівняння реакції взаємодії металічного алюмінію з розчином натрій гідроксиду та водою, враховуючи утворення розчинної комплексної солі – натрій тетрагідроксоалюмінату ($\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$) та виділення водню (H_2).

3. Зробіть технологічний висновок: чому конструкційні матеріали, що містять амфотерні елементи (Al, Zn), категорично заборонено використовувати в контакті з лужними дезінфікуючими розчинами?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

Тема: Хімічні елементи-метали.

Мета заняття

Закріпити знання про особливості електронної будови атомів металів, їхні фізико-хімічні властивості та закономірності взаємодії з водою, мінеральними кислотами й розчинами солей. Експериментально дослідити хімічну активність металів та її залежність від положення елемента в електрохімічному ряду напруг; навчитися прогнозувати перебіг неорганічних процесів за участю металів та їхніх сполук для вирішення прикладних інженерних завдань у видавничо-поліграфічній галузі (гальванопластика, хімічне гравірування, захист машин від корозії).

Контрольні запитання

1. Які особливості електронної будови атомів металів зумовлюють їхню відносну здатність? У яких блоках (s-, p-, d-, f-) Періодичної системи розташовані метали?

2. Що таке металічний зв'язок і які специфічні фізичні властивості (електропровідність, теплоємність, пластичність) він забезпечує?

3. Як змінюється хімічна активність металів у періодах та головних групах Періодичної системи зі збільшенням заряду ядра?

4. Що характеризує електрохімічний ряд напруг металів? Який фізичний зміст стандартного електродного потенціалу?

5. Які метали здатні витіснити водень із розчинів мінеральних кислот (хлоридної, розведеної сульфатної)?

6. Опишіть особливості взаємодії лужних та лужноземельних металів з водою. Які продукти при цьому утворюються?

7. Чому деякі активні метали (наприклад, алюміній, хром) стійкі до дії води та кисню за звичайних умов? Що таке пасивація?

8. Як взаємодіють метали з розчинами солей інших металів? Яке правило керує цими процесами?

9. У чому полягає відмінність у властивостях сполук типів оксидів та гідроксидів для металів головних (s-, p-) та побічних (d-) підгруп?

10. Які неорганічні методи захисту металевого обладнання від корозії ви знаєте?

Інструктивно-методичні матеріали

У сучасному поліграфічному машинобудуванні та формному виробництві метали (алюміній, мідь, цинк, магній, сталь, хром) є основними конструкційними матеріалами. Керування їхніми властивостями базується на законах неорганічної хімії.

Ряд активності як основа сумісності матеріалів друкарських машин.

При проектуванні та експлуатації друкарських машин важливо враховувати положення металів у ряду напруг. Безпосередній контакт двох різних металів (наприклад, сталевого ракельного ножа та мідного/хромованого циліндра глибокого друку) у вологому хімічно агресивному середовищі фарби призводить до утворення мікрогальванічної пари. У такому процесі більш

активний метал (сталь/залізо, що стоїть лівіше у ряду напруг) піддається прискореному окисненню (корозії), що виводить обладнання з ладу.

Специфіка d-елементів у гальванотехніці. Метали побічних підгруп (хром, манган, ферум) мають незаповнений передзовнішній d-електронний підрівень. Це зумовлює наявність у них змінних ступенів окиснення та здатність утворювати широкий спектр сполук – від основних (у нижчих ступенях окиснення, наприклад FeO) до амфотерних (Fe₂O₃, Cr₂O₃) та кислотних (у вищих ступенях, наприклад CrO₃). Здатність d-елементів до електрохімічного відновлення дозволяє нарощувати на формних циліндрах тверді робочі шари міді та хрому.

Лужноземельні метали та твердість води в друкарні. Наявність іонів Ca²⁺ та Mg²⁺ у водопровідній воді визначає її технологічну твердість. Для приготування офсетних зволожувальних розчинів твердість води повинна суворо контролюватися, інакше солі Кальцію випадатимуть на порах зволожувальних валиків, викликаючи їхнє «засалювання» та втрату гідрофільності.

Експериментальна частина

Завдання 1. Дослідження відносної хімічної активності металів та їхньої взаємодії з розчинами мінеральних кислот і солей.

Посуд та реактиви: Штатив із пробірками, наждачний папір, скляні палички; зразки металів: цинку (Zn), заліза (Fe), міді (Cu), алюмінію (Al); розчини: хлоридної кислоти (HCl, 10%), купрум(II) сульфату (CuSO₄), цинк сульфату (ZnSO₄).

Хід роботи:

1. Взаємодія металів з кислотами: У три пробірки налийте по 2 мл розчину хлоридної кислоти. У першу пробірку внесіть гранулу цинку, у другу – шматочок заліза, у третю – зачищений шматочок мідного дроту. Спостерігайте за інтенсивністю виділення газу. Запишіть рівняння відповідних реакцій.

2. Взаємодія металів з розчинами солей: У пробірку налийте 2 мл розчину купрум(II) сульфату та опустіть туди гранулу цинку. Зафіксуйте зміну на поверхні металу та зміну забарвлення розчину через 5 хвилин. Запишіть рівняння реакції.

Висновок: Сформулюйте закономірність зміни хімічної активності металів залежно від їхнього положення в електрохімічному ряду напруг. Складіть молекулярні та скорочені іонні рівняння для всіх ОВР, що відбулися.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Запобігання електрохімічній корозії та руйнуванню вузлів друкарських машин через утворення гальванічних пар»

Ситуація: На поліграфічному комбінаті для модернізації системи подачі рідкої змивки у фарбовий апарат сталевого резервуара змонтували внутрішні неорганічні сітки-фільтри, зафіксувавши їх мідними заціпками. Через кілька місяців експлуатації у вологому середовищі змивальних розчинів у місцях безпосереднього контакту сталеві стінки з міддю утворилися наскрізні свищі та глибокі корозійні виразки, хоча чиста сталь резервуара без контакту з міддю майже не пошкодилася.

Завдання:

1. Користуючись електрохімічним рядом напруг, порівняйте активність Феруму та Купруму. Який із цих металів має нижчий (більш негативний) стандартний електродний потенціал?

2. Опишіть роботу утвореної мікрогальванічної пари у водному середовищі: який метал виконує роль анода (руйнується), а який – катода?

3. Запишіть електронні рівняння процесів окиснення металу-анода та відновлення кисню на катоді в нейтральному середовищі. Запропонуйте інженерне рішення (варіант заміни матеріалу заціпок або ізоляції) для уникнення цього явища.

Кейс №2: «Пасивація металів та аварійні ризики при використанні концентрованої сульфатної кислоти у формних цехах»

Ситуація: Для потреб дільниці глибокого хімічного травлення форм залізничним транспортом на підприємство поставляється великий об'єм концентрованої сульфатної кислоти. Головний інженер запропонував використати стандартні цистерни, виготовлені з вуглецевої сталі, без внутрішнього полімерного захисного покриття. Молодий лаборант висловив побоювання, що кислота повністю розчинить сталеві стінки з виділенням вибухонебезпечного водню. Проте технолог підтвердив безпечність транспортування завдяки явищу пасивації.

Завдання:

1. Поясніть інженерно-хімічну суть явища «пасивації» металів. Які конструкційні метали поліграфічного обладнання (наприклад, Fe, Al, Cr) здатні пасивуватися під дією концентрованих кислот-окисників на холоді?

2. Опишіть, що саме утворюється на поверхні заліза при контакти з концентрованою сульфатною кислотою і чому ця неорганічна плівка зупиняє подальше руйнування металу цистерни.

3. Зробіть технологічне застереження: чому при випадковому розбавленні цієї кислоти водою (наприклад, під час недбалого замивання чи промивання цистерни) розпочнеться бурхливе руйнування сталевих стінок? Запишіть рівняння реакції заліза з розведеною сульфатною кислотою.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

Тема: Хімічні елементи-неметали.

Мета заняття

Закріпити знання про особливості електронної будови атомів неметалів, їхнє положення в Періодичній системі та високу електронегативність; вивчити явище алотропії та причини відмінностей у властивостях алотропних модифікацій Карбону, Оксигену, Фосфору та Сірки. Експериментально дослідити специфіку неорганічних сполук неметалів (водневих сполук, кислотних оксидів), їхні окисно-відновні властивості та навчитися прогнозувати характер їхньої взаємодії в технологічних системах друкарень (газоочищення, захист від корозії, стабілізація відбитків).

Контрольні запитання

1. Які особливості електронної будови атомів неметалів зумовлюють їхню високу електронегативність та переважно окисний характер?
2. У якій частині Періодичної системи розташовані елементи-неметали?
3. Що таке алотропія? Які причини зумовлюють існування алотропних модифікацій (наведіть приклади для Оксигену та Фосфору)?
4. Поясніть, чому алмаз і графіт, маючи однаковий елементний склад (Карбон), кардинально відрізняються за твердістю та електропровідністю.
5. Як змінюються окисні та відновні властивості неметалів у періодах та головних групах? Назвіть найактивніший неметал-окисник.
6. Охарактеризуйте зміну властивостей вищих оксидів неметалів та відповідних їм гідратів (кислот) у періодах та групах.
7. Які особливості мають леткі водневі сполуки неметалів? Як змінюється їхній кислотно-основний характер у розчинах по періоду та групі?
8. Що таке окисно-відновна двоїстість неметалів? Наведіть неорганічні приклади сполук, де елемент виявляє проміжний ступінь окиснення.
9. Які неметали та їхні сполуки найчастіше використовуються як адсорбенти або захисні середовища у друкарській індустрії?
10. Поясніть екологічне значення та токсичність деяких неорганічних газів неметалів (CO, SO₂, H₂S).

Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій поліграфічній практиці, системах вентиляції та очищення викидів хімічні властивості неметалів та їхніх сполук визначають стабільність технології та безпеку праці.

Алотропія Карбону та сорбційні технології в друкарнях. Явище алотропії Карбону безпосередньо використовується в адсорбційному очищенні повітря друкарських цехів від парів летких органічних розчинників (ЛОР), толуолу та спиртів. Графітоподібна мікроструктура активованого вугілля з величезною кількістю мікропор та некомпенсованих ковалентних зв'язків дозволяє ефективно утримувати на своїй поверхні молекули токсикантів, запобігаючи їх викиду в атмосферу.

Технологічне значення інертного середовища неметалів: Молекулярний азот (N_2) застосовується в сучасних системах високошвидкісного УФ-затвердіння офсетних фарб. Створення азотного середовища у зоні сушіння витісняє кисень, який є радикальним інгібітором і гальмує полімеризацію фарбового шару.

Кислотно-основні трансформації газів та деградація паперу. Багато технологічних викидів або продуктів згоряння сушильних печей містять кислотні оксиди неметалів (наприклад, SO_2 , CO_2 , NO_2). При взаємодії з атмосферною вологою або конденсатом вони утворюють мінеральні кислоти. Це викликає не лише корозію друкарських машин, а й призводить до швидкого руйнування («кислотного старіння») целюлозної основи готової друкованої продукції.

Експериментальна частина

Завдання 1. Експериментальне дослідження властивостей кислотних оксидів неметалів та відновної здатності неорганічних сульфідів.

Посуд та реактиви: Штатив із пробірками, газовідвідна трубка, хімічні стакани, лабораторне джерело нагрівання; кристалічний натрій сульфід (Na_2SO_3), сульфатна кислота (H_2SO_4 , 10%), розчин калій перманганату ($KMnO_4$), порошок сірки (S), універсальний індикаторний папір, дистильована вода.

Хід роботи:

1. **Отримання та властивості кислотного сульфур(IV) оксиду:** У пробірку помістіть кристалічний натрій сульфід і додайте 1-2 мл розчину сульфатної кислоти. Закрийте пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої опустіть у стакан з дистильованою водою. Спостерігайте за виділенням газу.

2. Через 1–2 хвилини вийміть трубку, перемішайте воду в стакані та внесіть туди смужку універсального індикатора. Зафіксуйте зміну кольору та визначте приблизне значення рН утвореного розчину мінеральної кислоти.

3. **Дослідження відновних властивостей сполук неметалів у нижчих ступенях окиснення:** В пробірку налейте 2 мл слабого рожевого розчину калій перманганату, підкисленого краплею сульфатної кислоти. Пропустіть через цей розчин газ, що утворюється в попередньому досліді (або додайте Na_2SO_3). Зафіксуйте повне знебарвлення розчину, що свідчить про перебіг ОВР.

Етап дослідження	Ознаки хімічного процесу (колір, зміна рН, ефект)	Молекулярне рівняння хімічної реакції
Дослід 1		
Дослід 2		
Дослід 3		

Висновок: Поясніть, чому оксиди більшості неметалів змінюють рН води в кислу сторону. Охарактеризуйте ОВР знебарвлення перманганату, склавши схему електронного балансу для Сульфору та Мангану.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Аналіз ризиків накопичення токсичного сірководню при деградації паперово-клеювих відходів та його неорганічна нейтралізація»

Ситуація: У підземних резервуарах-накопичувачах вологих технологічних шламів друкарні (де містяться обрізки паперу, залишки крохмальних та желатинових клеїв) внаслідок анаеробної діяльності бактерій розпочалося виділення сірководню – леткої сполуки Сульфору. Газ має різкий запах, є надзвичайно токсичним і викликає прискорену корозію мідних та сталевих комунікацій формного цеху. Начальник екологічної лабораторії запропонував зв'язати цей газ, промиваючи повітряні викиди через ванну з розчином купрум(II) сульфату.

Завдання:

1. Запишіть рівняння електrolітичної дисоціації сірководневої кислоти у водному розчині. Який характер (сильний чи слабкий) має цей мінеральний електроліт?

2. Складіть молекулярне та скорочене іонне рівняння реакції між сірководнем та купрум(II) сульфатом, враховуючи утворення чорного осаду купрум(II) сульфід.

3. Обґрунтуйте хімічну ефективність цього методу: чому утворення сульфід міді дозволяє повністю видалити неметал Сульфур із газової фази, незважаючи на те, що H_2S є слабкою кислотою?

Кейс №2: «Застосування азотних технологій та регульованого інертного середовища неметалів в УФ-сушильних камерах»

Ситуація: Для високошвидкісного закріплення фарб на лініях друку картонного пакування комбінат використовує камери з потужними УФ-лампами. Інженер-стажер висловив сумнів щодо доцільності постійної подачі чистого газоподібного азоту у сушильну камеру, припускаючи, що азот може легко прореагувати з полімерами фарби або конструкційними матеріалами ламп, подібно до кисню. Головний технолог заперечив це, вказавши на унікальну ковалентну будову молекули азоту та явище інгібування киснем.

Завдання:

1. Напишіть електронну та графічну формули молекули азоту. Визначте тип хімічного зв'язку між атомами Нітрогену.

2. Поясніть з погляду енергії потрійного зв'язку, чому молекулярний азот за звичайних умов поводить себе як хімічно інертний газ і чому його використання захищає процес радикальної полімеризації УФ-фарб від руйнівного впливу кисню повітря.

3. Запишіть рівняння реакції, яка можлива для азоту з активними металами (наприклад, магнієм) при сильному нагріванні. Визначте ступінь окиснення Нітрогену в утвореному нітриді.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 11

Тема: Вуглеводні.

Мета заняття

Закріпити знання про класифікацію вуглеводнів, типи гібридизації атомів Карбону (sp^3 , sp^2 , sp) та види хімічного зв'язку (σ - та π -зв'язки); вивчити закономірності зміни фізико-хімічних властивостей у гомологічних рядах алканів, алкенів, алкінів та аренів. Експериментально дослідити способи лабораторного отримання та специфіку хімічної поведінки насичених і ненасичених сполук, освоїти якісні реакції на кратні зв'язки для ідентифікації та контролю якості компонентів поліграфічних розчинників.

Контрольні запитання

1. На які основні групи класифікують вуглеводні за будовою карбонового ланцюга та характером зв'язків?
2. Які особливості електронної будови та просторової геометрії молекул алканів?
3. Дайте визначення гомології та ізомерії. Які види структурної ізомерії характерні для насичених вуглеводнів?
4. Які типи хімічних реакцій є найбільш характерними для алканів? Чому вони стійкі до дії концентрованих кислот та лугів за звичайних умов?
5. Охарактеризуйте електронну будову алкенів та алкінів. Чим π -зв'язок принципово відрізняється від σ -зв'язку за міцністю та реакційною здатністю?
6. Сформулюйте правило Марковнікова на прикладі реакцій гідрогенгалогенування ненасичених сполук.
7. Які якісні реакції дозволяють експериментально відрізнити ненасичені вуглеводні від насичених?
8. Опишіть особливості електронної будови молекули бензену. У чому полягає суть поняття «ароматичність» (правило Хюккеля)?
9. Які типи реакцій (заміщення чи приєднання) є переважними для ароматичних вуглеводнів і в яких умовах вони перебігають?
10. Які вуглеводневі фракції є основою паливно-мастильних матеріалів, що використовуються в матеріально-технічному забезпеченні друкарень та формних цехів?

Інструктивно-методичні матеріали

У видавничо-поліграфічній практиці, експлуатації друкарського обладнання та синтезі фарб знання властивостей вуглеводнів дозволяє оптимізувати процеси та контролювати якість робочих середовищ.

Стабільність і гідрофобність насичених систем (алканів): Алкани (зокрема рідкі парафіни, ізоалкани та компоненти мінеральних масел) через високу міцність одинарних σ -зв'язків C – C є хімічно інертними. Вони не змішуються з водою, що є основою процесу офсетного друку (взаємне відштовхування фарби та зволожувального розчину), а також робить їх ідеальними захисними гідрофобними мастилами проти атмосферної корозії металевих деталей машин.

Реакційна здатність у газовому та екологічному контролі цехів: На відміну від алканів, ненасичені газоподібні вуглеводні (етилен C_2H_4 , ацетилен C_2H_2) мають рухливі π -зв'язки і легко окиснюються та полімеризуються. Контроль виділення летких ненасичених сполук при сушінні друкарських фарб є критичним для проектування систем рекуперації розчинників та вентиляції цехів.

Енергетичний баланс та термічне газове сушіння. Термічне закріплення фарб на рулонних офсетних машинах відбувається у сушильних печах за рахунок спалювання природного газу (метану) або пропану. Процес їхнього повного горіння є екзотермічною реакцією, продуктами якої є виключно стабільні оксиди – карбон(IV) оксид та вода. Порушення режиму подачі кисню (надлишку повітря) призводить до неповного згорання з утворенням токсичного чадного газу (CO) або кіптяви (сажі), що псує паперове полотно.

Експериментальна частина

Завдання 1. Лабораторне отримання етилену та експериментальне дослідження його хімічних властивостей порівняно з насиченими системами.

Посуд та реактиви: Пробірки з газовідвідними трубками, лабораторний штатив, промивна склянка, пальник; речовини: етанол (C_2H_5OH), сульфатна кислота (H_2SO_4), бромна вода (Br_2), розчин калій перманганату ($KMnO_4$), насичений алкан (гексан), кварцовий пісок (для рівномірного кипіння).

Хід роботи:

1. Генерація ненасиченого вуглеводню (дегідратація): У суху пробірку налейте 2 мл спирту та обережно додайте 4 мл сульфатної кислоти, внесіть дрібку чистих мінеральних крупинок піску. Закрийте пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, закріпіть у штативі та почніть обережне нагрівання суміші.

2. Якісна реакція на кратний зв'язок: Кінець газовідвідної трубки, з якої виділяється газ, опустіть у пробірку з 2 мл розчину калій перманганату, а потім у пробірку з 2 мл розчину бромної води. Спостерігайте за змінами, що відбуваються в пробірках.

3. Порівняльний дослід з насиченим вуглеводнем: У пробірку налейте 2 мл насиченого вуглеводню і додайте 1 мл розчину калій перманганату. Інтенсивно струсіть суміш. Зафіксуйте що відбувається.

Досліджуваний вуглеводень	Візуальні ознаки взаємодії з розчином $KMnO_4$	Візуальні ознаки взаємодії з розчином Br_2	Рівняння хімічного процесу або обґрунтування інертності
Етилен			
Гексан			

Висновок: Поясніть причину різкої відмінності в хімічній активності алканів та алкенів стосовно неорганічних окисників. Яку роль відіграє характер зв'язку між атомами Карбону?

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Екологічний контроль газових сушарок ротаційних друкарських машин та наслідки неповного згоряння алканів»

Ситуація: При проведенні екологічного аудиту цеху рулонного офсетного друку було виявлено, що в сушильній печі, яка працює на газовому паливі (основа – суміш алканів), вміст токсичного чадного газу (CO) у викидах перевищує норму в 4 рази. Це створює загрозу отруєння персоналу та появи оптичного дефекту «пожовтіння» країв паперу через кіптяву. Інженер-технолог має пояснити причину явища з хімічного погляду та оптимізувати процес.

Завдання:

1. Запишіть молекулярне рівняння ОВР повного згоряння декану, як модельного компонента вуглеводневого палива) у надлишку кисню з утворенням кінцевих неорганічних продуктів. Розставте коефіцієнти.

2. Запишіть рівняння реакції неповного згоряння декану, що призводить до утворення чадного газу.

3. Обґрунтуйте хімічну причину накопичення CO: зміна концентрації якого саме реагенту у паливно-повітряній суміші викликає цей процес? Запропонуйте метод оптимізації роботи пальників сушильної печі.

Кейс №2: «Використання ацетиленових пальників при аварійному ремонті поліграфічного обладнання»

Ситуація: Для проведення термінових ремонтно-відновлювальних робіт на тріснутій чавунній станині друкарської машини ремонтна бригада використовує портативний карбідний генератор. У ньому внаслідок взаємодії неорганічного кальцій карбиду з водою безпосередньо на місці отримують ацетилен (етин). Цей газ при згорянні в суміші з чистим киснем дає надзвичайно високу температуру полум'я (понад 3000°C), що дозволяє плавити та зварювати міцні конструкційні матеріали.

Завдання:

1. Запишіть рівняння реакції отримання ацетилену шляхом карбідного гідролізу. Вкажіть клас неорганічної сполуки, що утворюється як побічний шлам, який необхідно утилізувати.

2. Складіть молекулярне рівняння реакції повного термічного окиснення (горіння) ацетилену в кисневому струмені термохімічного пальника.

3. Поясніть з погляду електронної будови та співвідношення елементів Карбону й Гідрогену, чому горіння ацетилену супроводжується значно більшим виділенням тепла на одиницю об'єму порівняно з насиченим метаном.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 12

Тема: Карбонові кислоти. Естери. Жири.

Мета заняття

Закріпити знання про будову карбоксильної групи, класифікацію карбонових кислот, механізм реакції естерифікації та хімічну природу жирів (тригліцеридів); вивчити відмінності у властивостях насичених і ненасичених вищих жирних кислот. Експериментально дослідити хімічні властивості монокарбонових кислот, синтезувати складні ефіри (естери), що використовуються як поліграфічні розчинники, та вивчити процес лужного гідролізу (омилення) для отримання поверхнево-активних речовин (ПАР) для формних цехів.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте електронну будову карбоксильної групи. Як взаємний вплив атомів у цій групі позначається на рухливості іона Гідрогену?

2. Як змінюється розчинність у воді та сила карбонових кислот у гомологічному ряду зі збільшенням молекулярної маси?

3. Порівняйте хімічні властивості мінеральних (неорганічних) кислот та одноосновних карбонових кислот. Які спільні реакції вони демонструють?

4. Що таке реакція естерифікації? Яку роль у цій реакції відіграє концентрована сульфатна кислота?

5. Дайте визначення естерам. Які їхні головні фізичні властивості та де вони застосовуються у промисловості?

6. Що таке жири з хімічного погляду? Які спирти та кислоти є основою їхньої структури?

7. Чим принципово відрізняються за складом та фізичним станом рослинні олії від тваринних жирів? Наведіть приклади вищих жирних кислот.

8. Що таке процес гідролізу жирів? Чим відрізняється оборотний (кислотний) гідроліз від необоротного (лужного)?

9. Які продукти утворюються в результаті лужного омилення тригліцеридів? Чим відрізняється тверде мило від рідкого за хімічним складом?

10. Як експериментально довести наявність кратного зв'язку в молекулі рідкого жиру (олії)?

Інструктивно-методичні матеріали

Оксигеновмісні органічні сполуки є хімічною основою більшості витратних матеріалів поліграфії (фарби, лаки, змивки, очисники). Розуміння закономірностей їхніх взаємодій є ключовим для інженерного контролю виробництва.

Взаємодія з основами. Карбонові кислоти, хоч і є переважно слабкими електролітами, легко взаємодіють з неорганічними оксидами, гідроксидами та солями слабших кислот (наприклад, карбонатами). Реакція оцтової кислоти з натрій карбонатом (Na_2CO_3) супроводжується бурхливим виділенням вуглекислого газу, що використовується як швидкий аналітичний

тест на наявність вільних кислотних груп у поліграфічних адгезивах та зволожувальних розчинах.

Синтез естерів як системних розчинників. Реакція естерифікації є класичним прикладом оборотної рівноважної системи. Щоб змістити рівновагу в бік утворення цільового естеру (наприклад, етилацетату – базового розчинника для флексодруку), використовують концентровану сульфатну кислоту (H_2SO_4). Вона працює і як неорганічний катализатор, і як водовіднімаюча речовина. Отримані естери мають високу розчинювальну здатність щодо синтетичних полімерів та смол фарби.

Хімія омилення та ПАР у формних процесах: Лужний гідроліз жирів та олій у присутності лугів (NaOH або KOH) дозволяє розірвати естерні зв'язки тригліцеридів. Продуктами реакції є трьохатомний спирт гліцерол та натрієві або калієві солі вищих жирних кислот (пальмітати, стеарати, олеати), які є основою мила та спеціальних ПАР. Ці солі мають унікальну дифільну будову (гідрофільна «голова» та гідрофобний «хвіст»), що дозволяє їм знижувати поверхневий натяг води, емульгувати залишки жирових фарб та ефективно очищувати пробільні елементи форм.

Експериментальна частина

Завдання 1. Лабораторний синтез етилового естеру оцтової кислоти (етилацетату) та дослідження реакції омилення жирів.

Посуд та реактиви: Пробірки, газовідвідна трубка з пробкою, хімічні стакани, лабораторна баня (водяна), піпетки; речовини: етанол (C_2H_5OH), льодяна оцтова кислота (CH_3COOH), сульфатна кислота (H_2SO_4), насичений розчин натрій хлориду (NaCl), рослинна олія або свинячий жир, 20% розчин натрій гідроксиду (NaOH).

Хід роботи:

1. **Синтез естеру:** У суху пробірку налейте 2 мл етанолу та 2 мл льодяної оцтової кислоти. Обережно, краплями при струшуванні, додайте 1 мл сульфатної кислоти.

2. Закрийте пробірку пробкою з довгою скляною трубкою (або газовідвідною трубкою, направленою в іншу пробірку, охолоджувану водою) і нагрівайте суміш на водяній бані протягом 5 хвилин.

3. Вміст пробірки вилийте в стаканчик із 5 мл насиченого розчину NaCl. Зафіксуйте появу специфічного приємного запаху етилацетату та утворення чіткого верхнього шару естеру, який не розчиняється у мінералізованій воді.

4. **Лужний гідроліз:** У велику пробірку помістіть 1 мл рослинної олії (або 1 г жиру) і додайте 3 мл 20% розчину натрій гідроксиду. Отриману емульсію інтенсивно кип'ятіть на водяній бані при постійному перемішуванні протягом 10 хвилин, періодично додаючи по краплях дистильовану воду замість випаруваної.

5. До гарячої суміші додайте 4 мл гарячого насиченого розчину NaCl (процес висолювання). Спостерігайте за виділенням щільного верхнього шару твердого мила (натрієвих солей жирних кислот).

	Візуальні спостереження (ефекти, запахи, шари рідини)	Молекулярне рівняння хімічної реакції
Дослід 1 (Синтез естеру)		
Дослід 2 (Омилення жиру)		

Висновок: Поясніть механізм дії сульфатної кислоти в реакції естерифікації на основі принципу Ле Шательє. Опишіть фізико-хімічну суть процесу висолювання мила за допомогою неорганічної солі.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Аналіз причин зниження ефективності ПАР і утворення осаду в зволожувальних апаратах через твердість води»

Ситуація: На офсетному підприємстві для очищення та замивання фарбових валиків і формних пластин було використано розчин технічного змивального мила на основі натрій стеарату. Проте при використанні сирій водопровідної води з високим вмістом іонів Кальцію та Магнію (висока жорсткість води) мийна здатність розчину впала до нуля. На поверхні валиків та всередині форсунок змивальної системи з'явився липкий нерозчинний пластівчастий осад, який привів к «засалюванню» та псуванню пробільних елементів форми.

Завдання:

1. Запишіть рівняння електролітичної дисоціації натрій стеарату у водному розчині.
2. Складіть молекулярне та скорочене іонне рівняння реакції обміну між натрій стеаратом та кальцій хлоридом, що міститься у твердій воді.
3. Обґрунтуйте хіміко-технологічну проблему: чому утворення кальцієвих солей вищих жирних кислот повністю позбавляє мило властивостей ПАР? Запропонуйте інженерний метод хімічного пом'якшення або демінералізації води перед приготуванням розчинів у друкарні.

Кейс №2: «Вхідний контроль якості рослинних олій для виготовлення екологічних тріадних фарб»

Ситуація: На лакофарбову дільницю поліграфічного комбінату надійшло два зразки рослинних жирних баз для виробництва еко-фарб: один є натуральною лляною (або соняшниковою) олією (основа – тригліцериди ненасичених жирних кислот, таких як олеїнова та лінолева), а інший – дешевим фальсифікатом на основі повністю гідрогенізованого жиру (саломасу), де всі подвійні зв'язки примусово наситили воднем. Фарба на основі саломасу не здатна висихати на папері шляхом окисної полімеризації,

що призведе до повного браку тиражу. Лаборант має виконати експрес-аналіз.

Завдання:

1. Яку саме електронну та структурну особливість (наявність яких зв'язків між атомами Карбону) мають радикали ненасичених жирних кислот натуральних «висихаючих» олій порівняно з насиченими жирами?

2. Запропонуйте швидкий та наочний неорганічний реагент (на вибір: бромна вода або підкислений розчин калій перманганату) для аналізу ступеня ненасиченості. Опишіть візуальний ефект, що підтвердить високу якість олії.

3. Запишіть рівняння реакції.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 13

Тема: Вуглеводи.

Мета заняття

Закріпити знання про класифікацію вуглеводів (моносахариди, дисахариди, полісахариди), їхню будову та наявність у структурах різних функціональних груп (гідроксильних, альдегідних чи кетонних); вивчити закономірності взаємоперетворення лінійних та циклічних форм моносахаридів. Експериментально дослідити хімічні властивості глюкози, сахарози та крохмалю, навчитися проводити якісні неорганічні реакції для ідентифікації та контролю якості вуглеводних компонентів у технологічних середовищах друкарень і паперових фабрик.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення вуглеводам. Чому вони мають таку назву і яка їхня загальна формула?
2. Як класифікують вуглеводи за здатністю до гідролізу? Наведіть приклади для кожної групи.
3. Охарактеризуйте будову молекули глюкози. Чому її називають альдегодоспиртом? Які функціональні групи зумовлюють її хімічні властивості?
4. У чому полягає відмінність між α - та β -формами циклічних молекул моносахаридів? Що таке глікозидний гідроксил?
5. Чим за хімічною будовою та властивостями відрізняється фруктоза від глюкози? До якого класу моносахаридів вона належить?
6. Що таке дисахариди? Поясніть, чому сахароза належить до невідновлюючих цукрів, а мальтоза чи лактоза – до відновлюючих.
7. Які продукти утворюються в результаті повного гідролізу сахарози? Яку роль у цьому процесі відіграють мінеральні кислоти?
8. Охарактеризуйте полісахариди на прикладі крохмалю та целюлози. З залишків якого моносахариду вони побудовані і чим відрізняються їхні структури?
9. Яка неорганічна речовина є специфічним якісним реагентом на крохмаль? Опишіть візуальний ефект взаємодії.
10. Яке промислове та технологічне значення має стійкість целюлози до дії вологи, розчинників та слабких хімічних реагентів у процесах довговічності друкованих видань?

Інструктивно-методичні матеріали

У видавничо-поліграфічній практиці, експлуатації паперових складів та палітурному цеху хімічні трансформації вуглеводів під дією неорганічних реагентів дозволяють контролювати якість носіїв інформації та стабільність адгезивів (клеїв).

Полігідроксильний характер та комплексоутворення вуглеводів. Моносахариди (глюкоза) та деякі дисахариди містять кілька сусідніх гідроксильних груп -ОН і поведуться як багатоатомні спирти. При взаємодії зі свіжоосадженим неорганічним купрум(II) гідроксидом $\text{Cu}(\text{OH})_2$ вони

утворюють прозорі розчини комплексних сполук інтенсивного синього кольору. Цей ефект дозволяє ідентифікувати залишкові мономери при деградації палітурних сумішей.

Окисно-відновні процеси у визначенні відновлюючих цукрів. Наявність вільної альдегідної групи в молекулах деяких цукрів дозволяє їм легко вступати в ОВР. При нагріванні з неорганічними окисниками (іонами Cu^{2+} у лужному середовищі) альдегідна група окиснюється до карбоксильної, а мідь відновлюється з утворенням червоного осаду купрум(I) оксиду (Cu_2O). В інженерному аналізі це дозволяє оцінити ступінь деструкції та окисного руйнування целюлози паперу.

Каталітичний гідроліз полісахаридів паперу та клеїв. Крохмаль та целюлоза ($(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$) є природними полімерами. Під дією високої температури, вологи та неорганічних кислот (наприклад, розведеної H_2SO_4 або HCl), які виступають каталізаторами, відбувається послідовне розщеплення глікозидних зв'язків. Для паперу цей процес є руйнівним («кислотне старіння»), оскільки довгі міцні волокна целюлози розпадаються до крихких декстринів і, зрештою, до глюкози, через що аркуші стають ламкими.

Експериментальна частина

Завдання 1. Експериментальне дослідження хімічних властивостей глюкози як альдегидоспирту та якісна реакція на крохмаль.

Посуд та реактиви: Штатив із пробірками, тримач для пробірок, лабораторна баня або пальник, піпетки; розчини: глюкози (5%), натрій гідроксиду (NaOH , 10%), купрум(II) сульфату (CuSO_4 , 5%), крохмального клейстеру (1%), йоду в калій йодиді (люголівський розчин або спиртовий розчин йоду I_2).

Хід роботи:

1. **Доведення наявності гідроксильних груп:** У пробірку налейте 2 мл розчину лугу і додайте 3–4 краплі розчину купрум(II) сульфату. До отриманого осаду додайте 2 мл розчину глюкози і струсіть пробірку. Зафіксуйте зміни в пробірці.

2. **Доведення наявності альдегідної групи:** Обережно затисніть пробірку з отриманим на попередньому етапі синім розчином у тримачі та нагрійте її верхню частину в полум'ї пальника (або на водяній бані). Спостерігайте за змінами, що відбуваються в пробірці при нагріванні.

3. **Якісна реакція на полісахариди:** У пробірку налейте 2 мл розчину крохмального клейстеру і додайте 1 краплю розчину йоду. Зафіксуйте появу забарвлення внаслідок утворення комплексу. Нагрійте пробірку – спостерігайте зникнення кольору; охолодіть під струменем води – спостерігайте його відновлення.

Об'єкт дослідження	Умови проведення та додані реагенти	Візуальні спостереження (колір, осад)	Хімічна суть процесу (які функціональні групи або зв'язки виявлено)
Глюкоза			
Крохмаль			

Висновок: На основі спостережень обґрунтуйте подвійну хімічну природу глюкози. Запишіть рівняння реакції окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом при нагріванні.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Контроль технологічного процесу підготовки крохмального клею в палітурному цеху та аналіз глибини гідролізу»

Ситуація: У клейовому відділенні поліграфічного комбінату для виготовлення твердих палітурок книг готують модифікований крохмальний клей шляхом часткового кислотного гідролізу клейстеру у присутності розведеної сульфатної кислоти. Якщо процес зупинити зарано – клей буде занадто густим і деформує обкладинку; якщо запізно (відбудеться повний гідроліз до глюкози) – суміш повністю втратить адгезивні (клейові) властивості. Технологу необхідно оперативно визначити момент оптимального розщеплення, щоб зупинити реакцію нейтралізацією кислоти крейдою. Лаборант відбирає проби та тестує їх розчином йоду і купрум(II) гідроксидом.

Завдання:

1. Запишіть загальну схему послідовного неорганічного гідролізу крохмалю.

2. Які результати з йодом та $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (при нагріванні) отримає технолог, якщо:

а) гідроліз ще не розпочався;

б) відбувся повний гідроліз крохмалю до кінцевих продуктів?

3. Запишіть рівняння неорганічної реакції нейтралізації каталізатора (сульфатної кислоти) за допомогою солі кальцій карбонату, вказавши малорозчинний осад, який потім легко видалити фільтрацією.

Кейс №2: «Експрес-диференціація складів для проклеювання паперу та виявлення технологічних підмін»

Ситуація: На склад пакувального цеху друкарні надійшла партія рідкого аппрету (пластифікатора) на основі інвертного цукру (суміш глюкози та фруктози), що додається для гнучкості пакувального картону. Проте

виникла підозра, що сировину фальсифікували звичайним розчином дешевого дисахариду — сахарози, яка за низьких температур кристалізується і робить картон ламким. Заводська хімічна лабораторія має без використання дорогих оптичних приладів спростувати або підтвердити наявність вільної сахарози.

Завдання:

1. До якого класу вуглеводів належить сахароза? З залишків яких моносахаридів вона складається?

2. Поясніть з погляду хімічної будови, чому чиста сахароза, на відміну від глюкози, є невідновлюючим цукром (не реагує з $\text{Cu}(\text{OH})_2$ при нагріванні). Який саме зв'язок блокує альдегідну функцію?

3. Запропонуйте інженерний хід аналізу: як за допомогою попереднього короткого кип'ятіння проби розчину з кількома краплями хлоридної кислоти (HCl) та наступного тесту на відновлюючі цукри довести, що початковий розчин містив саме сахарозу? Запишіть молекулярне рівняння гідролізу сахарози.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 14

Тема: Амінокислоти. Білки.

Мета заняття

Закріпити знання про будову та класифікацію амінокислот як гетерофункціональних сполук, що містять аміногрупу та карбоксильну групу; вивчити поняття про пептидний зв'язок та рівні організації білкових молекул (первинну, вторинну, третинну та четвертинну структури). Експериментально дослідити амфотерний характер амінокислот, процеси денатурації білкових клеїв і желатинових емульсій під дією фізико-хімічних факторів виробництва, а також опанувати кольорові реакції для ідентифікації білкових макромолекул та зв'язування токсикантів.

Контрольні запитання

1. Чому амінокислоти відносять до гетерофункціональних сполук? Назвіть дві основні функціональні групи, що входять до їхнього складу.

2. Що таке біполярний іон амінокислоти? Як впливає рН середовища на заряд молекули амінокислоти у водному розчині?

3. Поясніть суть поняття «амфотерність» стосовно амінокислот. З якими неорганічними реагентами вони здатні взаємодіяти?

4. Який хімічний зв'язок називають пептидним? Між якими групами яких молекул він утворюється?

5. Охарактеризуйте чотири рівні структурної організації білків. Які типи хімічних зв'язків (ковалентні, водневі, іонні, гідрофобні) стабілізують кожен рівень?

6. Що таке денатурація білка? Які чинники (фізичні та хімічні) здатні викликати цей процес? Чи є денатурація оборотною?

7. Опишіть суть біуретової реакції. Наявність якого фрагмента в молекулі вона доводить і які неорганічні реагенти для неї потрібні?

8. Що виявляє ксантопротеїнова реакція? Які амінокислоти в складі білка відповідають за позитивний результат цього тесту?

9. Яка роль неорганічних солей важких металів (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+}) у процесах осадження та денатурації білків? Як це пов'язано з токсикологією?

10. Яке інженерно-екологічне значення має дослідження стійкості та утилізації білковмісних відходів (наприклад, желатинових шарів або тваринних клеїв) у поліграфії?

Інструктивно-методичні матеріали

У видавничо-поліграфічній індустрії, технологіях реставрації книг та екологічному моніторингу хімічна специфіка білків та амінокислот визначає особливості експлуатації адгезивів і захисту біосфери від токсичних викидів формних цехів.

Амфотерність та ізоелектрична точка білкових клеїв. Наявність як кислотної (COOH), так і основної ($-\text{NH}_2$) груп дозволяє амінокислотам і білкам (наприклад, желатину, кістковому та міздряному клеям) виступати в ролі буферних систем. При певному значенні рН розчину (ізоелектрична точка) сумарний заряд макромолекули стає рівним нулю. Білок втрачає

гідратну оболонку і легко випадає в осад (коагулює). Цей ефект використовують для регенерації та очищення стічних вод поліграфічних фабрик від клейових забруднень шляхом підкислення мінеральними кислотами.

Кольорові реакції як метод хімічного вхідного контролю. Якісний аналіз білкових сполучників і клеїв базується на їхній взаємодії з неорганічними іонами. Біуретовий тест використовує іони купруму(II) у лужному середовищі для утворення яскраво-фіолетового комплексу з пептидними зв'язками, що підтверджує натуральність тваринного клею. Ксантопротеїновий тест базується на нітруванні бензолних кілець ароматичних амінокислот концентрованою нітратною кислотою (HNO_3), що призводить до появи жовтого забарвлення.

Білки як неорганічні антидоти в гальванічних цехах. Завдяки великій кількості функціональних груп, білки здатні міцно зв'язувати іони важких металів (Pb^{2+} , Hg^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{3+} , які є основою електролітів для хромування та міднення друкарських валів глибокого друку), утворюючи нерозчинні мінерально-органічні осади (хелати). Цю властивість використовують у техніці безпеки цехів гальванопластики: при випадковому отруєнні солями важких металів потерпілому як невідкладну допомогу вводять сирий яєчний білок або молоко для зв'язування токсикантів у шлунку до приїзду лікарів.

Експериментальна частина

Завдання 1. Проведення кольорових якісних реакцій на білки та дослідження факторів денатурації.

Посуд та реактиви: Штатив із пробірками, тримач для пробірок, пальник або водяна баня, піпетки; розчини: яєчного білка (або сироватки), натрій гідроксиду (NaOH , 10%), купрум(II) сульфату (CuSO_4 , 10%), нітратної кислоти (HNO_3), етанолу (96%).

Хід роботи:

1. Біуретова реакція: У пробірку налейте 2 мл розчину білка, додайте 2 мл розчину лугу та 2–3 краплі розчину солі CuSO_4 . Струсіть пробірку. Зафіксуйте зміни.

2. Ксантопротеїнова реакція: У пробірку налейте 2 мл розчину білка та обережно додайте 1 мл нітратної кислоти. Обережно підігрійте пробірку в полум'ї пальника. Зафіксуйте утворення жовтого осаду або забарвлення. Охолодіть пробірку та додайте по краплях луг до лужної реакції, спостерігайте за змінами, що відбуваються.

3. Денатурація білка фізичними та хімічними чинниками:

Пробірка №3 (термічна дія): Налийте 2 мл розчину білка та нагрійте до кипіння, спостерігайте за змінами, що відбуваються.

Пробірка №4 (дія органічного розчинника): До 2 мл розчину білка додайте 2 мл етанолу, спостерігайте за змінами, що відбуваються.

Пробірка №5 (дія солей важких металів): До 2 мл розчину білка додайте по краплях 1 мл розчину купрум(II) сульфату, спостерігайте за змінами, що відбуваються.

Дослідний процес	Додані реагенти та умови	Візуальні спостереження (колір, характер осаду)
Біуретовий тест		
Ксантопротеїновий тест		
Термічна коагуляція		
Осадження металами		

Висновок: Сформулюйте висновок про будову білків та специфіку їхньої взаємодії з неорганічними кислотами, лугами та солями важких металів. Поясніть різницю між функціональними та структурними тестами на білки.

Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

Кейс №1: «Розробка системи невідкладної хімічної детоксикації при отруєнні солями важких металів у цеху гальванопластики ротаційних машин»

Ситуація: На ділянці виготовлення форм глибокого друку внаслідок аварійної розгерметизації гальванічної ванни стався вилив технологічного розчину, що містить високі концентрації токсичних неорганічних сполук – купрум(II) сульфату та плюмбум(II) нітрату. Один із робітників випадково вдихнув дрібнодисперсний аерозоль розчину, і в нього виникли ознаки гострого отруєння. Інженер з охорони праці наказав негайно дати робітникові випити велику кількість розчину яєчного альбуміну (або молока) перед приїздом медиків, а зливи промити технічним розчином лугу.

Завдання:

1. Поясніть з погляду неорганічної та біоорганічної хімії, чому білки (альбумін, желатин) є ефективними антидотами проти іонів важких металів (Cu^{2+} , Pb^{2+}). Що відбувається з просторовою структурою білка?

2. Обґрунтуйте, чому після прийому білкового антидоту необхідно терміново викликати блювоту: чи є утворений мінерально-органічний комплекс абсолютно стабільним у кислому середовищі шлунка ($\text{pH} = 1,5-2$)?

Кейс №2: «Технологічний аналіз процесу ізоелектричного осадження желатинових та клейових відходів при очищенні стічних вод формних цехів»

Ситуація: При очищенні білковмісних стічних вод брошурувально-палітурного та фотоформного виробництва необхідно виділити розчинений білок (желатин/міздряний клей), щоб знизити показник екологічного забруднення перед скиданням води в очисні споруди. Відомо, що ізоелектрична точка білкової фракції відходів лежить при $\text{pH} = 4,7$. На складі

екологічного пункту є технічна хлоридна кислота та кальцій гідроксид. Хімік-технолог має налаштувати систему дозування для максимального випадання білка в осад.

Завдання:

1. Дайте визначення поняттю «ізоелектрична точка білка». Чому саме в цій точці гідрофільний білок повністю втрачає стійкість у розчині та коагулює?

2. Який реагент – кислоту чи луг – має використати технолог, якщо вихідні промислові стічні води цеху мають слабколужну реакцію (рН = 8,2)? Поясніть, у який бік (збільшення чи зменшення концентрації іонів Гідрогену) потрібно змістити рН середовища.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 15

Тема: Підсумкова модульна контрольна робота.

Мета заняття

Контроль, узагальнення та систематизація знань студентів з теоретичних основ органічної хімії та їхнього практичного застосування у видавничо-поліграфічній галузі; перевірка вміння аналізувати хімічний склад фарб, лаків, змивок, паперу та клейових систем; оцінка навичок розв'язання інженерно-технологічних і екологічних кейсів, пов'язаних із друкарськими та палітурно-брошувальними процесами.

I. Спеціалізована література: хімія поліграфічних матеріалів та матеріалознавство

1. Роїк Т. А., Майстренко Ю. Ю. Поліграфічні матеріали : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 186 «Видавництво та поліграфія». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 49 с.

2. Золотухіна К. І. Поліграфічні матеріали зі спеціальними властивостями : лаб. практикум : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за спец. 186 «Видавництво та поліграфія». 2-ге вид., переробл. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 45 с.

3. Величко О. М., Зоренко О. В. Поліграфічні матеріали : підручник. Київ : ВПК «Політехніка», 2011. 424 с.

4. Розум Т. В. Технологія палітурно-брошувального виробництва : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2012. 216 с.

5. Лазаренко Е. Т., Токарчик З. М. Фізико-хімічні основи технології друкарських процесів : навч. посіб. Львів : УАД, 2004. 184 с.

II. Фундаментальна органічна хімія та хімія високомолекулярних сполук (целюлоза, білки, полімери)

6. Мітрясова О. П. Органічна хімія : навч. посіб. Київ : Кондор, 2018. 418 с.

7. Ластухін Ю. О., Воронов С. А. Органічна хімія : підручник для вищих навчальних закладів. 4-те вид., стер. Львів : Центр Європи, 2009. 868 с.

8. Черних В. П., Зіменковський Б. С., Гриценко І. С. Органічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закл. Харків : НФаУ : Золоті сторінки, 2008. 752 с.

9. Ковтун Г. О., Плужников В. О. Хімія високомолекулярних сполук : навч. посіб. Київ : КНТЕУ, 2010. 240 с.

10. Ляховська Н. О. Методичні вказівки до лабораторних занять з органічної хімії для студентів природничих спеціальностей. Умань : УДАУ, 2019. 45 с.

III. Технологічні процеси, гальванопластика та інженерна екологія друкарень

11. Пушкар О. І., Грабовський В. А., Оленич О. А. Технології поліграфічного виробництва : навч. посіб. Харків : ХНЕУ ім. Семена Кузнеця, 2019. 232 с.

12. Книш О. В., Кузнецов В. Г. Гальванотехніка в поліграфії : навч. посіб. Львів : Українська академія друкарства, 2007. 156 с.

13. Мельников О. В. Технологія формних процесів у видавничо-поліграфічній справі : підручник. Львів : Українська академія друкарства, 2014. 368 с.

14. Савицький Д. П., Шкавров А. М. Екологічний моніторинг та безпека життєдіяльності підприємств видавничо-поліграфічного комплексу : монографія. Київ : Наукова думка, 2015. 198 с.

15. Дорош А. К., Мальцев А. П. Промислова токсикологія та охорона праці в гальванічних і друкарських цехах : навч. посіб. Житомир : ЖДТУ, 2018. 210 с.