

Житомирський державний університет
імені Івана Франка
Природничий факультет
Кафедра хімії

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ
САМОСТІЙНОЇ/ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

з обов'язкової освітньої компоненти

«ХІМІЯ»

для підготовки здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Галузь знань	<i>Н Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина</i>
Спеціальність	<i>Н2 Тваринництво</i>
Предметна спеціальність	-
Спеціалізація	-
Освітня програма	<i>Виробництво і переробка продукції тваринництва</i>
Факультет	<i>Природничий</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:

Дорохов Віктор – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства Поліського національного університету.

Ірина Шелюк – кандидат хімічних наук, голова циклової комісії хімічних дисциплін Житомирського базового фармацевтичного фахового коледжу Житомирської обласної ради.

Кичкирук Ольга – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Кучерук С.В. Методичні рекомендації до організації самостійної/індивідуальної роботи із обов'язкової освітньої компоненти «Хімія»: навчально-методичний посібник для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2026. 36 с.

© Кучерук С. В., 2026
© Житомирський державний університет імені
Івана Франка, 2026

ЗМІСТ:

ВСТУП		4
Лабораторне заняття № 1	Тема: Основні поняття та закони хімії	6
Лабораторне заняття № 2	Тема: Будова атома	9
Лабораторне заняття № 3	Тема: Періодичний закон та періодична система елементів	11
Лабораторне заняття № 4	Тема: Хімічний зв'язок та будова молекул	13
Лабораторне заняття № 5	Тема: Хімічні реакції та їх закономірності	15
Лабораторне заняття № 6	Тема: Розчини	17
Лабораторне заняття № 7	Тема: Окисно-відновні процеси	19
Лабораторне заняття № 8	Тема: Основні класи неорганічних сполук. Зв'язок між класами неорганічних сполук	21
Лабораторне заняття № 9	Тема: Хімічні елементи-метали	23
Лабораторне заняття № 10	Тема: Хімічні елементи-неметали	25
Лабораторне заняття № 11	Тема: Вуглеводні	27
Лабораторне заняття № 12	Тема: Карбонові кислоти. Естери. Жири.	29
Лабораторне заняття № 13	Тема: Вуглеводи	31
Лабораторне заняття № 14	Тема: Амінокислоти. Білки	33
Лабораторне заняття № 15	Тема: Підсумкова модульна контрольна робота	35

ВСТУП

Самостійна та індивідуальна робота студентів є невід'ємною частиною засвоєння обов'язкового освітнього компонента «Хімія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня. Головна мета цих методичних рекомендацій – поглиблення теоретичних знань, здобутих під час лекційних занять, а також формування практичних навичок експериментальної роботи, клініко-технологічного мислення, вміння аналізувати, узагальнювати та робити науково обґрунтовані висновки щодо властивостей і поведінки хімічних речовин у процесах життєдіяльності тварин, оцінки якості кормів та переробки тваринницької продукції.

Навчальний матеріал для самостійного опрацювання структуровано за логічною послідовністю тем, що забезпечить цілісність курсу хімії та його узгодженість з іншими фаховими дисциплінами біологічного та зоотехнічного профілю.

Програма передбачає позааудиторну підготовку та виконання лабораторних занять, які охоплюють ключові розділи загальної, біоорганічної та аналітичної хімії в контексті сучасного тваринництва. Самостійна робота розпочинається з вивчення класифікації, номенклатури та електронної будови органічних сполук, що дозволяє сформуванню фундаментальні знання про молекулярну основу біологічних систем. Наступні теми присвячено основним класам вуглеводнів, які є основою для розуміння будови ліпідів, компонентів ветеринарних препаратів та дезінфікуючих засобів. Особливу увагу приділено вивченню функціональних груп кисневмісних та нітрогенвмісних сполук (спиртів, фенолів, карбонових кислот, амінів та естерів). Ці теми є ключовими для розуміння біохімічних метаболічних шляхів в організмі тварин, процесів консервації та силосування кормів, а також хімізму формування якості тваринницької сировини.

Значна частина індивідуальної роботи зосереджена на закономірностях хімічних трансформацій біополімерів – вуглеводів, ліпідів та білків. Головний акцент зміщено на самостійне вивчення хімічних властивостей поживних речовин, аналіз процесів деградації та стабілізації біологічних макромолекул під дією чинників зовнішнього середовища (вологи, температури, рН), а також на питання екологічного моніторингу, нейтралізації токсикантів, солей важких металів та безпечної утилізації відходів тваринницьких комплексів і переробних підприємств.

Після опрацювання матеріалу здобувачі виконують підсумкову контрольну роботу. Вона дозволяє перевірити й систематизувати знання через розв'язання професійно-орієнтованих технологічних кейсів, формує вміння аргументовано викладати власну точку зору, самостійно знаходити й виправляти помилки під час хімічного аналізу сировини та продукції.

Методичні рекомендації укладено відповідно до навчальної програми дисципліни. Вони містять:

- мету і завдання для кожної теми самостійної роботи;

- контрольні запитання для перевірки засвоєння матеріалу та самоконтролю.

Систематична самостійна робота сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти стійких практичних навичок, підвищенню рівня їхньої академічної відповідальності, розвитку вмінь якісно вести лабораторну, дослідну та звітну документацію, працювати як самостійно, так і в команді.

У процесі підготовки та виконання завдань студенти: оволодівають основами безпечної роботи з хімічними речовинами й біоматеріалом; знайомляться з методами входного хімічного контролю якості кормів та тваринницької сировини; вчаться інтерпретувати результати якісного та кількісного аналізу, оцінювати похибки вимірювань і застосовувати математичну обробку експериментальних даних матеріального балансу.

Окрему увагу в методичних рекомендаціях приділено академічній доброчесності: усі індивідуальні завдання та аналітичні розрахунки мають виконуватися самостійно, з дотриманням вимог точності, послідовності та об'єктивності фіксації хімічних ефектів і аналітичних сигналів.

Методичні рекомендації призначені для організації самостійної підготовки здобувачів до лабораторних занять, виконання індивідуальних завдань та поточного контролю знань. Їхній зміст повністю узгоджено з сучасними вимогами до підготовки фахівців галузі «Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина» і сприяє формуванню базових та професійних компетентностей майбутніх спеціалістів із тваринництва.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗАНЯТЬ

Оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти з обов'язкової освітньої компоненти «Хімія» 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 (атом, молекула, моль, молярна маса, хімічний еквівалент); експериментально підтвердити Закон збереження маси речовини; навчитися проводити стехіометричні розрахунки за хімічними рівняннями та освоїти роботу з лабораторними вагами. Навчитися застосовувати закон збереження маси для розрахунку виходу готової продукції (сухої речовини кормів/молока), а також використовувати закон еквівалентів для математичного прогнозування та контролю хімічних процесів при переробці сировини тваринного походження.

Контрольні запитання

1. Що вивчає хімія як наука та яке її значення у сучасному світі?
2. Дайте визначення поняттям «атом», «молекула», «хімічний елемент».
3. У чому полягає суть закону збереження маси речовин?
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 тваринництво та переробна промисловість спираються на кількісний облік. Будь-який розрахунок раціону для худоби, виходу сиру з молока чи дозування консервантів базується 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 переробці цей закон є основою матеріального балансу (скільки сировини зайшло в цех – стільки ж у вигляді готового продукту та відходів має вийти).*

Закон сталості складу (Ж. Пруст): *Кожна чиста хімічна сполука молекулярної будови має сталий якісний і кількісний склад, незалежно від способу її отримання. Наприклад, чиста молочна кислота або кухонна сіль у будь-якій точці світу містять однакову масову частку елементів, що дозволяє стандартизувати аналізи.*

Закон еквівалентів (Дж. Дальтон): *Речовини взаємодіють між собою у кількостях, пропорційних їхнім хімічним еквівалентам.*

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. У тваринництві мікроелементи (Мідь, Цинк, Кобальт) ніколи не вводяться в чистому вигляді, оскільки металічні порошки є токсичними або не засвоюються. Їх згодуюють у вигляді солей – кристалогідратів (наприклад, мідний купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Добова потреба теляти у чистій

Міді (Cu) для нормального кровотворення становить 50 мг. Скільки міліграмів кормового мідного купоросу зоотехнік повинен внести в добовий раціон тварини, щоб повністю покрити цю потребу?

2. Для профілактики анемії та покращення якості вовни овець зоотехнічна служба підприємства має збагатити партію комбікорму Цинком. Добова потреба однієї вівцематки в чистому Цинку (Zn) становить 65 мг. У наявності на складі є мінеральна добавка – цинковий купорос ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Користуючись законом сталості складу, обчисліть молярну масу кристалогідрату. Скільки грамів цієї солі знадобиться для приготування добового корму на отару з 400 голів?

3. На молочнотоварній фермі у телят віком до 4 місяців виявлено ознаки гіпокупрозу (дефіциту Міді), що проявляється затримкою росту та «линянням» навколо очей («окуляри»). Ветеринарний лікар призначив випоювання телят розчином мідного купоросу. За нормами, кожне теля має додатково отримувати 15 мг чистої Міді (Cu) на добу протягом тижня. Лаборанту хіміко-технологічної лабораторії доручено приготувати маточний розчин купоросу. Обчисліть, яку масу сухої солі $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ потрібно зважити на аналітичних вагах, щоб приготувати 1 л водного розчину, 10 мл якого міститимуть добову дозу Міді для однієї тварини. Яке хімічне явище відбувається при розчиненні безбарвного або блідо-блакитного порошку купоросу у воді (чому розчин стає яскраво-синім)? Поясніть це з погляду утворення аквакомплексів.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Тема: Будова атома.

Мета заняття

Закріпити знання про сучасну модель атома, структуру атомних ядер, ізотопи та електронні конфігурації елементів (зокрема біогенних та токсичних важких металів); експериментально освоїти метод якісного аналізу елементного складу за спектрами випромінювання (забарвленням полум'я); навчитися прогнозувати хімічні та біохімічні властивості елементів на основі їхнього положення у Періодичній системі; опанувати принципи радіоекологічного контролю сировини тваринного походження.

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

Організм тварин, молоко та корми є складними фізико-хімічними системами, властивості яких повністю зумовлені будовою атомів елементів, що до них входять. Усі процеси в переробній промисловості та ветеринарії підпорядковані законам мікросвіту:

Конфігурація електронних оболонок визначає, чому одні елементи є життєво необхідними (Fe, Cu, Zn – елементи з незавершеним d-підрівнем, здатні утворювати міцні комплекси з білками молока та ферментами), а інші – токсикантами (Cd, Pb, Hg), що блокують активні центри ензимів через схожість електронної будови, але більший радіус атома.

Явище ізоопії є основою радіоекології. Радіонукліди-аналоги стабільних елементів легко обманюють біологічні бар'єри: наприклад, ^{90}Sr , маючи аналогічну до Кальцію будову зовнішнього електронного шару (ns^2),

заміщує його в кістковій тканині худоби та потрапляє в молоко. ^{137}Cs є електронним аналогом Калію, тому інтенсивно накопичується в м'язах (м'ясопродуктах).

Емісія фотонів: При нагріванні атомів металів їхні зовнішні електрони переходять на вищі енергетичні рівні (збуджений стан). Повертаючись у основний стан, вони випромінюють кванти світла строго визначеної довжини хвилі. Це дозволяє миттєво ідентифікувати наявність Кальцію, Натрію або Калію в біологічних об'єктах навіть без складних реактивів.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Радіоактивний розпад у технологічних розрахунках. Період напіврозпаду ^{137}Cs становить приблизно 30 років. У силосі, заготовленому з території поблизу зони відчуження, початкова активність ^{137}Cs становила 1200 Бк/кг (при нормі для кормів не більше 100 Бк/кг). Обчисліть, яка частка (у %) початкової кількості радіоактивних атомів ^{137}Cs залишиться в цьому кормі через 15 років. Чи можна використовувати такий силос для годівлі дійного стада без ризику отримати брудне молоко?

2. Токсикологія важких металів на фермах. У стічних водах тваринницьких комплексів часто фіксують надлишок Цинку та Кадмію. Кадмій є небезпечним кумулятивним токсикантом, який витісняє Цинк з металоферментів, що призводить до паракератозу та падіння продуктивності тварин. Користуючись положенням цих елементів у Періодичній системі та концепцією будови їхніх електронних оболонок, поясніть біологічну подібність цих металів і причину, чому організм ссавців "плутає" корисний Цинк із токсичним Кадмієм.

3. Колоїдна стабільність молока та заряд іонів. При аналізі молока на сиропридатність важливе значення має радіус та заряд катіонів, які додаються для коагуляції казеїну. Складіть електронні формули іонів Натрію, Магнію та Алюмінію. Вони є ізоелектронними (мають однакову кількість електронів). Оцініть, як змінюється радіус цих іонів із підвищенням заряду ядра. Спираючись на закон Кулона, зпрогнозуйте, який із цих іонів матиме найбільшу коагуляційну здатність (силу зв'язування білкових міцел молока) при виробництві сиру. Поясніть чому.

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 властивостями. Експериментально дослідити закономірності зміни властивостей елементів та їхніх сполук у періодах і групах; навчитися використовувати періодичні закономірності для прогнозування поведінки макро- та мікроелементів у біологічних системах і технологічних процесах переробки сировини.

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 технолога та фахівця з контролю якості. Будь-яка періодична зміна властивостей атомів (радіус, електронегативність, ступінь окиснення) безпосередньо впливає на практику тваринництва та переробки.

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 (P, S, Cl) – у вигляді стійких аніонів (PO_4^{3-} , SO_4^{2-}), які формують буферні системи молока та крові.

Кислотно-основна еволюція сполук. Знання того, як змінюються властивості гідроксидів елементів у групах (зверху вниз посилюються основні властивості), дозволяє технологу правильно підбирати реагенти. Наприклад, для нейтралізації кислих стоків або дезінфекції сировини використовують луги елементів I головної групи (NaOH, KOH), тоді як для коригування мінерального складу кормів – менш розчинні й м'якші за дією оксиди та гідроксиди елементів II групи (MgO, Ca(OH)₂).

Прогноз біологічної активності. Елементи однієї групи мають подібні властивості, що визначає їхню фізіологічну взаємодію. Проте зі збільшенням радіуса атома у групі зверху вниз часто зростає токсичність елементів через їхню схильність утворювати міцніші зв'язки з сульфурвмісними білками (тіловими групами ферментів).

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Антропогенне забруднення біосфери важкими металами. У птахівництві критичною проблемою є забруднення продукції Плюмбом (Pb). За хімічними властивостями та радіусом іона Плюмбум є аналогом Кальцію (Ca) у кістковій системі, але у м'яких тканинах він поводить себе як хімічний аналог Стануму (Sn). Користуючись Періодичною системою, визначте, до якого електронного сімейства (s-, p-, d-, f-) належить Свинець. Запишіть його валентну електронну формулу для ступенів окиснення +2 та +4. Прогнозуйте, який ступінь окиснення буде більш стабільним, враховуючи тренди у IV головній групі (зверху вниз).

2. Захисні функції мікроелементів та періодичний закон. Селен (Se) є есенціальним (життєво необхідним) мікроелементом для жуйних тварин, він входить до складу антиоксидантного ферменту глутатіонпероксидази. Проте при його надлишку в кормах розвивається токсикоз ("лужна хвороба"), оскільки Селен починає заміщувати Сульфур (S) в амінокислотах (метіоніні та цистеїні), руйнуючи структуру білків шерсті та копит. Порівняйте положення S та Se у Періодичній системі. Поясніть, чому організм легко взаємозамінює ці елементи, і як змінюється відновна здатність їхніх сполук (наприклад, H₂S та H₂Se) відповідно до закону періодичності.

3. Оптимізація мийних засобів та жорсткість води. Для миття ліній розливу молока використовують каустичну соду (NaOH). Якщо технологічна вода на заводі є "жорсткою" (містить багато іонів Ca²⁺ та Mg²⁺), то використання NaOH призводить до випадання пластівців гідроксидів, які забивають форсунки. Для зв'язування цих іонів додають поліфосфати натрію. На основі знань про періодичні зміни властивостей елементів I та II груп поясніть: чому гідроксиди елементів I групи (NaOH, KOH) є сильними лугами і добре розчинні у воді, та чому аналогічні сполуки елементів II групи (особливо Магнію) утворюють осади? Як це пов'язано з енергією кристалічної ґратки та радіусами катіонів?

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 кристалів. Експериментально дослідити вплив типу хімічного зв'язку на фізико-хімічні властивості речовин (розчинність, плавлення, електропровідність); навчитися прогнозувати поведінку мінеральних компонентів, сольових розчинів та дезінфектантів, що використовуються в технологічних процесах.

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?
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 технологічних процесах переробки, дезінфекції та приготування мінеральних розчинів тип хімічного зв'язку визначає поведінку всієї системи.

Водневий зв'язок та теплові процеси. Вода є головним середовищем та теплоносієм на підприємствах. Завдяки утворенню водневих зв'язків між молекулами H_2O , вода має аномально високу температуру кипіння та теплоємність. Це дозволяє ефективно використовувати її для пастеризації та стерилізації обладнання.

Полярність та розчинність мінеральних добавок. Приготування рідких мінеральних преміксів для тварин або розчинів для дезінфекції базується на полярності молекул. Речовини з іонним зв'язком ($NaCl$, $CaCl_2$) або ковалентним сильнополярним зв'язком легко руйнуються диполями води,

утворюючи гідратовані іони. Неполлярні гази або речовини з атомною ґраткою у воді практично не розчиняються.

Донорно-акцепторний зв'язок у водоочищенні. При очищенні технологічної води від катіонів жорсткості або важких металів використовують неорганічні комплекси (наприклад, поліфосфати натрію). Вони утворюють міцні донорно-акцепторні зв'язки з металами, «замикаючи» їх у розчинні комплекси та запобігаючи утворенню накипу.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Електронна архітектура неорганічних газів у сховищах. При зберіганні зерна та сухих кормів у силосах для запобігання розвитку шкідників використовують метод регульованого газового середовища, закачуючи туди Карбон(IV) оксид (CO_2) або Азот (N_2). Обчисліть різницю електронегативностей для зв'язків C-O у молекулі карбон діоксиду. Визначте тип гібридизації атома Карбону та просторову геометричну форму молекули. Поясніть, чому за наявності полярних зв'язків сама молекула є лінійною і симетричною (неполярною). Запишіть електронну конфігурацію молекули N_2 . Поясніть, чому наявність потрійного ковалентного зв'язку робить цей неорганічний газ надзвичайно стійким та інертним у звичайних умовах.

2. Аномалії мінеральних гідридів: Чому вода рідка, а сірководень — газ? У тваринницьких приміщеннях при розкладі гною виділяється токсичний газ сірководень (H_2S). Сульфур та Оксиген є елементами-аналогами VI головної групи. Проте їхні вищі гідриди мають кардинально різні фізичні властивості: H_2O кипить при $+100^\circ\text{C}$, а H_2S є газом, який зріджується лише при -60°C , хоча молекула сірководню є важчою. Користуючись поняттями електронегативності та радіуса атомів, поясніть, між якими молекулами можливе утворення міцного водневого зв'язку і як це впливає на агрегатний стан речовини.

3. Донорно-акцепторний механізм у фіксації амонійного азоту. При внесенні неорганічного добрива – амоній сульфату ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) – у ґрунт, або при накопиченні аміаку (NH_3) в стічних водах комплексів, ключову роль відіграє катіон амонію NH_4^+ . Поясніть, як утворюється цей катіон з молекули аміаку та іона Гідрогену (H^+). Який атом є донором електронної пари, а який – акцептором? Чи відрізняється четвертий ковалентний зв'язок в іоні амонію від інших трьох за своїми властивостями (довжиною, міцністю) після його утворення?

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 математичного прогнозування та оптимізації мінеральних хімічних процесів.

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 на виробництві або в екологічних системах базується на законах термодинаміки та кінетики:

Матеріальний та тепловий баланс (Термохімія). Будь-який промисловий синтез неорганічних речовин або нейтралізація відходів супроводжується виділенням або поглинанням тепла. Знання термохімії дозволяє розрахувати, скільки енергії виділиться при гашенні вапна або скільки тепла потрібно підвести для розкладу вапняку, щоб уникнути аварійного перегріву чи замерзання реакторів.

Керування швидкістю процесу (Кінетика). Швидкість хімічних перетворень у гетерогенних системах (наприклад, розчинення мінеральних добрив або лужне вилуговування руд) безпосередньо залежить від площі контакту фаз (подрібнення), температури та перемішування. Збільшення

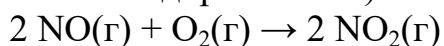
концентрації активного реагенту або застосування неорганічних каталізаторів дозволяє інтенсифікувати процеси в рази.

Зсув рівноваги (Принцип Ле Шательє). Багато неорганічних реакцій є оборотними. Зміна зовнішніх параметрів дозволяє штучно зміщувати рівновагу в бік утворення цільового продукту. Наприклад, підвищення тиску зміщує рівновагу в бік меншого об'єму газів, а охолодження сприяє перебігу екзотермічних процесів.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Гетерогенна кінетика у виробництві мінеральних підкормок. Для збагачення раціону тварин фосфором і кальцієм використовують кормовий преципітат кальцій гідрогенфосфат (CaHPO_4). Його отримують шляхом взаємодії подрібненого мінералу фосфориту з хлоридною кислотою. Запропонуйте три практичні неорганічні методи інтенсифікації (прискорення) цієї гетерогенної реакції на заводі, спираючись на теоретичні закони кінетики для систем типу «тверда речовина – рідина».

2. Закон діючих мас та кінетичні розрахунки. Реакція окиснення нітроген(II) оксиду (який утворюється при роботі двигунів внутрішнього згоряння на підприємствах) описується неорганічним рівнянням:



Обчисліть, як і в скільки разів зміниться початкова швидкість цієї гомогенної реакції, якщо технолог прийме рішення збільшити тиск у системі в 3 рази за незмінної температури (що еквівалентно зменшенню об'єму системи).

3. Корозійні процеси та температурний коефіцієнт. Залізне обладнання цеху піддається дії розчинів мінеральних солей, що викликає корозію за рівнянням взаємодії заліза з кислотами. Швидкість корозії (розчинення заліза) за кімнатної температури (20°C) становить $0,05 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Обчисліть швидкість цього деструктивного процесу при аварійному прогріванні ліній пастеризації до температури 50°C , якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції (γ) для даної системи дорівнює 3. Зробіть висновок про небезпеку температурного чинника для експлуатації металевих конструкцій.

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.

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 практиці, санітарії цехів та лабораторному аналізі якість і точність приготування розчинів мінеральних речовин є критично важливими.

Стандартизація концентрацій. Будь-яка технологічна операція – від дезінфекції обладнання розчинами лугів до введення мінеральних преміксів у напувалки – вимагає суворого дотримання концентрації. Помилка у розрахунках масової частки або молярності може призвести або до неефективності обробки, або до хімічних опіків обладнання та отруєння біосистем.

Гідратація та дисоціація іонів. При розчиненні у воді солі, кислоти та луги дисоціюють (розпадаються) на катіони та аніони, які оточуються диполями води (гідратуються). Саме вільні іони забезпечують високу хімічну активність розчинів та їхню здатність проводити електричний струм, що використовується в автоматичних приладах контролю концентрації (кондуктометрах).

Контроль рН середовища. Електролітична дисоціація води та розчинених у ній сполук визначає рівень рН розчину (концентрацію іонів Гідрогену). Контроль рН є базовим етапом у водоочищенні, оцінці стабільності мінеральних колоїдних систем та при нейтралізації кислих або лужних промислових стоків.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Розрахунок молярності дезінфікуючих розчинів для ветеринарії. Для обробки приміщень використовують водний розчин сильного неорганічного окисника – калій перманганату (KMnO_4). У лабораторії є розчин цієї солі з молярною концентрацією $C_M = 0,25$ моль/л. Ветеринарному лаборанту потрібно приготувати 2 л розчину для поточної дезінфекції. Обчисліть, яку масу сухої мінеральної солі KMnO_4 необхідно було б витратити для приготування такого об'єму розчину.

2. Вплив електролітів на коагуляцію та стабільність неорганічних суспензій. При очищенні промислових стічних вод від дрібнодисперсних мінеральних часток (глини, піску) у розчин вводять неорганічний коагулянт – алюміній сульфат $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Складіть рівняння дисоціації цієї солі у водному розчині. Поясніть, чому утворення багатозарядних катіонів Al^{3+} значно ефективніше нейтралізує негативний заряд мінеральних колоїдних часток у воді порівняно з однозарядними катіонами Натрію (Na^+).

3. Математичний розрахунок іонних концентрацій та рН. У лабораторії підготували розчин сильної хлоридної кислоти (HCl) з молярною концентрацією 0,001 моль/л. Вважаючи, що цей сильний електроліт дисоціює повністю ($\alpha = 100\%$), визначте молярну концентрацію іонів Гідрогену $[\text{H}^+]$ у цьому розчині, розрахуйте водневий показник рН даного розчину та спрогнозуйте, як зміниться колір універсального індикаторного паперу при зануренні у цей розчин.

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 хімічних процесів у промисловості.

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 тваринницьких комплексів?

Інструктивно-методичні матеріали

Окисно-відновні реакції є основою багатьох дезінфекційних, очисних та аналітичних процесів у промисловості. Керування цими процесами вимагає чіткого розуміння напрямку переходу електронів.

Знезараження та деструкція токсикантів. Використання мінеральних окисників (хлору, озону, калій перманганату) у процесах очищення води базується на їхній здатності забирати електрони від неорганічних токсикантів (наприклад, сульфідів чи нітритів), перетворюючи їх на безпечні вищі форми (сульфати та нітрати).

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

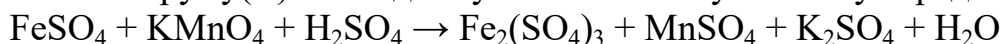
K_2MnO_4). Це дозволяє технологу регулювати витрату реагентів та якість очищення шламу.

Корозія як небажана ОВР. Руйнування металевих конструкцій цехів (заліза, міді) під дією кисню або кислот є класичним окисно-відновним процесом, де метал безпосередньо виступає відновником, втрачаючи електрони і переходячи у форму іржавих гідроксидів або солей.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

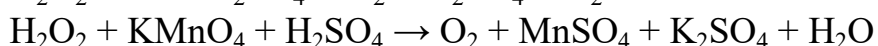
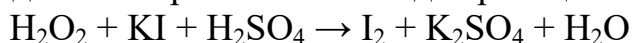
Електронний баланс та типи окисно-відновних реакцій. У лабораторіях якісного аналізу для визначення чистоти неорганічних солей часто використовують реакцію термічного розкладу бертолетової солі (калій хлорату) у присутності мінерального каталізатора MnO_2 : напишіть рівняння реакції, визначте ступені окиснення та складіть схему електронного балансу. До якого типу ОВР належить цей процес? Поясніть чому.

Аналітичне визначення мінерального заліза (Перманганатометрія). Для контролю якості підземних вод, що йдуть на напування тварин, визначають вміст іонів Феруму(II). Метод базується на ОВР у кислому середовищі:



Розставте коефіцієнти методом електронного балансу. Обчисліть, яку масу іонів Fe^{2+} може окиснити 1 моль калій перманганату відповідно до знайдених коефіцієнтів.

Окисно-відновна двоїстість у процесах водопідготовки. Гідроген пероксид (H_2O_2) широко використовується як неорганічний екологічно чистий антисептик. Оксиген у ній має проміжний ступінь окиснення -1. Складіть електронний баланс для реакцій:



Зробіть висновок, у якому з цих процесів перекис водню виконує роль окисника, а в якому – відновника. Поясніть це на основі переходу електронів.

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.

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 та утилізації залишків кислот і лугів?

Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій практиці, аналітичному контролі та екологічному менеджменті знання властивостей неорганічних класів речовин є базовим інструментом для керування хімічними процесами.

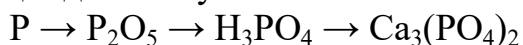
Класифікаційний підхід у нейтралізації відходів. Розуміння хімічного характеру сполук дозволяє правильно підбирати реагенти для очищення. Наприклад, кислі стоки гальванічних цехів, що містять надлишок мінеральних кислот або кислотних оксидів (SO_2), нейтралізують за допомогою дешевого основного оксиду (вапна CaO) або лугу (NaOH). Для нейтралізації надлишку лугів використовують слабкі мінеральні кислоти.

Амфотерність у водоочищенні. Деякі неорганічні сполуки мають подвійну природу – здатні взаємодіяти і з кислотами, і з лугами. Цю властивість амфотерних гідроксидів, наприклад алюміній гідроксиду $Al(OH)_3$, активно використовують у процесах коагуляції: залежно від рН середовища, цей гідроксид може змінювати свій заряд та форму, ефективно захоплюючи мінеральні домішки та випадаючи в осад у вигляді пластівців.

Генетичні ланцюги як основа промислових технологій. Отримання будь-якого цільового мінерального продукту (наприклад, сульфатів, нітратів чи фосфатів для мінеральних добавок) базується на послідовних хімічних перетвореннях за схемою: Метал (або Неметал) → Оксид → Гідроксид (або Кислота) → Сіль. Розуміння цих зв'язків дозволяє оптимізувати вихід продукту та мінімізувати кількість побічних неорганічних шлаків.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

Генетичні зв'язки неметалів: від фосфориту до ортофосфатної кислоти. У виробництві мінеральних добрив та кормових фосфатів ключовим процесом є отримання ортофосфатної кислоти (H_3PO_4). Складіть рівняння реакцій для наступного генетичного ланцюжка перетворень неметалу:



Назвіть усі утворені речовини за сучасною номенклатурою та вкажіть клас, до якого вони належать.

Властивості та взаємоперетворення кислих і середніх солей. При насиченні вапняної води неорганічним карбон(IV) оксидом спочатку спостерігається помутніння розчину через утворення середньої солі – кальцій карбонату. При тривалому пропусканні газу розчин знову стає прозорим, оскільки середня сіль переходить у розчинну кислу сіль – кальцій гідрокарбонат. Запишіть рівняння обох послідовних реакцій. Поясніть, чим відрізняються кислі солі від середніх за характером дисоціації та ступенем заміщення атомів Гідрогену в кислоті.

Прогнозування реакцій обміну між солями на основі розчинності. У технологічній лабораторії необхідно підготувати чистий осад малорозчинної солі барій сульфату для рентгеноструктурного аналізу мінеральних шлаків. Запропонуйте два різних варіанти молекулярних рівнянь реакцій для отримання цієї солі, використовуючи:

а) взаємодію солі з кислотою;

б) взаємодію між двома розчинними неорганічними солями.

Перевірте за таблицею розчинності, чи виконуються умови перебігу реакцій обміну до кінця.

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 технологічних завдань.

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 промисловому обладнанні, апаратах переробних цехів та будівельних конструкціях метали виступають головними конструкційними матеріалами. Керування їхньою стабільністю базується на законах неорганічної хімії.

Ряд активності як основа сумісності матеріалів. При проектуванні трубопроводів та реакторів важливо враховувати положення металів у ряду напруг. Контакт двох різних металів (наприклад, заліза та міді) у водному мінеральному середовищі призводить до утворення гальванічної пари, де більш активний метал (залізо, що стоїть лівіше) піддається прискореному окисненню (корозії).

Специфіка d-елементів. 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).

Луги та твердість. Лужні (Na, K) та лужноземельні (Ca, Ba) метали утворюють розчинні або малорозчинні сильні основи. Наявність іонів Ca²⁺ та Mg²⁺ у воді визначає її технологічну твердість, що вимагає постійного контролю для запобігання утворенню накипу в теплообмінниках.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Амфотерні властивості сполук металів у хімічних процесах. Метали алюміній та цинк утворюють оксиди та гідроксиди з амфотерним характером. Для аналітичного відділу цеху запишіть молекулярні рівняння реакцій, що підтверджують амфотерність цинк гідроксиду Zn(OH)₂ при його взаємодії з:

- а) хлоридною кислотою;
- б) водним розчином натрій гідроксиду.

2. Розрахунок виходу водню при взаємодії металу з кислотою. Для лабораторного генератора водню лаборант розчиняє 13 кг технічного цинку (що містить 5% інертних мінеральних домішок) у надлишку хлоридної кислоти. Обчисліть теоретичний об'єм (у м³ за нормальних умов) водню (H₂), який виділиться в результаті цього процесу, спираючись на стехіометричні коефіцієнти хімічного рівняння.

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 і мінеральних системах.

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 робочі середовища або агенти для очищення у промисловості?
10. Поясніть екологічне значення та токсичність деяких неорганічних газів неметалів (CO, SO₂, H₂S).

Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій практиці, водоочищенні та технологіях зберігання продукції хімічні властивості неметалів та їхніх сполук визначають кінетику та безпеку процесів.

Окисна здатність галогенів у санітарії. Висока електронегативність галогенів (зокрема Хлору) робить їх потужними неорганічними окисниками. Хлор або сполуки, що його виділяють, руйнують клітинні мембрани бактерій шляхом окиснення мінералізованих компонентів їхніх оболонок, що є основою хлорування технологічної води.

Алотропія та сорбційні технології. Явище алотропії Карбону безпосередньо використовується в адсорбційному очищенні промислових стоків. Графітоподібна мікроструктура активованого вугілля з великою

кількістю пор та некомпенсованих ковалентних зв'язків дозволяє ефективно утримувати на своїй поверхні дрібнодисперсні неорганічні токсиканти та газу.

Кислотно-основні трансформації газів. Багато промислових викидів містять кислотні оксиди неметалів (наприклад, SO_2 , CO_2 , NO_2). При взаємодії з атмосферною вологою або конденсатом на обладнанні вони утворюють відповідні мінеральні кислоти (сульфітну, карбонатну, нітратну), викликаючи явище «кислотних дощів» та інтенсивну корозію металевих конструкцій апаратів.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Окисно-відновна двоїстість сполук неметалів (на прикладі Нітрогену). Елемент Нітроген утворює сполуки зі ступенями окиснення від -3 до +5. Для аналітичного контролю стічних вод запишіть неорганічні рівняння ОВР, які показують, що калій нітрит виявляє:

а) відновні властивості при взаємодії з сильним окисником калій дихроматом у кислому середовищі, переходячи в нітрат;

б) окисні властивості при взаємодії з калій йодидом у кислому середовищі, відновлюючись до газу нітроген(II) оксиду.

Розставте коефіцієнти методом електронного балансу.

2. Порівняльна характеристика неорганічних гідридів неметалів. Користуючись значеннями радіусів атомів та їхньої електронегативності, поясніть, чому при розчиненні у воді летка сполука Нітрогену – аміак – утворює слабку основу (амоній гідроксид), тоді як летка сполука Хлору – хлороводень – дисоціює повністю з утворенням хлоридної кислоти. Запишіть відповідні рівняння процесів у водному середовищі.

3. Стехіометричні розрахунки абсорбції карбон діоксиду лугами. Для зменшення «вуглецевого сліду» та очищення повітря в інкубаційних залах використовують неорганічні поглиначі на основі натрій гідроксиду. Обчисліть масу (в кг) сухого лугу, яку необхідно витратити технологу для повного зв'язування 44м^3 (за нормальних умов) карбон(IV) оксиду з утворенням середньої солі та води.

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 сполук.

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 підприємств?

Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій практиці, експлуатації техніки та синтезі допоміжних матеріалів знання властивостей вуглеводнів дозволяє оптимізувати процеси та контролювати якість середовищ:

Стабільність і метаболізм насичених систем. Алкани (наприклад, пропан, бутан, компоненти дизельного палива та масел) через високу міцність одинарних σ -зв'язків Карбон-Карбон є хімічно інертними. Вони не взаємодіють з мінеральними солями та електролітами, що робить їх ідеальними гідрофобними захисними мастилами проти неорганічної корозії металів.

Реакційна здатність у газовому контролі. На відміну від алканів, ненасичені газоподібні вуглеводні (етилен C_2H_4 , ацетилен C_2H_2) мають рухливі π -зв'язки. Етилен є природним фітогормоном, що виділяється при

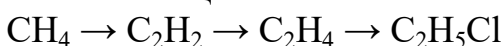
зберіганні плодоовочевої продукції і прискорює її дозрівання. Контроль його концентрації у сховищах за допомогою неорганічних абсорбентів є критичним для запобігання псуванню сировини.

Енергетичний баланс та горіння. Усі вуглеводні є висококалорійним паливом. Процес їхнього повного горіння є глибокою екзотермічною окисно-відновною реакцією, продуктами якої є виключно стабільні неорганічні оксиди – карбон(IV) оксид та вода. Порушення режиму подачі кисню призводить до неповного згорання з утворенням токсичного чадного газу (CO) або сажі.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичний зв'язок між класами вуглеводнів (ланцюги перетворень):

У промисловому органічному синтезі перехід від однієї структури до іншої базується на послідовних реакціях дегідрування, гідрування або тримеризації. Складіть молекулярні рівняння реакцій для наступного генетичного ланцюжка:



Вкажіть умови перебігу процесів (температура, наявність мінеральних каталізаторів) та назвіть усі продукти за сучасною номенклатурою.

2. Закон об'ємних відносин газів у вуглеводневих процесах. Для опалення допоміжних приміщень ферми використовують зріджений газ пропан. Користуючись законом Авогадро та стехіометричними коефіцієнтами рівняння горіння пропану, обчисліть об'єм (у м³) чистого кисню, який витратиться на повне спалювання 5 м³ цього газу. Розрахуйте, який об'єм повітря знадобиться для цього процесу.

3. Якісний аналіз вуглеводневих середовищ. У лабораторію нафтопродуктів на аналіз надійшли два немарковані зразки рідких вуглеводнів: один є гексаном (насичений алкан), інший – гексеном (ненасичений алкен). Запропонуйте для лаборанта чітку інструкцію проведення експрес-аналізу з виявлення кожного із зразків. Опишіть візуальні ефекти, які дозволять однозначно ідентифікувати кожну речовину, та запишіть рівняння відповідних реакцій.

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) та вивчити процес лужного гідролізу жирів (омилення) з отриманням мила.

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 неорганічна 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 основою багатьох біотехнологічних, харчових та санітарних процесів. Розуміння їхньої неорганічної та органічної взаємодії є ключовим для хімічного контролю.

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 експрес-тест на карбоксильну групу.

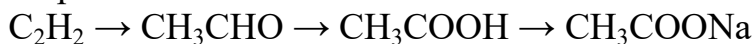
Синтез естерів та запахи. Реакція естерифікації є класичним прикладом оборотної рівноважної системи. Щоб змістити рівновагу в бік

утворення цільового естеру, хіміки використовують концентровану сульфатну кислоту (H_2SO_4), яка одночасно працює і як неорганічний каталізатор, і як речовина, що зв'язує (абсорбує) утворену воду. Отримані естери мають виражені фруктові запахи і слугують промисловими розчинниками та ароматизаторами.

Хімія омилення та поверхнево-активні речовини (ПАР). Лужний гідроліз жирів 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. Ці солі мають унікальну дифільну будову, що дозволяє їм знижувати поверхневий натяг води та емульгувати гідрофобні забруднення.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичний зв'язок між класами: від вуглеводню до карбонової кислоти. У промисловому синтезі харчових добавок консервантів важливим є ланцюг отримання оцтової кислоти з неорганічної та найпростішої органічної сировини. Складіть рівняння реакцій для наступного генетичного перетворення:



Вкажіть назви всіх процесів та умови їхнього перебігу.

2. Розрахунок виходу продукту при лужному гідролізі естерів:

Для очищення ємностей від залишків промислового естеру етилформиату масою 14,8 кг лаборант обробляє його надлишком розчину натрій гідроксиду. Обчисліть теоретичну масу (в кг) утвореної солі, виходячи зі стехіометричних коефіцієнтів хімічного рівняння гідролізу.

3. Специфічні реакції мурашиної (метанової) кислоти. Мурашина кислота є унікальною серед карбонових кислот, оскільки її молекула, крім карбоксильної групи, одночасно містить і альдегідну групу. Через це вона здатна вступати в ОВР з мінеральними окисниками. Запишіть рівняння реакції «срібного дзеркала» для мурашиної кислоти. Визначте, які неорганічні продукти утворюються в результаті повного окиснення цієї кислоти, та розставте коефіцієнти.

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 різних класів вуглеводів у технологічних середовищах.

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 альдегидоспиртом? 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 біотехнологічне значення мають процеси бродіння вуглеводів (спиртового, молочнокислого)?

Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій практиці, харчових технологіях та лабораторному аналізі хімічні трансформації вуглеводів під дією неорганічних реагентів дозволяють контролювати якість сировини та глибину технологічних процесів.

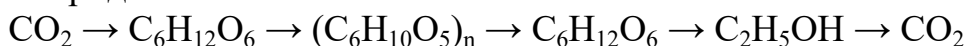
Полігідроксильний характер та комплексоутворення. Оскільки моносахариди та деякі дисахариди містять кілька сусідніх гідроксильних груп -ОН, вони поведуться як багатоатомні спирти. При взаємодії зі свіжоосадженим неорганічним купрум(II) гідроксидом $\text{Cu}(\text{OH})_2$ вони утворюють прозорі розчини комплексних сполук інтенсивного синього кольору, що є першим етапом їхнього якісного аналізу.

Окисно-відновні процеси у визначенні цукрів. Наявність вільної альдегідної групи в молекулах відновлюючих цукрів (глюкози, мальтози) 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). Це покладено в основу класичних аналітичних методів.

Каталітичний гідроліз полісахаридів. Полісахариди $((\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n)$ є природними полімерами. Під дією температури та неорганічних мінеральних кислот (наприклад, розведеної H_2SO_4 або HCl), які виступають каталізаторами, відбувається послідовне розщеплення глікозидних зв'язків через стадії утворення декстринів та мальтози до кінцевого моносахариду – глюкози.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичні ланцюги вуглеводних трансформацій (від неорганіки до біополімерів). Основою утворення всіх вуглеводів на планеті є процес фотосинтезу, що відбувається в рослинах. Складіть рівняння реакцій для наступного генетичного ланцюжка, який пов'язує неорганічні оксиди з полісахаридами:



Вкажіть типи процесів та умови їхнього перебігу.

2. Розрахунки за рівняннями процесів бродіння вуглеводів. Для отримання технічного спирту на біохімічному заводі піддають спиртовому бродінню розчин глюкози, отриманий з мінералізованої деревної тирси. Обчисліть теоретичну масу (в кг) утвореного етанолу та об'єм (в m^3 за нормальних умов) карбон(IV) оксиду, якщо в реакцію вступило 180 кг чистої глюкози відповідно до стехіометричного рівняння.

3. Порівняльний аналіз природних ізомерів: Крохмаль проти Целюлози. Обидва полісахариди мають однакову емпіричну формулу $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Складіть порівняльну таблицю для цих неорганічно-органічних макромолекул, вказавши:

- а) тип моносахаридної ланки;
- б) геометрію ланцюга;
- в) фізико-хімічні властивості;
- г) головну функцію в живих системах.

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 білків під дією фізико-хімічних факторів, а також опанувати класичні кольорові неорганічні реакції для ідентифікації білкових макромолекул.

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 промислове та аналітичне значення має дослідження амінокислотного складу білкової сировини?

Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій практиці, екологічному моніторингу та біотехнологіях хімічна специфіка білків та амінокислот визначає особливості переробки сировини та захисту біосфери.

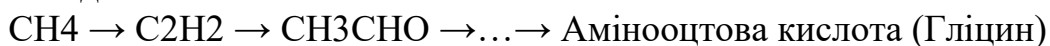
Амфотерність та ізoeлектрична точка. Наявність як кислотної (COOH), так і основної ($-\text{NH}_2$) груп дозволяє амінокислотам і білкам виступати в ролі буферних систем, що підтримують стабільний рН. При певному значенні рН розчину (ізоелектрична точка) сумарний заряд молекули стає рівним нулю, і білок втрачає стійкість у воді, випадаючи в осад. Цей ефект використовують у промисловому виділенні казеїну з молока або ізолятів соєвого білка за допомогою слабких мінеральних кислот.

Кольорові реакції як метод контролю. Якісний та кількісний аналіз білків 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. Ксантопротеїновий тест базується на нітруванні бензольних кілець ароматичних амінокислот концентрованою нітратною кислотою (HNO_3), що призводить до появи жовтого забарвлення.

Білки як неорганічні антидоти. Завдяки наявності великої кількості функціональних груп, білки здатні міцно зв'язувати іони важких металів (Pb^{2+} , Hg^{2+} , Cu^{2+}) утворюючи нерозчинні мінерально-органічні осади (хелати). Цю властивість використовують у техніці безпеки: при отруєнні солями важких металів потерпілому як невідкладну допомогу вводять сирий яєчний білок або молоко для зв'язування токсикантів у шлунку.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичний зв'язок між неорганікою, вуглеводнями та амінокислотами. У промисловому синтезі штучних волокон та капрону важливою стадією є отримання амінокапронової кислоти. Складіть рівняння реакцій для ланцюжка перетворень, який показує перехід від найпростішої органіки до амінокислоти:



Поясніть, як за допомогою амоніаку вводять нітрогенвмісну групу в молекулу хлороцтової кислоти.

2. Розрахунки масової частки Нітрогену в білкових гідролізатах методом К'ельдаля. Для визначення вмісту протеїну в кормовій добавці наважку зразка спалюють у концентрованій сульфатній кислоті, перетворюючи весь Нітроген у неорганічну сіль – амоній сульфат. Після обробки лугом виділений амоніак масою 0,34 кг поглинають кислотою. Обчисліть масу (в кг) елемента Нітрогену, що містився у зразку, та, використовуючи стандартний коефіцієнт перерахунку на білок (6,25), визначте загальну масу чистого білка в партії.

3. Амфотерні реакції найпростішої амінокислоти. Запишіть молекулярні рівняння реакцій для амінооцтової кислоти, які підтверджують її подвійну природу, при взаємодії з:

- а) хлоридною кислотою;
- б) розчином натрій гідроксиду.

Назвіть утворені неорганічно-органічні солі.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 15

Тема: Підсумкова контрольна робота.

Мета заняття: Контроль, узагальнення та систематизація знань студентів з теоретичних основ хімії та їхнього практичного застосування у тваринницькій галузі; перевірка вміння аналізувати хімічний склад кормів, сировини, молока та м'яса, оцінювати біохімічні процеси в організмі тварин; оцінка навичок розв'язання технологічних, біохімічних та екологічних кейсів, пов'язаних із виробництвом і переробкою продукції тваринництва.

I. Спеціалізована література: хімія та біохімія у тваринництві й переробці продукції

1. Мазуренко М. О., Цвіліховський М. І. Біохімія тварин з основами клінічної біохімії : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2019. 412 с.

2. Янович В. Г., Лагута К. В. Фізико-хімічні методи дослідження у тваринництві та ветеринарній медицині : навч. посіб. Львів : Тріада плюс, 2021. 245 с.

3. Вудмаска І. В., Кравців Р. Й. Біохімічні основи формування якості продукції тваринництва : підручник. Львів : Світ, 2018. 320 с.

4. Ткачук Л. О., Повозніков М. Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва : навч. посіб. Кам'янець-Подільський : Зволейко Д. Г., 2022. 416 с.

5. Цісарик О. Й., Сливка І. М. Хімія і фізика молока та молочних продуктів : навч. посіб. Львів : Галицька видавнича спілка, 2020. 218 с.

II. Фундаментальна органічна, біоорганічна хімія та хімія біополімерів (білки, ліпіди, вуглеводи)

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. Губський Ю. І. Біоорганічна хімія : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Вінниця : Нова Книга, 2017. 464 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. Технологія кормів, зоохімічний аналіз та інженерна екологія тваринницьких комплексів

11. Сичов М. Ю., Вознюк О. В. Годівля тварин та технологія кормів : підручник. Київ : Сталь, 2023. 512 с.

12. Бомко В. С., Бабенко С. П. Зоохімічний аналіз (методи дослідження кормів і продукції тваринництва) : навч. посіб. Біла Церква : БНАУ, 2015. 184 с.

13. Костенко В. І., Шевченко А. М. Технологія первинної переробки продукції тваринництва : підручник. Житомир : Рута, 2017. 396 с.

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

15. Дорош А. К., Мальцев А. П. Промислова токсикологія та екологічна безпека у тваринництві й переробній промисловості : навч. посіб. Житомир : ЖДТУ, 2018. 210 с.